

JNC TJ7400 2002-001

超大深度における研究坑道の施工に関する検討

(核燃料サイクル開発機構 委託研究成果報告書)

2002年3月

鹿島建設株式会社
株式会社大林組
清水建設株式会社
大成建設株式会社

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂群東海村大字村松 4-49

核燃料サイクル開発機構

技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division, Japan Nuclear Cycle Development Institute,
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaragi-ken, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

2002

JNC TJ7400 2002-001

超大深度における研究坑道の施工に関する検討

(核燃料サイクル開発機構 委託研究成果報告書)

2002年3月

鹿島建設株式会社
株式会社大林組
清水建設株式会社
大成建設株式会社

超大深度における研究坑道の施工に関する検討

戸井田 克¹⁾ 納多 勝²⁾

石塚 峰夫³⁾ 窪田 茂⁴⁾

要 旨

核燃料サイクル開発機構殿（以下、「サイクル機構殿」とする）が計画している超深地層研究所研究坑道は、深度約1,000mに達する超大深度立坑と水平坑道からなり、立坑と水平坑道は様々な深度で接続されることになる。この計画においては、調査研究期間を最大限に確保する必要があることから、施工に関しては工程上厳しい制約条件が要求される。

本業務は、超深地層研究所計画用地が正馬様用地から新用地に変更されることに伴い、研究及び施工に関する計画を見直したものである。具体的には、サイクル機構殿が策定した「超深地層研究所 地層科学研究基本計画」（2001）に基づき、「坑道の掘削を伴う研究段階（第2段階）」、「坑道を利用する研究段階（第3段階）」における、施工計画・施工工程の策定、調査研究計画の策定、及び研究坑道レイアウトの策定等を実施した。

本報告書は、鹿島建設株式会社、株式会社大林組、清水建設株式会社、大成建設株式会社が核燃料サイクル開発機構の委託により実施した研究の成果である。

機構担当課室：東濃地科学センター 施設計画グループ

- 1) 鹿島建設株式会社 技術研究所土木技術研究部
- 2) 株式会社大林組 土木技術本部技術第六部
- 3) 清水建設株式会社 土木本部技術第二部
- 4) 大成建設株式会社 エンジニアリング本部計画グループ

Study of Construction for Research shafts and galleries in the Deep Underground

Masaru Toida¹⁾ Masaru Noda²⁾
Mineo Ishizuka³⁾ Shigeru Kubota⁴⁾

ABSTRACT

It is planned that the Mizunami Underground Research Laboratory (MIU) would be constructed at a site belonging to Mizunami City, instead of Shobasama-bora site belonging to JNC. JNC plans to expand a wide range of geo-scientific research and development activities, which have been performed in and around Tono mine, into the MIU. The MIU consists of surface and underground facilities down to the depth of about 1,000 meters.

In this study, the overall layout and basic design of the underground facility, and the composition of the overall research program, which includes the construction of the underground facility, were studied based on five years' study.

This work was performed by Kajima Corporation, Obayashi Corporation, Shimizu Corporation, Taisei Corporation under contract with Japan Nuclear Cycle Development Institute.

JNC Liaison : Geoscience Facility Construction Group, Tono Geoscience Center

- 1) Kajima Corporation, Kajima Technical Research Institute, Civil Engineering Department
- 2) Obayashi Corporation, Civil Engineering Technology Division, Technology Department No.6
- 3) Shimizu Corporation, Civil Engineering Division, Construction Technology Department No.2
- 4) Taisei Corporation, Engineering Division, Nuclear Fuel Cycle Project

大深度における研究坑道の施工に関する検討

担当者一覧

	鹿島建設(株)	(株)大林組	清水建設(株)	大成建設(株)
実施責任者	日比谷 啓介	河村 秀紀	林 博一	杉原 豊
実施担当者	戸井田 克	納多 勝	石塚 峰夫	窪田 茂
研究業務担当	竹内 利彦	小西 一寛	堀田 政國	五十嵐 孝文
	須山 泰宏	長谷川 宏	西崎 晶士	山本 卓也
	塩釜 幸弘	三上 哲司	矢部 幸男	畑 明仁
	升元 一彦	秋好 賢治	小出 直剛	高市 一馬
	阿部 泰典	佐藤 晶子	郷家 光男	木暮 睦
	上田 一晴	藤井 剛	三枝 修平	門馬 由里子
	小倉 一朗	大熊 史子		

超大深度における研究坑道の施工に関する検討

報告書目次

1.	研究の目的	1
2.	研究の範囲	1
3.	研究の概要	1
3. 1	施工工程の検討	1
3. 2	調査研究成果の反映及び計画策定に関する検討	2
3. 3	地質環境データの設計・施工へのフィードバックに関する検討	2
4.	施工工程の検討	3
4. 1	検討の内容	3
4. 2	前提条件や制約条件の検討	4
4. 2. 1	調査研究の実施に伴う施工の前提条件や制約条件の検討	4
4. 2. 2	予測と異なる地質環境や 想定外事象による施工を中断する判断基準	11
4. 3	施工計画	14
4. 3. 1	立坑掘削（櫓）設備	14
4. 3. 2	立坑掘削	124
4. 3. 3	予備ステージ掘削	292
4. 3. 4	中間・最深ステージ掘削	320
4. 3. 5	計測坑道掘削	392
4. 3. 6	換気・空調設備	403
4. 3. 7	給排水設備	425
4. 3. 8	安全・その他仮設備	440

4. 4	施工工程	473
5.	調査研究成果の反映及び計画策定に関する検討	479
5. 1	検討の内容	479
5. 2	調査研究成果の反映及び計画策定に関する検討	480
5. 2. 1	検討の進め方	480
5. 2. 2	処分事業の推進への調査研究成果の反映	482
5. 2. 3	技術基準・指針等の策定への調査研究成果の反映	509
5. 3	調査研究項目の期間、実施場所等の再検討	523
5. 4	研究坑道レイアウトに関する検討	537
5. 4. 1	検討方針	537
5. 4. 2	前提条件の整理	538
5. 4. 3	研究坑道レイアウトの検討	547
5. 4. 4	三次元静止画像	557
6.	地質環境データの設計・施工へのフィードバックに関する検討	573
6. 1	検討の内容	573
6. 2	現場での観察および計測結果の 設計・施工へのフィードバック	573
6. 2. 1	はじめに	573
6. 2. 2	山岳トンネルにおける観察・計測およびフィードバックの現状	573
6. 3	逆解析による設計・施工へのフィードバック	586
6. 3. 1	はじめに	586
6. 3. 2	逆解析手法の適用	587
6. 3. 3	簡易手法	593
6. 3. 4	順解析を利用した手法	596
6. 3. 5	処分坑道での計測データのフィードバック	597
7.	まとめ	599

表 目 次

表 4.2.1-1	調査研究の実施に伴う施工の前提条件や制約条件(1)(2)(3)
表 4.3.1-1	主立坑掘削設備一覧表
表 4.3.1-2	主立坑掘削ズリ揚げサイクルタイム(1発破進行 1.3m に要する時間)
表 4.3.1-3	主立坑掘削サイクルタイム 200m 部
表 4.3.1-4	主立坑掘削サイクルタイム 1000m 部
表 4.3.1-5	換気立坑掘削設備一覧表
表 4.3.1-6	換気立坑掘削ズリ揚げサイクルタイム(1発破進行 1.3m に要する時間)
表 4.3.1-7	換気立坑掘削サイクルタイム 200m 部
表 4.3.1-8	換気立坑掘削サイクルタイム 1000m 部
表 4.3.2-1	地山分類
表 4.3.2-2	主立坑の発破掘削条件
表 4.3.2-3	作業歩掛り (主立坑)
表 4.3.2-4	計算ケース
表 4.3.2-5	主立坑サイクルタイム (堆積岩) [B=1.2m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-6	主立坑タイムテーブル (堆積岩) [B=1.2m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-7	主立坑サイクルタイム (堆積岩) [B=1.3m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-8	主立坑タイムテーブル (堆積岩) [B=1.3m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-9	主立坑サイクルタイム (堆積岩) [B=1.4m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-10	主立坑タイムテーブル (堆積岩) [B=1.4m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-11	主立坑サイクルタイム (堆積岩) [B=1.5m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-12	主立坑タイムテーブル (堆積岩) [B=1.5m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-13	主立坑サイクルタイム (堆積岩) [B=1.6m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-14	主立坑タイムテーブル (堆積岩) [B=1.6m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-15	主立坑サイクルタイム (堆積岩) [B=1.7m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-16	主立坑タイムテーブル (堆積岩) [B=1.7m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-17	主立坑サイクルタイム (堆積岩) [B=1.8m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-18	主立坑タイムテーブル (堆積岩) [B=1.8m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-19	主立坑サイクルタイム (堆積岩) [B=1.2m、Step-by-Step 工法の場合]

表 4.3.2-20	主立坑タイムテーブル(堆積岩) [B=1.2m、Step-by-Step 工法の場合]
表 4.3.2-21	主立坑サイクルタイム(堆積岩) [B=1.5m、Step-by-Step 工法の場合]
表 4.3.2-22	主立坑タイムテーブル(堆積岩) [B=1.5m、Step-by-Step 工法の場合]
表 4.3.2-23	主立坑サイクルタイム(堆積岩) [B=1.8m、Step-by-Step 工法の場合]
表 4.3.2-24	主立坑タイムテーブル(堆積岩) [B=1.8m、Step-by-Step 工法の場合]
表 4.3.2-25	主立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部) [B=1.2m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-26	主立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部) [B=1.2m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-27	主立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部) [B=1.3m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-28	主立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部) [B=1.3m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-29	主立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部) [B=1.4m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-30	主立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部) [B=1.4m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-31	主立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部) [B=1.5m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-32	主立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部) [B=1.5m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-33	主立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部) [B=1.6m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-34	主立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部) [B=1.6m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-35	主立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部) [B=1.7m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-36	主立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部) [B=1.7m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-37	主立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部) [B=1.8m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-38	主立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部) [B=1.8m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-39	主立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部) [B=1.2m、Step-by-Step 工法の場合]
表 4.3.2-40	主立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部) [B=1.2m、Step-by-Step 工法の場合]
表 4.3.2-41	主立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部) [B=1.5m、Step-by-Step 工法の場合]
表 4.3.2-42	主立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部) [B=1.5m、Step-by-Step 工法の場合]
表 4.3.2-43	主立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部) [B=1.8m、Step-by-Step 工法の場合]
表 4.3.2-44	主立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部) [B=1.8m、Step-by-Step 工法の場合]
表 4.3.2-45	主立坑サイクルタイム(断層破碎帯) [B=1.2m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-46	主立坑タイムテーブル(断層破碎帯) [B=1.2m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-47	主立坑サイクルタイム(断層破碎帯) [B=1.3m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-48	主立坑タイムテーブル(断層破碎帯) [B=1.3m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-49	主立坑サイクルタイム(断層破碎帯) [B=1.2m、Step-by-Step 工法の場合]

表 4.3.2-50	主立坑タイムテーブル(断層破碎帯)[B=1.2m、Step-by-Step 工法の場合]
表 4.3.2-51	主立坑サイクルタイム(風化花崗岩)[B=1.2m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-52	主立坑タイムテーブル(風化花崗岩)[B=1.2m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-53	主立坑サイクルタイム(風化花崗岩)[B=1.3m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-54	主立坑タイムテーブル(風化花崗岩)[B=1.3m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-55	主立坑サイクルタイム(風化花崗岩)[B=1.2m、Step-by-Step 工法の場合]
表 4.3.2-56	主立坑タイムテーブル(風化花崗岩)[B=1.2m、Step-by-Step 工法の場合]
表 4.3.2-57	主立坑の月進
表 4.3.2-58	主立坑の側壁露出面高さ
表 4.3.2-59	主立坑の覆工脱型養生時間
表 4.3.2-60	主立坑の覆工発破影響時間
表 4.3.2-61	主立坑のズリ出し作業占有率
表 4.3.2-62	主立坑の研究可能時間
表 4.3.2-63	主立坑の総合評価
表 4.3.2-64	主立坑分岐部の概略工期
表 4.3.2-65	主立坑の全体工程
表 4.3.2-66	換気立坑の発破掘削条件
表 4.3.2-67	作業歩掛り (換気立坑)
表 4.3.2-68	換気立坑サイクルタイム(堆積岩)[B=1.2m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-69	換気立坑タイムテーブル(堆積岩)[B=1.2m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-70	換気立坑サイクルタイム(堆積岩)[B=1.3m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-71	換気立坑タイムテーブル(堆積岩)[B=1.3m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-72	換気立坑サイクルタイム(堆積岩)[B=1.4m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-73	換気立坑タイムテーブル(堆積岩)[B=1.4m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-74	換気立坑サイクルタイム(堆積岩)[B=1.5m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-75	換気立坑タイムテーブル(堆積岩)[B=1.5m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-76	換気立坑サイクルタイム(堆積岩)[B=1.6m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-77	換気立坑タイムテーブル(堆積岩)[B=1.6m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-78	換気立坑サイクルタイム(堆積岩)[B=1.7m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-79	換気立坑タイムテーブル(堆積岩)[B=1.7m、2-Step 工法の場合]

- 表 4.3.2-80 換気立坑サイクルタイム(堆積岩)[B=1.8m、2-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-81 換気立坑タイムテーブル(堆積岩)[B=1.8m、2-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-82 換気立坑サイクルタイム(堆積岩)[B=1.2m、Step-by-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-83 換気立坑タイムテーブル(堆積岩)[B=1.2m、Step-by-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-84 換気立坑サイクルタイム(堆積岩)[B=1.5m、Step-by-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-85 換気立坑タイムテーブル(堆積岩)[B=1.5m、Step-by-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-86 換気立坑サイクルタイム(堆積岩)[B=1.8m、Step-by-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-87 換気立坑タイムテーブル(堆積岩)[B=1.8m、Step-by-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-88 換気立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)[B=1.2m、2-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-89 換気立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)[B=1.2m、2-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-90 換気立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)[B=1.3m、2-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-91 換気立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)[B=1.3m、2-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-92 換気立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)[B=1.4m、2-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-93 換気立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)[B=1.4m、2-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-94 換気立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)[B=1.5m、2-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-95 換気立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)[B=1.5m、2-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-96 換気立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)[B=1.6m、2-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-97 換気立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)[B=1.6m、2-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-98 換気立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)[B=1.7m、2-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-99 換気立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)[B=1.7m、2-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-100 換気立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)[B=1.8m、Step-by-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-101 換気立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)[B=1.8m、2-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-102 換気立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)[B=1.2m、Step-by-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-103 換気立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)[B=1.2m、Step-by-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-104 換気立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)[B=1.5m、Step-by-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-105 換気立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)[B=1.5m、Step-by-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-106 換気立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)[B=1.8m、Step-by-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-107 換気立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)[B=1.8m、Step-by-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-108 換気立坑サイクルタイム(断層破碎帯)[B=1.2m、2-Step 工法の場合]
- 表 4.3.2-109 換気立坑タイムテーブル(断層破碎帯)[B=1.2m、2-Step 工法の場合]

表 4.3.2-110	換気立坑サイクルタイム(断層破碎帯)[B=1.3m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-111	換気立坑タイムテーブル(断層破碎帯)[B=1.3m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-112	換気立坑サイクルタイム(断層破碎帯)[B=1.2m、Step-by-Step 工法の場合]
表 4.3.2-113	換気立坑タイムテーブル(断層破碎帯)[B=1.2m、Step-by-Step 工法の場合]
表 4.3.2-114	換気立坑サイクルタイム(風化花崗岩)[B=1.2m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-115	換気立坑タイムテーブル(風化花崗岩)[B=1.2m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-116	換気立坑サイクルタイム(風化花崗岩)[B=1.3m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-117	換気立坑タイムテーブル(風化花崗岩)[B=1.3m、2-Step 工法の場合]
表 4.3.2-118	換気立坑サイクルタイム(風化花崗岩)[B=1.2m、Step-by-Step 工法の場合]
表 4.3.2-119	換気立坑タイムテーブル(風化花崗岩)[B=1.2m、Step-by-Step 工法の場合]
表 4.3.2-120	換気立坑の月進
表 4.3.2-121	換気立坑の側壁露出面高さ
表 4.3.2-122	換気立坑の覆工脱型養生時間
表 4.3.2-123	換気立坑の覆工発破影響時間
表 4.3.2-124	換気立坑のズリ出し作業占有率
表 4.3.2-125	換気立坑の研究可能時間
表 4.3.2-126	換気立坑の総合評価
表 4.3.2-127	換気立坑分岐部の概略工期
表 4.3.2-128	換気立坑の全体工程
表 4.3.3-1(1)	予備ステージ(主立坑側)サイクルタイム<<花崗岩部>>
表 4.3.3-1(2)	予備ステージ(主立坑側)サイクルタイム<<堆積岩部>>
表 4.3.3-2(1)	予備ステージ(換気立坑側)サイクルタイム<<花崗岩部>>
表 4.3.3-2(2)	予備ステージ(換気立坑側)サイクルタイム<<堆積岩部>>
表 4.3.3-3(1)	排水ピットサイクルタイム<<花崗岩部>>
表 4.3.3-3(2)	排水ピットサイクルタイム<<堆積岩部>>
表 4.3.3-4(1)	予備ステージ(花崗岩部)掘削日数
表 4.3.3-4(2)	予備ステージ(堆積岩部)掘削日数
表 4.3.4-1	立坑につながる 3.5m×3.5m 坑道サイクルタイム(主立坑側)
表 4.3.4-2	立坑につながる 3.5m×3.5m 坑道サイクルタイム(換気立坑側)
表 4.3.4-3	主立坑側 8.0m×6.5m 坑道サイクルタイム

表 4.3.4-4	換気立坑側 5.0m×5.0m 坑道サイクルタイム
表 4.3.4-5	水平坑道 3.5m×3.5m サイクルタイム
表 4.3.4-6	4.5m×3.0m 避難坑サイクルタイム
表 4.3.4-7	試験坑道φ2.2m TBM 工事工程表
表 4.3.4-8	電気容量リスト
表 4.3.4-9	中間・最深行-ジ掘削日数
表 4.3.5-1	計測坑道坑奥部(人力削孔区間)サイクルタイム
表 4.3.5-2	計測坑道坑奥部(ジャンボ削孔区間)サイクルタイム
表 4.3.5-3	計測坑道掘削日数
表 4.3.5-4	使用機械一覧表
表 4.3.6-1	排ガス算出のための諸定数
表 4.3.6-2	換気ファンの仕様
表 4.3.6-3	換気ファンの性能と概略寸法
表 4.3.6-4	換気設備の使用数量
表 4.3.6-5	空調設備の数量
表 4.3.7-1	坑内給水設備の使用数量
表 4.3.7-2	立坑建設による地下水の影響範囲
表 4.3.7-3	各透水係数に対する施設全体への湧水量
表 4.3.7-4	水中ポンプ：LH8110 型の検討結果
表 5.2-1	処分事業段階と実施事項
表 5.2-2	概要調査地区の選定における実施主体の実施事項
表 5.2-3	概要調査地区での調査における実施事項
表 5.2-4	精密調査地区での調査（地上からの調査）における実施事項
表 5.2-5	精密調査地区での調査（地下に設置する施設からの調査）および 処分技術の実証期間における実施事項
表 5.2-6	処分事業における実施事項と必要技術（概要調査地区の選定段階）
表 5.2-7	処分事業における実施事項と必要技術 （概要調査地区での調査段階：その1）
表 5.2-8	処分事業における実施事項と必要技術 （概要調査地区での調査段階：その2）

- 図 4.3.1-29 キブル巻上機基礎荷重図
- 図 4.3.1-30 スカフォード巻上機基礎荷重図
- 図 4.3.1-31 人キブル巻上機基礎荷重図
- 図 4.3.1-32 換気立坑櫓, 巻上機基礎構造図
- 図 4.3.1-33 換気立坑巻上機基礎構造図
- 図 4.3.2-1 主立坑の施工フロー
- 図 4.3.2-2 主立坑坑口上部施工要領図
- 図 4.3.2-3 主立坑坑口下部施工要領図 (ロングステップの場合)
- 図 4.3.2-4 主立坑一般部施工要領図
- 図 4.3.2-5 立坑中継ポンプの事例
- 図 4.3.2-6 ウォーターリングの事例
- 図 4.3.2-7 ウォーターリングの概念図
- 図 4.3.2-8 裏面排水工の概念図
- 図 4.3.2-9 毎発破 (Step-by-Step) 工法の施工手順
- 図 4.3.2-10 隔発破 (2-Step) 工法の施工手順
- 図 4.3.2-11 換気立坑のタイムスケジュール例
- 図 4.3.2-12 換気立坑と各ステージとの分岐部の施工手順
- 図 4.3.2-13 換気立坑の施工フロー
- 図 4.3.2-14 換気立坑坑口上部施工要領図
- 図 4.3.2-15 換気立坑坑口下部施工要領図 (ロングステップの場合)
- 図 4.3.2-16 換気立坑一般部施工要領図
- 図 4.3.2-17 換気立坑のタイムスケジュール例
- 図 4.3.3-1 予備ステージ支保パターン
- 図 4.3.3-2 予備ステージ施工概要図
- 図 4.3.3-3 予備ステージ避難坑施工概要図
- 図 4.3.3-4(1) 水ピット平面図
- 図 4.3.3-4(2) 水ピット断面図
- 図 4.3.4-1 3.0m×3.0m 坑道施工範囲
- 図 4.3.4-2 立坑につながる 3.5m×3.5m 坑道施工範囲
- 図 4.3.4-3 立坑につながる 3.5m×3.5m 坑道施工概要図

- 図 4.3.4-4 8.0m×6.5m 坑道施工範囲
- 図 4.3.4-5 立坑側 8.0m×6.5m 坑道施工概要図
- 図 4.3.4-6 5.0m×5.0m 坑道施工範囲
- 図 4.3.4-7 換気立坑側 5.0m×5.0m 坑道施工概要図
- 図 4.3.4-8 3.5m×3.5m 坑道施工範囲（一次掘削）
- 図 4.3.4-9 平坑道 3.5m×3.5m 施工概要図
- 図 4.3.4-10 中間・最深ステージ 避難坑施工範囲
- 図 4.3.4-11 4.5m×3.0m 避難坑施工概要図
- 図 4.3.4-12 3.5m×3.5m 坑道施工範囲（二次掘削）
- 図 4.3.4-13 試験坑道施工範囲
- 図 4.3.4-14 シールド型トンネル掘削機 全体機構図
- 図 4.3.4-15 トンネル掘削機 後方台車組立図
- 図 4.3.4-16 TBM投入坑道概略図
- 図 4.3.4-17 TBM投入検討図（主立坑からアッセンブリホールまでの移動概要）
- 図 4.3.4-18 TBM投入検討図（アッセンブリホールから発進坑までの移動概要）
- 図 4.3.4-19 TBM坑道運搬図
- 図 4.3.4-20 TBM荷姿分割図
- 図 4.3.4-21 TBM組立手順図（1）
- 図 4.3.4-22 TBM組立手順図（2）
- 図 4.3.4-23 TBM後方台車配置図
- 図 4.3.4-24 TBM後退手順図
- 図 4.3.4-25 TBM解体手順図
- 図 4.3.4-26 一軸圧縮強度とドリラビリティ係数(K)
- 図 4.3.5-1 計測坑道施工範囲
- 図 4.3.6-1 換気・空調設備設計フロー（平成10年報告書より）
- 図 4.3.6-2 換気ファンの形状
- 図 4.3.6-3 換気概要
- 図 4.3.6-4 坑道壁面から影響圏までの距離と坑内への通過熱量の関係
- 図 4.3.6-5 クーリングシステム概念図
- 図 4.3.6-6 クーリングシステムレイアウト図（その1）

- 図 4.3.6-7 クーリングシステムレイアウト図 (その2)
- 図 4.3.7-1 上水設備の設計フロー
- 図 4.3.7-2 中水設備の設計フロー
- 図 4.3.7-3 給水設備のレイアウト概要
- 図 4.3.7-4 排水設備の設計フロー
- 図 4.3.7-5 据付タイプのポンプの全揚程と吐出量の関係の例
- 図 4.3.7-6 水中ポンプの全全揚程と吐出量の関係の例
- 図 4.3.7-7 排水設備の仕様および系統
- 図 4.3.8-1 退避坑計画 (予備ステージ)
- 図 4.3.8-2 退避坑計画 (計測坑道)
- 図 4.3.8-3 退避坑計画 (中間・最深ステージ)
- 図 4.3.8-4 水平坑道部防煙用扉位置図
- 図 4.3.8-5 防煙設備と避難経路
- 図 4.3.8-6 坑内外通信監視連絡設備
- 図 4.3.8-7 水平坑道内通信設備
- 図 4.3.8-8 集中監視システム案1 / 2
- 図 4.3.8-9 集中監視システム案2 / 2
- 図 4.3.8-10 坑内開口部位置図
- 図 4.3.8-11 飛来落下防止設備
- 図 4.3.8-12 立坑における人キブル・ズリキブル・防護ネットの位置関係
- 図 4.3.8-13 各ステージへのアクセス設備 (昇降設備, 資機材搬出入設備)
- 図 4.3.8-14 車椅子見学者を考慮した主立坑坑口乗降設備
- 図 4.4-1 サイクル機構殿より提示された研究坑道の全体スケジュール
- 図 4.4-2 施工工程案
- 図 5.2-1 調査研究成果反映の検討フロー
- 図 5.2-2 処分事業の基本スケジュールと主な実施事項 (本研究での年度設定)
- 図 5.3-1 中間ステージにおける調査研究配置
- 図 5.3-2 最深ステージにおける調査研究配置
- 図 5.4.1-1 研究坑道レイアウトの検討フロー

- 図 5.4.2-1 サイクル機構基本レイアウト
- 図 5.4.2-2 新用地（当初想定）と基本レイアウト
- 図 5.4.2-3 新用地における敷地範囲
- 図 5.4.2-4 (DH-2 号孔柱状図)
- 図 5.4.2-5 立坑位置
- 図 5.4.3-1 立坑坑底
- 図 5.4.3-2 中間ステージ・最深ステージの坑道配置（基本レイアウトからの変更）
- 図 5.4.3-3 予備ステージ
- 図 5.4.3-4 計測坑道（G.L.-470m、-528m、-970m）
- 図 5.4.3-5 試錐座の配置（中間／最深ステージ）
- 図 5.4.3-6 研究坑道レイアウト（1/1500）
- 図 5.4.3-7 研究坑道レイアウト（敷地）
- 図 5.4.4-1 超深地層研究所全体レイアウト（構造物）
- 図 5.4.4-2 超深地層研究所全体レイアウト（敷地境界）
- 図 5.4.4-3 超深地層研究所全体レイアウト（構造物＋地質構造）
- 図 5.4.4-4 中間ステージ付近拡大図（北東方向より見たイメージ）
- 図 5.4.4-5 中間ステージ付近拡大図（北西方向より見たイメージ）
- 図 5.4.4-6 最深ステージ付近拡大図（北東方向より見たイメージ）
- 図 5.4.4-7 最深ステージ付近拡大図（北西方向より見たイメージ）
- 図 5.4.4-8 施工ステップ1－主立坑&換気立坑 中間ステージ到達
- 図 5.4.4-9 施工ステップ2－中間ステージ掘削（その1）
- 図 5.4.4-10 施工ステップ3－深部地質構造調査（その1）
- 図 5.4.4-11 施工ステップ4－換気立坑最深部到達、主立坑 G.L.-970m 到達
- 図 5.4.4-12 施工ステップ5－中間部計測坑道&G.L.-970m 予備ステージ掘削
- 図 5.4.4-13 施工ステップ6－中間ステージ掘削（その2）
- 図 5.4.4-14 施工ステップ7－主立坑最深部到達&深部計測坑道掘削
- 図 5.4.4-15 施工ステップ8－最深ステージ掘削
- 図 5.4.4-16 施工ステップ9－深部地質構造調査（その2）
- 図 6.2.2-1 観察・計測データの評価と施工管理および対策工検討の流れ
- 図 6.2.2-3 変位計測データの事例

- 図 6.2.2-4 鋼製支保工の軸力計測結果事例
- 図 6.3.1-1 逆解析の位置づけ
- 図 6.3.2-1 順解析と逆解析
- 図 6.3.3-1 側圧係数と変位比率の関係
- 図 6.3.3-2 水平内空変位と変形係数の関係

1. 研究の目的

核燃料サイクル開発機構殿（以下、「サイクル機構殿」とする）が計画している超深地層研究所研究坑道は、深度約 1,000m に達する超大深度立坑と水平坑道からなり、立坑と水平坑道は様々な深度で接続されることになる。この計画においては、調査研究期間を最大限に確保する必要があることから、施工に関しては工程上厳しい制約条件が要求される。

本業務は、超深地層研究所計画用地が正馬様用地から新用地に変更されることに伴い、研究及び施工に関する計画を見直すものである。具体的には、サイクル機構殿が策定した「超深地層研究所 地層科学研究基本計画」（2001）に基づき、「坑道の掘削を伴う研究段階（第2段階）」、「坑道を利用する研究段階（第3段階）」における研究内容を考慮した施工工程の策定に必要な項目について検討を行った。

2. 研究の範囲

- (1) 施工工程の検討
- (2) 調査研究成果の反映及び計画策定に関する検討
- (3) 地質環境データの設計・施工へのフィードバックに関する検討
- (4) 報告書の作成

3. 研究の概要

3. 1 施工工程の検討

サイクル機構殿が策定した「超深地層研究所 地層科学研究基本計画」（2001）、及び現在計画している研究坑道の全体スケジュールにもとづき、調査研究期間を最大限に確保できる具体的な施工計画、工程（サイクルタイム）を検討した。

検討にあたっては、先ず調査研究の観点から施工方法、施工工程、設備・維持管理、及び足場・使用機械器具に対する要望を、施工への前提条件及び制約条件として整理した。次に、施工への前提条件及び制約条件を加味した上で、施工計画の立案を行った。最後に、施工計画で構築したサイクルタイム等を基本に、施工工程案を検討した。

3. 2 調査研究成果の反映及び計画策定に関する検討

調査研究成果の反映の観点から、原子力環境整備機構が進める高レベル放射性廃棄物の最終処分事業のスケジュールおよび今後国が行う安全基準等の策定に対して、超深地層研究所の研究坑道における調査研究成果について、反映すべき内容、重要度、実施時期、実施場所、条件などを検討した。

調査研究計画策定においては、既存データ（試錐調査、原位置試験等により得られたデータ）にもとづき研究坑道における調査研究の内容について、上記で検討した反映すべき内容、重要度、実施順序、実施時期、実施場所、配置、条件などを反映し、3. 1の施工工程と整合のとれた調査研究スケジュールを策定した。

また、上記にて検討した調査研究の内容、サイクル機構殿より提示された研究坑道の全体スケジュール、基本レイアウト、敷地の制約条件等を考慮して、研究坑道の全体レイアウトや研究坑道の掘削規模（水平坑道の掘削延長など）について検討を行い、3次元静止画像を作成した。

3. 3 地質環境データの設計・施工へのフィードバックに関する検討

検討した調査研究スケジュールに基づき、超深地層研究所の設置目的や地質環境条件などを考慮し、研究坑道の設計の妥当性を評価する方法について検討し、研究坑道の設計の妥当性を評価するための具体的な観察・計測項目、観察・計測方法などについて検討を行うとともに、施工管理のための計測と研究目的の計測についても検討し、調査研究計画や施工計画に反映できるように取りまとめた。

研究坑道掘削の進行による深部地質環境に関する情報量の増加に伴い、随時、設計及び施工へフィードバックする方法に関して、従来、山岳トンネルで行われてきた簡易手法や順解析による方法について検討したうえで、とくに逆解析手法の当設計・施工への適用（何に着目して逆解析を行い、その結果をどのように判断し、どのように設計や施工に反映させるかなど）について検討し、調査研究計画や施工計画に反映できるように取りまとめた。また、調査研究段階の進展に伴う情報量の増加と設計の妥当性の評価方法との関係について検討を行い、模式図にわかりやすく取りまとめた。

4. 施工工程の検討

4. 1 検討の内容

具体的な実施内容を以下に示す。

(1) 前提条件及び限定条件の検討

「超深地層研究所 地層科学研究基本計画」の調査研究において、各研究分野（地質・地質構造、地下水の水理、地下水の地球化学、物質移行、岩盤力学、地震観測、及び工学的技術）の観点から、以下に示す考慮すべき項目である施工方法①、施工工程②、設備・維持管理③、及び足場・使用機械器具⑤に対する要望を整理した。また、想定外事象④に関しては、新用地における地質概要を基に、施工を中断する判断基準に資する情報を整理した。

以下に、施工工程の検討を実施するにあたり、考慮すべき項目を示す。

- ① 調査研究の場となる研究坑道の施工方法を限定する条件。
- ② 調査研究の実施の際に、施工を中断する、あるいは施工のサイクルに調査研究の実施工程を組み込むなどの施工工程に関する条件。
- ③ 研究坑道の掘削に必要となる設備や坑道の維持管理のために設置する設備について、仕様を限定する条件。
- ④ 地質環境が予測結果と大きく異なる場合や、想定外の事象（高圧出水や山はねなど）に遭遇した場合など、施工を中断する判断基準。
- ⑤ 調査研究の際に必要な足場、使用機械器具の検討を行い搬出入方法、研究方法。

(2) 施工計画の立案

現在計画している研究坑道全体を以下の項目に分類し、(1)で検討した条件を十分に加味した上で、施工計画を立案した。立案は、旧用地で実施してきた検討内容を基本に、実施するものとした。

- ① 立坑掘削（櫓）設備（主立坑及び換気立坑）
- ② 立坑掘削（主立坑及び換気立坑、櫓設置前も含む）
- ③ 予備ステージ掘削
- ④ 中間・最深ステージ掘削

- ⑤ 計測坑道掘削
- ⑥ 換気・空調設備
- ⑦ 給排水設備
- ⑧ 安全・その他仮設備

(3) 施工工程の検討

サイクル機構殿が策定した「超深地層研究所 地層科学研究基本計画」(2001)、及び現在計画している研究坑道の全体スケジュールにもとづき、施工計画で構築したサイクルタイム等を基本に、施工工程案を検討した。施工工程案の検討は、①平成21年度(2009年度)までに地下1,000mまで到達すること、②調査研究計画及び研究坑道レイアウトと十分に整合性を図ること等の、他の条件を十分加味した上で実施した。

4. 2 前提条件や制約条件の検討

4. 2. 1 調査研究の実施に伴う施工の前提条件や制約条件の検討

4. 1で示した以下の4項目に関し、各研究分野(地質・地質構造、地下水の水理、地下水の地球化学、物質移行、岩盤力学、地震観測、及び工学的技術)の観点から、表4.2.1-1に取りまとめた。この結果については、4. 3 施工計画の立案において反映することとした。

- ① 調査研究の場となる研究坑道の施工方法を限定する条件。
- ② 調査研究の実施の際に、施工を中断する、あるいは施工のサイクルに調査研究の実施工程を組み込むなどの施工工程に関する条件。
- ③ 研究坑道の掘削に必要となる設備や坑道の維持管理のために設置する設備について、仕様を限定する条件。
- ⑤ 調査研究の際に必要な足場、使用機械器具の検討を行い搬出入方法、研究方法。

表 4.2.1-1 調査研究の実施に伴う施工の前提条件や制約条件 (1)

研究分野	調査研究分類	調査研究項目	施工方法	施工工程	設備・維持管理	足場・使用機械器具
地質・地質構造	地質構造調査	<ul style="list-style-type: none"> 立坑坑道調査 換気立坑調査 予備ステージ調査 計測坑道調査 水平坑道調査 	<ul style="list-style-type: none"> 試験坑道では、坑道安定のためのロックボルト工、および、吹きつけ工を極力行わない 	<ul style="list-style-type: none"> 掘削工程に組み込む 掘削直後に行い、観察は3人で立坑3時間程度、水平坑道2時間程度を要する 優れた地質構造遭遇時にさらに3時間程度の詳細調査を行う（立坑、換気立坑1,000m中10~20箇所程度） 	<ul style="list-style-type: none"> 横坑は物理探査手法への影響防止のため鉄製レールの設置を行わない 	<ul style="list-style-type: none"> 立坑掘削時は地質観察用専用ケージ 横坑掘削時に高所の観察で必要なら地質観察用専用台
	3次元地質構造調査	<ul style="list-style-type: none"> 研究坑道地質調査 3次元地質構造調査 	同上	<ul style="list-style-type: none"> 研究坑道地質調査は地質構造調査と同様に掘削工程に組み込み、観察は3人で2時間程度を要する 3次元地質構造調査は水平坑道掘削後に実施することを基本とする 	<ul style="list-style-type: none"> 横坑は物理探査手法への影響防止のため鉄製レールの設置を行わない 	<ul style="list-style-type: none"> 3次元地質構造調査は試錐マシン
	深部領域地質調査	<ul style="list-style-type: none"> 深部領域地質調査 			<ul style="list-style-type: none"> 深部領域地質調査は水平坑道掘削後に実施することを基本とする 	
地下水の水理	表層水理調査	<ul style="list-style-type: none"> 水文調査 		<ul style="list-style-type: none"> 全期間を対象とする 		
	地下水挙動調査	<ul style="list-style-type: none"> 自然状態の地下水挙動調査 アクセス坑道の掘削に伴う地下水挙動調査 地下水長期挙動調査 		<ul style="list-style-type: none"> 全期間を対象とする 計測器設置後の初期状態の水圧分布が安定するまでの期間が必要。(約1ヶ月) 	<ul style="list-style-type: none"> 施工イベント（工種、場所、時間）が参照できるデータベースが必要 	<ul style="list-style-type: none"> 試錐マシン 地下水モニタリング装置
	岩盤透水性評価試験	<ul style="list-style-type: none"> 室内水理試験 試錐孔内透水試験 坑道規模水理試験 床盤透水試験 熱応力下の水理試験 単一割れ目を対象とした水理試験 断層を対象とした透水試験 	<ul style="list-style-type: none"> 試験坑道では、坑道安定のためのロックボルト工、および、吹きつけ工を極力行わない 	<ul style="list-style-type: none"> 掘削影響試験後の与えられた試験期間が短い 並行作業により工程短縮、および、早期着手を検討する 	<ul style="list-style-type: none"> 自動計測と定期点検 透水試験時は常時常駐の可能性有り 施工イベントの影響ならびに他の調査試験との相互干渉が参照できるようにする 	<ul style="list-style-type: none"> 試錐マシン 透水試験装置 水圧モニタリング装置 熱応力下の透水試験で、発熱機を使用
地下水の地球化学	地下水の地球化学的性質の調査及び長期モニタリング	<ul style="list-style-type: none"> 地下水の地球化学調査 地下水の地球化学的性質の長期モニタリング 	<ul style="list-style-type: none"> (湧水箇所を対象に実施する) 重機からの排気ガスの発生を極力抑えるなど可能な限り周辺環境へ影響を与えない掘削工法を採用する 	<ul style="list-style-type: none"> 全期間を対象とする 	<ul style="list-style-type: none"> 必要なら集水装置を設置する 	
	3次元坑道規模地球化学特性試験	<ul style="list-style-type: none"> 水-岩石反応による水質形成機構の調査 物質移行研究の環境条件設定のための調査 	同上	<ul style="list-style-type: none"> 水質形成機構の調査は坑道掘削が行われる期間を対象とする 物質移行研究の環境条件設定のための調査は中間ステージ掘削時に実施 	同上	
	掘削に伴う地下水の地球化学的性質変化の調査	<ul style="list-style-type: none"> 掘削に伴う地下水の地球化学的性質変化の調査 坑道周辺岩盤中における酸化還元状態調査 坑道周辺岩盤の酸化還元能力調査 水理-岩盤力学-地球化学複合現象調査 	<ul style="list-style-type: none"> 掘削に伴う地下水の地球化学的性質変化の調査は予備ステージ及び中間ステージから断層、水みちを調査対象に実施する その他の調査は中間ステージ水平坑道から試錐を行い、モニタリングする 	<ul style="list-style-type: none"> 掘削に伴う地下水の地球化学的性質変化の調査は当該部の坑道掘削前に試錐、装置の設置を実施する 	<ul style="list-style-type: none"> 予備ステージおよび中間ステージにモニタリング装置を設置する 基本的に無人計測とするため、無停電装置が必要である 動力系電源と計測系電源を独立化する 	<ul style="list-style-type: none"> 試錐マシン 地化学モニタリング装置、水質(連続)モニタリング装置等
	(工学的技術、人工材料の岩盤への長期影響評価試験へ)	<ul style="list-style-type: none"> (ベントナイト-地下水相互作用の調査) 				

表 4.2.1-1 調査研究の実施に伴う施工の前提条件や制約条件 (2)

研究分野	調査研究分類	調査研究項目	施工方法	施工工程	設備・維持管理	足場・使用機械器具
岩盤中の物質移動	・ 単一割れ目物質移行試験	・ 岩芯試料を用いた物質移行調査 ・ 単一透水性割れ目における物質移行試験				
	・ 坑道規模物質移行試験	・ 大規模物質移行試験	・ 試験坑道では、坑道安定のためのロックボルト工、および、吹きつけ工を極力行わない	・ 坑道規模透水試験後に実施	・ 注入時は常時常駐の可能性あり	・ 注入、集水装置 ・ レジン注入装置
	・ 破碎帯における物質移行試験	・ 破碎帯を対象とした物質移行試験	・ 断層箇所の保護	・ 断層を対象とした透水試験後に実施	・ 注入時は常時常駐の可能性あり	・ 注入、集水装置 ・ レジン注入装置
岩盤力学	・ 岩盤、岩石物性試験	・ 室内力学試験 ・ 原位置岩盤試験	・ 特別な制約条件はないと考えられる	・ 工事中断や工程への影響はないと考えられる	・ 特別な制約条件はないと考えられる	
	・ 岩盤空洞力学的安定性試験 ・ 岩盤挙動長期時間依存性試験	・ 時間依存性の把握試験	・ 掘削工法の比較を行う際は同様な地質条件で行うことが望ましい	・ 工事中断や工程への影響はないと考えられる	・ 計測機器の耐久性の十分な検討が必要である ・ 試験装置の測定精度の向上、小型化、設置精度の向上が必要である	・ 試錐マシーン ・ 高所作業車（坑内での天端部分の機器設置、調査・試験、計測時に使用。）
	・ 岩盤破壊機構解明試験(新規追加)		・ 掘削工法の比較を行う際は同様な地質条件で行うことが望ましい	・ 工事中断や工程への影響はないと考えられる	・ 試験装置の測定精度の向上、小型化、設置精度の向上が必要である	同上
	・ 水平坑道掘削影響試験 ・ 立坑掘削影響試験	・ 掘削影響試験	・ 掘削工法の比較を行う際は同様な地質条件で行うことが望ましい ・ 地下水挙動を計測項目とする場合は、事前に掘削した坑道が水理境界とならないような対策が必要である	・ 坑道掘削前に試錐孔を掘削し事前調査を行う必要がある ・ 三次元的な挙動を捉えることができる坑道配置が望ましい ・ 中間ステージでの掘削影響試験実施期間は立坑掘削を行わない ・ 掘削工法の比較を行う際は掘削設備の変更に必要な工程を考慮する必要がある	・ 長期にわたる計測を行う場合は、計測機器の耐久性の十分な検討が必要である ・ 試験装置の測定精度の向上、小型化、設置精度の向上が必要である	同上
地震観測	・ 地震動観測	・ 地震動の観測	・ 観測坑道は、新たな坑道の掘削等による影響を受けないエリアに設置する必要がある	・ 複数深度で観測ができる坑道が必要である ・ 地震動の伝播方向や岩盤ひずみを測定するため、三次元的な拡がりを持つ配置とする必要がある		・ 基本的に無人計測となるため、無停電装置を含む電源や空調装置が必要である ・ 長期観測となるため、その後の他の研究に障害とならない位置への設置が必要である
	・ 地質環境変化	・ 地震に伴う地質環境の変化観測	・ 間隙水圧や水質変化等を測定するため湧水地点近傍で観測を行う	同上	同上	
	・ 地震時破碎帯挙動試験	・ 地震時破碎帯挙動調査	・ 断層や破碎帯部を坑道でとらえ、長期変位観測が行えるようにする	・ 対象地点における他の試験が終了してから開始する必要がある	同上	・ 破碎帯の挙動を高精度に計測するため、換気をせず温度一定の環境を確保する必要がある

表 4.2.1-1 調査研究の実施に伴う施工の前提条件や制約条件 (3)

研究分野	調査研究分類	調査研究項目	施工方法	施工工程	設備・維持管理	足場・使用機械器具
工学的 技術	【大深度地質環境下における工学的技術に関する研究】 ・研究研究坑道の設計・施工計画技術の開発(測定を設計にフィードバックするシステム技術の研究、研究の品質を確保する研究を含む)	・設計手法・設計体系の整備(測定を設計にフィードバックするシステム技術の研究を含む) ・研究の品質を確保する研究				・高所作業車(測定を設計にフィードバックするシステム技術の研究における坑内計測用。バッテリー駆動とする。)
	・研究坑道の掘削技術および施工対策技術の開発	・大深度地質環境下での地下施設の建設技術の研究 ・施工対策技術の研究	・建設技術の検証として、施工法の影響を比較できる施工方法とする。	・断層破碎帯や山はね、高圧湧水などに遭遇した場合、施工対策技術の検証を行うための研究期間が必要となる。	・施工対策で用いる機械、設備分をカバーする電力量が必要である。	・グラウトミキサ(1~11 kW/台：遭遇した断層破碎帯や山はね、高圧湧水の規模により異なる) ・グラウトポンプ(2~11 kW/台：規模により異なる) (注入孔は、故障時、研究用の1ブームジャンボまたは試錐機で穿孔する。)
	・安全性を確保する技術の開発	・安全性を確保する技術の開発				
	【処分技術開発の基盤となる工学的技術に関する研究】 ・研究坑道の長期にわたる維持・補修技術(熱・水・応力連成挙動の研究を含む)	・掘削影響修復技術の研究 ・坑道修復技術の研究 ・熱・水・応力・化学の連成挙動の研究	・中間ステージでの熱・水・応力・化学の連成挙動の研究のため、一部研究坑道をTBM工法で掘削する。	・掘削影響修復技術の研究、坑道修復技術の研究、熱・水・応力・化学の連成挙動の研究を実施する研究坑道がある場合は、それを通過する以前に、試錐孔を利用した調査、坑道掘削時の影響試験を実施する。 (これらの試験は掘削影響試験が行われた(掘削影響領域が評価された)エリアで行うことが望ましい。)		・ヒーター(500 W×15台：熱・水・応力・化学の連成挙動の研究用) ・グラウトミキサ(1 kW×1台：掘削影響修復技術の研究用) ・グラウトポンプ(4 kW×1台：掘削影響修復技術の研究用) (注入孔は、故障時・研究用の1ブームジャンボまたは試錐機で穿孔する。) (熱・水・応力・化学の連成挙動の研究および坑道修復技術の研究におけるプラグキー部は、故障時・研究用の1ブームジャンボで削孔後、掘削する。)
・人工材料の岩盤への長期影響評価試験	・人工材料の岩盤への長期影響評価研究(ベントナイト・地下水相互作用の調査を含む)			同上		・ヒーター(500 W×3台：人工材料の岩盤への長期影響評価研究用)

注) 空白部は特にないことを意味する。

4. 2. 2 予測と異なる地質環境や想定外事象による施工を中断する判断基準

地質環境が予測結果と大きく異なる場合や、想定外の事象（高圧出水や山はねなど）に遭遇した場合などに対する考え方を以下に示す。ただし、この内容は、直接施工工程に反映しきれないものである。昨年度までの検討から、考慮すべき想定外事象は、高圧出水、山はね、壁面の変形・剥離・崩壊、及び地温である。

（1）高圧出水

①概要¹⁾

施工を困難にする大きな要因の一つとして出水があるが、特に、断層破碎帯における突発的な高圧、多量の出水は、切羽の崩壊や坑道の水没を引き起こし、作業員を危険にさらし、調査の遅延をもたらすのみならず、大幅な工費の増大をもたらすことになる。

よって、「超深地層研究所 地層科学研究基本計画」で計画している調査に影響を及ぼす想定外事象である高圧出水を避けるためには、先ず事前に実施される地表物理探査やボーリング調査により、地質構造、岩盤の節理、破碎帯等の規模と透水性、及び地下水の圧力状況を事前に調査しておく必要がある。また、施工中においては、代表割れ目調査結果に基づいた探りボーリングや、トンネル切羽前方及び周辺地山地震探査（TSP 探査システム等）を実施し、事前調査に基づく予測と実際の状況とを比較しながら、高圧出水に対する予測を進めていき、適切な対策工（地下水低下工法、止水工法、及び両工法の併用）を行う必要がある。

②判断基準の目安

一般的に立坑では、立坑掘削能率を低下させる出水量は 20 ㎥/分程度と考えられており、これを超える場合は、止水工法もしくは地下水低下工法を採用する必要があると考えられている²⁾。ただし、これまでの過去の事例において、約 500 ㎥/分まで排水しながら立坑掘削が可能であると示しているケースもある³⁾。

（2）山はね

①概要¹⁾

山はねは、トンネル掘削時等において、掘削周辺の岩盤の一部が大きな音響を伴って内空に突然飛び出す現象である。この現象は、岩盤中に蓄えられた弾性ひずみエネルギーが掘削により解放されることに起因して発生すると考えられており、土被りが比較的

大きく、地山応力が高い場合で、かつ岩盤が均質で節理等の少ない地山で起こりやすい。

そこで、このような地山のトンネル掘削においては、事前に、山はねの発生の可能性について十分に調査を行うと共に、必要な対策を講じておかなければならない。

山はねの一般的な施工上の対策には、以下のようなものがある。

- ・鋼製支保工あるいはネット等で掘削面を覆う
- ・フリクションタイプのロックボルトを使用して、ロックボルトの打設直後から、縫付け効果や吊下げ効果を発揮させるようにする
- ・繊維補強吹付けコンクリートを使用するなど一次覆工のじん性を上げ、はく落の危険性を減少させる。
- ・コソク作業や山はね発生時に退避、待機を徹底させる。

山はねの生じる地山は、その予知対策も重要である。山はねの発生メカニズムは、詳細に解明されておらず、確立された方法もないのが現状であるが、発生メカニズムの解明と予知を目的に、AE（Acoustic Emission：音響放出）計測がもちいられることもある。

②判断基準の目安

山はねの発生メカニズムは詳細に解明されていないが、共通する特徴をまとめると次のようになる。

- ・花崗岩類を主体とする堅硬で節理やシームの少ない塊状岩盤、あるいは規則的で顕著な節理が発達しているが密着する岩盤
- ・一軸圧縮強度が100～200MPa以上の岩石
- ・静弾性係数が30～50GPa以上の岩石
- ・圧縮強度／引張強度で示される脆性度が15～20以上の岩石
- ・土被りが厚く、水平方向の応力が卓越する岩盤（トンネルの土被りが概ね800～1,000m以上で多発するが、水平応力が卓越する地山では小さい土被りでも発生する）
- ・湧水の見られる箇所では山はねは発生しない（地下水が流出する程度の開口節理が存在すると応力が岩盤に伝達されにくいと考えられるため）
- ・大規模節理や断層の前後
- ・ボーリングコアにディスク現象が認められる岩盤

また、AE計測による山はねの予知・管理も実施することも考えられる。ただし、山はねの基準値については、固有の値があるわけではないので、過去の施工例等を参考に、

対策工としての支保を設定する必要がある。

(3) 壁面の変形・剥離・崩壊

本立坑においては、長年に亘り研究を行うため、覆工コンクリートの劣化等により壁面の剥離・崩落の可能性がある。超深立坑のため、小さな落下物でも大きな災害につながる危険性があり、これらを防止するため以下の対策を講ずる必要がある。

- ・地質状況により荷重条件を検討し、覆工厚を決定する。
- ・コンクリートの水セメント比は、土木学会「コンクリート標準示方書」では原則として65%以下に規定しているが、コンクリートの耐久性確保の観点から55%以下にする（道路橋示方書Ⅲコンクリート橋編）とともに、コンクリートの品質管理を徹底する。
- ・コンクリートの打込みは入念に行い、分離や豆板が発生しないよう注意する。
- ・コンクリートは散水等により十分養生する。
- ・施工時に確認された壁面の変形・剥離・クラックについては、ロックボルトによるコンクリートの補強、鋼板による補強、表面被覆工法等の状況に応じた適切な補修方法を選定する。

(4) 地温

高い地熱の地山のトンネル掘削においては、高温、多湿のきわめて劣悪な作業環境となるので、労働衛生面からの作業環境の維持と作業員の適正な健康管理が重要である。坑内温度が28℃以上になる場合は、過去の事例を参考に送風量を増大することで対処する。作業スペースの関係で送風量を増大することができない場合は、冷却設備を設け冷風を送ることも検討する必要がある。

(参考文献)

- 1)土木学会；トンネル標準示方書[山岳工法編]・同解説、1996.7
- 2)土木学会；山岳トンネルの立坑と斜坑、トンネル・ライブラリー第7号、1994.8
- 3)串山、小林；湧水と闘う立坑工事 上越新幹線中山トンネル、トンネルと地下、1975.6
- 4)土木学会；山岳トンネルの補助工法、トンネル・ライブラリー第5号、1994.3

4.3 施工計画

4.3.1 立坑掘削(櫓)設備

(1) 主立坑掘削(櫓)設備

図 4.3.1-1 に主立坑、換気立坑の櫓設備及び巻上げ機基礎全体平面図を示す。

(1) -1 主立坑条件

- ① 立坑深度 $h = 1,025\text{m}$
- ② 立坑掘削径 $\phi = 7,300\text{mm}$
- ③ 立坑径仕上径(一次覆工径) $\phi = 6,500\text{mm}$
- ④ 主立坑・換気立坑間距離 40m

(1) -2 主立坑掘削(櫓)設備の設計条件

- ・投入重量制限

最大 シャフトジャンボ 15.5 t (3 ブーム、 $\Phi 2000$)

- ・開口部の大きさ

$\square 2700\text{mm}$

- ・キブル巻上げ機

ズリキブル 6m³

コンクリートキブル 2.5m³

- ・スカフォード巻き上げ機

シャフトマッカ 0.4m³

シャフトジャンボ 3 ブーム (2 ブームで使用) D-150

- ・エレベータ巻上げ機

12 人乗り (車椅子考慮)

乗降設備 坑口乗降設備、スカフォード上、各水平坑道部

- ・櫓設備

H = 25m

表 4.3.1-1 主立坑掘削設備一覧表

設備名	数量	備考
キブル巻上機設備 ①キブル巻上機 ②キブル関係 ・ズリキブル ・コンクリートキブル ・ラダー、吊金物 ③ワイヤロープ ④シーブ	1台 2台 1台 1式 1本 1本 2台	1500kW 6m ³ 2.5m ³ φ47.5 1400m (1025m深度時) φ47.5 840m (500m深度時) φ2.5m
スcaffold巻上機設備 ①スcaffold巻上機 ②スcaffold ③シャフトマッカ ④シャフトジャンボ ⑤ワイヤロープ ⑥シーブ	2台 1式 1台 1台 1本 1本 2台	75kW/台 φ6.1m 0.4m ³ 3ブーム (2ブームで使用) D-150 φ45 4500m (1025m深度時) φ45 2400m (500m深度時) φ2.0m
エレベータ巻上機設備 ①エレベータ巻上機 ②人キブル ③ワイヤロープ ④シーブ ⑤乗降設備	1台 1台 1本 1本 2台 1式	200kW 12人乗り (車椅子乗降可能) φ30 1300m (1000m深度時) φ30 840m (500m深度時) φ1.5m 坑口、スcaffold上、各水平 ステージ部
櫓設備 ①櫓本体 ②キブル転倒装置 ③坑口ドア、座張り ④ジャンボ吊装置 ⑤移動台車	1式 1式 1式 1台 1台	H=25m (ヘッドシーブ中心まで) <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> 各姿図参照 </div>

(1) -3 主立坑掘削(櫓)設備の基本仕様

① キブル巻上機

電動機出力	1500 kW
制御方式	ベクトルインバータ制御
最大ロープ張力	248 kN (シャフトジャンボ搬入時)
最大巻上速度	300m/min
巻上距離	1040m (max)
ドラム径×幅	φ2750×1720mm
ロープ径	φ47.5 mm モノロープ SP 4×F (40)

② スカフォード巻上機 (2台駆動)

電動機出力	75 kW×2台
最大ロープ張力	591kN/4条×2本
最大巻上速度	24m/min (ワイヤロープ) 6m/min (作業床)
最大巻上距離	1025m (ロープ=2050m)
ドラム径×幅	φ2750×2200mm
ロープ径	φ45 6*P・WS (31)

③ エレベータ巻上機

電動機出力	200 kW
制御方式	ベクトルインバータ制御
最大ロープ張力	60 kN
最大巻上速度	150 m/min
ドラム径×幅	φ2000×1250mm
ロープ径	φ30mm 4×WS (36) 電纜入りロープ

④ 巻上櫓

型式	R形櫓
高さ	H=25m (ヘッドシープ中心まで)

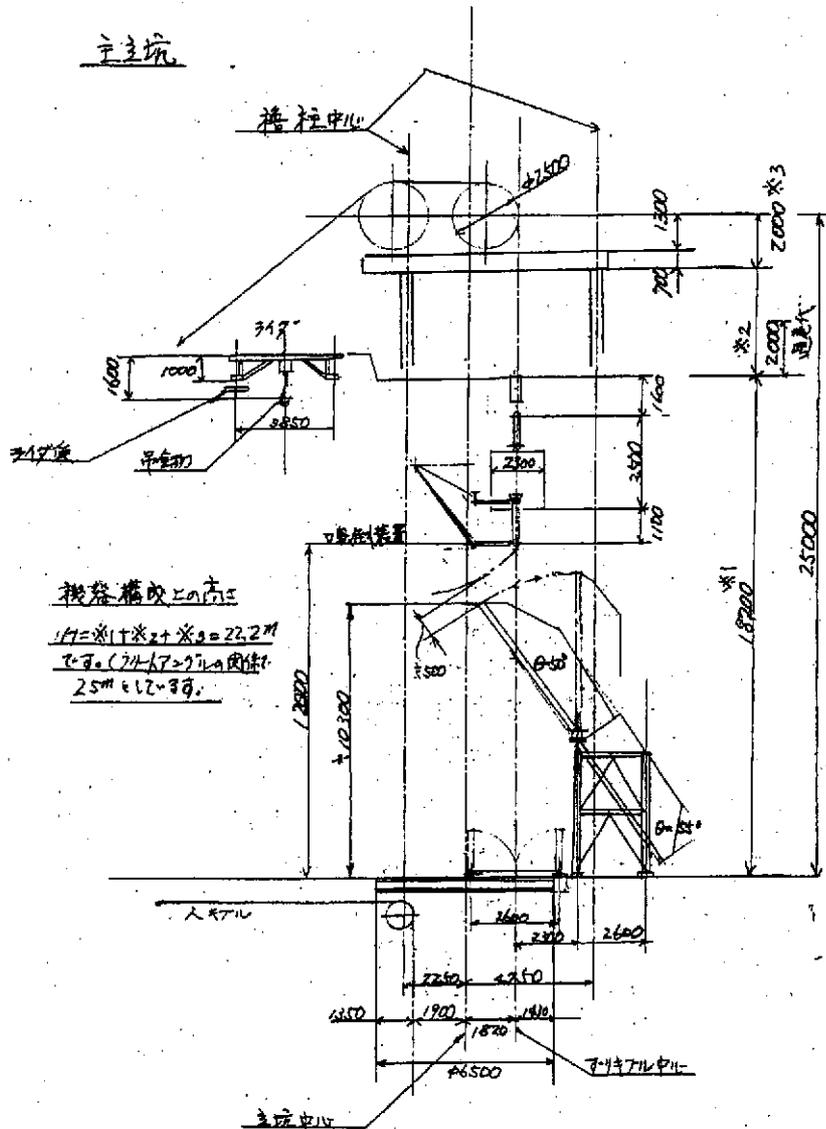
支柱間隔 (柱脚部) 7.0m×7.0m

・主立坑櫓高さの決定

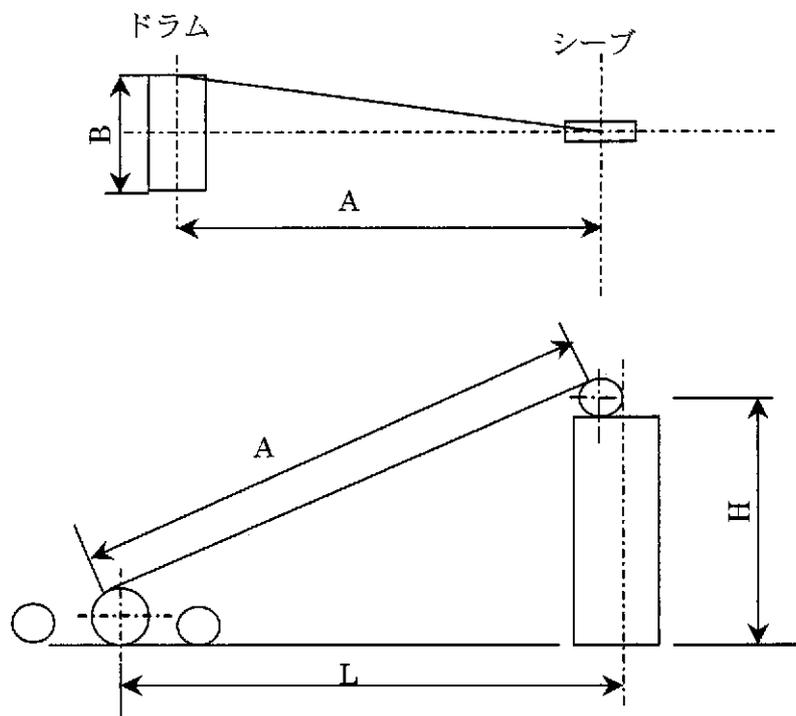
決定条件

- ① 立坑（主立坑、換気立坑）の位置関係及び周辺地形から巻上機の位置を決定する。
- ② シュートや各機器を配置し高さを決定
- ③ フリートアングルが 2° 以下になるように高さを決定（理想範囲は $0.25^{\circ} \sim 1.5^{\circ}$ ）

- ① 立坑センターから人用エレベータ巻上機までを25m、人用エレベータ巻上機からキブル巻上機までを6.0m、キブル巻上機からスカフード巻上機までを9.0mとした。（設備全体図参照）
- ② シュートの角度を 55° とし、シュートとキブルが転倒した場合の間隔を50cmとすると、転倒装置までの高さは12m。キブル及び転倒装置、ライダ受けまでの高さ6.2mを加えると、18.2mとなる。
過巻き代を2.0mとし、ヘッドシープ中心までが2.0m、合計22.2mとなる。



③ フリートアングルが理想範囲 1.5° 以下になるように高さを決定



記号	主立坑	
	キブル巻上機	スcaffold巻上機
A	32.9m	42m
H	25m	25m
L	27.8m	38.1m
B	1.72m	2.2m
α	1.36°	1.43°

①、②、③の検討の結果、③のフリートアングルから槽の高さを $H=25\text{m}$ とした。

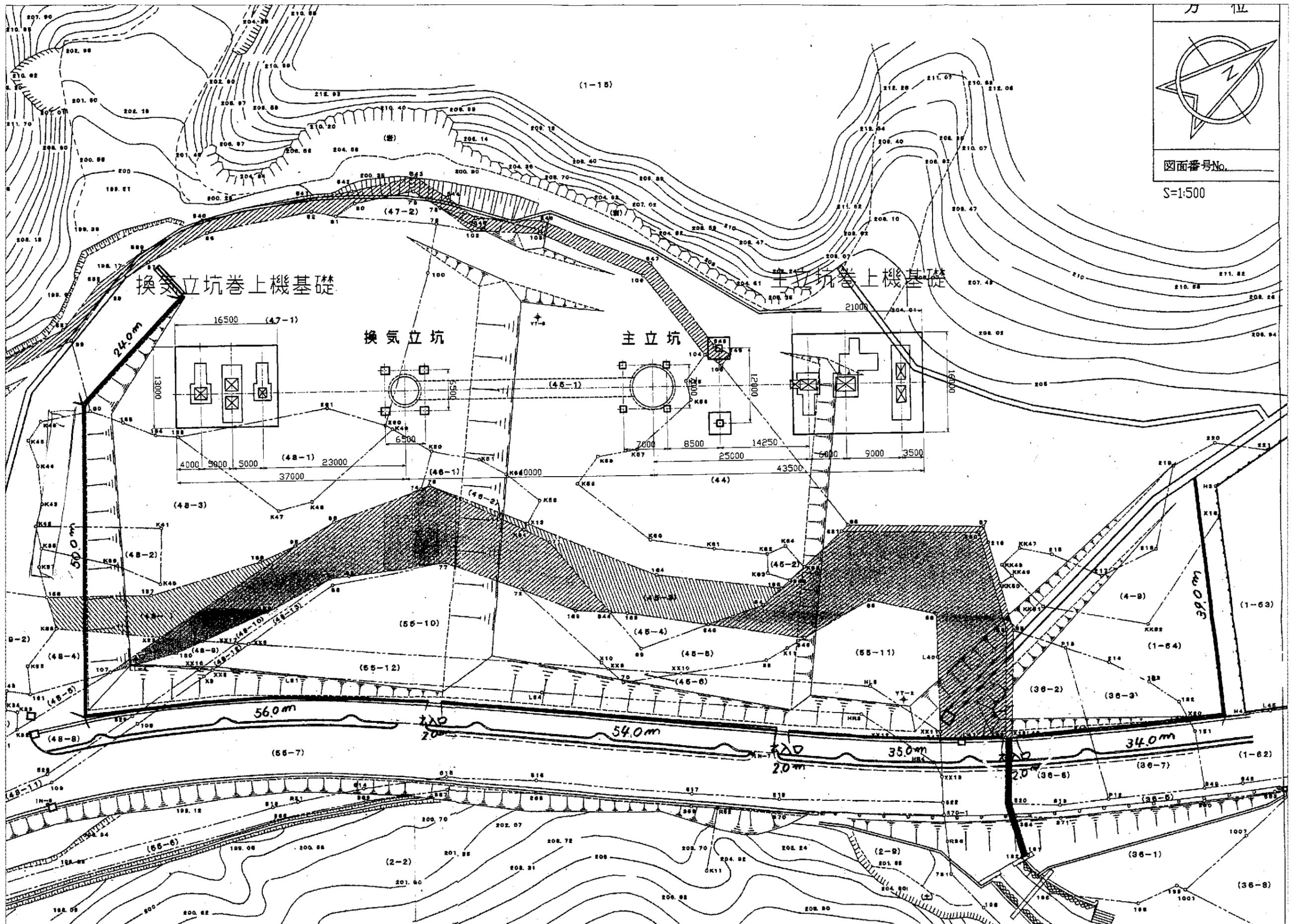
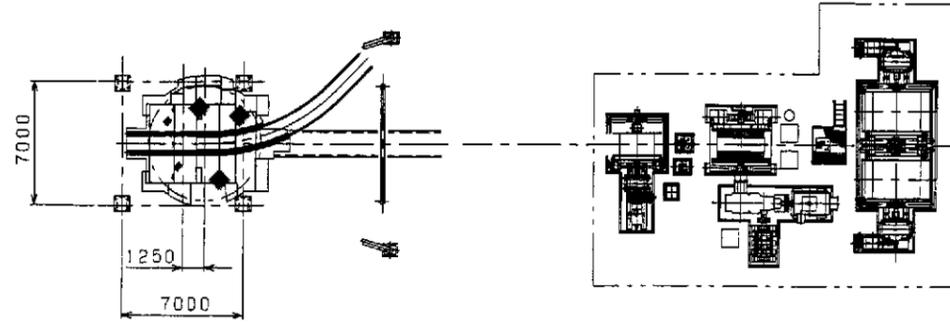
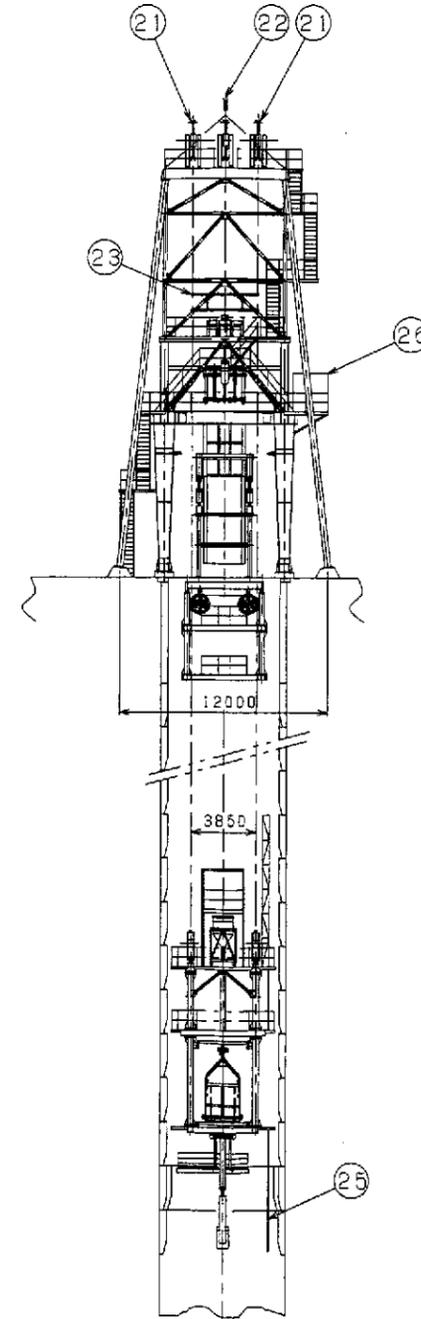
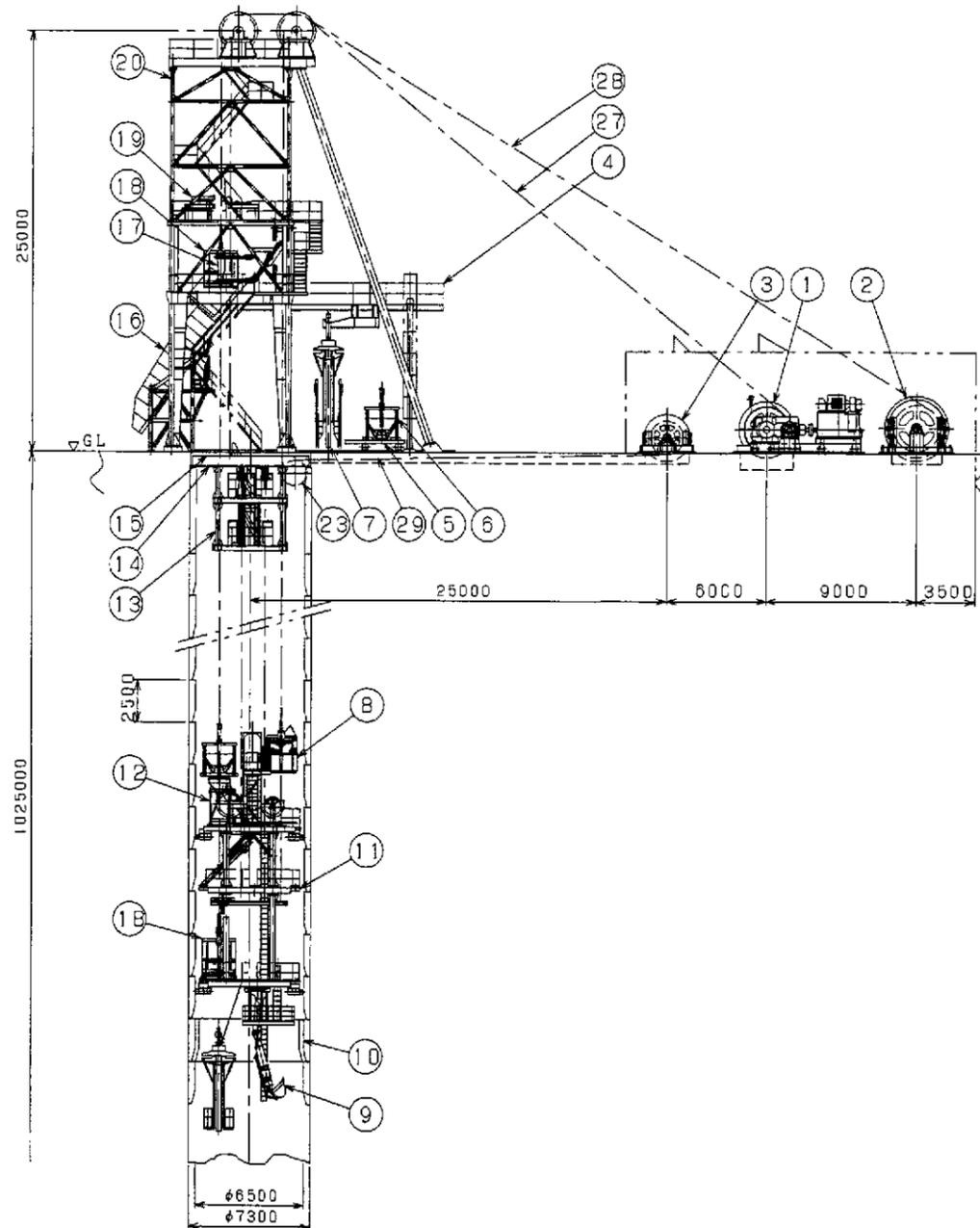


図4.3.1-1 槽設備及び巻上機基礎全体平面図



	ケーブル巻上機	スカフォード巻上機	人用エレベータ巻上機
形式	シングルドラム方式	シングルドラム ツイン方式	シングルドラム方式
ロープ張力	324kN	665.4kN/4本	60kN
ロープ速度	300m/min	ロープ24m/min 作業床6m/min	200m/min
ロープ径	φ54mm	φ45mm	φ30mm
ロープ破断荷重	1980kN	1530kN	610kN
巻上距離	約1015m	約1900m	約1000m
ドラム直径	φ2750mm	φ2750mm	φ2000mm
ドラム巾	1720mm	2200mm	1250mm
電動機出力	1500kW (VVVF)	75kW×2台	200kW (VVVF)

巻上機主様仕様



29	エレベータ用 ロープ	1本	φ30mm×1300m	
28	スカフォード用 ロープ	2本	φ45mm×4500m	
27	ケーブル用ロープ	1本	φ54mm×1400m	
26	運転室	1式		
25	電動梯子	1式		
24	ライダ	1式		
23	人用エレベータ ヘッドシープ	1台		φ1500mm
22	ケーブル用 ヘッドシープ	2台		φ2500mm
21	スカフォード用 ヘッドシープ	3台		φ2000mm
20	構	1式		遊書針金
19	ロープ巻上 ライダ	1式		
18	ずりケーブル	2台		6m ³
17	ケーブル用 巻上装置	1式		
16	ケーブル用 巻上ドア	1式		
15	抗口ドア	1式		
14	抗口座張	1式		
13	デッキ	1式		
12	ホッパ台車	1台		
11	スカフォード	1式		
10	型枠	1式		
9	シャフトマック	1台		
8	人用エレベータ	1台		
7	油圧、3ブーム シャフトジャンク	1式		
6	コンクリート ケーブル	1台		2.5m ³
5	自走式ケーブル 台車	1台		
4	シャフトジャンク 搬入設備	1式		
3	人用エレベータ 巻上機	1台		
2	スカフォード 巻上機	2台		
1	ケーブル巻上機	1台		

図4.3.1-2 主立坑掘削設備全体組立図

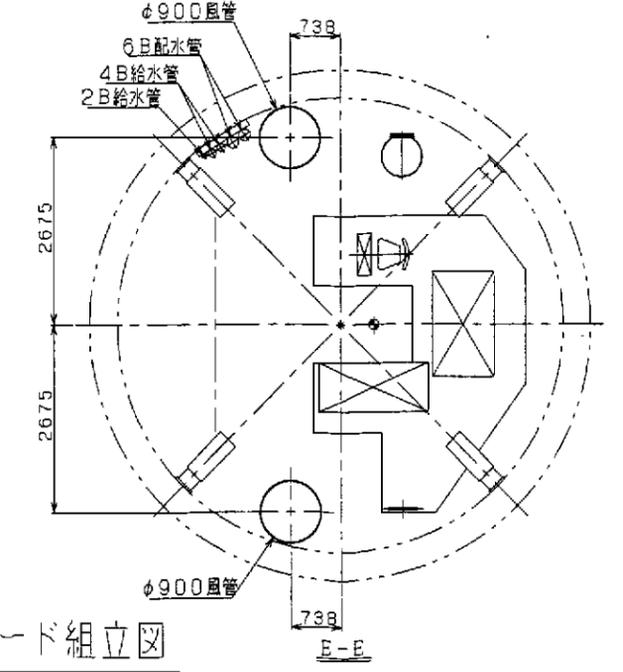
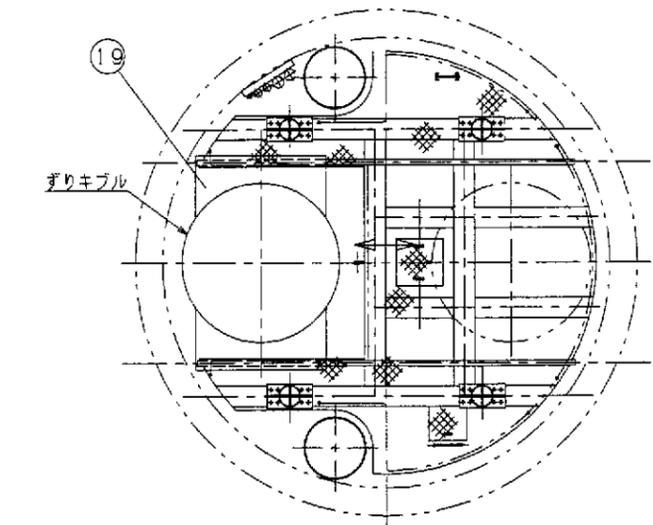
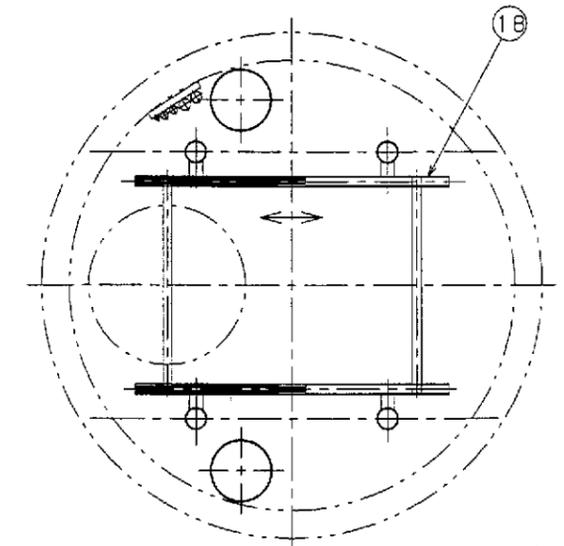
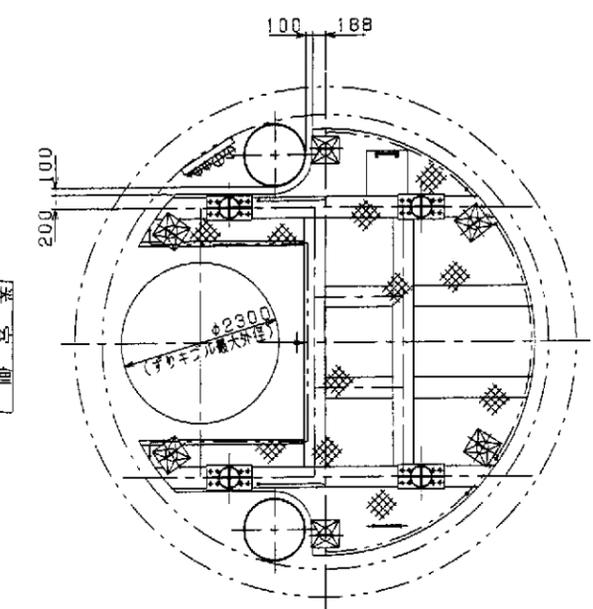
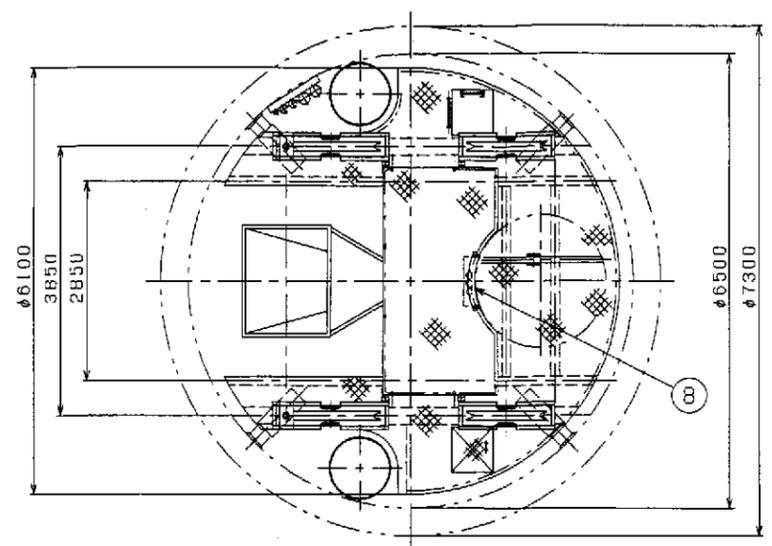
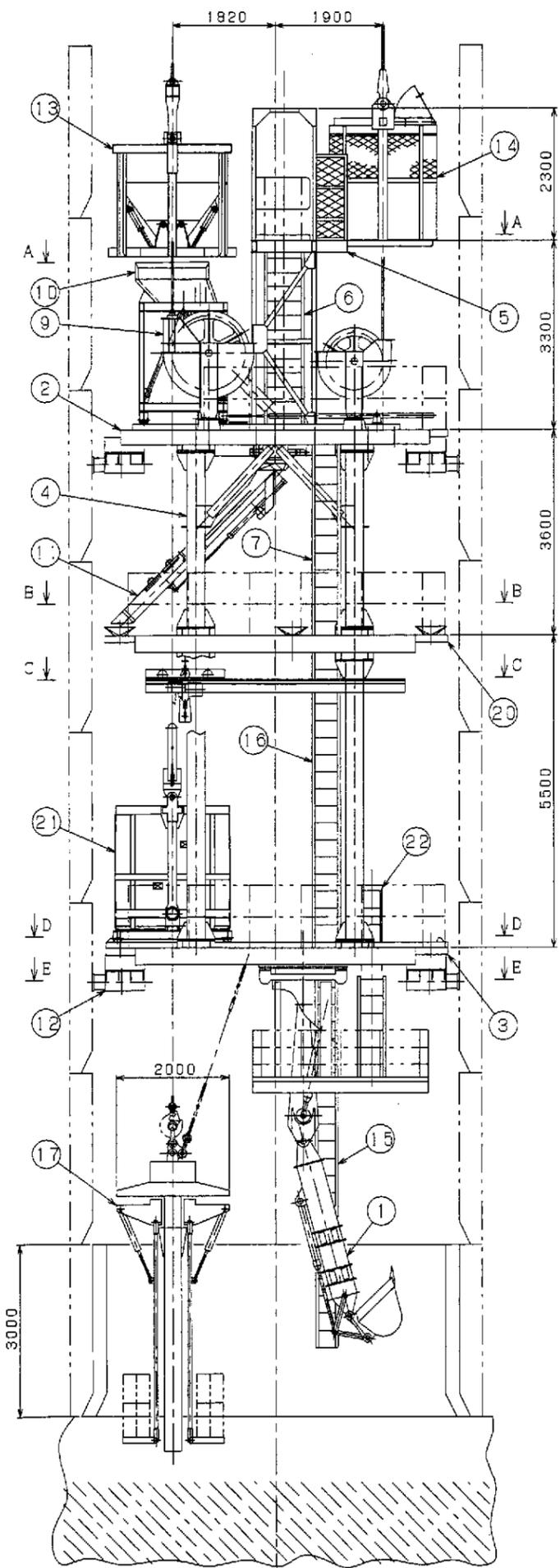
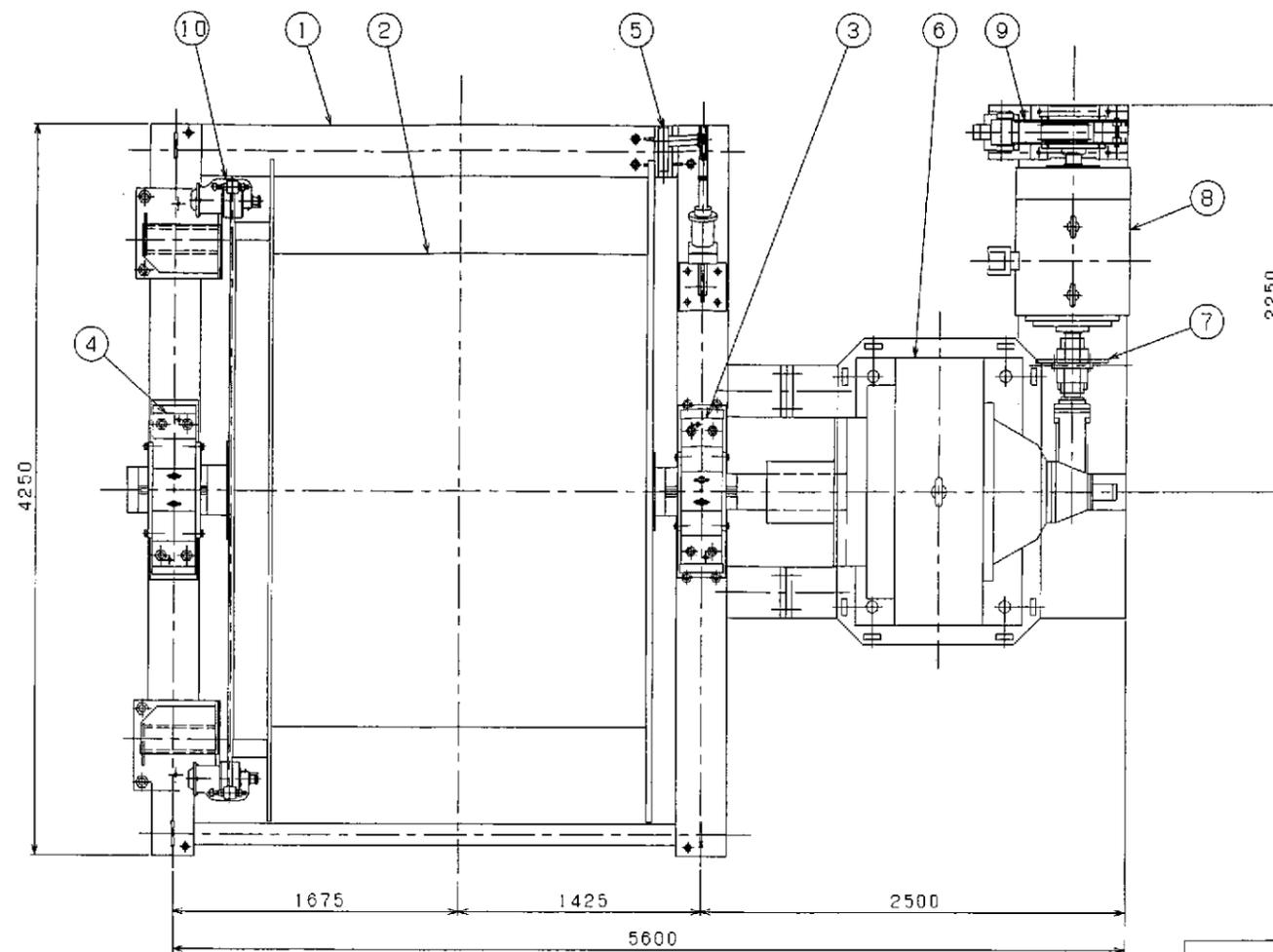
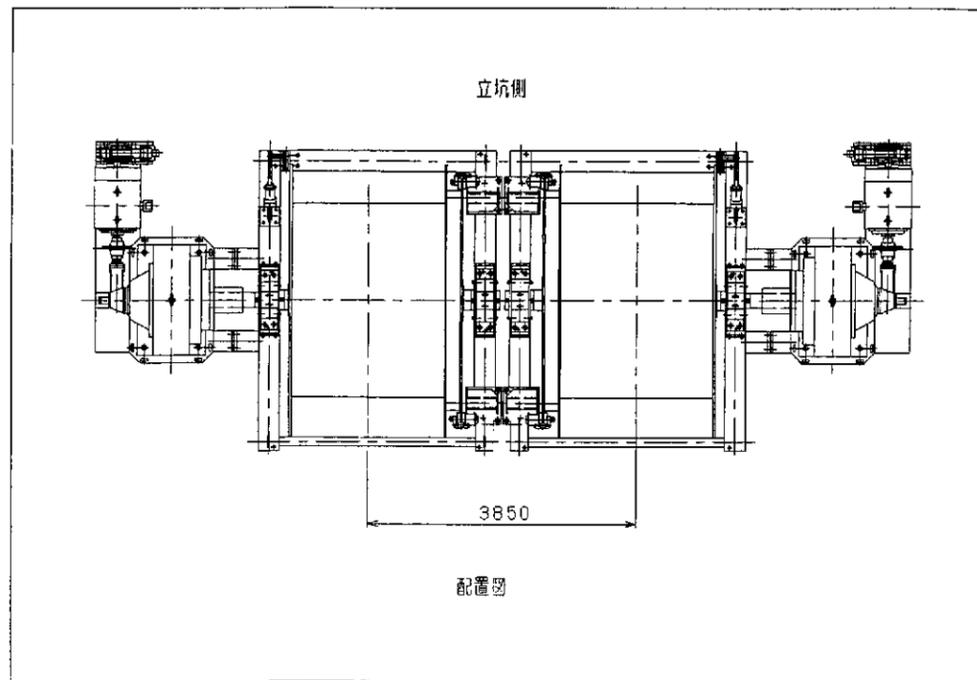


図4.3.1-3 主立坑スcaffold組立図

22	梯子(4)	1		
21	ずりキブル	1		
20	中段デッキ	1		
19	台車	1		
18	移動式クレーン	1		
17	坑壁点検用足場	1		
16	梯子(3)	1		
15	電動梯子	1		
14	人専用エレベータ	1		
13	2.5mφコンクリートキブル	1		
12	反力アクリリカーボジャッキユニット	B		
11	伸縮旋回シュート	1		
10	ホッパー台車	1		
9	吊金物	1		
8	スライド床	1		
7	梯子(2)	1		
6	梯子(1)	2		
5	人専用プラットフォーム	1		
4	支柱	1		
3	下段デッキ	1		
2	上段デッキ	1		
1	吊下式掘削機	1		
品名	数量	単位	備註	
PART No.	QTY	UNIT	REMARKS	
主立坑スcaffold組立図				



主要仕様	
電動機出力	75 kW
最大ロープ張力	591 kN/4本
ロープ速度	24 m/min (作業床6 m/min)
最大巻上距離	1000 m
ドラム径×巾	φ2750 mm × 2200 mm
ロープ径	φ45 mm
ブレーキ	電磁ブレーキ及びディスクブレーキ

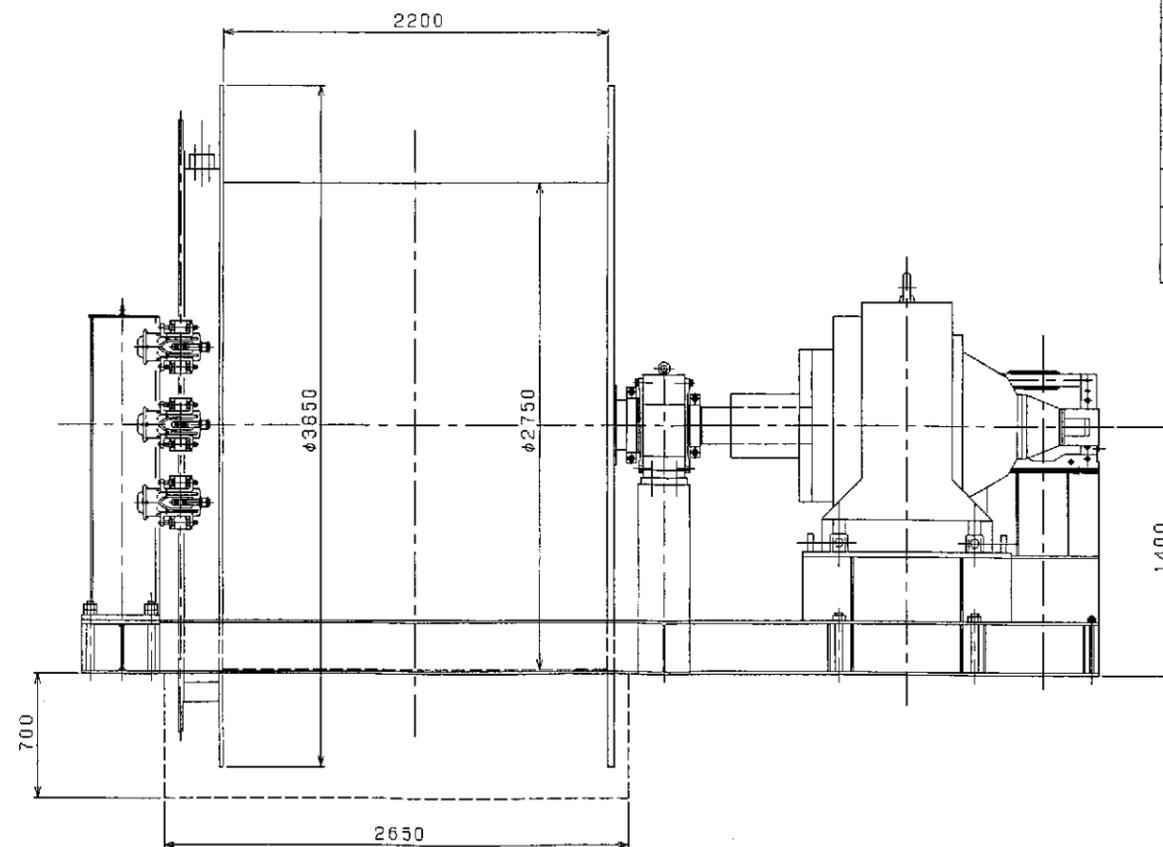
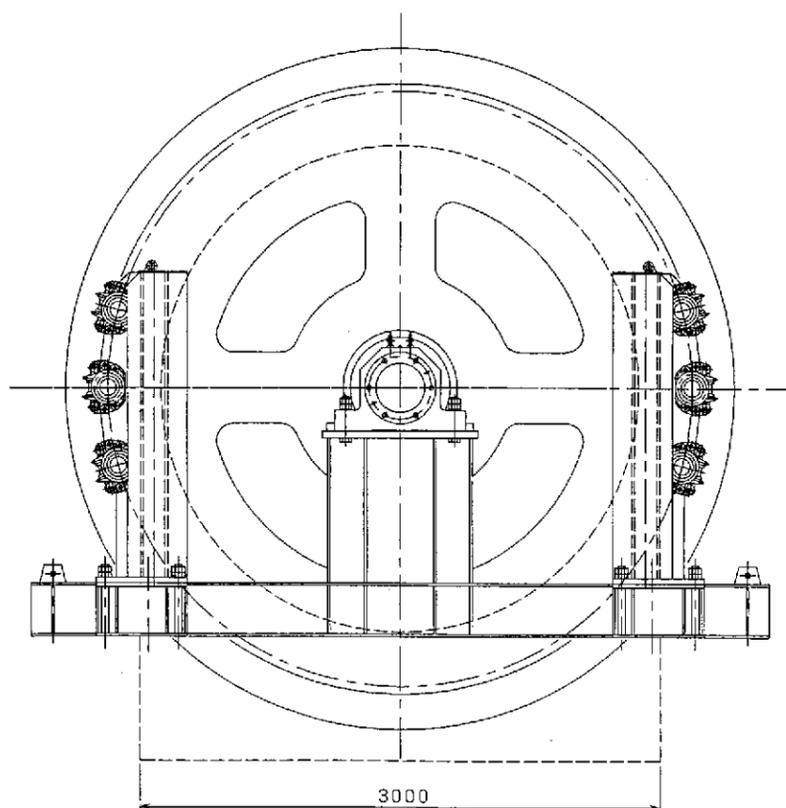
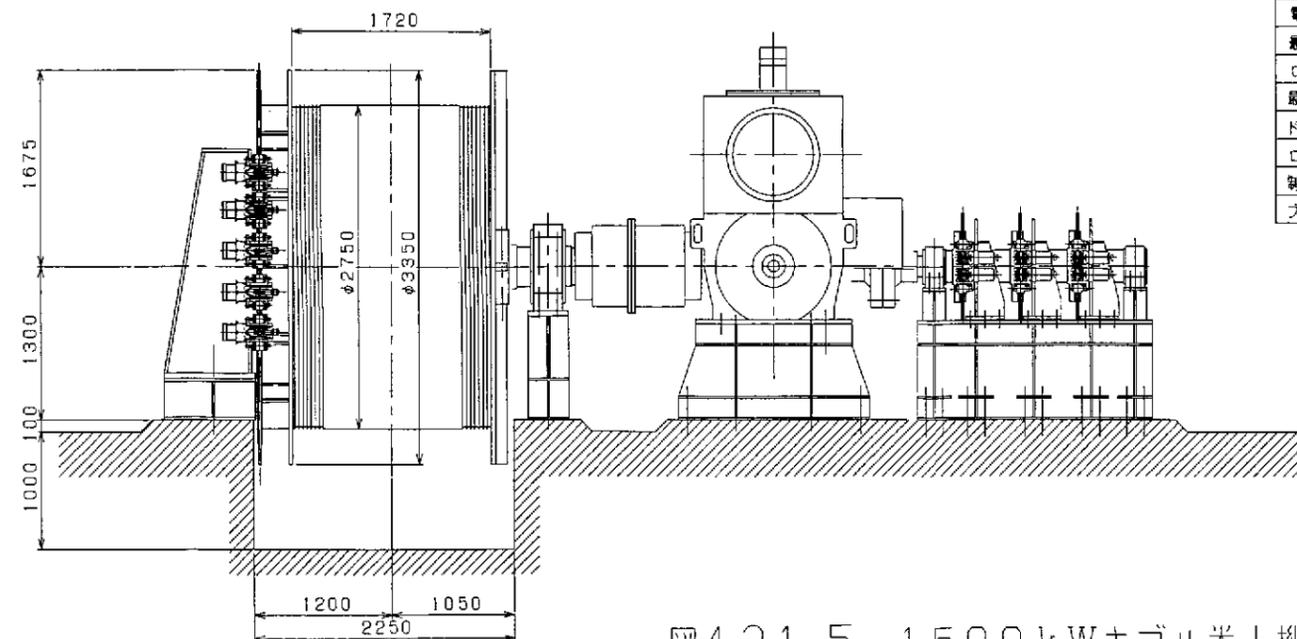
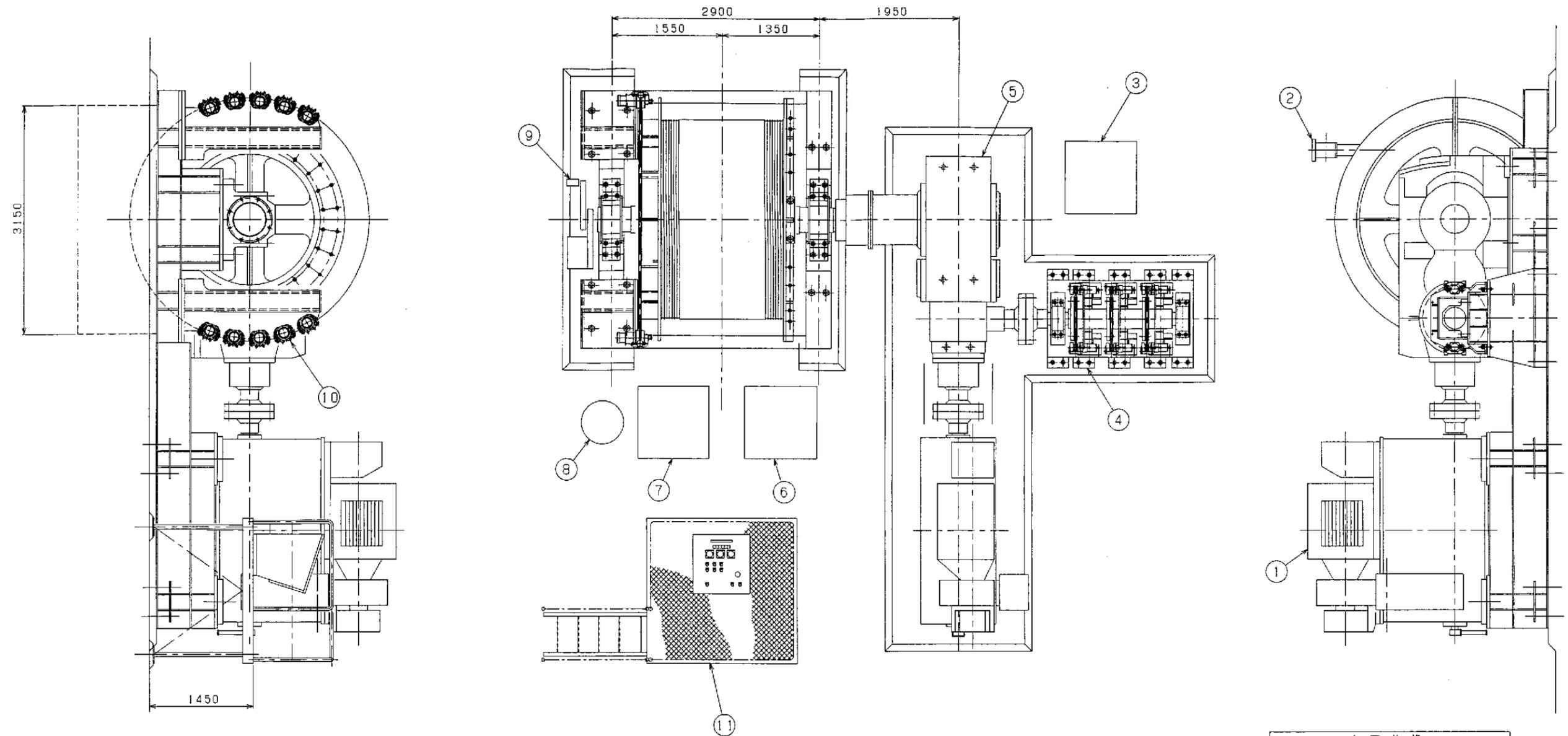


図4.3.1-4 スカフォード巻上機組立図

使用台数：2台

番号	品名	数量	単位	備注
10	ディスクブレーキ	6		
9	電磁ブレーキ	1		
8	電動機	1		
7	過速検出装置	1		
6	減速機	1		
5	爪装置	1		
4	軸受(2)	1		
3	軸受(1)	1		
2	ドラム部	1		
1	ベッド	1		

スcaフォード巻上機組立図

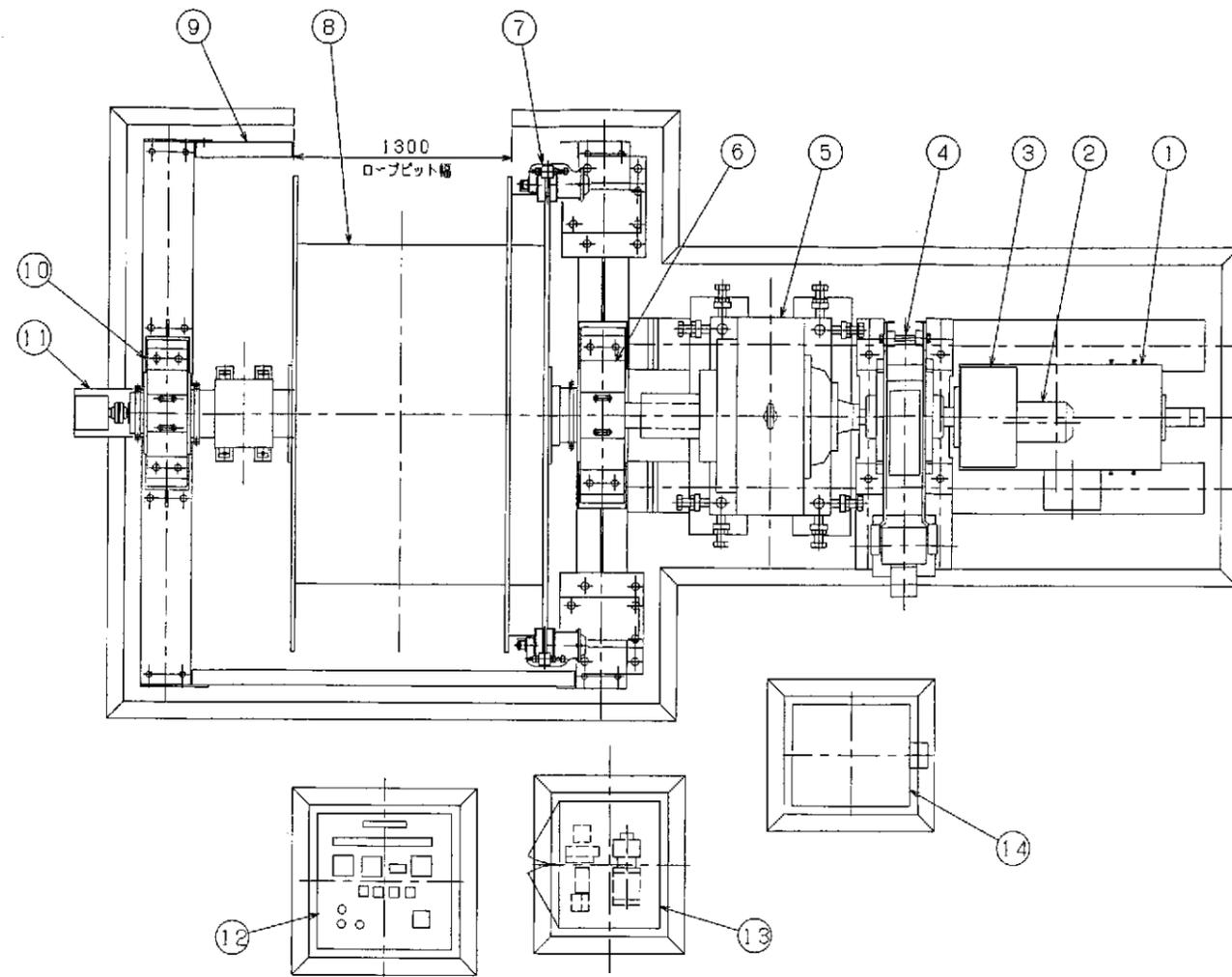


主要仕様	
電動機出力	1500 kW
最大ロープ張力	324 kN
ロープ速度	300 m/min
最大巻上距離	1015 m
ドラム径×巾	φ2750 mm × 1720 mm
ロープ径	φ54 mm
制御方式	VVVFインバータ制御
ブレーキ	ディスクブレーキ

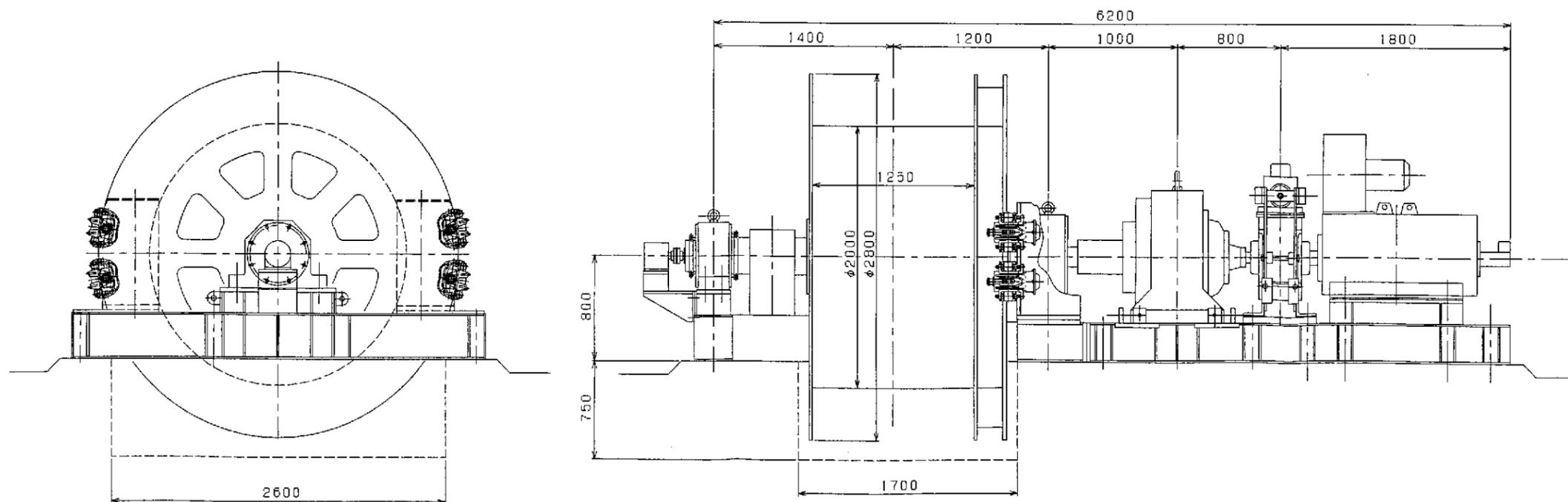
11	運転台	1			
10	ドラム ブレーキ	10			
9	位置検出器	1			
8	蓄圧器	1			
7	ブレーキ 油圧ユニット	1			
6	給油装置	1			
5	減速機	1			
4	モータ ブレーキ	6			
3	ブレーキ 油圧ユニット	1			
2	深度計	1			
1	電動機	1			

図4.3.1-5 1500 kWキブル巻上機組立図

1500 kWキブル巻上機組立図



主要仕様	
電動機出力	200 kW
最大ロープ張力	60 kN
ロープ速度	200 m/min
最大巻上距離	1000 m
ドラム径×巾	φ2000 mm × 1250 mm
ロープ径	φ30 mm
制御方式	VVVFインバータ制御
ブレーキ	電磁ブレーキ及びディスクブレーキ



14	減速機給油装置	1		
13	油圧ユニット	1		
12	操作盤	1		
11	位置検出器	1		
10	軸受(2)	1		
9	ベッド	1		
8	ドラム	1		
7	ディスクブレーキ	4		
6	軸受(1)	1		
5	減速機	1		
4	電磁ブレーキ	1		
3	エアフィルター	1		
2	電動送風機	1		
1	直流電動機	1		

図4.3.1-6 人専用巻上機組立図

人専用巻上機組立図

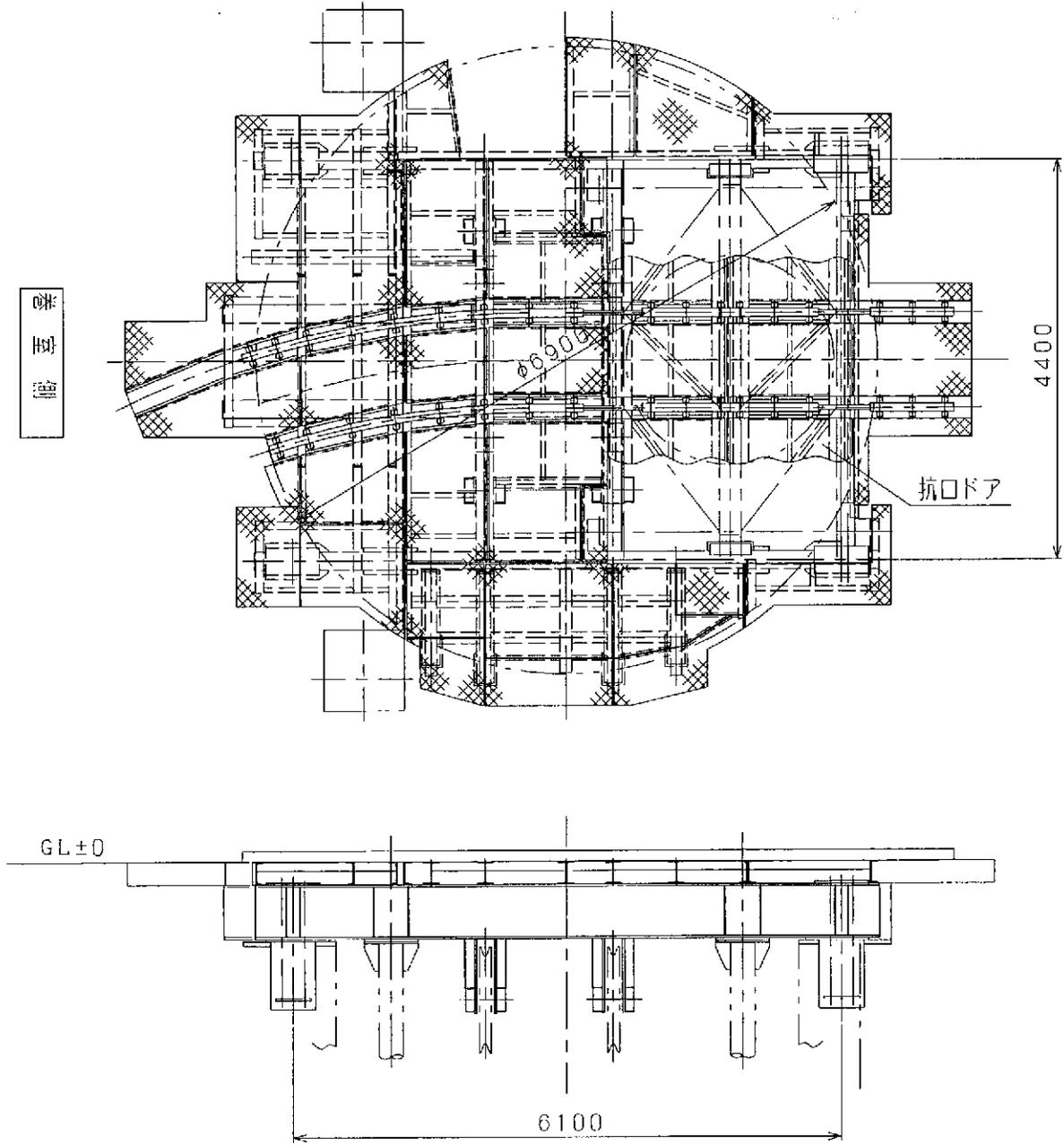
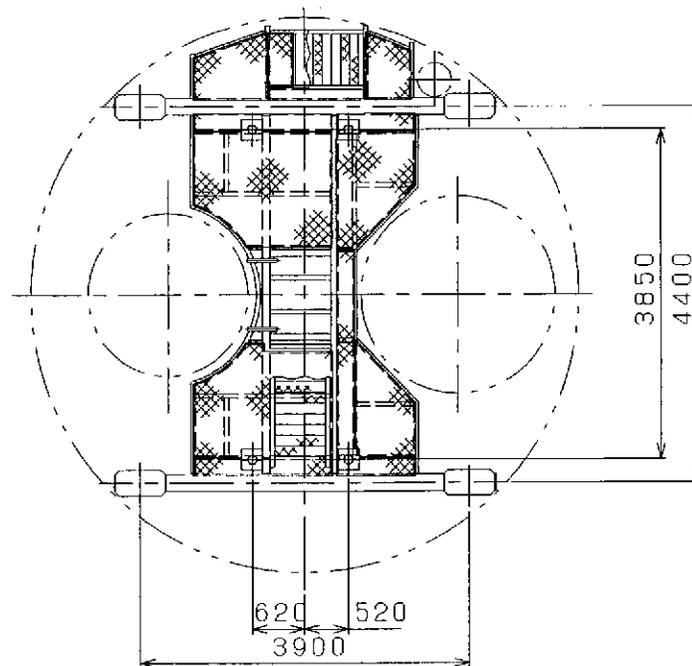
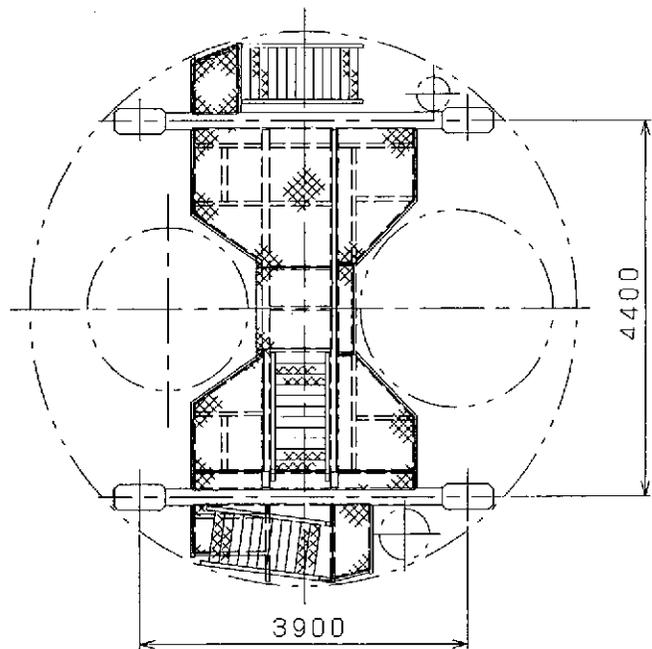


图 4.3.1-7 坑口座張組立图

巻上側



A-A

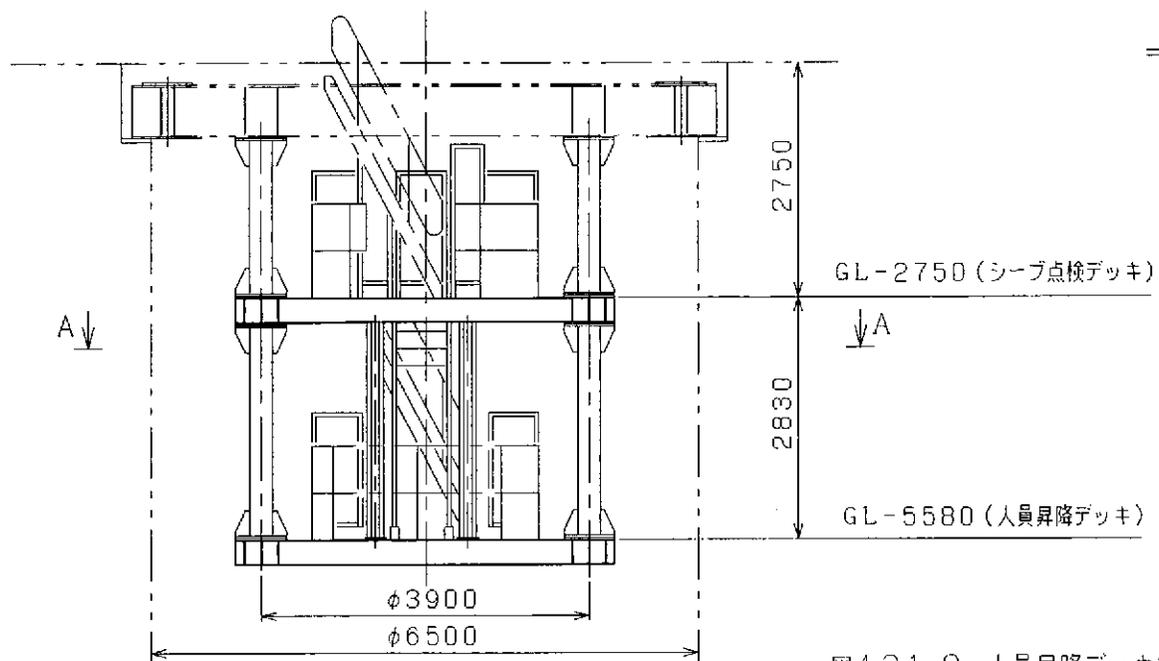
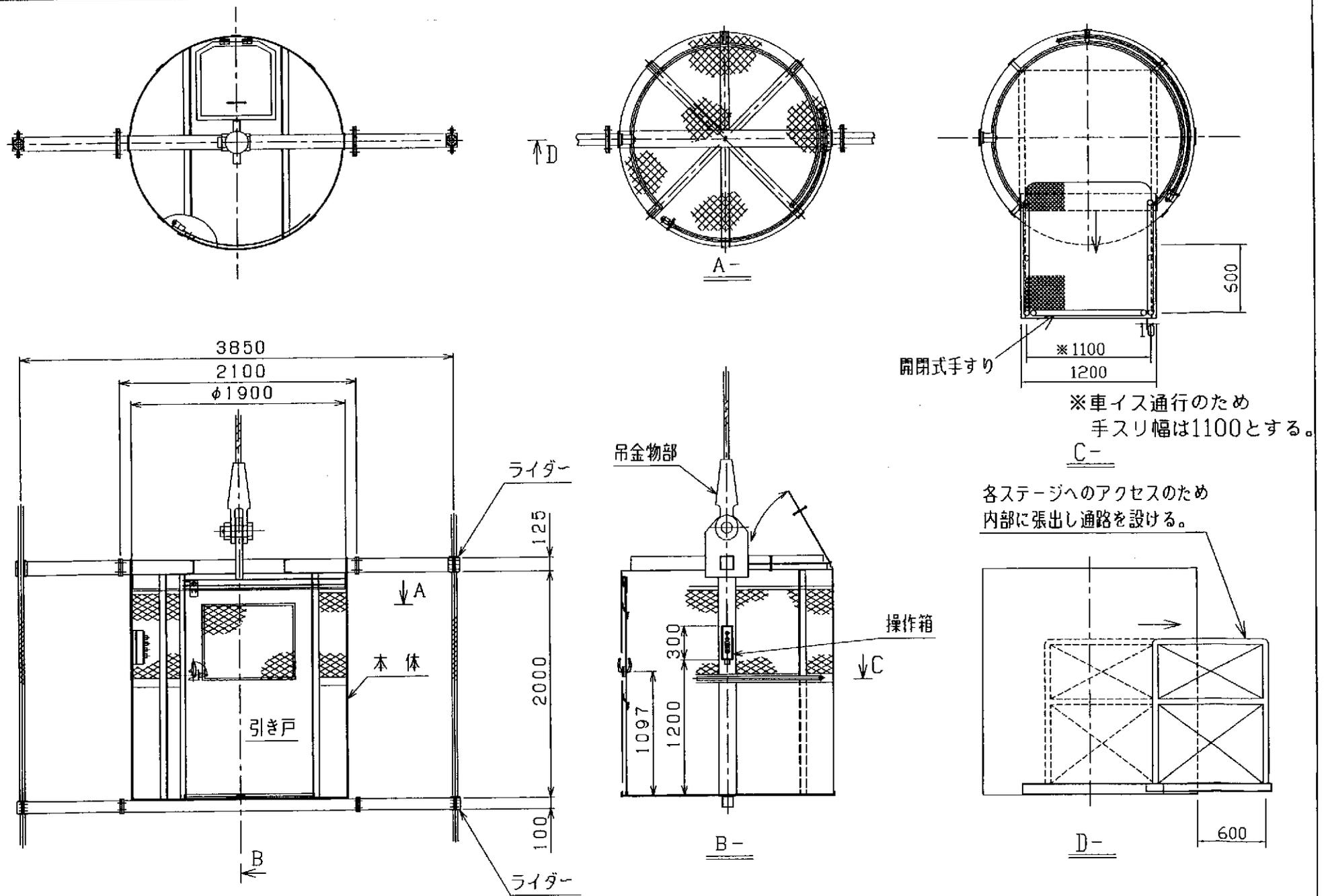


図4.3.1-8 人員昇降デッキ組立図



開閉式手すり

※車イス通行のため
手すり幅は1100とする。
C-

各ステージへのアクセスのため
内部に張出し通路を設ける。

図4.3.1-9 12人乗りエレベータ

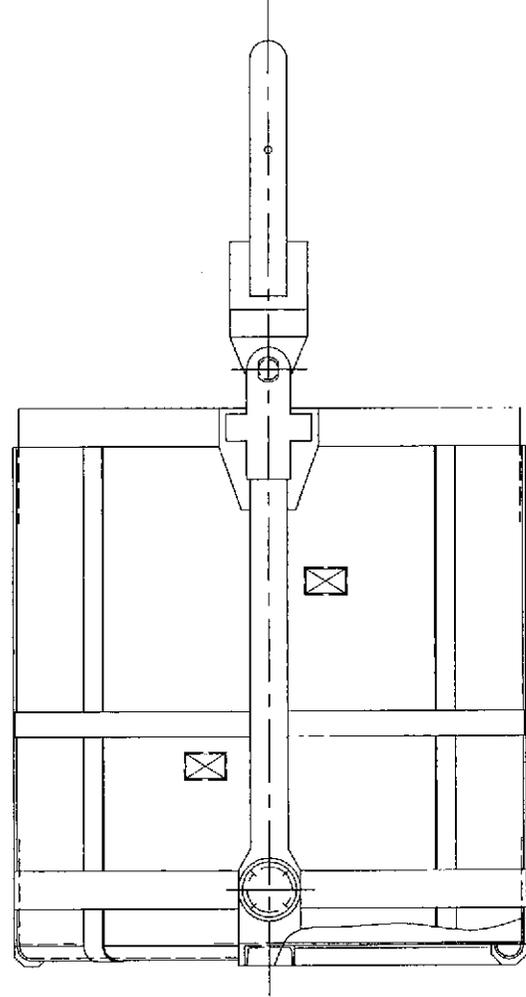
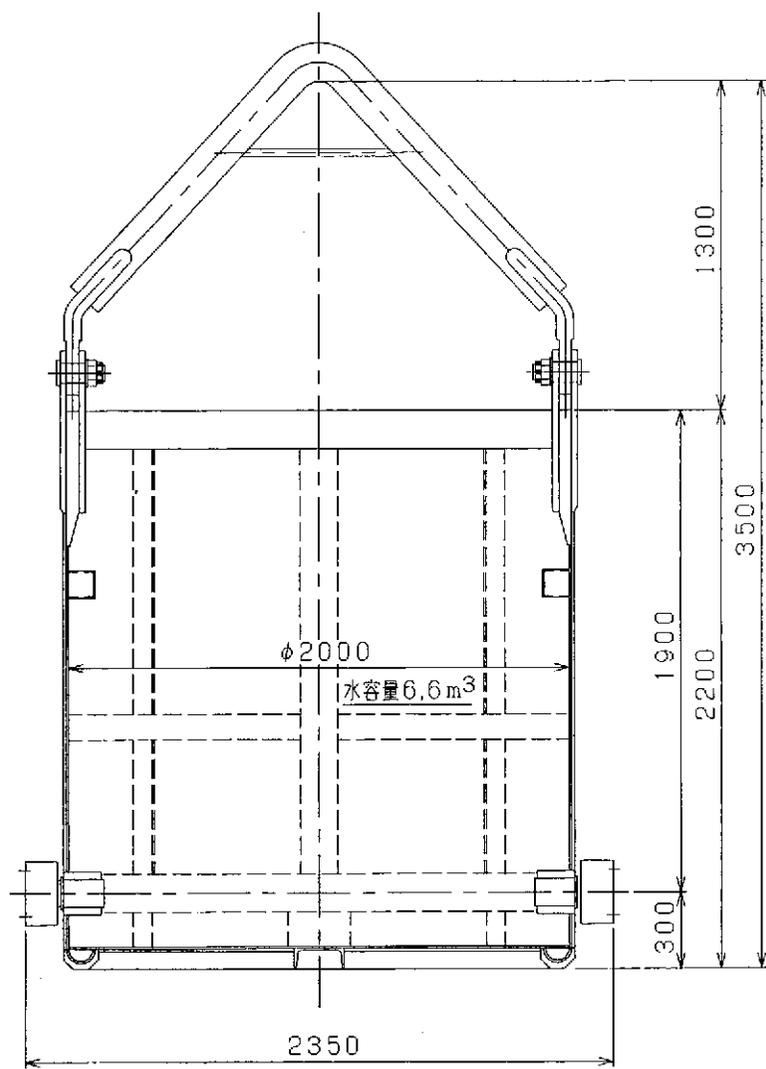


図4.3.1-10 6m³ ざりキブル組立図

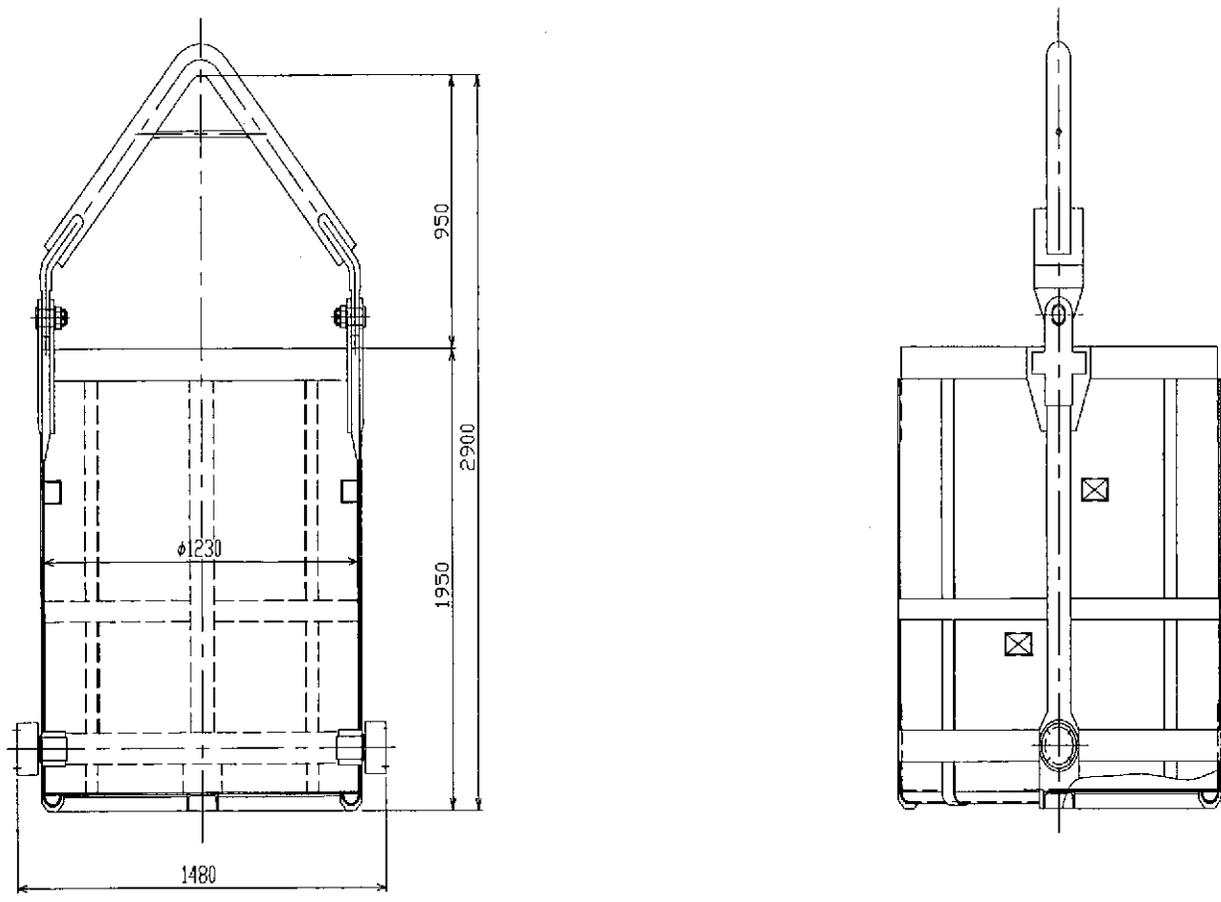


図4.3.1-11 2m³ずりキブル組立図

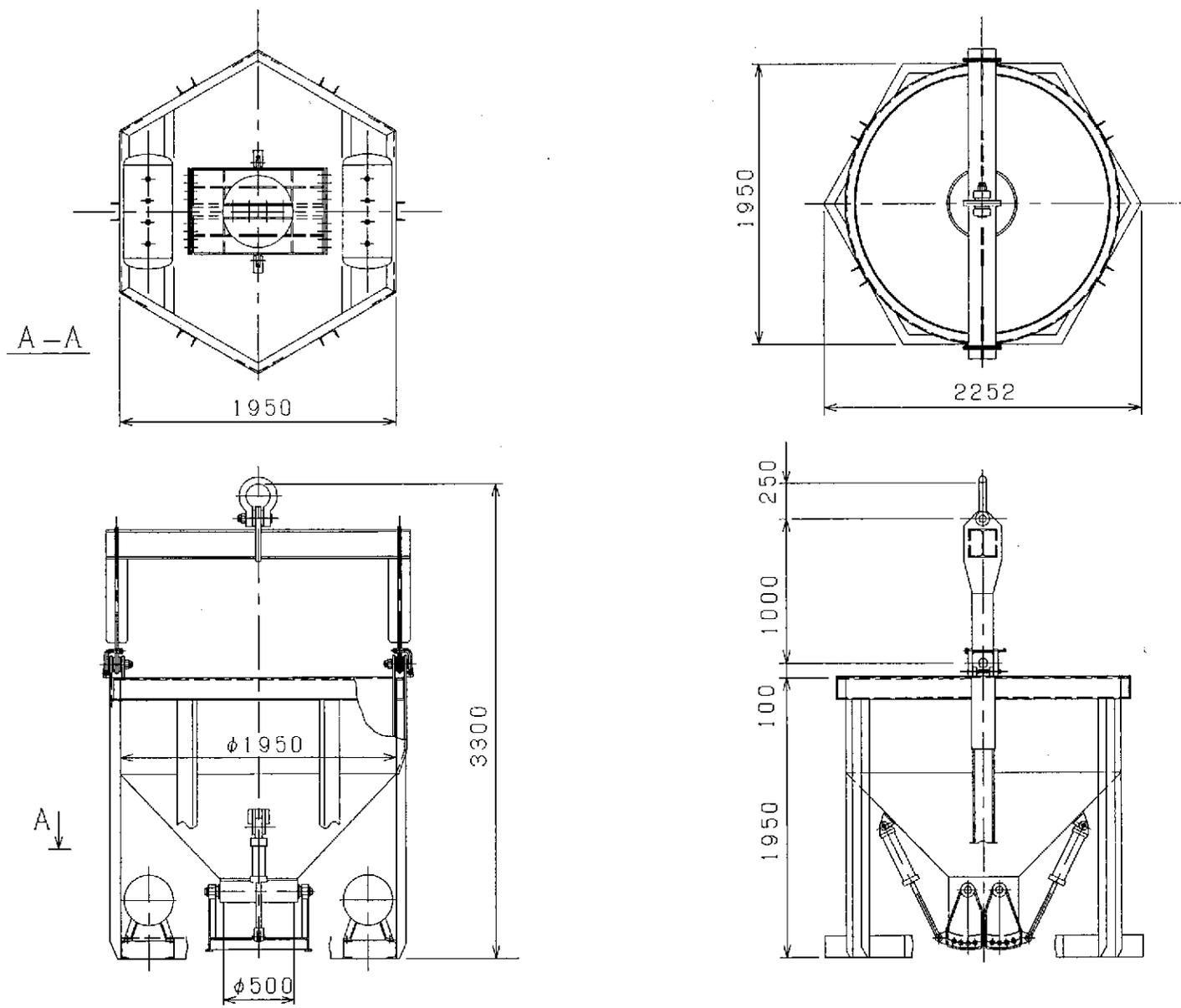


図4.3.1-12 2.5m³コンクリートケーブル組立図

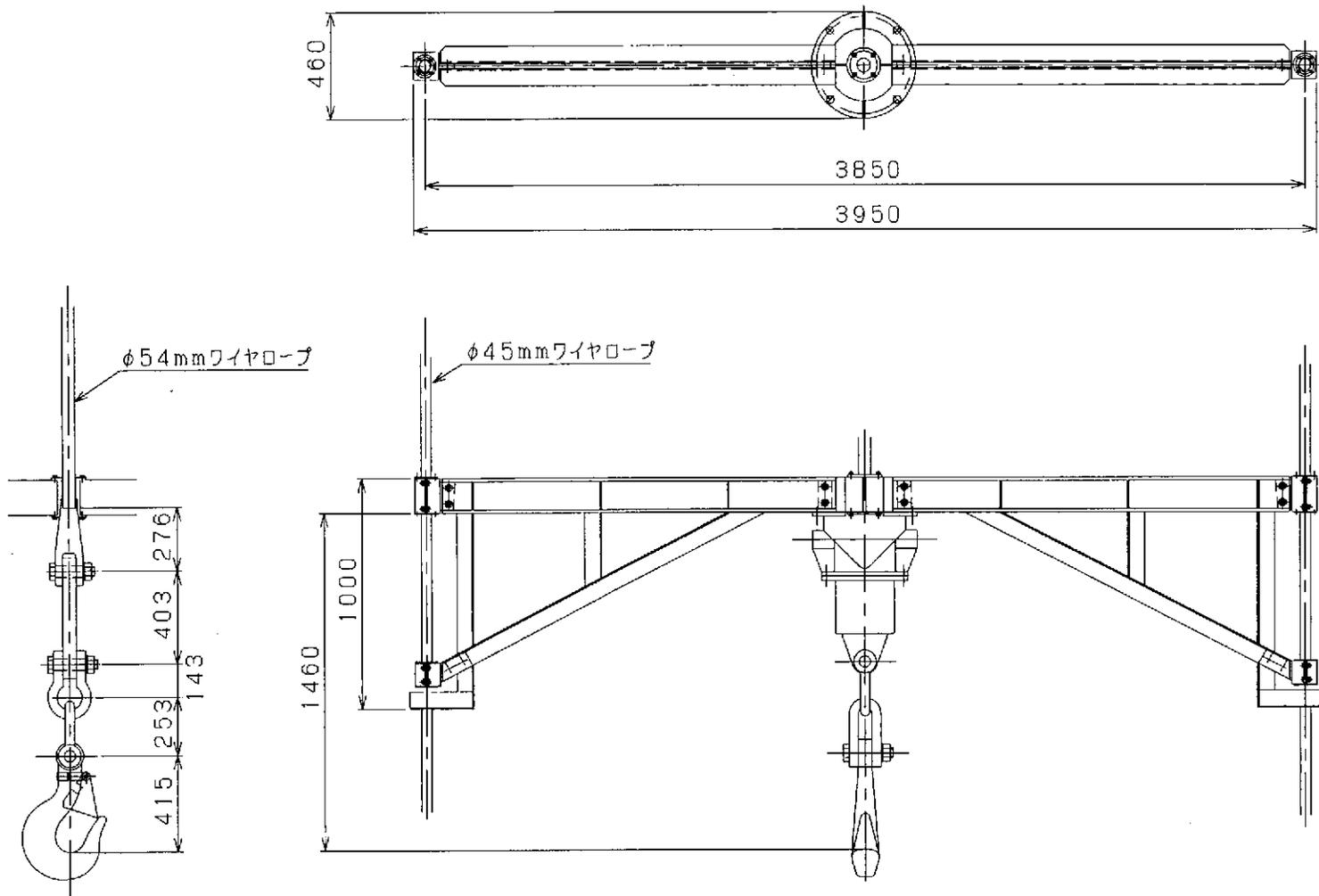


図4.3.1-13 ライダー組立図

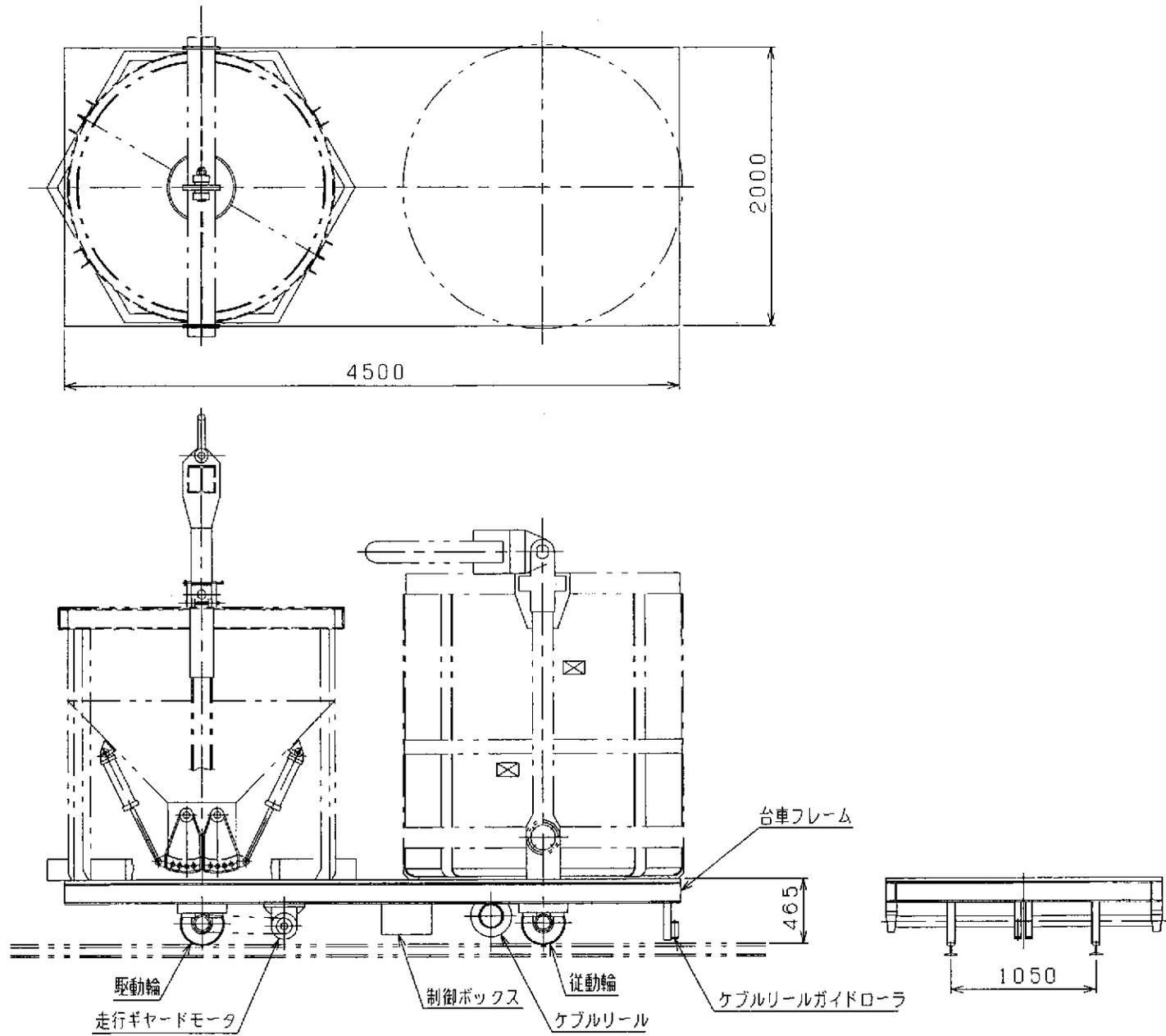


図4.3.1-14 キブル台車組立図

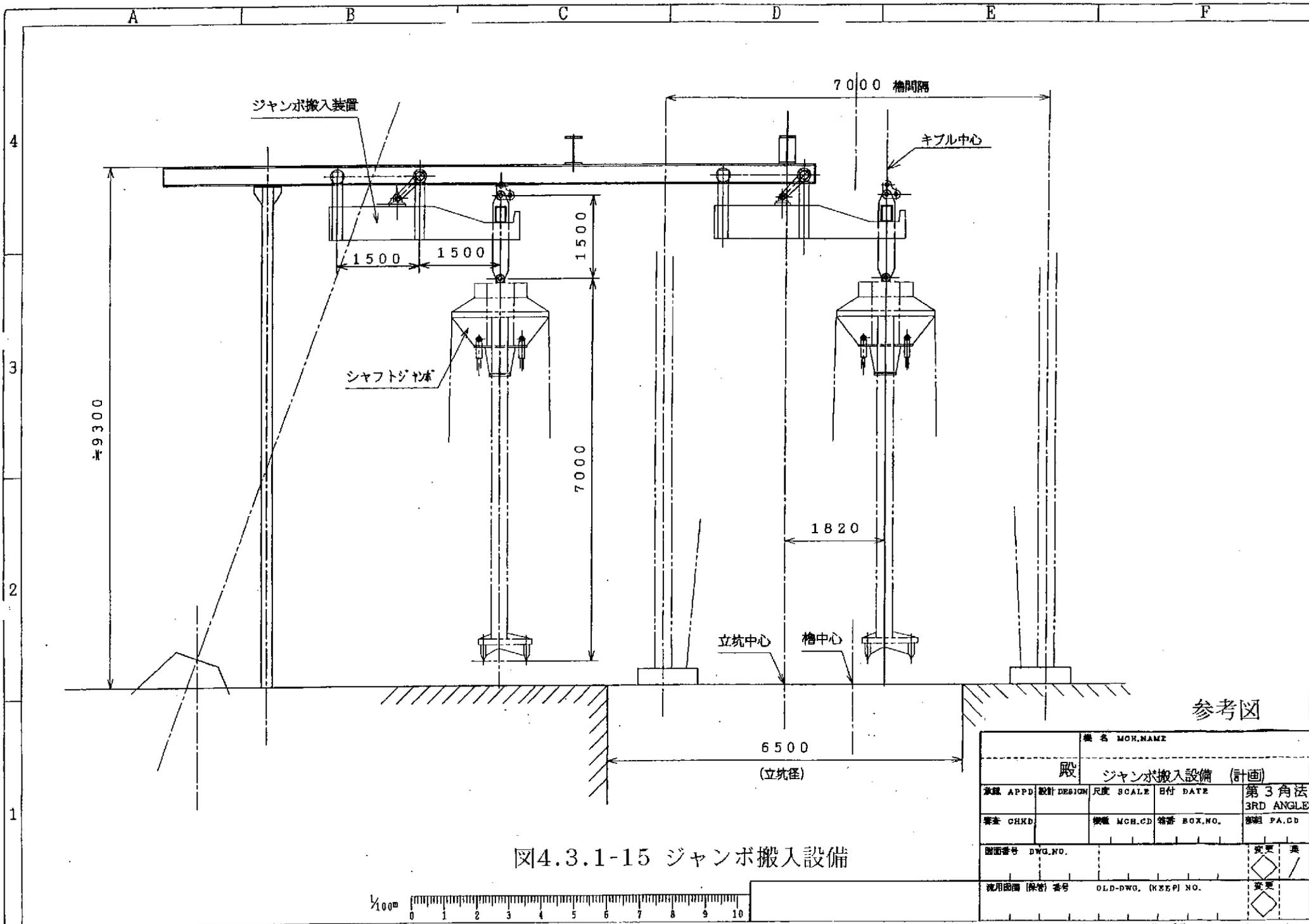


図4.3.1-15 ジャンボ搬入設備

参考図

機名 MOH.NAMZ			
殿 ジャンボ搬入設備 (計画)			
承認 APPD	設計 DESIGN	尺度 SCALE	日付 DATE
			第3角法 3RD ANGLE
審査 CHKD	機種 MCH.CD	箱番 BOX.NO.	物組 PA.CD
図面番号 DWG.NO.			変更 英
流用図面 (保管) 番号 OLD-DWG. (KEEP) NO.			変更 英

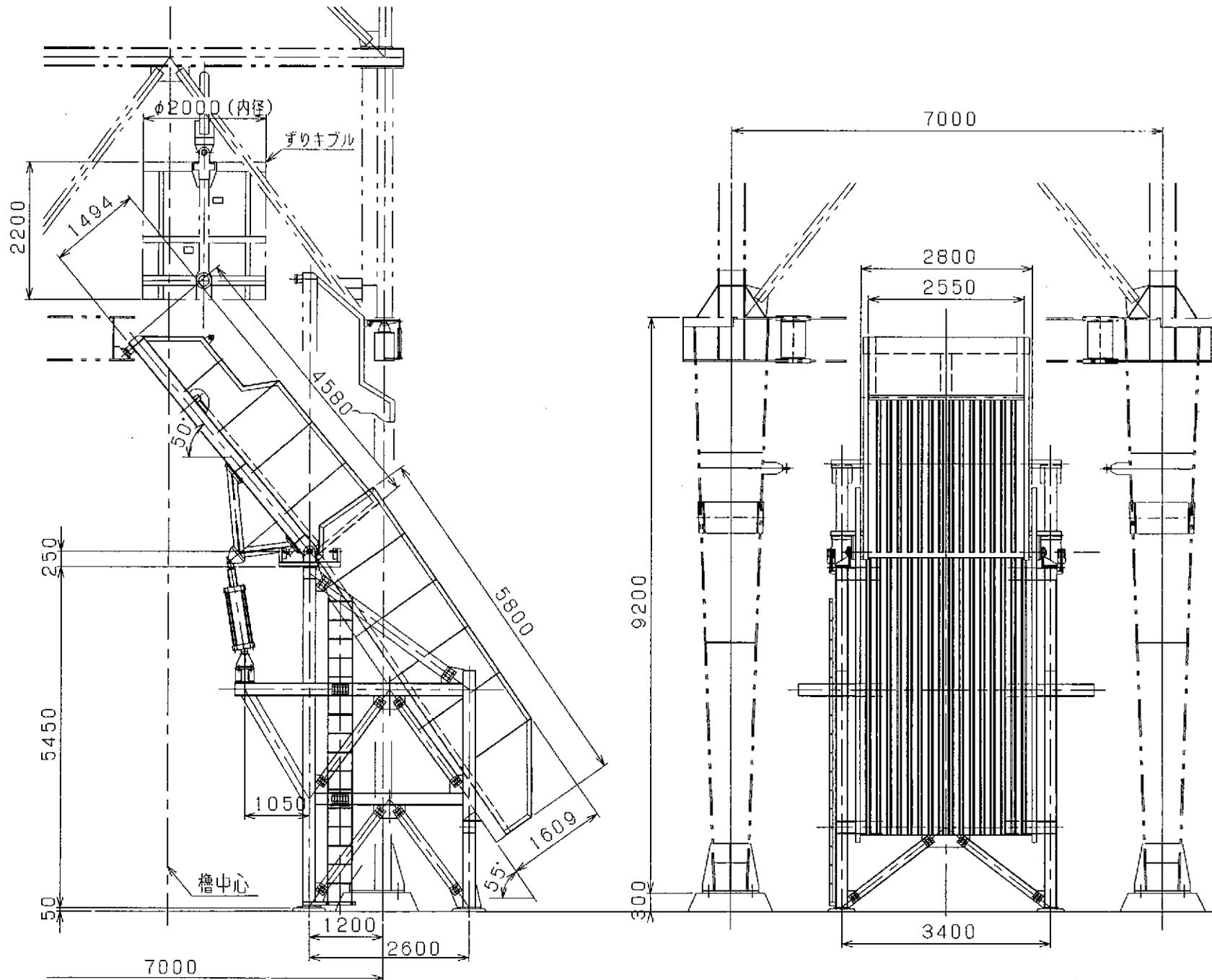


図4.3.1-16 キブル転倒ドア及びシャート組立図

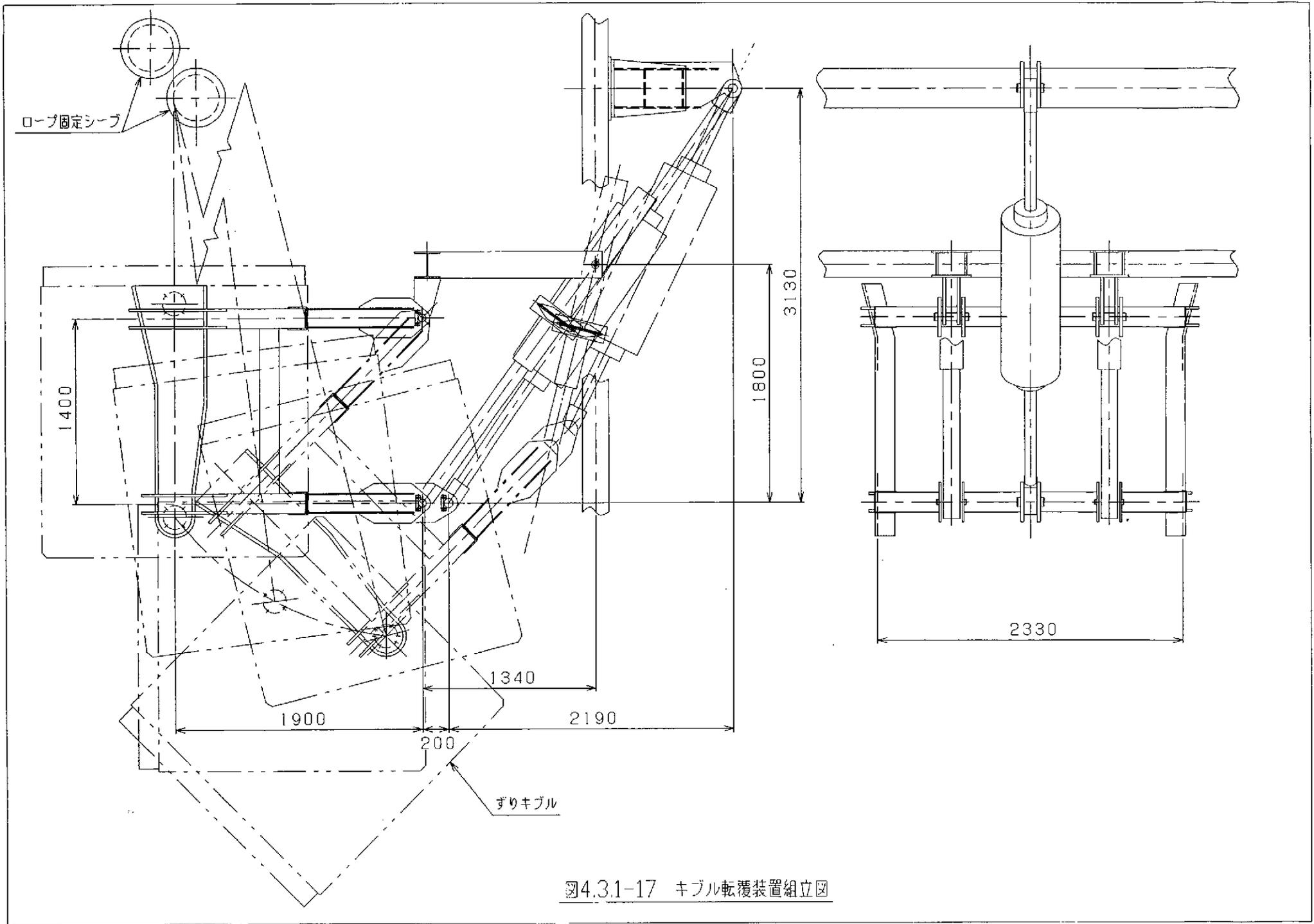
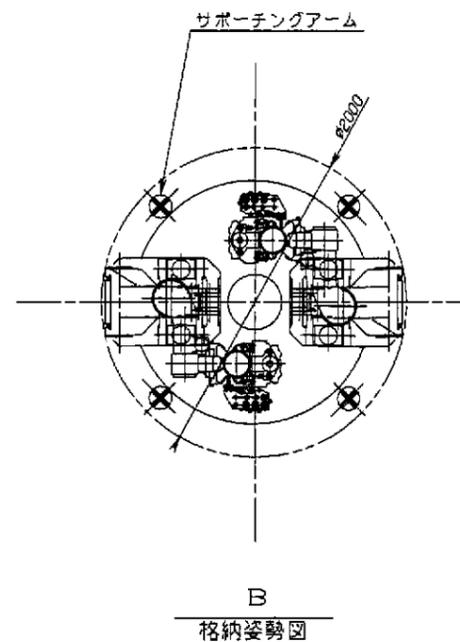
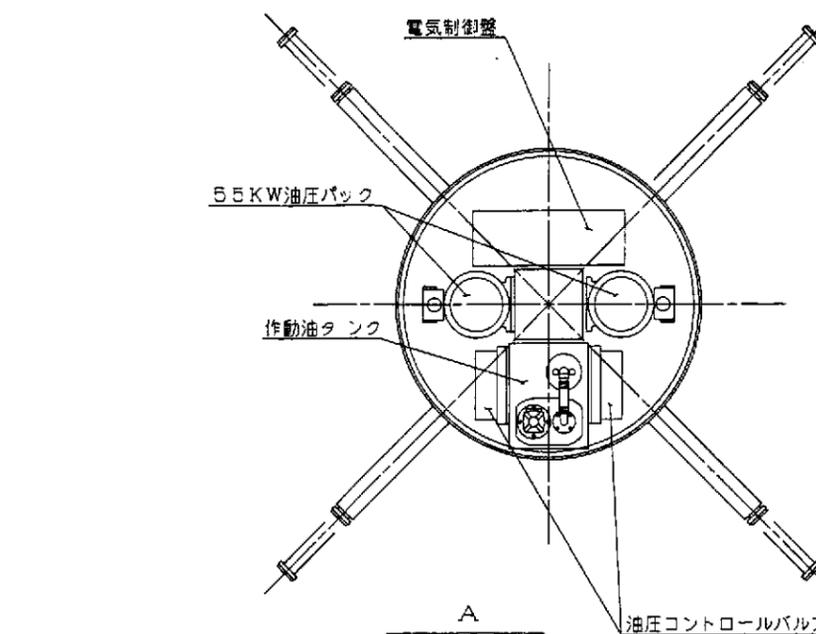
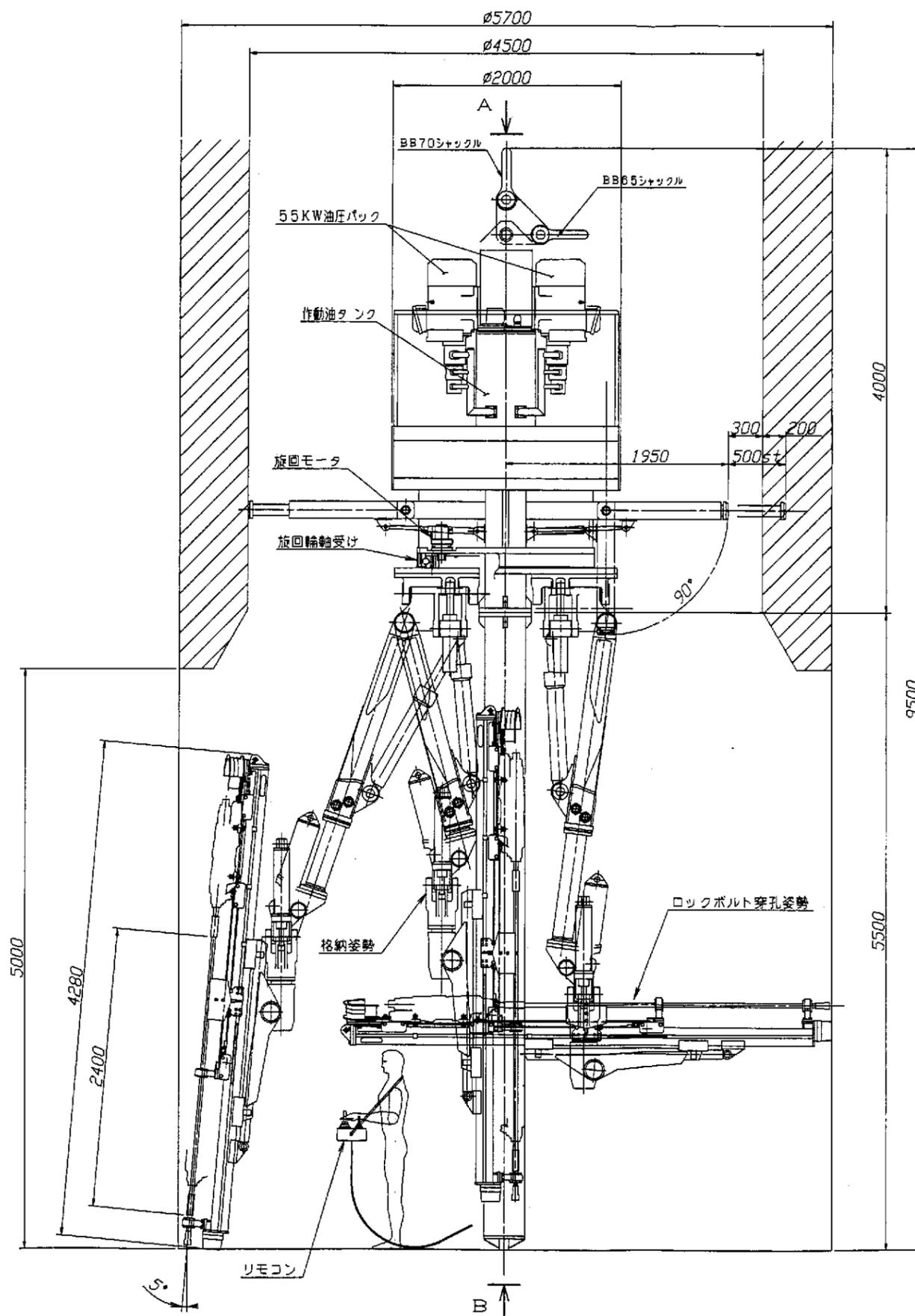


図4.3.1-17 キブル転覆装置組立図



参考図

仕様		
項目	型式	数
質量	8000 Kg	
全高	9500 mm	
格納寸法	2000 mm	
ドリフタ	HD190	2
ブーム	JE332-Jr	2
ガイドシェル	GH190-特	2
サポーチングアーム		4
油圧パック	55KW	
備考		
2台のブームは旋回フレームにより一緒に旋回するが、ブームスイング・ガイドスイングによりほぼ半分の穿孔範囲をカバーできるので、旋回頻度は少なくすむ。		

掘削径 5.7m

1/20

JSH2-190 2ブームシャフトジャンボ
ZC12328- A001 (1/2)

図4.3.1-18 シャフトジャンボ参考図

(1) -4 主立坑ロープ安全率

① キブル巻上機

TBM機材は分割搬入とする

項目	ずり キブル	コンクリ キブル	ジャボ		機材 TBM機材	備考			
			3ブーム	2ブーム		ずり	コンクリ		
キブル質量	2,500	1,800	-	-	-				
積載荷重	10,800	6,000	15,500	12,000	15,500以下	6.0	2.5	容量 (m ³)	
吊り金物	400	400	1,000	1,000	-	1,600	2,400	比重量 (kg/m ³)	
ライダ	400	400	400	400	-				
ワイヤロープ	9,410	9,410	9,410	9,410	-	8.96kgf/m×1050m			
合計 (ΣW)	23,510	18,010	26,310	22,810	-	自重	長さ		
	kN	230	177	258	224	-	8.96	1,050	9.8

ロープ安全率の計算						使用ロープ モノロープSP	
ロープ BS kgf	165,000	165,000	165,000	165,000	-	φ47.5	4×F(40)
ロープ BS (kN)	1,617	1,617	1,617	1,617	-		
ロープ安全率	7.02	9.16	6.27	7.23	-	≥6 OK BS/ΣW	

② スカフォード巻上機 (3段デッキ型 : スカフォード内で替キブル)

単位 kgf

項目	通常の状態		シャフトジャボ 吊下げ時		備考		
	P1側	P2側	P1側	P2側			
作業床自重	17500		17500			G=自重関係重心 Jの芯ズレ≒ 400mm	
吊り金物	4000		4000				
積載荷重	3500		3500				
ホッパ・シュート	2200		2200				
シャフトマッカ	10000		10000				
吊り換え装置	2500		2500				
上記 計	39700		39700				Pw1
Pw1側	Pw2側	24614	15086	24614	15086	0.62	0.38
シャフトジャボ Ps	-		15500		3ブーム		
Ps1側	Ps2側	-	-	4650	10850	0.3	0.7
ワイヤロープ Pr	77915		77915		φ45		
Pr1側	Pr2側	38958	38958	38958	38958	(1050-15)m×8条×9.41kgf/m	
合計 kgf	63572	54044	68222	64894			
(ΣW) kN	623.0	529.6	668.6	636.0	628.5		

ロープ安全率	通常の状態		シャフトジャボ 吊下げ時		φ45 IWRC6*P・WS(31) 特種 鋼芯入り	
ロープBS (kN)	6800	6800	6800	6800	BS=1700kN/1本	
" 安全率	10.91	12.84	10.17	10.69	≥10 OK BS/ΣW	

③ 人専用エレベータ巻上機

項目	荷重	備考	人数	人重さ
搬器質量	1,200	12人×65kgf/人 1035m×3.67kgf/m	12	65
吊り金物	200		自重	長さ
ライダー	150		3.67	1,035
積載荷重	780			
ロープ自重	3,798			
計 ΣW (kg)	6,128			
kN	60.1			

ロープ安全率			
使用ロープ径	モノロープR φ30mm		4×WS(36)電纜入りロープ
破断荷重(BS)	62,200		B種
ロープ安全率	10.2		≥10 OK BS/ΣW

参考 スカフォード巻上機(2段デッキ型：坑底で替キブル)

項目	通常の状態		シャフトジャンボ吊下げ		備考
	P1側	P2側	P1側	P2側	
作業床質量	14,000		14,000		 P1側=0.62 P2側=0.38
吊り金物	3,500		3,500		
積載荷重	2,500		2,500		
ホッパ・シュート	2,200		2,200		
シャフトマッカ	10,000		10,000		
吊替え装置	800		800		
上記計	33,000		33,000		Pw1側 Pw2側
Pw1側 Pw2側	20,460 12,540		20,460 12,540		分配率 0.62 0.38

シャフトジャンボ Ps	-		15,500		3ブーム
Ps1側 Ps2側	-	-	4,650	10,850	
ワイヤロープ Pr	70,440		70,440		φ45×1025m×8条×8.59kg/m 長さ ロープ条数 ロープ自重
Pr1側 Pr2側	35,220	35,220	35,220	35,220	
合計 ΣW (kg)	55,680	47,760	60,330	58,610	
kN	546	468	591	574	

ロープ安全率	通常の状態		シャフトジャンボ吊下げ		使用ロープ 6*P・WS(31) φ45
ロープBS t f	624,000	624,000	624,000	624,000	ロープB 156 t f / 1本
" 安全率	11.21	13.07	10.34	10.65	≥10 OK BS/ΣW

(1) -5 主立坑電動機出力

① キブル巻上機

・各部のロープ張力 P1

状態	キブル質量	積載荷重	吊金具・ライタ	ロープ重量	合計 (P1)		
キブル (巻上) ずり	上部	2,500	10,800	800	448	14,548	142.57
	中間	2,500	10,800	800	4,704	18,804	184.28
	下部	2,500	10,800	800	9,408	23,508	230.38
キブル (巻下) コンクリート	上部	2,500	0	800	448	3,748	36.73
	中間	2,500	0	800	4,704	8,004	78.44
	下部	2,500	0	800	9,408	12,708	124.54
ジャンボ 搬入	上部	0	15,500	1,400	448	17,348	170.01
	中間	0	15,500	1,400	4,704	21,604	211.72
	下部	0	15,500	1,400	9,408	26,308	257.82
TBM 20t 搬入 参考	上部	0	20,000	1,400	448	21,848	214.11
	中間	0	20,000	1,400	4,704	26,104	255.82
	下部	0	20,000	1,400	9,408	30,808	301.92

※ ロープ自重は上部=50m分, 中間部=525m分, 下部=1050m分で積算する

Φ 47.5 ロープ単位質量 (kg/m) 8.96 kg/m

・出力

電動機の出力は下記式で算出する

$$L \text{ kW} = P \times V / 60 \cdot \eta$$

P=kN 0.85 機械効率 η (巻上)

V=m/min 1.00 " η (巻下)

ずりキブル巻上げ時

キブルの 位置	ロープ張力 P kN	巻上速度 V (m/min)	出力 (kW)	速度係数 ω (平均径との比率)	
				ω	ドラム径 (mm)
上部	142.57	315	880.6	1.05	3,150
中間	184.28	300	1,084.0	1.00	3,000
下部	230.38	285	1,287.5	0.95	2,850

コンクリートキブル巻下げ時

キブルの 位置	ロープ張力 P kN	巻上速度 V (m/min)	出力 (kW)	速度係数 ω (平均径との比率)	
				ω	ドラム径 (mm)
上部	36.73	315.0	192.9	1.05	3,150
中間	78.44	300.0	392.2	1.00	3,000
下部	124.54	285.0	591.6	0.95	2,850

ジャンボ搬入時 (巻上で計算)

ジャンボの 位置	ロープ張力 P (tf)	巻上速度 V (m/min)	出力 (kW)	速度係数 ω (平均径との比率)	
				ω	ドラム径
上部	170.01	315.0	1,050.1	1.05	3,150
中間	211.72	300.0	1,245.5	1.00	3,000
下部	257.82	285.0	1,440.8	0.95	2,850

参考 TBM20t 搬入時 (速度を90m/hとして計算)

TBMの 位置	ロープ張力 P (tf)	巻上速度 V (m/min)	出力 (kW)	速度係数 ω (平均径との比率)	
				ω	ドラム径
上部	214.11	94.5	398.0	1.05	3,150
中間	255.82	90.0	451.5	1.00	3,000
下部	301.92	85.5	543.0	0.95	2,850

以上より電動機出力は1500kWとして計画する。

② スカフォード 巻上機

(3段デッキ型：スカフォード内で替キブル)

・ロープ張力

単位 kgf

項 目	通常の状態		シャフトジャンボ吊下		備 考	
	P1側	P2側	P1側	P2側		
作業床自重	21500		21500		吊金物含む キブル移設機、積載荷重、ホッパ・シュート	
積載荷重	8200		8200			
シャフトマッカ	10000		10000			
上記 計	39700		39700			
Pw1側	Pw2側	24614	15086	24614	15086	

シャフトジャンボ Ps		—		15500		3ブーム
Ps1側	Ps2側	—	—	4650	10850	
ロープ Pr 上部		3764		3764		φ45×(1050-15)m×8条×9.41kgf/m 9.41
中間		39522		39522		
下部		77915		77915		
Pr1側	Pr2側	38957	38957	38957	38957	
合 計	kgf	63571	54043	68221	64893	下部が最大荷重
(ΣP)	kN	623.0	529.6	668.6	636.0	

・出力 (シャフトジャンボ吊下げ時)

位 置	ロープ張力 P (kN)	ロープ速度 V (min)	出 力 (kW)	速度係数ω (平均径との比率)		備 考
				ω	ドラム径mm	
上 部	76.31	24.2	44.0	1.1	3473	本体速度 5.5m/分 ロープ張力P= ΣP/4
中 間	120.11	22	62.9	1	3151	
下 部	167.14	19.8	78.8	0.9	2830	

$$L \text{ kW} = P \times V / 60 \cdot \eta$$

$$\text{機械効率 } \eta = 0.7$$

以上より75kW×2台とする

③ 人専用巻上機

・ロープ張力

キブル質量 1,550

(吊り金、ライダを物含む)

積載荷重 780

(12人×65kg/人)

ワイヤロープ	3,800 (最大時)	ロープ重量		長さL (m)	単位質量 (kg/m)
		上 部	190		
合 計	6,130 kgf 60.07 kN	中 間	1,930	525	3.67
		下 部	3,800	1,035	3.67

・出力

位置	ロープ張力 (kN)	巻上速度 V (m/min)	出 力 (kW)	速度係数ω (平均径との比率)	
				ω	ドラム径 (mm)
上部	24.70	156	75.6	1.04	1,452
中間	41.75	150	122.8	1	1,351
下部	60.07	144	109.6	0.96	1,250

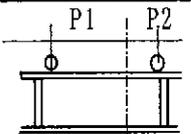
$$L \text{ kW} = P \times V / 60 \cdot \eta$$

$$\text{機械効率 } \eta = 0.85$$

以上より200kWとする

参考：2段デッキの場合

・ロープ張力

項 目	通常の状態		シャフトジャンボ吊下げ時		備 考	
	P1側	P2側	P1側	P2側		
作業床質量	14,000		14,000		 P1側=0.62 P2側=0.38	
吊り金物	3,500		3,500			
積載荷重	2,500		2,500			
ホッパ・シュート	2,200		2,200			
シャフトマツカ	10,000		10,000			
吊替え装置	800		800			
上記 計	33,000		33,000			
Pw1側	Pw2側	20,460	12,540	20,460	12,540	分配率 Pw1側 Pw2側 0.62 0.38

シャフトジャンボ Ps	-		15,500		3ブーム φ45×1025m×8条×8.59kg/m	
Ps1側	Ps2側	-	-	4,650		10,850
ワイヤロープ Pr 上部	3,436		3,436			
ワイヤロープ Pr 中間	36,078		36,078			
ワイヤロープ Pr 下部	70,438		70,438			
Pr1側	Pr2側	35,219	35,219	35,219		35,219
合計 ΣW (kg)	55,679	47,759	60,329	58,609		
kN	545.65	468.04	591.22	574.37		

・出力（シャフトジャンボ吊下げ時）

位 置	ロープ張力 P (kN)	ロープ速度 V (m/min)	出 力 (kW)	速度係数ω（平均径との比率）		備 考
				ω	ドラム径 (mm)	
上 部	131.5	10.80	33.9	1.08	3,228	本体速度 5m/分 ロープ張力 P = Σ P / 2
中 間	211.4	10.00	50.4	1.00	2,989	
下 部	295.6	9.20	64.8	0.92	2,750	

$$L \text{ kW} = P \times V / 60 \cdot \eta \quad \text{機械効率 } \eta = 0.70$$

以上より75kW×2台とする

(1) -6 主立坑掘削時における替キブルの方法

替キブルの方法としては、地切（地面より少し浮かす）したキブルを積込み重機又はウインチで横引きする方法が考えられるが、この方法は切羽の狭さや不陸状態を考慮すると危険性が高く、さらにフックの着脱が煩雑であるため、通常規模の現場では替えキブルは行わない事が多い。

しかし今回のように立坑深度が深くなると、掘削ずり搬出キブルの運行タイムが長くなり、切羽の積込み機械が待機するロスタイムを生じ、結果として掘削サイクルに影響し、工程の遅延に繋がる。

これを防ぐ為、キブルを2缶用意し、1缶のキブル運行中に別のキブルの積込みを行い、積込みタイムの短縮を図るものとする。

上述したようにキブルの交換作業は狭く不陸のある立坑切羽の中で、重量物のキブルを移動する作業となるために、はさまれ、接触、転倒といった危険が予想される。

そこで安全を確保するため、キブルの積替えは、次のような方法が考えられる。

- a. スカフォードの上部に、キブル吊り上げロープを水平移動させる機械を設置し機械的にキブルを移動させる。
- b. スカフォードの下部にモノレールを取り付け、キブルを吊り上げて横移動させる。
- c. スカフォード最下段にキブル積替え設備（3段デッキとする）を設置する。
- d. ズリ巻上機を2台設置し、エレベータは付け替え方式とする。

基本設計では、主立坑は掘削径が7.3mと比較的大きいため、a.案のキブルを水平移動させ、坑底で積替える方式（スカフォードは2段デッキとする）としているが、次のような事が考えられる。

主立坑は6.0m³ズリキブル、及びΦ45mmのワイヤロープを使用しており、かなりの重量物であり体積も大きい。そのため、吊フックも大きな重量物となり、坑底で替キブルを行う場合、斜めになった重量フックを交換

する作業（キブル玉掛け高さが約3mで、挟まれ防止のためキブルの吊手金具は下部まで倒せない）は、足場等を考慮すると作業性が悪く危険度が高くなる事が予想される。そのため、ここでは上述c案の、スカフォードを3段デッキとし、最下段デッキで空キブルを移動台車の上に仮置する方式とする。

また、各ステージや計測坑道へ重量物の資機材搬入を行う場合、スカフォードをその高さまで上昇させ、上述した最下段デッキの空キブル台車を資機材の受け台として利用すれば、水平坑道への資機材搬入も比較的安全に行える。

キブルの付替えは次の要領で行う。

- 1) 地上より巻下げられた空キブルは、スカフォード部のキブル台車に仮置きし、待機する。
- 2) キブル巻上機は空キブルを預けた後、吊フックを切羽まで巻き下げ、実キブルを吊り、地上へ巻き上げる。
- 3) 一方空キブルはスカフォード部のクレーンで切羽に降ろし、ズリを積み込む。

以上を繰り返す。

ここで、前述したようにキブル吊フックの取付け取外しの作業が生じる。スカフォードデッキ内では専用の足場を設けておく事ができるが、切羽においては作業足場が非常に悪い。特に、キブル巻上げ機のフック（本フックと称す）は重量が重く上部の櫓内で操作をするため作業足場やその高さを考慮すると危険が大きくなる。

以上から、このフックの取付け取外し作業は低い所からの操作ができるもの（高所作業用足場の不要な方式）を採用するものとする。ただし、誤作動や故障によってフックが絶対に外れる事がないように、安全な方式を考える必要がある。

(1) -7 主立坑巻上機設備基礎

基礎設計条件

①地盤条件

N=30 の砂地盤と考える。

②荷重条件

・ 単位体積重量

コンクリート $\gamma_c = 23.5 \text{ kN/m}^3$

土 $\gamma_s = 19.0 \text{ kN/m}^3$

・ 地震時水平震度

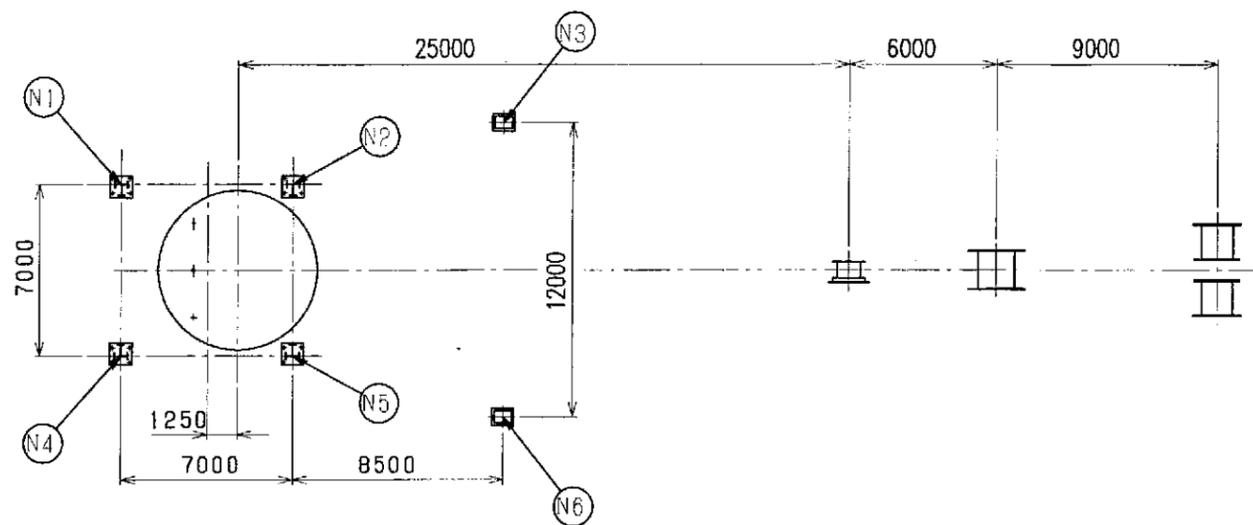
$K_h = 0.20$

・ ローディングデータ

次頁に示す。

③準拠基準

『建築基礎構造設計指針』日本建築学会



単位 (kN)

荷重状態	作用点 方向	N1			N2			N3		
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
長期	長期	+28.3	-183.5	-1.1	+28.3	-404.8	-1.1	+267.9	-794.6	-77.5
	短期	+50.4	-257.3	-0.9	+50.4	-295.4	-0.8	+283.6	-797.7	-79.1
荷重状態	作用点 方向	N4			N5			N6		
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
長期	長期	+25.9	-272.5	+0.1	+25.9	-451.1	+0.1	+274.7	-813.1	+79.5
	短期	+48.5	-197.5	+0.1	+48.5	-337.4	+0.1	+289.0	-812.5	+80.7

注記

1. 長期=固定荷重+ロープ荷重+風荷重 ($v=16\text{m/s}$)
2. 短期=ロープ荷重+地震荷重
(地震荷重の場合、固定荷重及びロープ荷重には荷重係数を含まない)
3. 上記表の値は作業時の基礎荷重を示す。機組立時(ローピング前)では槽質量がN3, N6点に約5t, N2, N5点に約34.25t, N1点, N4点に約29.25t垂直方向下向きに作用する。

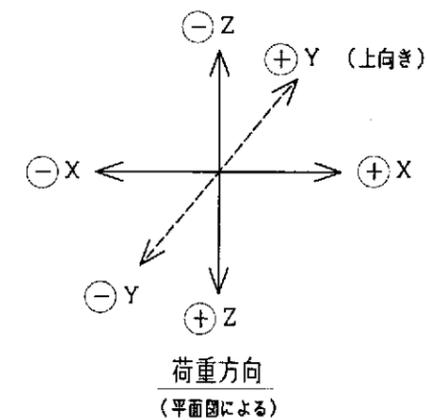
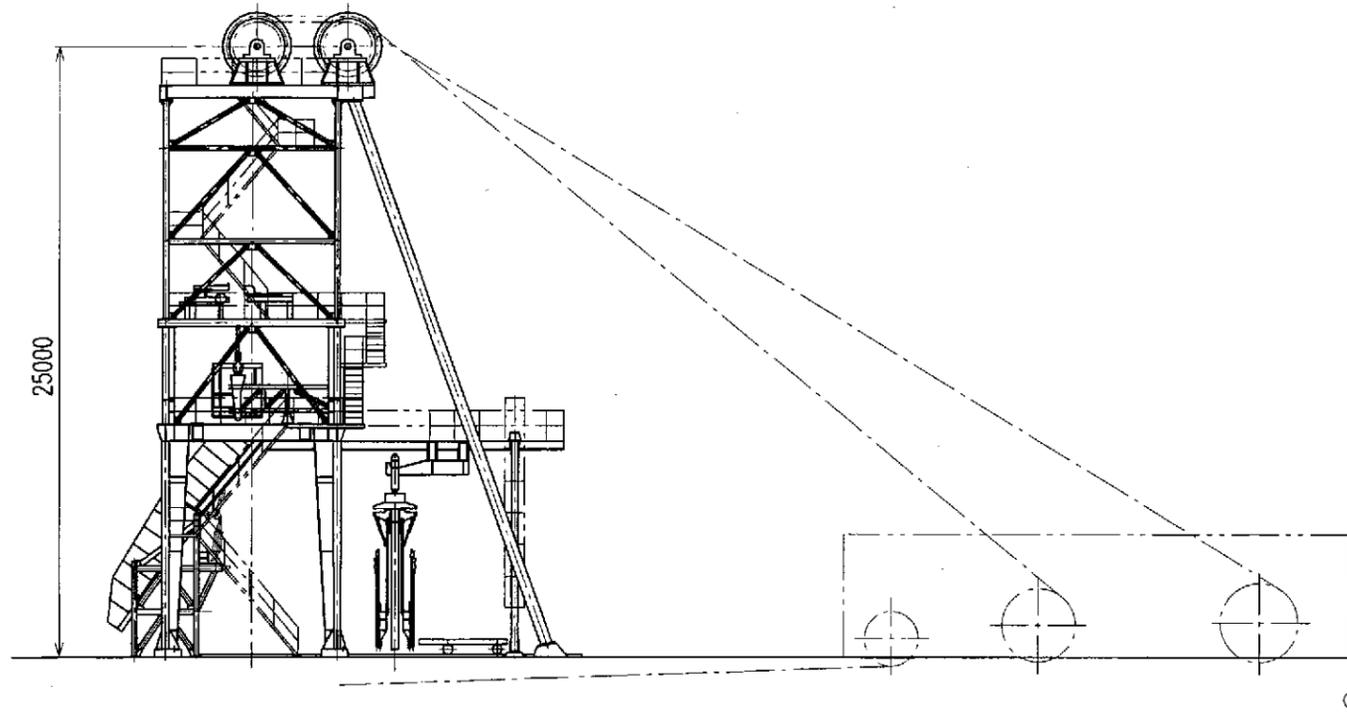
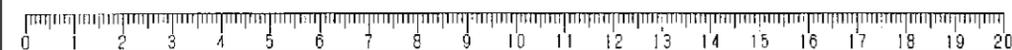
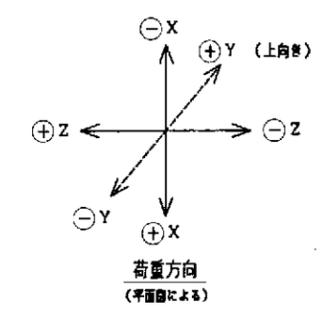
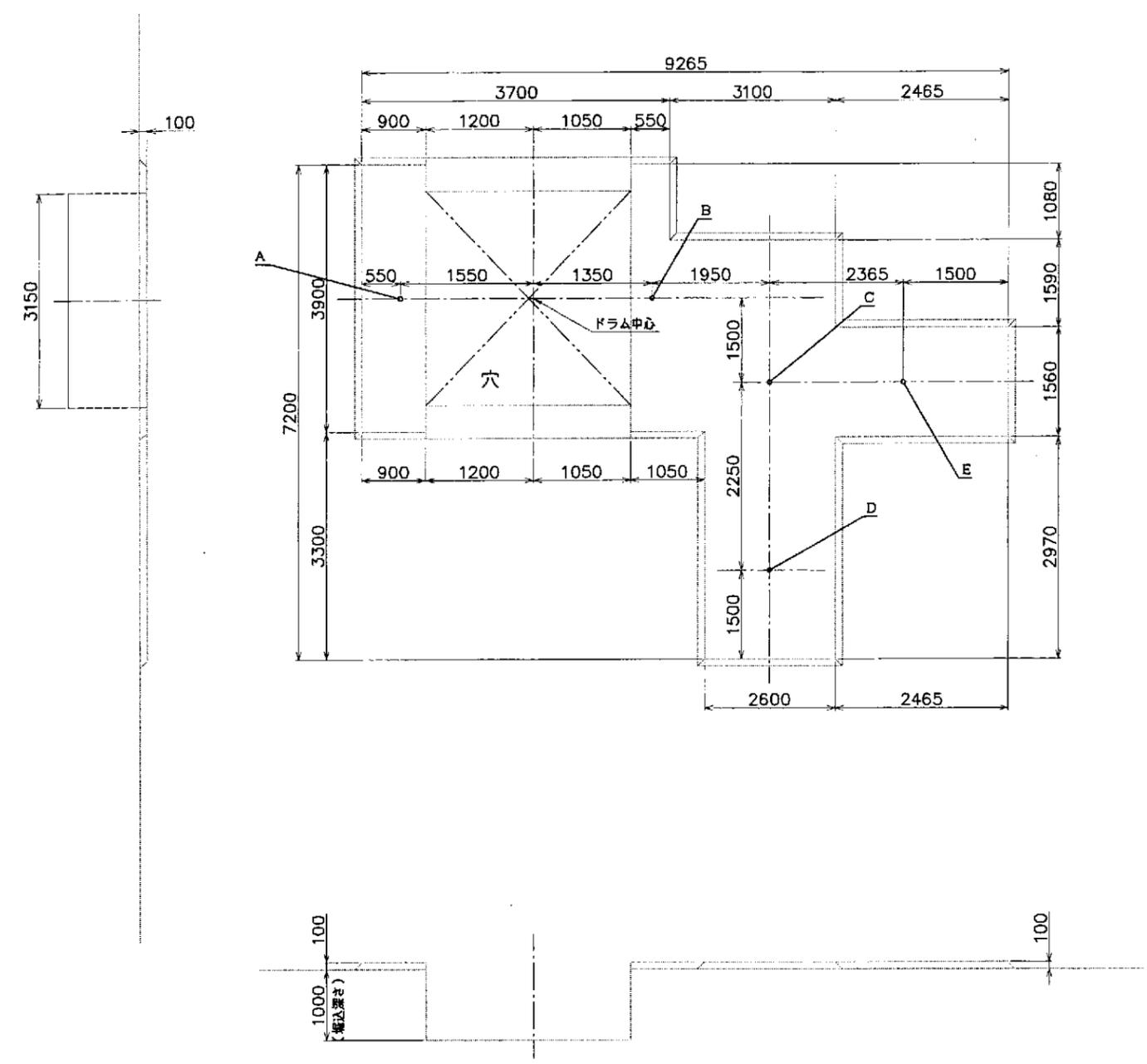


図4.3.1-19 主立坑槽基礎荷重図

機名 1000m主立坑掘削設備				
槽基礎荷重図				
承認	設計	尺慮	日付	第3角法
		FREE		
審査		機種	箱番	詳細
図面番号				
流用図面(保管)番号				



立坑側



単位 (kN)

作用点	方向	A (輪受部)			B (輪受部)			C (減速機部)			D (電動機部)			E (ブレーキ部)			
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	
荷重状態	長期	-500	+189	±20	-500	+189	±20	-	-206	-	-	-129	-	-	-39	-	-
	短期	-1500	+1016	±59	-1500	+1016	±59	-	-206	-	-	-129	-	-	-39	-	-
	静止時	-	-303	-	-	-303	-	-	-206	-	-	-129	-	-	-39	-	-

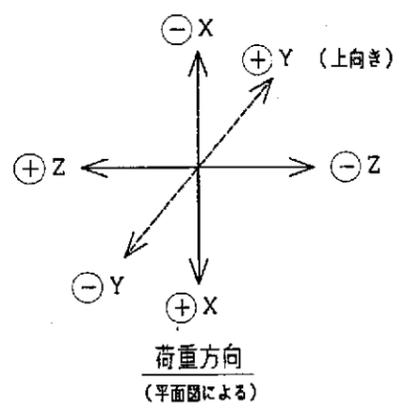
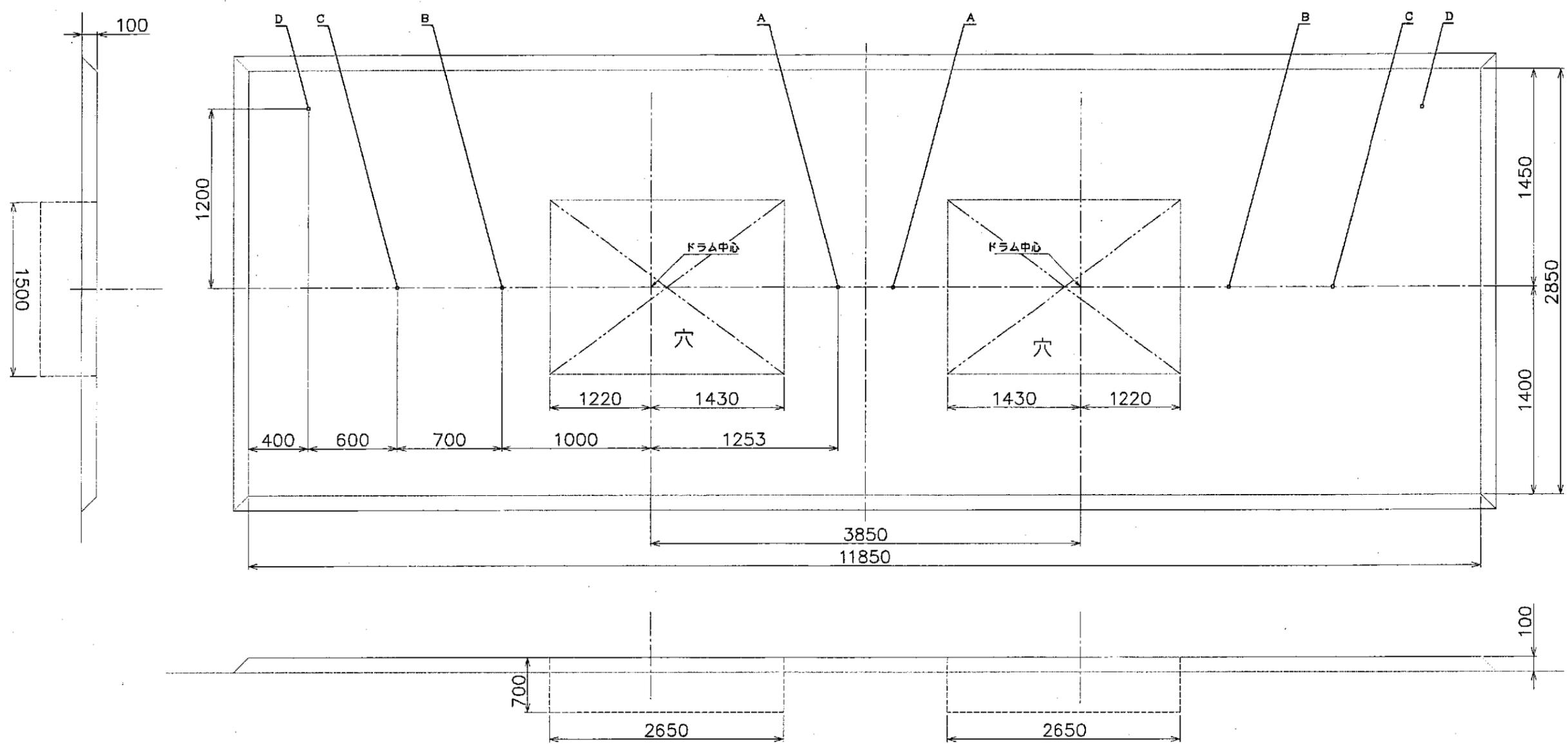
注記
 1. 長期荷重は、ロープ張力に荷重係数 $\phi=2$ を乗じて算出しています。
 短期荷重は、長期加重の3倍の荷重で算出しています。
 2. 静止時は、巻上機据付時の質量が作用します。(ロープ質量含む)

図4.3.1-20 主立坑 キブル巻上機基礎荷重図

1000m立坑用設備			
キブル巻上機基礎荷重図			
設計	校核	承認	第3角法
フリー			
図面番号			
添付図面(自機)番号			



立坑側



単位 (kN)

荷重状態	作用点	A (軸受部)			B (軸受部)			C (減速機部)			D (電動機部)		
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
荷重状態	長期	-252	+20	±8	-252	+20	±8	-	-81	-	-	-15	-
	短期	-756	+329	±24	-756	+329	±24	-	-81	-	-	-15	-
	静止時	-	-324	-	-	-324	-	-	-81	-	-	-15	-

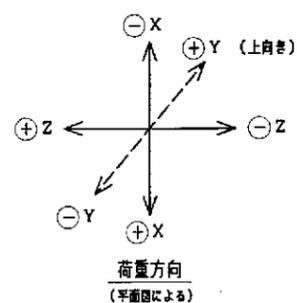
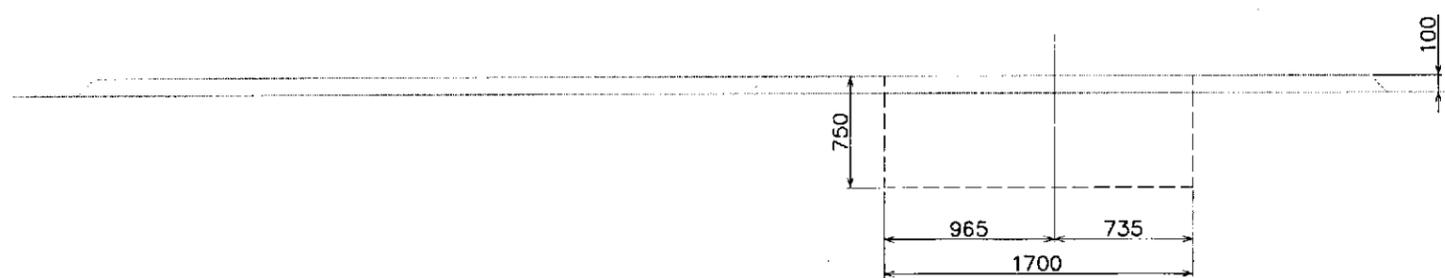
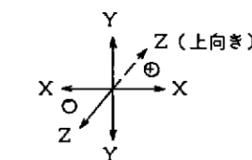
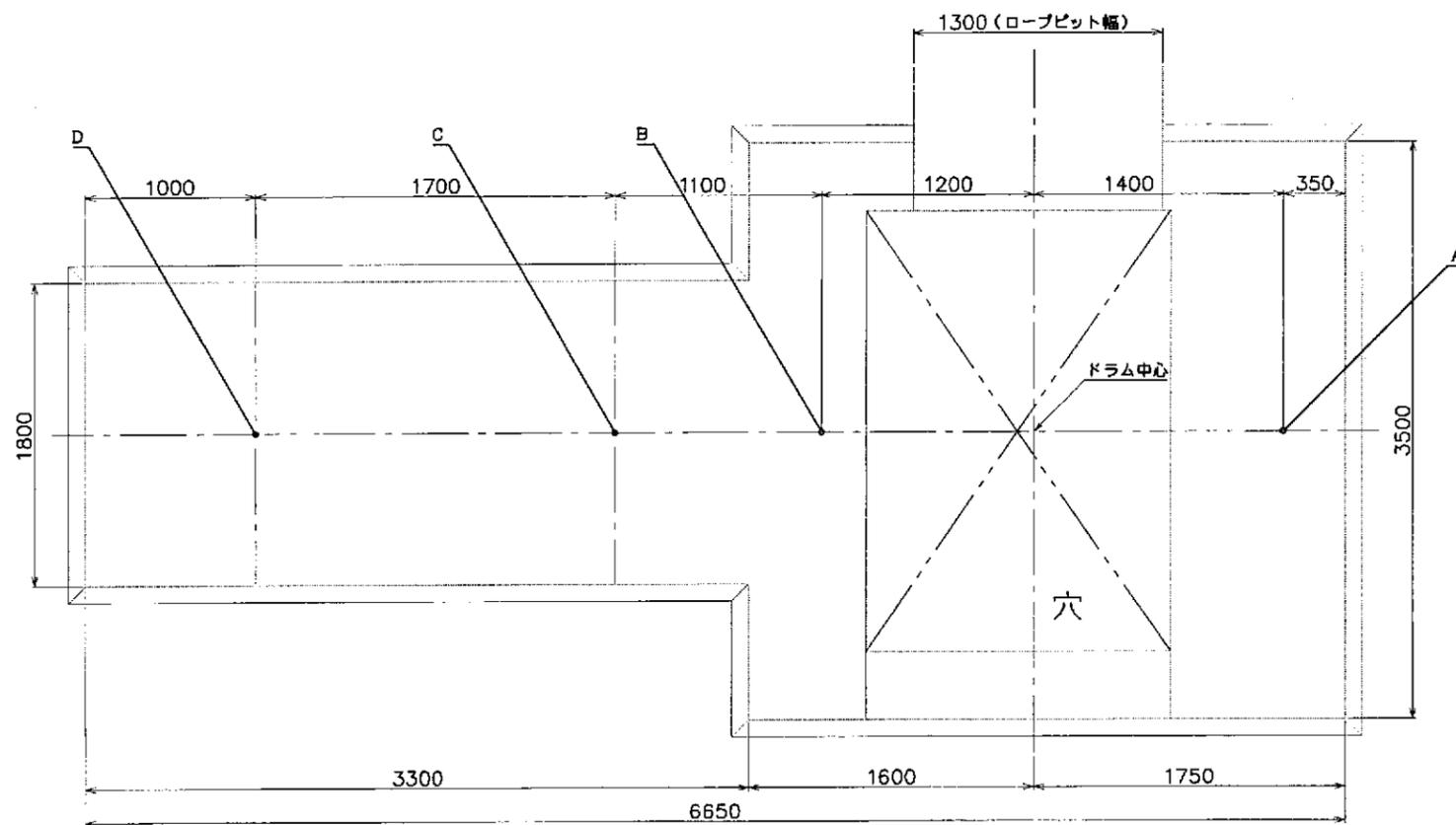
注記

- 長期荷重は、ロープ張力に荷重係数 $\alpha=2$ を乗じて算出しています。短期荷重は、長期加重の3倍の荷重で算出しています。
- 静止時は、巻上機据付時の質量が作用します。(ロープ質量含む)

図4.3.1-21 主立坑スcaffold巻上機基礎荷重図

1000m主立坑掘削設備				
スcaffold巻上機基礎図				
承認	設計	校核	自由	第3角法
製法	図面	図面	図面	図面
図面番号				
印刷部(共有)番号				

立坑側



単位 (kN)

作用点	A (輪受部)			B (輪受部)			C (減速機部)			D (電動機部)			
	方向	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
荷重状態	長期	-120	-75	±3	-120	-75	±3	-	-28	-	-	-49	-
	短期	-359	-82	±9	-359	-82	±9	-	-28	-	-	-49	-
	静止時	-	-71	-	-	-71	-	-	-28	-	-	-49	-

注記
 1. 長期荷重は、ロープ張力に荷重係数 $\gamma=2$ を乗じて算出しています。
 短期荷重は、長期荷重の3倍の荷重で算出しています。
 2. 静止時は、巻上機据付時の質量が作用します。(ロープ質量含む)

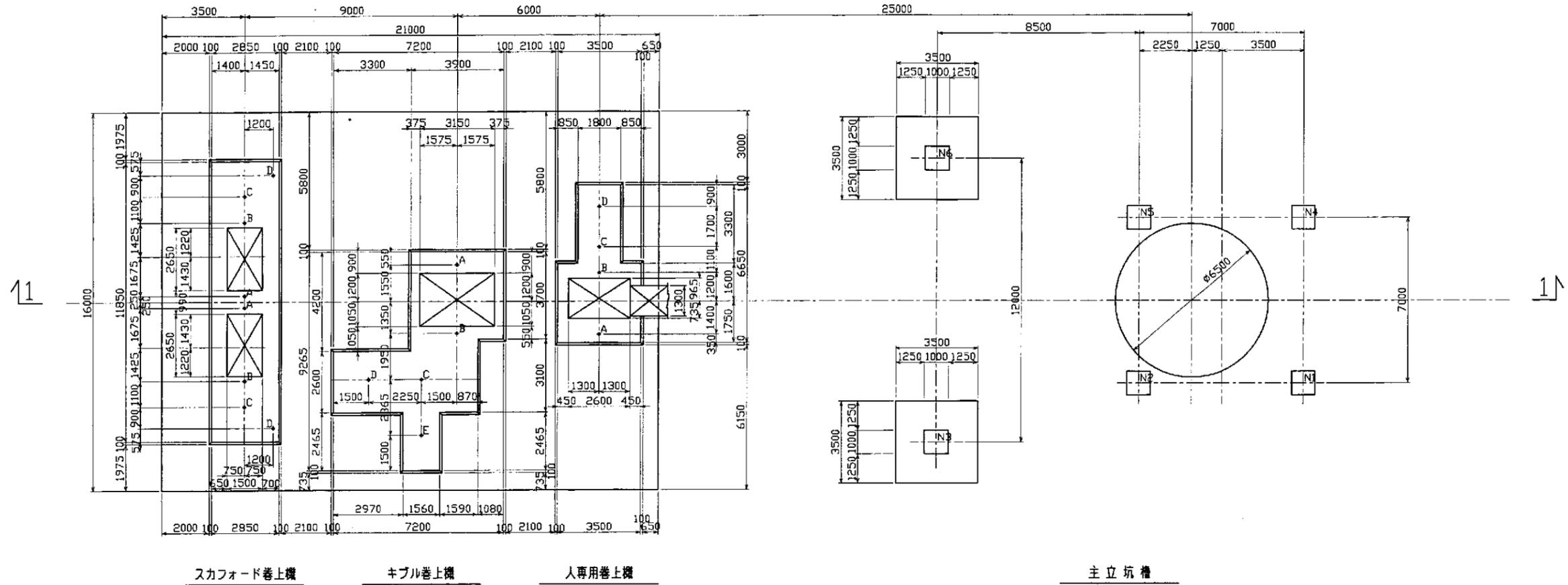
図4.3.1-22 人専用巻上機基礎荷重図

1000m立坑昇降設備			
人専用巻上機基礎荷重図			
承認	設計	尺貫	日付
		FREE	
客先	現場	備考	印付
適用図面 (単位) 備考			



S=1:100

配置図



1-1 断面図

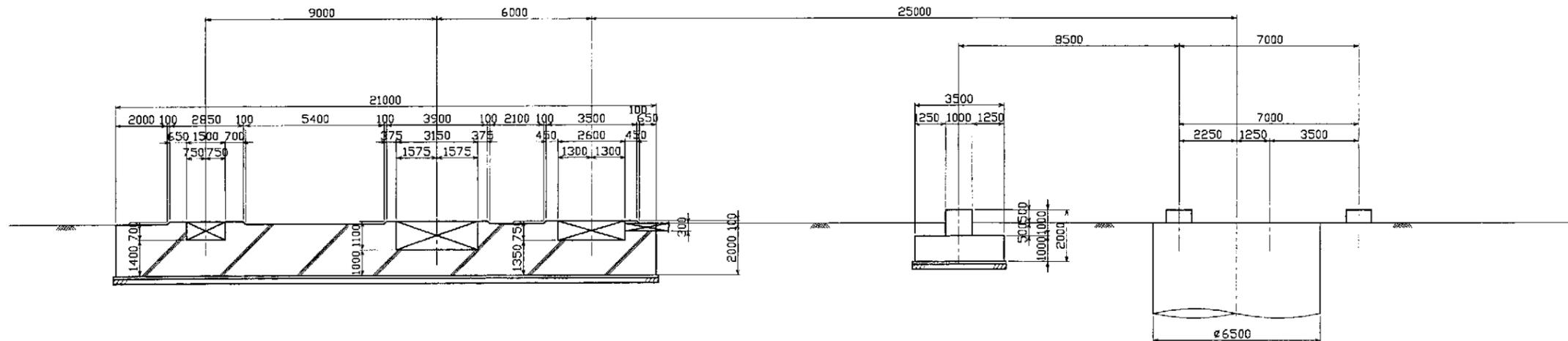
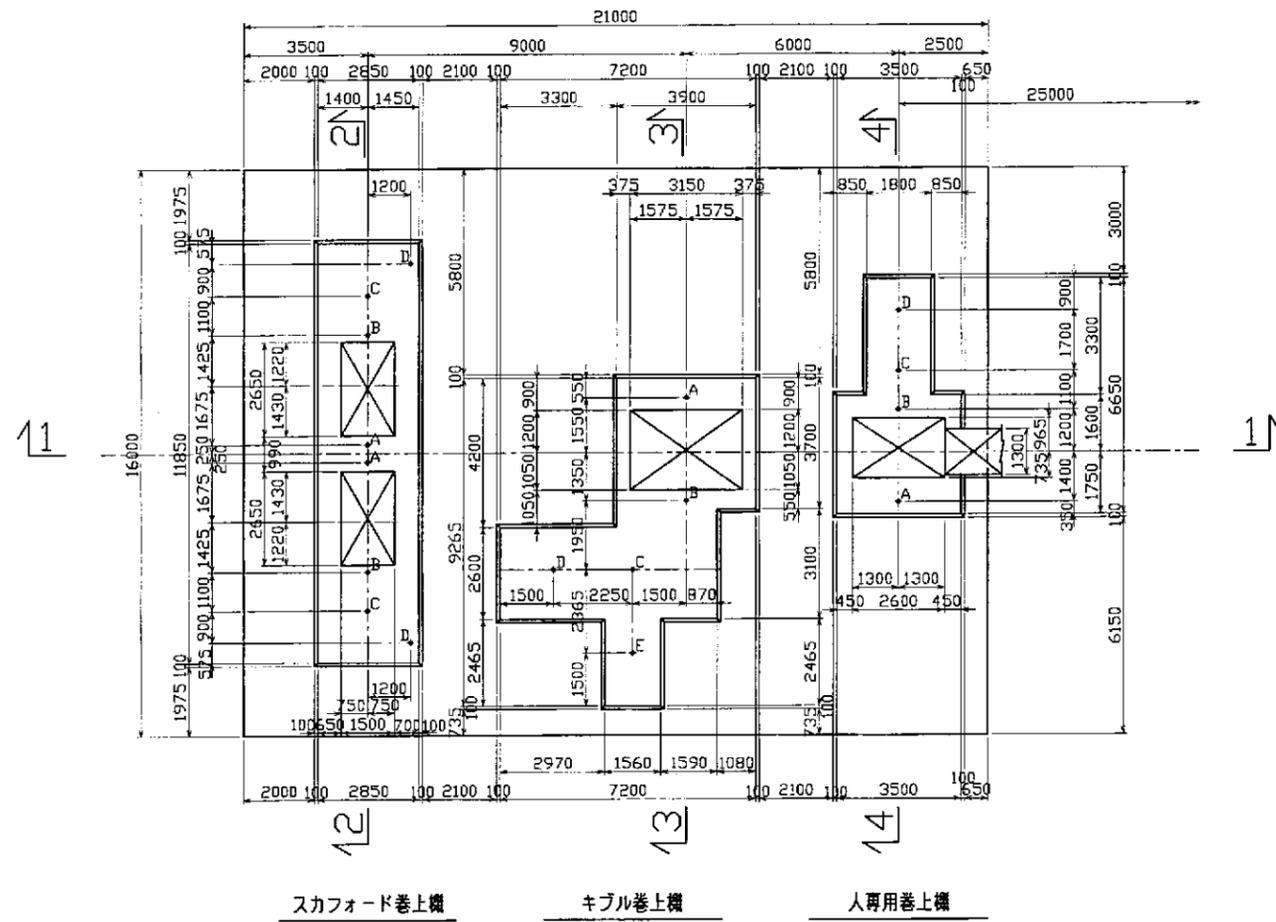


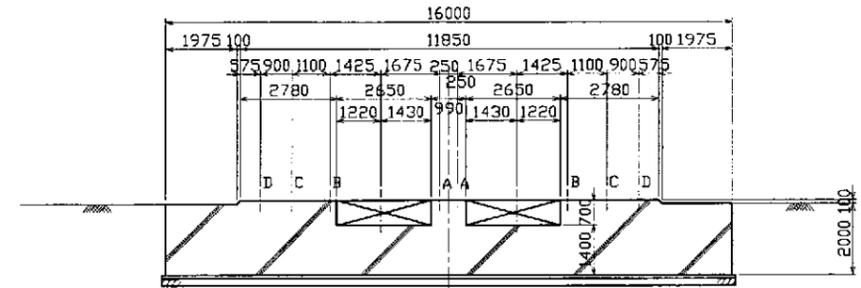
図4.3.1-23 主立坑槽，巻上機基礎構造図

S=1:100

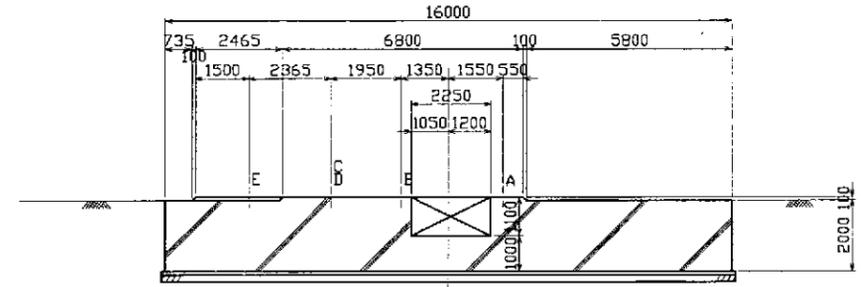
平面図



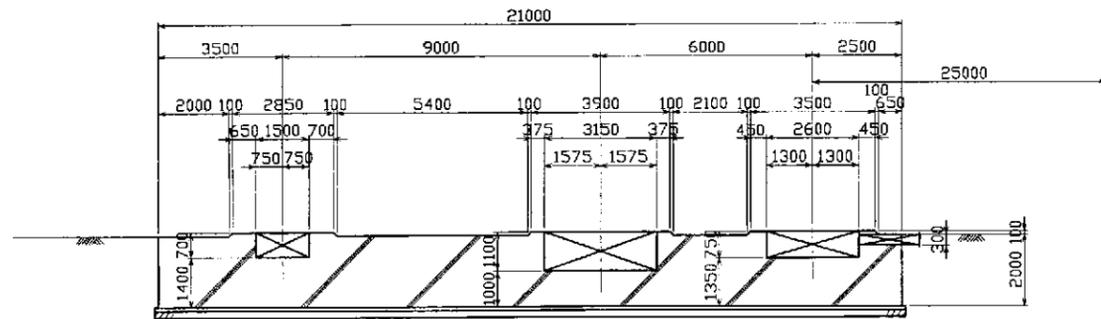
2-2断面図



3-3断面図



1-1断面図



4-4断面図

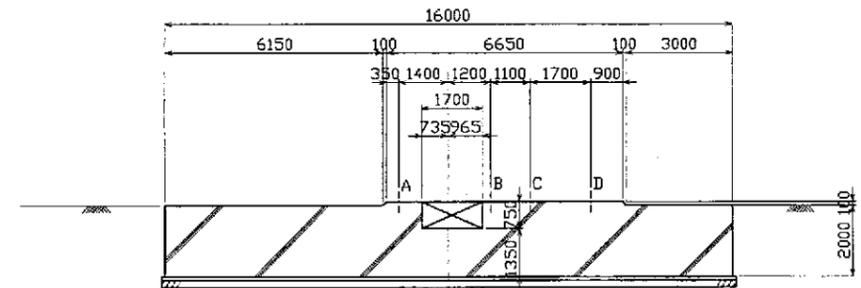


図4.3.1-24 主立坑巻上機基礎構造図

(1) -8 主立坑ずり揚げスケジュール検討

項目	記号	時間(sec)	記号	距離(m)
巻上時	t1	1.1	S1	0.18
	t2	15.15	S2	5
	t3	3.33	S3	2.77
	t4	6.05	S4	8.05
	t5	3.9	S5	7.47
	t6	10.81	S6	54.06
	t7	3.9	S7	7.47
	t8	9.06	S8	12.05
	t9	4.43	S9	2.95
放出時間	t10	180	S10	0
巻上計		237.74		100

巻上げ距離 100 m

V1=300m/min 5 m/sec

v2=80 m/min 1.33 m/sec

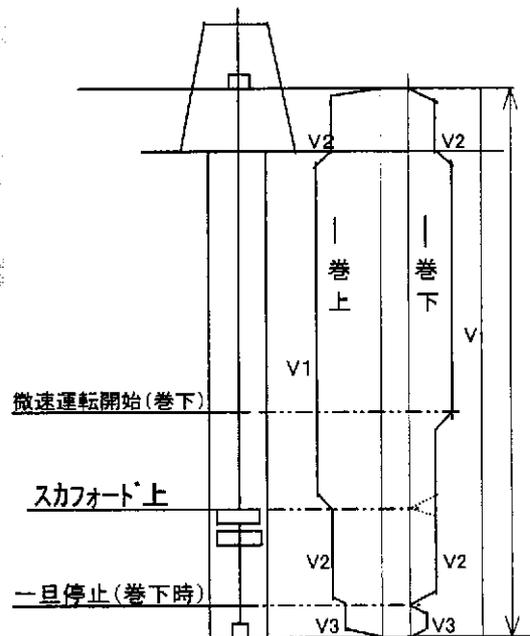
v3=20 m/min 0.33 m/sec

加減速度 0.3 m/sec²

巻下時	t12	4.43	S12	2.95
	t13	9.06	S13	12.05
	t14	3.9	S14	7.47
	t15	3.91	S15	19.53
	t16	3.9	S16	7.47
	t17	31.95	S17	42.5
	t18	3.33	S18	2.77
	t19	1.1	S19	0.18
	t20	14.85	S20	4.9
	t21	1.1	S21	0.18
	積込み時間	t22	(下記)	S22
巻下計		77.53		100

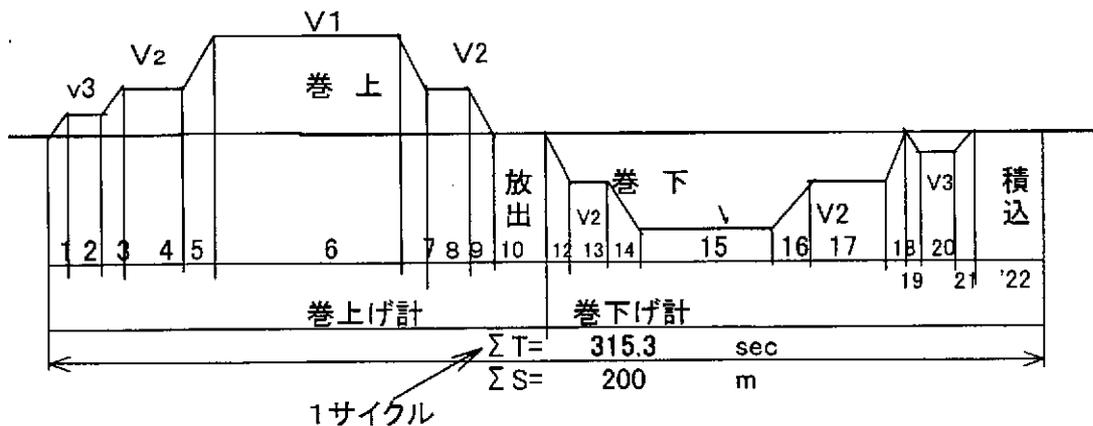
1サイクル計	Σ t	315.26	Σ S	200
		5.3 min		

ショベル積込時間 T = 40 sec/1回
 // バケット容量 v = 0.4 m³
 効率 η = 0.65
 キブル容量 V = 6 m³
 1キブル積込み時間 t22 = 923.1 sec/1キブル
 [V ÷ (v × η) × T] = 15.4 min



◎ 1サイクル(キブル付け替え無し)

巻上機の運転サイクル Σ t + 積込時間 = $\frac{315.26}{5.3} + \frac{923.08}{15.4} = \frac{1238.34}{20.7} \text{ sec}$
 20.7 min



項目	記号	時間(sec)	記号	距離(m)
巻上時	t1	1.1	S1	0.18
	t2	15.15	S2	5
	t3	3.33	S3	2.77
	t4	6.05	S4	8.05
	t5	3.9	S5	7.47
	t6	30.81	S6	154.06
	t7	3.9	S7	7.47
	t8	9.06	S8	12.05
	t9	4.43	S9	2.95
放出時間	t10	180	S10	0
巻上計		257.74		200

巻上げ距離 200 m

V1=300m/min 5 m/sec

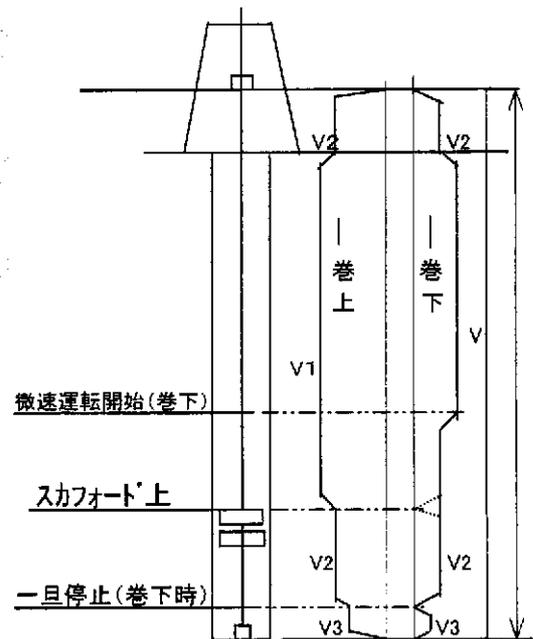
v2=80 m/min 1.33 m/sec

v3=20 m/min 0.33 m/sec

加減速度 0.3 m/sec²

巻下時	t12	4.43	S12	2.95
	t13	9.06	S13	12.05
	t14	3.9	S14	7.47
	t15	23.91	S15	119.53
	t16	3.9	S16	7.47
	t17	31.95	S17	42.5
	t18	3.33	S18	2.77
	t19	1.1	S19	0.18
	t20	14.85	S20	4.9
	t21	1.1	S21	0.18
	積込み時間	t22	(下記)	S22
巻下計		97.53		200

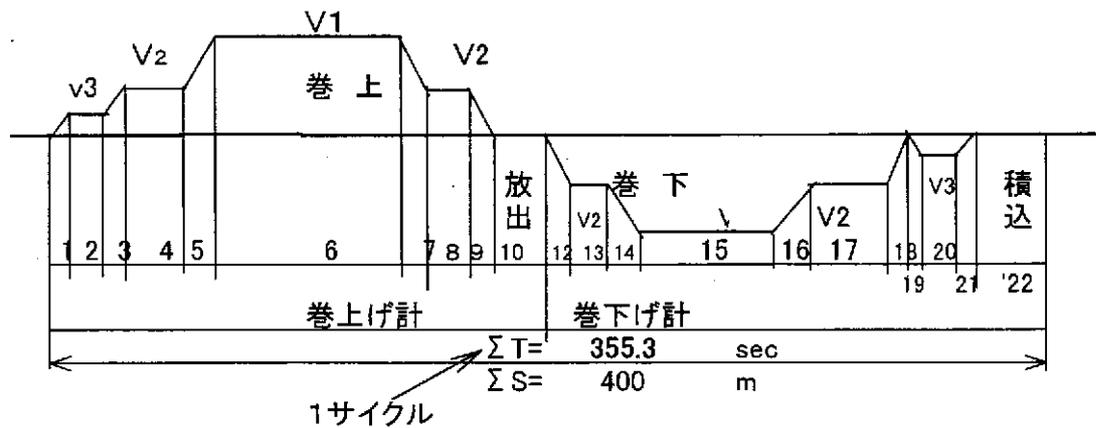
1サイクル計	Σ t	355.26	Σ S	400
		5.9 min		



ショベル積込時間 T = 40 sec/1回
 // バケット容量 v = 0.4 m³
 効率 η = 0.65
 キブル容量 V = 6 m³
 1キブル積込み時間 t22 = 923.1 sec/1キブル
 [V ÷ (v × η) × T] 15.4 min

◎ 1サイクル(キブル付け替え無し)

巻上機の運転サイクル Σ t + 積込時間 = $\frac{355.26}{5.9} + \frac{923.08}{15.4} = \frac{1278.34}{21.3} \text{ min}$



項目	記号	時間(sec)	記号	距離(m)
巻上時	t1	1.1	S1	0.18
	t2	15.15	S2	5
	t3	3.33	S3	2.77
	t4	6.05	S4	8.05
	t5	3.9	S5	7.47
	t6	50.81	S6	254.06
	t7	3.9	S7	7.47
	t8	9.06	S8	12.05
	t9	4.43	S9	2.95
放出時間	t10	180	S10	0
巻上計		277.74		300

巻上げ距離 300 m

V1=300m/min 5 m/sec

v2=80 m/min 1.33 m/sec

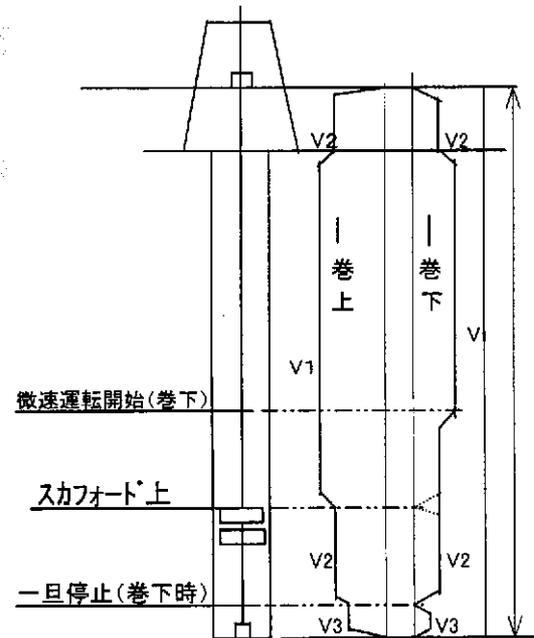
v3=20 m/min 0.33 m/sec

加減速度 0.3 m/sec²

巻下時	t12	4.43	S12	2.95
	t13	9.06	S13	12.05
	t14	3.9	S14	7.47
	t15	43.91	S15	219.53
	t16	3.9	S16	7.47
	t17	31.95	S17	42.5
	t18	3.33	S18	2.77
	t19	1.1	S19	0.18
	t20	14.85	S20	4.9
	t21	1.1	S21	0.18
	積込み時間	t22	(下記)	S22
巻下計		117.53		300

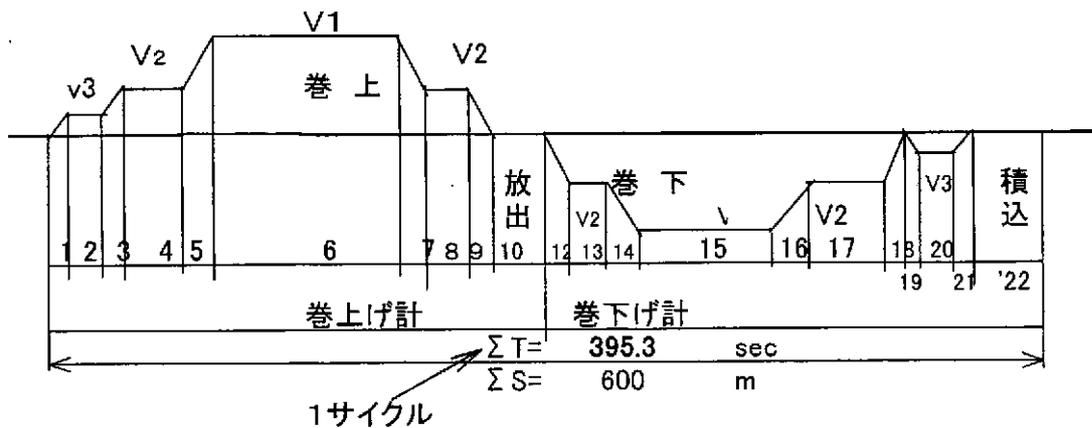
1サイクル計	Σ t	395.26	Σ S	600
		6.6 min		

シヤベル積込時間 T = 40 sec/1回
 // バケット容量 v = 0.4 m³
 効率 η = 0.65
 キブル容量 V = 6 m³
 1キブル積込み時間 t22 = 923.1 sec/1キブル
 [V ÷ (v × η) × T] 15.4 min



◎ 1サイクル(キブル付け替え無し)

巻上機の運転サイクル Σ t + 積込時間 = 395.26 + 923.08 = 1318.34 sec
 6.6 15.4 22.0 min



項目	記号	時間(sec)	記号	距離(m)
巻上時	t1	1.1	S1	0.18
	t2	15.15	S2	5
	t3	3.33	S3	2.77
	t4	6.05	S4	8.05
	t5	3.9	S5	7.47
	t6	70.81	S6	354.06
	t7	3.9	S7	7.47
	t8	9.06	S8	12.05
	t9	4.43	S9	2.95
放出時間	t10	180	S10	0
巻上計		297.74		400

巻上げ距離 400 m

V1=300m/min 5 m/sec

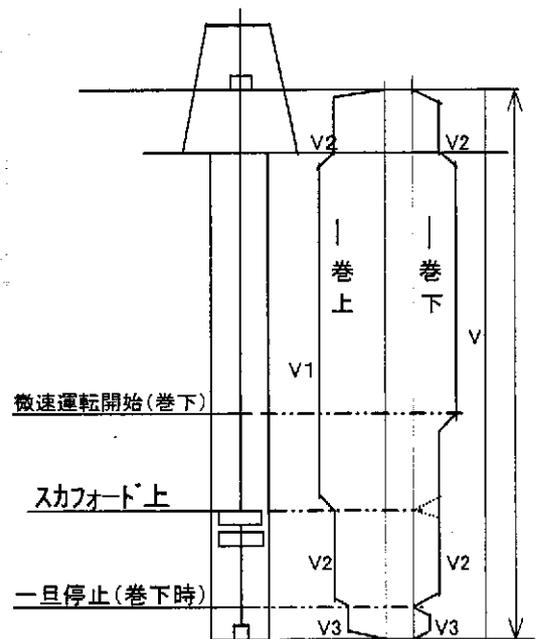
v2=80 m/min 1.33 m/sec

v3=20 m/min 0.33 m/sec

加減速度 0.3 m/sec²

巻下時	t12	4.43	S12	2.95
	t13	9.06	S13	12.05
	t14	3.9	S14	7.47
	t15	63.91	S15	319.53
	t16	3.9	S16	7.47
	t17	31.95	S17	42.5
	t18	3.33	S18	2.77
	t19	1.1	S19	0.18
	t20	14.85	S20	4.9
	t21	1.1	S21	0.18
	積込み時間	t22	(下記)	S22
巻下計		137.53		400

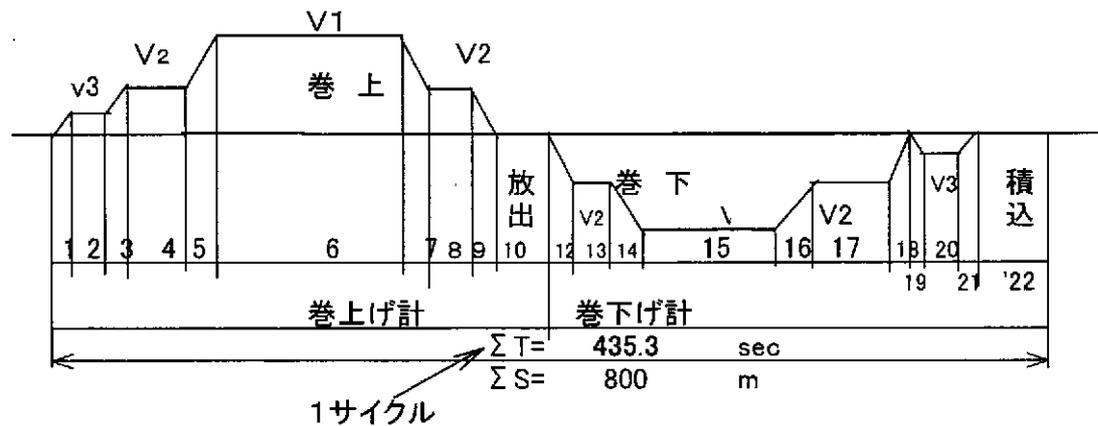
1サイクル計	Σ t	435.26	Σ S	800
		7.3 min		



ショベル積込時間 T = 40 sec/1回
 // バケット容量 v = 0.4 m³
 効率 η = 0.65
 キブル容量 V = 6 m³
 1キブル積込み時間 t22 = 923.1 sec/1キブル
 [V ÷ (v × η) × T] 15.4 min

◎ 1サイクル(キブル付け替え無し)

巻上機の運転サイクル Σ t + 積込時間 = $\frac{435.26}{7.3} + \frac{923.08}{15.4} = \frac{1358.34}{22.7} \text{ sec}$
 22.7 min



項目	記号	時間(sec)	記号	距離(m)
巻上時	t1	1.1	S1	0.18
	t2	15.15	S2	5
	t3	3.33	S3	2.77
	t4	6.05	S4	8.05
	t5	3.9	S5	7.47
	t6	90.81	S6	454.06
	t7	3.9	S7	7.47
	t8	9.06	S8	12.05
	t9	4.43	S9	2.95
放出時間	t10	180	S10	0
巻上計		317.74		500

巻上げ距離 500 m

V1=300m/min 5 m/sec

v2=80 m/min 1.33 m/sec

v3=20 m/min 0.33 m/sec

加減速度 0.3 m/sec²

巻下時	t12	4.43	S12	2.95
	t13	9.06	S13	12.05
	t14	3.9	S14	7.47
	t15	83.91	S15	419.53
	t16	3.9	S16	7.47
	t17	31.95	S17	42.5
	t18	3.33	S18	2.77
	t19	1.1	S19	0.18
	t20	14.85	S20	4.9
	t21	1.1	S21	0.18
	積込み時間	t22	(下記)	S22
巻下計		157.53		500

1サイクル計	Σ t	475.26	Σ S	1000
		7.9 min		

シヤベル積込時間 T = 40 sec/1回

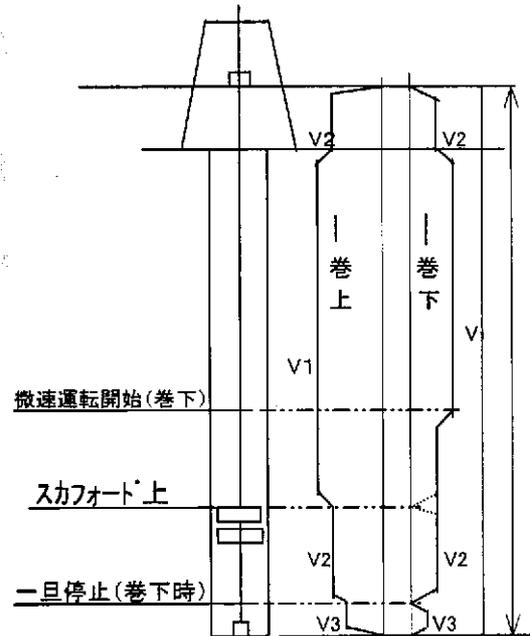
バケット容量 v = 0.4 m³

効率 η = 0.65

キブル容量 V = 6 m³

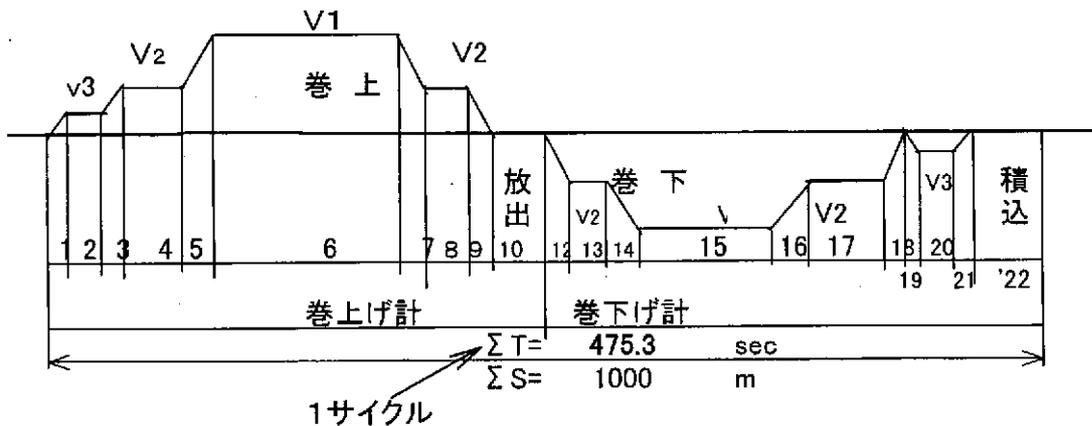
1キブル積込み時間 t22 = 923.1 sec/1キブル

[V ÷ (v × η) × T] = 15.4 min



◎ 1サイクル(キブル付け替え無し)

$$\text{巻上機の運転サイクル } \Sigma t + \text{積込時間} = \frac{475.26}{7.9} + \frac{923.08}{15.4} = 1398.34 \text{ sec} = 23.3 \text{ min}$$



項目	記号	時間(sec)	記号	距離(m)
巻上時	t1	1.1	S1	0.18
	t2	15.15	S2	5
	t3	3.33	S3	2.77
	t4	6.05	S4	8.05
	t5	3.9	S5	7.47
	t6	110.81	S6	554.06
	t7	3.9	S7	7.47
	t8	9.06	S8	12.05
	t9	4.43	S9	2.95
放出時間	t10	180	S10	0
巻上計		337.74		600

巻上げ距離 600 m

V1=300m/min 5 m/sec

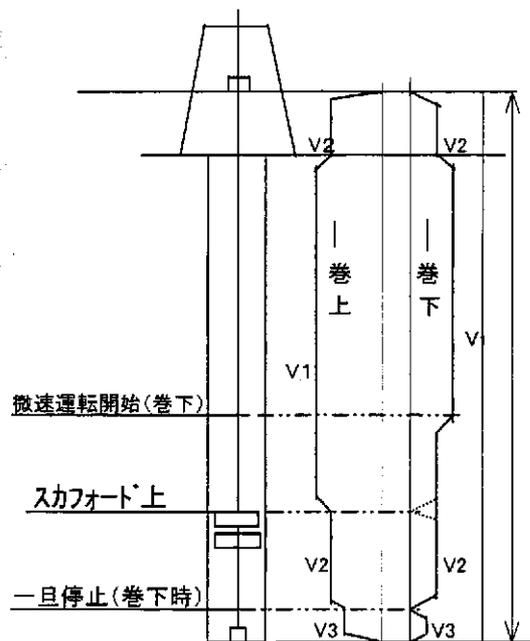
v2=80 m/min 1.33 m/sec

v3=20 m/min 0.33 m/sec

加減速度 0.3 m/sec²

巻下時	t12	4.43	S12	2.95
	t13	9.06	S13	12.05
	t14	3.9	S14	7.47
	t15	103.91	S15	519.53
	t16	3.9	S16	7.47
	t17	31.95	S17	42.5
	t18	3.33	S18	2.77
	t19	1.1	S19	0.18
	t20	14.85	S20	4.9
	t21	1.1	S21	0.18
	積込み時間	t22	(下記)	S22
巻下計		177.53		600

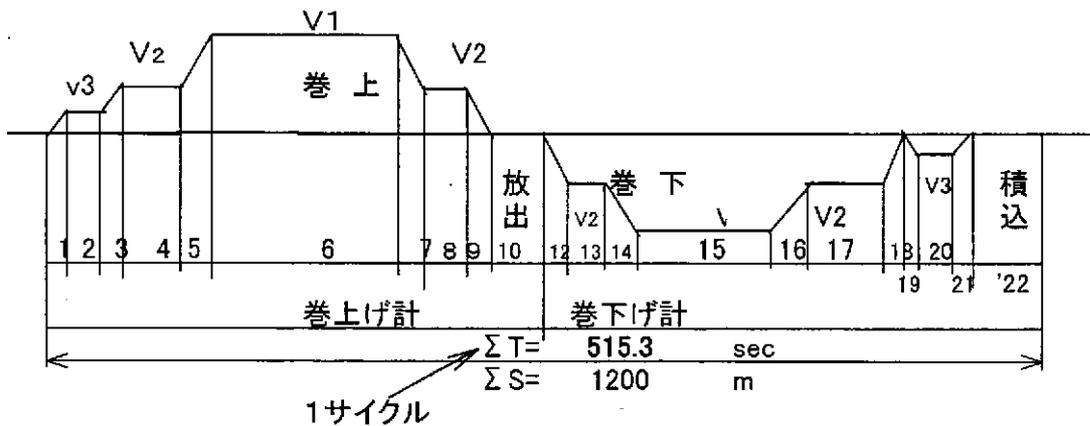
1サイクル計	Σ t	515.26	Σ S	1200
		8.6 min		



ショベル積込時間 T = 40 sec/1回
 // バケット容量 v = 0.4 m³
 効率 η = 0.65
 キブル容量 V = 6 m³
 1キブル積込み時間 t22 = 923.1 sec/1キブル
 [V ÷ (v × η) × T] = 15.4 min

◎ 1サイクル(キブル付け替え無し)

巻上機の運転サイクル Σ t + 積込時間 = $\frac{515.26}{8.6} + \frac{923.08}{15.4} = \frac{1438.34}{24.0}$ sec
 = 24.0 min



項目	記号	時間(sec)	記号	距離(m)
巻上時	t1	1.1	S1	0.18
	t2	15.15	S2	5
	t3	3.33	S3	2.77
	t4	6.05	S4	8.05
	t5	3.9	S5	7.47
	t6	130.81	S6	654.06
	t7	3.9	S7	7.47
	t8	9.06	S8	12.05
	t9	4.43	S9	2.95
放出時間	t10	180	S10	0
巻上計		357.74		700

巻上げ距離 700 m

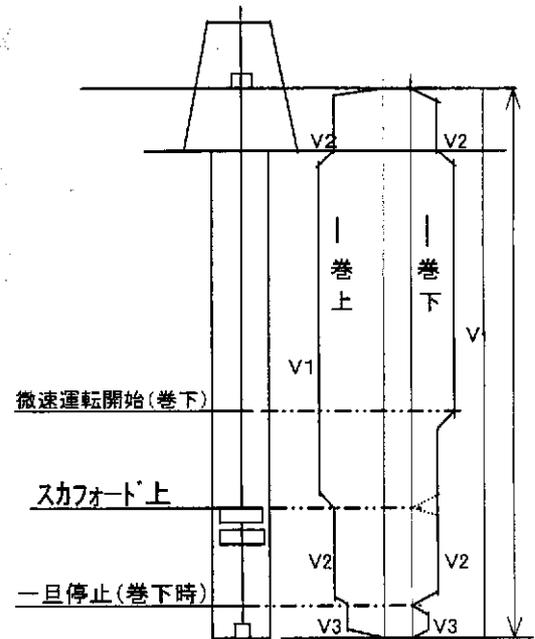
V1=300m/min 5 m/sec

v2=80 m/min 1.33 m/sec

v3=20 m/min 0.33 m/sec

加減速度 0.3 m/sec²

巻下時	t12	4.43	S12	2.95
	t13	9.06	S13	12.05
	t14	3.9	S14	7.47
	t15	123.91	S15	619.53
	t16	3.9	S16	7.47
	t17	31.95	S17	42.5
	t18	3.33	S18	2.77
	t19	1.1	S19	0.18
	t20	14.85	S20	4.9
	t21	1.1	S21	0.18
	積込み時間	t22	(下記)	S22
巻下計		197.53		700



1サイクル計	Σt	555.26	ΣS	1400
--------	------------	--------	------------	------

9.3 min

シヨベル積込時間 T = 40 sec/1回

// バケット容量 v = 0.4 m³

効率 η 0.65

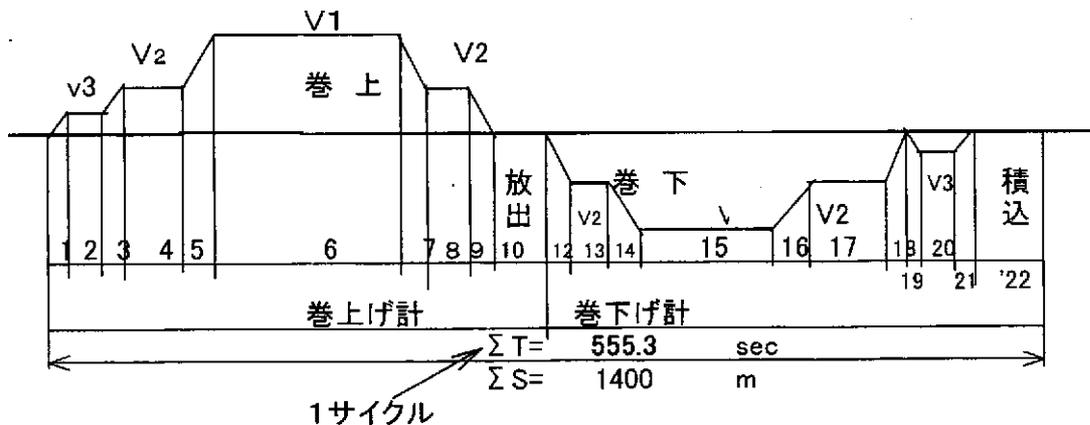
キブル容量 V 6 m³

1キブル積込時間 t22 = 923.1 sec/1キブル

[V ÷ (v × η) × T] 15.4 min

◎ 1サイクル(キブル付け替え無し)

$$\text{巻上機の運転サイクル} \Sigma t + \text{積込時間} = \frac{555.26}{9.3} + \frac{923.08}{15.4} = 1478.34 \text{ sec} = 24.7 \text{ min}$$



項目	記号	時間(sec)	記号	距離(m)
巻上時	t1	1.1	S1	0.18
	t2	15.15	S2	5
	t3	3.33	S3	2.77
	t4	6.05	S4	8.05
	t5	3.9	S5	7.47
	t6	150.81	S6	754.06
	t7	3.9	S7	7.47
	t8	9.06	S8	12.05
	t9	4.43	S9	2.95
放出時間	t10	180	S10	0
巻上計		377.74		800

巻上げ距離 800 m

V1=300m/min 5 m/sec

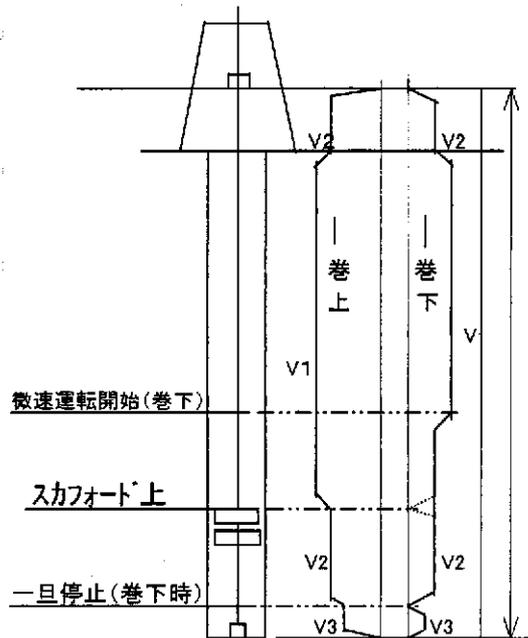
v2=80 m/min 1.33 m/sec

v3=20 m/min 0.33 m/sec

加減速度 0.3 m/sec²

巻下時	t12	4.43	S12	2.95
	t13	9.06	S13	12.05
	t14	3.9	S14	7.47
	t15	143.91	S15	719.53
	t16	3.9	S16	7.47
	t17	31.95	S17	42.5
	t18	3.33	S18	2.77
	t19	1.1	S19	0.18
	t20	14.85	S20	4.9
	t21	1.1	S21	0.18
	積込み時間	t22	(下記)	S22
巻下計		217.53		800

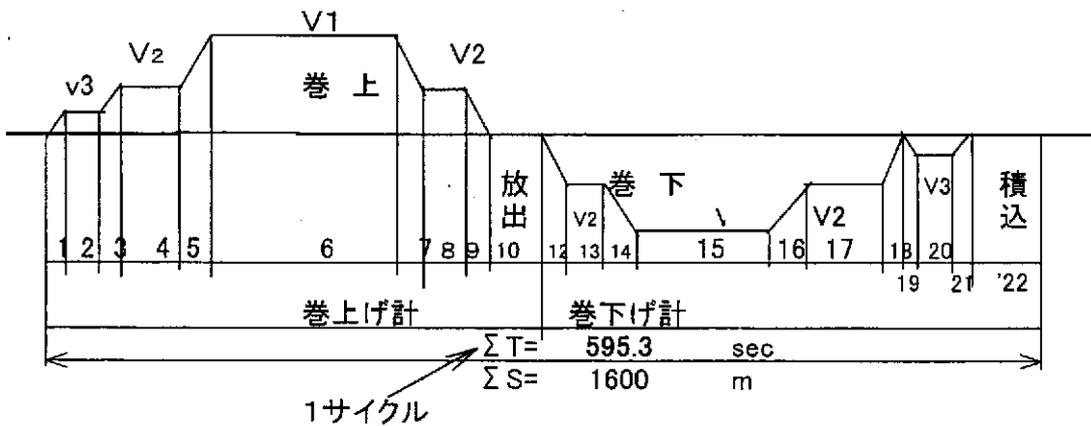
1サイクル計	Σ t	595.26	Σ S	1600
		9.9 min		



ショベル積込時間 T = 40 sec/1回
 // バケット容量 v = 0.4 m³
 効率 η = 0.65
 キブル容量 V = 6 m³
 1キブル積込み時間 t22 = 923.1 sec/1キブル
 [V ÷ (v × η) × T] 15.4 min

◎ 1サイクル(キブル付け替え無し)

巻上機の運転サイクル Σ t + 積込時間 = $\frac{595.26}{9.9} + \frac{923.08}{15.4} = \frac{1518.34}{25.3} \text{ min}$



項目	記号	時間(sec)	記号	距離(m)
巻上時	t1	1.1	S1	0.18
	t2	15.15	S2	5
	t3	3.33	S3	2.77
	t4	6.05	S4	8.05
	t5	3.9	S5	7.47
	t6	170.81	S6	854.06
	t7	3.9	S7	7.47
	t8	9.06	S8	12.05
	t9	4.43	S9	2.95
放出時間	t10	180	S10	0
巻上計		397.74		900

巻上げ距離 900 m

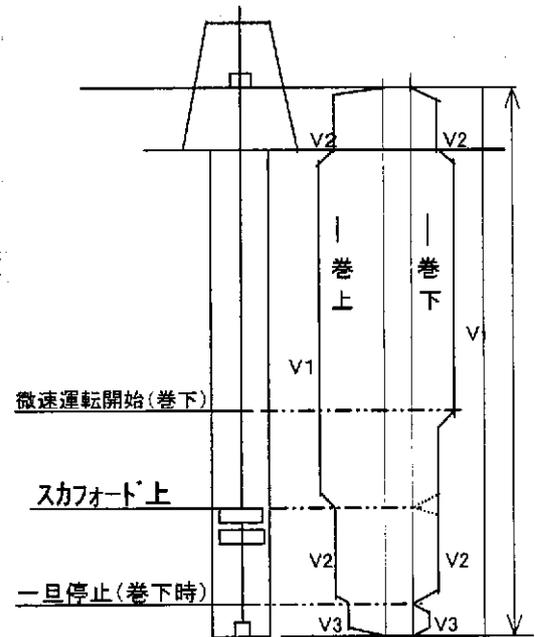
V1=300m/min 5 m/sec

v2=80 m/min 1.33 m/sec

v3=20 m/min 0.33 m/sec

加減速度 0.3 m/sec²

巻下時	t12	4.43	S12	2.95
	t13	9.06	S13	12.05
	t14	3.9	S14	7.47
	t15	163.91	S15	819.53
	t16	3.9	S16	7.47
	t17	31.95	S17	42.5
	t18	3.33	S18	2.77
	t19	1.1	S19	0.18
	t20	14.85	S20	4.9
	t21	1.1	S21	0.18
	積込み時間	t22	(下記)	S22
巻下計		237.53		900

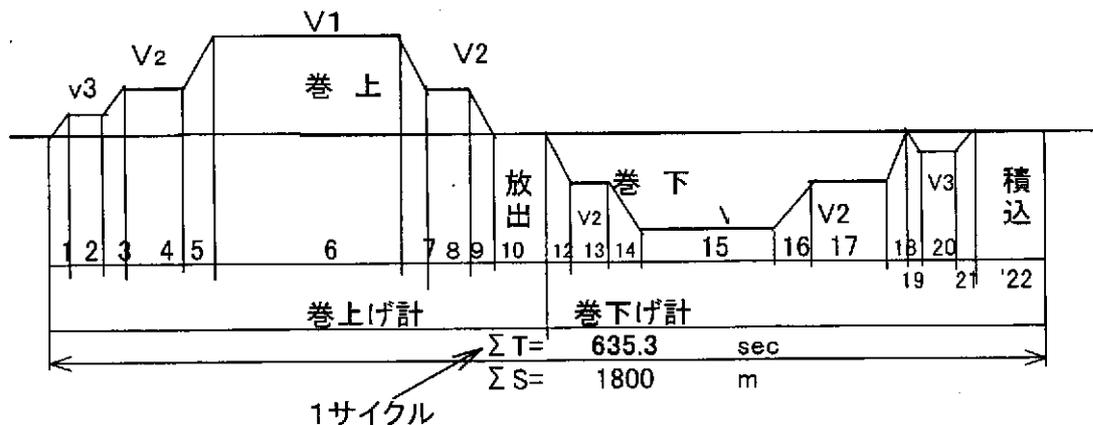


1サイクル計	Σ t	635.26	Σ S	1800
		10.6 min		

ショベル積込時間 T = 40 sec/1回
 バケット容量 v = 0.4 m³
 効率 η = 0.65
 キブル容量 V = 6 m³
 1キブル積込み時間 t22 = 923.1 sec/1キブル
 [V ÷ (v × η) × T] = 15.4 min

◎ 1サイクル(キブル付け替え無し)

巻上機の運転サイクル Σ t + 積込時間 = $\frac{635.26}{10.6} + \frac{923.08}{15.4} = \frac{1558.34}{26.0} \text{ sec}$
 = 26.0 min



項目	記号	時間(sec)	記号	距離(m)
巻上時	t1	1.1	S1	0.18
	t2	15.15	S2	5
	t3	3.33	S3	2.77
	t4	6.05	S4	8.05
	t5	3.9	S5	7.47
	t6	190.81	S6	954.06
	t7	3.9	S7	7.47
	t8	9.06	S8	12.05
	t9	4.43	S9	2.95
放出時間	t10	180	S10	0
巻上計		417.74		1000

巻上げ距離 1000 m

V1=300m/min 5 m/sec

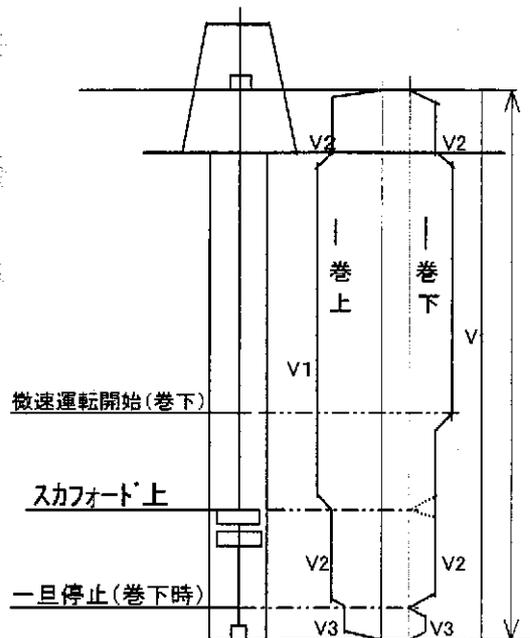
v2=80 m/min 1.33 m/sec

v3=20 m/min 0.33 m/sec

加減速度 0.3 m/sec²

巻下時	t12	4.43	S12	2.95
	t13	9.06	S13	12.05
	t14	3.9	S14	7.47
	t15	183.91	S15	919.53
	t16	3.9	S16	7.47
	t17	31.95	S17	42.5
	t18	3.33	S18	2.77
	t19	1.1	S19	0.18
	t20	14.85	S20	4.9
	t21	1.1	S21	0.18
	積込み時間	t22	(下記)	S22
巻下計		257.53		1000

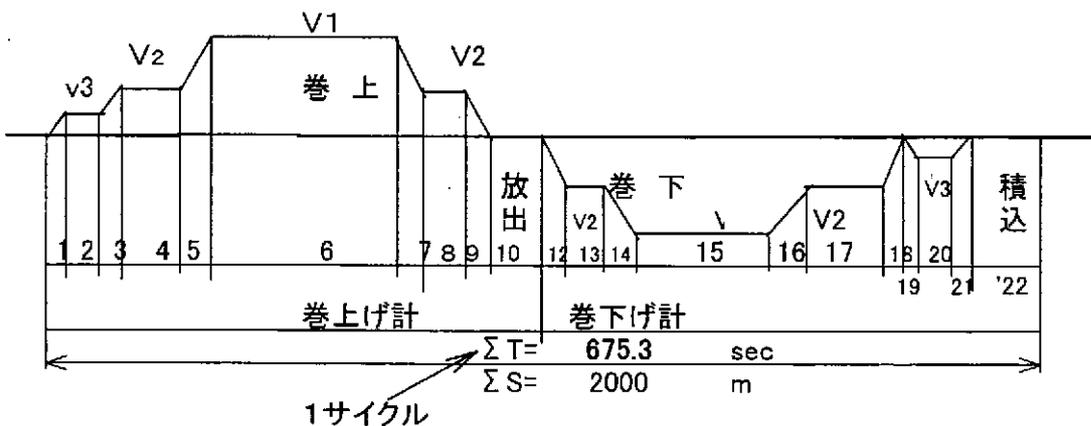
1サイクル計	Σ t	675.26	Σ S	2000
		11.3 min		



ショベル積込時間 T = 40 sec/1回
 // バケット容量 v = 0.4 m³
 効率 η = 0.65
 キブル容量 V = 6 m³
 1キブル積込み時間 t22 = 923.1 sec/1キブル
 [V ÷ (v × η) × T] 15.4 min

◎ 1サイクル(キブル付け替え無し)

巻上機の運転サイクル Σ t + 積込時間 = 675.26 + 923.08 = 1598.34 sec
 11.3 15.4 26.7 min

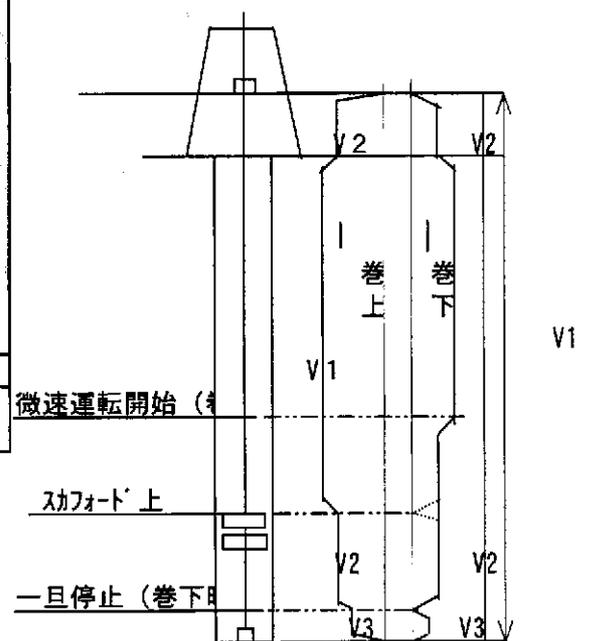


スケジュールタイム (主立坑キブル)

項目	記号	時間 (sec)	記号	距離 (m)
巻上時	t1	1.1	S1	0.18
	t2	15.15	S2	5
	t3	3.33	S3	2.77
	t4	6.05	S4	8.05
放出時間	t5	12.23	S5	38.72
	t6	185.91	S6	929.56
	t7	12.23	S7	38.72
	t8	9.06	S8	12.05
	t9	4.43	S9	2.95
放出時間	t10	180	S10	0
巻上計		429.49		1038

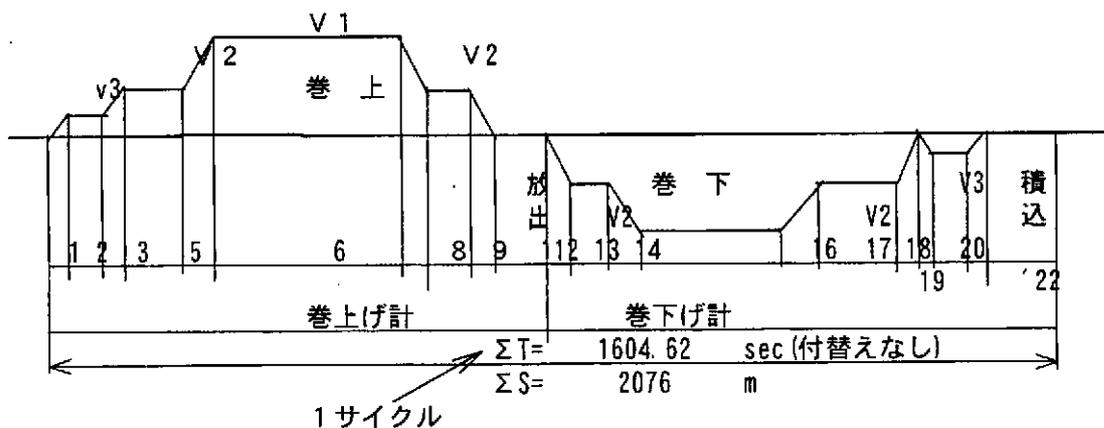
巻上げ距離 1038 m
 最大速度 V = 300m/min の時
 V1 = 300m/min 5
 v2 = 80 m/min 1.33
 v3 = 20 m/min 0.33
 加減速度 0.3

巻下時	t12	4.43	S12	2.95
	t13	9.07	S13	12.06
	t14	12.23	S14	38.72
	t15	185.25	S15	926.27
	t16	12.23	S16	38.72
	t17	8.46	S17	11.25
	t18	3.33	S18	2.77
	t19	1.1	S19	0.18
	t20	14.85	S20	4.9
	t21	1.1	S21	0.18
	積込み時間	t22	(下記)	S22
巻下計		252.05		1038
1サイクル計	Σ t	681.54	Σ S	2076



バックル積込時間 T 40 sec/1回
 " バケツ容量 0.4 m³
 効率 η 0.65
 キブル容量 V 6 m³

積込み時間 t22 = 923.077 sec/1キブル
 (V ÷ (v × η) × T)



(1) -9 主立坑のサイクルタイム

スcaffoldingを3段デッキとし替キブルを行う場合の動作とサイクルタイムを検討する。
(キブル巻上機のフックを本フック、スcaffolding内クレーンのフックを補助フックと称す。)

替えキブルに必要な時間

- ① 空キブルをスcaffoldingに預け待機させ、実キブルへ本フックを取付けるまで

◎ 空キブル預け

(台車前進+キブル着床+補助フック取付け・本フック外し+台車後退：待機)

$$S_a = 10 + 10 + 20 + 1 \quad 50 \quad \text{sec}$$

◎ 本フック切羽へ降下 S_k 10

◎ 本フックを実キブルへ取付け F_k 30

◎ 実キブルを切羽から地上へ巻上げ 巻上運転サイクルを含む

$$\text{計} \quad 90 \quad \text{sec}$$

従って、キブルの巻上げと巻下げに要する時間は、約1.5分増加する。

- ② スcaffolding内の待機空キブルを切羽へ降下するまで

(実キブル巻上げ中に行うが、ずり積込み時間が増加する)

◎ 3段目デッキ内で空キブルを水平移動 K_i 20 実キブル通過待ちを含む

◎ 補助フック巻下げ時間 F_{o1} 50 $h=8m$ 、 $(V=10m/min)$

◎ 切羽にて補助フック外し F_{o2} 20

◎ 補助フックの巻上とスcaffolding部への復帰 K_b キブル巻上中及びずり積込み中に実

$$\text{計} \quad 90 \quad \text{sec}$$

従って、ずり積込みに要する時間は約1.5分増加する。

主立坑の掘削ズリ揚げサイクルタイムを、表4.3.1-2~4に示す。

表4.3.1-2 主立坑掘削ズリ揚げサイクルタイム（1発破進行1.3mに要する時間）

① キブル1基の場合（1サイクルはズリ揚げ時間と積込み時間の合計）

掘削深度 (m)	ズリ出し1サイクル時間						運搬回数	搬出時間	準備	浮石 落し	壁面 清掃	穿孔・ 発破	合計	
	ズリ揚げ時間			ズリ積込み時間									分	時間
	キブル 上げ下 げ	—	—	積込み	—	小計								
100	5.3	—	—	15.4	—	20.7	15	310.5	5	15	15	173	518.5	8.6
200	5.9	—	—	15.4	—	21.3	15	319.5	5	15	15	173	527.5	8.8
300	6.6	—	—	15.4	—	22.0	17	374.0	5	15	15	254	663.0	11.1
400	7.3	—	—	15.4	—	22.7	17	385.9	5	15	15	254	674.9	11.2
500	7.9	—	—	15.4	—	23.3	17	396.1	5	15	15	254	685.1	11.4
600	8.6	—	—	15.4	—	24.0	17	408.0	5	15	15	254	697.0	11.6
700	9.3	—	—	15.4	—	24.7	17	419.9	5	15	15	254	708.9	11.8
800	9.9	—	—	15.4	—	25.3	17	430.1	5	15	15	254	719.1	12.0
900	10.6	—	—	15.4	—	26.0	17	442.0	5	15	15	254	731.0	12.2
1000	11.3	—	—	15.4	—	26.7	17	453.9	5	15	15	254	742.9	12.4

② キブル2基の場合（1サイクルはズリ揚げ時間または積込み時間の大きい値を採用）

掘削深度 (m)	ズリ出し1サイクル時間						運搬回数	搬出時間	準備	浮石 落し	壁面 清掃	穿孔・ 発破	合計	
	ズリ揚げ時間			ズリ積込み時間									分	時間
	キブル 上げ下 げ	空キブル 仮置*	小計	積込み	空キブル 切羽 へ**	小計								
100	5.3	1.5	6.8	15.4	1.5	16.9	15	253.5	5	15	15	173	461.5	7.7
200	5.9	1.5	7.4	15.4	1.5	16.9	15	253.5	5	15	15	173	461.5	7.7
300	6.6	1.5	8.1	15.4	1.5	16.9	17	287.3	5	15	15	254	576.3	9.6
400	7.3	1.5	8.8	15.4	1.5	16.9	17	287.3	5	15	15	254	576.3	9.6
500	7.9	1.5	9.4	15.4	1.5	16.9	17	287.3	5	15	15	254	576.3	9.6
600	8.6	1.5	10.1	15.4	1.5	16.9	17	287.3	5	15	15	254	576.3	9.6
700	9.3	1.5	10.8	15.4	1.5	16.9	17	287.3	5	15	15	254	576.3	9.6
800	9.9	1.5	11.4	15.4	1.5	16.9	17	287.3	5	15	15	254	576.3	9.6
900	10.6	1.5	12.1	15.4	1.5	16.9	17	287.3	5	15	15	254	576.3	9.6
1000	11.3	1.5	12.8	15.4	1.5	16.9	17	287.3	5	15	15	254	576.3	9.6

*空キブルのスcaffoldへの仮置

4.8 時間

4.2 9.6 時間

**仮置してある空キブルの切羽への吊降ろし

表4.3.1-3 主立坑掘削サイクルタイム200m部

2キブル、深度200m、巻上下速度V=300m/min

堆積岩

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面	A1	m ²	41.9	$\Pi \cdot 7.3^2/4$ (仕上り径6.5m)
掘削断面	A2	"	45.8	$\Pi \cdot 7.64^2/4$ (余堀17cm)
1発破進行長	B	m ²	1.3	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.5	D I 級
穿孔長	D	m ²	1.5	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.5	D I 級
1台当り穿孔数	G	孔/台	32	A1/E*C
削岩準備		分	30	ジャンボ準備
穿孔		"	32	D*G/F
削岩機移動		"	32	G*1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬
装薬		"	19	A1*C/5人*1.5分
発破退避		"	20	
発破・換気		"	20	換気15分
その他		"	10	ジャンボ格納等
小計		"	173	2.9 時間
ズリキブル容量	V0	m ³	6	
総ズリ量	ΣQ	"	89.3	47.0*1.3*1.65 (変化率) 軟岩 II
巻上回数	n	回	15	$\Sigma Q/V0$
ズリ出し準備		分	5	
ズリ搬出時間	Tq	"	231	15.4 × 15
		"	22.5	1.5 × 15 分/回
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
小計	ΣQ	"	289	4.8 時間
計		"	461	7.7 時間

表4.3.1-4 主立坑掘削サイクルタイム1000m部

2キブル、深度1000m、巻上下速度V=300m/min

花崗岩 健岩

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面	A1	m ²	41.9	$\Pi \cdot 7.3^2/4$ (仕上り径6.5m)
掘削断面	A2	"	47.1	$\Pi \cdot 7.74^2/4$ (余堀22cm)
1発破進行長	B	m ²	1.3	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	2.5	B級
穿孔長	D	m ²	1.5	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1	
1台当り穿孔数	G	孔/台	53	A1/E*C
削岩準備		分	30	ジャンボ準備
穿孔		"	80	D*G/F
削岩機移動		"	53	G*1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬
装薬		"	31	A1*C/5人*1.5分
発破退避		"	20	
発破・換気		"	20	換気15分
その他		"	10	ジャンボ格納等
小計		"	254	4.2 時間
ズリキブル容量	V0	m ³	6	
総ズリ量	ΣQ	"	101.0	47.1*1.3*1.65(変化率)硬岩II
巻上回数	n	回	17	$\Sigma Q/V0$
ズリ出し準備		分	5	
ズリ搬出時間	Tq	"	261.8	15.4 × 17
		"	25.5	1.5 × 17 分/回
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
小計		"	322	5.4 時間
計	ΣQ	"	576	9.6 時間

(2) 換気立坑掘削(櫓)設備

(2) -1 換気立坑条件

- ① 立坑深度 $h = 1,010\text{m}$
- ② 立坑掘削径 $\phi = 5,300\text{mm}$
- ③ 立坑径仕上径(一次覆工径) $\phi = 4,500\text{mm}$
- ④ 主立坑・換気立坑間距離 40m

(2) -2 換気立坑掘削(櫓)設備の設計条件

・投入重量制限

最大 シャフトジャンボ 10.0 t (2ブーム、 $\Phi 1800$)

・開口部の大きさ

2000×2000 (min1740)

・キブル巻上げ機

ズリキブル 2.0m³

コンクリートキブル 1.5m³

・スカフォード巻き上げ機

シャフトマッカ 0.2m³

シャフトジャンボ 2ブーム D-150

・エレベータ巻上げ機

5人乗り(車椅子考慮せず)

乗降設備 坑口乗降設備、スカフォード上、各水平坑道部

・櫓設備

H=17m

表 4.3.1-5 換気立坑掘削設備一覧表

設備名	数量	備考
キブル巻上機設備 ① キブル巻上機 ② キブル関係 ・ズリキブル ・コンクリートキブル ・ラダー、吊金物 ③ ワイヤロープ ④ シープ	1台 2台 1台 1式 1本 1本 2台	600kW 2.0m ³ 1.5m ³ φ36 1400m (1010m深度時) φ36 840m (500m深度時) φ1.5m
スカフォード巻上機設備 ① スカフォード巻上機 ② スカフォード ③ シャフトマッカ ④ シャフトジャンボ ⑤ ワイヤロープ ⑥ シープ	2台 1式 1台 1台 1本 1本 2台	37kW/台 φ4.1m 0.2m ³ 2ブーム D-150 φ31.5 4500m (1010m深度時) φ31.5 2400m (500m深度時) φ1.2m
エレベータ巻上機設備 ① エレベータ巻上機 ② 人キブル ③ ワイヤロープ ④ シープ ⑤ 乗降設備	1台 1台 1本 1本 2台 1式	150kW 5人乗り(車椅子乗降不可) φ28 1300m (1010m深度時) φ28 840m (500m深度時) φ1.15m 坑口、スカフォード上、各水平 ステージ
檣設備 ① 檣本体 ② キブル転倒装置 ③ 坑口ドア、座張り ④ ジャンボ吊装置 ⑤ 移動台車	1式 1式 1式 1台 1台	H=17m (ヘッドシープ中心まで) <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> 各姿図参照 </div>

(2) -3 設備の基本仕様

① キブル巻上機

電動機出力	600 kW
制御方式	ベクトルインバータ制御
最大ロープ張力	157 kN
最大巻上速度	300m/min
巻上距離	1015m (max)
ドラム径×幅	φ1750×1500mm
ロープ径	φ36 mm 4×F (41) 特殊

② スカフォード巻上機 (2台駆動)

電動機出力	37kW×2台
最大ロープ張力	330kN/4条×2本
最大巻上速度	10m/min (ワイヤロープ) 5m/min (作業床)
最大巻上距離	1000m (ロープ=2000m)
ドラム径×幅	φ2300×1650mm
ロープ径	φ31.5 6*P・WS (31)

③ エベータ巻上機

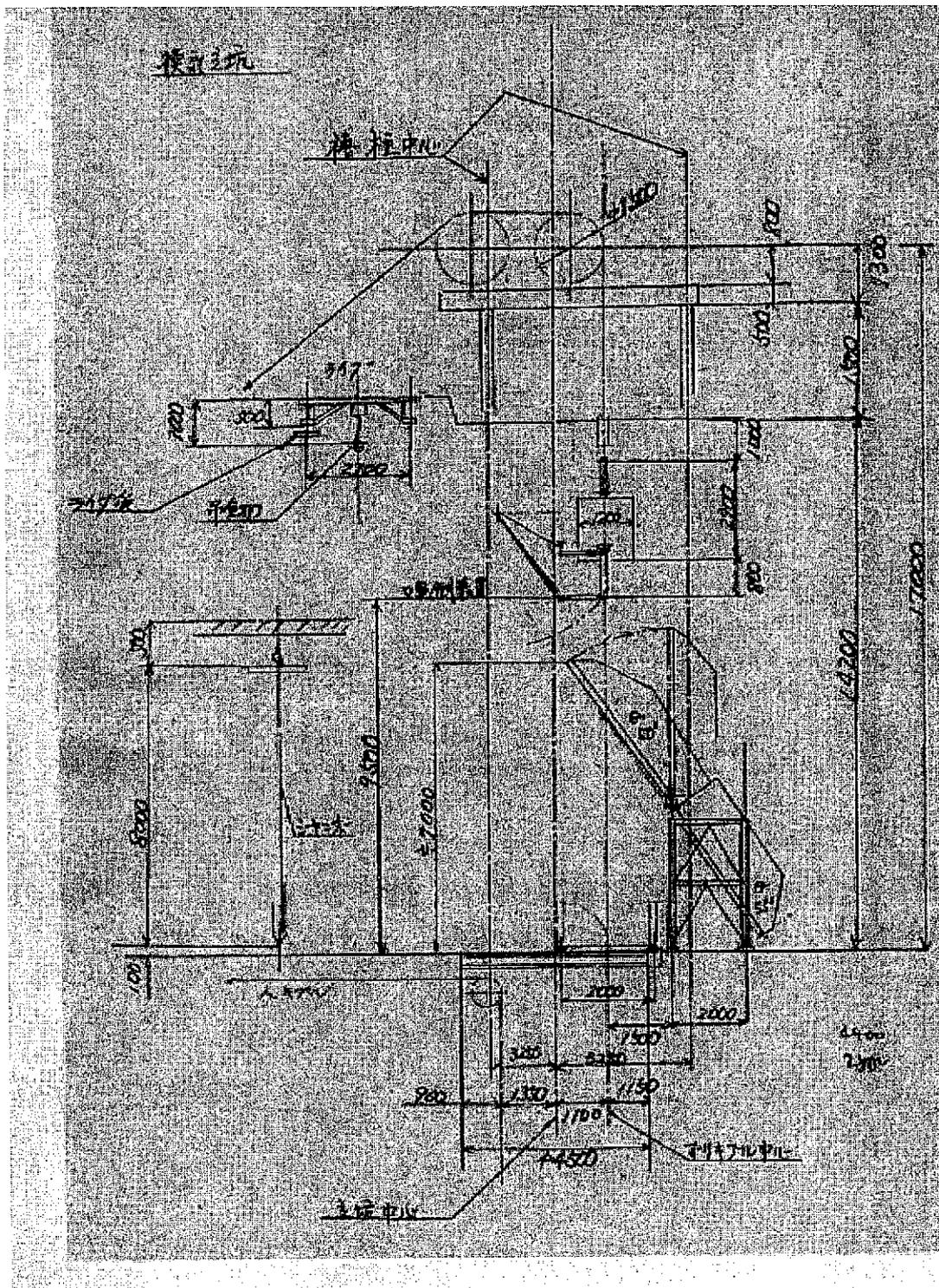
電動機出力	150 kW
制御方式	ベクトルインバータ制御
最大ロープ張力	45.8 kN
最大巻上速度	150m/min
ドラム径×幅	φ1250×1200mm
ロープ径	φ28mm 4×WS (36) 電纜入りロープ

④ 巻上檣

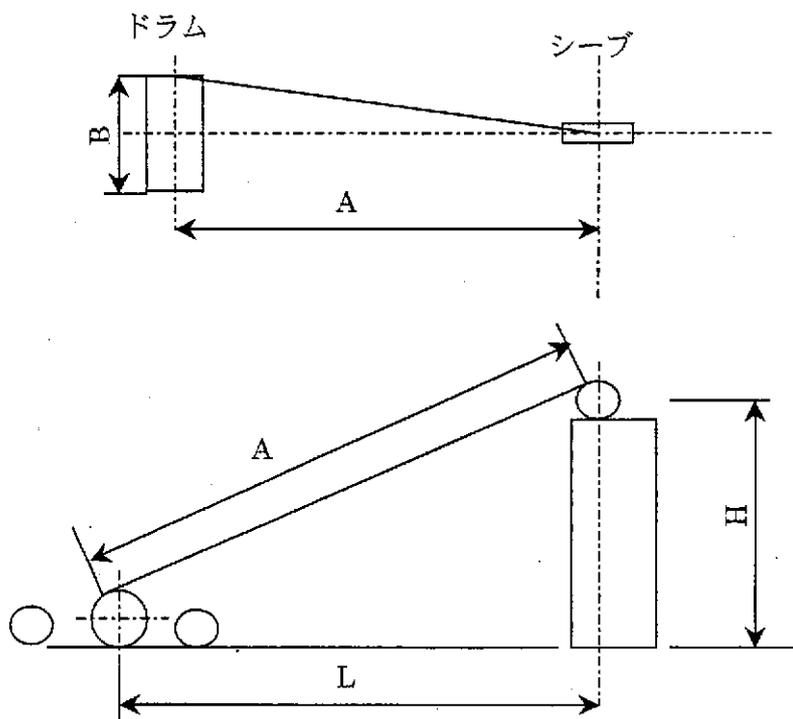
型式	H形檣
高さ	H=17m (ヘッドシーブ中心まで)
支柱間隔 (柱脚部)	6.5m×6.5m

・換気立坑櫓高さの決定

- ① 立坑センターから人用エレベータ巻上機までを 23m、人用エレベータ巻上機からキブル巻上機までを 5.0m、キブル巻上機からスカフード巻上機までを 4.0m とした。(設備全体図参照)
- ② シュートの角度を 55° とし、シュートとキブルが転倒した場合の間隔を 50cm とすると、転倒装置までの高さは 9.5m。キブル及び転倒装置、ライダ受けまでの高さ 4.7m を加えると、14.2m となる。
過巻き代を 1.5m とし、ヘッドシープ中心までが 1.3m、合計 17.0m となる。



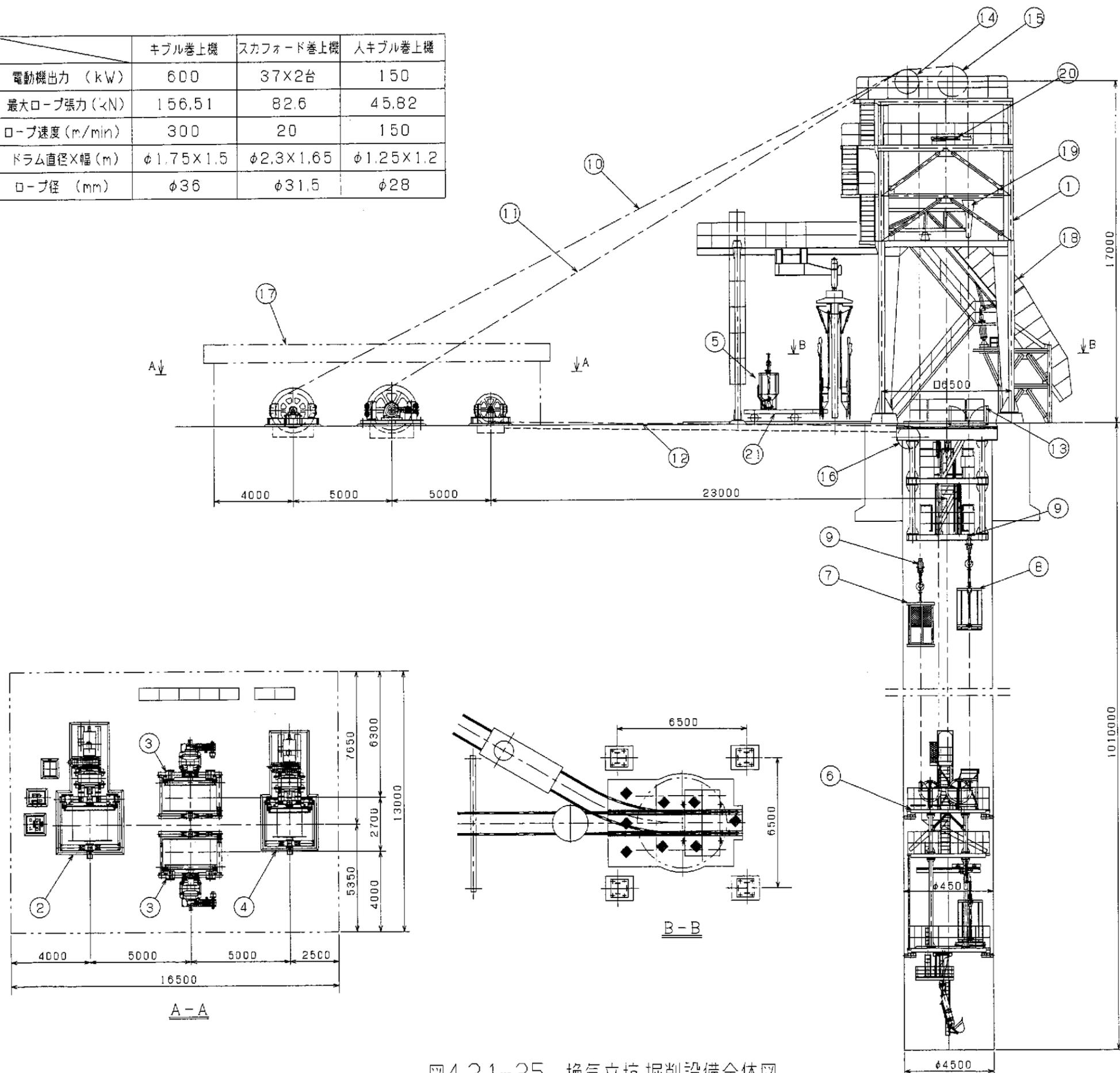
③ フリートアングルが理想範囲 1.5° 以下になるように高さを決定



記号	換気立坑	
	キブル巻上機	スcaffold 巻上機
A	37m	30.8m
H	17m	17m
L	34.1m	26.6m
B	1.5m	1.65m
α	1.2°	1.5°

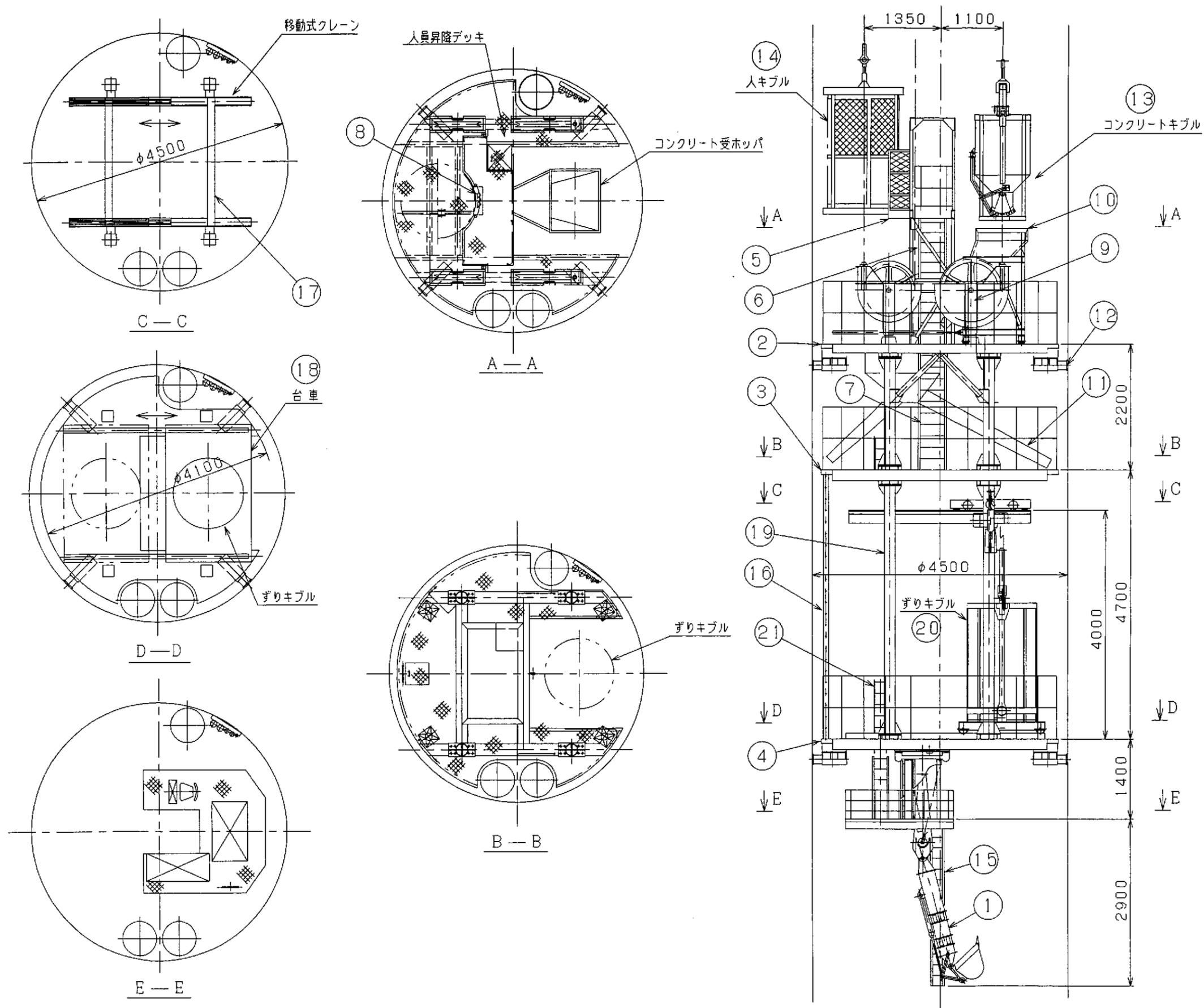
①、②、③の検討の結果、②の各機器を配置し高さ及び③のフリートアングルから檣の高さを $H=17m$ とした。

	ケーブル巻上機	スカーフォード巻上機	人ケーブル巻上機
電動機出力 (kW)	600	37×2台	150
最大ロープ張力 (<N)	156,51	82.6	45,82
ロープ速度 (m/min)	300	20	150
ドラム直径×幅 (m)	φ1.75×1.5	φ2.3×1.65	φ1.25×1.2
ロープ径 (mm)	φ36	φ31.5	φ28



21	台車	1台		
20	ライダー受け	1式		
19	転倒装置	1式		
18	ショート	1式		
17	巻室建家	1式		
16	人ケーブル用 シーブ	1組	φ1150mm	
15	ケーブル用 ヘッドシーブ	1組	φ1500mm	
14	スカーフォード用 ヘッドシーブ	2組	φ1200mm	
13	坑口ドア 及び破砕	1式		
12	人ケーブル用ロープ	1本		
11	スカーフォード用 ロープ	2本		
10	ケーブル用ロープ	1本		
9	ライダー 及び吊金物	2台		
8	ズリケーブル	1台	2.0m	
7	人ケーブル	1台	5人乗り	
6	スカーフォード	1台		
5	コンクリート ケーブル	1台	1.5m	
4	人ケーブル巻上機	1台		
3	スカーフォード 巻上機	2台		
2	ケーブル巻上機	1台		
1	巻	1式		

図4.31-25 換気立坑掘削設備全体図



21	梯子 (4)	1		
20	ざりキブル	1		
19	支柱	1		
18	台車	1		
17	移動式クレーン	1		
16	梯子 (3)	1		
15	電動梯子	1		
14	人専用エレベータ	1		
13	2.5ms コンクリートキブル	1		
12	反力アウトリガー用 ジャッキユニット	8		
11	伸縮旋回シュート	1		
10	ホッパー台車	1		
9	吊金物	1		
8	スライド床	1		
7	梯子 (2)	1		
6	梯子 (1)	2		
5	人員昇降 プラットフォーム	1		
4	下段デッキ	1		
3	中段デッキ	1		
2	上段デッキ	1		
1	吊下式掘削機	1		
番号	品名	1台分数量	部品番号 (図番)	備考

図4.3.1-26 換気立坑スcaffold組立図

換気立坑 scaffold組立図

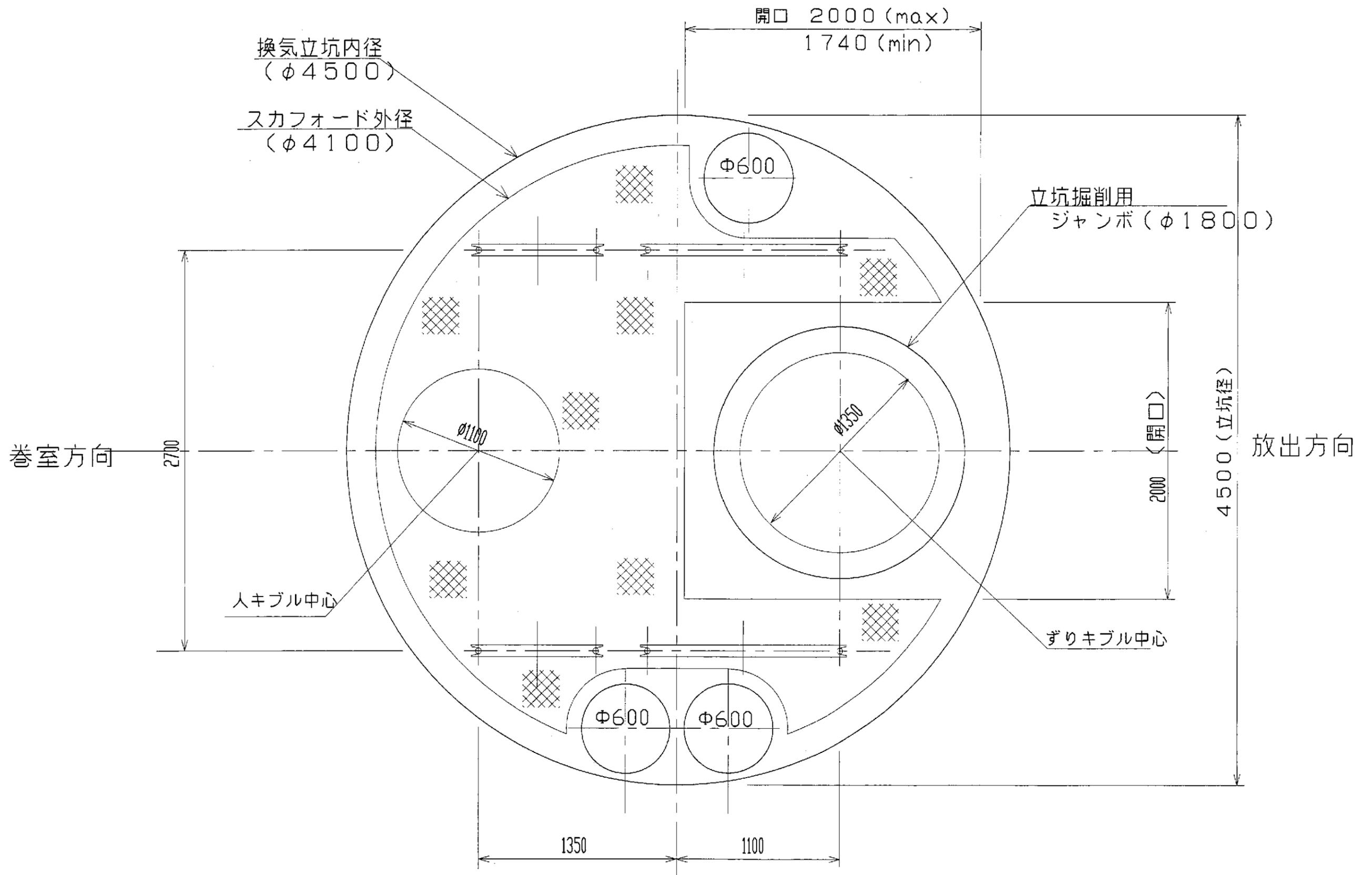


図4.3.1-27 換気立坑区画図 1/25

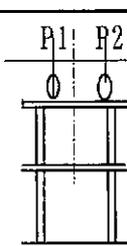
(2) -4 換気立坑ロープ安全率

① キブル巻上機

項目	ずり キブル	コンクリー キブル	ジャンボ 2ブーム	備考		
				ずり	コンクリート	容量 (m ³) 比重量 (kg/m ³)
キブル質量	1200	1300	—			
積載荷重	3600	3600	10000	2	1.5	
吊り金物	200	200	500	1600	2400	
ライダ	150	150	150			
ワイヤロープ	5371	5371	5371	5.23kgf/m×1027m		
合計 (ΣW) kg	10521	10621	16021	自重	長さ	9.8
kN	103.1	104.1	157.0	5.23	1027	

ロープ安全率				使用ロープ モノロープSP		
ロープ BS (kN)	943	943	943	φ36 4×F(41) 特種		
ロープ安全率	9.1	9.10	6.00	≥6 OK BS/ΣW		

② スカフォード巻上機

項目	通常の状態		シャフトジャンボ 吊下げ時		備考
	P1側	P2側	P1側	P2側	
作業床質量	9000		9000		
吊り金物	2500		2500		
積載荷重	1000		1000		
ホッパ・シュート	1000		1000		
シャフトマッカ	6000		6000		
キブル吊換え装置	1000		1000		
上記計	20500		20500		
Pw1側	Pw2側	11890	8610	11890	8610

シャフトジャンボ	—		9500		2ブーム P1側=0.35 P2側=0.65
Ps1側	Ps2側	—	—	3325	6175
ワイヤロープ Pr	37323		37323		φ31.5 (1027-15)m×8条×4.61kg/m
Pr1側	Pr2側	18662	18662	18662	18662
合計 ΣW (kg)	30552	27272	33877	33447	
kN	299.41	267.27	331.99	327.78	

ロープ安全率	通常の状態		シャフトジャンボ 吊下げ時		使用ロープ 6*P・WS(31) φ31.5
ロープBS kN	3324	3324	3324	3324	ロープBS 831/1本×4条×2本
安全率 BS/ΣW	11.1	12.44	10.01	10.14	≥10 OK

③人専用エレベータ巻上機

項 目	荷 重	備 考		
搬器質量	800			
吊り金物	150		人数	人重さ
ライダー	150		5	65
積載荷重	325	5人×65kgf/人	自重	長さ
ロープ自重	3238	(1027-15)m×3.2kgf/m	3.2	1012
計 ΣW (kg)	4663			
kN	45.7			

ロープ安全率			
使用 ロープ 径	モノロープR $\phi 28\text{mm}$	4×WS (36)	電纜入りロープ
破断荷重 (BS)	491	B種	
ロープ安全率	10.74	≥ 10 OK	BS / ΣW

(2) -5 換気立坑電動機出力

① キブル巻上機

・各部のロープ張力 P1

状 態	キブル質量	積載荷重	吊金具・ライタ	ロープ重量	合 計 (P1)		
キブル (巻上) ずり	上部	1,200	3,600	350	262	5,412	53.03
	中間	1,200	3,600	350	2,746	7,896	77.38
	下部	1,200	3,600	350	5,371	10,521	103.11
キブル (巻下) コンクリート	上部	1,300	3,600	350	262	5,512	54.01
	中間	1,300	3,600	350	2,746	7,996	78.36
	下部	1,300	3,600	350	5,371	10,621	104.09
ジャンボ 搬入	上部	0	10,000	650	262	10,912	106.93
	中間	0	10,000	650	2,746	13,396	131.28
	下部	0	10,000	650	5,371	16,021	157.01

※ ロープ自重は上部=50m分、中間部=525m分、下部=1027m分で積算する

Φ36 ロープ単位質量 (kg/m) = 5.23

・出力

電動機の出力は下記式で算出する

$$L \text{ kW} = P \times V / 60 \cdot \eta$$

P=kN

0.85 機械効率 η (巻上)

V=m/min

1.00 機械効率 η (巻下)

ずりキブル巻上げ時

キブルの 位 置	ロープ張力 P kN	巻上速度 V (m/min)	出 力 (kW)	速度係数 ω (平均径と)	
				ω	ラム径 (mm)
上 部	53.03	321.0	333.8	1.07	2,074
中 間	77.38	300.0	455.2	1.00	1,945
下 部	103.11	279.0	564.1	0.93	1,815

コンクリートキブル巻下げ時

キブルの 位 置	ロープ張力 P kN	巻上速度 V (m/min)	出 力 (kW)	速度係数 ω (平均径と)	
				ω	ラム径 (mm)
上 部	54.01	321.0	340.0	1.07	2,074
中 間	78.36	300.0	461.0	1.00	1,945
下 部	104.09	279.0	569.5	0.93	1,815

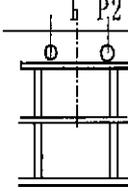
ジャンボ搬入時 (巻上で計算)

ジャンボの 位 置	ロープ張力 P (tf)	巻上速度 V (m/min)	出 力 (kW)	速度係数 ω (平均径と)	
				ω	ドラム径
上 部	106.93	214.0	448.7	1.07	2,074
中 間	131.28	200.0	514.9	1.00	1,945
下 部	157.01	186.0	572.7	0.93	1,815

電動機出力は600kWとして計画する。 但し、ジャンボ巻上げ速度は $V \leq 200$ m/minとする。

② スカフォード巻上機

・ロープ張力

項 目	通常の状態		シャフトジャンボ吊下げ時		備 考
	P1側	P2側	P1側	P2側	
作業床質量	9000		9000		 本体分 P1側=0.58 P2側=0.42
吊り金物	2500		2500		
積載荷重	1000		1000		
ホッパ・シュート	1000		1000		
シャフトマッカ	6000		6000		
キブル吊換え装置	1000		1000		
上記 計	20500		20500		
Pw1側	11890	8610	11890	8610	

シャフトジャンボ Ps	—		9500		2ブーム P1側=0.35 P2側=0.65
Ps1側	—	—	3325	6175	
Ps2側	—	—	3325	6175	
ワイヤロープ Pr	37323		37323		φ31.5 (1027-15)m×8条×4.61kg/m
Pr1側	18662	18662	18662	18662	
Pr2側	18662	18662	18662	18662	
合計 ΣW (kg)	30552	27272	33877	33447	
kN	299.40	267.26	331.99	327.78	

ロープ安全率	通常の状態		シャフトジャンボ吊下げ時		使用ロープ 6*P・WS(31) φ31.5
ロープBS kN	3324	3324	3324	3324	ロープBS 831/1本×4条×2本
安全率 BS/ΣW	11.1	12.44	10.01	10.14	≥10 OK

・出力 (シャフトジャンボ吊下げ時)

位 置	ロープ張力 P (kN)	ロープ速度 V (min)	出 力 (kW)	速度係数ω (平均径との比率)		備 考
				ω	ドラム径 (mm)	
上 部	39.54	22	20.8	1.1	2810	本体速度5m/min ロープ張力P= ΣP/4
中 間	61.00	20	28.9	1	2555	
下 部	83.00	18	35.4	0.9	2300	

$$L \text{ kW} = P \times V / 60 \cdot \eta$$

$$\text{機械効率 } \eta = 0.7$$

以上より37kW×2台とする

③ 人専用巻上機

・ロープ張力

キブル質量 1,100 (吊り金物、ライダを含む)
積載荷重 325 (5人×65kg/人)

ワイヤロープ	長さL (m)	ロープ重量		単位質量 (kg/m)
		上部	下部	
合計	4,665 kgf 45.72 kN	3,240 (最大時)		
		160	50	3.2
		1,650	514	3.2
		3,240	1,012	3.2

・出力

位 置	ロープ張力 (kN)	巻上速度 m/min	出 力 (kW)	速度係数ω (平均径との比率)	
				ω	ドラム径 (mm)
上 部	15.53	156.0	47.6	1.04	1,452
中 間	30.14	150.0	88.7	1.00	1,351
下 部	45.72	144.0	120.1	0.96	1,250

$$L \text{ kW} = P \times V / 60 \cdot \eta$$

$$\text{機械効率 } \eta = 0.85$$

以上より150kWとする

(2) -6 換気立坑掘削時における替キブルの方法

換気立坑は 2.0m³ズリキブルを使用する。

換気立坑は掘削径が 5.3m であり、キブルを切羽で交換するにはスペース的に安全上無理がある。

前述の主立坑替キブルで述べたと同様にスカフォードデッキを 3 段とし、3 段目デッキの中に空キブルを仮置き、キブルを交換する方法とする。

(2) -7 換気立坑巻上機設備及び基礎

基礎設計条件

①地盤条件

N=30 の砂地盤と考える。

②荷重条件

- ・ 単位体積重量

コンクリート $\gamma_c = 23.5 \text{ kN/m}^3$

土 $\gamma_s = 19.0 \text{ kN/m}^3$

- ・ 地震時水平震度

$K_h = 0.20$

- ・ ローディングデータ

次頁に示す。

③準拠基準

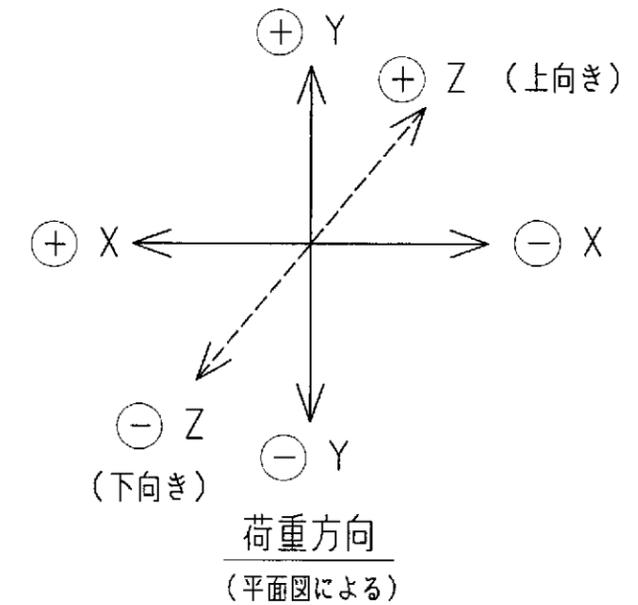
『建築基礎構造設計指針』日本建築学会

単位 (kN)

荷重状態	作用点	N1			N2			
		方向	X	Y	Z	X	Y	Z
長期	短期	長期	+133.7	+5.4	-1138.8	+133.7	-5.4	-1138.8
		短期	+154.2	+25.9	-1260.3	+154.2	-25.9	-1260.3
荷重状態	作用点	N3			N4			
		方向	X	Y	Z	X	Y	Z
長期	短期	長期	+133.7	+5.4	+361.8	+133.7	-5.4	+361.8
		短期	+154.2	+25.9	+482.7	+154.2	-25.9	+482.7

注記

1. 長期=固定荷重+ロープ荷重+風荷重 (v=16m/s)
2. 短期=固定荷重+ロープ荷重+地震荷重
(地震荷重の場合、固定荷重及びロープ荷重には荷重係数を含まない)
3. 上記表の値は作業時の基礎荷重を示す。櫓組立時(ローピング前)では櫓質量がN1点・N2点・N3点・N4点に約15.0t垂直方向下向きに作用する。



機名		1000m換気立坑設備		
		櫓基礎荷重図		
承認	設計	尺度	日付	第3角法
		1/200		
審査		機種	箱番	部組
区画番号				
流用図面(保管)番号				

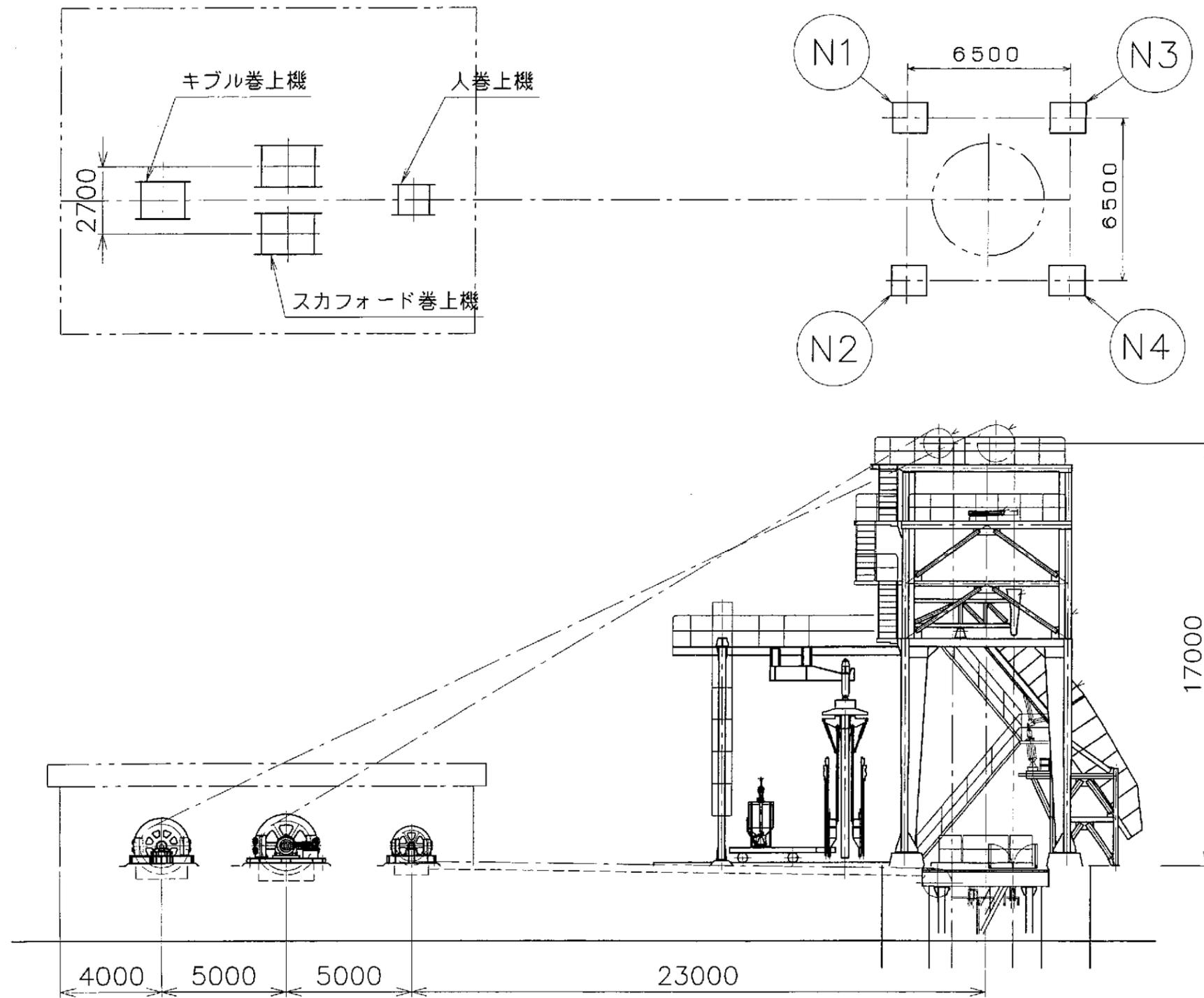
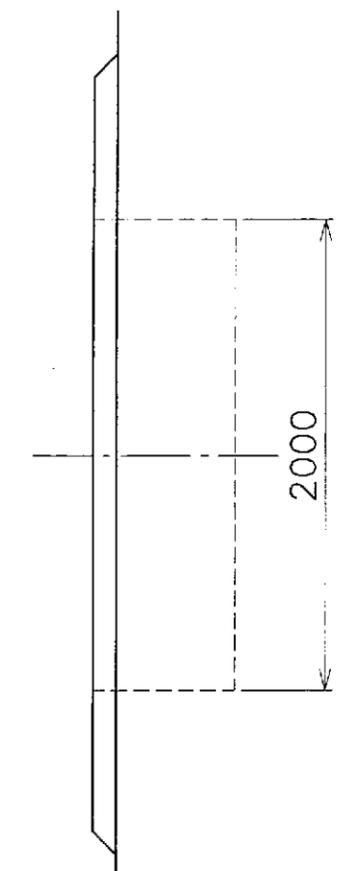
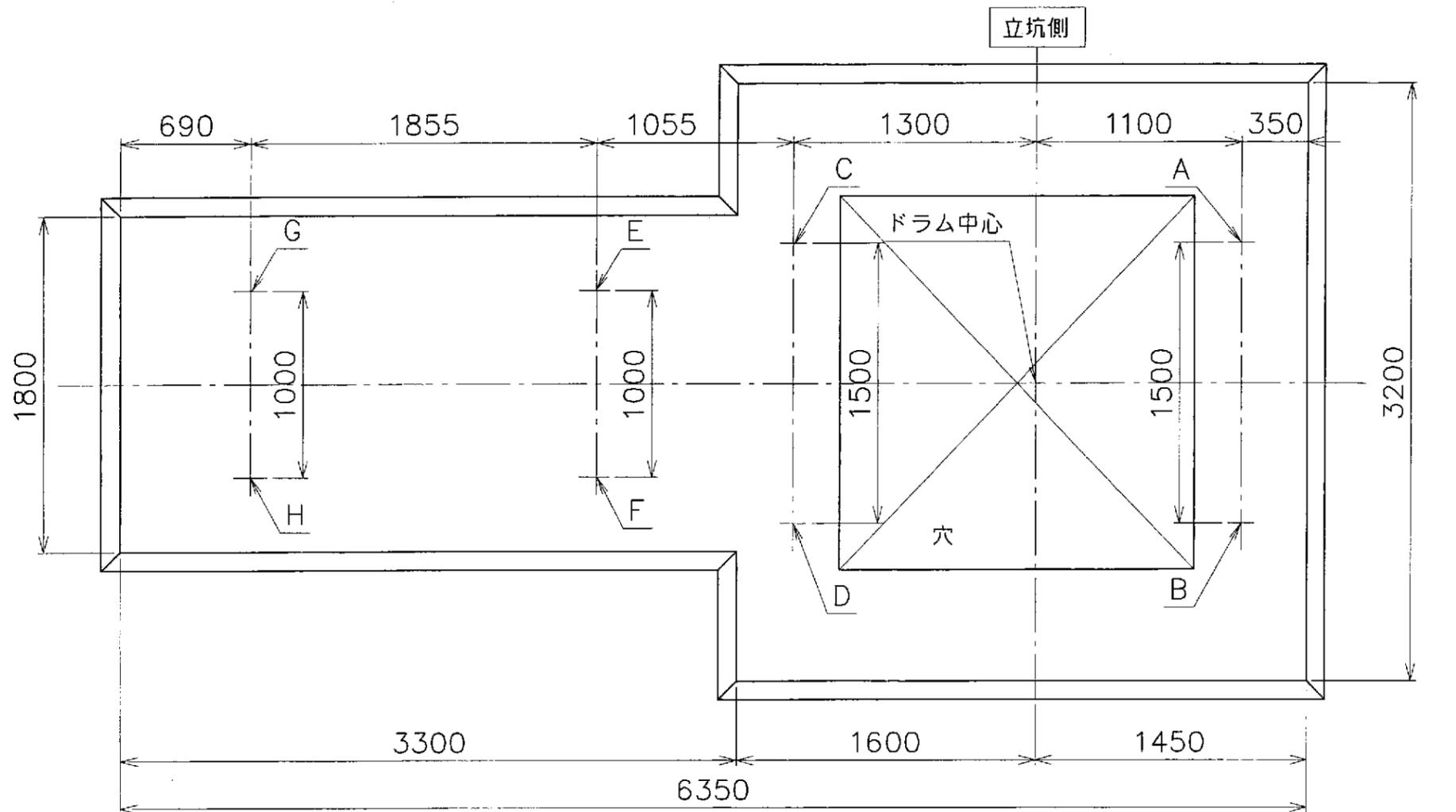
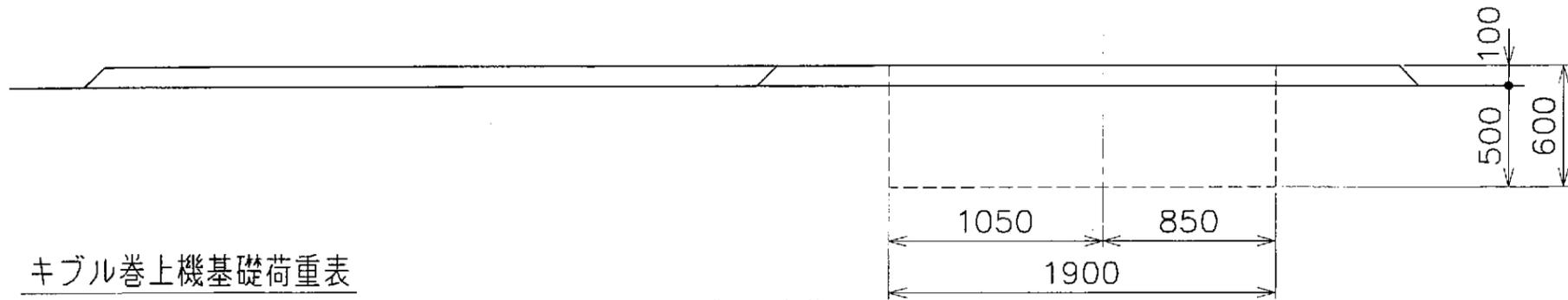


図4.3.1-28 換気立坑櫓基礎荷重図





- 注記
1. 長期荷重はロープ張力に荷重係数 $\phi=2$ を乗じて算出しています。
 2. 静止時は巻上機据付時の質量が作用します。(ロープ質量含む)



キブル巻上機基礎荷重表

単位 (kN)

荷重状態	作用点	A			C			E			G		
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
長期	長期	±11.8	+118.0	-114.1	±10.69	+106.4	-261.3	-	-	+270.2 -339.6	-	-	-22.9
	短期	上記の2~3倍を考慮下さい											
静止時	静止時	-	-	-44.35	-	-	-46.8	-	-	-34.7	-	-	-22.9
	作用点	B			D			F			H		
長期	長期	±11.8	+118.0	+169.2	±10.69	+106.4	+298.5	-	-	+270.2 -339.6	-	-	-22.9
	短期	上記の2~3倍を考慮下さい											
静止時	静止時	-	-	-44.35	-	-	-46.8	-	-	-34.7	-	-	-22.9

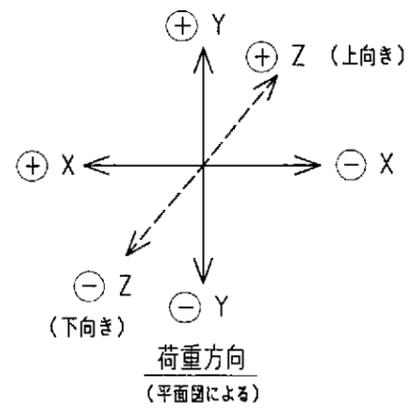
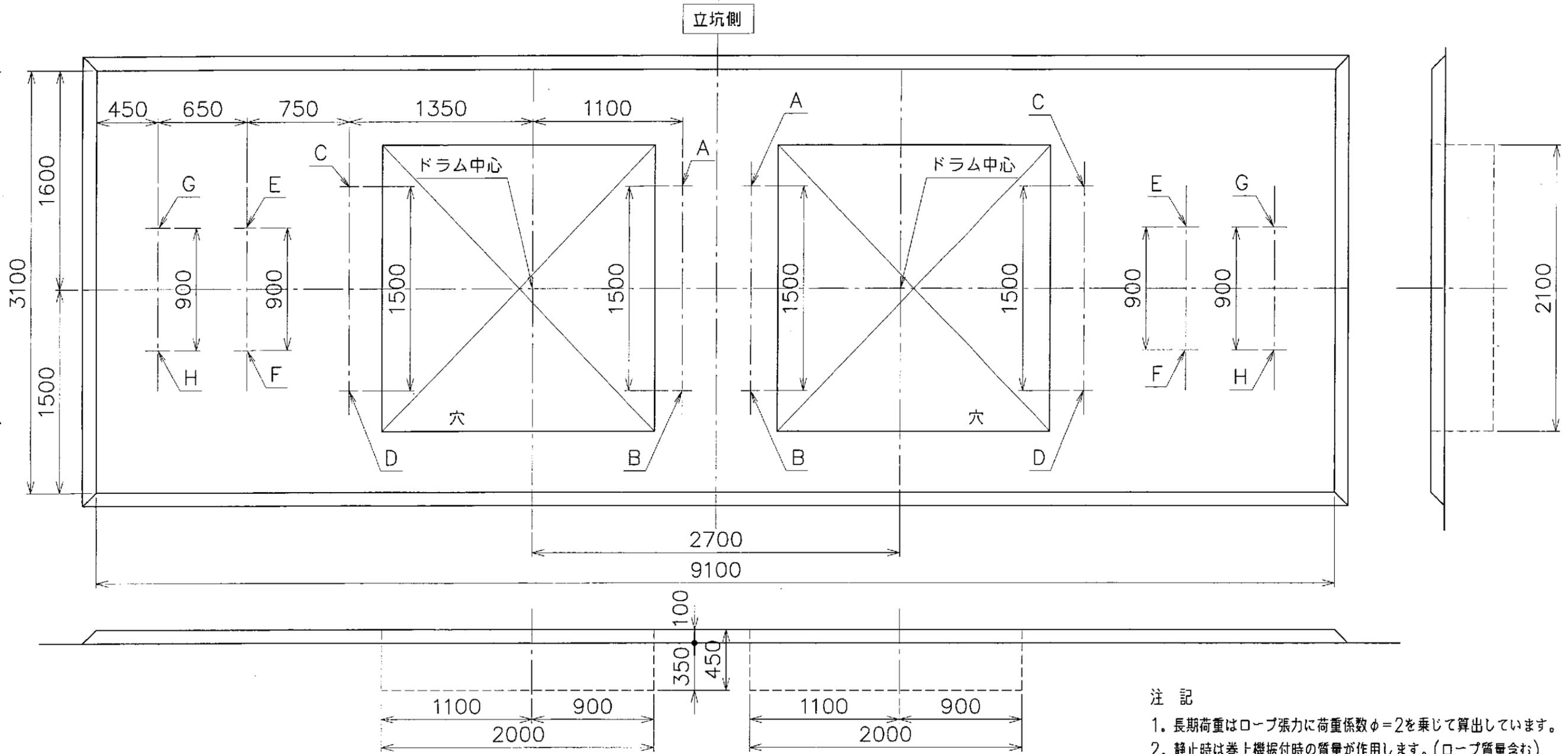


図4.3.1-29 キブル巻上機基礎荷重図

機名					1000m換気立坑				
キブル巻上機基礎荷重図									
承認	設計	尺度	日付	第3角法					
審査		機種	箱番	部組					
図面番号									
流用図面(保管)番号									



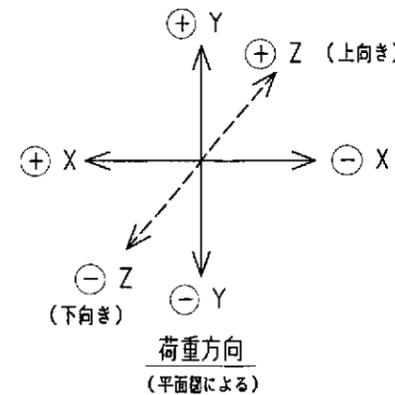
注 記

1. 長期荷重はロープ張力に荷重係数 $\phi=2$ を乗じて算出しています。
2. 静止時は巻上機据付時の質量が作用します。(ロープ質量含む)

スcaffold 巻上機基礎荷重表

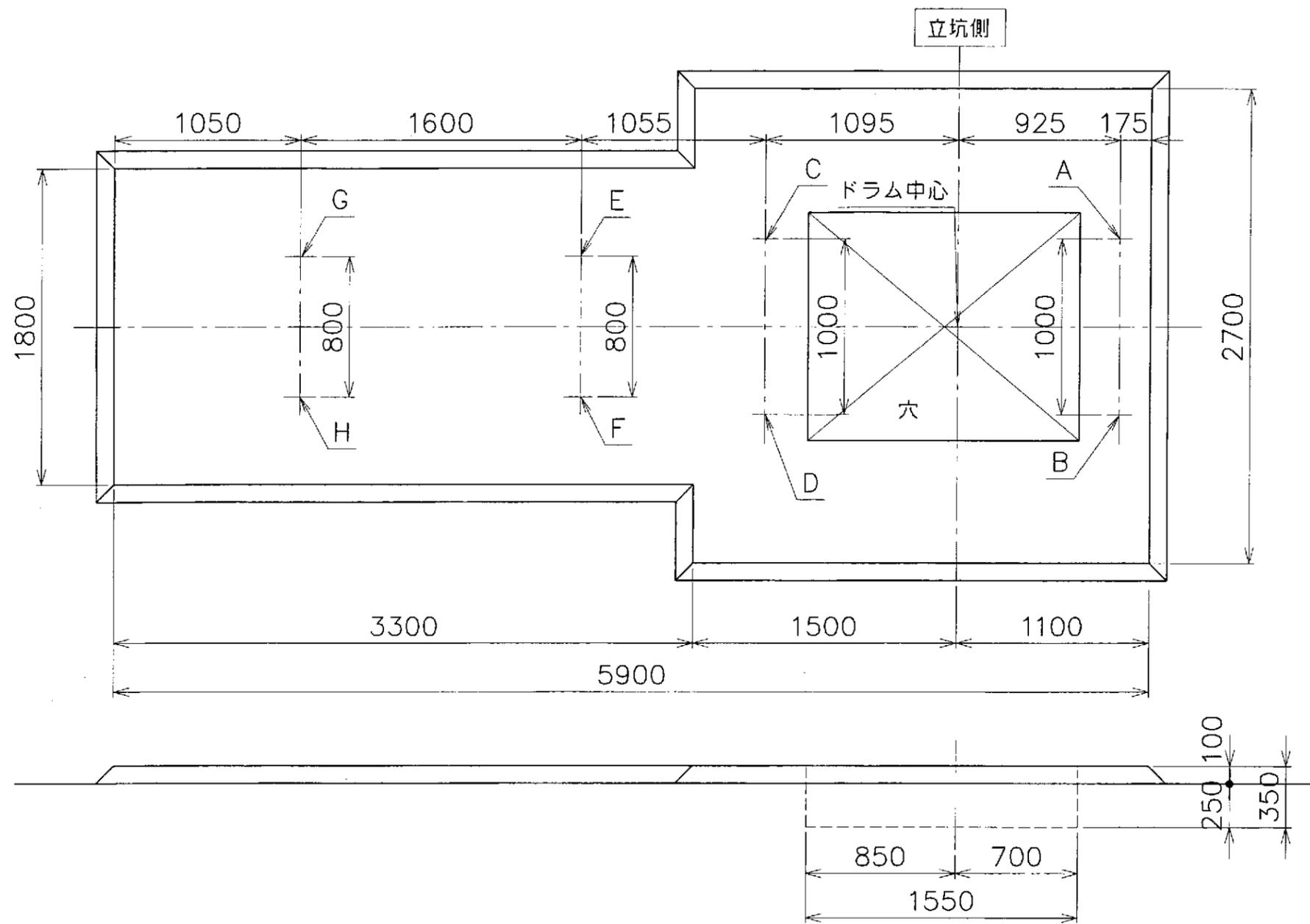
単位 (kN)

荷重状態	作用点	A			C			E			G		
		方向	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y
長期	長期	± 6.323	$+63.23$	-78.22	± 5.59	$+55.9$	-174.2	-	-	$+190.1$	-	-	-3.9
	短期	上記の2~3倍を考慮下さい											
静止時	静止時	-	-	-57.22	-	-	-60.65	-	-	-13.23	-	-	-3.9
	作用点	B			D			F			H		
荷重状態	方向	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
		長期	± 6.323	$+63.23$	$+90.38$	± 5.59	$+55.9$	$+169.5$	-	-	$+190.1$	-	-
短期	短期	上記の2~3倍を考慮下さい											
	静止時	-	-	-57.22	-	-	-60.65	-	-	-13.23	-	-	-3.9



機名					1000m換気立坑
スcaffold 巻上機基礎荷重図					
承認	設計	尺度	日付	第3角法	
		1/30			
審査		機種	箱番	印組	
図面番号					
流用図面(保管)番号					

図4.3.1-30 Scaffold 巻上機基礎荷重図



注 記

1. 長期荷重はロープ張力に荷重係数 $\phi=2$ を乗じて算出しています。
2. 静止時は巻上機据付時の質量が作用します。(ロープ質量含む)

基礎荷重表

		単位 (kN)											
作用点		A			C			E			G		
方向		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
荷重状態	長期	±3.83	+38.33	-78.67	±3.43	+34.50	-170.5	-	-	+70.36 -90.94	-	-	-6.57
	短期	上記の2~3倍を考慮下さい											
	静止時	-	-	-22.97	-	-	-23.95	-	-	-10.29	-	-	-6.57
作用点		B			D			F			H		
方向		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
荷重状態	長期	±3.83	+38.33	+43.98	±3.43	+34.50	+133.4	-	-	+70.36 -90.94	-	-	-6.57
	短期	上記の2~3倍を考慮下さい											
	静止時	-	-	-22.97	-	-	-23.95	-	-	-10.29	-	-	-6.57

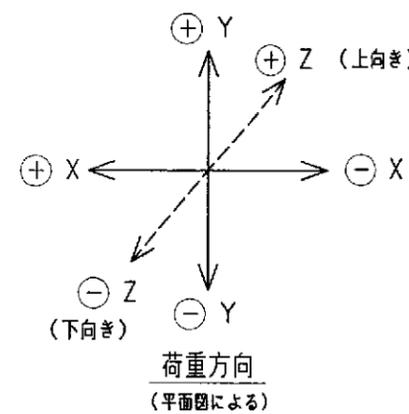
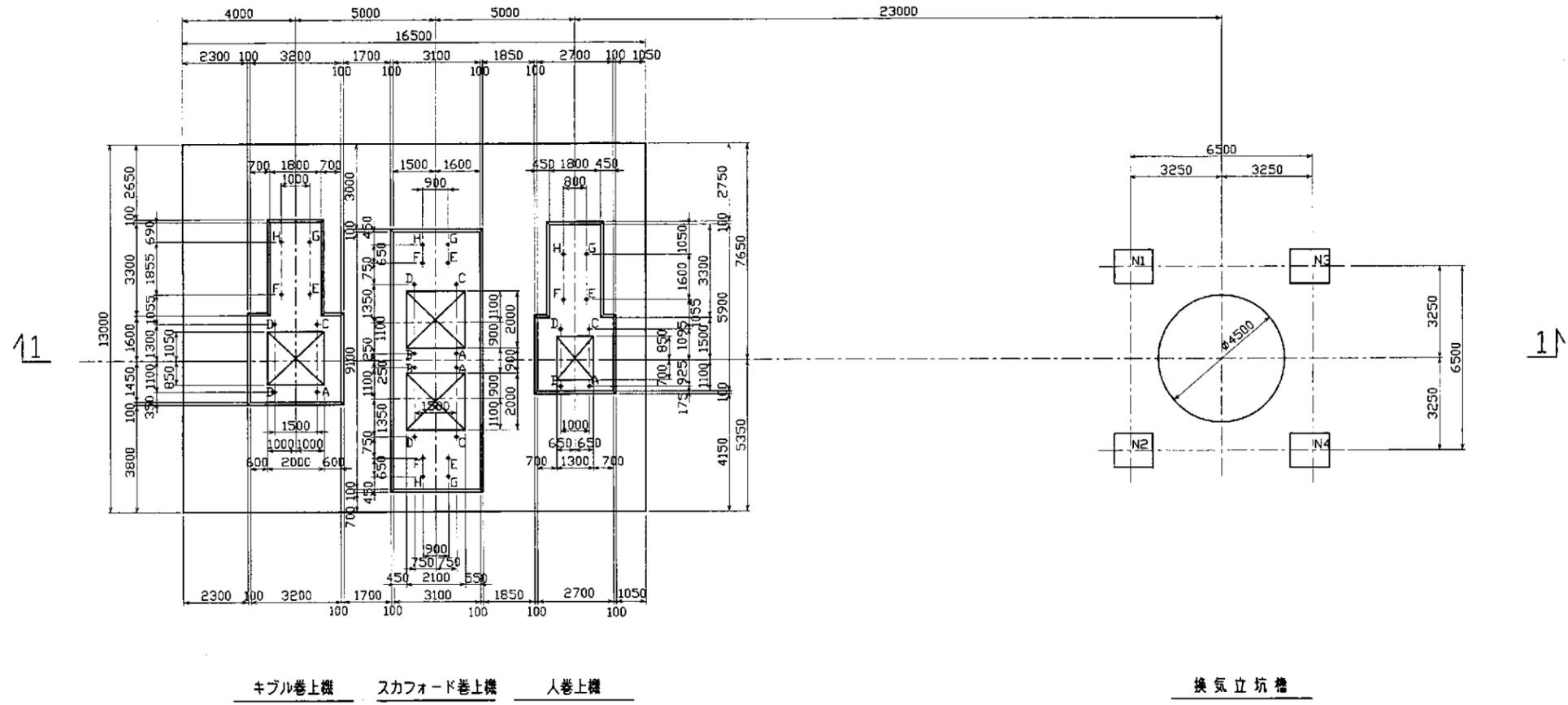


図4.3.1-31 人キブル巻上機基礎荷重図

		機名			1000m換気立坑	
		人巻上機基礎荷重図				
承認	設計	尺度	日付	第3角法		
		1/30				
審査		機種	箱番	部組		
図面番号						
流用図面(保管)番号						

S=1:100

配置図



1-1 断面図

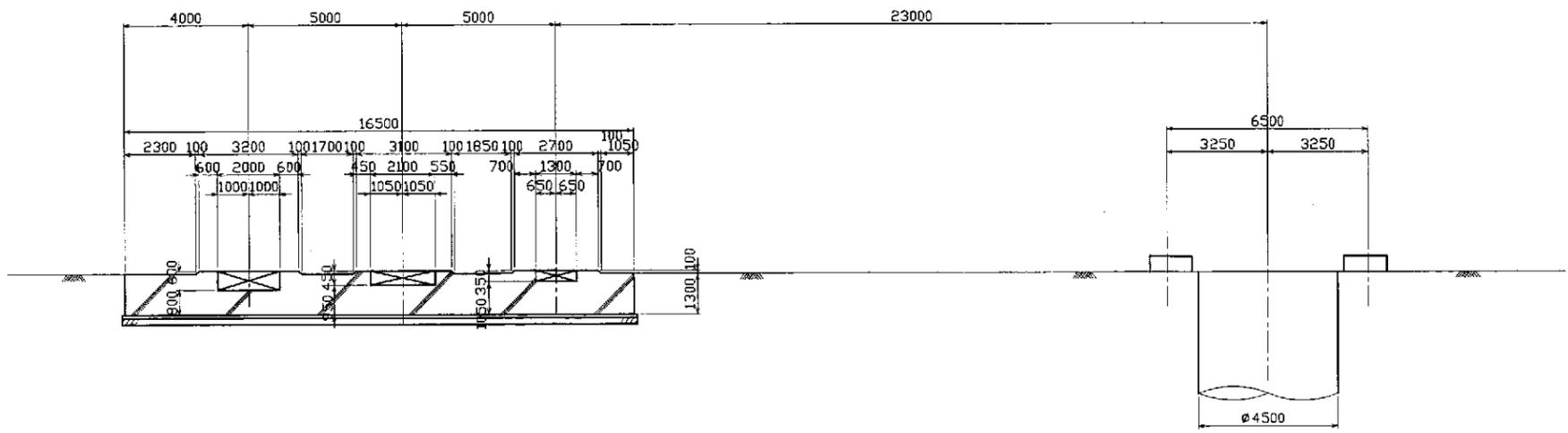
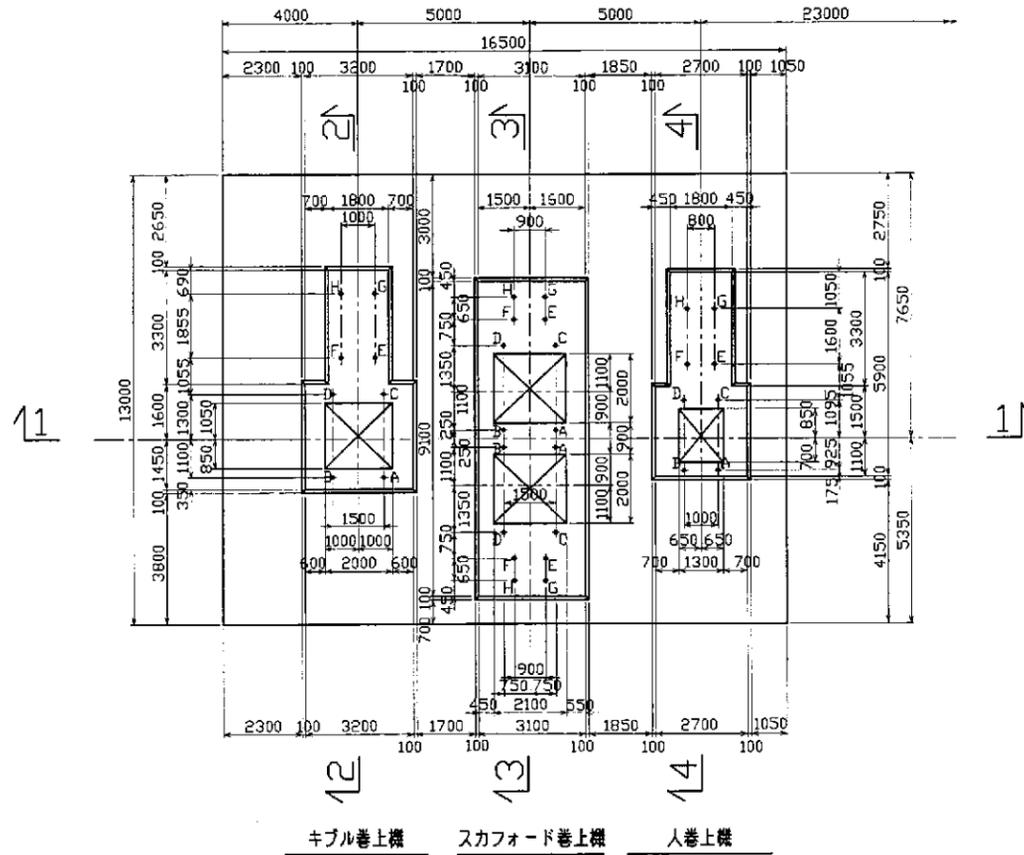


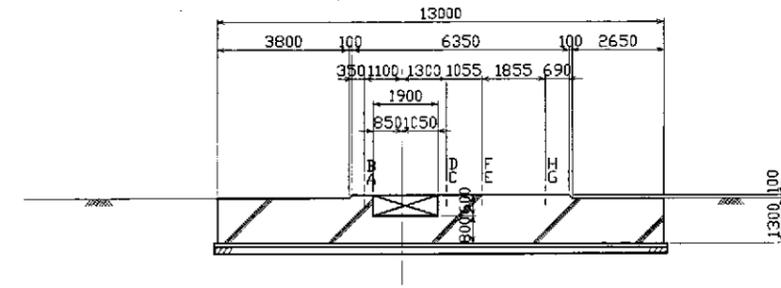
図4.3.1-32 換気立坑槽，巻上機基礎構造図

S=1:100

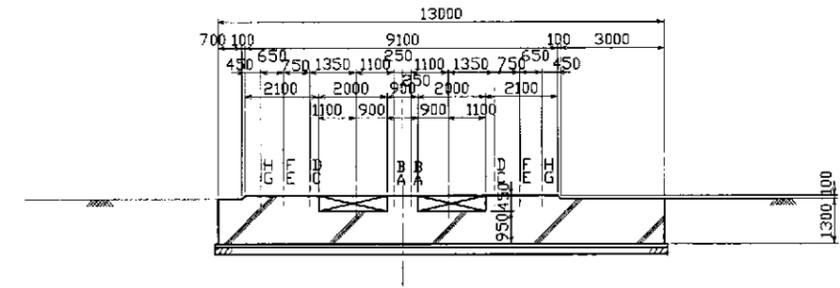
平面図



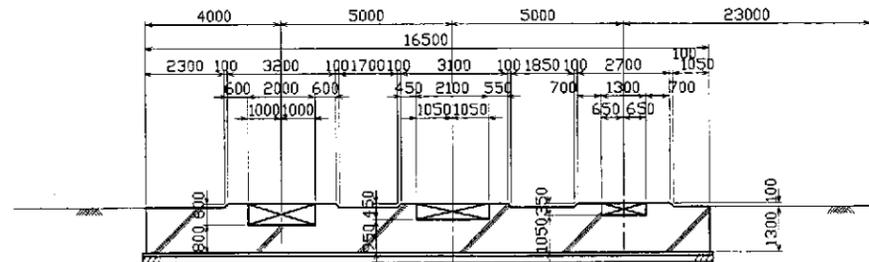
2-2 断面図



3-3 断面図



1-1 断面図



4-4 断面図

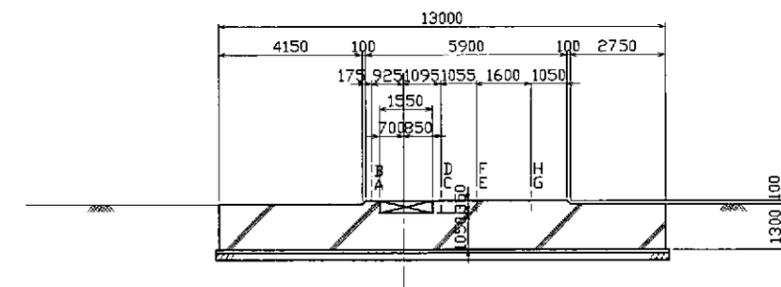


図3.4.1-33 換気立坑巻上機基礎構造図

(2) -8 換気立坑ずり揚げスケジュール検討

項目	記号	時間(sec)	記号	距離(m)
巻上時	t1	1.1	S1	0.18
	t2	15.15	S2	5
	t3	3.33	S3	2.77
	t4	6.05	S4	8.05
	t5	3.9	S5	7.47
	t6	10.81	S6	54.06
	t7	3.9	S7	7.47
	t8	9.06	S8	12.05
	t9	4.43	S9	2.95
放出時間	t10	180	S10	0
巻上計		237.74		100

巻上げ距離 100 m

V1=300m/mir 5 m/sec

v2=80 m/mir 1.33 m/sec

v3=20 m/mir 0.33 m/sec

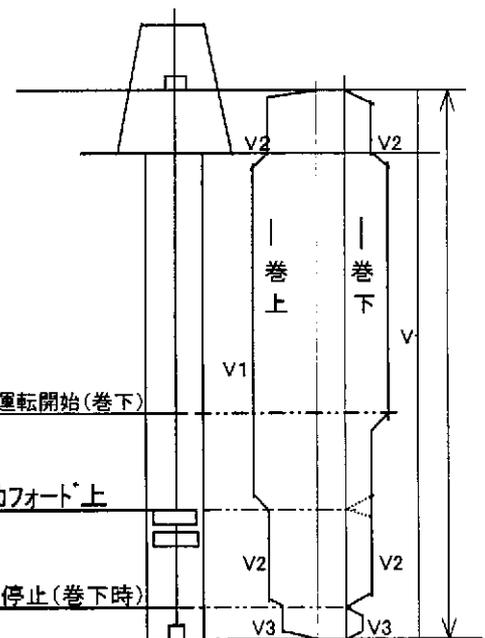
加減速度 0.3 m/sec²

巻下時	t12	4.43	S12	2.95
	t13	9.06	S13	12.05
	t14	3.9	S14	7.47
	t15	3.91	S15	19.53
	t16	3.9	S16	7.47
	t17	31.95	S17	42.5
	t18	3.33	S18	2.77
	t19	1.1	S19	0.18
	t20	14.85	S20	4.9
	t21	1.1	S21	0.18
	積込み時間	t22	(下記)	S22
巻下計		77.53		100

1サイクル計	Σ t	315.3	Σ S	200
		5.3 min		

シベル積込時間 T = 40 sec/1回
 // パケット容量 v = 0.2 m³
 効率 η = 0.65
 キブル容量 V = 2 m³

1キブル積込み時間 t22 = 615.4 sec/1キブル
 [V ÷ (v × η) × T] 10.3 min



微速運転開始(巻下)

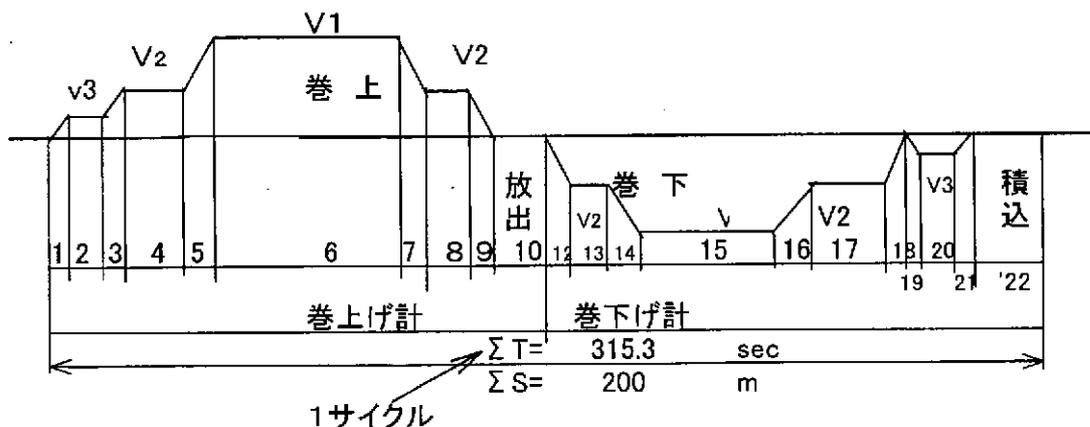
スcaffold上

一旦停止(巻下時)

10.3

◎ 1サイクル(キブル付け替え無し)

巻上機の運転サイクル Σ t + 積込時間 t22 = 315.3 + 615.4 = 930.7 sec
 5.3 10.3 15.6 min



1サイクル

項目	記号	時間(sec)	記号	距離(m)
巻上時	t1	1.1	S1	0.18
	t2	15.15	S2	5
	t3	3.33	S3	2.77
	t4	6.05	S4	8.05
	t5	3.9	S5	7.47
	t6	30.81	S6	154.06
	t7	3.9	S7	7.47
	t8	9.06	S8	12.05
	t9	4.43	S9	2.95
放出時間計	t10	180	S10	0
巻上計		257.74		200

巻上げ距離 200 m

V1=300m/mir 5 m/sec

v2=80 m/mir 1.33 m/sec

v3=20 m/mir 0.33 m/sec

加減速度 0.3 m/sec²

巻下時	t12	4.43	S12	2.95
	t13	9.06	S13	12.05
	t14	3.9	S14	7.47
	t15	23.91	S15	119.53
	t16	3.9	S16	7.47
	t17	31.95	S17	42.5
	t18	3.33	S18	2.77
	t19	1.1	S19	0.18
	t20	14.85	S20	4.9
	t21	1.1	S21	0.18
	積込み時間	t22	(下記)	S22
巻下計		97.53		200

1サイクル計	Σ t	355.3	Σ S	400
--------	-----	-------	-----	-----

5.9 min

シヤベル積込時間 T = 40 sec/1回

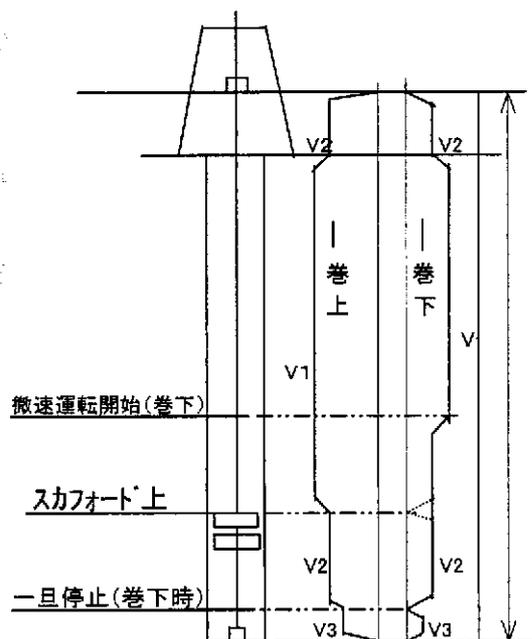
// バケット容量 v = 0.2 m³

効率 η 0.65

キブル容量 V 2 m³

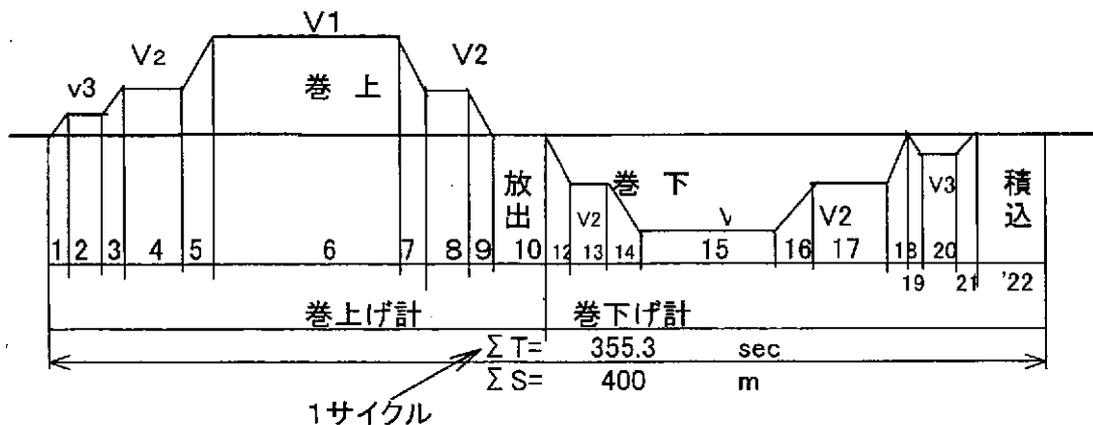
1キブル積込み時間 t22 = 615.4 sec/1キブル
 [V ÷ (v × η) × T] 10.3 min

10.3



◎ 1サイクル(キブル付け替え無し)

巻上機の運転サイクル Σ t + 積込時間 t22 355.3 + 615.4 = 970.7 sec
 16.2 min



項目	記号	時間(sec)	記号	距離(m)
巻上時	t1	1.1	S1	0.18
	t2	15.15	S2	5
	t3	3.33	S3	2.77
	t4	6.05	S4	8.05
	t5	3.9	S5	7.47
	t6	50.81	S6	254.06
	t7	3.9	S7	7.47
	t8	9.06	S8	12.05
	t9	4.43	S9	2.95
放出時間	t10	180	S10	0
巻上計		277.74		300

巻上げ距離 300 m

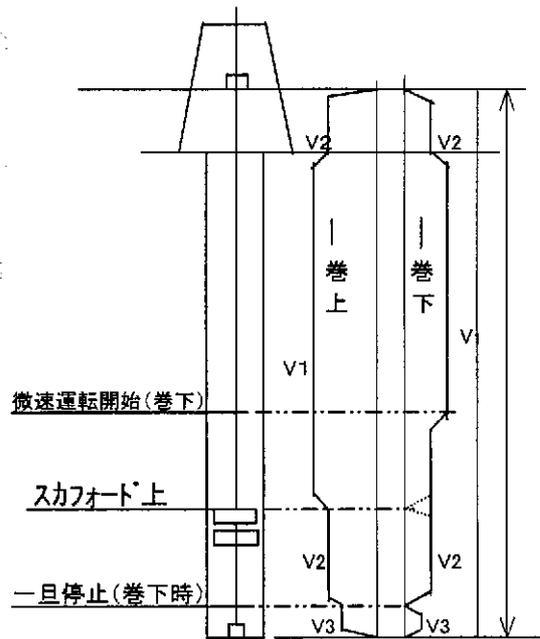
V1=300m/mir 5 m/sec

v2=80 m/mir 1.33 m/sec

v3=20 m/mir 0.33 m/sec

加減速度 0.3 m/sec²

巻下時	t12	4.43	S12	2.95
	t13	9.06	S13	12.05
	t14	3.9	S14	7.47
	t15	43.91	S15	219.53
	t16	3.9	S16	7.47
	t17	31.95	S17	42.5
	t18	3.33	S18	2.77
	t19	1.1	S19	0.18
	t20	14.85	S20	4.9
	t21	1.1	S21	0.18
	積込み時間	t22	(下記)	S22
巻下計		117.53		300



1サイクル計	Σ t	395.3	Σ S	600
--------	-----	-------	-----	-----

6.6 min

シヨベル積込時間 T = 40 sec/1回

バケット容量 v = 0.2 m³

効率 η = 0.65

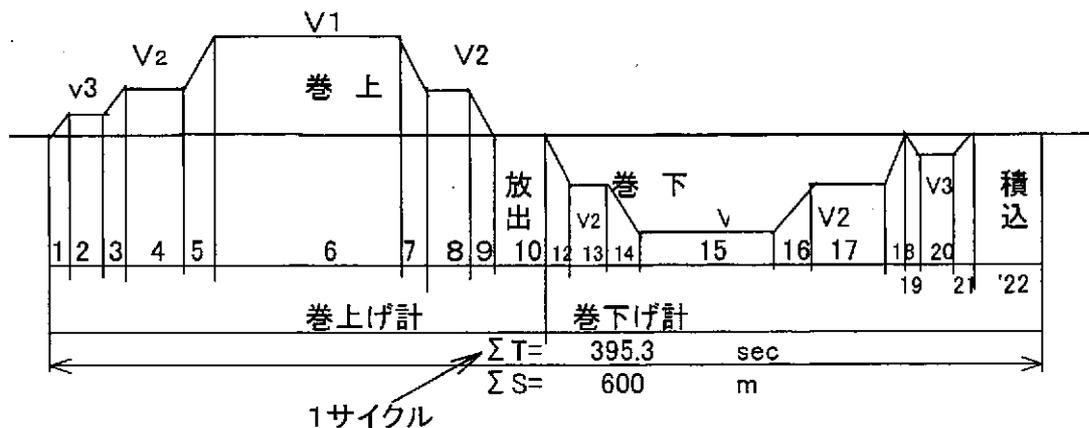
ケーブル容量 V = 2 m³

1ケーブル積込時間 t22 = 615.4 sec/1ケーブル
 [V ÷ (v × η) × T] 10.3 min

10.3

◎ 1サイクル(ケーブル付け替え無し)

巻上機の運転サイクル Σ t + 積込時間 t22 = 395.3 + 615.4 = 1010.7 sec
 6.6 10.3 16.9 min



項目	記号	時間(sec)	記号	距離(m)
巻上時	t1	1.1	S1	0.18
	t2	15.15	S2	5
	t3	3.33	S3	2.77
	t4	6.05	S4	8.05
	t5	3.9	S5	7.47
	t6	70.81	S6	354.06
	t7	3.9	S7	7.47
	t8	9.06	S8	12.05
	t9	4.43	S9	2.95
放出時間	t10	180	S10	0
巻上計		297.74		400

巻上げ距離 400 m

V1=300m/mir 5 m/sec

v2=80 m/mir 1.33 m/sec

v3=20 m/mir 0.33 m/sec

加減速度 0.3 m/sec²

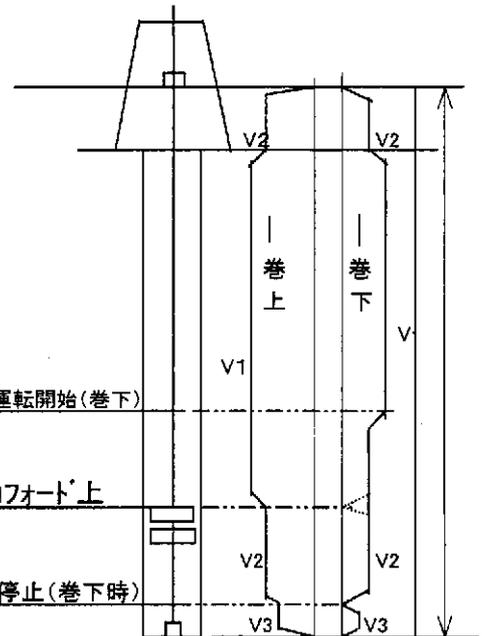
巻下時	t12	4.43	S12	2.95
	t13	9.06	S13	12.05
	t14	3.9	S14	7.47
	t15	63.91	S15	319.53
	t16	3.9	S16	7.47
	t17	31.95	S17	42.5
	t18	3.33	S18	2.77
	t19	1.1	S19	0.18
	t20	14.85	S20	4.9
	t21	1.1	S21	0.18
	積込み時間	t22	(下記)	S22
巻下計		137.53		400

1サイクル計	Σ t	435.3	Σ S	800
--------	-----	-------	-----	-----

7.3 min

シベル積込時間 T = 40 sec/1回
 // バケット容量 v = 0.2 m³
 効率 η = 0.65
 キブル容量 V = 2 m³

1キブル積込み時間 t22 = 615.4 sec/1キブル
 [V ÷ (v × η) × T] 10.3 min



微速運転開始(巻下)

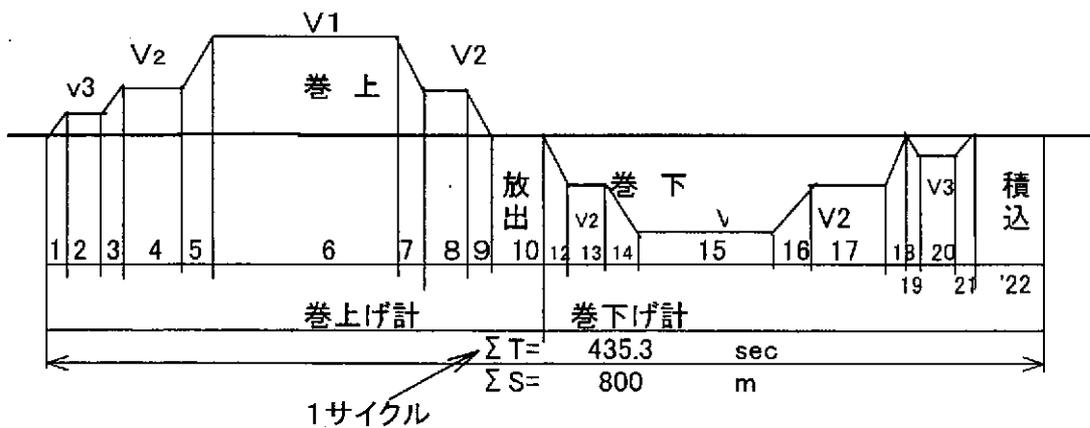
スcaffold上

一旦停止(巻下時)

10.3

◎ 1サイクル(キブル付け替え無し)

巻上機の運転サイクル Σ t + 積込時間 t22 = 435.3 + 615.4 = 1050.7 sec
 7.3 10.3 17.6 min



1サイクル

項目	記号	時間(sec)	記号	距離(m)
巻上時	t1	1.1	S1	0.18
	t2	15.15	S2	5
	t3	3.33	S3	2.77
	t4	6.05	S4	8.05
	t5	3.9	S5	7.47
	t6	90.81	S6	454.06
	t7	3.9	S7	7.47
	t8	9.06	S8	12.05
	t9	4.43	S9	2.95
放出時間	t10	180	S10	0
巻上計		317.74		500

巻上げ距離 500 m

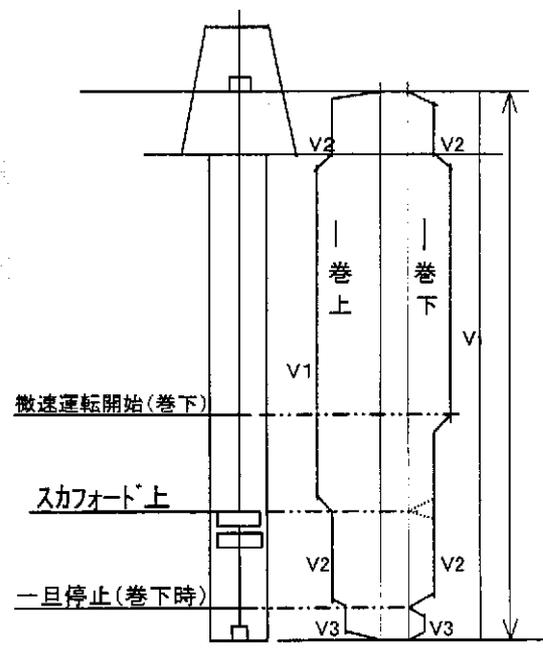
V1=300m/mir 5 m/sec

v2=80 m/mir 1.33 m/sec

v3=20 m/mir 0.33 m/sec

加減速度 0.3 m/sec²

巻下時	t12	4.43	S12	2.95
	t13	9.06	S13	12.05
	t14	3.9	S14	7.47
	t15	83.91	S15	419.53
	t16	3.9	S16	7.47
	t17	31.95	S17	42.5
	t18	3.33	S18	2.77
	t19	1.1	S19	0.18
	t20	14.85	S20	4.9
	t21	1.1	S21	0.18
	積込み時間	t22	(下記)	S22
巻下計		157.53		500

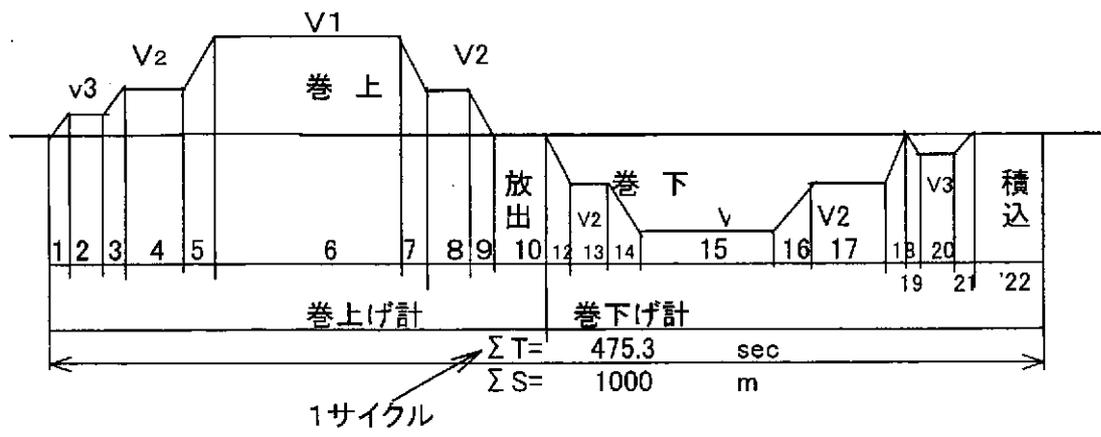


1サイクル計	Σ t	475.3	Σ S	1000
		7.9 min		

ショベル積込時間 T = 40 sec/1回
 // バケット容量 v = 0.2 m³
 効率 η = 0.65
 キブル容量 V = 2 m³

1キブル積込み時間 t22 = 615.4 sec/1キブル 10.3 min
 [V ÷ (v × η) × T] 10.3 min

◎ 1サイクル(キブル付け替え無し)
 巻上機の運転サイクル Σ t + 積込時間 t22 = 475.3 + 615.4 = 1090.7 sec = 18.2 min
 7.9 10.3



項目	記号	時間(sec)	記号	距離(m)
巻上時	t1	1.1	S1	0.18
	t2	15.15	S2	5
	t3	3.33	S3	2.77
	t4	6.05	S4	8.05
	t5	3.9	S5	7.47
	t6	110.81	S6	554.06
	t7	3.9	S7	7.47
	t8	9.06	S8	12.05
	t9	4.43	S9	2.95
放出時間	t10	180	S10	0
巻上計		337.74		600

巻上げ距離 600 m

V1=300m/mir 5 m/sec

v2=80 m/mir 1.33 m/sec

v3=20 m/mir 0.33 m/sec

加減速度 0.3 m/sec²

巻下時	t12	4.43	S12	2.95
	t13	9.06	S13	12.05
	t14	3.9	S14	7.47
	t15	103.91	S15	519.53
	t16	3.9	S16	7.47
	t17	31.95	S17	42.5
	t18	3.33	S18	2.77
	t19	1.1	S19	0.18
	t20	14.85	S20	4.9
	t21	1.1	S21	0.18
	積込み時間	t22	(下記)	S22
巻下計		177.53		600

1サイクル計	Σ t	515.3	Σ S	1200
--------	-----	-------	-----	------

8.6 min

シヤベル積込時間 T = 40 sec/1回

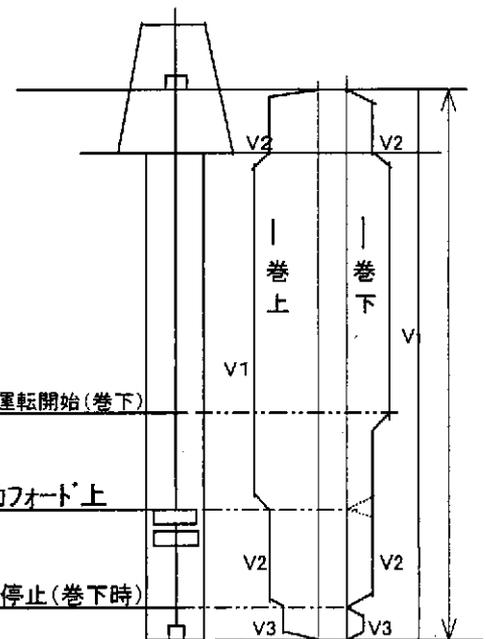
// バケット容量 v = 0.2 m³

効率 η 0.65

キブル容量 V 2 m³

1キブル積込み時間 t22 = 615.4 sec/1キブル

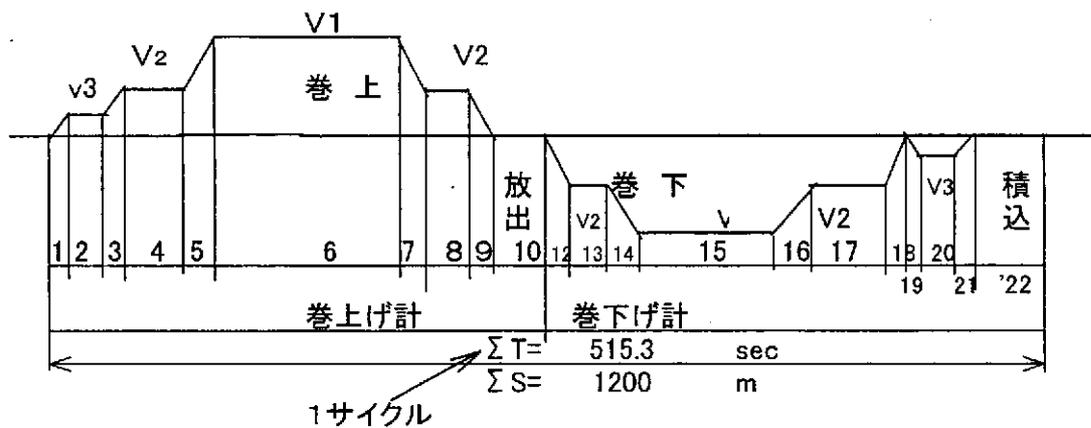
[V ÷ (v × η) × T] 10.3 min



10.3

◎ 1サイクル(キブル付け替え無し)

巻上機の運転サイクル Σ t + 積込時間 t22 = 515.3 + 615.4 = 1130.7 sec
8.6 10.3 18.9 min



項目	記号	時間(sec)	記号	距離(m)
巻上時	t1	1.1	S1	0.18
	t2	15.15	S2	5
	t3	3.33	S3	2.77
	t4	6.05	S4	8.05
	t5	3.9	S5	7.47
	t6	130.81	S6	654.06
	t7	3.9	S7	7.47
	t8	9.06	S8	12.05
	t9	4.43	S9	2.95
放出時間	t10	180	S10	0
巻上計		357.74		700

巻上げ距離 700 m

V1=300m/mir 5 m/sec

v2=80 m/mir 1.33 m/sec

v3=20 m/mir 0.33 m/sec

加減速度 0.3 m/sec²

巻下時	t12	4.43	S12	2.95
	t13	9.06	S13	12.05
	t14	3.9	S14	7.47
	t15	123.91	S15	619.53
	t16	3.9	S16	7.47
	t17	31.95	S17	42.5
	t18	3.33	S18	2.77
	t19	1.1	S19	0.18
	t20	14.85	S20	4.9
	t21	1.1	S21	0.18
	積込み時間	t22	(下記)	S22
巻下計		197.53		700

1サイクル計	Σ t	555.3	Σ S	1400
--------	-----	-------	-----	------

9.3 min

ショベル積込時間 T = 40 sec/1回

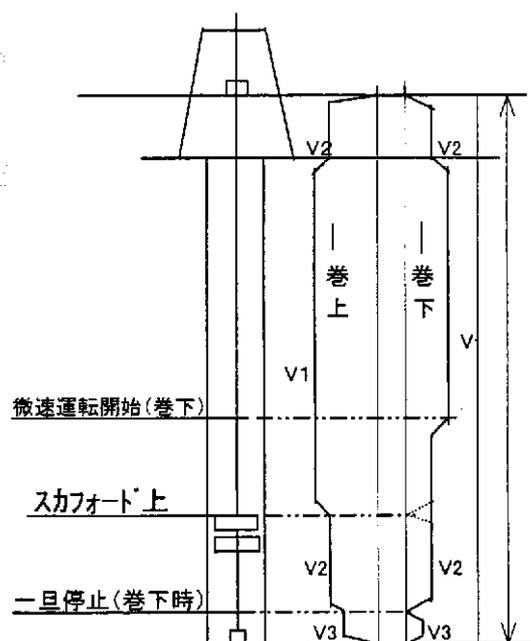
// バケット容量 v = 0.2 m³

効率 η 0.65

キブル容量 V = 2 m³

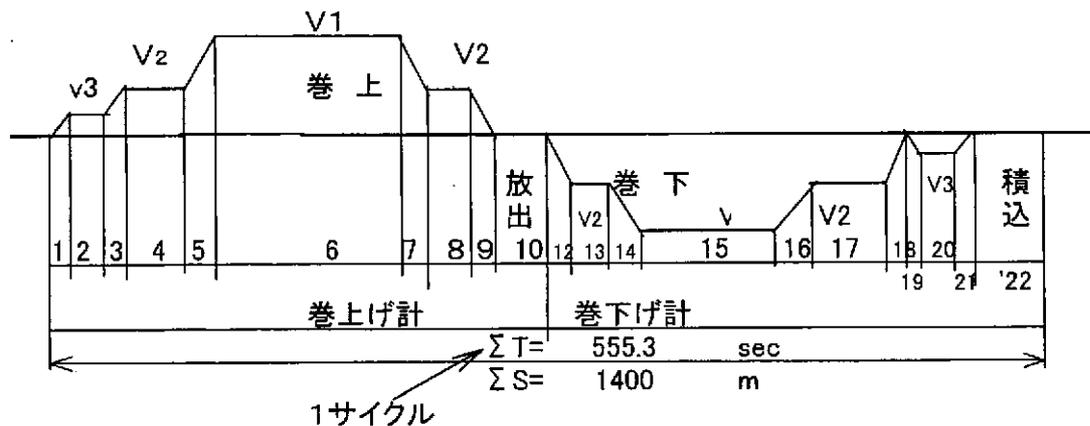
1キブル積込み時間 t22 = 615.4 sec/1キブル
 [V ÷ (v × η) × T] 10.3 min

10.3



◎ 1サイクル(キブル付け替え無し)

巻上機の運転サイクル Σt + 積込時間 t22 = 555.3 + 615.4 = 1170.7 sec
 9.3 10.3 19.6 min



項目	記号	時間(sec)	記号	距離(m)
巻上時	t1	1.1	S1	0.18
	t2	15.15	S2	5
	t3	3.33	S3	2.77
	t4	6.05	S4	8.05
	t5	3.9	S5	7.47
	t6	150.81	S6	754.06
	t7	3.9	S7	7.47
	t8	9.06	S8	12.05
	t9	4.43	S9	2.95
放出時間	t10	180	S10	0
巻上計		377.74		800

巻上げ距離 800 m

V1=300m/mir 5 m/sec

v2=80 m/mir 1.33 m/sec

v3=20 m/mir 0.33 m/sec

加減速度 0.3 m/sec²

巻下時	t12	4.43	S12	2.95
	t13	9.06	S13	12.05
	t14	3.9	S14	7.47
	t15	143.91	S15	719.53
	t16	3.9	S16	7.47
	t17	31.95	S17	42.5
	t18	3.33	S18	2.77
	t19	1.1	S19	0.18
	t20	14.85	S20	4.9
	t21	1.1	S21	0.18
	積込み時間	t22	(下記)	S22
巻下計		217.53		800

1サイクル計	Σ t	595.3	Σ S	1600
		9.9 min		

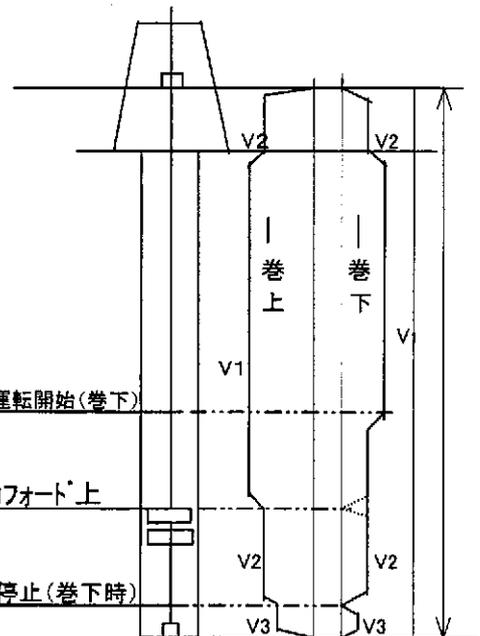
ショベル積込時間 T = 40 sec/1回

// バケット容量 v = 0.2 m³

効率 η 0.65

キブル容量 V 2 m³

1キブル積込み時間 t22 = 615.4 sec/1キブル
 [V ÷ (v × η) × T] 10.3 min



微速運転開始(巻下)

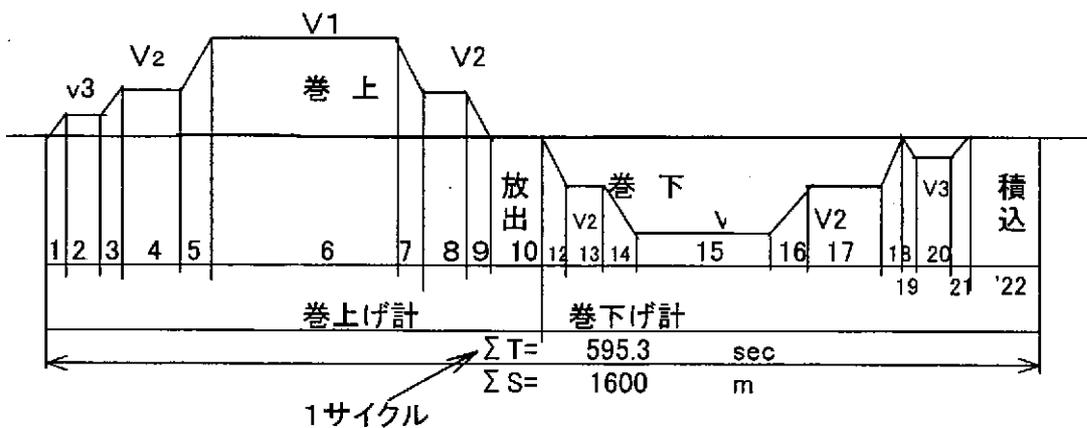
スcaffold上

一旦停止(巻下時)

10.3

◎ 1サイクル(キブル付け替え無し)

巻上機の運転サイクル Σt + 積込時間 t22 = 595.3 + 615.4 = 1210.7 sec
 9.9 10.3 20.2 min



項目	記号	時間(sec)	記号	距離(m)
巻上時	t1	1.1	S1	0.18
	t2	15.15	S2	5
	t3	3.33	S3	2.77
	t4	6.05	S4	8.05
	t5	3.9	S5	7.47
	t6	170.81	S6	854.06
	t7	3.9	S7	7.47
	t8	9.06	S8	12.05
	t9	4.43	S9	2.95
放出時間	t10	180	S10	0
巻上計		397.74		900

巻上げ距離 900 m

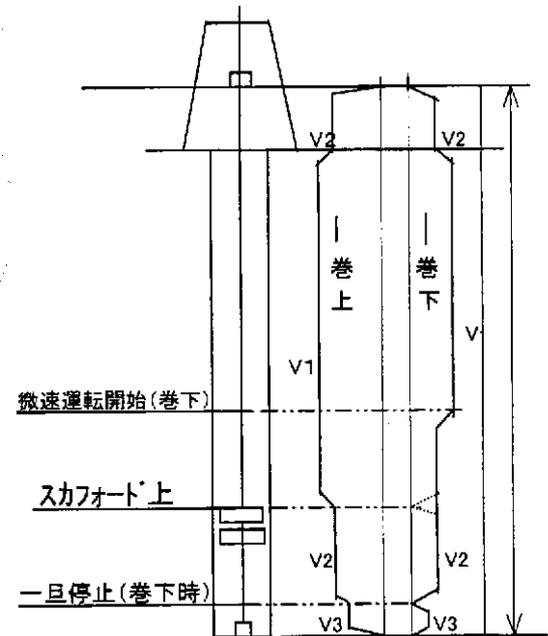
V1=300m/mir 5 m/sec

v2=80 m/mir 1.33 m/sec

v3=20 m/mir 0.33 m/sec

加減速度 0.3 m/sec²

巻下時	t12	4.43	S12	2.95
	t13	9.06	S13	12.05
	t14	3.9	S14	7.47
	t15	163.91	S15	819.53
	t16	3.9	S16	7.47
	t17	31.95	S17	42.5
	t18	3.33	S18	2.77
	t19	1.1	S19	0.18
	t20	14.85	S20	4.9
	t21	1.1	S21	0.18
	積込み時間	t22	(下記)	S22
巻下計		237.53		900



1サイクル計	Σ t	635.3	Σ S	1800
--------	-----	-------	-----	------

10.6 min

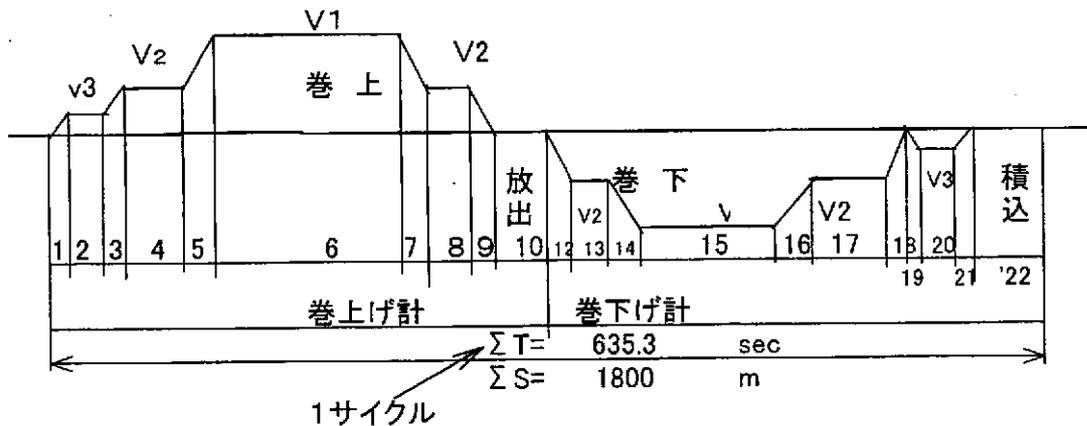
シヤベル積込時間 T = 40 sec/1回
 // バケット容量 v = 0.2 m³
 効率 η = 0.65
 キブル容量 V = 2 m³

1キブル積込み時間 t22 = 615.4 sec/1キブル
 [V ÷ (v × η) × T] 10.3 min

10.3

◎ 1サイクル(キブル付け替え無し)

巻上機の運転サイクル Σ t + 積込時間 t22 = 635.3 + 615.4 = 1250.7 sec
 10.6 10.3 = 20.9 min



項目	記号	時間(sec)	記号	距離(m)
巻上時	t1	1.1	S1	0.18
	t2	15.15	S2	5
	t3	3.33	S3	2.77
	t4	6.05	S4	8.05
	t5	3.9	S5	7.47
	t6	190.81	S6	954.06
	t7	3.9	S7	7.47
	t8	9.06	S8	12.05
	t9	4.43	S9	2.95
放出時間	t10	180	S10	0
巻上計		417.74		1000

巻上げ距離 1000 m

V1=300m/mir 5 m/sec

v2=80 m/mir 1.33 m/sec

v3=20 m/mir 0.33 m/sec

加減速度 0.3 m/sec²

巻下時	t12	4.43	S12	2.95
	t13	9.06	S13	12.05
	t14	3.9	S14	7.47
	t15	183.91	S15	919.53
	t16	3.9	S16	7.47
	t17	31.95	S17	42.5
	t18	3.33	S18	2.77
	t19	1.1	S19	0.18
	t20	14.85	S20	4.9
	t21	1.1	S21	0.18
	積込み時間	t22	(下記)	S22
巻下計		257.53		1000

1サイクル計	Σ t	675.3	Σ S	2000
--------	-----	-------	-----	------

11.3 min

ショベル積込時間 T = 40 sec/1回

// バケット容量 v = 0.2 m³

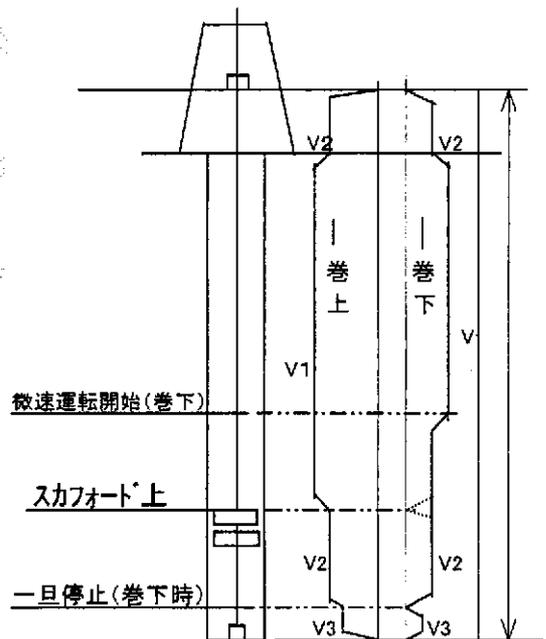
効率 η 0.65

キブル容量 V 2 m³

1キブル積込み時間 t22 = 615.4 sec/1キブル

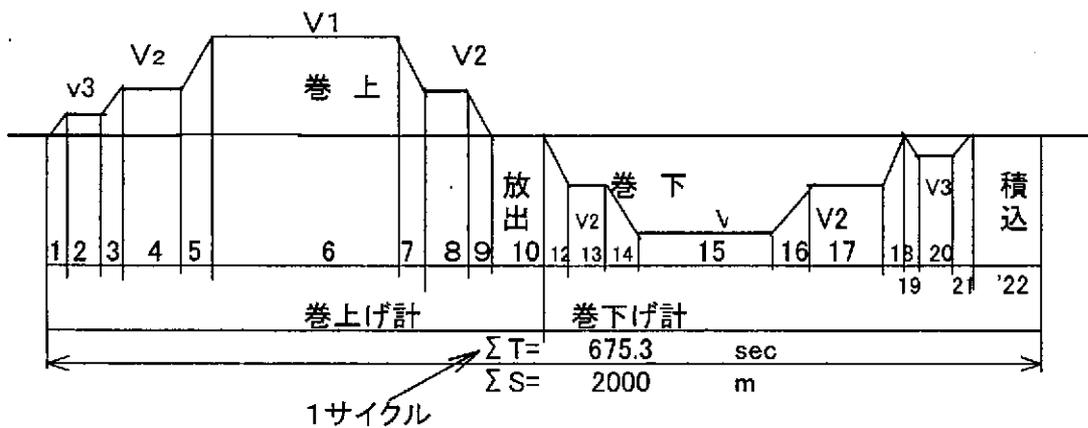
[V ÷ (v × η) × T] 10.3 min

10.3



◎ 1サイクル(キブル付け替え無し)

巻上機の運転サイクル Σt + 積込時間 t22 = 675.3 + 615.4 = 1290.7 sec
 11.3 10.3 21.6 min

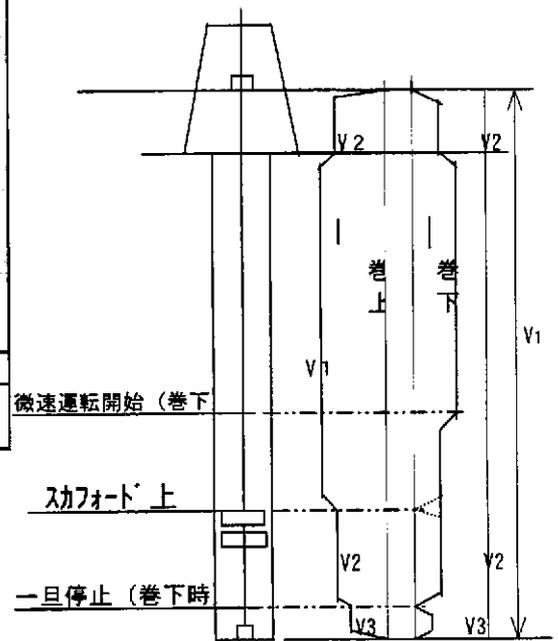


スケジュールタイム (換気立坑)

項目	記号	時間 (sec)	記号	距離 (m)
巻上時	t1	1.1	S1	0.18
	t2	15.15	S2	5
	t3	3.33	S3	2.77
	t4	6.05	S4	8.05
	t5	12.23	S5	38.72
	t6	182.31	S6	911.56
	t7	12.23	S7	38.72
	t8	9.06	S8	12.05
	t9	4.43	S9	2.95
放出時間	t10	180	S10	0
巻上計		425.89		1020

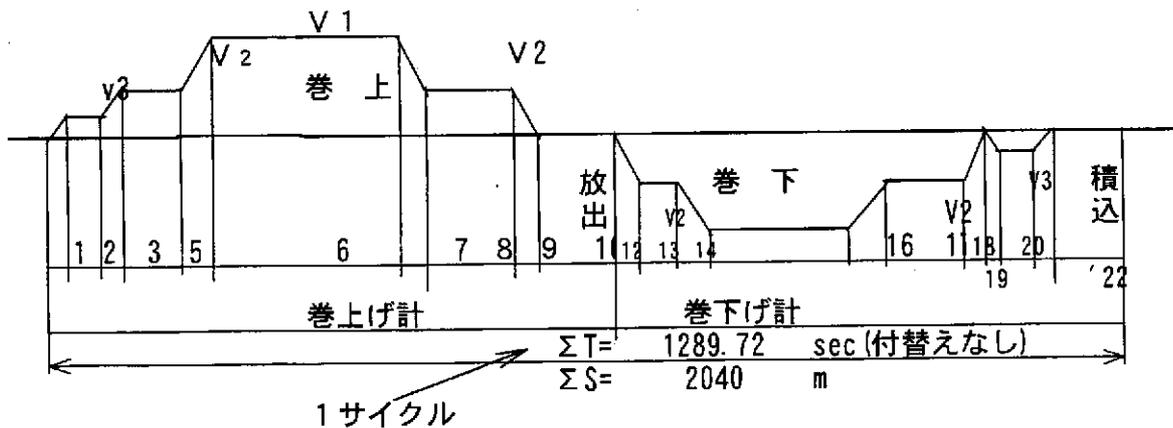
巻上げ距離 1020 m
 最大速度 V = 300m/minの時
 V1=300m/min 5
 v2=80 m/min 1.33
 v3=20 m/min 0.33
 加減速度 0.3

巻下時	t12	4.43	S12	2.95
	t13	9.06	S13	12.05
	t14	12.23	S14	38.72
	t15	181.66	S15	908.28
	t16	12.23	S16	38.72
	t17	8.46	S17	11.25
	t18	3.33	S18	2.77
	t19	1.1	S19	0.18
	t20	14.85	S20	4.9
	t21	1.1	S21	0.18
	積込み時間	t22	(下記)	S22
巻下計		248.45		1020
1サイクル計	Σ t	674.34	Σ S	2040



バケット積込時間 T 40 sec/1回
 " バケット容量 0.2 m³
 効率 η 0.65
 キブル容量 V 2 m³

積込み時間 t22 = 615.3846 sec/1キブル
 (V ÷ (v × η) × T)



(2) -9 換気立坑のサイクルタイム

キブル付替え時の動作とサイクルは、主立坑と同じとする。

換気立坑の掘削ずり揚げサイクルタイムを表4.3.1-6～8に示す。

表4.3.1-6 換気立坑掘削ズリ揚げサイクルタイム（1発破進行1.3mに要する時間）

① キブル1基の場合（1サイクルはズリ揚げ時間と積込み時間の合計）

掘削深度 (m)	ズリ出し1サイクル時間						運搬回数	搬出時間	準備	浮石 落下	壁面 清掃	穿孔・ 発破	合計	
	ズリ揚げ時間			ズリ積込み時間									分	時間
	キブル 上げ下げ	—	—	積込み	—	小計								
100	5.3	—	—	10.3	—	15.6	25	390.0	5	15	15	137	562.0	9.4
200	5.9	—	—	10.3	—	16.2	25	405.0	5	15	15	137	577.0	9.6
300	6.6	—	—	10.3	—	16.9	28	473.2	5	15	15	183	691.2	11.5
400	7.3	—	—	10.3	—	17.6	28	492.8	5	15	15	183	710.8	11.8
500	7.9	—	—	10.3	—	18.2	28	509.6	5	15	15	183	727.6	12.1
600	8.6	—	—	10.3	—	18.9	28	529.2	5	15	15	183	747.2	12.5
700	9.3	—	—	10.3	—	19.6	28	548.8	5	15	15	183	766.8	12.8
800	9.9	—	—	10.3	—	20.2	28	565.6	5	15	15	183	783.6	13.1
900	10.6	—	—	10.3	—	20.9	28	585.2	5	15	15	183	803.2	13.4
1000	11.3	—	—	10.3	—	21.6	28	604.8	5	15	15	183	822.8	13.7

② キブル2基の場合（1サイクルはズリ揚げ時間または積込み時間の大きい値を採用）

掘削深度 (m)	ズリ出し1サイクル時間						運搬回数	搬出時間	準備	浮石 落下	壁面 清掃	穿孔・ 発破	合計	
	ズリ揚げ時間			ズリ積込み時間									分	時間
	キブル 上げ下げ	空キブル 仮置*	小計	積込み	空キブル 切羽へ**	小計								
100	5.3	1.5	6.8	10.3	1.5	11.8	25	295.0	5	15	15	137	467.0	7.8
200	5.9	1.5	7.4	10.3	1.5	11.8	25	295.0	5	15	15	137	467.0	7.8
300	6.6	1.5	8.1	10.3	1.5	11.8	28	330.4	5	15	15	183	548.4	9.1
400	7.3	1.5	8.8	10.3	1.5	11.8	28	330.4	5	15	15	183	548.4	9.1
500	7.9	1.5	9.4	10.3	1.5	11.8	28	330.4	5	15	15	183	548.4	9.1
600	8.6	1.5	10.1	10.3	1.5	11.8	28	330.4	5	15	15	183	548.4	9.1
700	9.3	1.5	10.8	10.3	1.5	11.8	28	330.4	5	15	15	183	548.4	9.1
800	9.9	1.5	11.4	10.3	1.5	11.8	28	330.4	5	15	15	183	548.4	9.1
900	10.6	1.5	12.1	10.3	1.5	11.8	28	338.8	5	15	15	183	556.8	9.3
1000	11.3	1.5	12.8	10.3	1.5	11.8	28	358.4	5	15	15	183	576.4	9.6

6.0 時間

3.1

9.6 時間

* 空キブルのスcaffoldへの仮置

** 仮置してある空キブルの切羽への吊降ろし

表4.3.1-7 換気立坑掘削サイクルタイム200m部

2キブル、深度200m、巻上下速度V=300m/min 堆積岩

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面	A1	m ²	22.1	$\Pi \cdot 5.3^2/4$ (仕上り径4.5m)
掘削断面	A2	"	25.0	$\Pi \cdot 5.64/4$ (余堀17cm) DI級
1発破進行長	B	m ²	1.3	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.6	DI級
穿孔長	D	m	1.5	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.5	DI級
1台当り穿孔数	G	孔/台	18	A1/E*C
削岩準備		分	30	ジャンボ準備
穿孔		"	18	D*G/F
削岩機移動		"	18	G*1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬
装薬		"	11	A1*C/5人*1.5(変化率) 軟岩II
発破退避		"	20	
発破・換気		"	20	換気15分
その他		"	10	ジャンボ格納等
小計		"	137	2.3 時間
ズリキブル容量	V0	m ³	2	
総ズリ量	ΣQ	"	48.8	A2*B*1.5(変化率) 軟岩II
巻上回数	n	回	25.0	$\Sigma Q/V0$
ズリ出し準備		分	5	
ズリ搬出時間	Tq	"	257.5	10.3 × 25 1サイクル(秒)
		"	37.5	1.5 × 25 分/回
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
小計		"	330	5.5 時間
計	ΣQ	"	467	7.8 時間

表4. 3. 1-8 換気立坑掘削サイクルタイム1000m部

2キブル、深度1000m、巻上下速度V=300m/min 花崗岩 健岩

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面	A1	m ²	22.1	$\Pi \cdot 5.3^2/4$ (仕上り径4.5m)
掘削断面	A2	"	25.9	$\Pi \cdot 5.74^2/4$ (余堀22cm)
1発破進行長	B	m ²	1.3	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	2.7	B級
穿孔長	D	m	1.5	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1	
1台当り穿孔数	G	孔/台	30	A1/E*C
削岩準備		分	30	ジャンボ準備
穿孔		"	45	D*G/F
削岩機移動		"	30	G*1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬
装薬		"	18	A1*C/5人*1.5分
発破退避		"	20	
発破・換気		"	20	換気15分
その他		"	10	ジャンボ格納等
小計		"	183	3.1 時間
ズリキブル容量	V0	m ³	2	
総ズリ量	ΣQ	"	55.5	A2*B*1.65(変化率) 硬岩II
巻上回数	n	回	28	$\Sigma Q/V0$
ズリ出し準備		分	5	
ズリ搬出時間	Tq	"	316.4	11.3 × 28
		"	41.6	1.5 × 28 分/回
浮石落とし		"	15	
壁面清掃		"	15	
小計		"	393	6.6 時間
計	ΣQ	"	576	9.6 時間

4. 3. 2 立坑掘削

(1) 主立坑掘削

(a) 施工方法の選定

i) 施工概要

主立坑の施工は、前提条件や限定条件の検討結果より下記の3深度に分割される。

- ① GL±0 ～GL-500m
- ② GL-500～GL-970m
- ③ GL-970～GL-1025m

ii) 施工方法

主立坑の施工方法について、坑口付近を除く標準的な部分（以後、立坑一般部と呼ぶ）と坑口部に分けて検討する。

ア) 主立坑一般部

立坑の施工では、立坑の深度、断面の大きさと形状、掘削対象地山の状態、工期、工費等を総合的に検討して適切な施工法を選定するのが通常である。

立坑の施工としては、一般的には以下の方法が考えられる(土木学会(1996):トンネル標準示方書[山岳工法編]・同解説。土木学会(1994):山岳トンネルの立坑と斜坑)。

- ・全断面発破掘下がり工法(交互工法、同時(併行)工法、ロックボルト吹付け工法)
- ・全断面発破掘上がり工法(クライマー工法、ステージカットブラスティング工法、足場組掘上り工法)
- ・機械掘削工法(レイズボーラー工法、TBM工法、シールド掘上り工法)
- ・導坑先進拡大掘削工法

以上の工法のうち主立坑掘削前に地下に水平坑道がないという施工条件と立坑径(仕上りφ6.5m)を考慮すると、全断面発破掘下がり工法が合理的であると考えられる。

全断面発破掘下がり工法には、主に以下の種類がある(日本トンネル技術協会

(1992):トンネル工事の安全―山岳トンネル斜坑・立坑編。北新建設(1977):立坑開さく法[増補版]。(株)建設産業調査会(1988):最新トンネル工法・機材便覧)。

①交互工法(ロングステップ工法)

昭和 40 年以前の国内立坑工事で盛んに採用された工法で、地質に応じて、20～30mを 1 回のブロックとして、掘削と覆工を交互に行う工法である。1 ブロックをリング支保工と共に掘り下がった後、引き続いて最下段にフーチングを設けコンクリート覆工を下方から順巻打設する。

②交互工法(ショートステップ工法)

昭和 38 年に開発されたもので、穿孔、発破、ズリ出しの後直ちに掘削した部分の覆工を行う工法である。この場合の 1 ステップ長は地山の自立状況により 1.2～3.0m程度に定められる事が多い。さらに、1.2～1.8m の掘削と覆工を逐一実施する「毎発破 (Step-by-step 工法)」と、1.2～1.5mの掘削を 2 サイクル実施し覆工を 2.4～3.0m のスパンで打設する「隔発破 (2-Step) 工法」が良く用いられる。

③同時工法 (併行法)

良好な岩盤の場合には、ある深さまで掘削後、スcaffoldingを足場として、上部では覆工作業、下部では掘削を進めるという、掘削と覆工を同時・並行作業する工法である。

④ロックボルト吹付け工法

穿孔、発破、ズリ出しの掘削作業をショートステップ工法と同様に実施した後、コンクリート覆工の代わりに吹付けコンクリートとロックボルトで一次支保する工法である。

まず③の同時工法(併行法)は設備が大規模となること、上下作業となるため安全上の注意が必要であり、施工例も少ないことから選定の対象から除外した。また、④については、今回の場合、地山が主に硬岩(花崗岩)であり、割れ目も比較的少ないため、ロックボルトや吹付けコンクリートによる一次支保が基本的に不要と考えられること等から採用しないこととした。

次に、①ロングステップ工法と②ショートステップ工法を比較すると、ショートステップ工法は下記のような利点がある。

・特殊な場合を除いて支保工が不要である。

- ・側壁の露出面も少なく、掘削後直ちに上部から逐次覆工を行うので、地山崩壊や発破振動による支保工の緩みも無く、安全性が高い。
- ・高所作業が少ない。
- ・湧水処理がしやすい。
- ・作業の簡素化が図れ、経済的である。

以上のことから主立坑一般部の施工方法は②「ショートステップ方式」によることとした。

イ) 主立坑坑口上部

坑口上部は櫓の反力を支持するのに十分な躯体構造とする必要がある。坑口上部は施工性、経済性、工期面で有利な「法面によるオープン掘削」による方法を選定する。

ウ) 主立坑坑口下部

坑口下部は立坑を掘削するにあたり、櫓、スcaffordが設置できる深度となっていないため、移動式クレーンを用いて掘削ズリの搬出を行うこととすれば、効果的なズリの搬出が可能である。

坑口下部の施工方法としては、ア) 主立坑一般部で検討した、①ロングステップ工法、②ショートステップ工法、④ロックボルト吹付け工法が考えられる。工法選定に際しては、地山の自立性、掘削方式（発破または機械）、コンクリート供給体制、工期と経済性を総合的に評価する必要がある。

(b) 主立坑の施工方法

立坑坑口部の躯体は、立坑掘削設備の基礎として必要な支持力が得られる深度まで地山を掘削し、新鮮な岩盤に直接支持させる。

現状では表土の厚さを数mと想定し、必要な支持力を期待するために岩を掘削することを考慮して、ここでは主立坑の坑口部の躯体はGL - 5m程度まで掘削する、そしてスcaffordを設置でき発破時の飛石が届かないことを考慮して、ここでは主立坑の坑口下部の深さをGL - 25mと仮定して、以下検討を進める。

主立坑の施工は大きく以下の3つのステップに分かれる。

- ①坑口上部（GL - 5 m程度まで）：法面掘削+坑口部躯体構築
- ②坑口下部（GL - 5 m～GL - 25m程度）：発破/機械掘削+ライナープレート+覆工コンクリート
- ③ 主立坑一般部（GL - 25m～GL - 1025m）：発破工法+櫓を用いたズリ搬出+覆工コンクリート

主立坑の施工フローを図 4.3.2-1 に示す。

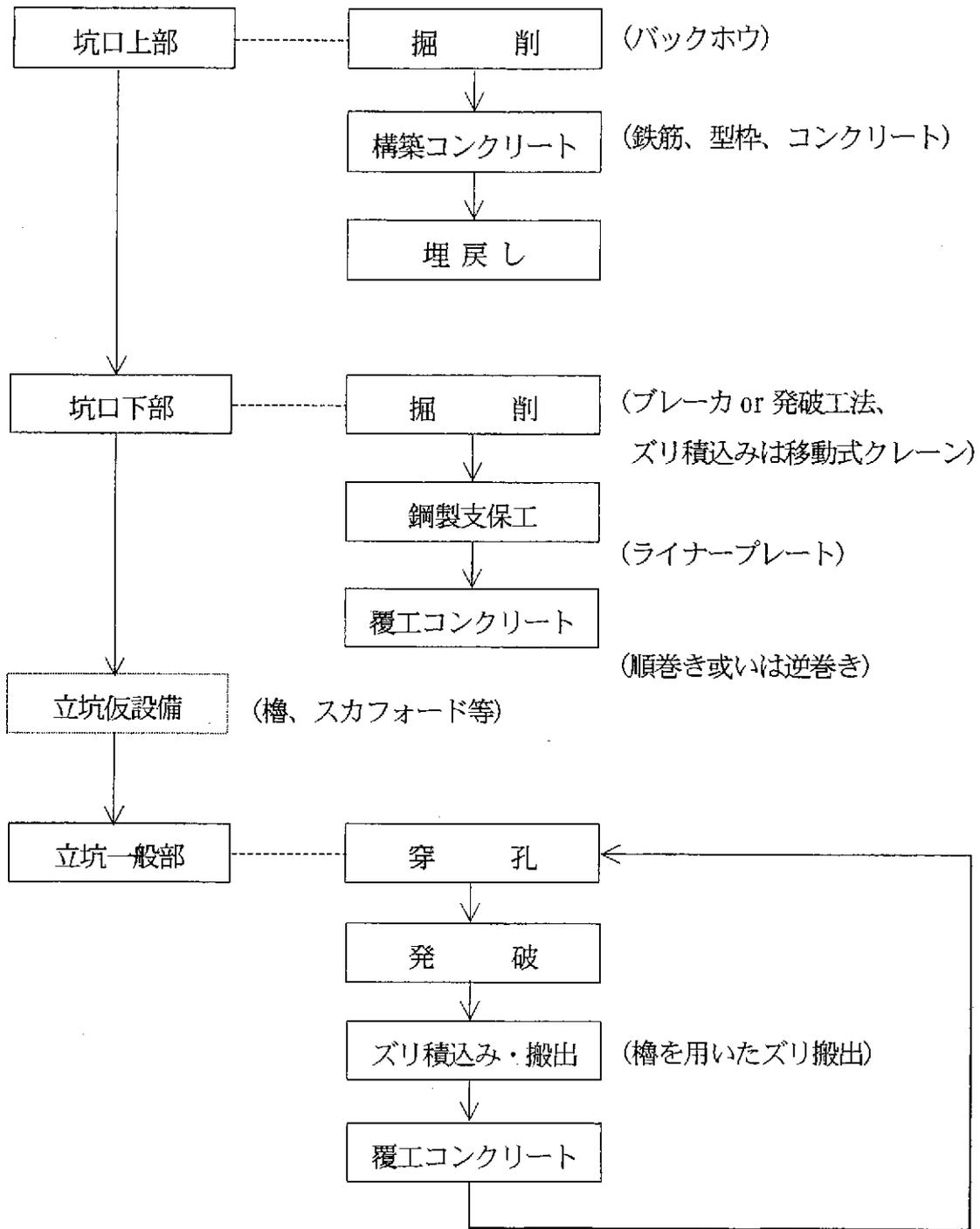


図 4.3.2-1 主立坑の施工フロー

i) 主立坑坑口上部

坑口上部の施工は、図 4.3.2-2 に示す通り、①地表よりバックホウで開削し、床づけ後、均しコンクリートを打設する。続いて、②鉄筋・型枠組立て後、③躯体のコンクリート打設を行い構築する。最後に、躯体コンクリート構築後は④良質土にて周囲を埋戻す。

ii) 主立坑坑口下部

坑口下部の施工は、図 4.3.2-3 に示す通り、油圧ブレーカもしくは発破を用いて掘削を行う。掘削ズリはズリキブルを移動式クレーンで巻き上げて排出する。なお、重機の搬入・搬出も移動式クレーンを使用する。掘削後はライナープレート及び補強リングを組立てて地山を支保し、ロングステップ工法の場合には床付けまで掘削完了後、底部から順に覆工コンクリートを（順巻）打設する。一方、ショートステップ工法の場合には、掘削、ズリ出し、支保（必要な場合）の後、直ちにコンクリート覆工を（逆巻）打設し、床付まで繰返す。なお、地山との空隙がある場合はエアモルタル等で覆工背面を充填する。

iii) 主立坑一般部

全断面発破掘下がり工法（ショートステップ工法）で一般に使用される主要設備は、キブル巻上機、キブル、スカフォード巻上設備、穿孔設備、ズリ処理設備、覆工設備、坑口設備、人用エレベータ、換気・給排水設備等である。

掘削は巻上げ機を用いて行われる。巻上げ機は、立坑施工時の設備を考慮して選択する必要がある。立坑の特殊な機械には立坑内の作業吊足場となるスカフォード、ズリまたはコンクリートを運搬するキブル、ズリ積機のシャフトマッカ等がある。

穿孔、発破はトンネルの場合と同様であるが、ズリはスカフォードに取付けられたシャフトマッカのバケットによりキブルに積み込まれ、キブルウインチで機まで巻き上げる。巻上げられたキブルは、ズリ捨て装置により立坑外に搬出される。

この間に坑底では、別のキブルに積込みを行い、ズリ出し時間の短縮をはかる。

スカフォードはスカフォードウインチにより昇降し、覆工コンクリートの型枠組立、コンクリートの打設、配管その他の作業の足場として使用する。

主立坑一般部の施工手順を図 4.3.2-4 に示す。手順の詳細は以下の通りである。

ア) 穿孔・発破

主立坑の穿孔には3B シャフトジャンボ（2B は穿孔用、1B は研究用・故障時の非常用）が用いられる。

下向きの穿孔のため、土砂等の流入により孔が塞がることを防ぐため、穿孔後は木栓等により蓋をする。また、切羽に水が溜まると考えられることから、漏洩電流による事故防止のため非電気式雷管を使用する。さらに残留火薬による穿孔中の爆破事故防止のために含水爆薬を使用する。装薬完了後、φ6.1m スカフォードを巻き上げ、全員の退避を確認した後爆破を行う。初期の段階では、発破による飛石防護のため、防爆シートを設置する。

イ) ズリ出し

湧水がある場合は、発破後、坑底に水中ポンプを下ろし、揚水した後ズリ積作業に取り掛かる。ズリはスカフォード下部に取付けた0.4m³シャフトマッカにより6m³ズリキブルに積込み、櫓まで巻き上げる。巻き上げたズリはキブル転倒装置で立坑外に搬出し、仮置きする。ズリキブルは2個準備し、巻き上げ中に坑底ではズリ積込みを行い、サイクルタイムの短縮を図る。

ショートステップ工法では、ズリを全量搬出せず、覆工長に合わせて坑底敷き均しを行い、この上に移動式型枠をセットしてコンクリートを打設し、コンクリート打設完了後に残りのズリ出しを行う(図 4.3.2-4 参照)。この方法によれば、次発破時までのコンクリートの養生時間をより多くとることができる。また、発破が覆工コンクリートや型枠材に与える影響を軽減できるという利点もある。

ウ) 覆工コンクリート

覆工コンクリートは、移動式型枠を使用して施工する。コンクリートは2.5 m³コンクリートキブルでスカフォードまで運搬し、シュートにより打設する。

ショートステップ方式では、コンクリート打設完了後、比較的短時間（立坑規模にも依るが6～12時間程度）に近接して次の発破作業が行われ、ズリ積み後、脱型作業が行われる。したがって、覆工コンクリートには早期強度が要求される(土木学会(1996):トンネル標準示方書[山岳工法編]・同解説)。

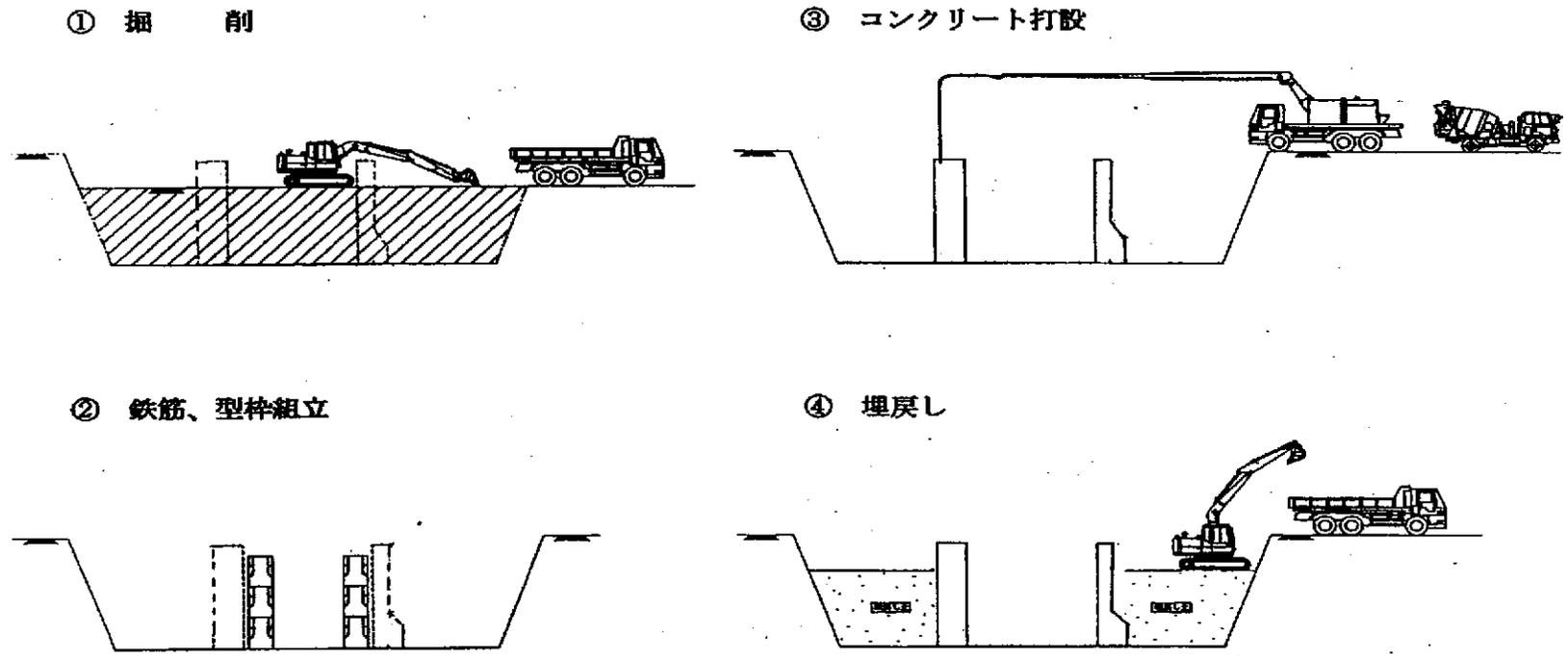
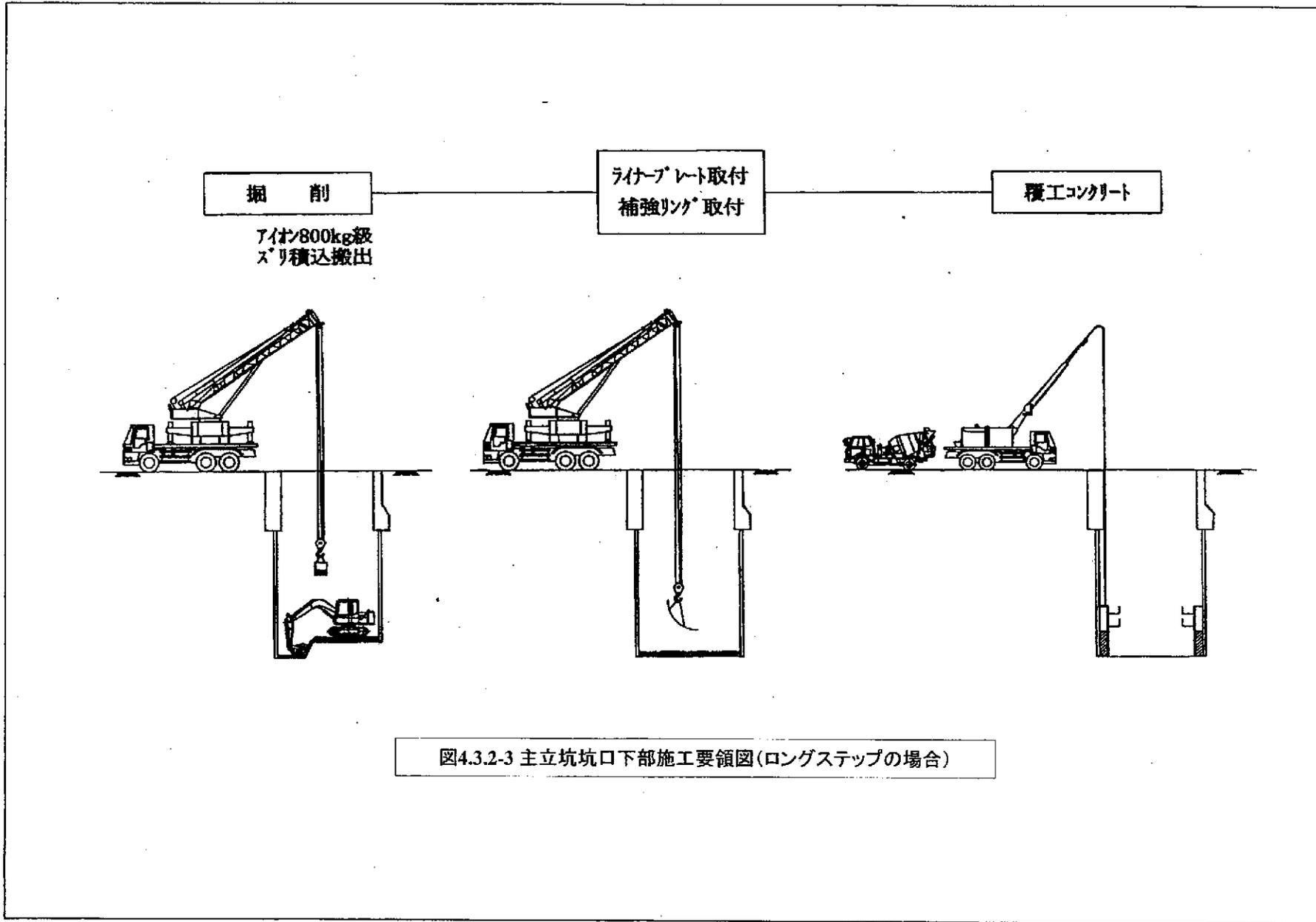


図4.3.2-2 主立坑坑口上部施工要領図



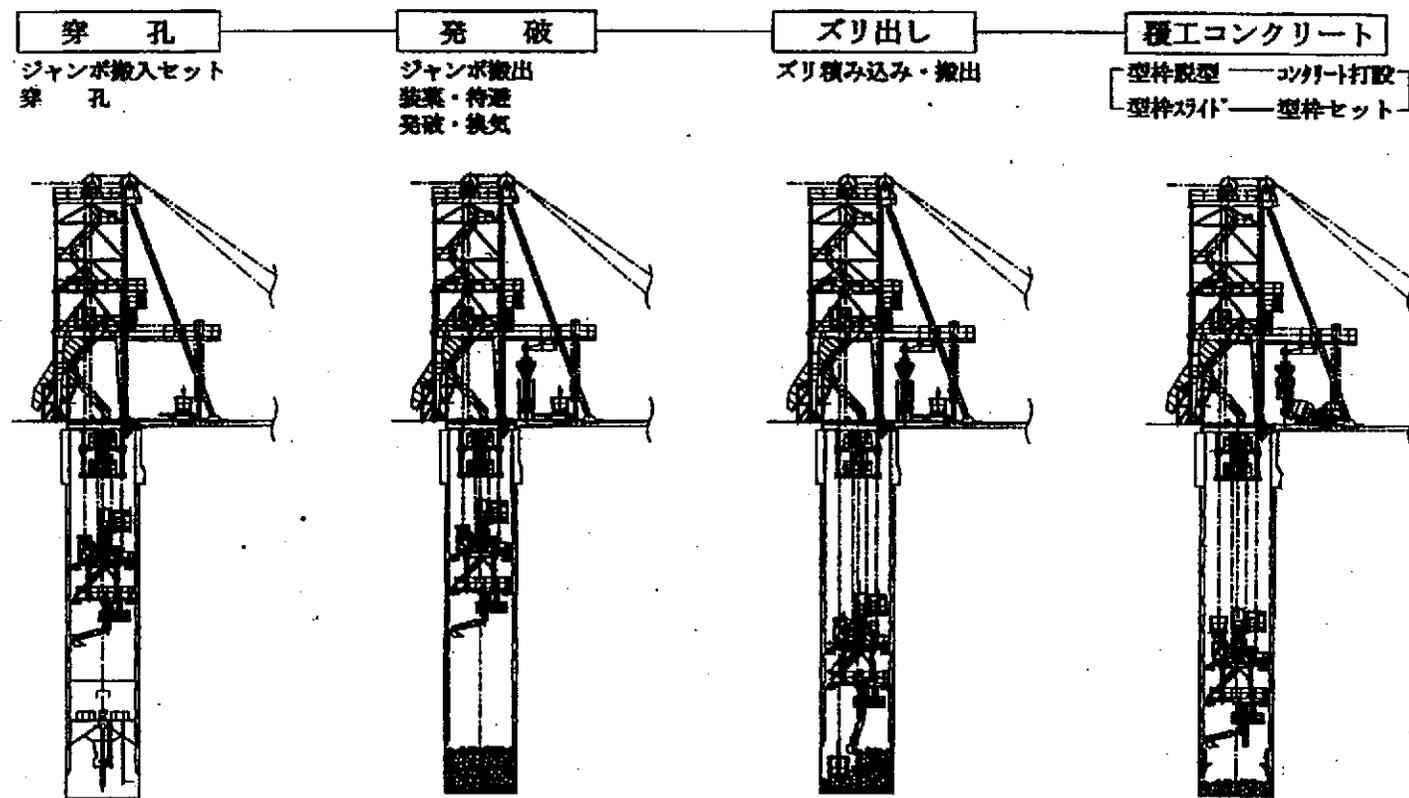


図4.3.2-4 主立坑一般部施工要領図

(c) 主立坑の裏面排水工・湧水処理工

i) 湧水処理の目的

- ① 湧水による立坑掘削作業への悪影響の防止（作業能率の低下、揚水設備保守の増大、作業環境の悪化、設備機器の故障・早期損傷など）
- ② 漏水によるコンクリート品質低下の防止

ii) 湧水処理の方法

過去の事例によると、立坑掘削能率を低下させる湧水量は一般的に $20 \text{ m}^3/\text{min}$ 程度と考えられており、これを超える場合には止水工法或いは事前の地下水位低下工法が、これ以下の場合には排水工法がよく採用されている。ただし、立坑掘削では止水工法や地下水位低下工法を行っても残水はある程度存在するため、排水工法は何れにしても不可欠となる(土木学会(1996):トンネル標準示方書[山岳工法編]・同解説)。

超深地層研究所の地下施設全体の恒常的な湧水予測量は約 $2 \text{ m}^3/\text{min}$ と算定されており、その他工事水・試験水、冷却水を考慮した結果、排水量 $3 \text{ m}^3/\text{min}$ の立坑部排水システムとして予備ステージ間隔に対応した 100 m 揚程の水中ポンプ2系統が検討されている。

iii) 排水方法

一般的な立坑掘削時の排水方法としては、次のものが考えられる(土木学会(1994):山岳トンネルの立坑と斜坑)。

- ① キブルによる排水： $20 \text{ m}^3/\text{min}$ 程度以下と湧水量が少ない場合、サンドポンプでズリキブルに汲み入れ、ズリと一緒に巻き上げる方法。
- ② ポンプ設備による排水：立坑全延長に $20 \sim 30 \text{ m}$ 間隔で中継槽を設置し、能力に合わせた水中ポンプにより段階別に揚水する方法（図 4.3.2-5 参照）。
- ③ 先行水抜きボーリング孔による方法：立坑断面内の下方に横坑があり、その間を結ぶ先行水抜きボーリング孔を施工出来る場合、この水抜き孔のケーシングパイプ（ $\phi 100 \sim 150 \text{ mm}$ ）にサイフォン管を被せ、サイフォンの力を利用して下部横坑へ排水する方法。

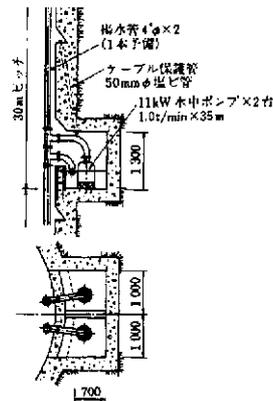


図 3.1.42 立坑中継ポンプの例 (その 2)²⁴⁾

図 4.3.2-5 立坑中継ポンプの事例(土木学会(1994):山岳トンネルの立坑と斜坑)

主立坑及び換気立坑の掘削時における切羽湧水処理方法としては、湧水量は 20 m^3/min 程度を上回る可能性が高いこと、立坑底部の下側に横坑は事前施工されないこと、そして地下施設全体の立坑部排水システムとして予備ステージ間隔に対応した 100m 揚程の水中ポンプ 2 系統が検討されていることから、上記②のポンプ設備による排水とする。

尚、想定外事象の一つである高圧多量の突発湧水に対しては、超深地層研究所としての目的の一つである地下水調査を考慮の上、注入工法など地下水環境を極力乱さない対策を別途講ずる必要がある。

iv) ウォーターリングによる集水

掘削中に必要な排水処理を行っても、これを完全に排水することは不可能であり、必ずコンクリート打継目から湧出し坑壁を伝わって流下する。この湧出量が増えると、コンクリート打設時に型枠内へ流入しコンクリートの品質低下を招いたり、立坑内へ飛散して作業環境を悪くする。そこで、湧水量によって規模は異なるが、通常立坑内壁に 20~30m 間隔でリング状の集水溝 (ウォーターリング) を設けて集水が行なわれる (図 4.3.2-6 参照)。調査研究の観点からも、覆工コンクリート打設後に排水量の測定と導水が要求されている。

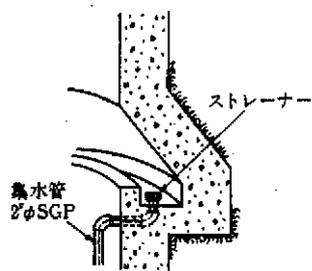


図 3.1.43 ウォーターリングの例

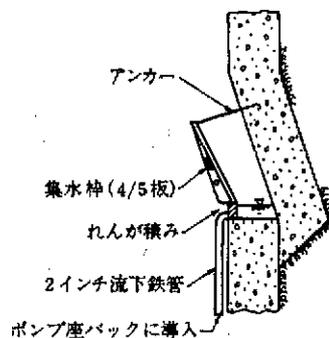


図 3.1.44 ウォーターリングの例

図 4.3.2-6 ウォーターリングの事例(土木学会(1994):山岳トンネルの立坑と斜坑)

主立坑及び換気立坑では深さ方向約 100m 間隔で排水中継用の水中ポンプが各ステージに配置されること、一般的なウォーターリング設置間隔が 20~30m であることから、図 4.3.2-7 に示す通り深さ 100m を 4 等分した 25m をウォーターリングの基本的な設置間隔とする。また、主立坑及び換気立坑では調査研究として地下水の地球化学調査・長期モニタリングが行われるので、ウォーターリング材料には止水性、長期耐久性、非溶性が必要である。

v) 裏面排水工

覆工背面より流入する湧水圧が覆工に作用しないよう速やかに排水する事、更に 1 ブロック 25m 毎のウォーターリングによる集水を円滑にし、かつ 1 ブロックを確実に独立させるため裏面排水工を行う。参考例として、第二阪奈トンネル中央立坑では、裏面排水材（チューブ径 30 mm×3 本、フィルタ材、遮水シート）を縦断方向に 4 箇所（90° 間隔）、円周方向に 10m 間隔で岩盤壁面に設置されている。加久藤トンネル立坑では、裏面排水材（フィルタマット 300×50 mm）を縦断方向に 4 箇所（90° 間隔）、円周方向に 50m 間隔で岩盤壁面に設置されている。

主立坑及び換気立坑はショートステップ工法で掘削され、基本的に無支保で吹付けコンクリートが施工されないため、裏面排水材が確実に岩盤壁面に固定設置する工夫が必要である。図 4.3.2-8 に示す通り、裏面排水材は縦断方向に 4 箇所（90° 間隔）、円周方向 25m 間隔を基本とする。また、主立坑及び換気立坑では調査研究として地下水の地球化学調査・長期モニタリングが行われるので、裏面排水材料には長期耐久性、非溶性が、ブロック端部には止水性、ブロック内では通水性が要求される。

vi) 施工手順

ショートステップ立坑施工中におけるポンプ排水工、裏面排水工、ウォーターリング集水工の施工手順を以下に示す。

ア) ポンプ排水工

一般に立坑掘削が何とか可能な湧水量は約 $0.5\text{m}^3/\text{min}$ とされる(H12 年度設計研究)。中山トンネルの四方木立坑や高山立坑での施工事例で当初設計湧水量が $0.5\text{m}^3/\text{min}$ であったことから、主立坑および換気立坑の切羽周辺からの湧水量は各々 $0.5\text{m}^3/\text{min}$ とする。本設排水用の高揚程水中ポンプ(LH8110 型:揚程 100m、吐出量 $3.6\text{m}^3/\text{min}$ 、重量 1.25ton) は非常に重く嵩張るため坑底での取回し作業が困難で使用不可と考えられる。そこで、揚水量 $0.4\text{m}^3/\text{min}$ 程度の高揚程水中ポンプ(例えば、U-2153AW:口径 80 mm、吐出量 $0.5\text{m}^3/\text{min}$ 、全揚程 65m・最高揚程 85m、モータ出力 11kW、最大径 280 mm×高さ 930 mm、重量 145kg) を切羽に 1 台(他 1 台は補修・故障等の非常時用)用意し、これにより 50m 間隔に設置する中継槽へ揚水する。そこに用意した同能力の水中ポンプにより更に上の中継槽へと順次揚水を繰り返し、直上の予備ステージ床面に設けられた貯水タンクまで揚水する。そこからは本設の水中ポンプ(100m 揚程)により順次揚水を繰り返し、地上の濁水処理プラントへ排水する。

イ) 裏面排水工

覆工コンクリート打設用の移動式型枠の移動前に、立坑縦断方向に 4 本(90° 間隔)の排水材を既設分に継ぎ足し岩盤壁面に固定設置する。尚、25m 毎のブロック下端では図 4.3.2-7 に示すように、円周方向排水材を追加設置し、縦断方向排水材の設置 4 箇所水抜管よりウォーターリングへ集水する。

ウ) ウォーターリング集水工

覆工コンクリートの打設後、25m 長の 1 ブロック毎の最下段にウォーターリングを設置し、立坑内への湧水を集水管を通して各ステージの貯水タンクへ導水する。この際、各ブロックの湧水量が測定される。

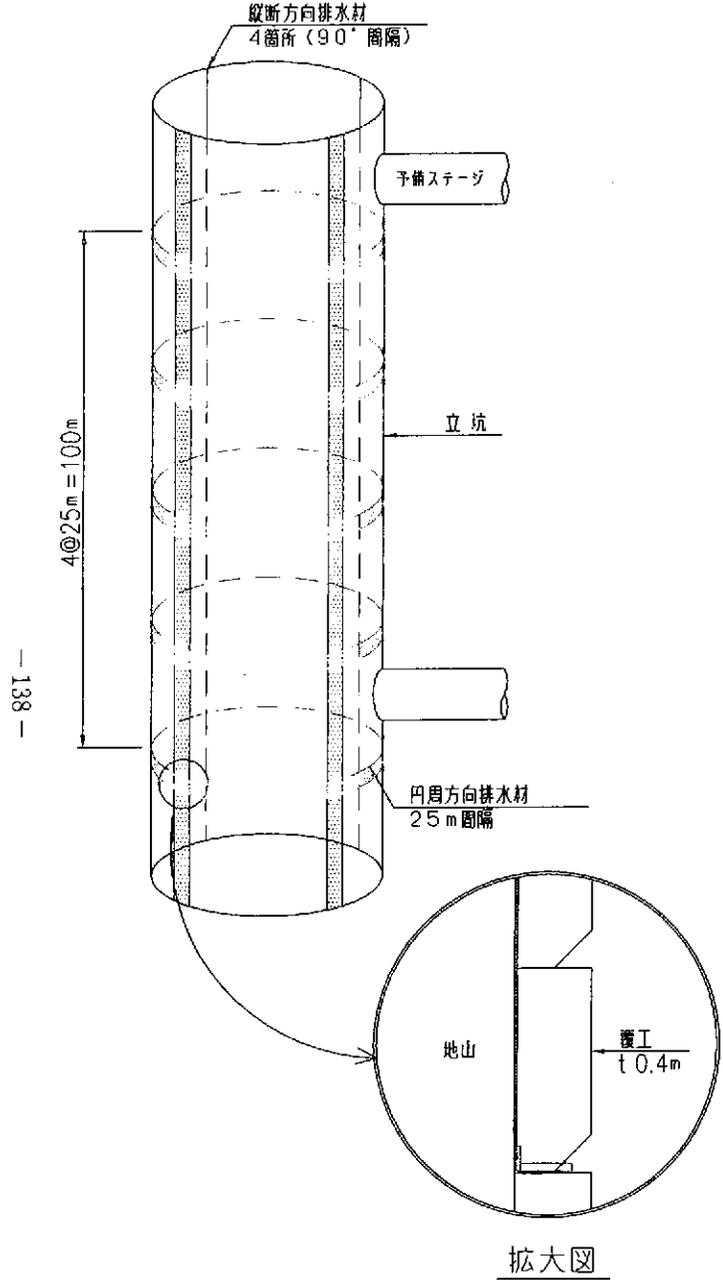


図4.3.2-8 裏面排水工の概念図

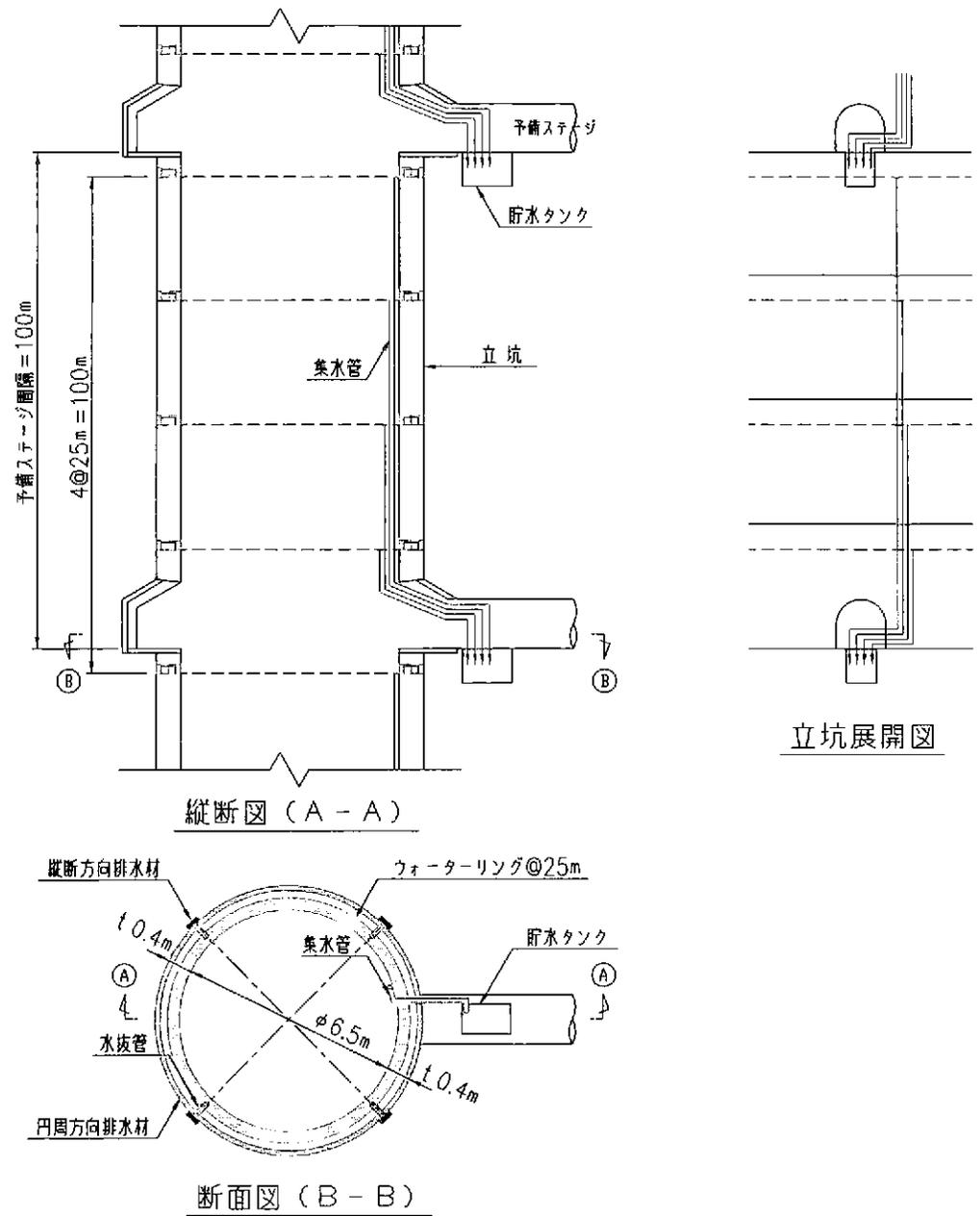


図4.3.2-7 ウォーターリングの概念図

(d) 主立坑施工のサイクルタイム

i) 制約条件の設定

主立坑施工のサイクルタイムの計算にあたり、下記の制約条件を設定した。

- ①JNC 基本計画での立坑目標月進 35m を確保する。
- ②覆工打設前に坑壁調査の研究時間として一定時間(3 時間)確保する。なお、調査前には壁面洗浄する。
- ③代表割れ目調査(地質構造)として、立坑掘削中に約 3 時間×(10~20 箇所)を確保する。
- ④作業員の作業時間(=拘束時間-休憩時間)を 1 方当り 10 時間以内とする。上記①②③は研究サイドからの制約条件であり、④は労働法上の制約条件である。一方、以下の事項は検討対象外とした。
- ⑤坑口上部・下部工事：新用地の地表付近の詳細データがなく、変更条件が不明なため。
- ⑥想定外事象(突発湧水、山はね、地山崩落、地温など)
- ⑦代表割れ目調査(水理)：その数量・規模と実施時期が不明のため。

ii) 地山分類

正馬様地区から戸狩地区への用地変更に伴い、DH-2 号孔ボーリング柱状図より深度 500m までの地質条件が変更となったため、以下の事項を考慮する。

- ①瑞浪層群堆積岩が地表より深度 90m から 170m 程度へと層厚化し、CH 級が主体であった MIU-2 孔に比べ CL 級と D 級が主体となり軟質化した。したがって、花崗岩健岩部と特性の異なる堆積岩の重要度が相対的に増したため、この堆積岩のサイクルタイムを新規計算し、適切な施工方法を検討する。
 - ②深度 430m~470m 付近に断層破碎帯と風化花崗岩が存在するため、これら不良地山のサイクルタイムを新規計算する。
 - ③深度 1000m の大部分を占める花崗岩健岩部のサイクルタイムを精査する。
- 地山分類の結果を表 4.3.2-1 に示す。

表4.3.2-1 地山分類

地質	岩盤等級	特記	立坑					
			区間長 (m)	深度GL-		構造分類	地山分類	
				(m)	~			(m)
不明	不明	—	5.00	0.00	~	5.00	坑口上部	坑口上部
不明	不明	—	20.00	5.00	~	25.00	坑口下部	坑口下部
新第三紀 瑞浪層群	CL~D	堆積岩 (砂岩・泥岩・礫岩の互層)	155.00	25.00	~	180.00	立坑標準部	①堆積岩
土岐花崗岩	B~CH	健岩部	255.00	180.00	~	435.00		②花崗岩 (健岩部)
新第三紀 瑞浪層群	—	堆積岩 (砂岩・泥岩・礫岩の互層)	9.00	435.00	~	444.00		③断層状花崗岩
土岐花崗岩	CL~D	風化	18.00	444.00	~	460.00		④花崗岩 (風化・破砕帯)
新第三紀 瑞浪層群	—	堆積岩 (砂岩・泥岩・礫岩の互層)	6.00	460.00	~	466.00		⑤断層状花崗岩
土岐花崗岩	B~CH	健岩部	559.00	466.00	~	1025.00		②花崗岩 (健岩部)
合計			1,025.00	—	—	—	—	—

iii) 計算条件

主立坑の施工サイクルタイムを精度よく求めるため、トンネル積算基準や既往立坑サイクルタイム実績などを調査参考にして、発破掘削条件と作業歩掛りの見直しを行った。その結果を表 4.3.2-2 と表 4.3.2-3 に示す。

iv) 計算ケース

これまでの研究成果として「1 発破掘進長 1.3m×2 発破の 2.6m 打設スパン」が提示されているが、この妥当性を調べるために 1 発破掘進長を 1.2m、1.3m、1.4m、1.5m、1.6m、1.7m、1.8m の 7 つ設定する。さらに、ショートステップ工法のうち図 4.3.2-9 の「毎発破 (Step-by-step) 工法」と図 4.3.2-10 の「隔発破 (2-Step) 工法」によるサイクルタイム、施工・研究条件のうち「2 交替で連続的に作業する中で、昼夜問わず不規則な時刻に坑壁調査する場合」と「2 交替で断続的に繰り返し作業することにより、ある一定時刻に規則的に坑壁調査できる場合」による施工速度を算出し、適切な施工方法と必要な研究条件を検討する。計算ケースを表 4.3.2-4 に示す。

表 4.3.2-4 計算ケース

ケース	ショートステップ工法の種類	施工条件	研究条件
1	隔発破 (2-Step) 工法	2 交替で連続的に作業	昼夜問わず不規則な時刻に坑壁調査
2		2 交替で断続的に繰り返し作業	ある一定時刻に規則的に坑壁調査
3	毎発破 (Step-by-step) 工法	2 交替で連続的に作業	昼夜問わず不規則な時刻に坑壁調査
4		2 交替で断続的に繰り返し作業	ある一定時刻に規則的に坑壁調査

表4.3.2-2 主立坑の発破掘削条件

立坑種別	記号	単位	主立坑			
設計掘削径	φ	m	7.3			
設計掘削断面積	A	m ²	41.9			
1発破進行長	B	m	1.3(標準値)			
地山分類	—	—	①堆積岩	②花崗岩 (健岩部)	③断層破砕帯	④花崗岩 (風化・破砕帯)
岩盤等級	—	—	CL~D	B~CH	—	CL~D
余掘り		m	0.17 (D相当)	0.22 (B相当)	0.17 (D相当)	0.20 (CII相当)
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.5 (D相当)	2.5 (B相当・小割)	1.5 (D相当)	1.8 (CII相当・小割)
穿孔長	D	m	B+0.2	B+0.2	B+0.2	B+0.2
のみ下がり速度	F	m/分	1.5 (D相当)	1.0 (B相当)	1.5 (D相当)	1.3 (CII相当・小割)
土量変化率	L	—	1.5 (軟岩II)	1.65 (硬岩I)	1.5 (軟岩II)	1.60 (中硬岩)
支保工			なし	なし	なし 125 形支保工	なし 125 形支保工
1次覆工:厚さ(cm)			40	40	40	40
裏込め注入			なし	なし	なし 設置後 早期美施	なし 設置後 早期美施

赤字: H12基本設計、H10設計研究より見直し

赤字は新規追加

表4.3.2-3 作業歩掛り(主立坑)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	考え方	根拠
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	A1		
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	A2		
1発破進行長	B	m	B		
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	C		
穿孔長	D	m	D		
削岩機使用台数	E	台	E		
のみ下り速度	F	m/分	F		
1台当り穿孔数	G	孔/台	A1・C/E		
削岩準備	Tb1	分	30	シャフトジャンボ・作業員準備	既往立坑実績
穿孔	Tb2	"	D・G/F		-
削岩機移動(各孔間)	Tb3	"	G・1分	孔間移動時間:1(分)	シャフトジャンボ能力より推定
装薬準備	Tb4	"	10	火薬類運搬等	既往立坑実績
装薬	Tb5	"	A1・C・1.5分/5人	1孔当り装薬結線時間:1.5(分)	既往立坑実績
退避	Tb6	"	20	スcaffolding、作業員、水中ポンプ等	既往立坑実績
発破・換気	Tb7	"	20	内、換気15分	既往立坑実績
その他	Tb8	"	10	シャフトジャンボ格納、測量等	既往立坑実績
穿孔発破計	Tb	"	Σ Tb1~8	(H12基本設計と同様)	
		時間	Tb/60		

B) スリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	考え方	根拠
スリ総量	Σ Q	m ³	A2・B・L	L:変化率	
1台当りスリキブル容量	V0	m ³	V0		
キブル運搬回数	n	回	Σ Q/V0		
スリ出し準備	Tm1	分	5		発破トンネル
揚げスリ	Tm2	"	n・te	te:スリ出し1サイクル時間(分)	-
キブル積替え	Tm3	"	0		-
浮石落し	Tm4	"	15		既往立坑実績
壁面清掃	Tm5	"	15		既往立坑実績
スリ出し計	Tm	"	Σ Tm1~5	(H12基本設計と同様)	
		時間	Tm/60		

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	考え方	根拠
コンクリート打設量	Qc	m ³	Qc		
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	Kc		
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分	既往立坑実績
キブル運搬回数	nc	回	Qc/Kc		
坑壁洗浄・裏面排水工	Tf1	分	60	調査研究前に洗浄	既往立坑実績
盤均し	Tf2	"	60		既往立坑実績
セントル脱型・移動・組立	Tf3	"	120	ケレン・清掃含む	既往立坑実績
脱型組立小計	Tf	"	Σ Tf1~3=240	(H12基本設計より変更)	
		時間	Tf/60		
打設準備	Tc1	分	30		既往立坑実績
コンクリート打設	Tc2	"	tc・nc	tc:キブル運搬時間(分)	-
後片付け	Tc3	"	30		既往立坑実績
コンクリート打設小計	Tc	"	Σ Tc1~3	(H12基本設計より変更)	
		時間	Tc/60		
型枠・コンクリート打設計	Tf+Tc	分	Tf+Tc	(H12基本設計と同様)	
		時間	(Tf+Tc)/60		

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	考え方	根拠
建込準備	Ts1	分	Ts1	支保工あり:Ts1=30、 支保工なし:Ts1=0	既往立坑実績
支保工建込	Ts2	"	Ts1	リング支保工+矢板100%:Ts2=90、 リング支保工+ライナープレート:Ts2=180	既往立坑実績
支保工計	Ts	分	Σ Ts1~2	(今回、新規追加)	
		時間	Ts/60		

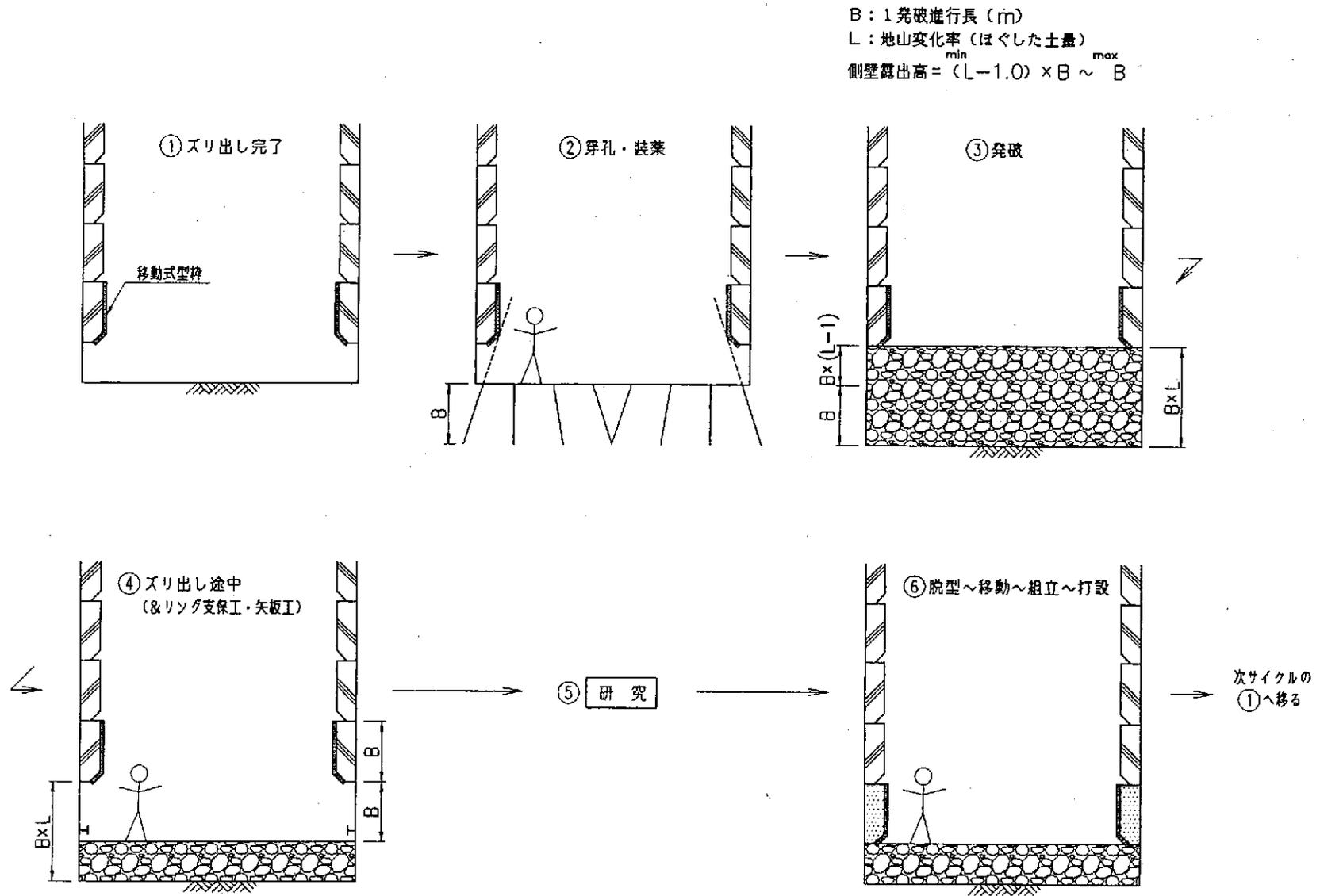


図4.3.2-9 毎発破(Step-by-Step)工法の施工手順

B : 1 発破進行長 (m)
 L : 地山変化率 (ほぐした土量)
 $\text{側壁露出高} = (L - 1.0) \times B \sim 2 \times B$

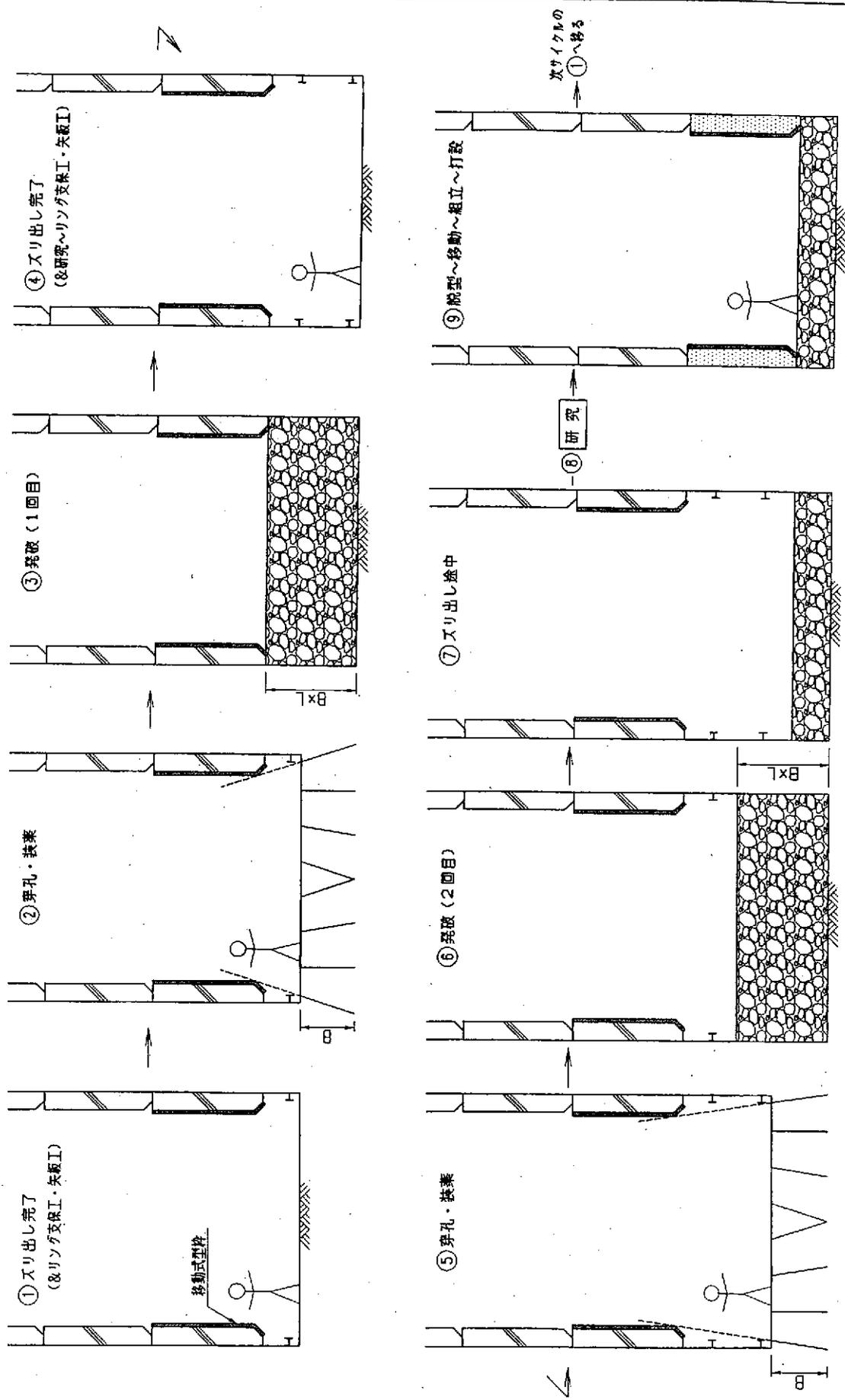


図4.3.2-10 隔発破(2-Step)工法の施工手順

v) 計算結果

主立坑の施工サイクルタイムの計算結果として、①堆積岩を表 4.3.2-5～表 4.3.2-24 に、②花崗岩健岩部を表 4.3.2-25～表 4.3.2-44 に、③断層破碎帯を表 4.3.2-45～表 4.3.2-50 に、④風化花崗岩を表 4.3.2-51～表 4.3.2-56 に示す。但し、③断層破碎帯と④風化花崗岩については、不良地山のため1発破掘進長を長く取れないことから1.2mと1.3mに設定している。

vi) 施工方法の評価

タイムスケジュールの一例を図 4.3.2-11 に示す。これはケース1の例であり、発破ズリ出しを2回繰り返し、覆工コンクリートは2回の掘削分を1回で打設する施工サイクル（1サイクルは39.2時間）を2交替で連続的に進める。JNCの研究時刻は最初が8:30～11:30、次が23:30～3:30と不規則となる。因みに月進は36.6mである。

ア) 月進

主立坑の月進を表 4.3.2-57 に示す。同表より、同じ地山条件と1発破掘進長の場合、ケース1、ケース2、ケース3、ケース4の順に月進が低減していく事が分かる。堆積岩と花崗岩健岩部がともにJNCの掲げる目標月進 35m/月を満足するのは、1発破掘進長 1.3m以上のケース1、1発破掘進長 1.6m以上のケース2、1発破掘進長 1.8mのケース3である。断層破碎帯と風化花崗岩はともに支保工設置作業が追加されるため、目標月進 35m/月を満足できるケースは存在しない。

イ) 側壁露出面高さ

主立坑の掘進中に側壁が無支保で露出する高さを表 4.3.2-58 に示す。安衛則 356 条より、「掘削中の土砂崩壊防止のため、掘削面の勾配が 90 度垂直の場合、岩盤又は堅い粘土(N値 8 以上)の地山では掘削面高さは 5m未満でなければならない。その他の(不良)地山では2m未満でなければならない」と法律で定められている。また、立坑は通常の横坑と異なり、足元が作業場所の切羽であること、特に装薬・結線作業と坑壁調査研究作業は側壁に近づかざるを得ない。従って、立坑内での安全作業を考えると、堆積岩や花崗岩健岩部などの堅固な地山の場合でも、無支保・無覆工の素掘り壁面高さは最大 3m程度以下が望ましいと考える。

ウ) 覆工脱型養生時間

主立坑に設置するコンクリート覆工の打設完了から次ステップのための脱型までの養生時間を表 4.3.2-59 に示す。施工条件より、ケース2はケース1よりも、ケース4はケース3よりも養生時間が長い。立坑の覆工コンクリートは通常の横坑とは構造が異なること、そして逆巻打設されることから、その標準養生時間に関しては別途検討が必要である。ここでは、あくまで参考として通常の横坑における標準養生時間12～18時間(土木学会(1996):トンネル標準示方書[山岳工法編]・同解説)と比較すると、ケース1とケース2の場合は養生時間が24時間以上と比較的長いのに対して、ケース3とケース4の場合は12時間以上と少し短い。

エ) 覆工発破影響時間

主立坑に設置するコンクリート覆工の打設完了から次ステップのための最初の発破により振動影響を受けるまでの時間を表 4.3.2-60 に示す。ショートステップ工法では発破後のズリ出し途中で移動式型枠の設置空間が出来ると直ちに覆工作業へ移るため、この影響時間は実際にはズリの取り残し量によって変化する。本検討では、発破による発生ズリの2/3を搬出後、覆工打設した後、残る1/3のズリを搬出してから次ステップの穿孔作業に入るものと仮定している。ショートステップ立坑の場合、その工法の特徴から打設後短時間にその直下で発破が行われるため、発破によるクラック発生などの品質低下に繋がらないよう注意が必要であり、主立坑においても別途検討が必要である。なお、ショートステップ立坑のコンクリート覆工の標準的な発破影響時間は、既往の実績では6～12時間である(土木学会(1996):トンネル標準示方書[山岳工法編]・同解説)。この標準影響時間と比較すると、花崗岩健岩部は全ケースで7時間以上と比較的長いのに対して、堆積岩、断層破碎帯、風化花崗岩では穿孔発破時間が短いことから6時間以下と短い。

オ) ズリ出し作業占有率

ショートステップ立坑の場合、全作業のうちでズリ出し作業だけは機械作業である。従って、長孔穿孔等により高速施工を目指す、このズリ出し作業が長過ぎてしまい返って作業員が手待ちになり非効率となることが考えられる。1サイクルに占め

るズリ出し作業時間の比率を表 4.3.2-61 に示す。既往の実績から、ズリ出し作業は1 サイクルの半分程度である。主立坑では3 段スcaffordと2 缶ズリキブルによる替キブル方式を採用しており、その作業効率アップを 30%と仮定すると、ズリ出し作業比率は $50\% \times (1 - 0.3) = 35\%$ が目安となる。主立坑では全てのケースで 35%以下であり、効率的な作業という面で問題は無いと考えられる。

カ) 研究可能時間

立坑の目標月進 35m/月を上回るケースについて、もし月進を 35m/月に固定した場合に余る時間を調査研究に当てることが考えられる。そう仮定した場合の研究可能時間を表 4.3.2-62 に示す。ケース 1 の場合、堆積岩では 8.5 時間以上、花崗岩健岩部では約 3 時間以上を研究に当てることが可能である。

キ) まとめ

上記の、工程（月進）、安全性（側壁露出面高さ）、品質（覆工脱型養生・発破影響時間）、作業効率性（ズリ出し作業占有率）、研究可能性の観点より総合的に評価した結果を表 4.3.2-63 に示す。主立坑の場合、ケース 1 の 1 発破掘進長 1.3m×2 発破の 2.6m 打設スパンという「隔発破（2-Step）工法」により 2 交替で連続的に作業する施工手順で、かつ昼夜問わず不規則な時刻に坑壁調査する場合は妥当であると考えられる。この場合では同一の移動式型枠が使用可能である。但し、断層破碎帯、風化花崗岩の不良地山で支保工を省略する場合等、ケース 3 の 1 発破掘進長 1.3m の「毎発破（Step-by-step）工法」を採用する事も考えられる。

表4.3.2-5 主立坑サイクルタイム(堆積岩)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	41.9	$\pi \cdot (7.3)^2 / 4$ (仕上り径=6.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	45.8	$\pi \cdot (7.64)^2 / 4$ (余掘り=17cm:D I 相当)
1発破進行長	B	m	1.2	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.5	D I 級地山
穿孔長	D	m	1.4	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.5	D I 級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	32	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	30	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	32	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	19	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スカフォード、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	171	
		時間	2.9	

B)ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	82.4	A2・B・変化率(変化率=1.50:軟岩Ⅱ)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	6.0	
キブル運搬回数	n	回	14	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	237	n・te (te=16.9分)
キブル積替え		"	0	
浮石落とし		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	272	
		時間	4.5	

C)型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	30.4	$\pi (7.64^2 - 6.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	2.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	13	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	130	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	190	
		時間	3.2	
型枠・コンクリート打設計		分	430	
		時間	7.2	

D)支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

表4.3.2-6 主立坑タイムテーブル(堆積岩)

<ケース1>

SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	5	150	2.5	
休憩(昼間)	60	3	180	3.0	
交替	60	2	120	2.0	
小計	—	—	450	7.5	
ズリ出し	272	2	544	9.1	Tm、2発破分
支保工	0	2	0	0.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	171	2	342	5.7	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	190	1	190	3.2	Tc、2発破分
小計	—	—	1,496	24.9	
(1サイクル作業方数)	—	3	—	—	
1サイクルタイム	—	—	1,946	32.4	2発破分,24hr当り
コンクリート養生	—	1	1,426	23.8	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	262	4.4	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長	m		1.2		
1サイクル打設長	m		2.4		
月進	m/月		40.8		平均実作業日数=23日/月

<ケース2>

SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m		1.2		必要条件:1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m		2.4		
月進	m/月		27.6		平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-7 主立坑サイクルタイム(堆積岩)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	41.9	$\pi \cdot (7.3)^2 / 4$ (仕上り径=6.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	45.8	$\pi \cdot (7.64)^2 / 4$ (余掘り=17cm:D.I相当)
1発破進行長	B	m	1.3	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.5	D.I級地山
穿孔長	D	m	1.5	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.5	D.I級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	32	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	32	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	32	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	19	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcafford、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	173	
		時間	2.9	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	89.3	A2・B・変化率(変化率=1.50:軟岩II)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	6.0	
キブル運搬回数	n	回	15	$\Sigma Q/V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	254	n・te (te=16.9分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	289	
		時間	4.8	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	32.9	$\pi (7.64^2 - 6.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	2.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	14	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	140	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	200	
		時間	3.3	
型枠・コンクリート打設計		分	440	
		時間	7.3	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

表4.3.2-8 主立坑タイムテーブル(堆積岩)
 <ケース1> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	5	150	2.5	
休憩(昼間)	60	3	180	3.0	
交替	60	2	120	2.0	
小計	-	-	450	7.5	
ズリ出し	289	2	578	9.6	Tm、2発破分
支保工	0	2	0	0.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	173	2	346	5.8	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	200	1	200	3.3	Tc、2発破分
小計	-	-	1,544	25.7	
(1サイクル作業方数)	-	3	-	-	
1サイクルタイム	-	-	1,994	33.2	2発破分,24hr当り
コンクリート養生	-	1	1,464	24.4	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	-	1	269	4.5	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長		m	1.3		
1サイクル打設長		m	2.6		
月進		m/月	43.2		平均実作業日数=23日/月

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置き的一定時刻(3hr)

1発破進行長		m	1.3	必要条件:1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長		m	2.6	
月進		m/月	29.9	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-9 主立坑サイクルタイム(堆积岩)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	41.9	$\pi \cdot (7.3)^2 / 4$ (仕上り径=6.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	45.8	$\pi \cdot (7.64)^2 / 4$ (余掘り=17cm:D I 相当)
1発破進行長	B	m	1.4	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.5	D I 級地山
穿孔長	D	m	1.6	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.5	D I 級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	32	A1·C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	34	D·G/F
削岩機移動(各孔間)		"	32	G·1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	19	A1·C·1.5分/5人
退避		"	20	スカフォード、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	175	
		時間	2.9	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	96.2	A2·B·変化率(変化率=1.50:軟岩Ⅱ)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	6.0	
キブル運搬回数	n	回	17	$\Sigma Q/V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	288	n·te (te=16.9分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	323	
		時間	5.4	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	35.4	$\pi (7.64^2 - 6.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	2.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	15	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	150	tc·nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	210	
		時間	3.5	
型枠・コンクリート打設計		分	450	
		時間	7.5	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

表4.3.2-10 主立坑タイムテーブル(堆積岩)
 <ケース1> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	3	180	3.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	—	—	570	9.5	
ズリ出し	323	2	646	10.8	Tm、2発破分
支保工	0	2	0	0.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	175	2	350	5.8	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	210	1	210	3.5	Tc、2発破分
小計	—	—	1,626	27.1	
(1サイクル作業方数)	—	4	—	—	
1サイクルタイム	—	—	2,196	36.6	2発破分 24hr当り
コンクリート養生	—	1	1,656	27.6	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	343	5.7	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長		m	1.4		
1サイクル打設長		m	2.8		
月進		m/月	42.2		平均実作業日数=23日/月

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m	1.4	必要条件:1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr		
1サイクル打設長	m	2.8			
月進	m/月	32.2	平均実作業日数=23日/月		

表4.3.2-11 主立坑サイクルタイム(堆積岩)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	41.9	$\pi \cdot (7.3)^2 / 4$ (仕上り径=6.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	45.8	$\pi \cdot (7.64)^2 / 4$ (余掘り=17cm;D I 相当)
1発破進行長	B	m		
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.5	D I 級地山
穿孔長	D	m	1.7	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.5	D I 級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	32	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	36	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	32	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	19	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcafford、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	177	
		時間	3.0	

B)ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	103.1	A2・B・変化率(変化率=1.50;軟岩Ⅱ)
1台当りズリキブル容量	VO	m ³	6.0	
キブル運搬回数	n	回	18	$\Sigma Q / VO$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	305	$n \cdot t_q$ (t _q =16.9分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	340	
		時間	5.7	

C)型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	38	$\pi (7.64^2 - 6.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	2.5	
キブル運搬時間	t _c	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	n _c	回	16	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	160	t _c ・n _c
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	220	
		時間	3.7	
型枠・コンクリート打設計		分	460	
		時間	7.7	

D)支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

cycletime=1.5m タイムテーブルMS

表4.3.2-12 主立坑タイムテーブル(堆積岩)
 <ケース1> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	3	180	3.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	—	—	570	9.5	
ズリ出し	340	2	680	11.3	Tm、2発破分
支保工	0	2	0	0.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	177	2	354	5.9	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	220	1	220	3.7	Tc、2発破分
小計	—	—	1,674	27.9	
(1サイクル作業方数)	—	4	—	—	
1サイクルタイム	—	—	2,244	37.4	2発破分,24hr当り
コンクリート養生	—	1	1,694	28.2	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	350	5.8	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)

*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。

1発破進行長	m	1.5	
1サイクル打設長	m	3.0	
月進	m/月	44.3	平均実作業日数=23日/月

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m	1.5	必要条件:1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m	3.0	
月進	m/月	34.5	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-13 主立坑サイクルタイム(堆积岩)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	41.9	$\pi \cdot (7.3)^2 / 4$ (仕上り径=6.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	45.8	$\pi \cdot (7.64)^2 / 4$ (余掘り=17cm:D I 相当)
1発破進行長	B	m	16	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.5	D I 級地山
穿孔長	D	m	1.8	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.5	D I 級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	32	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	38	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	32	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	19	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スカフォード、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	179	
		時間	3.0	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	109.9	A2・B・変化率(変化率=1.50:軟岩Ⅱ)
1台当りズリキブル容量	VO	m ³	6.0	
キブル運搬回数	n	回	19	$\Sigma Q / VO$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	322	n・tc (tc=16.9分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	357	
		時間	6	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	40.5	$\pi (7.64^2 - 6.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	2.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	17	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	170	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	230	
		時間	3.8	
型枠・コンクリート打設計		分	470	
		時間	7.8	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

表4.3.2-14 主立坑タイムテーブル(堆積岩)
 SSS手順: 2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 昼夜問わず(3hr)

<ケース1>

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	3	180	3.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	-	-	570	9.5	
ズリ出し	357	2	714	11.9	Tm、2発破分
支保工	0	2	0	0.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	179	2	358	6.0	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	230	1	230	3.8	Tc、2発破分
小計	-	-	1,722	28.7	
(1サイクル作業方数)	-	4	-	-	
1サイクルタイム	-	-	2,292	38.2	2発破分,24hr当り
コンクリート養生	-	1	1,732	28.9	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	-	1	358	6.0	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)

*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。

1発破進行長	m	1.6	
1サイクル打設長	m	3.2	
月進	m/月	46.2	平均実作業日数=23日/月

<ケース2> SSS手順: 2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件: 2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m	1.6	必要条件: 1サイクルタイム ≤ 48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m	3.2	
月進	m/月	36.8	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-15 主立坑サイクルタイム(堆積岩)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	41.9	$\pi \cdot (7.3)^2 / 4$ (仕上り径=6.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	45.8	$\pi \cdot (7.64)^2 / 4$ (余掘り=17cm:D I 相当)
1発破進行長	B	m	1.7	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.5	D I 級地山
穿孔長	D	m	1.9	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.5	D I 級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	32	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	41	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	32	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	19	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcafford、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	182	
		時間	3.0	

B) スリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	116.8	A2・B・変化率(変化率=1.50:軟岩 II)
1台当りズリキブル容量	VO	m ³	6.0	
キブル運搬回数	n	回	20	$\Sigma Q / VO$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Ta	"	338	n・te (te=16.9分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	373	
		時間	6.2	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	43	$\pi (7.64^2 - 6.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	2.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	18	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	180	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	240	
		時間	4	
型枠・コンクリート打設計		分	480	
		時間	8	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

表4.3.2-16 主立坑タイムテーブル(堆積岩)
 <ケース1> SSS手順: 2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか (分) (時間)		備考
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	3	180	3.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	-	-	570	9.5	
ズリ出し	373	2	746	12.4	Tm、2発破分
支保工	0	2	0	0.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	182	2	364	6.1	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型~組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	240	1	240	4.0	Tc、2発破分
小計	-	-	1,770	29.5	
(1サイクル作業方数)	-	4	-	-	
1サイクルタイム	-	-	2,340	39.0	2発破分, 24hr当り
コンクリート養生	-	1	1,770	29.5	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	-	1	366	6.1	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)

*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。

1発破進行長	m			
1サイクル打設長	m		3.4	
月進	m/月		48.1	平均実作業日数=23日/月

<ケース2> SSS手順: 2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件: 2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m			必要条件: 1サイクルタイム ≤ 48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m		3.4	
月進	m/月		39.1	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-17 主立坑サイクルタイム(堆积岩)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	41.9	$\pi \cdot (7.3)^2 / 4$ (仕上り径=6.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	45.8	$\pi \cdot (7.64)^2 / 4$ (余掘り=17cm:D I 相当)
1発破進行長	B	m	1.8	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.5	D I 級地山
穿孔長	D	m	2	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.5	D I 級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	32	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	43	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	32	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	19	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スカフォード、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	184	
		時間	3.1	

B) スリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	123.7	A2・B・変化率(変化率=1.50:軟岩Ⅱ)
1台当りズリキブル容量	VO	m ³	6.0	
キブル運搬回数	n	回	21	$\Sigma Q / VO$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	355	n・te (te=16.9分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	390	
		時間	6.5	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	45.6	$\pi (7.64^2 - 6.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	2.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	19	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	190	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	250	
		時間	4.2	
型枠・コンクリート打設計		分	490	
		時間	8.2	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

<ケース1> 表4.3.2-18 主立坑タイムテーブル(堆積岩)
 SSS手順: 2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか (分) (時間)		備考
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	3	180	3.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	—	—	570	9.5	
ズリ出し	390	2	780	13.0	Tm、2発破分
支保工	0	2	0	0.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	184	2	368	6.1	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型~組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	250	1	250	4.2	Tc、2発破分
小計	—	—	1,818	30.3	
(1サイクル作業方数)	—	4	—	—	
1サイクルタイム	—	—	2,388	39.8	2発破分, 24hr当り
コンクリート養生	—	1	1,808	30.1	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	374	6.2	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)

*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。

1発破進行長	m	11.3	
1サイクル打設長	m	3.6	
月進	m/月	49.9	平均実作業日数=23日/月

<ケース2> SSS手順: 2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件: 2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m	11.3	必要条件: 1サイクルタイム ≤ 48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m	3.6	
月進	m/月	41.4	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-19 主立坑サイクルタイム(堆積岩)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	41.9	$\pi \cdot (7.3)^2 / 4$ (仕上り径=6.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	45.8	$\pi \cdot (7.64)^2 / 4$ (余掘り=17cm:D I 相当)
1発破進行長	B	m	1.2	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.5	D I 級地山
穿孔長	D	m	1.4	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.5	D I 級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	32	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	30	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	32	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	19	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcafford、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	171	
		時間	2.9	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	82.4	A2・B・変化率(変化率=1.50:軟岩Ⅱ)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	6.0	
キブル運搬回数	n	回	14	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	237	n・te (te=16.9分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	272	
		時間	4.5	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	15.2	$\pi (7.64^2 - 6.5^2) / 4 \cdot B$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	2.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	7	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	70	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	130	
		時間	2.2	
型枠・コンクリート打設計		分	370	1発破掘進後、毎回打設。
		時間	6.2	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

one-cycletime-1.2m タイムテーブルMS

表4.3.2-20 主立坑タイムテーブル(堆積岩)
 <ケース3> SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	3	90	1.5	
休憩(昼間)	60	2	120	2.0	
交替	60	1	60	1.0	
小計	—	—	270	4.5	
ズリ出し	272	1	272	4.5	Tm、1発破分
支保工	0	1	0	0.0	Ts、1発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、1発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、1発破分
コンクリート打設	130	1	130	2.2	Tc、1発破分
穿孔・発破	171	1	171	2.9	Tb、1発破分
小計	—	—	993	16.6	
(1サイクル作業方数)	—	2	—	—	
1サイクルタイム	—	—	1,263	21.1	1発破分, 24hr当り
コンクリート養生	—	1	773	12.9	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	262	4.4	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長	m		1.2		
1サイクル打設長	m		1.2		
月進	m/月		31.5		平均実作業日数=23日/月

<ケース4> SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m		1.2		必要条件: 1サイクルタイム ≤ 48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m		1.2		
月進	m/月		13.8		平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-21 主立坑サイクルタイム(堆積岩)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	41.9	$\pi \cdot (7.3)^2 / 4$ (仕上り径=6.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	45.8	$\pi \cdot (7.64)^2 / 4$ (余掘り=17cm:D I 相当)
1発破進行長	B	m	1.7	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.5	D I 級地山
穿孔長	D	m	1.7	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.5	D I 級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	32	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	36	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	32	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	19	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcafford、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	177	
		時間	3	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	103.1	A2・B・変化率(変化率=1.50:軟岩II)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	6.0	
キブル運搬回数	n	回	18	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Ta	"	305	n・te (te=16.9分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	340	
		時間	5.7	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	19	$\pi (7.64^2 - 6.5^2) / 4 \cdot B$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	2.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	8	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	80	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	140	
		時間	2.3	
型枠・コンクリート打設計		分	380	1発破掘進後、毎回打設。
		時間	6.3	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

表4.3.2-22 主立坑タイムテーブル(堆積岩)
 <ケース3> SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	3	90	1.5	
休憩(昼間)	60	2	120	2.0	
交替	60	1	60	1.0	
小計	—	—	270	4.5	
ズリ出し	340	1	340	5.7	Tm、1発破分
支保工	0	1	0	0.0	Ts、1発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、1発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、1発破分
コンクリート打設	140	1	140	2.3	Tc、1発破分
穿孔・発破	177	1	177	3.0	Tb、1発破分
小計	—	—	1,077	18.0	
(1サイクル作業方数)	—	2	—	—	
1サイクルタイム	—	—	1,347	22.5	1発破分 24hr当り
コンクリート養生	—	1	847	14.1	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	350	5.8	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)

*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。

1発破進行長	m	1.5	
1サイクル打設長	m	1.5	
月進	m/月	36.9	平均実作業日数=23日/月

<ケース4> SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m	1.5	必要条件: 1サイクルタイム ≤ 48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m	1.5	
月進	m/月	17.3	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-23 主立坑サイクルタイム(堆積岩)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	41.9	$\pi \cdot (7.3)^2 / 4$ (仕上り径=6.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	45.8	$\pi \cdot (7.64)^2 / 4$ (余掘り=17cm:D I 相当)
1発破進行長	B	m	1.8	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.5	D I 級地山
穿孔長	D	m	2	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.5	D I 級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	32	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	43	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	32	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	19	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcaffolding、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	184	
		時間	3.1	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	123.7	A2・B・変化率(変化率=1.50:軟岩Ⅱ)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	6.0	
キブル運搬回数	n	回	21	$\Sigma Q/V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	355	n・te (te=16.9分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	390	
		時間	6.5	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	22.8	$\pi (7.64^2 - 6.5^2) / 4 \cdot B$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	2.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	10	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	100	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	160	
		時間	2.7	
型枠・コンクリート打設計		分	400	1発破掘進後、毎回打設。
		時間	6.7	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

<ケース3>

表4.3.2-24 主立坑タイムテーブル(堆積岩)
 SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	5	150	2.5	
休憩(昼間)	60	2	120	2.0	
交替	60	2	120	2.0	
小計	—	—	390	6.5	
ズリ出し	390	1	390	6.5	Tm、1発破分
支保工	0	1	0	0.0	Ts、1発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、1発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、1発破分
コンクリート打設	160	1	160	2.7	Tc、1発破分
穿孔・発破	184	1	184	3.1	Tb、1発破分
小計	—	—	1,154	19.2	
(1サイクル作業方数)	—	3	—	—	
1サイクルタイム	—	—	1,544	25.7	1発破分 24hr当り
コンクリート養生	—	1	1,024	17.1	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	374	6.2	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長		m	1.8		
1サイクル打設長		m	1.8		
月進		m/月	38.6		平均実作業日数=23日/月

<ケース4>

SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長		m	1.8	必要条件: 1サイクルタイム ≤ 48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長		m	1.8	
月進		m/月	20.7	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-25 主立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	41.9	$\pi \cdot (7.3)^2 / 4$ (仕上り径=6.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	47.1	$\pi \cdot (7.74)^2 / 4$ (余掘り=22cm:B相当)
1発破進行長	B	m	2	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	2.5	B級地山
穿孔長	D	m	1.4	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.0	B級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	53	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	74	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	53	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	31	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcafford、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	248	
		時間	4.1	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	93.3	A2・B・変化率(変化率=1.65:硬岩 I)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	6.0	
キブル運搬回数	n	回	16	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	271	n・te (te=16.9分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	306	
		時間	5.1	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	33.3	$\pi (7.74^2 - 6.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	2.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	14	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	140	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	200	
		時間	3.3	
型枠・コンクリート打設計		分	440	
		時間	7.3	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

表4.3.2-26 主立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)

<ケース1>

SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	3	180	3.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	—	—	570	9.5	
ズリ出し	306	2	612	10.2	Tm、2発破分
支保工	0	2	0	0.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	248	2	496	8.3	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	200	1	200	3.3	Tc、2発破分
小計	—	—	1,728	28.8	
(1サイクル作業方数)	—	4	—	—	
1サイクルタイム	—	—	2,298	38.3	2発破分、24hr当り
コンクリート養生	—	1	1,768	29.5	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	410	6.8	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)

*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。

1発破進行長	m	1.2	
1サイクル打設長	m	2.4	
月進	m/月	34.6	平均実作業日数=23日/月

<ケース2>

SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m	1.2	必要条件:1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m	2.4	
月進	m/月	27.6	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-27 主立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)

H12基本設計

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	41.9	$\pi \cdot (7.3)^2 / 4$ (仕上り径=6.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	47.1	$\pi \cdot (7.74)^2 / 4$ (余掘り=22cm:B相当)
1発破進行長	B	m	2.2	1.3
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	2.5	B級地山
穿孔長	D	m	1.5	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	46	1.0 B級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	53	A1・C/E
削岩準備	69	分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	80	D・G/F
削岩機移動(各孔間)	46	"	53	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬	28	"	31	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcafford、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	233	10 シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	254	
		時間	4.2	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	101.0	A2・B・変化率(変化率=1.65:硬岩 I)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	6.0	
キブル運搬回数	n	回	17	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	279	n・te (te=16.9分)
キブル積替え		"	0	16.4
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	314	15
ズリ出し計		"	323	
		時間	5.4	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	36.1	$\pi (7.74^2 - 6.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	2.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	15	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	300	120 ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	5.0	0
コンクリート打設	216	"	150	tc・nc 10m ³ /h
後片付け		"	216	0
コンクリート打設小計		"	210	
		時間	3.5	516
型枠・コンクリート打設計		分	450	
		時間	7.5	8.6

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

cycletime=1.3m タイムテーブルMG

表4.3.2-28 主立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)
 <ケース1> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	3	180	3.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	—	—	570	9.5	
ズリ出し	323	2	646	10.8	Tm、2発破分
支保工	0	2	0	0.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	254	2	508	8.5	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	210	1	210	3.5	Tc、2発破分
小計	—	—	1,784	29.7	
(1サイクル作業方数)	—	4	—	—	
1サイクルタイム	—	—	2,354	39.2	2発破分,24hr当り
コンクリート養生	—	1	1,814	30.2	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	422	7.0	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長	m		1.3		
1サイクル打設長	m		2.6		
月進	m/月		36.6		平均実作業日数=23日/月

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置き的一定時刻(3hr)

1発破進行長	m		1.3	必要条件:1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m		2.6	
月進	m/月		29.9	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-29 主立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	41.9	$\pi \cdot (7.3)^2 / 4$ (仕上り径=6.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	47.1	$\pi \cdot (7.74)^2 / 4$ (余掘り=22cm:B相当)
1発破進行長	B	m	1.7	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	2.5	B級地山
穿孔長	D	m	1.6	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.0	B級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	53	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	85	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	53	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	31	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcafford、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	259	
		時間	4.3	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	108.8	A2・B・変化率(変化率=1.65:硬岩 I)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	6.0	
キブル運搬回数	n	回	19	$\Sigma Q/V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	322	n・te (te=16.9分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	357	
		時間	6.0	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	38.8	$\pi (7.74^2 - 6.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	2.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	16	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	160	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	220	
		時間	3.7	
型枠・コンクリート打設計		分	460	
		時間	7.7	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

<ケース1>

表4.3.2-30 主立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)
 SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	3	180	3.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	—	—	570	9.5	
ズリ出し	357	2	714	11.9	Tm、2発破分
支保工	0	2	0	0.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	259	2	518	8.6	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	220	1	220	3.7	Tc、2発破分
小計	—	—	1,872	31.2	
(1サイクル作業方数)	—	4	—	—	
1サイクルタイム	—	—	2,442	40.7	2発破分 24hr当り
コンクリート養生	—	1	1,892	31.5	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	438	7.3	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長	m		1.4		
1サイクル打設長	m		2.8		
月進	m/月		38.0		平均実作業日数=23日/月

<ケース2>

SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置き的一定時刻(3hr)

1発破進行長	m		1.4		必要条件:1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m		2.8		
月進	m/月		32.2		平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-31 主立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	41.9	$\pi \cdot (7.3)^2 / 4$ (仕上り径=6.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	47.1	$\pi \cdot (7.74)^2 / 4$ (余掘り=22cm:B相当)
1発破進行長	B	m	1.5	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	2.5	B級地山
穿孔長	D	m	1.7	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.0	B級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	53	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	90	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	53	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	31	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcaffolding、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	264	
		時間	4.4	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	116.6	A2・B・変化率(変化率=1.65:硬岩 I)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	6.0	
キブル運搬回数	n	回	20	$\Sigma Q/V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	338	n・te (te=16.9分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	373	
		時間	6.2	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	41.6	$\pi (7.74^2 - 6.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	2.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	17	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	170	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	230	
		時間	3.8	
型枠・コンクリート打設計		分	470	
		時間	7.8	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

表4.3.2-32 主立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)
 <ケース1> SSS手順: 2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	4	240	4.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	-	-	630	10.5	
ズリ出し	373	2	746	12.4	Tm、2発破分
支保工	0	2	0	0.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	264	2	528	8.8	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	230	1	230	3.8	Tc、2発破分
小計	-	-	1,924	32.1	
(1サイクル作業方数)	-	4	-	-	
1サイクルタイム	-	-	2,554	42.6	2発破分, 24hr当り
コンクリート養生	-	1	1,994	33.2	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	-	1	448	7.5	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長	m		1.5		
1サイクル打設長	m		3.0		
月進	m/月		38.9		平均実作業日数=23日/月

<ケース2> SSS手順: 2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件: 2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m		1.5		必要条件: 1サイクルタイム ≤ 48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m		3.0		
月進	m/月		34.5		平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-33 主立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	41.9	$\pi \cdot (7.3)^2 / 4$ (仕上り径=6.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	47.1	$\pi \cdot (7.74)^2 / 4$ (余掘り=22cm:B相当)
1発破進行長	B	m	1.8	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	2.5	B級地山
穿孔長	D	m	1.8	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.0	B級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	53	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	95	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	53	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	31	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcaffolding、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	269	
		時間	4.5	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	124.3	A2・B・変化率(変化率=1.65:硬岩 I)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	6.0	
キブル運搬回数	n	回	21	$\Sigma Q/V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	355	n・te (te=16.9分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	390	
		時間	6.5	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	44.4	$\pi (7.74^2 - 6.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	2.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	18	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	180	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	240	
		時間	4	
型枠・コンクリート打設計		分	480	
		時間	8	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

表4.3.2-34 主立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)
 <ケース1> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	4	240	4.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	—	—	630	10.5	
ズリ出し	390	2	780	13.0	Tm、2発破分
支保工	0	2	0	0.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	269	2	538	9.0	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	240	1	240	4.0	Tc、2発破分
小計	—	—	1,978	33.0	
(1サイクル作業方数)	—	4	—	—	
1サイクルタイム	—	—	2,608	43.5	2発破分,24hr当り
コンクリート養生	—	1	2,038	34.0	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	459	7.7	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)

*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。

1発破進行長	m	1.6	
1サイクル打設長	m	3.2	
月進	m/月	40.6	平均実作業日数=23日/月

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m	1.6	必要条件:1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m	3.2	
月進	m/月	36.8	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-35 主立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	41.9	$\pi \cdot (7.3)^2 / 4$ (仕上り径=6.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	47.1	$\pi \cdot (7.74)^2 / 4$ (余掘り=22cm:B相当)
1発破進行長	B	m	1.7	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	2.5	B級地山
穿孔長	D	m	1.9	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.0	B級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	53	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	101	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	53	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	31	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcafford、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	275	
		時間	4.6	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	132.1	A2・B・変化率(変化率=1.65:硬岩 I)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	6.0	
キブル運搬回数	n	回	23	$\Sigma Q/V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	389	n・te (te=16.9分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	424	
		時間	7.1	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	47.2	$\pi (7.74^2 - 6.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	2.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	19	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	190	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	250	
		時間	4.2	
型枠・コンクリート打設計		分	490	
		時間	8.2	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

表4.3.2-36 主立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)
 <ケース1> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	4	240	4.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	—	—	630	10.5	
ズリ出し	424	2	848	14.1	Tm、2発破分
支保工	0	2	0	0.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	275	2	550	9.2	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	250	1	250	4.2	Tc、2発破分
小計	—	—	2,068	34.5	
(1サイクル作業方数)	—	4	—	—	
1サイクルタイム	—	—	2,698	45.0	2発破分,24hr当り
コンクリート養生	—	1	2,118	35.3	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	476	7.9	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長	m		7		
1サイクル打設長	m		3.4		
月進	m/月		41.7		平均実作業日数=23日/月

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m				必要条件:1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m		3.4		
月進	m/月		39.1		平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-37 主立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	41.9	$\pi \cdot (7.3)^2 / 4$ (仕上り径=6.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	47.1	$\pi \cdot (7.74)^2 / 4$ (余掘り=22cm:B相当)
1発破進行長	B	m	1.8	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	2.5	B級地山
穿孔長	D	m	2	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.0	B級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	53	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	106	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	53	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	31	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcafford、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	280	
		時間	4.7	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	139.9	A2・B・変化率(変化率=1.65:硬岩 I)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	6.0	
キブル運搬回数	n	回	24	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	406	n・te (te=16.9分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	441	
		時間	7.4	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	49.9	$\pi (7.74^2 - 6.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	2.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	20	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	200	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	260	
		時間	4.3	
型枠・コンクリート打設計		分	500	
		時間	8.3	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

表4.3.2-38 主立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)
 <ケース1> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	4	240	4.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	—	—	630	10.5	
ズリ出し	441	2	882	14.7	Tm、2発破分
支保工	0	2	0	0.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	280	2	560	9.3	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	260	1	260	4.3	Tc、2発破分
小計	—	—	2,122	35.4	
(1サイクル作業方数)	—	4	—	—	
1サイクルタイム	—	—	2,752	45.9	2発破分、24hr当り
コンクリート養生	—	1	2,162	36.0	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	487	8.1	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長	m		1.8		
1サイクル打設長	m		3.6		
月進	m/月		43.3		平均実作業日数=23日/月

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m		1.8		必要条件:1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m		3.6		
月進	m/月		41.4		平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-39 主立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	41.9	$\pi \cdot (7.3)^2 / 4$ (仕上り径=6.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	47.1	$\pi \cdot (7.74)^2 / 4$ (余掘り=22cm:B相当)
1発破進行長	B	m	1.2	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	2.5	B級地山
穿孔長	D	m	1.4	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.0	B級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	53	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	74	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	53	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	31	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcaffolding、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	248	
		時間	4.1	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	93.3	A2・B・変化率(変化率=1.65:硬岩 I)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	6.0	
キブル運搬回数	n	回	16	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	271	n・te (te=16.9分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	306	
		時間	5.1	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	16.6	$\pi (7.74^2 - 6.5^2) / 4 \cdot B$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	2.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	7	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	70	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	130	
		時間	2.2	
型枠・コンクリート打設計		分	370	1発破掘進後、毎回打設。
		時間	6.2	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

表4.3.2-40 主立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)
 <ケース3> SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	5	150	2.5	
休憩(昼間)	60	2	120	2.0	
交替	60	2	120	2.0	
小計	—	—	390	6.5	
ズリ出し	306	1	306	5.1	Tm、1発破分
支保工	0	1	0	0.0	Ts、1発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、1発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、1発破分
コンクリート打設	130	1	130	2.2	Tc、1発破分
穿孔・発破	248	1	248	4.1	Tb、1発破分
小計	—	—	1,104	18.4	
(1サイクル作業方数)	—	3	—	—	
1サイクルタイム	—	—	1,494	24.9	1発破分, 24hr当り
コンクリート養生	—	1	1,004	16.7	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	410	6.8	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長		m	1.2		
1サイクル打設長		m	1.2		
月進		m/月	26.6		平均実作業日数=23日/月

<ケース4> SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長		m	1.2	必要条件: 1サイクルタイム ≤ 48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長		m	1.2	
月進		m/月	13.8	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-41 主立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	41.9	$\pi \cdot (7.3)^2 / 4$ (仕上り径=6.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	47.1	$\pi \cdot (7.74)^2 / 4$ (余掘り=22cm:B相当)
1発破進行長	B	m	1.5	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	2.5	B級地山
穿孔長	D	m	1.7	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.0	B級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	53	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	90	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	53	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	31	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcafford、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	264	
		時間	4.4	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	116.6	A2・B・変化率(変化率=1.65:硬岩I)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	6.0	
キブル運搬回数	n	回	20	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	338	n・te (te=16.9分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	373	
		時間	6.2	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	20.8	$\pi (7.74^2 - 6.5^2) / 4 \cdot B$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	2.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	9	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	90	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	150	
		時間	2.5	
型枠・コンクリート打設計		分	390	1発破掘進後、毎回打設。
		時間	6.5	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

<ケース3>

表4.3.2-42 主立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)
 SSS手順: Step by Step (毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	5	150	2.5	
休憩(昼間)	60	2	120	2.0	
交替	60	2	120	2.0	
小計	—	—	390	6.5	
ズリ出し	373	1	373	6.2	Tm、1発破分
支保工	0	1	0	0.0	Ts、1発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、1発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型~組立	240	1	240	4.0	Tf、1発破分
コンクリート打設	150	1	150	2.5	Tc、1発破分
穿孔・発破	264	1	264	4.4	Tb、1発破分
小計	—	—	1,207	20.1	
(1サイクル作業方数)	—	3	—	—	
1サイクルタイム	—	—	1,597	26.6	1発破分, 24hr当り
コンクリート養生	—	1	1,087	18.1	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	448	7.5	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長	m		1.5		
1サイクル打設長	m		1.5		
月進	m/月		31.1		平均実作業日数=23日/月

<ケース4>

SSS手順: Step by Step (毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m		1.5		必要条件: 1サイクルタイム ≤ 48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m		1.5		
月進	m/月		17.3		平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-43 主立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	41.9	$\pi \cdot (7.3)^2 / 4$ (仕上り径=6.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	47.1	$\pi \cdot (7.74)^2 / 4$ (余掘り=22cm:B相当)
1発破進行長	B	m	1.8	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	2.5	B級地山
穿孔長	D	m	2	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.0	B級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	53	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	108	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	53	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	31	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcaffolding、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	280	
		時間	4.7	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	139.9	A2・B・変化率(変化率=1.65:硬岩 I)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	6.0	
キブル運搬回数	n	回	24	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	406	n・te (te=16.9分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	441	
		時間	7.4	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	25	$\pi (7.74^2 - 6.5^2) / 4 \cdot B$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	2.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	10	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	100	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	160	
		時間	2.7	
型枠・コンクリート打設計		分	400	1発破掘進後、毎回打設。
		時間	6.7	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

<ケース3>

表4.3.2-44 主立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)
 SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	5	150	2.5	
休憩(昼間)	60	2	120	2.0	
交替	60	2	120	2.0	
小計	—	—	390	6.5	
ズリ出し	441	1	441	7.4	Tm、1発破分
支保工	0	1	0	0.0	Ts、1発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、1発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、1発破分
コンクリート打設	160	1	160	2.7	Tc、1発破分
穿孔・発破	280	1	280	4.7	Tb、1発破分
小計	—	—	1,301	21.7	
(1サイクル作業方数)	—	3	—	—	
1サイクルタイム	—	—	1,691	28.2	1発破分, 24hr当り
コンクリート養生	—	1	1,171	19.5	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	487	8.1	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長	m		1.8		
1サイクル打設長	m		1.8		
月進	m/月		35.3		平均実作業日数=23日/月

<ケース4>

SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m		1.8		必要条件: 1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m		1.8		
月進	m/月		20.7		平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-45 主立坑サイクルタイム(断層破碎帯)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	41.9	$\pi \cdot (7.3)^2 / 4$ (仕上り径=6.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	45.8	$\pi \cdot (7.64)^2 / 4$ (余掘り=17cm:D I 相当)
1発破進行長	B	m	1.2	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.5	D I 級地山
穿孔長	D	m	1.4	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.5	D I 級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	32	A1·C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	30	D·G/F
削岩機移動(各孔間)		"	32	G·1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	19	A1·C·1.5分/5人
退避		"	20	スcaffolding、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	171	
		時間	2.9	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	82.4	A2·B・変化率(変化率=1.50:軟岩 II)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	6.0	
キブル運搬回数	n	回	14	$\Sigma Q/V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	237	n·te (te=16.9分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	272	
		時間	4.5	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	30.4	$\pi (7.64^2 - 6.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	2.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	13	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	130	tc·nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	190	
		時間	3.2	
型枠・コンクリート打設計		分	430	
		時間	7.2	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	30	
支保工建込		"	180	H-125リンク支保工ライナープレート
支保工計		分	210	
		時間	3.5	

表4.3.2-46 主立坑タイムテーブル(断層破碎帯)

<ケース1>

SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	4	240	4.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	—	—	630	10.5	
ズリ出し	272	2	544	9.1	T _m 、2発破分
支保工	210	2	420	7.0	T _s 、2発破分
穿孔・発破	171	2	342	5.7	T _b 、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	T _r 、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	T _f 、2発破分
コンクリート打設	190	1	190	3.2	T _c 、2発破分
小計	—	—	1,916	31.9	
(1サイクル作業方数)	—	4	—	—	
1サイクルタイム	—	—	2,546	42.4	2発破分 24hr当り
コンクリート養生	—	1	2,026	33.8	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	262	4.4	=T _m /3+T _b (<4.5hr)、=T _m /3+T _b +60(>5.5hr)

*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。

1発破進行長	m	1.2	
1サイクル打設長	m	2.4	
月進	m/月	31.2	平均実作業日数=23日/月

<ケース2>

SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m	1.2	必要条件:1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m	2.4	
月進	m/月	27.6	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-47 主立坑サイクルタイム(断層破碎帯)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	41.9	$\pi \cdot (7.3)^2 / 4$ (仕上り径=6.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	45.8	$\pi \cdot (7.64)^2 / 4$ (余掘り=17cm; D I 相当)
1発破進行長	B	m	1.3	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.5	D I 級地山
穿孔長	D	m	1.5	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.5	D I 級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	32	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	32	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	32	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	19	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcaffolding、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	173	
		時間	2.9	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	89.3	A2・B・変化率(変化率=1.50:軟岩 II)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	6.0	
キブル運搬回数	n	回	15	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	254	n・te (te=16.9分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	289	
		時間	4.8	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	32.9	$\pi (7.64^2 - 6.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	2.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	14	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	140	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	200	
		時間	3.3	
型枠・コンクリート打設計		分	440	
		時間	7.3	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	30	
支保工建込		"	180	H=125リング支保工・ライナープレート
支保工計		分	210	
		時間	3.5	

表4.3.2-48 主立坑タイムテーブル(断層破碎帯)
 <ケース1> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	4	240	4.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	—	—	630	10.5	
ズリ出し	289	2	578	9.6	Tm、2発破分
支保工	210	2	420	7.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	173	2	346	5.8	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	200	1	200	3.3	Tc、2発破分
小計	—	—	1,964	32.7	
(1サイクル作業方数)	—	4	—	—	
1サイクルタイム	—	—	2,594	43.2	2発破分,24hr当り
コンクリート養生	—	1	2,064	34.4	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	269	4.5	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長	m		1.3		
1サイクル打設長	m		2.6		
月進	m/月		33.2		平均実作業日数=23日/月

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m	1.3	必要条件:1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m	2.6	
月進	m/月	29.9	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-49 主立坑サイクルタイム(断層破碎帯)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	41.9	$\pi \cdot (7.3)^2 / 4$ (仕上り径=6.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	45.8	$\pi \cdot (7.64)^2 / 4$ (余掘り=17cm:D I 相当)
1発破進行長	B	m	1.2	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.5	D I 級地山
穿孔長	D	m	1.4	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.5	D I 級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	32	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	30	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	32	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	19	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcafford、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	171	
		時間	2.9	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	82.4	A2・B・変化率(変化率=1.50:軟岩 II)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	6.0	
キブル運搬回数	n	回	14	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	237	n・te (te=16.9分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	272	
		時間	4.5	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	15.2	$\pi (7.64^2 - 6.5^2) / 4 \cdot B$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	2.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	7	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	70	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	130	
		時間	2.2	
型枠・コンクリート打設計		分	370	1発破掘進後、毎回打設。
		時間	6.2	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	30	
支保工建込		"	180	H=125リング支保工・ライナープレート
支保工計		分	210	
		時間	3.5	

<ケース3>

表4.3.2-50 主立坑タイムテーブル(断層破碎帯)
 SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	5	150	2.5	
休憩(昼間)	60	2	120	2.0	
交替	60	2	120	2.0	
小計	—	—	390	6.5	
ズリ出し	272	1	272	4.5	Tm、1発破分
支保工	210	1	210	3.5	Ts、1発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、1発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型~組立	240	1	240	4.0	Tf、1発破分
コンクリート打設	130	1	130	2.2	Tc、1発破分
穿孔・発破	171	1	171	2.9	Tb、1発破分
小計	—	—	1,203	20.1	
(1サイクル作業方数)	—	3	—	—	
1サイクルタイム	—	—	1,593	26.6	1発破分, 24hr当り
コンクリート養生	—	1	1,103	18.4	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	262	4.4	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長		m	1.2		
1サイクル打設長		m	1.2		
月進		m/月	24.9		平均実作業日数=23日/月

<ケース4>

SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m	1.2	必要条件: 1サイクルタイム ≤ 48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m	1.2	
月進	m/月	13.8	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-51 主立坑サイクルタイム(風化花崗岩)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	41.9	$\pi \cdot (7.3)^2 / 4$ (仕上り径=6.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	46.6	$\pi \cdot (7.70)^2 / 4$ (余掘り=20cm・C II相当)
1発破進行長	B	m	1.2	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.8	C II級地山(孔荒れ)
穿孔長	D	m	1.6	B+0.4
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.3	C II級地山(孔荒れ)
1台当り穿孔数	G	孔/台	38	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	47	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	38	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	23	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcaffolding、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	198	
		時間	3.3	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	89.5	A2・B・変化率(変化率=1.60・中硬岩)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	6.0	
キブル運搬回数	n	回	15	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	254	n・te (te=16.9分)
キブル積替え		"	0	
浮石落とし		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	289	
		時間	4.8	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	32.1	$\pi \cdot (7.7^2 - 6.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	2.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	13	Qc/Kc
坑壁洗淨・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗淨
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	130	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	190	
		時間	3.2	
型枠・コンクリート打設計		分	430	
		時間	7.2	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	30	
支保工建込		"	90	H-125リング支保工・矢板100%
支保工計		分	120	
		時間	2	

表4.3.2-52 主立坑タイムテーブル(風化花崗岩)

<ケース1>

SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	3	180	3.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	—	—	570	9.5	
ズリ出し	289	2	578	9.6	Tm、2発破分
支保工	120	2	240	4.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	198	2	396	6.6	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	190	1	190	3.2	Tc、2発破分
小計	—	—	1,824	30.4	
(1サイクル作業方数)	—	4	—	—	
1サイクルタイム	—	—	2,394	39.9	2発破分、24hr当り
コンクリート養生	—	1	1,874	31.2	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	354	5.9	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長	m		1.2		
1サイクル打設長	m		2.4		
月進	m/月		33.2		平均実作業日数=23日/月

<ケース2>

SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m		1.2	必要条件:1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m		2.4	
月進	m/月		27.6	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-53 主立坑サイクルタイム(風化花崗岩)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	41.9	$\pi \cdot (7.3)^2 / 4$ (仕上り径=6.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	46.6	$\pi \cdot (7.70)^2 / 4$ (余掘り=20cm:CⅡ相当)
1発破進行長	B	m	1.3	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.8	CⅡ級地山(孔荒れ)
穿孔長	D	m	1.7	B+0.4
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.3	CⅡ級地山(孔荒れ)
1台当り穿孔数	G	孔/台	38	A1·C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	50	D·G/F
削岩機移動(各孔間)		"	38	G·1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	23	A1·C·1.5分/5人
退避		"	20	スcafford、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	201	
		時間	3.4	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	96.9	A2·B・変化率(変化率=1.60:中硬岩)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	6.0	
キブル運搬回数	n	回	17	$\Sigma Q/V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	288	n·te (te=16.9分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	323	
		時間	5.4	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	34.8	$\pi (7.70^2 - 6.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	2.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	14	Qc/Kc
坑壁洗淨・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗淨
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	140	tc·nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	200	
		時間	3.3	
型枠・コンクリート打設計		分	440	
		時間	7.3	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	30	
支保工建込		"	90	H-125リング支保工+矢板100%
支保工計		分	120	
		時間	2	

表4.3.2-54 主立坑タイムテーブル(風化花崗岩)
 <ケース1> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	4	240	4.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	—	—	630	10.5	
ズリ出し	323	2	646	10.8	Tm、2発破分
支保工	120	2	240	4.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	201	2	402	6.7	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	200	1	200	3.3	Tc、2発破分
小計	—	—	1,908	31.8	
(1サイクル作業方数)	—	4	—	—	
1サイクルタイム	—	—	2,538	42.3	2発破分,24hr当り
コンクリート養生	—	1	2,008	33.5	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	369	6.1	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長	m		1.3		
1サイクル打設長	m		2.6		
月進	m/月		33.9		平均実作業日数=23日/月

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m		1.3	必要条件:1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m		2.6	
月進	m/月		29.9	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-55 主立坑サイクルタイム(風化花崗岩)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	41.9	$\pi \cdot (7.3)^2 / 4$ (仕上り径=6.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	46.6	$\pi \cdot (7.70)^2 / 4$ (余掘り=20cm、CⅡ相当)
1発破進行長	B	m	1.2	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.8	CⅡ級地山(孔荒れ)
穿孔長	D	m	1.6	B+0.4
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.3	CⅡ級地山(孔荒れ)
1台当り穿孔数	G	孔/台	38	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	47	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	38	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	23	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcafford、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	198	
		時間	3.3	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	89.5	A2・B・変化率(変化率=1.60:中硬岩)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	6.0	
キブル運搬回数	n	回	15	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	254	n・te (te=16.9分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	289	
		時間	4.8	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	16.1	$\pi \cdot (7.7^2 - 6.5^2) / 4 \cdot B$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	2.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	7	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	70	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	130	
		時間	2.2	
型枠・コンクリート打設計		分	370	1発破掘進後、毎回打設。
		時間	6.2	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	30	
支保工建込		"	90	H=125リング支保工+矢板100%
支保工計		分	120	
		時間	2	

<ケース3>

表4.3.2-56 主立坑タイムテーブル(風化花崗岩)
 SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	5	150	2.5	
休憩(昼間)	60	2	120	2.0	
交替	60	2	120	2.0	
小計	—	—	390	6.5	
ズリ出し	289	1	289	4.8	Tm、1発破分
支保工	120	1	120	2.0	Ts、1発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、1発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、1発破分
コンクリート打設	130	1	130	2.2	Tc、1発破分
穿孔・発破	198	1	198	3.3	Tb、1発破分
小計	—	—	1,157	19.3	
(1サイクル作業方数)	—	3	—	—	
1サイクルタイム	—	—	1,547	25.8	1発破分 24hr当り
コンクリート養生	—	1	1,057	17.6	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	354	5.9	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長		m	1.2		
1サイクル打設長		m	1.2		
月進		m/月	25.7		平均実作業日数=23日/月

<ケース4>

SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m	1.2	必要条件: 1サイクルタイム ≤ 48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m	1.2	
月進	m/月	13.8	平均実作業日数=23日/月

図4.3.2-11 主立坑のタイムスケジュール例
 (ケース1:1発破掘進長=1.3m、花崗岩健岩部)

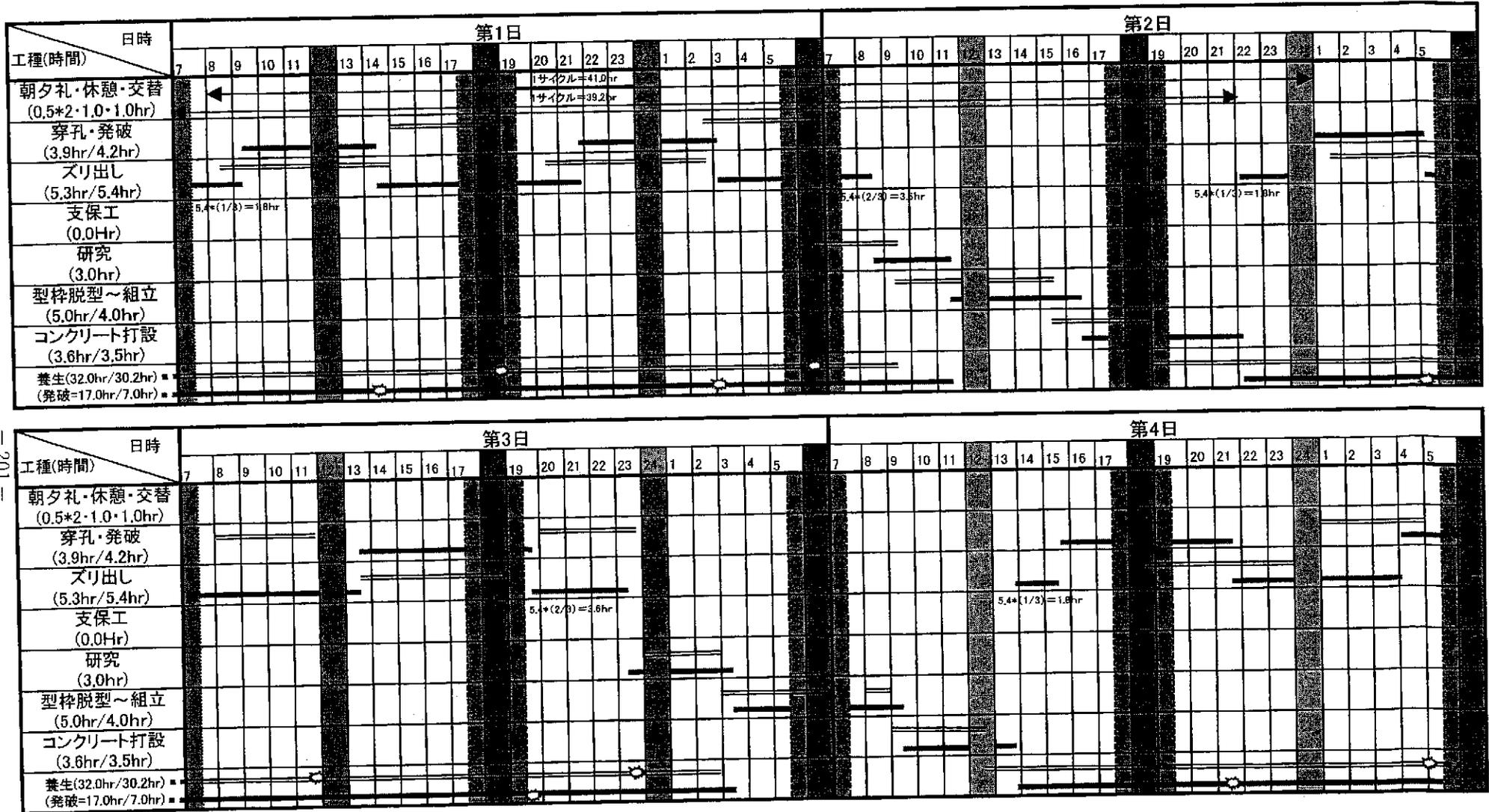


表4.3.2-57 主立坑の月進

<ケース1> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

単位[m/月]

1発破掘進長(m)		H12基本設計		H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
主立坑 H=1025m	堆積岩	-	40.8	43.2	42.2	44.3	46.2	48.1	49.9
	花崗岩	35.0	37.6	36.6	38.0	38.9	40.6	41.7	43.3
	断層破碎帯	-	37.2	33.2					
	風化花崗岩	-	33.2	33.9					

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

単位[m/月]

1発破掘進長(m)		H12基本設計		H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
主立坑 H=1025m	堆積岩	-	27.6	29.9	32.2	34.5	36.8	39.1	41.4
	花崗岩	29.9	27.6	29.9	32.2	34.5	36.8	39.1	41.4
	断層破碎帯	-	27.6	29.9					
	風化花崗岩	-	27.6	29.9					

<ケース3> SSS手順:Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

単位[m/月]

1発破掘進長(m)		H12基本設計		H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
主立坑 H=1025m	堆積岩	-	37.5	-	-	36.9	-	-	38.6
	花崗岩	26.3	26.6	-	-	37.1	-	-	35.3
	断層破碎帯	-	24.9	-					
	風化花崗岩	-	25.7	-					

<ケース4> SSS手順:Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件:2交替繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

単位[m/月]

1発破掘進長(m)		H12基本設計		H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
主立坑 H=1025m	堆積岩	-	18.6	-	-	17.9	-	-	20.7
	花崗岩	15.0	18.6	-	-	17.3	-	-	20.7
	断層破碎帯	-	18.8	-					
	風化花崗岩	-	16.6	-					

JNC基本計画での目標月進=35(m/月)

表4.3.2-58 主立坑の側壁露出面高さ

<ケース1> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

単位[m]

1発破掘進長(m)		H12基本設計		H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
主立坑 H=1025m	堆積岩	-	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6
	花崗岩	2.6	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6
	断層破砕帯	-	2.4	2.6					
	風化花崗岩	-	2.4	2.6					

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

単位[m]

1発破掘進長(m)		H12基本設計		H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
主立坑 H=1025m	堆積岩	-	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6
	花崗岩	2.6	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6
	断層破砕帯	-	2.4	2.6					
	風化花崗岩	-	2.4	2.6					

<ケース3> SSS手順:Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

単位[m]

1発破掘進長(m)		H12基本設計		H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
主立坑 H=1025m	堆積岩	-	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
	花崗岩	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
	断層破砕帯	-	1.2	1.3					
	風化花崗岩	-	1.2	1.3					

<ケース4> SSS手順:Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件:2交替繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

単位[m]

1発破掘進長(m)		H12基本設計		H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
主立坑 H=1025m	堆積岩	-	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
	花崗岩	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
	断層破砕帯	-	1.2	1.3					
	風化花崗岩	-	1.2	1.3					

掘削中の土砂崩壊防止のため、掘削面勾配90度の場合、岩盤又は堅い粘土(N値8以上)の地山では掘削面高さは5m未満。その他の(不良)地山では2m未満(安衛則356条)。

→立坑としての安全性より、堅固な地山でも未覆工の掘削壁面高さは最大3m程度以下が望ましい。

表4.3.2-59 主立坑の覆工脱型養生時間

<ケース1> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

単位[時間]

1発破掘進長(m)		H12基本設計		H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
主立坑 H=1025m	堆積岩	-	23.8	24.4	27.6	28.2	28.9	29.5	30.1
	花崗岩	32.0	29.5	30.2	31.5	33.2	34.0	35.3	36.0
	断層破碎帯	-	33.8	34.4					
	風化花崗岩	-	31.2	33.5					

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

単位[時間]

1発破掘進長(m)		H12基本設計		H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
主立坑 H=1025m	堆積岩	-	-	-	-	-	-	-	-
	花崗岩	-	-	-	-	-	-	-	-
	断層破碎帯	-	-	-					
	風化花崗岩	-	-	-					

<ケース3> SSS手順:Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

単位[時間]

1発破掘進長(m)		H12基本設計		H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
主立坑 H=1025m	堆積岩	-	12.9	-	-	14.1	-	-	17.1
	花崗岩	-	16.7	-	-	18.1	-	-	18.1
	断層破碎帯	-	18.4	-					
	風化花崗岩	-	17.6	-					

<ケース4> SSS手順:Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件:2交替繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

単位[時間]

1発破掘進長(m)		H12基本設計		H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
主立坑 H=1025m	堆積岩	-	-	-	-	-	-	-	-
	花崗岩	-	-	-	-	-	-	-	-
	断層破碎帯	-	-	-					
	風化花崗岩	-	-	-					

逆巻コンクリートの標準養生(脱型可能)時間=12~18時間程度(通常の横坑)

表4.3.2-60 主立坑の覆工発破影響時間

<ケース1> SSS手順: 2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 昼夜問わず(3hr)

単位[時間]

1発破掘進長(m)		H12基本設計	H13設計研究						
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
主立坑 H=1025m	堆積岩	-	4.4	4.5	5.7	5.8	6.0	6.1	6.2
	花崗岩	7.0	6.8	7.0	7.3	7.5	7.7	7.9	8.1
	断層破碎帯	-	4.4	4.5					
	風化花崗岩	-	5.9	6.1					

<ケース2> SSS手順: 2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件: 2交替繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

単位[時間]

1発破掘進長(m)		H12基本設計	H13設計研究						
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
主立坑 H=1025m	堆積岩	-							
	花崗岩								
	断層破碎帯	-							
	風化花崗岩	-							

<ケース3> SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 昼夜問わず(3hr)

単位[時間]

1発破掘進長(m)		H12基本設計	H13設計研究						
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
主立坑 H=1025m	堆積岩	-	4.4	-	-	5.8	-	-	6.2
	花崗岩	-	6.8	-	-	7.5	-	-	8.1
	断層破碎帯	-	4.4	-					
	風化花崗岩	-	5.9	-					

<ケース4> SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

単位[時間]

1発破掘進長(m)		H12基本設計	H13設計研究						
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
主立坑 H=1025m	堆積岩	-							
	花崗岩	-							
	断層破碎帯	-							
	風化花崗岩	-							

立坑コンクリートの標準発破影響時間=6~12時間(トンネル標準示方書)

表4.3.2-61 主立坑のズリ出し作業占有率

<ケース1> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

単位[%]

1発破掘進長(m)		H12基本設計	H13設計研究						
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
主立坑 H=1025m	堆積岩	-	28%	29%	29%	30%	31%	32%	33%
	花崗岩	26%	27%	27%	29%	29%	30%	31%	32%
	断層破碎帯	-	21%	22%					
	風化花崗岩	-	24%	25%					

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

単位[%]

1発破掘進長(m)		H12基本設計	H13設計研究						
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
主立坑 H=1025m	堆積岩	-	19%	20%	22%	24%	25%	26%	27%
	花崗岩	22%	21%	22%	25%	26%	27%	29%	20%
	断層破碎帯	-	19%	20%					
	風化花崗岩	-	20%	22%					

<ケース3> SSS手順:Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

単位[%]

1発破掘進長(m)		H12基本設計	H13設計研究						
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
主立坑 H=1025m	堆積岩	-	22%	-	-	25%	-	-	25%
	花崗岩	19%	20%	-	-	23%	-	-	26%
	断層破碎帯	-	17%						
	風化花崗岩	-	19%						

<ケース4> SSS手順:Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件:2交替繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)(注)下線付き赤色太字体は1日置き。

単位[%]

1発破掘進長(m)		H12基本設計	H13設計研究						
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
主立坑 H=1025m	堆積岩	-	9%	-	-	12%	-	-	14%
	花崗岩	11%	11%	-	-	13%	-	-	15%
	断層破碎帯	-	9%						
	風化花崗岩	-	10%						

1サイクルタイムに占めるズリ出し作業の比率=50%×0.7=35%以下が目安。
 (標準的な1缶ズリ出し方式での比率=50%、替キブルによる効率アップ=30%)

表4.3.2-62 主立坑の研究可能時間

<ケース1> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

単位[時間/サイクル]

1発破掘進長(m)		H12基本設計	H13設計研究						
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
主立坑 H=1025m	堆積岩	-	8.5	10.8	10.6	12.9	15.3	17.6	20.0
	花崗岩	3.0	2.6	4.8	6.5	7.7	10.0	11.6	13.9
	断層破碎帯	-	X	X	X	X	X	X	X
	風化花崗岩	-	X	X	X	X	X	X	X

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

単位[時間/サイクル]

1発破掘進長(m)		H12基本設計	H13設計研究						
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
主立坑 H=1025m	堆積岩	-	X	X	X	X	10.3	9.5	8.7
	花崗岩	3.0	X	X	X	X	6.0	4.5	3.6
	断層破碎帯	-	X	X	X	X	X	X	X
	風化花崗岩	-	X	X	X	X	X	X	X

<ケース3> SSS手順:Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

単位[時間/サイクル]

1発破掘進長(m)		H12基本設計	H13設計研究						
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
主立坑 H=1025m	堆積岩	-	0.8	-	-	4.2	-	-	5.7
	花崗岩	X	X	X	X	0.7	-	-	3.2
	断層破碎帯	-	X	-	X	X	X	X	X
	風化花崗岩	-	X	-	X	X	X	X	X

<ケース4> SSS手順:Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件:2交替繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr) (注)下線付き赤色斜字体は1日置き。

単位[時間/サイクル]

1発破掘進長(m)		H12基本設計	H13設計研究						
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
主立坑 H=1025m	堆積岩	-	X	X	X	X	X	X	X
	花崗岩	X	X	X	X	X	X	X	X
	断層破碎帯	-	X	-	X	X	X	X	X
	風化花崗岩	-	X	-	X	X	X	X	X

JNC基本計画での目標月進=35(m/月)に固定した場合。

表4.3.2-63 主立坑の総合評価

<ケース1> SSS手順: 2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 昼夜問わず(3hr)

1発破掘進長(m)		H12基本設計		H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
主立坑 H=1025m	堆積岩	-	△	△	△	△	×	×	×
	花崗岩	○		◎	◎	◎	×	×	×
	断層破砕帯	-		◎					
	風化花崗岩	-		◎					

<ケース2> SSS手順: 2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件: 2交替繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

1発破掘進長(m)		H12基本設計		H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
主立坑 H=1025m	堆積岩	-					×	×	×
	花崗岩						×	×	×
	断層破砕帯	-							
	風化花崗岩	-							

<ケース3> SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 昼夜問わず(3hr)

1発破掘進長(m)		H12基本設計		H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
主立坑 H=1025m	堆積岩	-			×	×	×	×	×
	花崗岩								△
	断層破砕帯	-		◎					
	風化花崗岩	-		◎					

<ケース4> SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

1発破掘進長(m)		H12基本設計		H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
主立坑 H=1025m	堆積岩	-							
	花崗岩								
	断層破砕帯	-							
	風化花崗岩	-							

(凡例)  月進35mが確保できないため不適。
 ×: 月進以外の理由で問題あり。 ○: 適している。
 △: 月進以外の理由で多少問題あり。 ◎: 最適。

(e) 主立坑と各ステージ分岐部の施工方法

主立坑と各ステージとの分岐部には人と資機材のアクセス用に拡幅が必要である。この分岐部の施工方法と概略工期を検討する。

ショートステップ立坑の場合切羽より上方に離れた所での別作業は上下作業となってしまうことから、拡幅作業も坑底切羽位置で完了させる必要がある。従って、施工時期としては、分岐部の深度まで主立坑が掘下ってから、そのステージ坑道完成後に掘進再開までの間である。

次に、施工手順としては次の3ケースが考えられる。

- ① 分岐部全体を上から3段階に分け掘削支保する。
- ② 分岐部の主立坑断面部分を先にまとめて掘削後、周辺を拡幅する。
- ③ 分岐部を上から3段階に分けその主立坑断面部分と周辺を交互に掘削支保する。

①の場合、約45度の放射状の拡幅発破は殆ど不可能であり、例え成功したとしても既覆工足元周辺の地山が発破により大きく損傷を受けてしまう。②の場合は3.6mほどもある高さを一度に主立坑断面で長孔発破するわけで、良好な地山の場合でも立坑掘削完了後の周辺拡幅作業のために吹付けコンクリートやロックボルト等による仮設の一次支保が必要であること、作業手順は少ない反面作業数量が大きいため一回の作業時間が長く作業効率が悪い。施工精度と周辺地山への影響もある。③の場合は作業手順が最も多いが、周辺地山へ与える影響が最も小さく精度の高い施工が可能である。以上より、③の「交互に切広げる方法」が妥当である。

次に、掘削後の壁面支保については、①仮設の一次支保のみとするケースと、②さらにコンクリートで覆工仕上げするケースの2つが考えられる。①の場合は工期と経済性の面で有利であるが、繊維或いは金網で吹付けコンクリートを補強したとしても、コンクリート覆工に比べて長期耐久性の面で問題があり、計測・定期点検等により補修補強が必要となる可能性が残る事、その際には上下作業となるため主立坑の切羽作業を停止することになり影響を与えてしまう。②の場合は①と比べて工期と工費がかかってしまうが、安全かつ確実であり、主立坑一般部の支保概念と同一で整合がとれる。以上より、②の「コンクリート覆工」が妥当である。

主立坑と各ステージとの分岐部の施工手順を図4.3.2-12に、概略工期を表4.3.2-64に示す。

- ・コンクリート覆工（吹付コンクリート支保）
- ・交互切広げ方法

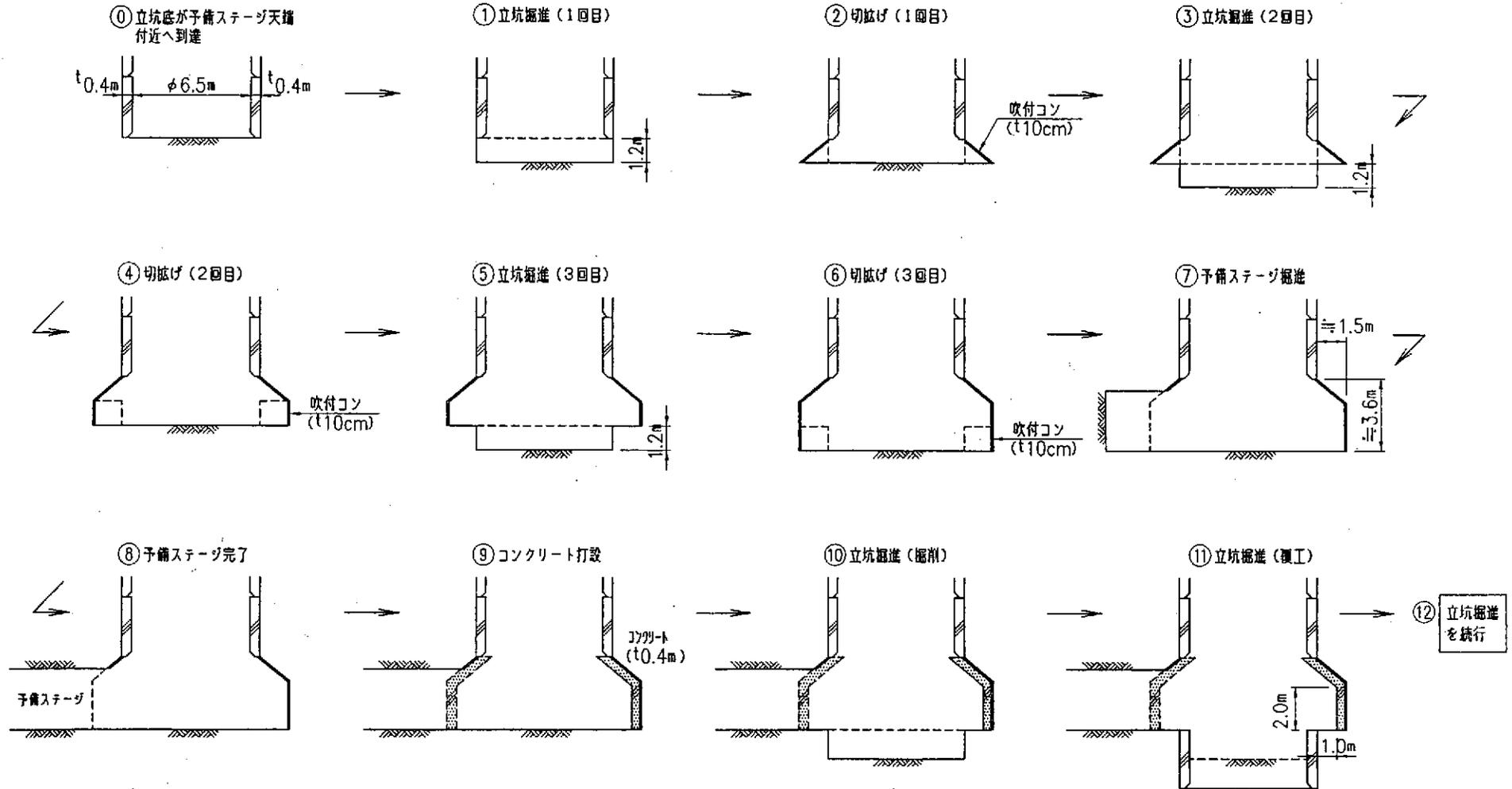


図4.3.2-12 主立坑と各ステージとの分岐部の施工手順

表4.3.2-64 主立坑分岐部の概略工期

SSS手順: Step-by-Step(毎発破のみ)

施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)

研究条件: 昼夜問わず(毎掘削時に3hr)

Step	工種	施工内容	単位	主立坑		備考
				堆積岩	花崗岩	
1	掘削・ 支保工	立坑掘進(1回目)	時間	10.7	12.6	深さ1.2m、覆工せず
2		切広げ(1回目)	"	15.0	17.1	吹付支保
3		立坑掘進(2回目)	"	10.7	12.6	深さ1.2m、覆工せず
4		切広げ(2回目)	"	17.3	20.0	吹付支保
5		立坑掘進(3回目)	"	10.7	12.6	深さ1.2m、覆工せず
6		切広げ(3回目)	"	17.3	20.0	吹付支保
—		小計	"	81.7	94.9	9hr×2方
			日	5	6	小数点第1位四捨五入
9	コンクリート 工	鉄筋・型枠	"	5	5	2方
		コンクリート打設	"	1	1	1方
		養生	"	1	1	
		脱型	"	1	1	2方
		小計	"	8	8	2方
合計			"	13	14	23日/月

(f) 主立坑の施工工程

主立坑の坑口上部・下部を除く一般部、分岐部そして地質構造に関する代表割れ目調査を含む全体工程を表 4.3.2-65 に示す。ここでは、分岐部の施工日数のうち主立坑断面の掘下がり日数 2 日間のみを計上している（拡幅部の掘削・支保と覆工は各ステージの施工工程で計上している）。所要月数を該当延長 1000m で除すると 37.2m/月であり、立坑目標月進 35m/月を満足する。

但し、断層破碎帯と風化花崗岩の不良地山では矢板或いはライナープレート背面に空隙が残る場合、裏込め注入を実施する必要がある訳であるが、ここではその数量が未定のため工程上考慮していない。立坑の場合、この注入作業は下方での切羽作業と上下作業となる可能性があるため、別途検討が必要である。

表4.3.2-65 主立坑の全体工程

主立坑 (分岐部:コンクリート覆工)

深度GL-		区間長 (m)	構造・地山分類	1発破 掘進長 (m)	1覆工 打設長 (m)	水平ステージ取合部(H=3.6m)					立坑標準部			立坑全体		
(m)	~					(m)	施工日数 (日/箇所)	計上日数* (日/箇所)	箇所数 (箇所)	区間長 (m)	月数 (月)	月進 (m/月)	区間長 (m)	月数 (月)	月数 (月)	月進 (m/月)
0	~	5	5	坑口上部	-	-	-	-	0	0.0	-	-	5.0	-	-	-
5	~	25	20	坑口下部	-	-	-	-	0	0.0	-	-	20.0	-	-	-
小計		25	-	-	-	-	-	0	0.0	-	-	25.0	-	-	-	-
25	~	180	155	①堆積岩	1.3	2.6	13	2.4	1	3.6	0.1	43.2	151.4	3.5	3.6	43.1
180	~	435	255	②花崗岩(健岩部)	1.3	2.6	14	2.4	3	10.8	0.3	36.6	244.2	6.7	7.0	36.4
435	~	444	9	③断層破碎帯	1.3	2.6	3	2.4	0	0.0	0.0	33.2	9.0	0.3	0.3	30.0
444	~	460	16	④花崗岩(風化・破碎帯)	1.3	2.6	13	2.4	0	0.0	0.0	33.9	16.0	0.5	0.5	32.0
460	~	466	6	③断層破碎帯	1.3	2.6	3	2.4	0	0.0	0.0	33.2	6.0	0.2	0.2	30.0
466	~	1,025	559	②花崗岩(健岩部)	1.3	2.6	14	2.4	7	25.2	0.7	36.6	533.8	14.6	15.3	36.5
代表割れ目調査(地質:3時間×20回=60時間=2.5日)							-	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-
小計		1,000	-	-	-	-	-	11	39.6	1.2	37.2	960.4	25.8	27.0	37.0	37.0

注)*:立坑標準部断面内の施工日数を立坑に計上。断面以外は予備・中間・最深ステージに計上済み。

③断層破碎帯と④花崗岩(風化・破碎帯)の分岐部施工日数は①堆積岩と同じと仮定。

(2) 換気立坑掘削

(a) 施工方法の選定

i) 施工概要

換気立坑の施工は、前提条件や限定条件の検討結果より下記の2深度に分割される。

- ① GL±0 ～GL-500m
- ② GL-500 ～GL-1010m

ii) 施工方法

換気立坑の施工方法は主立坑と同様に、坑口付近を除く標準的な部分（以後、換気立坑一般部と呼ぶ）と坑口部に分けて検討する。

ア) 換気立坑一般部

換気立坑一般部の掘削工法に関しては、H10年度の設計研究においては仕上り径がφ2.95mと小さかったことから「レイズボーラー工法」が選定されていた。しかしながら、その後H12年度の設計研究において仕上り径がφ4.5mと比較的大きくなり主立坑のφ6.5mに近くなった。したがって、換気立坑一般部の施工方法は、前項「(1) 主立坑」の一般部と同様、ショートステップ方式とする。

イ) 換気立坑坑口上部

換気立坑坑口上部の施工は主立坑と同様に、「法面によるオープン掘削」により行う。

ウ) 換気立坑坑口下部

換気立坑坑口下部は主立坑と同様に、スcaffoldingが設置できる深度までは、荷役設備として移動式クレーンを用いて施工する。

(b) 換気立坑の施工方法

換気立坑坑口部の躯体は、立坑掘削設備の基礎として必要な支持力が得られる深

度まで岩を掘削し、新鮮な岩盤に直接支持させる。

現状では表土の厚さを数mと想定し、必要な支持力を期待するために岩を掘削することを考慮して、ここでは換気立坑の坑口部の躯体はGL-5m程度まで掘削する、そしてスcaffoldingを設置でき発破時の飛石が届かないことを考慮して、ここでは換気立坑の坑口下部の深さをGL-25mと仮定して、以下検討を進める。

換気立坑の施工は大きく以下の3つのステップに分かれる。

- ①坑口上部（GL-5m程度まで）：法面掘削+坑口部躯体構築
- ②坑口下部（GL-5m～GL-25m程度）：発破/機械掘削+ライナープレート+覆工コンクリート
- ③換気立坑一般部（GL-25m～GL-1010m）：発破工法+櫓を用いたズリ搬出+覆工コンクリート

換気立坑の施工フローを図4.3.2-13に示す。

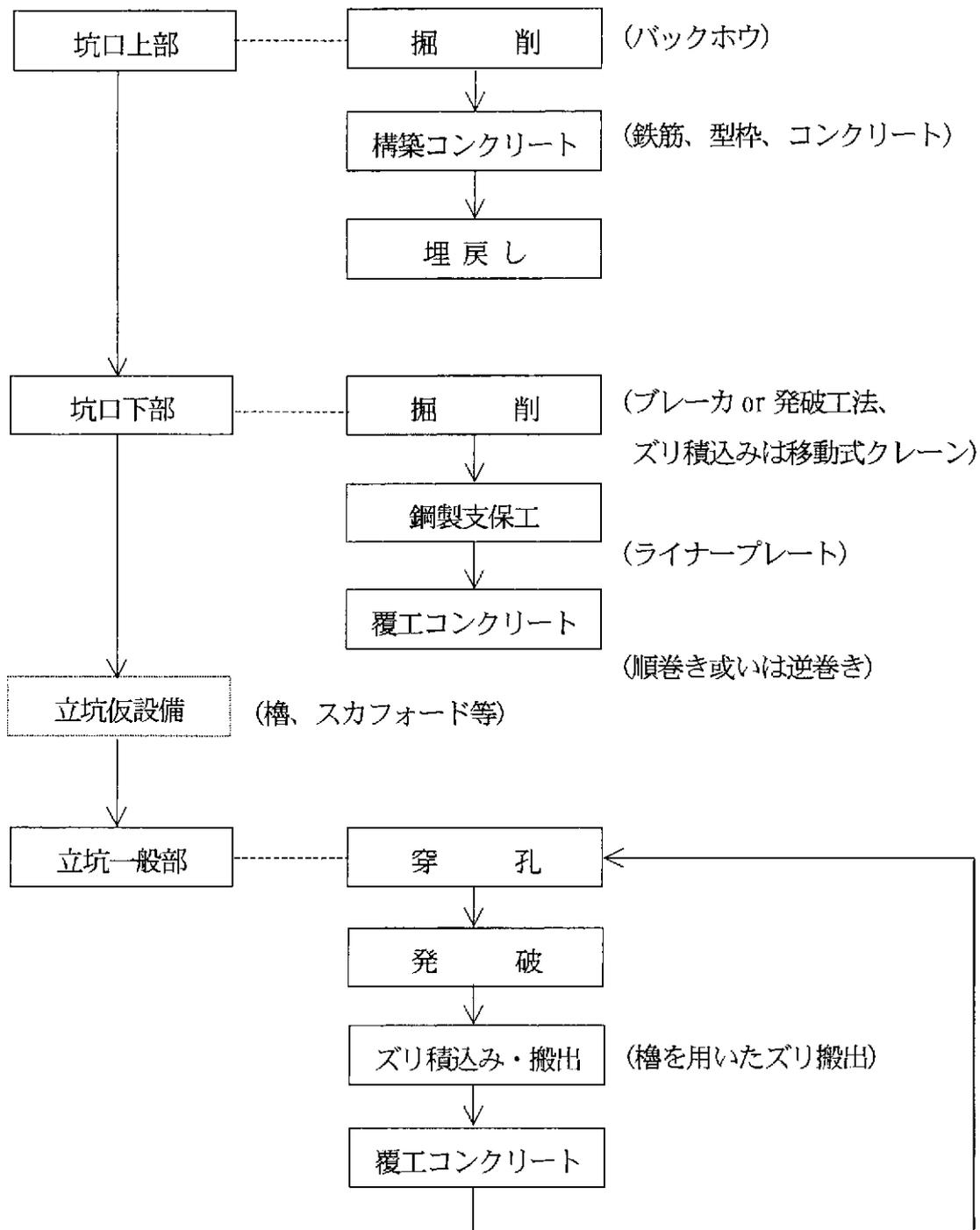


図 4.3.2-13 換気立坑の施工フロー

i) 換気立坑坑口上部

坑口上部の施工は、図 4.3.2-14 に示す通り、①地表よりバックホウで開削し、床づけ後、均しコンクリートを打設する。続いて、②鉄筋・型枠組立て後、③躯体のコンクリート打設を行い構築する。最後に、躯体コンクリート構築後は④良質土にて周囲を埋戻す。

ii) 換気立坑坑口下部

坑口下部の施工は、図 4.3.2-15 に示す通り、油圧ブレーカもしくは発破を用いて掘削行う。掘削ズリはズリキブルを移動式クレーンで巻き上げて排出する。なお、重機の搬入・搬出も移動式クレーンを使用する。掘削後はライナープレート及び補強リングを組立てて地山を支保し、ロングステップ工法の場合には床付けまで掘削完了後、底部から順に覆工コンクリートを（順巻）打設する。一方、ショートステップ工法の場合には、掘削、ズリ出し、支保（必要な場合）の後、直ちにコンクリート覆工を（逆巻）打設し、床付まで繰返す。なお、地山との空隙がある場合はエアモルタル等で覆工背面を充填する。

iii) 換気立坑一般部

全断面発破掘下がり工法（ショートステップ工法）で一般に使用される主要設備は、キブル巻上機、キブル、スcaffolding巻上設備、穿孔設備、ズリ処理設備、覆工設備、坑口設備、人用エレベータ、換気・給排水設備等である。

掘削は巻上げ機を用いて行われる。巻上げ機は、立坑施工時の設備を考慮して選択する必要がある。立坑の特殊な機械には立坑内の作業吊足場となるスcaffolding、ズリまたはコンクリートを運搬するキブル、ズリ積機のシャフトマッカ等がある。

穿孔、発破はトンネルの場合と同様であるが、ズリはスcaffoldingに取付けられたシャフトマッカのバケットによりキブルに積み込まれ、キブルウインチで機まで巻き上げる。巻上げられたキブルは、ズリ捨て装置により立坑外に搬出される。

この間に坑底では、別のキブルに積込みを行い、ズリ出し時間の短縮をはかる。

スcaffoldingはスcaffoldingウインチにより昇降し、覆工コンクリートの型枠組立、コンクリートの打設、配管その他の作業の足場として使用する。

換気立坑一般部の施工手順を図 4.3.2-16 に示す。手順の詳細は以下の通りである。

ア) 穿孔・発破

換気立坑の穿孔には2 Bシャフトジャンボが用いられる。

下向きの穿孔のため、土砂等の流入により孔が塞がることを防ぐため、穿孔後は木栓等により蓋をする。また、切羽に水が溜まると考えられることから、漏洩電流による事故防止のため非電気式雷管を使用する。さらに残留火薬による穿孔中の爆破事故防止のために含水爆薬を使用する。装薬完了後、スcaffoldingを巻上げ、全員の退避を確認した後爆破を行う。初期の段階では、発破による飛石防護のため、防爆シートを設置する。

イ) ズリ出し

湧水がある場合は、発破後、坑底に水中ポンプを下ろし、揚水した後ズリ積作業に取り掛かる。ズリはφ4.1m scaffolding下部に取付けた0.2m³シャフトマッカにより2.0m³ズリキブルに積込み、櫓まで巻き上げる。巻き上げたズリはキブル転倒装置で立坑外に搬出し、仮置きする。ズリキブルは2個準備し、巻上げ中に坑底ではズリ積込みを行い、サイクルタイムの短縮を図る。

ショートステップ工法では、ズリを全量搬出せず、覆工長に合わせて坑底敷き均しを行い、この上に型枠をセットしてコンクリートを打設し、コンクリート打設完了後に残りのズリ出しを行う(図 4.3.2-16 参照)。この方法によれば、次発破時までのコンクリートの養生時間をより多くとることができる。また、発破が覆工コンクリートや型枠材に与える影響を軽減できるという利点もある。

ウ) 覆工コンクリート

覆工コンクリートは、移動式型枠を使用して施工する。コンクリートは1.5 m³コンクリートキブルでscaffoldingまで運搬し、シュートにより打設する。

ショートステップ方式では、コンクリート打設完了後、比較的短時間(立坑規模にも依るが6~12時間程度)に近接して次の発破作業が行われ、ズリ積み後、脱型作業が行われる。したがって、覆工コンクリートには早期強度が要求される(土木学会(1996):トンネル標準示方書[山岳工法編]・同解説)。

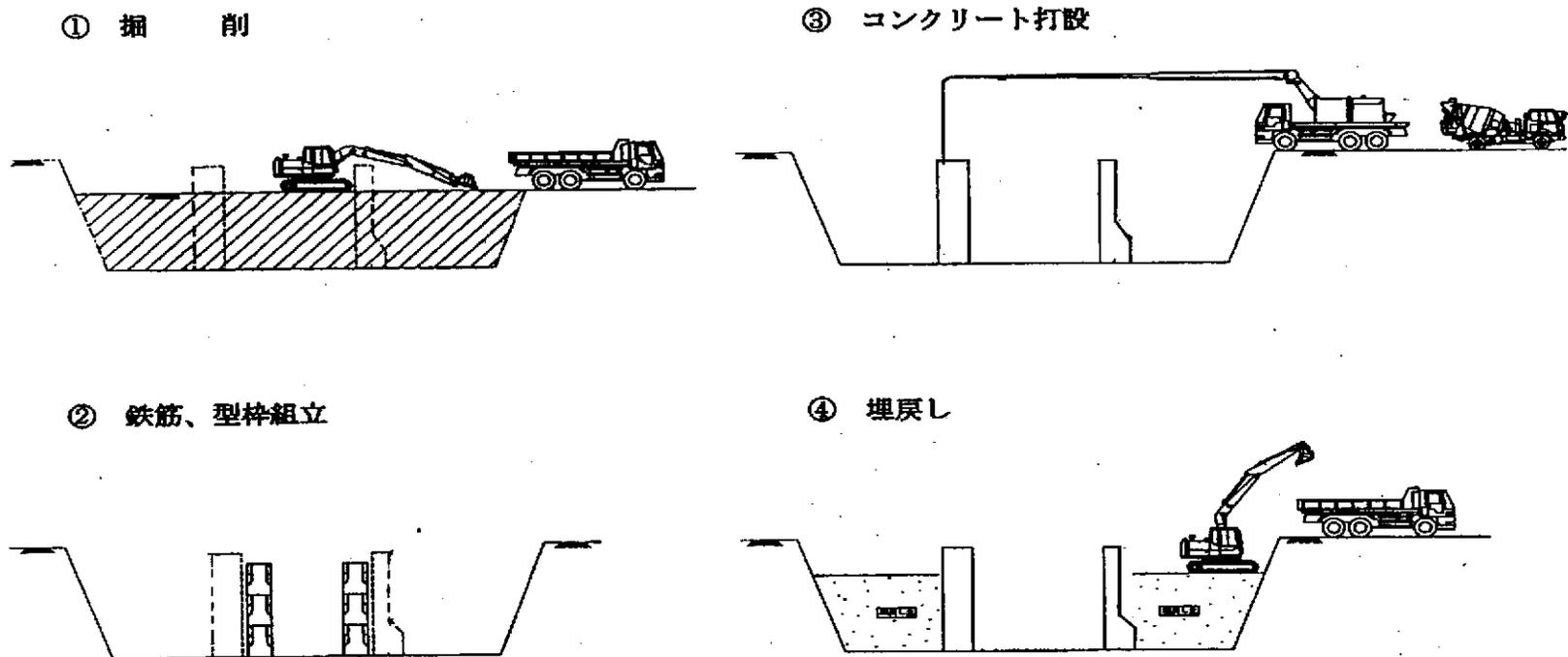


図4.3.2-14 換気立坑坑口上部施工要領図

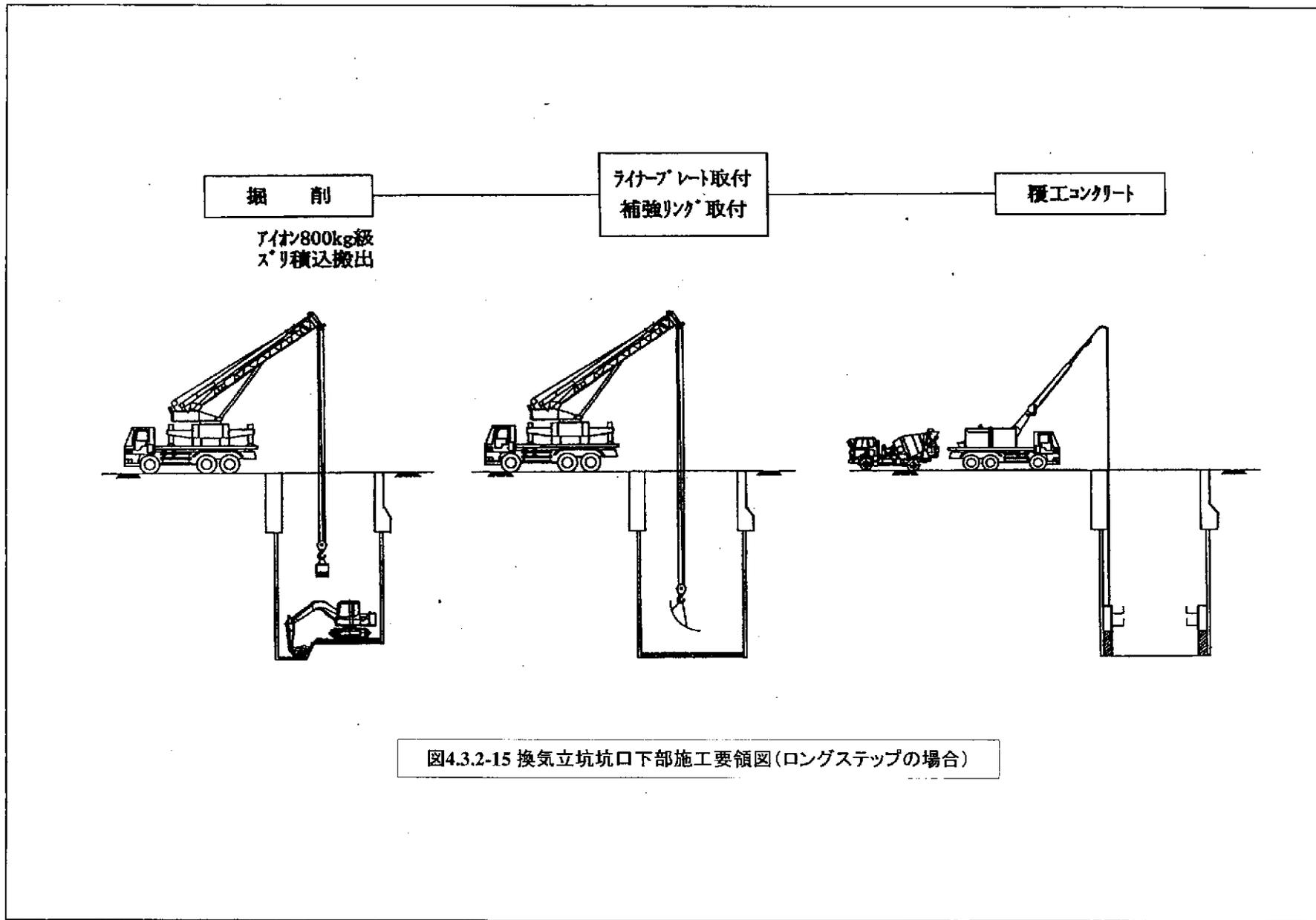


図4.3.2-15 換気立坑坑口下部施工要領図(ロングステップの場合)

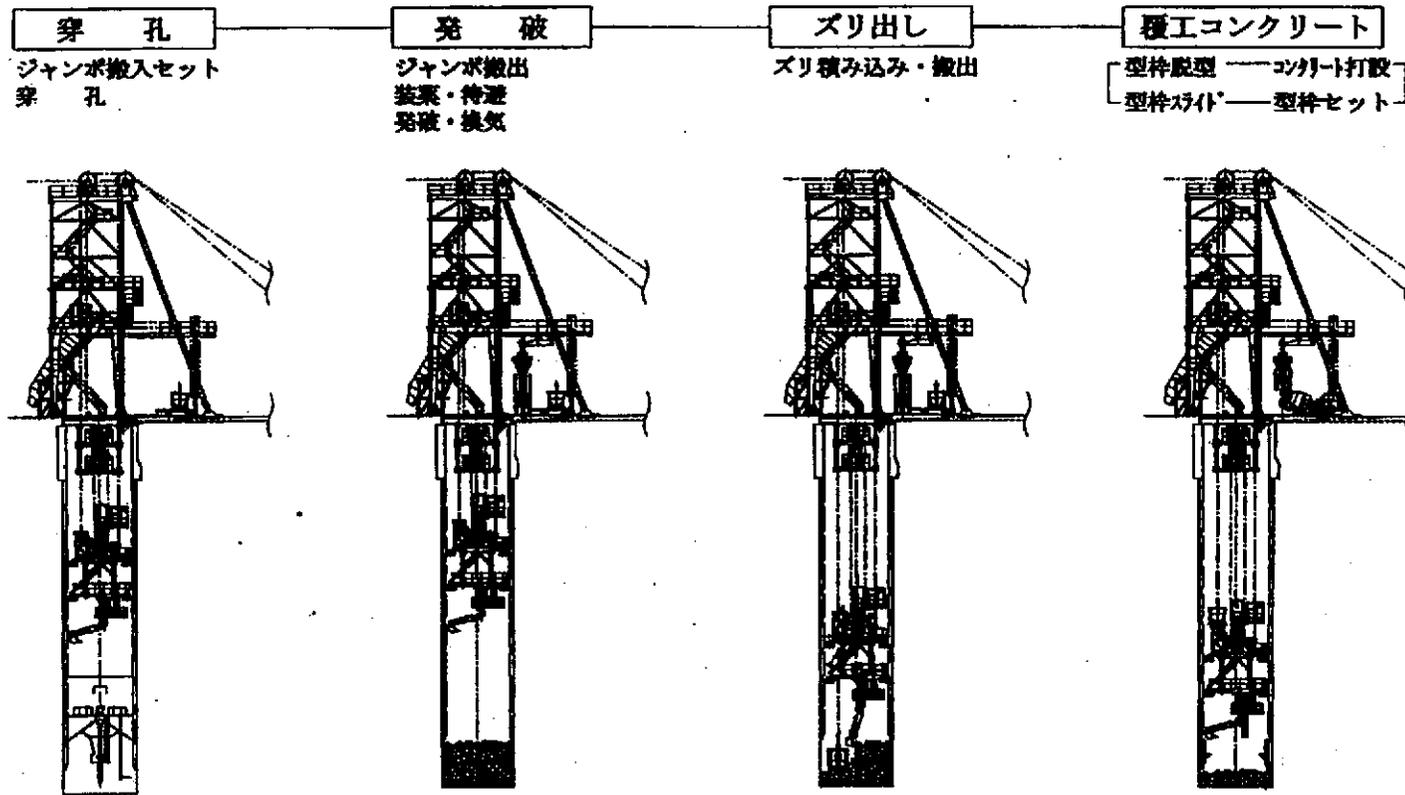


図4.3.2-16 換気立坑一般部施工要領図

(c) 換気立坑の裏面排水工・湧水処理工

換気立坑に関しても、主立坑と同様の裏面排水工・湧水処理工を施工する必要がある。(内容は主立坑と同一であるため割愛する。)

(d) 換気立坑施工のサイクルタイム

i) 制約条件の設定

換気立坑施工のサイクルタイムの計算にあたり、主立坑と同様、下記の制約条件を設定した。

- ①JNC 基本計画での立坑目標月進 35m を確保する。
- ②覆工打設前に坑壁調査の研究時間として一定時間(3 時間)確保する。なお、調査前には壁面洗浄する。
- ③代表割れ目調査(地質構造)として、立坑掘削中に約 3 時間×(10~20 箇所)を確保する。
- ④作業員の作業時間(=拘束時間-休憩時間)を 1 方当り 10 時間以内とする。上記①②③は研究サイドからの制約条件であり、④は労働法上の制約条件である。一方、以下の事項は検討対象外とした。
- ⑤坑口上部・下部工事：新用地の地表付近の詳細データがなく、変更条件が不明なため。
- ⑥想定外事象(突発湧水、山はね、地山崩落、地温など)
- ⑦代表割れ目調査(水理)：その数量・規模と実施時期が不明のため。

ii) 地山分類

正馬様地区から戸狩地区への用地変更に伴い、DH-2 号孔ボーリング柱状図より深度 500m までの地質条件が変更となったため、以下の事項を考慮する。

- ① 瑞浪層群堆積岩が地表より深度 90m から 170m 程度へと層厚化し、CH 級が主体であった MIU-2 孔に比べ CL 級と D 級が主体となり軟質化した。したがって、花崗岩健岩部と特性の異なる堆積岩の重要度が相対的に増したため、この堆積岩のサイクルタイムを新規計算し、適切な施工方法を検討する。

②深度 430m～470m 付近に断層破碎帯と風化花崗岩が存在するため、これら不良地山のサイクルタイムを新規計算する。

③深度 1000m の大部分を占める花崗岩健岩部のサイクルタイムを精査する。
地山分類の結果を表 4.3.2-1（前述）に示す。

iii) 計算条件

換気立坑の施工サイクルタイムを精度よく求めるため、トンネル積算基準や既往立坑サイクルタイム実績などを調査参考にして、発破掘削条件と作業歩掛りの見直しを行った。その結果を表 4.3.2-66 と表 4.3.2-67 に示す。

iv) 計算ケース

平成 12 年度の基本設計の成果として「1 発破掘進長 1.3m×2 発破の 2.6m 打設スパン」が提示されているが、この妥当性を調べるために 1 発破掘進長を 1.2m、1.3m、1.4m、1.5m、1.6m、1.7m、1.8m の 7 つ設定する。さらに、主立坑と同様、「毎発破 (Step-by-step) 工法」と「隔発破 (2-Step) 工法」によるサイクルタイム、施工・研究条件のうち「2 交替で連続的に作業する中で、昼夜問わず坑壁調査する場合」と「2 交替で断続的に繰返し作業することにより、ある一定時刻に坑壁調査できる場合」による施工速度を算出し、適切な施工方法と必要な研究条件を検討する。計算ケースは前述の表 4.3.2-4 と同じである。

表4.3.2-66 換気立坑の発破掘削条件

立坑種別	記号	単位	換気立坑			
設計掘削径	φ	m	5.3			
設計掘削断面積	A	m ²	22.1			
1発破進行長	B	m	1.3(標準値)			
地山分類	—	—	①堆積岩	②花崗岩 (健岩部)	③断層破砕帯	④花崗岩 (風化・破砕帯)
岩盤等級	—	—	CL~D	B~CH		OL~D
余掘り		m	0.17 (D相当)	0.22 (B相当)	0.17 (D相当)	0.20 (C-II相当)
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.6 (D相当)	2.7 (B相当・小割)	1.6 (D相当)	2.0 (C-II相当・孔荒)
穿孔長	D	m	B+0.2	B+0.2	B+0.2	B+0.2
のみ下がり速度	F	m/分	1.5 (D相当)	1.0 (B相当)	1.5 (D相当)	1.3 (C-II相当・孔荒)
土量変化率	L	—	1.5 (軟岩II)	1.65 (硬岩I)	1.5 (軟岩II)	1.60 (中硬岩)
支保工			なし	なし	H12 リッパ支保工 707=21=1	H10 リッパ支保工 矢板 (30mm×100%)
1次覆工:厚さ(cm)			40	40	40	40
裏込め注入			なし	なし	覆工打設後 早期実施	覆工打設後 早期実施

赤字:H12基本設計、H10設計研究より見直し

カラー枠は新規追加

表4.3.2-67 作業歩掛り(換気立坑)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	考え方	根拠
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	A1		
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	A2		
1発破進行長	B	m	B		
m当り穿孔数	C	孔/m	C		
穿孔長	D	m	D		
削岩機使用台数	E	台	E		
のみ下り速度	F	m/分	F		
1台当り穿孔数	G	孔/台	A1・C/E		
削岩準備	Tb1	分	30	シャフトジャンボ・作業員準備	既往立坑実績
穿孔	Tb2	"	D・G/F		-
削岩機移動(各孔間)	Tb3	"	G・1分	孔間移動時間:1(分)	シャフトジャンボ能力より推定
装薬準備	Tb4	"	10	火薬類運搬等	既往立坑実績
装薬	Tb5	"	A1・C・1.5分/5人	1孔当り装薬結線時間:1.5(分)	既往立坑実績
退避	Tb6	"	20	スcaffold、作業員、水中ポンプ等	既往立坑実績
発破・換気	Tb7	"	20	内、換気15分	既往立坑実績
その他	Tb8	"	10	シャフトジャンボ格納、測量等	既往立坑実績
穿孔発破計	Tb	"	∑ Tb1~8	(H12基本設計と同様)	
		時間	Tb/60		

B) スリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	考え方	根拠
スリ総量	∑ Q	m ³	A2・B・L	L変化率	
1台当りスリキブル容量	VO	m ³	VO		
キブル運搬回数	n	回	∑ Q/VO		
スリ出し準備	Tm1	分	5		発破トンネル
揚げスリ	Tm2	"	n・te	te:スリ出し1サイクル時間(分)	-
キブル積替え	Tm3	"	0		-
浮石落とし	Tm4	"	15		既往立坑実績
壁面清掃	Tm5	"	15		既往立坑実績
スリ出し計	Tm	"	∑ Tm1~5	(H12基本設計と同様)	
		時間	Tm/60		

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	考え方	根拠
コンクリート打設量	Qc	m ³	Qc		
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	Kc		
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分	既往立坑実績
キブル運搬回数	nc	回	Qc/Kc		
坑壁洗浄・裏面排水工	Tf1	分	60	調査研究前に洗浄	既往立坑実績
盤均し	Tf2	"	60		既往立坑実績
セントル脱型・移動・組立	Tf3	"	120	ケレン・清掃含む	既往立坑実績
脱型組立小計	Tf	"	∑ Tf1~3=240	(H12基本設計より変更)	
		時間	Tf/60		
打設準備	Tc1	分	30		既往立坑実績
コンクリート打設	Tc2	"	tc・nc	tc:キブル運搬時間(分)	-
後片付け	Tc3	"	30		既往立坑実績
コンクリート打設小計	Tc	"	∑ Tc1~3	(H12基本設計より変更)	
		時間	Tc/60		
型枠・コンクリート打設計	Tf+Tc	分	Tf+Tc	(H12基本設計と同様)	
		時間	(Tf+Tc)/60		

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	考え方	根拠
建込準備	Ts1	分	Ts1	支保工あり:Ts1=30、 支保工なし:Ts1=0	既往立坑実績
支保工建込	Ts2	"	Ts1	リング支保工+矢板100%:Ts2=90、 リング支保工+ライナープレート:Ts2=180	既往立坑実績
支保工計	Ts	分	∑ Ts1~2	(今回、新規追加)	
		時間	Ts/60		

v) 計算結果

換気立坑の施工サイクルタイムの計算結果として、①堆積岩を表 4.3.2-68～表 4.3.2-87 に、②花崗岩健岩部を表 4.3.2-88～表 4.3.2-107 に、③断層破碎帯を表 4.3.2-108～表 4.3.2-113 に、④風化花崗岩を表 4.3.2-114～表 4.3.2-119 に示す。但し、③断層破碎帯と④風化花崗岩については、主立坑と同様、不良地山のため1発破掘進長を長く取れないことから1.2mと1.3mに設定している。

vi) 施工方法の評価

タイムスケジュールの一例を図 4.3.2-17 に示す。これはケース1の例であり、発破ズリ出しを2回繰り返す、覆工コンクリートは2回の掘削分を1回で打設する施工サイクル（1サイクルは39.0時間）を2交替で連続的に進める。JNCの研究時刻は最初が8:00～11:00、次が22:30～2:30と不規則となる。因みに月進は36.8mである。

ア) 月進

換気立坑の月進を表 4.3.2-120 に示す。同表より、同じ地山条件と1発破掘進長の場合、ケース1、ケース2、ケース3、ケース4の順に月進が低減していく事が分かる。堆積岩と花崗岩健岩部がともにJNCの掲げる目標月進 35m/月を満足するのは、1発破掘進長 1.2m以上のケース1、1発破掘進長 1.6m以上のケース2、1発破掘進長 1.8mのケース3である。断層破碎帯と風化花崗岩はともに支保工設置作業が追加されるため、目標月進 35m/月を満足できるケースは存在しない。

イ) 側壁露出面高さ

換気立坑の掘進中に側壁が無支保で露出する高さを表 4.3.2-121 に示す。安衛則 356 条より、「掘削中の土砂崩壊防止のため、掘削面の勾配が 90 度垂直の場合、岩盤又は堅い粘土(N値 8 以上)の地山では掘削面高さは 5m未満でなければならない。その他の(不良)地山では2m未満でなければならない」と法律で定められている。また、立坑は通常の横坑と異なり、足元が作業場所の切羽であること、特に装薬・結線作業と坑壁調査研究作業は側壁に近づかざるを得ない。従って、立坑内での安全作業を考えると、堆積岩や花崗岩健岩部などの堅固な地山の場合でも、無支保・無覆工の素掘り壁面高さは最大3m程度以下が望ましいと考える。

ウ) 覆工脱型養生時間

換気立坑に設置するコンクリート覆工の打設完了から次ステップのための脱型までの養生時間を表 4.3.2-122 に示す。施工条件より、ケース 2 はケース 1 よりも、ケース 4 はケース 3 よりも養生時間が長い。立坑の覆工コンクリートは通常の横坑とは構造が異なること、そして逆巻打設されることから、その標準養生時間に関しては別途検討が必要である。ここでは、あくまで参考として通常の横坑における標準養生時間 12~18 時間(土木学会(1996):トンネル標準示方書[山岳工法編]・同解説)と比較すると、ケース 1 とケース 2 の場合は養生時間が 24 時間以上と比較的長いものに対して、ケース 3 とケース 4 の場合は 12 時間以上と少し短い。

エ) 覆工発破影響時間

換気立坑に設置するコンクリート覆工の打設完了から次ステップのための最初の発破により振動影響を受けるまでの時間を表 4.3.2-123 に示す。ショートステップ工法では発破後のズリ出し途中で移動式型枠の設置空間が出来ると直ちに覆工作業へ移るため、この影響時間は実際にはズリの取り残し量によって変化する。本検討では、発破による発生ズリの 2/3 を搬出後、覆工打設した後、残る 1/3 のズリを搬出してから次ステップの穿孔作業に入るものと仮定している。ショートステップ立坑の場合、その工法の特徴から打設後短時間にその直下で発破が行われるため、発破によるクラック発生などの品質低下に繋がらないよう注意が必要であり、換気立坑においても別途検討が必要である。なお、ショートステップ立坑のコンクリート覆工の標準的な発破影響時間は、既往の実績では 6~12 時間である(土木学会(1996):トンネル標準示方書[山岳工法編]・同解説)。この標準影響時間と比較すると、花崗岩健岩部は全ケースで 6 時間以上と比較的長いものに対して、堆積岩、断層破碎帯、風化花崗岩では穿孔発破時間が短いことから 6 時間以下と短い。

オ) ズリ出し作業占有率

ショートステップ立坑の場合、全作業のうちでズリ出し作業だけは機械作業である。従って、長孔穿孔等により高速施工を目指すと、このズリ出し作業が長過ぎてしまい返って作業員が手待ちになり非効率となることが考えられる。1 サイクルに占め

るズリ出し作業時間の比率を表 4.3.2-124 に示す。既往の実績から、ズリ出し作業は 1 サイクルの半分程度である。換気立坑では主立坑と同様 3 段スカフォードと 2 缶ズリキブルによる替キブル方式を採用しており、その作業効率アップを 30% と仮定すると、ズリ出し作業比率は $50\% \times (1 - 0.3) = 35\%$ が目安となる。換気立坑では全てのケースで 35% 以下であり、効率的な作業という面で問題は無いと考えられる。

カ) 研究可能時間

立坑の目標月進 35m/月を上回るケースについて、もし月進を 35m/月に固定した場合に余る時間を調査研究に当てることが考えられる。そう仮定した場合の研究可能時間を表 4.3.2-125 に示す。ケース 1 の場合、堆積岩では 8 時間以上、花崗岩健岩部では約 3 時間以上を研究に当てることが可能である。

キ) まとめ

上記の、工程（月進）、安全性（側壁露出面高さ）、品質（覆工脱型養生・発破影響時間）、作業効率性（ズリ出し作業占有率）、研究可能性の観点より総合的に評価した結果を表 4.3.2-126 に示す。換気立坑の場合、ケース 1 の 1 発破掘進長 1.3m × 2 発破の 2.6m 打設スパンという「隔発破 (2-Step) 工法」により 2 交替で連続的に作業する施工手順で、かつ昼夜問わず不規則な時刻に坑壁調査する場合が妥当であると考えられる。この場合では同一の移動式型枠が使用可能である。但し、断層破碎帯、風化花崗岩の不良地山で支保工を省略する場合等、ケース 3 の 1 発破掘進長 1.3m の「毎発破 (Step-by-step) 工法」を採用する事も考えられる。

表4.3.2-68 換気立坑サイクルタイム(堆積岩)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	22.1	$\pi \cdot (5.3)^2 / 4$ (仕上り径=4.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	25.0	$\pi \cdot (5.64)^2 / 4$ (余掘り=17cm:D I 相当)
1発破進行長	B	m	1.2	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.6	D I 級地山
穿孔長	D	m	1.4	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.5	D I 級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	18	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	17	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	18	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	11	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スカフォード、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	136	
		時間	2.3	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	45.0	A2・B・変化率(変化率=1.50:軟岩Ⅱ)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	2.0	
キブル運搬回数	n	回	23	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	272	n・te (te=11.8分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	307	
		時間	5.1	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	21.8	$\pi (5.64^2 - 4.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	15	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	150	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	210	
		時間	3.5	
型枠・コンクリート打設計		分	450	
		時間	7.5	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

表4.3.2-69 換気立坑タイムテーブル(堆積岩)

<ケース1>

SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	5	150	2.5	
休憩(昼間)	60	3	180	3.0	
交替	60	2	120	2.0	
小計	-	-	450	7.5	
ズリ出し	307	2	614	10.2	Tm、2発破分
支保工	0	2	0	0.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	136	2	272	4.5	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型~組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	210	1	210	3.5	Tc、2発破分
小計	-	-	1,516	25.3	
(1サイクル作業方数)	-	3	-	-	
1サイクルタイム	-	-	1,966	32.8	2発破分,24hr当り
コンクリート養生	-	1	1,426	23.8	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	-	1	238	4.0	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)

*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。

1発破進行長	m	1.2	
1サイクル打設長	m	2.4	
月進	m/月	40.4	平均実作業日数=23日/月

<ケース2>

SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m	1.2	必要条件:1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m	2.4	
月進	m/月	27.6	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-70 換気立坑サイクルタイム(堆積岩)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	22.1	$\pi \cdot (5.3)^2 / 4$ (仕上り径=4.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	25.0	$\pi \cdot (5.64)^2 / 4$ (余掘り=17cm:D.I相当)
1発破進行長	B	m	1.3	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.6	D I 級地山
穿孔長	D	m	1.5	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.5	D I 級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	18	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	18	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	18	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	11	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スカフォード、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	137	
		時間	2.3	

B)ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	48.8	A2・B・変化率(変化率=1.50:軟岩II)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	2.0	
キブル運搬回数	n	回	25	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	295	$n \cdot te$ (te=11.8分)
キブル積替え		"	0	
浮石落とし		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	330	
		時間	5.5	

C)型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	23.6	$\pi (5.64^2 - 4.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	16	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	160	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	220	
		時間	3.7	
型枠・コンクリート打設計		分	460	
		時間	7.7	

D)支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

cycletime-1.3m タイムテーブルVS

<ケース1> 表4.3.2-71 換気立坑タイムテーブル(堆積岩)
 SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	5	150	2.5	
休憩(昼間)	60	3	180	3.0	
交替	60	2	120	2.0	
小計	—	—	450	7.5	
ズリ出し	330	2	660	11.0	Tm、2発破分
支保工	0	2	0	0.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	137	2	274	4.6	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	220	1	220	3.7	Tc、2発破分
小計	—	—	1,574	26.2	
(1サイクル作業方数)	—	3	—	—	
1サイクルタイム	—	—	2,024	33.7	2発破分,24hr当り
コンクリート養生	—	1	1,474	24.6	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	247	4.1	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長		m	1.3		
1サイクル打設長		m	2.6		
月進		m/月	42.5		平均実作業日数=23日/月

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長		m	1.3		必要条件:1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長		m	2.6		
月進		m/月	29.9		平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-72 換気立坑サイクルタイム(堆積岩)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	22.1	$\pi \cdot (5.3)^2 / 4$ (仕上り径=4.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	25.0	$\pi \cdot (5.64)^2 / 4$ (余掘り=17cm:D I 相当)
1発破進行長	B	m	1.6	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.6	D I 級地山
穿孔長	D	m	1.6	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.5	D I 級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	18	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	19	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	18	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	11	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcafford、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	138	
		時間	2.3	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	52.5	A2・B・変化率(変化率=1.50:軟岩II)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	2.0	
キブル運搬回数	n	回	27	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	319	n・te (te=11.8分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	354	
		時間	5.9	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	25.4	$\pi (5.64^2 - 4.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	17	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	170	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	230	
		時間	3.8	
型枠・コンクリート打設計		分	470	
		時間	7.8	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

cycletime-1.4m タイムテーブルVS

表4.3.2-73 換気立坑タイムテーブル(堆積岩)
 <ケース1> SSS手順: 2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	3	180	3.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	-	-	570	9.5	
ズリ出し	354	2	708	11.8	Tm、2発破分
支保工	0	2	0	0.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	138	2	276	4.6	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	230	1	230	3.8	Tc、2発破分
小計	-	-	1,634	27.2	
(1サイクル作業方数)	-	4	-	-	
1サイクルタイム	-	-	2,204	36.7	2発破分, 24hr当り
コンクリート養生	-	1	1,644	27.4	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	-	1	256	4.3	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)

*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。

1発破進行長	m	1.4	
1サイクル打設長	m	2.8	
月進	m/月	42.1	平均実作業日数=23日/月

<ケース2> SSS手順: 2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件: 2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m	1.4	必要条件: 1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m	2.8	
月進	m/月	32.2	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-74 換気立坑サイクルタイム(堆積岩)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	22.1	$\pi \cdot (5.3)^2 / 4$ (仕上り径=4.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	25.0	$\pi \cdot (5.64)^2 / 4$ (余掘り=17cm D I 相当)
1発破進行長	B	m	1.5	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.6	D I 級地山
穿孔長	D	m	1.7	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.5	D I 級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	18	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	20	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	18	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	11	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スカフォード、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	139	
		時間	2.3	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	56.3	A2・B・変化率(変化率=1.50:軟岩Ⅱ)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	2.0	
キブル運搬回数	n	回	29	$\Sigma Q/V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	343	n・te (te=11.8分)
キブル積替え		"	0	
浮石落とし		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	378	
		時間	6.3	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	27.2	$\pi (5.64^2 - 4.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	19	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	190	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	250	
		時間	4.2	
型枠・コンクリート打設計		分	490	
		時間	8.2	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

<ケース1>

表4.3.2-75 換気立坑タイムテーブル(堆積岩)
 SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	3	180	3.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	-	-	570	9.5	
ズリ出し	378	2	756	12.6	Tm、2発破分
支保工	0	2	0	0.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	139	2	278	4.6	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型~組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	250	1	250	4.2	Tc、2発破分
小計	-	-	1,704	28.4	
(1サイクル作業方数)	-	4	-	-	
1サイクルタイム	-	-	2,274	37.9	2発破分,24hr当り
コンクリート養生	-	1	1,694	28.2	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	-	1	265	4.4	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長	m		1.5		
1サイクル打設長	m		3.0		
月進	m/月		43.7	平均実作業日数=23日/月	

<ケース2>

SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m		1.5	必要条件:1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m		3.0	
月進	m/月		34.5	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-76 換気立坑サイクルタイム(堆積岩)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	22.1	$\pi \cdot (5.3)^2 / 4$ (仕上り径=4.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	25.0	$\pi \cdot (5.64)^2 / 4$ (余掘り=17cm.D I 相当)
1発破進行長	B	m	1.6	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.6	D I 級地山
穿孔長	D	m	1.8	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.5	D I 級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	18	A1·C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	22	D·G/F
削岩機移動(各孔間)		"	18	G·1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	11	A1·C·1.5分/5人
退避		"	20	スcafford、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	141	
		時間	2.4	

B) スリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	60.0	A2·B·変化率(変化率=1.50:軟岩Ⅱ)
1台当りズリキブル容量	VO	m ³	2.0	
キブル運搬回数	n	回	30	$\Sigma Q/VO$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	354	$n \cdot t_e$ (t _e =11.8分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	389	
		時間	6.5	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	29.1	$\pi (5.64^2 - 4.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
キブル運搬時間	t _c	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	n _c	回	20	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	200	t _c ·n _c
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	260	
		時間	4.3	
型枠・コンクリート打設計		分	500	
		時間	8.3	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

表4.3.2-77 換気立坑タイムテーブル(堆積岩)
 <ケース1> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	3	180	3.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	—	—	570	9.5	
ズリ出し	389	2	778	13.0	Tm、2発破分
支保工	0	2	0	0.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	141	2	282	4.7	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	260	1	260	4.3	Tc、2発破分
小計	—	—	1,740	29.0	
(1サイクル作業方数)	—	4	—	—	
1サイクルタイム	—	—	2,310	38.5	2発破分,24hr当り
コンクリート養生	—	1	1,720	28.7	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	331	5.5	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長	m		1.6		
1サイクル打設長	m		3.2		
月進	m/月		45.9		平均実作業日数=23日/月

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m		1.6		必要条件:1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m		3.2		
月進	m/月		36.8		平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-78 換気立坑サイクルタイム(堆積岩)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	22.1	$\pi \cdot (5.3)^2 / 4$ (仕上り径=4.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	25.0	$\pi \cdot (5.64)^2 / 4$ (余掘り=17cm:D I 相当)
1発破進行長	B	m		
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.6	D I 級地山
穿孔長	D	m	1.9	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.5	D I 級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	18	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	23	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	18	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	11	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcafford、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	142	
		時間	2.4	

B) スリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	63.8	A2・B・変化率(変化率=1.50:軟岩Ⅱ)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	2.0	
キブル運搬回数	n	回	32	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	378	n・te (te=11.8分)
キブル積替え		"	0	
浮石落とし		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	413	
		時間	6.9	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	30.9	$\pi (5.64^2 - 4.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	21	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	210	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	270	
		時間	4.5	
型枠・コンクリート打設計		分	510	
		時間	8.5	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

表4.3.2-79 換気立坑タイムテーブル(堆積岩)
 <ケース1> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	3	180	3.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	—	—	570	9.5	
ズリ出し	413	2	826	13.8	Tm、2発破分
支保工	0	2	0	0.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	142	2	284	4.7	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	270	1	270	4.5	Tc、2発破分
小計	—	—	1,800	30.0	
(1サイクル作業方数)	—	4	—	—	
1サイクルタイム	—	—	2,370	39.5	2発破分,24hr当り
コンクリート養生	—	1	1,770	29.5	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	340	5.7	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長	m		1.7		
1サイクル打設長	m		3.4		
月進	m/月		47.5		平均実作業日数=23日/月

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m		1.7		必要条件:1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m		3.4		
月進	m/月		39.1		平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-80 換気立坑サイクルタイム(堆積岩)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	22.1	$\pi \cdot (5.3)^2 / 4$ (仕上り径=4.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	25.0	$\pi \cdot (5.64)^2 / 4$ (余掘り=17cm:D I 相当)
1発破進行長	B	m	1.8	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.6	D I 級地山
穿孔長	D	m	2	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.5	D I 級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	18	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	24	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	18	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	11	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcafford、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	143	
		時間	2.4	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	67.5	A2・B・変化率(変化率=1.50:軟岩II)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	2.0	
キブル運搬回数	n	回	34	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	402	n・te (te=11.8分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズり出し計		"	437	
		時間	7.3	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	32.7	$\pi (5.64^2 - 4.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	22	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	220	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	280	
		時間	4.7	
型枠・コンクリート打設計		分	520	
		時間	8.7	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

表4.3.2-81 換気立坑タイムテーブル(堆積岩)
 <ケース1> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	3	180	3.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	—	—	570	9.5	
ズリ出し	437	2	874	14.6	Tm、2発破分
支保工	0	2	0	0.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	143	2	286	4.8	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	280	1	280	4.7	Tc、2発破分
小計	—	—	1,860	31.0	
(1サイクル作業方数)	—	4	—	—	
1サイクルタイム	—	—	2,430	40.5	2発破分、24hr当り
コンクリート養生	—	1	1,820	30.3	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	349	5.8	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)

*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。

1発破進行長	m	1.8	
1サイクル打設長	m	3.6	
月進	m/月	49.1	平均実作業日数=23日/月

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m	1.8	必要条件:1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m	3.6	
月進	m/月	41.4	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-82 換気立坑サイクルタイム(堆積岩)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	22.1	$\pi \cdot (5.3)^2 / 4$ (仕上り径=4.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	25.0	$\pi \cdot (5.64)^2 / 4$ (余掘り=17cm:D I相当)
1発破進行長	B	m	1.2	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.6	D I 級地山
穿孔長	D	m	1.4	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.5	D I 級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	18	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	17	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	18	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	11	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スカーフオード、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	136	
		時間	2.3	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	45.0	A2・B・変化率(変化率=1.50:軟岩Ⅱ)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	2.0	
キブル運搬回数	n	回	23	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	272	n・te (te=11.8分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	307	
		時間	5.1	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	10.9	$\pi (5.64^2 - 4.5^2) / 4 \cdot B$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	8	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	80	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	140	
		時間	2.3	
型枠・コンクリート打設計		分	380	1発破掘進後、毎回打設。
		時間	6.3	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

表4.3.2-83 換気立坑タイムテーブル(堆積岩)
 <ケース3> SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	3	90	1.5	
休憩(昼間)	60	2	120	2.0	
交替	60	1	60	1.0	
小計	—	—	270	4.5	
ズリ出し	307	1	307	5.1	Tm、1発破分
支保工	0	1	0	0.0	Ts、1発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、1発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、1発破分
コンクリート打設	140	1	140	2.3	Tc、1発破分
穿孔・発破	136	1	136	2.3	Tb、1発破分
小計	—	—	1,003	16.7	
(1サイクル作業方数)	—	2	—	—	
1サイクルタイム	—	—	1,273	21.2	1発破分, 24hr当り
コンクリート養生	—	1	773	12.9	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	238	4.0	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長	m		1.2		
1サイクル打設長	m		1.2		
月進	m/月		31.2		平均実作業日数=23日/月

<ケース4> SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m		1.2	必要条件: 1サイクルタイム ≤ 48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m		1.2	
月進	m/月		13.8	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-84 換気立坑サイクルタイム(堆積岩)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	22.1	$\pi \cdot (5.3)^2 / 4$ (仕上り径=4.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	25.0	$\pi \cdot (5.64)^2 / 4$ (余掘り=17cm:D I相当)
1発破進行長	B	m	1.5	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.6	D I 級地山
穿孔長	D	m	1.7	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.5	D I 級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	18	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	20	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	18	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	11	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcafford、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	139	
		時間	2.3	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	56.3	A2・B・変化率(変化率=1.50:軟岩II)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	2.0	
キブル運搬回数	n	回	29	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	343	n・te (te=11.8分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	378	
		時間	6.3	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	13.6	$\pi (5.64^2 - 4.5^2) / 4 \cdot B$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	10	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	100	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	160	
		時間	2.7	
型枠・コンクリート打設計		分	400	1発破掘進後、毎回打設。
		時間	6.7	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

one-cycletime-1.5m タイムテーブルVS

<ケース3>

表4.3.2-85 換気立坑タイムテーブル(堆積岩)
 SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	5	150	2.5	
休憩(昼間)	60	2	120	2.0	
交替	60	2	120	2.0	
小計	—	—	390	6.5	
ズリ出し	378	1	378	6.3	Tm、1発破分
支保工	0	1	0	0.0	Ts、1発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、1発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型~組立	240	1	240	4.0	Tf、1発破分
コンクリート打設	160	1	160	2.7	Tc、1発破分
穿孔・発破	139	1	139	2.3	Tb、1発破分
小計	—	—	1,097	18.3	
(1サイクル作業方数)	—	3	—	—	
1サイクルタイム	—	—	1,487	24.8	1発破分,24hr当り
コンクリート養生	—	1	967	16.1	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	265	4.4	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長	m		1.5		
1サイクル打設長	m		1.5		
月進	m/月		33.4		平均実作業日数=23日/月

<ケース4>

SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m		1.5		必要条件: 1サイクルタイム ≤ 48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m		1.5		
月進	m/月		17.3		平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-86 換気立坑サイクルタイム(堆积岩)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	22.1	$\pi \cdot (5.3)^2 / 4$ (仕上り径=4.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	25.0	$\pi \cdot (5.64)^2 / 4$ (余掘り=17cm:D I相当)
1発破進行長	B	m	1.8	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.6	D I 級地山
穿孔長	D	m	2	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.5	D I 級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	18	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	24	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	18	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	11	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スカフォード、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	143	
		時間	2.4	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	67.5	A2・B・変化率(変化率=1.50:軟岩II)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	2.0	
キブル運搬回数	n	回	34	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	402	n・te (te=11.8分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	437	
		時間	7.3	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	16.3	$\pi (5.64^2 - 4.5^2) / 4 \cdot B$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	11	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セトル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	110	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	170	
		時間	2.8	
型枠・コンクリート打設計		分	410	1発破掘進後、毎回打設。
		時間	6.8	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

one-cycle time-1.8m タイムテーブルVS

<ケース3>

表4.3.2-87 換気立坑タイムテーブル(堆積岩)
 SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	5	150	2.5	
休憩(昼間)	60	2	120	2.0	
交替	60	2	120	2.0	
小計	—	—	390	6.5	
ズリ出し	437	1	437	7.3	Tm、1発破分
支保工	0	1	0	0.0	Ts、1発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、1発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型~組立	240	1	240	4.0	Tf、1発破分
コンクリート打設	170	1	170	2.8	Tc、1発破分
穿孔・発破	143	1	143	2.4	Tb、1発破分
小計	—	—	1,170	19.5	
(1サイクル作業方数)	—	3	—	—	
1サイクルタイム	—	—	1,560	26.0	1発破分, 24hr当り
コンクリート養生	—	1	1,030	17.2	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	349	5.8	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長		m	1.8		
1サイクル打設長		m	1.8		
月進		m/月	38.2		平均実作業日数=23日/月

<ケース4>

SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 2日置き的一定時刻(3hr)

1発破進行長		m	1.8		必要条件: 1サイクルタイム ≤ 48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長		m	1.8		
月進		m/月	20.7		平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-88 換気立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	22.1	$\pi \cdot (5.3)^2 / 4$ (仕上り径=4.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	25.9	$\pi \cdot (5.74)^2 / 4$ (余掘り=22cm:B相当)
1発破進行長	B	m	1.2	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	2.7	B級地山
穿孔長	D	m	1.4	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.0	B級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	30	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	42	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	30	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	18	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スカフォード、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	180	
		時間	3	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	51.3	A2・B・変化率(変化率=1.65:硬岩 I)
1台当りズリキブル容量	VO	m ³	2.0	
キブル運搬回数	n	回	26	$\Sigma Q / VO$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	312	$n \cdot t_e$ (* $t_e=12.0$ 分)
キブル積替え		"	0	* $t_e = [(800-171) \cdot 11.8 + (900-800) \cdot 12.1 + (1010-900) \cdot 12.8] / (1010-170) = 12.0$
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	347	
		時間	5.8	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	23.9	$\pi (5.74^2 - 4.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	16	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	160	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	220	
		時間	3.7	
型枠・コンクリート打設計		分	460	
		時間	7.7	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

表4.3.2-89 換気立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)

<ケース1>

SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	3	180	3.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	—	—	570	9.5	
ズリ出し	347	2	694	11.6	Tm、2発破分
支保工	0	2	0	0.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	180	2	360	6.0	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	220	1	220	3.7	Tc、2発破分
小計	—	—	1,694	28.2	
(1サイクル作業方数)	—	4	—	—	
1サイクルタイム	—	—	2,264	37.7	2発破分、24hr当り
コンクリート養生	—	1	1,714	28.6	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	356	5.9	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長	m		1.2		
1サイクル打設長	m		2.4		
月進	m/月		35.1		平均実作業日数=23日/月

<ケース2>

SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m		1.2		必要条件:1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m		2.4		
月進	m/月		27.6		平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-90 換気立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	22.1	$\pi \cdot (5.3)^2 / 4$ (仕上り径=4.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	25.9	$\pi \cdot (5.74)^2 / 4$ (余掘り=22cm:B相当)
1発破進行長	B	m	1.3	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	2.7	B級地山
穿孔長	D	m	1.5	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.0	B級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	30	A1·C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	45	D·G/F
削岩機移動(各孔間)		"	30	G·1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	18	A1·C·1.5分/5人
退避		"	20	スカフォード、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	183	
		時間	3.1	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	55.6	A2·B·変化率(変化率=1.65:硬岩 I)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	2.0	
キブル運搬回数	n	回	28	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	336	n·te (*te=12.0分)
キブル積替え		"	0	*te=[(800-171)·11.8+(900-800)·12.1+(1010-900)·12.8]/(1010-170)=12.0
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	371	
		時間	6.2	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	25.9	$\pi (5.74^2 - 4.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	18	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	180	tc·nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	240	
		時間	4	
型枠・コンクリート打設計		分	480	
		時間	8	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

表4.3.2-91 換気立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)
 <ケース1> SSS手順: 2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	3	180	3.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	-	-	570	9.5	
ズリ出し	371	2	742	12.4	Tm、2発破分
支保工	0	2	0	0.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	183	2	366	6.1	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	240	1	240	4.0	Tc、2発破分
小計	-	-	1,768	29.5	
(1サイクル作業方数)	-	4	-	-	
1サイクルタイム	-	-	2,338	39.0	2発破分,24hr当り
コンクリート養生	-	1	1,768	29.5	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	-	1	367	6.1	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)

*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。

1発破進行長	m	1.3	
1サイクル打設長	m	2.6	
月進	m/月	36.8	平均実作業日数=23日/月

<ケース2> SSS手順: 2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件: 2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m	1.3	必要条件: 1サイクルタイム ≤ 48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m	2.6	
月進	m/月	29.9	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-92 換気立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	22.1	$\pi \cdot (5.3)^2 / 4$ (仕上り径=4.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	25.9	$\pi \cdot (5.74)^2 / 4$ (余掘り=22cm:B相当)
1発破進行長	B	m	1.4	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	2.7	B級地山
穿孔長	D	m	1.6	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.0	B級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	30	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	48	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	30	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	18	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcafford、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	186	
		時間	3.1	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	59.8	A2・B・変化率(変化率=1.65:硬岩 I)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	2.0	
キブル運搬回数	n	回	30	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	360	n・te (*te=12.0分)
キブル積替え		"	0	*te=[(800-171)・11.8+(900-800)・12.1+(1010-900)・12.8]/(1010-170)=12.0
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	395	
		時間	6.6	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	27.9	$\pi (5.74^2 - 4.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	19	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	190	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	250	
		時間	4.2	
型枠・コンクリート打設計		分	490	
		時間	8.2	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

表4.3.2-93 換気立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)
 <ケース1> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	3	180	3.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	—	—	570	9.5	
ズリ出し	395	2	790	13.2	Tm、2発破分
支保工	0	2	0	0.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	186	2	372	6.2	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	250	1	250	4.2	Tc、2発破分
小計	—	—	1,832	30.5	
(1サイクル作業方数)	—	4	—	—	
1サイクルタイム	—	—	2,402	40.0	2発破分,24hr当り
コンクリート養生	—	1	1,822	30.4	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	378	6.3	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)

*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。

1発破進行長	m	1.4	
1サイクル打設長	m	2.8	
月進	m/月	38.6	平均実作業日数=23日/月

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m	1.4	必要条件:1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m	2.8	
月進	m/月	32.2	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-94 換気立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	22.1	$\pi \cdot (5.3)^2 / 4$ (仕上り径=4.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	25.9	$\pi \cdot (5.74)^2 / 4$ (余掘り=22cm:B相当)
1発破進行長	B	m	1.5	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	2.7	B級地山
穿孔長	D	m	1.7	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.0	B級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	30	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	51	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	30	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	18	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcafford、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	189	
		時間	3.2	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	64.1	A2・B・変化率(変化率=1.65:硬岩 I)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	2.0	
キブル運搬回数	n	回	33	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	396	n・*te (*te=12.0分)
キブル積替え		"	0	*te=[(800-171)・11.8+(900-800)・12.1+(1010-900)・12.8]/(1010-170)=12.0
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	431	
		時間	7.2	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	29.9	$\pi (5.74^2 - 4.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	20	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	200	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	260	
		時間	4.3	
型枠・コンクリート打設計		分	500	
		時間	8.3	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

cycletime=1.5m タイムテーブルVG

表4.3.2-95 換気立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)
 <ケース1> SSS手順: 2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	4	240	4.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	-	-	630	10.5	
ズリ出し	431	2	862	14.4	Tm、2発破分
支保工	0	2	0	0.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	189	2	378	6.3	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	260	1	260	4.3	Tc、2発破分
小計	-	-	1,920	32.0	
(1サイクル作業方数)	-	4	-	-	
1サイクルタイム	-	-	2,550	42.5	2発破分, 24hr当り
コンクリート養生	-	1	1,960	32.7	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	-	1	393	6.5	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)

*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。

1発破進行長	m	1.5	
1サイクル打設長	m	3.0	
月進	m/月	39.0	平均実作業日数=23日/月

<ケース2> SSS手順: 2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件: 2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m	1.5	必要条件: 1サイクルタイム ≤ 48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m	3.0	
月進	m/月	34.5	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-96 換気立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	22.1	$\pi \cdot (5.3)^2 / 4$ (仕上り径=4.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	25.9	$\pi \cdot (5.74)^2 / 4$ (余掘り=22cm:B相当)
1発破進行長	B	m	1.6	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	2.7	B級地山
穿孔長	D	m	1.8	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.0	B級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	30	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	54	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	30	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	18	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcafford、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	192	
		時間	3.2	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	68.4	A2・B・変化率(変化率=1.65:硬岩 I)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	2.0	
キブル運搬回数	n	回	35	$\Sigma Q/V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	420	n・te (*te=12.0分)
キブル積替え		"	0	*te=[(800-171)・11.8+(900-800)・12.1+(1010-900)・12.8]/(1010-170)=12.0
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	455	
		時間	7.6	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	31.9	$\pi (5.74^2 - 4.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	22	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	220	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	280	
		時間	4.7	
型枠・コンクリート打設計		分	520	
		時間	8.7	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

表4.3.2-97 換気立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)
 <ケース1> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	4	240	4.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	—	—	630	10.5	
ズリ出し	455	2	910	15.2	Tm、2発破分
支保工	0	2	0	0.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	192	2	384	6.4	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	280	1	280	4.7	Tc、2発破分
小計	—	—	1,994	33.2	
(1サイクル作業方数)	—	4	—	—	
1サイクルタイム	—	—	2,624	43.7	2発破分 24hr当り
コンクリート養生	—	1	2,014	33.6	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	404	6.7	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長	m	6			
1サイクル打設長	m	3.2			
月進	m/月	40.4	平均実作業日数=23日/月		

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置き的一定時刻(3hr)

1発破進行長	m	6	必要条件:1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr		
1サイクル打設長	m	3.2			
月進	m/月	36.8	平均実作業日数=23日/月		

表4.3.2-98 換気立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	22.1	$\pi \cdot (5.3)^2 / 4$ (仕上り径=4.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	25.9	$\pi \cdot (5.74)^2 / 4$ (余掘り=22cm:B相当)
1発破進行長	B	m		
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	2.7	B級地山
穿孔長	D	m	1.9	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.0	B級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	30	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	57	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	30	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	18	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcafford、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	195	
		時間	3.3	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	72.6	A2・B・変化率(変化率=1.65:硬岩I)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	2.0	
キブル運搬回数	n	回	37	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	444	n・te (*te=12.0分)
キブル積替え		"	0	*te=[(800-171)*11.8+(900-800)*12.1+(1010-900)*12.8]/(1010-170)=12.0
浮石落とし		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	479	
		時間	8.0	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	33.9	$\pi (5.74^2 - 4.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	23	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	230	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	290	
		時間	4.8	
型枠・コンクリート打設計		分	530	
		時間	8.8	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

cycletime=1.7m タイムテーブルVG

表4.3.2-99 換気立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)
 <ケース1> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	4	240	4.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	—	—	630	10.5	
ズリ出し	479	2	958	16.0	Tm、2発破分
支保工	0	2	0	0.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	195	2	390	6.5	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	290	1	290	4.8	Tc、2発破分
小計	—	—	2,058	34.3	
(1サイクル作業方数)	—	4	—	—	
1サイクルタイム	—	—	2,688	44.8	2発破分240分以内
コンクリート養生	—	1	2,068	34.5	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	415	6.9	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)

*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。

1発破進行長	m	1.7	
1サイクル打設長	m	3.4	
月進	m/月	41.9	平均実作業日数=23日/月

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m	1.7	必要条件:1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m	3.4	
月進	m/月	39.1	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-100 換気立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	22.1	$\pi \cdot (5.3)^2 / 4$ (仕上り径=4.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	25.9	$\pi \cdot (5.74)^2 / 4$ (余掘り=22cm:B相当)
1発破進行長	B	m	11.8	
m当り穿孔数	C	孔/m ²	2.7	B級地山
穿孔長	D	m	2	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.0	B級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	30	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	60	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	30	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	18	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スカフォード、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	198	
		時間	3.3	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	76.9	A2・B・変化率(変化率=1.65:硬岩 I)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	2.0	
キブル運搬回数	n	回	39	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	468	n・te (*te=12.0分)
キブル積替え		"	0	*te=[(800-171)・11.8+(900-800)・12.1+(1010-900)・12.8]/(1010-170)=12.0
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	503	
		時間	8.4	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	35.9	$\pi (5.74^2 - 4.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	24	Qc/Kc
坑壁洗淨・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗淨
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	240	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	300	
		時間	5	
型枠・コンクリート打設計		分	540	
		時間	9	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

<ケース1>

表4.3.2-101 換気立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)
 SSS手順: 2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	4	240	4.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	—	—	630	10.5	
ズリ出し	503	2	1,006	16.8	Tm、2発破分
支保工	0	2	0	0.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	198	2	396	6.6	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	300	1	300	5.0	Tc、2発破分
小計	—	—	2,122	35.4	
(1サイクル作業方数)	—	4	—	—	
1サイクルタイム	—	—	2,752	45.9	2発破分, 24hr当り
コンクリート養生	—	1	2,122	35.4	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	426	7.1	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)

*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。

1発破進行長	m	1.8	
1サイクル打設長	m	3.6	
月進	m/月	43.3	平均実作業日数=23日/月

<ケース2>

SSS手順: 2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件: 2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m	1.8	必要条件: 1サイクルタイム ≤ 48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m	3.6	
月進	m/月	41.4	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-102 換気立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	22.1	$\pi \cdot (5.3)^2 / 4$ (仕上り径=4.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	25.9	$\pi \cdot (5.74)^2 / 4$ (余掘り=22cm:B相当)
1発破進行長	B	m	1.2	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	2.7	B級地山
穿孔長	D	m	1.4	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.0	B級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	30	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	42	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	30	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	18	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcafford、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	180	
		時間	3	

B)ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	51.3	A2・B・変化率(変化率=1.65:硬岩I)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	2.0	
キブル運搬回数	n	回	26	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	312	n・te (*te=12.0分)
キブル積替え		"	0	*te=[(800-171)・11.8+(900-800)・12.1+(1010-900)・12.8]/(1010-170)=12.0
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	347	
		時間	5.8	

C)型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	12.0	$\pi (5.74^2 - 4.5^2) / 4 \cdot B$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	8	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	80	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	140	
		時間	2.3	
型枠・コンクリート打設計		分	380	1発破掘進後、毎回打設。
		時間	6.3	

D)支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

表4.3.2-103 換気立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)
 <ケース3> SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	5	150	2.5	
休憩(昼間)	60	2	120	2.0	
交替	60	2	120	2.0	
小計	—	—	390	6.5	
ズリ出し	347	1	347	5.8	Tm、1発破分
支保工	0	1	0	0.0	Ts、1発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、1発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、1発破分
コンクリート打設	140	1	140	2.3	Tc、1発破分
穿孔・発破	180	1	180	3.0	Tb、1発破分
小計	—	—	1,087	18.1	
(1サイクル作業方数)	—	3	—	—	
1サイクルタイム	—	—	1,477	24.6	1発破分, 24hr当り
コンクリート養生	—	1	977	16.3	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	356	5.9	=Tm/3+Tb (<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長		m	1.2		
1サイクル打設長		m	1.2		
月進		m/月	26.9		平均実作業日数=23日/月

<ケース4> SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長		m	1.2		必要条件: 1サイクルタイム ≤ 48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長		m	1.2		
月進		m/月	13.8		平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-104 換気立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	22.1	$\pi \cdot (5.3)^2 / 4$ (仕上り径=4.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	25.9	$\pi \cdot (5.74)^2 / 4$ (余掘り=22cm:B相当)
1発破進行長	B	m	1.5	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	2.7	B級地山
穿孔長	D	m	1.7	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.0	B級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	30	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	51	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	30	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	18	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スカフォード、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	189	
		時間	3.2	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	64.1	A2・B・変化率(変化率=1.65:硬岩I)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	2.0	
キブル運搬回数	n	回	33	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	396	n・te (*te=12.0分)
キブル積替え		"	0	*te=[(800-171)*11.8+(900-800)*12.1+(1010-900)*12.8]/(1010-170)=12.0
浮石落とし		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	431	
		時間	7.2	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	15.0	$\pi (5.74^2 - 4.5^2) / 4 \cdot B$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	10	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	100	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	160	
		時間	2.7	
型枠・コンクリート打設計		分	400	1発破掘進後、毎回打設。
		時間	6.7	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

表4.3.2-105 換気立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)
 <ケース3> SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	5	150	2.5	
休憩(昼間)	60	2	120	2.0	
交替	60	2	120	2.0	
小計	—	—	390	6.5	
ズリ出し	431	1	431	7.2	Tm、1発破分
支保工	0	1	0	0.0	Ts、1発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、1発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、1発破分
コンクリート打設	160	1	160	2.7	Tc、1発破分
穿孔・発破	189	1	189	3.2	Tb、1発破分
小計	—	—	1,200	20.0	
(1サイクル作業方数)	—	3	—	—	
1サイクルタイム	—	—	1,590	26.5	1発破分, 24hr当り
コンクリート養生	—	1	1,070	17.8	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	393	6.5	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)

*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。

1発破進行長	m	1.5	
1サイクル打設長	m	1.5	
月進	m/月	31.2	平均実作業日数=23日/月

<ケース4> SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m	1.5	必要条件: 1サイクルタイム ≤ 48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m	1.5	
月進	m/月	17.3	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-106 換気立坑サイクルタイム(花崗岩健岩部)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	22.1	$\pi \cdot (5.3)^2 / 4$ (仕上り径=4.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	25.9	$\pi \cdot (5.74)^2 / 4$ (余掘り=22cm:B相当)
1発破進行長	B	m	11.8	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	2.7	B級地山
穿孔長	D	m	2	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.0	B級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	30	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	60	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	30	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	18	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スカフォード、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	198	
		時間	3.3	

B) スリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	76.9	A2・B・変化率(変化率=1.65:硬岩 I)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	2.0	
キブル運搬回数	n	回	39	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	468	$n \cdot t_e$ (* $t_e=12.0$ 分)
キブル積替え		"	0	$*t_e = [(800-171) \cdot 11.8 + (900-800) \cdot 12.1 + (1010-900) \cdot 12.8] / (1010-170) = 12.0$
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	503	
		時間	8.4	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	18.0	$\pi (5.74^2 - 4.5^2) / 4 \cdot B$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	12	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	120	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	180	
		時間	3	
型枠・コンクリート打設計		分	420	1発破掘進後、毎回打設。
		時間	7	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	0	
支保工建込		"	0	
支保工計		分	0	
		時間	0	

<ケース3>

表4.3.2-107 換気立坑タイムテーブル(花崗岩健岩部)

SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)

施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)

研究条件: 昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか (分) (時間)		備考
打合せ(朝・夕)	30	5	150	2.5	
休憩(昼間)	60	2	120	2.0	
交替	60	2	120	2.0	
小計	—	—	390	6.5	
ズリ出し	503	1	503	8.4	Tm、1発破分
支保工	0	1	0	0.0	Ts、1発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、1発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、1発破分
コンクリート打設	180	1	180	3.0	Tc、1発破分
穿孔・発破	198	1	198	3.3	Tb、1発破分
小計	—	—	1,301	21.7	
(1サイクル作業方数)	—	3	—	—	
1サイクルタイム	—	—	1,691	28.2	1発破分, 24hr当り
コンクリート養生	—	1	1,151	19.2	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	426	7.1	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長		m	1.8		
1サイクル打設長		m	1.8		
月進		m/月	35.3		平均実作業日数=23日/月

<ケース4>

SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)

施工条件: 2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)

研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長		m	1.8		必要条件: 1サイクルタイム ≤ 48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長		m	1.8		
月進		m/月	20.7		平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-108 換気立坑サイクルタイム(断層破碎帯)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	22.1	$\pi \cdot (5.3)^2 / 4$ (仕上り径=4.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	25.0	$\pi \cdot (5.64)^2 / 4$ (余掘り=17cm:D I 相当)
1発破進行長	B	m	1.2	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.6	D I 級地山
穿孔長	D	m	1.4	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.5	D I 級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	18	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	17	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	18	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	11	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcafford、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	136	
		時間	2.3	

B)ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	45.0	A2・B・変化率(変化率=1.50:軟岩Ⅱ)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	2.0	
キブル運搬回数	n	回	23	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	272	n・te (te=11.8分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	307	
		時間	5.1	

C)型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	21.8	$\pi (5.64^2 - 4.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	15	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	150	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	210	
		時間	3.5	
型枠・コンクリート打設計		分	450	
		時間	7.5	

D)支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	30	
支保工建込		分	180	H-125リング支保工+ライナープレート
支保工計		分	210	
		時間	3.5	

表4.3.2-109 換気立坑タイムテーブル(断層破碎帯)

<ケース1>

SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	4	240	4.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	—	—	630	10.5	
ズリ出し	307	2	614	10.2	Tm、2発破分
支保工	210	2	420	7.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	136	2	272	4.5	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	210	1	210	3.5	Tc、2発破分
小計	—	—	1,936	32.3	
(1サイクル作業方数)	—	4	—	—	
1サイクルタイム	—	—	2,566	42.8	2発破分,24hr当り
コンクリート養生	—	1	2,026	33.8	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	238	4.0	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)

*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。

1発破進行長	m	1.2	
1サイクル打設長	m	2.4	
月進	m/月	31.0	平均実作業日数=23日/月

<ケース2>

SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m	1.2	必要条件:1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m	2.4	
月進	m/月	27.6	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-110 換気立坑サイクルタイム(断層破碎帯)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	22.1	$\pi \cdot (5.3)^2 / 4$ (仕上り径=4.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	25.0	$\pi \cdot (5.64)^2 / 4$ (余掘り=17cm:D I 相当)
1発破進行長	B	m	1.3	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.6	D I 級地山
穿孔長	D	m	1.5	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.5	D I 級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	18	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	18	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	18	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	11	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スカフォード、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	137	
		時間	2.3	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	48.8	A2・B・変化率(変化率=1.50:軟岩Ⅱ)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	2.0	
キブル運搬回数	n	回	25	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	295	n・te (te=11.8分)
キブル積替え		"	0	
浮石落とし		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	330	
		時間	5.5	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	23.6	$\pi (5.64^2 - 4.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	16	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	160	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	220	
		時間	3.7	
型枠・コンクリート打設計		分	460	
		時間	7.7	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	30	
支保工建込		"	180	H-125リング支保工+ライナープレート
支保工計		分	210	
		時間	3.5	

cycletime=1.3m タイムテーブルVFZ

表4.3.2-111 換気立坑タイムテーブル(断層破碎帯)
 <ケース1> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	4	240	4.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	—	—	630	10.5	
ズリ出し	330	2	660	11.0	Tm、2発破分
支保工	210	2	420	7.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	137	2	274	4.6	Tb、2発破分
研究(JNO殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	220	1	220	3.7	Tc、2発破分
小計	—	—	1,994	33.2	
(1サイクル作業方数)	—	4	—	—	
1サイクルタイム	—	—	2,624	43.7	2発破分,24hr当り
コンクリート養生	—	1	2,074	34.6	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	247	4.1	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)

*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。

1発破進行長	m	1.3	
1サイクル打設長	m	2.6	
月進	m/月	32.8	平均実作業日数=23日/月

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m	1.3	必要条件:1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m	2.6	
月進	m/月	29.9	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-112 換気立坑サイクルタイム(断層破碎帯)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	22.1	$\pi \cdot (5.3)^2 / 4$ (仕上り径=4.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	25.0	$\pi \cdot (5.64)^2 / 4$ (余掘り=17cm:D I 相当)
1発破進行長	B	m	1.2	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	1.6	D I 級地山
穿孔長	D	m	1.4	B+0.2
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.5	D I 級地山
1台当り穿孔数	G	孔/台	18	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	17	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	18	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	11	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スカフォード、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	136	
		時間	2.3	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	45.0	A2・B・変化率(変化率=1.50:軟岩II)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	2.0	
キブル運搬回数	n	回	23	$\Sigma Q/V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	272	n・te (te=11.8分)
キブル積替え		"	0	
浮石落とし		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	307	
		時間	5.1	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	10.9	$\pi (5.64^2 - 4.5^2) / 4 \cdot B$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	8	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	80	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	140	
		時間	2.3	
型枠・コンクリート打設計		分	380	1発破掘進後、毎回打設。
		時間	6.3	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	30	
支保工建込		"	180	H-125リング支保工・ライナープレート
支保工計		分	210	
		時間	3.5	

<ケース3>

表4.3.2-113 換気立坑タイムテーブル(断層破碎帯)

SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	5	150	2.5	
休憩(昼間)	60	2	120	2.0	
交替	60	2	120	2.0	
小計	—	—	390	6.5	
ズリ出し	307	1	307	5.1	Tm、1発破分
支保工	210	1	210	3.5	Ts、1発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、1発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型~組立	240	1	240	4.0	Tf、1発破分
コンクリート打設	140	1	140	2.3	Tc、1発破分
穿孔・発破	136	1	136	2.3	Tb、1発破分
小計	—	—	1,213	20.2	
(1サイクル作業方数)	—	3	—	—	
1サイクルタイム	—	—	1,603	26.7	1発破分, 24hr当り
コンクリート養生	—	1	1,103	18.4	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	238	4.0	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長	m		1.2		
1サイクル打設長	m		1.2		
月進	m/月		24.8		平均実作業日数=23日/月

<ケース4>

SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m		1.2		必要条件: 1サイクルタイム ≤ 48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m		1.2		
月進	m/月		13.8		平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-114 換気立坑サイクルタイム(風化花崗岩)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	22.1	$\pi \cdot (5.3)^2 / 4$ (仕上り径=4.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	25.5	$\pi \cdot (5.7)^2 / 4$ (余掘り=20cm:C II相当)
1発破進行長	B	m	1.2	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	2.0	C II 級地山(孔荒れ)
穿孔長	D	m	1.6	B+0.4
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.3	C II 級地山(孔荒れ)
1台当り穿孔数	G	孔/台	23	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	28	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	23	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	13	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcafford、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	154	
		時間	2.6	

B) ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	49.0	A2・B・変化率(変化率=1.60:中硬岩)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	2.0	
キブル運搬回数	n	回	25	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	295	n・te (te=11.8分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	330	
		時間	5.5	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	23.1	$\pi \cdot (5.7^2 - 4.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	16	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	160	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	220	
		時間	3.7	
型枠・コンクリート打設計		分	460	
		時間	7.7	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	30	
支保工建込		"	90	H-125リング支保工・矢板100%
支保工計		分	120	
		時間	2	

表4.3.2-115 換気立坑タイムテーブル(風化花崗岩)

<ケース1>

SSS手順: 2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	3	180	3.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	—	—	570	9.5	
ズリ出し	330	2	660	11.0	Tm、2発破分
支保工	120	2	240	4.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	154	2	308	5.1	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	220	1	220	3.7	Tc、2発破分
小計	—	—	1,848	30.8	
(1サイクル作業方数)	—	4	—	—	
1サイクルタイム	—	—	2,418	40.3	2発破分,24hr当り
コンクリート養生	—	1	1,868	31.1	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	264	4.4	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)

*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。

1発破進行長	m	1.2	
1サイクル打設長	m	2.4	
月進	m/月	32.9	平均実作業日数=23日/月

<ケース2>

SSS手順: 2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件: 2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m	1.2	必要条件: 1サイクルタイム ≤ 48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m	2.4	
月進	m/月	27.6	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-116 換気立坑サイクルタイム(風化花崗岩)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	22.1	$\pi \cdot (5.3)^2 / 4$ (仕上り径=4.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	25.5	$\pi \cdot (5.7)^2 / 4$ (余掘り=20cm:CⅡ相当)
1発破進行長	B	m	1.3	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	2.0	CⅡ級地山(孔荒れ)
穿孔長	D	m	1.7	B+0.4
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.3	CⅡ級地山(孔荒れ)
1台当り穿孔数	G	孔/台	23	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	30	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	23	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	13	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcafford、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	156	
		時間	2.6	

B) スリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	53.0	A2・B・変化率(変化率=1.60:中硬岩)
1台当りズリキブル容量	V0	m ³	2.0	
キブル運搬回数	n	回	27	$\Sigma Q / V0$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	319	n・te (te=11.8分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	354	
		時間	5.9	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	25.0	$\pi (5.7^2 - 4.5^2) / 4 \cdot (2 \cdot B)$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	17	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	170	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	230	
		時間	3.8	
型枠・コンクリート打設計		分	470	
		時間	7.8	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	30	
支保工建込		"	90	H-125リング支保工 矢板100%
支保工計		分	120	
		時間	2.0	

表4.3.2-117 換気立坑タイムテーブル(風化花崗岩)
 <ケース1> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	7	210	3.5	
休憩(昼間)	60	4	240	4.0	
交替	60	3	180	3.0	
小計	-	-	630	10.5	
ズリ出し	354	2	708	11.8	Tm、2発破分
支保工	120	2	240	4.0	Ts、2発破分
穿孔・発破	156	2	312	5.2	Tb、2発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、2発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、2発破分
コンクリート打設	230	1	230	3.8	Tc、2発破分
小計	-	-	1,910	31.8	
(1サイクル作業方数)	-	4	-	-	
1サイクルタイム	-	-	2,540	42.3	2発破分,24hr当り
コンクリート養生	-	1	1,980	33.0	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	-	1	334	5.6	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長		m	1.3		
1サイクル打設長		m	2.6		
月進		m/月	33.9		平均実作業日数=23日/月

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長	m	1.3	必要条件:1サイクルタイム≤48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長	m	2.6	
月進	m/月	29.9	平均実作業日数=23日/月

表4.3.2-118 換気立坑サイクルタイム(風化花崗岩)

A) 掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
設計掘削断面積(余掘り含まず)	A1	m ²	22.1	$\pi \cdot (5.3)^2 / 4$ (仕上り径=4.5m、覆工厚=0.4m)
掘削断面積(余掘り含む)	A2	m ²	25.5	$\pi \cdot (5.7)^2 / 4$ (余掘り=20cm:CⅡ相当)
1発破進行長	B	m	1.2	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	2.0	CⅡ級地山(孔荒れ)
穿孔長	D	m	1.6	B+0.4
削岩機使用台数	E	台	2	
のみ下り速度	F	m/分	1.3	CⅡ級地山(孔荒れ)
1台当り穿孔数	G	孔/台	23	A1・C/E
削岩準備		分	30	シャフトジャンボ・作業員準備
穿孔		"	28	D・G/F
削岩機移動(各孔間)		"	23	G・1分
装薬準備		"	10	火薬類運搬等
装薬		"	13	A1・C・1.5分/5人
退避		"	20	スcafford、作業員、水中ポンプ等
発破・換気		"	20	内、換気15分
その他		"	10	シャフトジャンボ格納、測量等
穿孔発破計		"	154	
		時間	2.6	

B) スリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
ズリ総量	ΣQ	m ³	49.0	A2・B・変化率(変化率=1.60:中硬岩)
1台当りズリキブル容量	VO	m ³	2.0	
キブル運搬回数	n	回	25	$\Sigma Q / VO$
ズリ出し準備		分	5	
揚げズリ	Tq	"	295	n・te (te=11.8分)
キブル積替え		"	0	
浮石落し		"	15	
壁面清掃		"	15	
ズリ出し計		"	330	
		時間	5.5	

C) 型枠・コンクリート打設サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
コンクリート打設量	Qc	m ³	11.5	$\pi (5.7^2 - 4.5^2) / 4 \cdot B$
1台当りコンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
キブル運搬時間	tc	分	10	上下移動5分+荷受・投入5分
キブル運搬回数	nc	回	8	Qc/Kc
坑壁洗浄・裏面排水工		分	60	調査研究前に洗浄
盤均し		"	60	
セントル脱型・移動・組立		"	120	ケレン・清掃含む
脱型組立小計		"	240	
		時間	4.0	
打設準備		分	30	
コンクリート打設		"	80	tc・nc
後片付け		"	30	
コンクリート打設小計		"	140	
		時間	2.3	
型枠・コンクリート打設計		分	380	1発破掘進後、毎回打設。
		時間	6.3	

D) 支保工サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	備考
建込準備		分	30	
支保工建込		"	90	H-125リング支保工1次版100%
支保工計		分	120	
		時間	2	

<ケース3>

表4.3.2-119 換気立坑タイムテーブル(風化花崗岩)

SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 昼夜問わず(3hr)

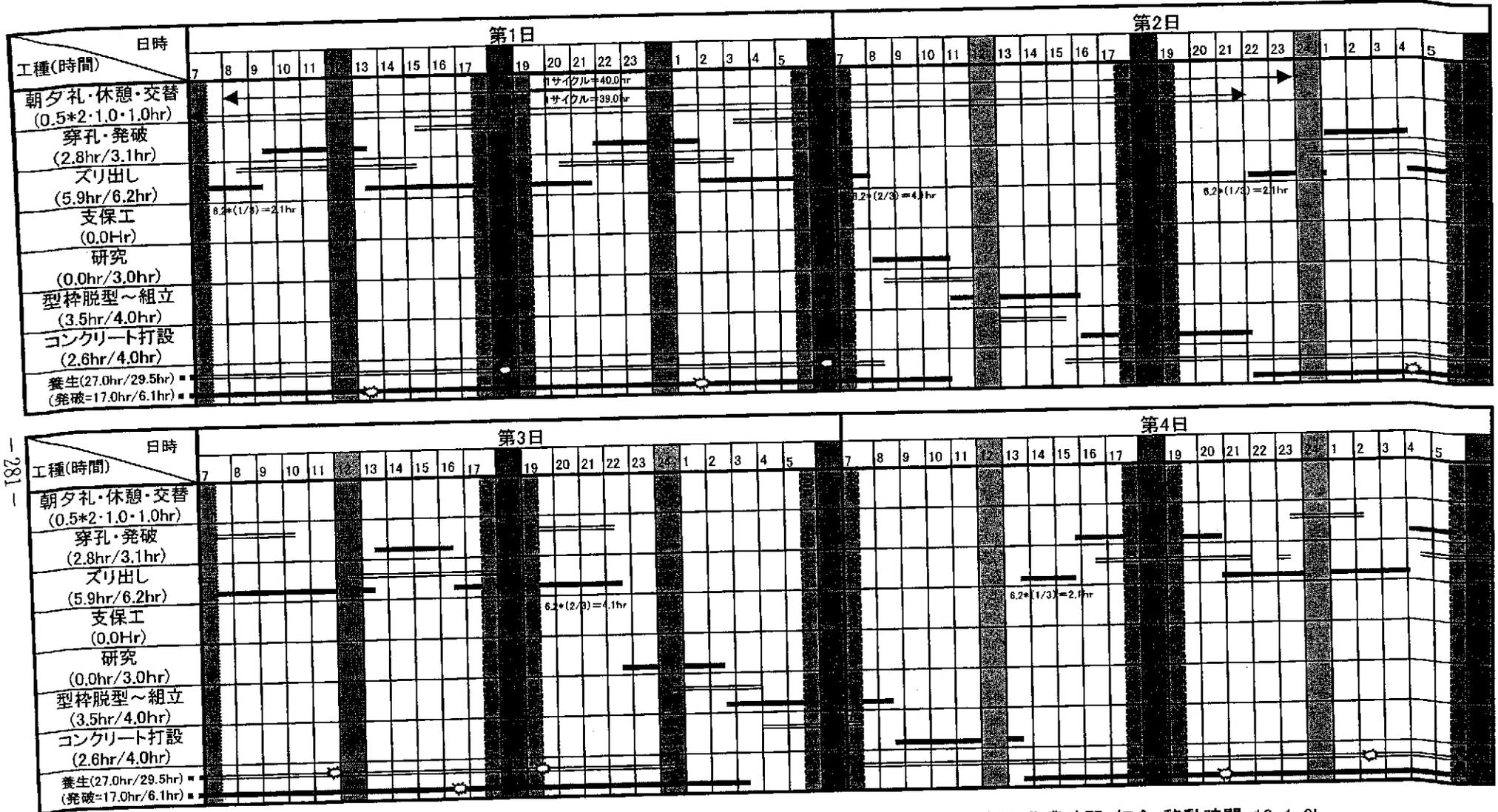
作業項目ほか (単位)	サイクルタイム (分)	回数 (回)	所要時間ほか		備考
			(分)	(時間)	
打合せ(朝・夕)	30	5	150	2.5	
休憩(昼間)	60	2	120	2.0	
交替	60	2	120	2.0	
小計	—	—	390	6.5	
ズリ出し	330	1	330	5.5	Tm、1発破分
支保工	120	1	120	2.0	Ts、1発破分
研究(JNC殿)	180	1	180	3.0	Tr、1発破分を一度に坑壁調査
型枠脱型～組立	240	1	240	4.0	Tf、1発破分
コンクリート打設	140	1	140	2.3	Tc、1発破分
穿孔・発破	154	1	154	2.6	Tb、1発破分
小計	—	—	1,164	19.4	
(1サイクル作業方数)	—	3	—	—	
1サイクルタイム	—	—	1,554	25.9	1発破分, 24hr当り
コンクリート養生	—	1	1,054	17.6	1サイクルタイム-(型枠脱型+打設)×1回-(打合・休憩・交替)×回数分
コンクリート発破影響*	—	1	264	4.4	=Tm/3+Tb(<4.5hr)、=Tm/3+Tb+60(>5.5hr)
*コンクリート打設時のズリ出し残り量を1/3と仮定。					
1発破進行長		m	1.2		
1サイクル打設長		m	1.2		
月進		m/月	25.6		平均実作業日数=23日/月

<ケース4>

SSS手順: Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件: 2交替2日間繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

1発破進行長		m	1.2		必要条件: 1サイクルタイム ≤ 48-1.5=46.5hr
1サイクル打設長		m	1.2		
月進		m/月	13.8		平均実作業日数=23日/月

図4.3.2-17 換気立坑のタイムスケジュール例
(ケース1:1発破掘進長=1.3m、花崗岩健岩部)



拘束時間=11hr(一の方07:00~18:00、二の方19:00~06:00)、作業時間=拘束時間-休憩時間=11-1=10hr、実働時間=作業時間-打合・移動時間=10-1=9hr

凡例:



H12基本設計(月進=2.6m/40.0hr×24hr×23日/月=35.88m/月)
H13設計研究(月進=2.6m/39.0hr×24hr×23日/月=36.8m/月)
発破影響時刻

表4.3.2-120 換気立坑の月進

<ケース1> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)

施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)

研究条件:昼夜問わず(3hr)

単位[m/月]

1発破掘進長(m)		H12基本設計		H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
換気立坑 H=1010m	堆積岩	—	40.4	42.5	42.1	43.7	45.9	47.5	49.1
	花崗岩	35.9	35.1	36.8	38.6	39.0	40.4	41.9	43.3
	断層破碎帯	—	37.0	32.8	×	×	×	×	×
	風化花崗岩	—	32.9	33.0	×	×	×	×	×

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)

施工条件:2交替繰返し作業(実働時間=9hr/方)

研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

単位[m/月]

1発破掘進長(m)		H12基本設計		H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
換気立坑 H=1010m	堆積岩	—	27.6	29.9	32.2	34.5	36.8	39.1	41.4
	花崗岩	29.9	27.6	29.9	32.2	34.5	36.8	39.1	41.4
	断層破碎帯	—	27.6	29.9	×	×	×	×	×
	風化花崗岩	—	27.6	29.9	×	×	×	×	×

<ケース3> SSS手順:Step by Step(毎発破&毎打設)

施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)

研究条件:昼夜問わず(3hr)

単位[m/月]

1発破掘進長(m)		H12基本設計		H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
換気立坑 H=1010m	堆積岩	—	31.2	—	—	33.4	—	—	36.2
	花崗岩	32.2	26.9	—	—	31.2	—	—	35.3
	断層破碎帯	—	27.3	—	×	×	×	×	×
	風化花崗岩	—	26.0	—	×	×	×	×	×

<ケース4> SSS手順:Step by Step(毎発破&毎打設)

施工条件:2交替繰返し作業(実働時間=9hr/方)

研究条件:2日置きの一定時刻(3hr) (注)下線付き赤色斜字体は1日置き

単位[m/月]

1発破掘進長(m)		H12基本設計		H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
換気立坑 H=1010m	堆積岩	—	<u>17.8</u>	—	—	<u>17.3</u>	—	—	<u>20.7</u>
	花崗岩	29.9	<u>13.8</u>	—	—	<u>17.3</u>	—	—	<u>20.7</u>
	断層破碎帯	—	<u>13.8</u>	—	×	×	×	×	×
	風化花崗岩	—	<u>16.9</u>	—	×	×	×	×	×

JNC基本計画での目標月進=35(m/月)

表4.3.2-121 換気立坑の側壁露出面高さ

<ケース1> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

単位[m]

1発破掘進長(m)		H12基本設計	H13設計研究						
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
換気立坑 H=1010m	堆積岩	—	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6
	花崗岩	2.6	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6
	断層破碎帯	—	2.4	2.6					
	風化花崗岩	—	2.4	2.6					

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

単位[m]

1発破掘進長(m)		H12基本設計	H13設計研究						
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
換気立坑 H=1010m	堆積岩	—	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6
	花崗岩	2.6	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6
	断層破碎帯	—	2.4	2.6					
	風化花崗岩	—	2.4	2.6					

<ケース3> SSS手順:Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

単位[m]

1発破掘進長(m)		H12基本設計	H13設計研究						
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
換気立坑 H=1010m	堆積岩	—	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
	花崗岩	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
	断層破碎帯	—	1.2	1.3					
	風化花崗岩	—	1.2	1.3					

<ケース4> SSS手順:Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件:2交替繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)(注)下線付き赤色太字体は1日置き。

単位[m]

1発破掘進長(m)		H12基本設計	H13設計研究						
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
換気立坑 H=1010m	堆積岩	—	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
	花崗岩	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
	断層破碎帯	—	1.2	1.3					
	風化花崗岩	—	1.2	1.3					

掘削中の土砂崩壊防止のため、掘削面勾配90度の場合、岩盤又は堅い粘土(N値8以上)の地山では掘削面高さは5m未満。その他の(不良)地山では2m未満(安衛則356条)。
 →立坑としての安全性より、堅固な地山でも未覆工の掘削壁面高さは最大3m程度以下が望ましい。

表4.3.2-122 換気立坑の覆工脱型養生時間

<ケース1> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

単位[時間]

1発破掘進長(m)		H12基本設計	H13設計研究						
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
換気立坑 H=1010m	堆積岩	-	23.8	24.6	27.4	28.2	28.7	29.5	30.3
	花崗岩	33.0	28.6	29.5	30.4	32.7	33.6	34.5	35.4
	断層破碎帯	-	33.8	34.6					
	風化花崗岩	-	31.1	33.0					

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

単位[時間]

1発破掘進長(m)		H12基本設計	H13設計研究						
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
換気立坑 H=1010m	堆積岩	-	-	-	-	-	-	-	-
	花崗岩	-	-	-	-	-	-	-	-
	断層破碎帯	-	-	-					
	風化花崗岩	-	-	-					

<ケース3> SSS手順:Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

単位[時間]

1発破掘進長(m)		H12基本設計	H13設計研究						
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
換気立坑 H=1010m	堆積岩	-	12.9	-	-	16.1	-	-	17.2
	花崗岩	-	16.3	-	-	17.8	-	-	19.2
	断層破碎帯	-	18.4	-					
	風化花崗岩	-	17.6	-					

<ケース4> SSS手順:Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件:2交替繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

単位[時間]

1発破掘進長(m)		H12基本設計	H13設計研究						
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
換気立坑 H=1010m	堆積岩	-	-	-	-	-	-	-	-
	花崗岩	-	-	-	-	-	-	-	-
	断層破碎帯	-	-	-					
	風化花崗岩	-	-	-					

逆巻コンクリートの標準養生(脱型可能)時間=12~18時間程度(通常の横坑)

表4.3.2-123 換気立坑の覆工発破影響時間

<ケース1> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

単位[時間]

1発破掘進長(m)		H12基本設計		H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
換気立坑 H=1010m	堆積岩	-	4.0	4.1	4.3	4.4	5.5	5.7	5.8
	花崗岩	19.0	5.9	6.1	6.3	6.5	6.7	6.9	7.1
	断層破碎帯	-	4.0	4.1					
	風化花崗岩	-	4.4	5.6					

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

単位[時間]

1発破掘進長(m)		H12基本設計		H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
換気立坑 H=1010m	堆積岩	-	-	-	-	-	-	-	-
	花崗岩	-	-	-	-	-	-	-	-
	断層破碎帯	-	-	-					
	風化花崗岩	-	-	-					

<ケース3> SSS手順:Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

単位[時間]

1発破掘進長(m)		H12基本設計		H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
換気立坑 H=1010m	堆積岩	-	4.0	-	-	4.4	-	-	5.8
	花崗岩	-	5.9	-	-	6.5	-	-	7.1
	断層破碎帯	-	4.0	-					
	風化花崗岩	-	4.4	-					

<ケース4> SSS手順:Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件:2交替繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

単位[時間]

1発破掘進長(m)		H12基本設計		H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
換気立坑 H=1010m	堆積岩	-	-	-	-	-	-	-	-
	花崗岩	-	-	-	-	-	-	-	-
	断層破碎帯	-	-	-					
	風化花崗岩	-	-	-					

立坑コンクリートの標準発破影響時間=6~12時間(トンネル標準示方書)

表4.3.2-124 換気立坑のズリ出し作業占有率

<ケース1> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

単位[%]

1発破掘進長(m)		H12基本設計		H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
換気立坑 H=1010m	堆積岩	-	31%	33%	32%	33%	34%	35%	36%
	花崗岩	30%	31%	32%	33%	34%	35%	36%	37%
	断層破碎帯	-	24%	25%					
	風化花崗岩	-	27%	28%					

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

単位[%]

1発破掘進長(m)		H12基本設計		H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
換気立坑 H=1010m	堆積岩	-	21%	23%	25%	26%	27%	29%	30%
	花崗岩	25%	24%	26%	27%	30%	32%	22%	23%
	断層破碎帯	-	21%	23%					
	風化花崗岩	-	23%	25%					

<ケース3> SSS手順:Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

単位[%]

1発破掘進長(m)		H12基本設計		H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
換気立坑 H=1010m	堆積岩	-	24%	-	-	25%	-	-	28%
	花崗岩	26%	23%	-	-	27%	-	-	30%
	断層破碎帯	-	19%	-					
	風化花崗岩	-	21%	-					

<ケース4> SSS手順:Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件:2交替繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr) (注)下線付き赤色太字体は1日置き。

単位[%]

1発破掘進長(m)		H12基本設計		H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
換気立坑 H=1010m	堆積岩	-	11%	-	-	13%	-	-	15%
	花崗岩	25%	12%	-	-	15%	-	-	17%
	断層破碎帯	-	11%	-					
	風化花崗岩	-	11%	-					

1サイクルタイムに占めるズリ出し作業の比率=50%×0.7=35%以下が目安。
 (標準的な1缶ズリ出し方式での比率=50%、替キブルによる効率アップ=30%)

表4.3.2-125 換気立坑の研究可能時間

<ケース1> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

単位[時間/サイクル]

1発破掘進長(m)		H12基本設計	H13設計研究						
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
換気立坑 H=1010m	堆積岩	-	8.1	10.3	10.5	12.4	15.0	17.1	19.3
	花崗岩	4.0	3.2	5.0	7.2	7.8	9.8	11.8	13.9
	断層破碎帯	-	X	0.3	X	X	X	X	X
	風化花崗岩	-	0.6	1.7	X	X	X	X	X

<ケース2> SSS手順:2-Step(2発破分を1回打設)
 施工条件:2交替繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr)

単位[時間/サイクル]

1発破掘進長(m)		H12基本設計	H13設計研究						
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
換気立坑 H=1010m	堆積岩	-	X	X	X	X	10.0	9.0	8.0
	花崗岩	3.0	X	X	X	X	5.8	4.7	3.6
	断層破碎帯	-	X	X	X	X	X	X	X
	風化花崗岩	-	X	X	X	X	X	X	X

<ケース3> SSS手順:Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件:2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:昼夜問わず(3hr)

単位[時間/サイクル]

1発破掘進長(m)		H12基本設計	H13設計研究						
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
換気立坑 H=1010m	堆積岩	-	0.7	-	-	1.9	-	-	5.4
	花崗岩	1.2	X	-	-	0.2	-	-	3.2
	断層破碎帯	-	X	-	X	X	X	X	X
	風化花崗岩	-	X	-	X	X	X	X	X

<ケース4> SSS手順:Step by Step(毎発破&毎打設)
 施工条件:2交替繰返し作業(実働時間=9hr/方)
 研究条件:2日置きの一定時刻(3hr) (注)下線付き赤色斜字体は1日置き。

単位[時間/サイクル]

1発破掘進長(m)		H12基本設計	H13設計研究						
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
換気立坑 H=1010m	堆積岩	-	X	X	X	X	X	X	X
	花崗岩	X	X	X	X	X	X	X	X
	断層破碎帯	-	X	-	X	X	X	X	X
	風化花崗岩	-	X	-	X	X	X	X	X

JNC基本計画での目標月進=35(m/月)に固定した場合。

表4.3.2-126 換気立坑の総合評価

<ケース1> SSS手順: 2-Step (2発破分を1回打設)

施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
研究条件: 昼夜問わず(3hr)

1発破掘進長(m)		H12基本設計			H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	
換気立坑 H=1010m	堆積岩	-	△	△	△	△	x	x	x	
	花崗岩	○		◎	◎	◎	x	x	x	
	断層破碎帯	-		◎						
	風化花崗岩	-		◎						

<ケース2> SSS手順: 2-Step (2発破分を1回打設)

施工条件: 2交替繰返し作業(実働時間=9hr/方)
研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

1発破掘進長(m)		H12基本設計			H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	
換気立坑 H=1010m	堆積岩	-					x	x	x	
	花崗岩						x	x	x	
	断層破碎帯	-								
	風化花崗岩	-								

<ケース3> SSS手順: Step by Step (毎発破&毎打設)

施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)
研究条件: 昼夜問わず(3hr)

1発破掘進長(m)		H12基本設計			H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	
換気立坑 H=1010m	堆積岩	-					x	x	x	
	花崗岩									
	断層破碎帯	-		◎					x	
	風化花崗岩	-		◎						

<ケース4> SSS手順: Step by Step (毎発破&毎打設)

施工条件: 2交替繰返し作業(実働時間=9hr/方)
研究条件: 2日置きの一定時刻(3hr)

1発破掘進長(m)		H12基本設計			H13設計研究					
種別	地山種類	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	
換気立坑 H=1010m	堆積岩	-								
	花崗岩									
	断層破碎帯	-								
	風化花崗岩	-								

(凡例)

- : 月進35mが確保できないため不適。
- x: 月進以外の理由で問題あり。
- △: 月進以外の理由で多少問題あり。
- : 適している。
- ◎: 最適。

(e) 換気立坑と各ステージ分岐部の施工方法

換気立坑と各ステージとの分岐部には主立坑と同様に人と資機材のアクセス用の拡幅が必要である。この分岐部の施工方法は主立坑と同様「交互に切広げる方法でコンクリート覆工仕上げ」が妥当である。その概略工期を表 4.3.2-127 に示す。

(f) 換気立坑の施工工程

換気立坑の坑口上部・下部を除く一般部、分岐部そして地質構造に関する代表割れ目調査を含む全体工程を表 4.3.2-128 に示す。ここでは、分岐部の施工日数のうち換気立坑断面の掘下がり日数 2 日間のみを計上している（拡幅部の掘削・支保と覆工は各ステージの施工工程で計上している）。所要月数を該当延長 985m で除すると 37.3m/月であり、立坑目標月進 35m/月を満足する。

但し、断層破碎帯と風化花崗岩の不良地山では矢板或いはライナープレート背面に空隙が残る場合、裏込め注入を実施する必要がある訳であるが、ここではその数量が未定のため工程上考慮していない。立坑の場合、この注入作業は下方での切羽作業と上下作業となる可能性があるため、別途検討が必要である。

表4.3.2-127 換気立坑分岐部の概略工期

SSS手順: Step-by-Step(毎発破のみ)

施工条件: 2交替連続作業(実働時間=9hr/方)

研究条件: 昼夜問わず(毎掘削時に3hr)

Step	工種	施工内容	単位	換気立坑		備考
				堆積岩	花崗岩	
1	掘削・ 支保工	立坑掘進(1回目)時間	"	11.0	12.5	深さ1.2m、覆工せず
2		切広げ(1回目)	"	13.8	15.4	吹付支保
3		立坑掘進(2回目)	"	11.0	12.5	深さ1.2m、覆工せず
4		切広げ(2回目)	"	17.7	19.4	吹付支保
5		立坑掘進(3回目)	"	11.0	12.5	深さ1.2m、覆工せず
6		切広げ(3回目)	"	17.7	19.4	吹付支保
—		小計	"	82.2	91.7	9hr×2方
			日	5	6	小数点第1位四捨五入
9	コンクリート 工	鉄筋・型枠	"	5	5	2方
		コンクリート打設	"	1	1	1方
		養生	"	1	1	
		脱型	"	1	1	2方
		小計	"	8	8	2方
合計			"	13	14	23日/月

表4.3.2-128 換気立坑の全体工程

換気立坑（分岐部：コンクリート覆工）

深度GL-		区間長		構造・地山分類	1発破 掘進長 (m)	1覆工 打設長 (m)	水平ステージ取合部(H=3.6m)				立坑標準部			立坑全体		
(m)	~ (m)	(m)	(m)				施工日数 (日/箇所)	計上日数* (日/箇所)	箇所数 (箇所)	区間長 (m)	月数 (月)	月進 (m/月)	区間長 (m)	月数 (月)	月数 (月)	月進 (m/月)
0	~	5	5	坑口上部	—	—	—	—	0	0.0	—	—	5.0	—	—	—
5	~	25	20	坑口下部	—	—	—	—	0	0.0	—	—	20.0	—	—	—
小計		25		—	—	—	—	—	0	0.0	—	—	25.0	—	—	—
25	~	180	155	①堆積岩	1.3	2.6	13	2.4	1	3.6	0.1	42.5	151.4	3.6	3.7	41.9
180	~	435	255	②花崗岩(健岩部)	1.3	2.6	14	2.4	3	10.8	0.3	36.8	244.2	6.6	6.9	37
435	~	444	9	③断層破碎帯	1.3	2.6	13	2.4	0	0.0	0.0	32.3	9.0	0.3	0.3	3.0
444	~	460	16	④花崗岩(風化・破碎帯)	1.3	2.6	13	2.4	0	0.0	0.0	33.9	16.0	0.5	0.5	3.2
460	~	466	6	③断層破碎帯	1.3	2.6	13	2.4	0	0.0	0.0	32.3	6.0	0.2	0.2	3.0
466	~	1,010	544	②花崗岩(健岩部)	1.3	2.6	14	2.4	7	25.2	0.7	36.8	518.8	14.1	14.8	36.8
代表割れ目調査(地質:3時間×20回=60時間=2.5日)							—	—	—	—	0.1	—	—	—	—	—
小計		985		—	—	—	—	—	11	39.6	1.2	37.4	945.4	25.3	26.5	37.2

注)*:立坑標準部断面内の施工日数を立坑に計上。断面以外は予備・中間・最深ステージに計上済み。

③断層破碎帯と④花崗岩(風化・破碎帯)の分岐部施工日数は①堆積岩と同じと仮定。

4. 3. 3 予備ステージ掘削

平成12年度時点と比較して、予備ステージのレイアウトが変更になったことを考慮し、予備ステージの施工検討を行う。また、検討に当たっての条件設定を以下の通りとする。

- ◆ G.L-180mまでは堆積層(D級)、それ以深は花崗岩(B級)とする。
- ◆ いずれの岩種でも発破工法で掘削するものとする。
- ◆ 予備ステージの断面は幅3.0m×高さ3.0mの幌型断面とする。支保パターンは平成12年度の基本設計に従う。
- ◆ ズリ出し時間の短縮のために、ズリ搬出用のキブルは2個を交換して使用するものとする。また、換気立坑のズリキブル巻上機のロープ速度も主立坑と同様に300m/minを確保することとして、巻上機の電動機出力は主立坑及び換気立坑それぞれ1500kW及び600kWとする。
- ◆ 予備ステージの延長は32.3mで、主立坑から26.3m、換気立坑から6.0mを掘削する。
- ◆ 予備ステージの掘削工期は、立坑と予備ステージの交差部の掘削・支保や排水ピット設置を含めて2.0ヵ月以内を目標とする。(但し、花崗岩部では1.5ヶ月を目標とする)
- ◆ 掘削工期(サイクルタイム)の算定は、国土交通省土木工事積算基準に準拠するものとする。
- ◆ 資機材の搬出入は立坑設備(スカフォード)の開口部から行うものとし、スカフォード本体の取り外しは考慮しないこととする。使用機械の仕様を表4.3.5-4に示す。

スカフォード開口寸法及び最大吊重量

主立坑 : 開口 2.7m * 2.30m 、吊重量 15.5ト

換気立坑 : 開口 2.0m * 1.74m 、吊重量 10.0ト

支保パターンは、基本設計に従い、図 4.3.3-1 に示すとおりである。

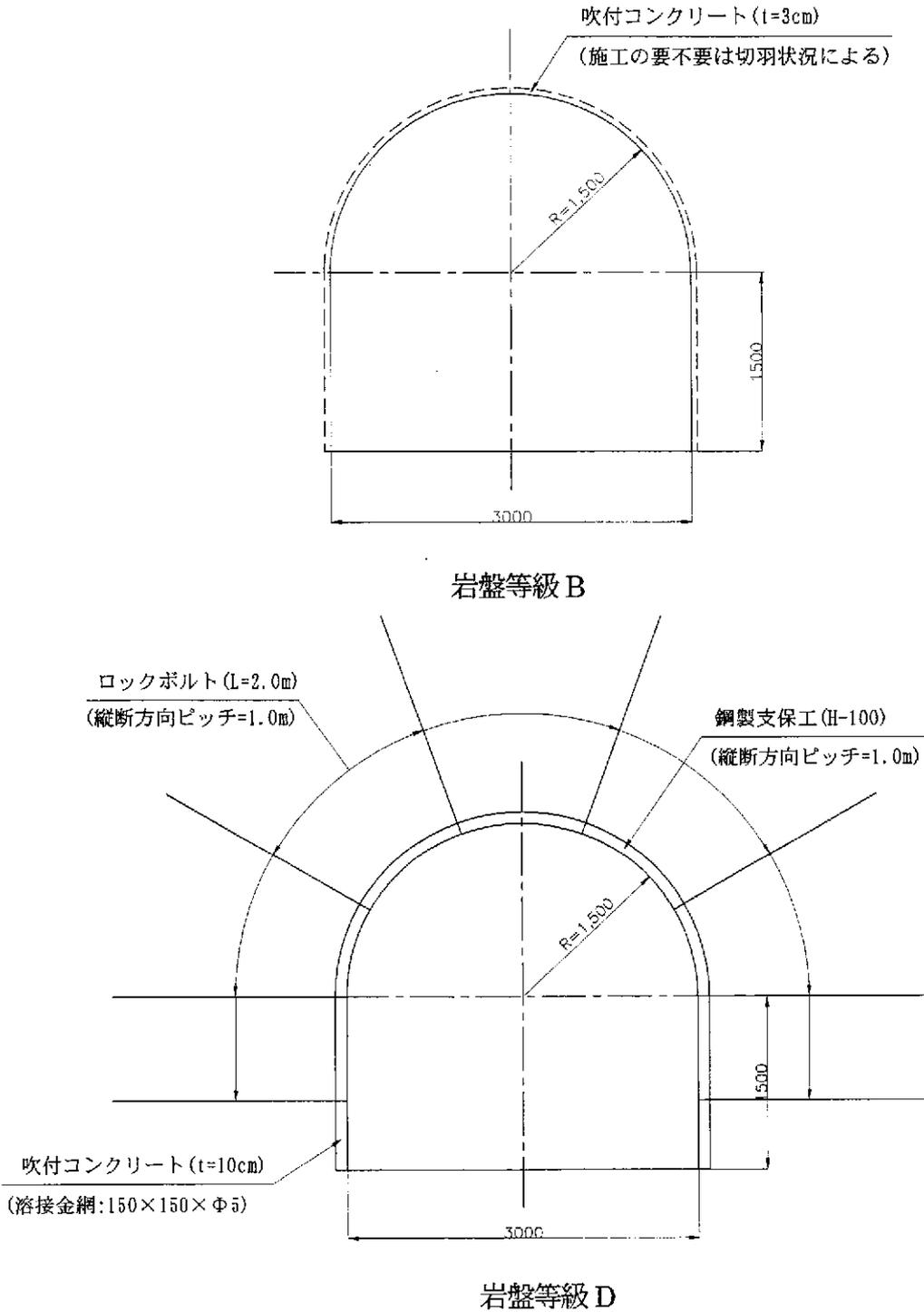


図 4.3.3-1 予備ステージ支保パターン

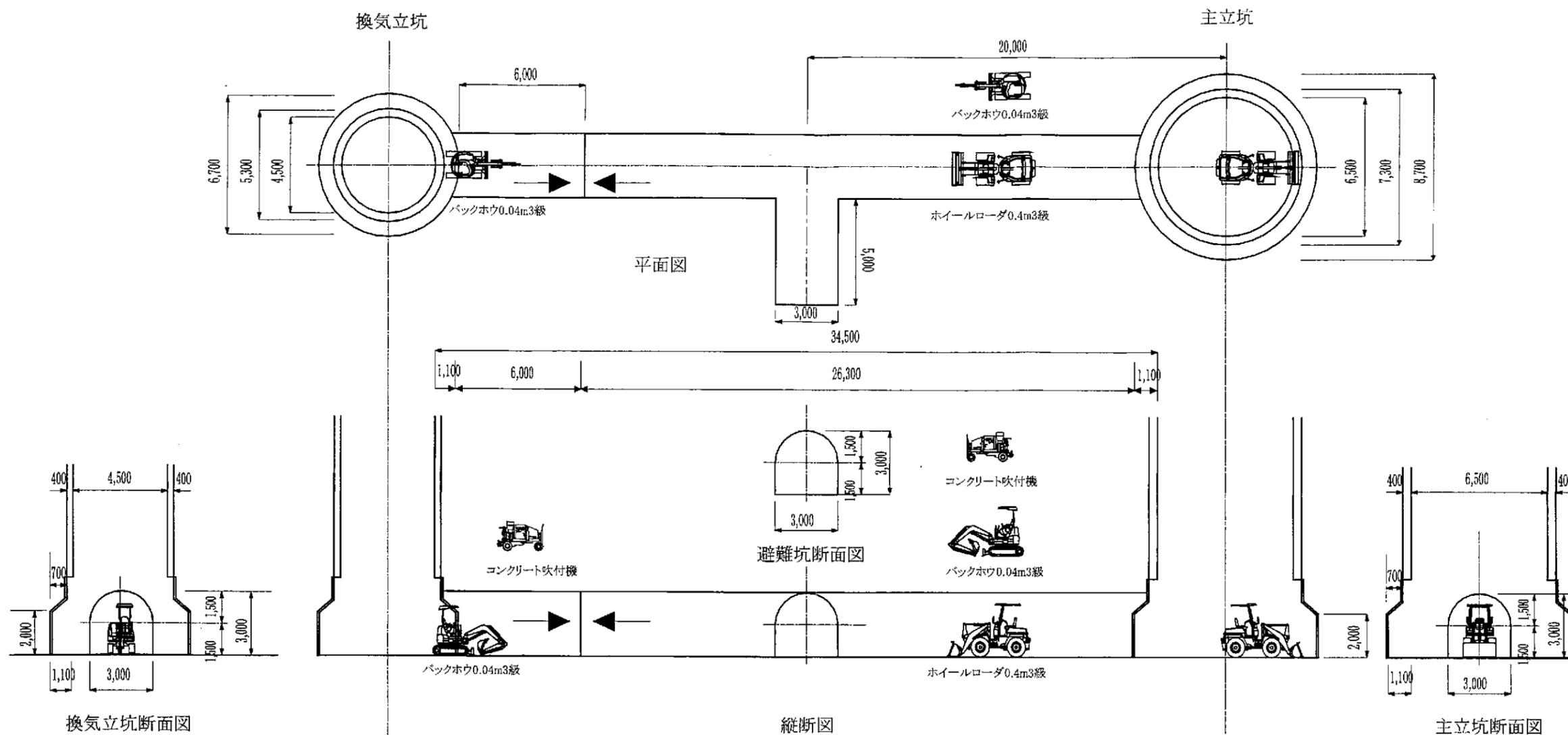
(1) 主立坑側からの掘削

1) 掘削方法

前提条件に従い、主立坑側からの掘削は以下のとおり施工する。

◆ 主立坑側から $L=26.3\text{m}$

図 4.3.3-2 に施工概要図を示す。



換気立坑側からの施工

- 削 孔: レッグドリルによる人力削孔
(1発破進行長: 堆積岩部 1.0m、花崗岩部 1.5m)
- ずり出し: バックホウ(0.04m³)にてずりの集積・こそくを行う
ずりキブル(2m³)へのずりの積込みはシャフトマッカ(0.2m³)にて行う
- 換 気: 立坑設備を延長して行う
- 工 期: (堆積岩部) 6.0m / 0.91m/日 = 7日 (暦日: 10日 + α日)
(花崗岩部) 6.0m / 1.27m/日 = 5日 (暦日: 7日 + α日)

主立坑側からの施工

- 削 孔: レッグドリルによる人力削孔
(1発破進行長: 堆積岩部 1.0m、花崗岩部 1.5m)
- ずり出し: バックホウ(0.04m³)にてこそくを行い
ホイールローダ(0.4m³)でずりの集積を行う
ずりキブル(6m³)へのずりの積込みはシャフトマッカ(0.4m³)にて行う
- 換 気: 立坑設備を延長して行う
- 工 期: (堆積岩部) 26.3m / 1.22m/日 = 22日 (暦日: 29日 + α日)
(花崗岩部) 26.3m / 2.07m/日 = 13日 (暦日: 17日 + α日)

図 4.3.3-2 予備ステージ施工概要図

① 掘削

削孔はレッグドリルを用いて人力削孔にて行う。削孔にあたり、断面上部は適宜作業足場を設ける。1発破当りの進行長は花崗岩部で1.5m、堆積岩で1.0mとし、1m²当りの穿孔数はそれぞれ3.5、3.3孔を標準とする（平成12年度建設省土木工事積算基準の小断面トンネル工に準拠）が、施工にあたっては、切羽状況により進行長・穿孔数をそれぞれ調整し、地山に適した施工を行う。

爆薬は、一般的に2号榎ダイナマイトと含水爆薬（スラリー爆薬）が用いられているが、含水爆薬の方が後ガス発生量が少ないことを考慮して、本工事では含水爆薬を使用することとする。

爆薬の装填は、切羽の状況を十分に確認し、過装薬にならないよう留意して行う。

初期の施工においては、発破時の退避距離が確保できないため、発破時には施工機械・作業足場材料等を立坑内へ吊り上げて退避する。また、主立坑側においては避難坑の掘削後はこの中に施工機械等を退避させ、ブラッシングマットなどにより飛石防護を行う。

掘削作業に伴って発生する発破の後ガス・粉じん・重機の排気ガス・作業員の呼気等を排除し、正常な作業環境を維持するために必要な坑内換気を行う。設備は、小断面で施工延長が短いことから立坑施工時の換気設備を延長して使用する。

② ずり出し

ずりキブルへの積込みは、スカフォード搭載のシャフトマッカにて行う。ずりの集積・こそくはバックホウにて行うが、立坑設備の開口部を通過でき、坑内での作業性の良いものとして0.04m³級のバックホウを使用する。また、掘削延長が26.4mとなるため、切羽が立坑より離れたらホイールローダ（0.4m³級）によるずりの運搬・立坑内での集積を行う。換気後及びずり出し中においては、バックホウ・人力等により十分なこそくを行い、落石による事故が発生しないようにする。

③ 鋼製支保工・金網設置

D岩種の堆積岩部では、鋼製支保工と溶接金網を設置する。適宜作業足場を設け、建て込み・設置する。

④ 吹付けコンクリート

図4.3.3-1に示すように、人力にてコンクリート吹付けを行う。作業足場は吹付け面までの距離が適切となる様、適宜位置・高さを調整する。地上から作業ステージまで

は、コンクリートキブルにより吹付けコンクリート材料を供給する。60mの水平圧送が可能なので、立坑に吹付機を設置しての吹付けが可能であるが、必要に応じて切羽近傍まで吹付機を運搬し、吹付作業を行う。

⑤ ロックボルト

D 岩種の堆積岩部では、ロックボルトを打設する。適宜作業足場を設け、人力にて削孔・打設する。

⑥ サイクルタイム

予備ステージ（主立坑側）のサイクルタイムを表 4.3.3-1(1),(2)に示す。

主立坑側からの予備ステージ掘削の1日当り進行長は花崗岩部では2.07mとなり、26.3mの掘削は、実稼動日数 13 日（暦日 17 日）で施工可能である。堆積岩部では1.22mとなり、26.3mの掘削は、実稼動日数 22 日（暦日 29 日）で施工可能である。

表 4.3.3-1(1) 予備ステージ (主立坑側) サイクルタイム 《花崗岩部》

掘削サイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
設計掘削断面積	A1	m ²	8.2	幅3.06m、高さ3.08mの楕型断面
掘削断面積 (余剰含む)	A2	m ²	9.9	余剰り20cm 《H13年度 18-23 小断面トンネル工 (NAJM)のレール方式Bパターンを採用》
1発破進行長	B	m	1.5	人力掘削であるため、1.5mとした
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	2.5	《H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠》
穿孔長	D	m	1.8	B+0.1 《H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠》
削岩機使用台数	E	台	2	《H12年度 15-2小断面トンネル工を参考にトンネル断面積より設定》
のみ下り速度	F	m/分	0.30	《H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠》
1台当り穿孔数	G	孔/台	15	A1×C/E
削岩準備		分	75	掘材搬入(コックレッタ-15', レットリ-15'), 足場組立15', 足場組立15', 作業員入坑15' 《施工断面を勘案して設定》
穿孔		分	120	D×G/F×(15/10) 連続10分で8分休憩 (労働基準局長通達909,810号)
装薬・爆破・換気等		分	75	《H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠》
残破退避		分	45	足場解体15', 足場搬出15', 作業員退避15' (掘材搬出は装薬準備～装薬時に並行) 《施工断面を勘案して設定》
その他		分	15	掘材故障, 停電等 《掘削と合わせて30分》
掘削計		分	280	(5.6時間)
ズリ出しサイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
総ズリ量	ΣQ	m ³	24.5	9.8×1.5×1.65
ズリキブル容量	V0	m ³	6.0	2台
シャフトマッカー容量	V1	m ³	0.4	主立坑シャフトマッカー
トラクタショベル容量	V2	m ³	0.4	ズリ集積用トラクタショベル
巻き上げ回数	n	回	5	ΣQ/V0
ズリ出し準備		分	30	掘材搬入 《施工断面を勘案して設定》
ズリ運搬・集積時間	Tq1	分	61	切羽から主立坑までのズリ運搬時間。トラクタショベル運搬回数(=ΣQ/V2)に、トラクタショベル1回当り運搬時間を乗じて算出。トラクタショベル走行能力は 117m/min として、1回当り集積時間は 80m×2/(117m/min) + 0.5 = 1.0min/回。
キブル積込時間	Tq2	分	120	(V0/V1×1.5+1.5)×n で算定。2台のキブル積込時間は1.5分/回を、空キブルの切羽への移動時間は1.5分/回想定。
キブル揚げ時間	Tq3	分	64	ズリ積込時間×キブル巻き上げ回数と空キブル設置時間の和で算定。キブル巻き上げ電動機出力1500kWで最大速度300m/min、揚ズリ時間(深さ1,000mで11.3min/回)、空キブル設置時間(1.5min/回)。
浮石踏し		分	25	《H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠》
踏片付け		分	30	掘材搬出 《施工断面を勘案して設定》
測量		分	10	
その他損失		分	15	掘材故障, 停電等 《掘削と合わせて30分》
ズリ出し時間計		分	230	(8.8時間) ズリ出し時間にはTq2を採用
吹付コンクリートサイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
1回当り吹付面積	M	m ²	11.8	全断面積吹付周長×B
吹付設計厚さ	N	m	0.08	
吹付コンクリート量	Vc	m ³	0.9	余吹t=4cm含む(補正係数 2.6)、M×N×補正係数
コンクリートポンプ容量	Kc	m ³	2.5	
吹付準備		分	45	掘材搬入(コックレッタ-15', 吹付機15'), 足場組立15' 《施工断面を勘案して設定、足場材は組み立て直して次作業以降連続して使用》
吹付		分	14	Vc÷4m ³ /h×60分
踏片付け		分	45	足場解体15', 掘材搬出(コックレッタ-15', 吹付機15') 《施工断面を勘案して設定、足場材は組み立て直して次作業以降連続して使用》
吹付コンクリート計		分	104	(0.7時間)
研究				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
切羽観察		分	120	(2.0時間)

※平成13年度国土交通省土木工事積算基準 に準拠して設定
(積算基準と異なる点は《 》にて根拠を示した)

1日当たり進行長(吹付なし) : 1.5m/947h / (880分/947h / (540分/方×2方)) = 2.88m/日
 1日当たり進行長(吹付あり) : 1.5m/947h / (764分/947h / (540分/方×2方)) = 2.07m/日

表 4.3.3-1(2) 予備ステージ (主立坑側) サイクルタイム 《堆積岩部》

掘削サイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
設計掘削断面積	A1	m ²	8.8	幅9.06m、高さ9.08mの機型断面
掘削断面積(余裕含む)	A2	m ²	10.2	余裕170cm 《H19年度 18-28 小断面トンネル工 (NATM)のレル方式》パターンを採用》
1発掘進行長	B	m	1.0	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	3.3	《H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠》
穿孔長	D	m	1.1	B+0.1 《H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠》
削岩機使用台数	E	台	2	《H12年度 15-2小断面トンネル工を参考にトンネル断面積より設定》
のみ下り速度	F	m/分	0.40	《H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠》
1台当り穿孔数	G	孔/台	14	A1×C/E
削岩準備		分	75	掘削機入(コックレッチャ-15'、レックト'9415'), 足場材搬入15', 足場組立15', 作業員入坑15' 《施工断面を勘案して設定》
穿孔		分	68	D×C/F×(15/10) 連続10分で8分休憩 (労働基準局長通達605.610号)
装薬・灌漿・換気等		分	75	《H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠》
装薬退避		分	45	足場解体15', 足場搬出15', 作業員退避15' (掘削機搬出は装薬準備〜装薬時に並行) 《施工断面を勘案して設定》
その他		分	15	掘削機故障、停電等 《掘削と合わせて80分》
掘削計		分	288	(4.6時間)
ズリ出しサイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
総ズリ量	ΣQ	m ³	15.3	9.6×1.0×1.50
ズリキブル容量	V0	m ³	8.0	2台
シャフトマッカー容量	V1	m ³	0.4	ズリ集積用トラクタシヨベル
トラクタシヨベル容量	V2	m ³	0.4	山積み0.4m ³
巻上げ回数	n	回	3	ΣQ/V0
ズリ出し準備		分	30	掘削機入 《施工断面を勘案して設定》
ズリ運搬・集積時間	Tq1	分	38	切羽から主立坑までのズリ運搬時間。トラクタシヨベル運搬回数(=ΣQ/V2)に、トラクタシヨベル1回当り運搬時間を乗じて算出。トラクタシヨベル走行能力は 117m/min とし、1回当り集積時間は 40m×2/(117m/min) + 0.5 = 1.0min/回。
キブル積込時間	Tq2	分	72	(V0/V1)×1.5+1.5) × n で算定。nが1の場合は積込時間は1.5分/回を、空キブルの切羽への移動時間は1.5分/回想定。
キブル揚付時間	Tq3	分	38	ズリ積込時間×キブル巻上げ回数と空キブル戻置き時間の和で算定。キブル巻上げ機電動機出力1500kWで最大速度300m/min。揚付時間(深さ1,000mで11.8min/回)、空キブル戻置き時間(1.6min/回)。
浮石溜り		分	25	《H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠》
跡片付け		分	30	掘削機搬出 《施工断面を勘案して設定》
測量		分	10	
その他損失		分	15	掘削機故障、停電等 《掘削と合わせて80分》
ズリ出し時間計		分	182	(3.0時間) ズリ出し時間にはTq2を採用
鋼製支保工・金網サイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
支保工準備		分	30	準備15', 足場組立15' 《施工断面を勘案して設定、穿孔機材・足場材は組み立て直して次作業以降連続して使用するため搬入時間は掘削作業にて計上済》
支保工建込		分	70	70分 《H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠》
支保工片付け		分	15	足場解体15' 《施工断面を勘案して設定、穿孔機材・足場材は組み立て直して次作業以降連続して使用するため搬入時間は掘削作業にて計上済》
金網設置		分	10	《H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠》
支保工・金網計		分	125	(2.1時間)
吹付コンクリートサイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
15'当り吹付面積	M	m ²	7.7	全断面積吹付長さ×B
吹付設計厚さ	N	m	0.10	
吹付コンクリート量	Vo	m ³	1.8	余吹170cm含む(補正係数 2.4)、M×N×補正係数
コンクリートポンプ容量	Ko	m ³	2.5	
吹付準備		分	45	掘削機入(コックレッチャ-15', 吹付機15'), 足場組立15' 《施工断面を勘案して設定、足場材は組み立て直して次作業以降連続して使用》
吹付		分	27	Vo÷4m ³ /h×60分
跡片付け		分	45	足場解体15', 掘削機搬出(コックレッチャ-15', 吹付機15') 《施工断面を勘案して設定、足場材は組み立て直して次作業以降連続して使用》
吹付コンクリート計		分	117	(2.0時間)
ロックボルトサイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
15'当り打設本数	P	本	8	
ロックボルト準備		分	15	足場組立15' 《施工断面を勘案して設定、穿孔機材・足場材は組み立て直して次作業以降連続して使用》
穿孔		分	40	P×10分/E
跡片付け		分	15	足場解体15' 《施工断面を勘案して設定、穿孔機材・足場材は組み立て直して次作業以降連続して使用》
ロックボルト計		分	70	(1.2時間)
研究				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
切羽観察		分	120	(2.0時間)

※平成18年度国土交通省土木工事概算基準 に準拠して設定 (概算基準と異なる点は《 》にて根拠を示した)

1日当たり進行長: 1.0m/15'×(882分/15')÷(640分/方×2方)=1.22m/日

(2) 換気立坑側からの掘削

1) 掘削方法

前提条件に従い、換気立坑側からの掘削は以下のとおり施工する。

◆ 換気立坑側からL=6.0m

掘削方法については基本的に主立坑側の方法と同様である。

施工概要図については、図 4.3.3-2 を参照。

① 掘削

主立坑側を参照。

② ズリ出し

ずりキブルへの積込みは、スcaffold搭載のシャフトマッカにて行う。ずりの集積・こそくはバックホウにて行うが、立坑設備の開口部を通過でき、坑内での作業性の良いものとして0.04m³級のバックホウを使用する。

③ 鋼製支保工・金網設置

主立坑側を参照。

④ 吹付けコンクリート

主立坑側を参照。

⑤ ロックボルト

主立坑側を参照。

⑥ サイクルタイム

予備ステージ（換気立坑側）のサイクルタイムを表 4.3.3-2(1),(2)に示す。

換気立坑側からの予備ステージ掘削の1日当り進行長は、花崗岩部で1.27mとなり、6.0mの掘削は、実稼動日数5日（暦日7日）で施工可能である。堆積岩部では0.91m/日となり、6.0mの掘削は、実稼動日数7日（暦日10日）で施工可能である。

表 4.3.3-2(1) 予備ステージ (換気立坑側) サイクルタイム <<花崗岩部>>

掘削サイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
設計掘削断面積	A1	m ²	8.8	幅8.8m、高さ3.0mの楕円断面
掘削断面積 (余堀含む)	A2	m ²	8.8	余堀り20cm <<H18年度 18-28 小断面トンネル工 (NAIN)のレール方式Bパターンを採用>>
1発破進行長	B	m	1.5	人力掘削であるため、1.5mとした
㎡当り穿孔数	C	孔/m ²	8.5	<<H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠>>
穿孔長	D	m	1.8	B+0.1 <<H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠>>
削岩機使用台数	E	台	2	<<H12年度 15-2小断面トンネル工を参考にトンネル断面積より設定>>
のみ下り速度	F	m/分	0.90	<<H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠>>
1台当り穿孔数	G	孔/台	15	A1×C/E
削岩準備		分	75	機材搬入(コックレバ-15', レットリバ15'), 足場材搬入15', 足場組立15', 作業員入坑15' <<施工断面を勘案して設定>>
穿孔		分	120	D×G/F×(15/10) 連続10分で5分休憩 (労働基準局長通達508, 810号)
装薬・掘破・換気等		分	75	<<H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠>>
発破退避		分	45	足場解体15', 足場搬出15', 作業員退避15' (機材搬出は装薬準備～装薬時に並行) <<施工断面を勘案して設定>>
その他		分	15	機材故障, 停電等 <<ざり出しと合わせて80分>>
掘削計		分	280	(5.5時間)
ズリ出しサイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
総ズリ量	ΣQ	m ³	24.5	8.8×1.5×1.66
ズリキブル容量	V0	m ³	2.0	2台
シャフトマッカー容量	V1	m ³	0.2	立坑シャフトマッカー
バックホウ容量	V2	m ³	0.04	ズリ積込み用バックホウ
巻上げ回数	n	回	18	ΣQ/V0
ズリ出し準備		分	80	機材搬入 <<施工断面を勘案して設定>>
ズリ運搬・集積時間	Tq1	分	818	切羽から換気立坑までのズリ運搬・集積時間。 (ΣQ/V2×1) で算定。バックホウの、掘削・旋回・戻土・集積・旋回の1サイクルにかかる時間を1min/回と仮定。
キブル積込時間	Tq2	分	215	立坑でのシャフトマッカーによるキブルへのズリ積込み時間。 (V0/V1×1.5+1.5) ×n で算定。ズリ積込時間は1.5分/回を、空キブルの切羽への移動時間は1.5分/回想定。
キブル揚げ時間	Tq3	分	166	ズリ積込時間×キブル巻上回数と空キブル仮置き時間の和で算定。キブル巻上機電動機出力1500kWで最大速度300m/min。 (11.8+1.5) ×n掘スリ時間(深さ1.000mで11.8min/回)、空キブル仮置き時間(1.5min/回)。
浮石落し		分	25	<<H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠>>
跡片付け		分	90	機材搬出 <<施工断面を勘案して設定>>
測量		分	10	
その他損失		分	15	機材故障, 停電等 <<掘削と合わせて80分>>
ズリ出し時間計		分	723	(12.1時間) ズリ出し時間にはTq1を採用
吹付コンクリートサイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
1発破当り吹付面積	M	m ²	11.8	全断面積吹付間長×B
吹付設計厚さ	N	m	0.08	
吹付コンクリート量	Vc	m ³	0.9	余吹=4cm含む(補正係数 2.8)、M×N×補正係数
コンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
吹付準備		分	45	機材搬入(コックレバ-15', 吹付機15'), 足場組立15' <<施工断面を勘案して設定、足場材は組み立て直して次作業以降連続して使用>>
吹付		分	14	Vc÷4m ³ /h×80分
跡片付け		分	45	足場解体15', 機材搬出(コックレバ-15', 吹付機15') <<施工断面を勘案して設定、足場材は組み立て直して次作業以降連続して使用>>
吹付コンクリート計		分	104	(1.7時間)
研究				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
切羽観察		分	120	(2.0時間)

※平成18年度国土交通省土木工事積算基準 に準拠して設定
(積算基準と異なる点は<< >>にて根拠を示した)

1日当たり進行長(吹付なし) : 1.5m/1.5h / (1178分/1.5h / (540分/方×2方)) = 1.88m/日
 1日当たり進行長(吹付あり) : 1.5m/1.5h / (1277分/1.5h / (540分/方×2方)) = 1.27m/日

表 4.3.3-2(2) 予備ステージ (換気立坑側) サイクルタイム 《堆積岩部》

掘削サイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
設計掘削断面積	A1	m ²	9.8	幅 9.06m、高さ 2.08m の模型断面
掘削断面積 (余裕含む)	A2	m ²	10.2	余裕 0.170m 《H12年度 15-2 小断面トンネル工 (NATM) のレール方式パターンを採用》
1 掘削進行長	E	m	1.0	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	9.8	《H12年度 15-2 小断面トンネル工に準拠》
穿孔長	D	m	1.1	B+0.1 《H12年度 15-2 小断面トンネル工に準拠》
削岩機使用台数	E	台	2	《H12年度 15-2 小断面トンネル工を参考にトンネル断面積より設定》
のみ下り速度	F	m/分	0.40	《H12年度 15-2 小断面トンネル工に準拠》
1 台当り穿孔数	G	孔/台	14	A1×C/E
削岩準備		分	75	機材搬入 (コブレッタ-15', レクタ-15'), 足場搬入 15', 足場組立 15', 作業員入坑 15' 《施工断面を勘案して設定》
穿孔		分	58	D×G/F×(15/10) 連続10分で5分休憩 《労働基準局長通達008,810号》
装薬・巻薬・換気等		分	76	《H12年度 15-2 小断面トンネル工に準拠》
発破退避		分	45	足場解体 15', 足場搬出 15', 作業員退避 15' 《機材搬出は装薬準備～装薬時に並行》 《施工断面を勘案して設定》
その他		分	15	機材故障, 停電等 《掘削と合わせて 80分》
掘削計		分	268	(4.6時間)
ズリ出しサイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
総ズリ量	ΣQ	m ³	15.8	9.8×1.8×1.50
ズリキブル容量	Y0	m ³	2.0	2台
シャフトマッカー容量	Y1	m ³	0.2	立坑シャフトマッカー
バックホウ容量	Y2	m ³	0.04	ズリ積込み用バックホウ
巻き上げ回数	n	回	8	ΣQ/Y0
ズリ出し準備		分	30	機材搬入 《施工断面を勘案して設定》
ズリ運搬・集積時間	Tq1	分	883	切羽から換気立坑までのズリ運搬・集積時間。 (ΣQ/Y2×1) で算定。バックホウの、掘削・旋回・戻土・集積・旋回の1サイクルにかかる時間を1min/回と仮定。
キブル積込時間	Tq2	分	182	立坑でのシャフトマッカーによるキブルへのズリ積込み時間。 (Y0/Y1×1.5+1.5) ×n で算定。シャフト積込時間は1.5分/回を、空キブルの切羽への移動時間は1.5分/回と想定。
キブル揚上げ時間	Tq3	分	102	ズリ積込時間×キブル巻き上げ回数と空キブル戻り置き時間の和で算定。キブル巻き上げ電動機出力1500kWで最大速度300m/min、 (11.8+1.5) ×n 揚上り時間(深さ1,000mで11.8min/回)、空キブル戻り置き時間(1.5min/回)。
浮石積し		分	25	《H12年度 15-2 小断面トンネル工に準拠》
跡片付け		分	30	機材搬出 《施工断面を勘案して設定》
測量		分	10	
その他損失		分	15	機材故障, 停電等 《掘削と合わせて 80分》
ズリ出し時間計		分	493	(8.2時間) ズリ出し時間にはTq1を採用
鋼製支保工・金網サイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
支保工準備		分	30	準備 15', 足場組立 15' 《施工断面を勘案して設定、穿孔機材・足場材は組み立て直して次作業以降連続して使用するため搬入時間は掘削作業にて計上済》
支保工建設		分	70	D種 70分 《H12年度 15-2 小断面トンネル工に準拠》
支保工片付け		分	15	足場解体 15' 《施工断面を勘案して設定、穿孔機材・足場材は組み立て直して次作業以降連続して使用するため搬入時間は掘削作業にて計上済》
金網設置		分	10	《H12年度 15-2 小断面トンネル工に準拠》
支保工・金網計		分	125	(2.1時間)
吹付コンクリートサイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
1日/台当り吹付面積	M	m ²	7.7	全断面積吹付周長×B
吹付設計厚さ	N	m	0.10	
吹付コンクリート量	Yo	m ³	1.8	余吹t=70m含む(補正係数 2.4)、M×N×補正係数
コンクリートポンプ容量	Ko	m ³	2.6	
吹付準備		分	45	機材搬入 (コブレッタ-15', 吹付機 15'), 足場組立 15' 《施工断面を勘案して設定、足場材は組み立て直して次作業以降連続して使用》
吹付		分	27	Yo÷4m ³ /h×80分
跡片付け		分	45	足場解体 15', 機材搬出 (コブレッタ-15', 吹付機 15') 《施工断面を勘案して設定、足場材は組み立て直して次作業以降連続して使用》
吹付コンクリート計		分	117	(2.0時間)
ロックボルトサイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
1日/台当り打設本数	F	本	8	
ロックボルト準備		分	15	足場組立 15' 《施工断面を勘案して設定、穿孔機材・足場材は組み立て直して次作業以降連続して使用》
穿孔		分	40	F×10分/E
跡片付け		分	15	足場解体 15' 《施工断面を勘案して設定、穿孔機材・足場材は組み立て直して次作業以降連続して使用》
ロックボルト計		分	70	(1.2時間)
研究				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
切羽観察		分	120	(2.0時間)

※平成19年度国土交通省土木工事標準基準 に準拠して設定
(積算基準と異なる点は《 》にて根拠を示した)

1日当たり進行長: 1.0m/1台/日 / (1183分/9台/日 / (640分/方×2方)) = 0.91m/日

(3) 避難坑の掘削

1) 断面形状

避難坑の断面及び延長を以下に示す。

断面：B-3.0m×H-3.0m（幌型断面）

延長：L-5.0m

2) 掘削方法

掘削方法については基本的に予備ステージ主立坑側と同様の方法で行う。

図 4.3.3-3 に施工概要図を示す。

① 掘削

予備ステージ主立坑側を参照。

② ブリ出し

予備ステージ主立坑側を参照。

③ 鋼製支保工・金網設置

予備ステージ主立坑側を参照。

④ 吹付けコンクリート

予備ステージ主立坑側を参照。

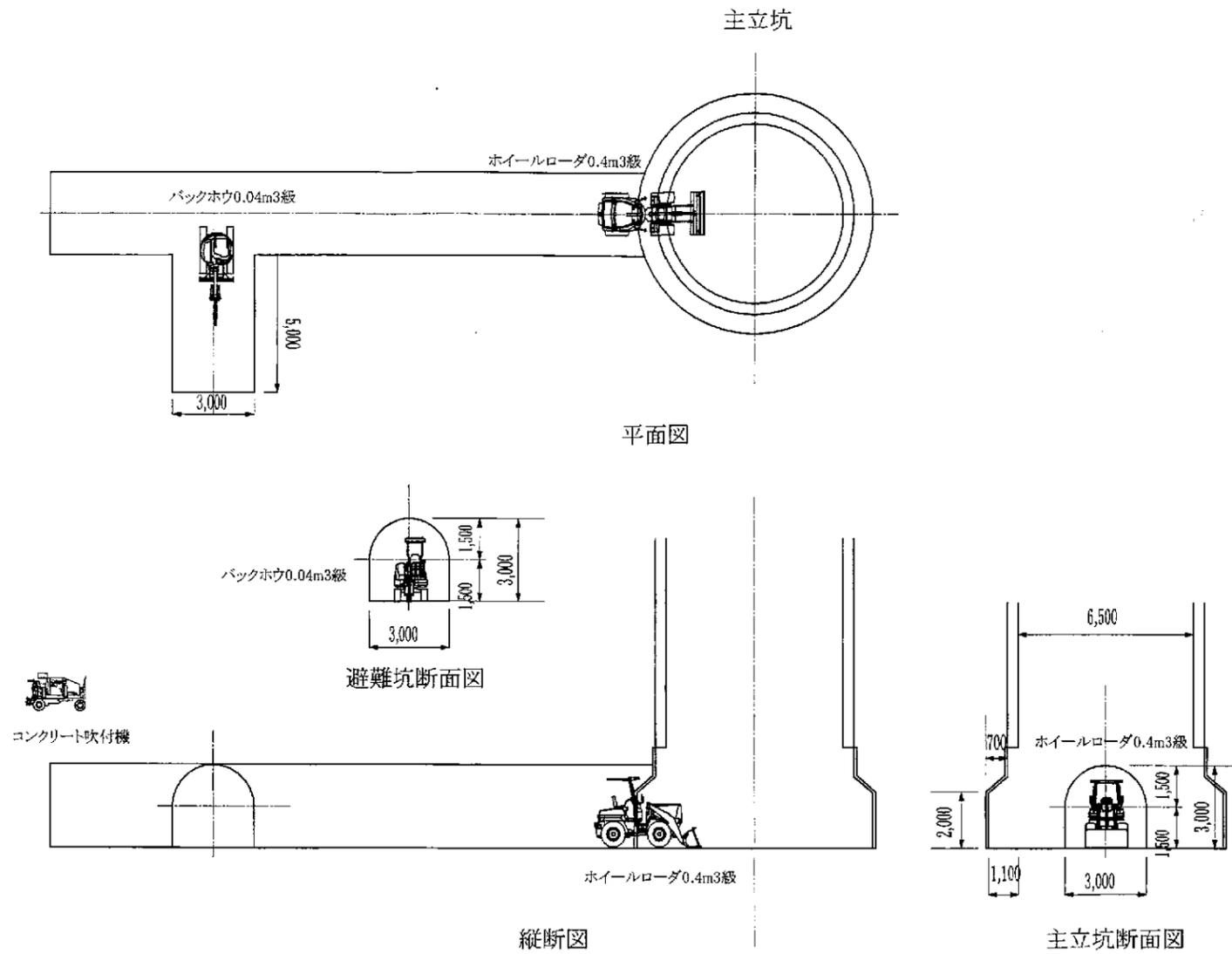
⑤ ロックボルト

予備ステージ主立坑側を参照。

⑥ サイクルタイム

避難坑については、予備ステージ主立坑側からの掘削サイクルタイム表 4.3.3-1(1),(2)を参照。

避難坑掘削の1日当り進行長は、花崗岩部でそれぞれ2.07mとなり、5.0mの掘削は、実稼動日数3日（暦日4日）で施工可能である。堆積岩部は1.22m/日となり、5.0mの掘削は、実稼動日数4日（暦日6日）で施工可能である。



- 主立坑側からの施工
1. 削 孔: レッグドリルによる人力削孔
(1発破進行長: 堆積岩部 1.0m、花崗岩部 1.5m)
 2. ずり出し: バックホウ(0.04m³)にてこそくを行い
ホイールローダ(0.4m³)でずりの集積を行う
ずりキブル(6m³)へのずりの積込みはシャフトマッカ
(0.4m³)にて行う
 3. 換 気: 立坑設備を延長して行う
 4. 工 期: (堆積岩部) 5.0m/1.22m/日=4日(暦日: 6日+α日)
(花崗岩部) 5.0m/2.07m/日=3日(暦日: 4日+α日)

図 4.3.3-3 予備ステージ避難坑施工概要図

(4) 排水ピットの掘削

1) 断面形状

排水ピットの形状及び断面図、平面図を以下に示す。

内寸法：B-1.2m×L-1.5m×H-1.5m（4個）

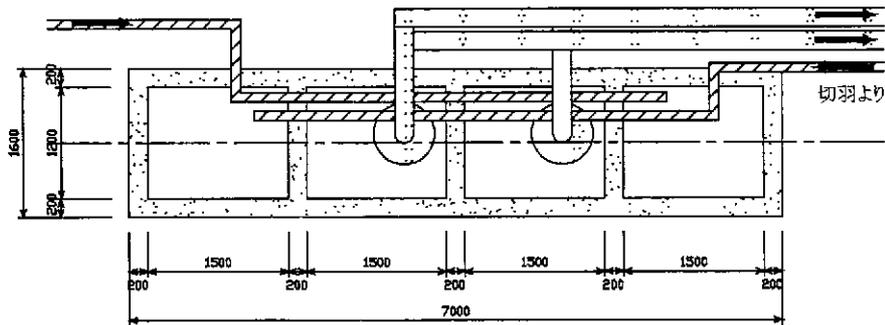


図 4.3.3-4(1) 排水ピット平面図

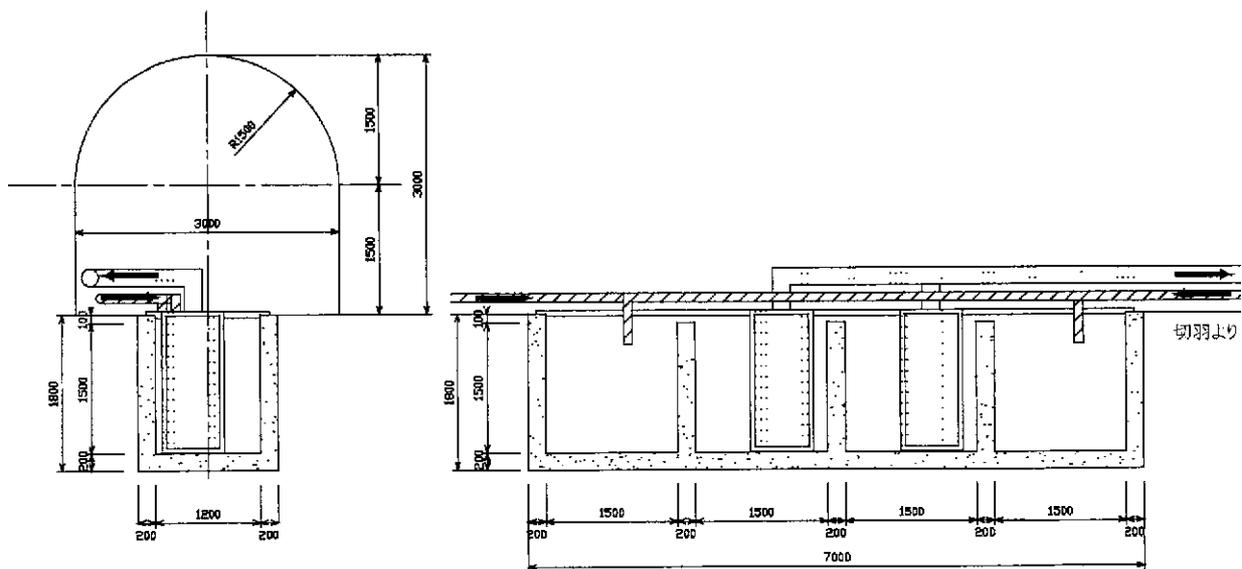


図 4.3.3-4(2) 排水ピット断面図

2) 掘削方法

掘削方法は発破掘削とし、基本的に吹付けコンクリートやロックボルト等の支保は行わないものとするが、施工時の地山の状況を確認し、必要であれば随時追加することとする。

① 掘削

予備ステージ主立坑側を参照。

② ズリ出し

ピットの発破ずりは0.04m³級のバックホウにて、排土するものとする。適宜覆工版を架け替えながら、バックホウの作業足場を確保していく。主立坑までのずりの集積・運搬はホイールローダ(0.4m³級)にて行う。ずりキブルへの積込みは、スカフォード搭載のシャフトマッカにて行う。

③ タンク設置

ピット掘削後、所定の高さまで底盤コンクリートを打設する。タンクを所定の位置に設置後、側部にコンクリートを打設し、タンクを固定する。

④ サイクルタイム

排水ピットのサイクルタイムを表4.3.3-3(1),(2)に示す。

吹付けコンクリート・ロックボルト等の支保については考えていないため、排水ピット掘削の1日当り進行長は、花崗岩部で0.57mとなり、1.8mの掘削は、実稼動日数3日(暦日4日)で施工可能である。堆積岩部は0.63m/日となり、1.8mの掘削は、実稼動日数3日(暦日4日)で施工可能である。

尚、タンク設置には、底盤コンクリート打設・タンク設置・側部コンクリート打設で実稼動日数3日(暦日4日)要する。

表 4.3.3-3(1) 排水ピット サイクルタイム 《花崗岩部》

掘削サイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
設計掘削断面積	A1	m ²	11.2	幅1.8m、長さ7.0m長方形断面
掘削断面積(余堀含む)	A2	m ²	14.8	余掘り20cm
1発破進行長	B	m	0.9	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	8.5	《H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠》
穿孔長	D	m	1.0	B+0.1 《H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠》
削岩機使用台数	E	台	3	《H12年度 15-2小断面トンネル工を参考にトンネル断面積より設定》
のみ下り速度	F	m/分	0.30	《H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠》
1台当り穿孔数	G	孔/台	14	A1×C/E
削岩準備		分	45	機材搬入(コンパレッタ-15', レットドリル15'), 作業員入坑15'
穿孔		"	70	D×G/F×(15/10) 連続10分で5分休憩 《労働基準局長通達808,810号》
装薬・爆破・換気等		"	75	《H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠》
発破退避		"	15	作業員退避15' (機材搬出は装薬準備~装薬時に並行) 《施工断面を勘案して設定》
その他		"	15	機材故障, 停電等 《ずり出しと合わせて30分》
掘削計		分	220	(9.7時間)
ズリ出しサイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
総ズリ量	ΣQ	m ³	22.0	14.8×0.9×1.65
ズリキブル容量	V0	m ³	6.0	2台
シャフトマッカー容量	V1	m ³	0.4	主立坑シャフトマッカー
バックホウ容量	V2	m ³	0.04	ズリ積込み用バックホウ
巻上げ回数	n	回	4	ΣQ/V0
ズリ出し準備		分	90	機材搬入30', 覆工版搬入・敷設60' 《施工区域を勘案して設定》
ズリ運搬・集積時間	Tq1	"	1148	切羽から主立坑までのズリ運搬時間。ズリ積込時間はΣQ/(29×0.10/V2)×480にて算定。 《2-5小規模土工: ルーズな状態の積込より、バケット容量(標準0.10m ³)より補正》
キブル積込時間	Tq2	"	96	立坑でのシャフトマッカーによるキブルへのズリ積込み時間。 (V0/V1×1.5+1.5)×n で算定。キブル積込時間は1.5分/回を、空キブルの切羽への移動時間は1.5分/回想定。
キブル揚げ時間	Tq3	"	51	ズリ積込時間×キブル巻上回数と空キブル仮置き時間の和で算定。キブル巻上機電動機出力1500kWで最大速度300m/min、 (11.3+1.5)×n揚ズリ時間(深度1,000mで11.3min/回)、空キブル仮置き時間(1.5min/回)。
浮石落し(掘削面整形)		"	25	
跡片付け		"	90	機材搬出30', 覆工版撤去・搬出60' 《施工断面を勘案して設定》
測量		"	10	
その他損失		"	15	機材故障, 停電等 《掘削と合わせて30分》
ズリ出し時間計		分	1378	(28.0時間) ズリ出し時間にはTq1を採用
研究				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
切羽観察		分	120	(2.0時間)

※平成18年度国土交通省土木工事積算基準 に準拠して設定
(積算基準と異なる点は《 》にて根拠を示した)

1日当たり進行長(吹付なし): 0.9m/台/日/(1718分/台/日/(540分/方×2方))=0.57m/日

表 4.3.3-3(2) 排水ピット サイクルタイム <堆積岩部>

掘削サイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
設計掘削断面積	A1	m ²	11.2	幅1.6m、長さ7.0m長方形断面
掘削断面積(余堀含む)	A2	m ²	14.2	余掘り17cm
1発破進行長	B	m	0.9	
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	3.3	<<H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠>>
穿孔長	D	m	1.0	B+0.1 <<H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠>>
削岩機使用台数	E	台	3	<<H12年度 15-2小断面トンネル工を参考にトンネル断面積より設定>>
のみ下り速度	F	m/分	0.40	<<H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠>>
1台当り穿孔数	G	孔/台	13	A1×C/E
削岩準備		分	45	機材搬入(コンパレッタ15', レックトール15'), 作業員入坑15'
穿孔		"	49	D×G/F×(15/10) 連続10分で5分休憩 (労働基準局長通達808.610号)
装薬・爆破・換気等		"	75	<<H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠>>
発破退避		"	15	作業員退避15' (機材搬出は装薬準備～装薬時に並行) <<施工断面を勘案して設定>>
その他		"	15	機材故障, 停電等 <<ずり出しと合わせて30分>>
掘削計		分	199	(3.3時間)
ズリ出しサイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
総ズリ量	ΣQ	m ³	19.2	14.2×0.9×1.50
ズリキブル容量	V0	m ³	6.0	2台
シャフトマッカー容量	V1	m ³	0.4	主立坑シャフトマッカー
バックホウ容量	V2	m ³	0.04	ズリ積込み用バックホウ
巻上げ回数	n	回	4	ΣQ/V0
ズリ出し準備		分	30	機材搬入30', 覆工版搬入・敷設60' <<施工区域を勘案して設定>>
ズリ運搬・集積時間	Tq1	"	1002	切羽から主立坑までのズリ運搬時間。ズリ積込時間はΣQ/(23×0.10/V2)×480にて算定。 <<2-5小規模土工: ルーズな状態の積込より、バケット容量(標準0.10m ³)より補正>>
キブル積込時間	Tq2	"	96	立坑でのシャフトマッカーによるキブルへのズリ積込み時間。 (V0/V1×1.5+1.5)×n で算定。キブル積込時間は1.5分/回を、空キブルの切羽への移動時間は1.5分/回想定。
キブル揚げ時間	Tq3	"	51	ズリ積込時間×キブル巻上げ回数と空キブル仮置き時間の和で算定。キブル巻上げ機電動機出力1500kWで最大速度200m/min、 (11.3+1.5)×n揚ズリ時間(深度1,000mで11.3min/回)、空キブル仮置き時間(1.5min/回)。
浮石落し(掘削面整形)		"	25	
跡片付け		"	90	機材搬出30', 覆工版撤去・搬出60' <<施工断面を勘案して設定>>
測量		"	10	
その他損失		"	15	機材故障, 停電等 <<掘削と合わせて30分>>
ズリ出し時間計		分	1292	(20.5時間) ズリ出し時間にはTq1を採用
研究				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
切羽観察		分	120	(2.0時間)

※平成13年度国土交通省土木工事積算基準 に準拠して設定
(積算基準と異なる点は<< >>にて根拠を示した)

1日当たり進行長(吹付なし): 0.9m/サイクル / (1551分/サイクル / (540分/方×2方)) = 0.63m/日

(5) 予備ステージ掘削日数

各箇所の掘削日数をまとめると表 4.3.3-4(1),(2)のようになる。

表 4.3.3-4(1) 予備ステージ(花崗岩部) 掘削日数

	実稼働日数	暦日稼働日数
立坑交差部掘削・支保	12	16
主立坑側からの掘削	13	17
換気立坑側からの掘削	(5)	(7)
避難坑	3	4
排水ピット(掘削)	3	4
排水ピット(タンク設置)	3	4
合計	34	45

表 4.3.3-4(2) 予備ステージ(堆積岩部) 掘削日数

	実稼働日数	暦日稼働日数
立坑交差部掘削・支保	11	15
主立坑側からの掘削	22	29
換気立坑側からの掘削	(7)	(10)
避難坑	4	6
排水ピット(掘削)	3	4
排水ピット(タンク設置)	3	4
合計	43	58

したがって、前提条件の掘削工期花崗岩部 1.5 ヶ月、堆積岩部 2 ヶ月以内の目標は達成可能と考えられる。

4. 3. 4 中間・最深ステージ掘削

平成 12 年度時点と比較して、中間・最深ステージのレイアウトが変更になったことを考慮し、中間・最深ステージの施工検討を行う。また、検討に当たっての条件設定を以下の通りとする。

- ◆ 中間・最深ステージの深度はいずれも G.L-180m 以深であるので、岩種は花崗岩(B 級)とする。
- ◆ 発破工法および TBM(試験坑道の一部)にて掘削するものとする。
- ◆ 支保パターンは平成 12 年度基本設計の断面形状の設計に従い、8.0m×6.5m の坑道は旧国鉄標準支保パターンに準拠し、それ以外の小断面の坑道は「通商産業省 資源エネルギー庁、新エネルギー財団(1987.3)：中小水力標準化モデルプラント設計調査報告書 トンネル設計、設計合理化に関する設計調査 小断面水路トンネル NATM 設計・施工マニュアル(案)」の支保工の選定に準拠する。
- ◆ ズリ出し時間の短縮のために、ズリ搬出用のキブルは 2 個を交換して使用するものとする。また、換気立坑のズリキブル巻上機のロープ速度も主立坑と同様に 300m/min を確保することとして、巻上機の電動機出力は主立坑及び換気立坑それぞれ 1500kW 及び 600kW とする。
- ◆ 掘削工期は、中間ステージの一次掘削・二次掘削とも平均月進 40m 以上、最深ステージの平均月進 40m 以上を目標とする。
- ◆ 掘削工期(サイクルタイム)の算定は、国土交通省土木工事積算基準に準拠するものとする。
- ◆ 資機材の搬出入は立坑設備(スカフォード)の開口部から行うものとし、スカフォード本体の取り外しは考慮しないこととする。使用機械の仕様を表 4.3.5-4 に示す。

スカフォード開口寸法及び最大吊重量

主立坑	：	開口	2.7m*2.30m	、	吊重量	15.5ト
換気立坑	：	開口	2.0m*1.74m	、	吊重量	10.0ト

(1) 一次掘削

1) 主立坑、換気立坑間の3m×3m坑道

主立坑、換気立坑間の3m×3m坑道は予備ステージと全く同じであるため、予備ステージの掘削を参照。図4.3.4-1にその施工範囲を示す。

2) 立坑につながる3.5m×3.5m坑道

① 施工範囲及び断面形状

図4.3.4-2にその施工範囲を示す。また、3.5m×3.5m坑道の断面は幅3.5m×高さ3.5mの幌型断面とする。

② 掘削方法

掘削方法については基本的に予備ステージと同様の方法で行う。ただし、主立坑側のこそく・ずり集積は0.2m³級のバックホウで行う。図4.3.4-3に施工概要図を示す。

③ サイクルタイム

立坑につながる3.5m×3.5m坑道のサイクルタイムを表4.3.4-1（主立坑側）、表4.3.4-2（換気立坑側）に示す。

主立坑側の掘削の1日当り進行長は1.97mとなり5.65mの掘削は実稼動日数3日（暦日4日）、換気立坑側の掘削の1日当り進行長は1.10mとなり6.65mの掘削は実稼動日数6日（暦日8日）で施工可能である。

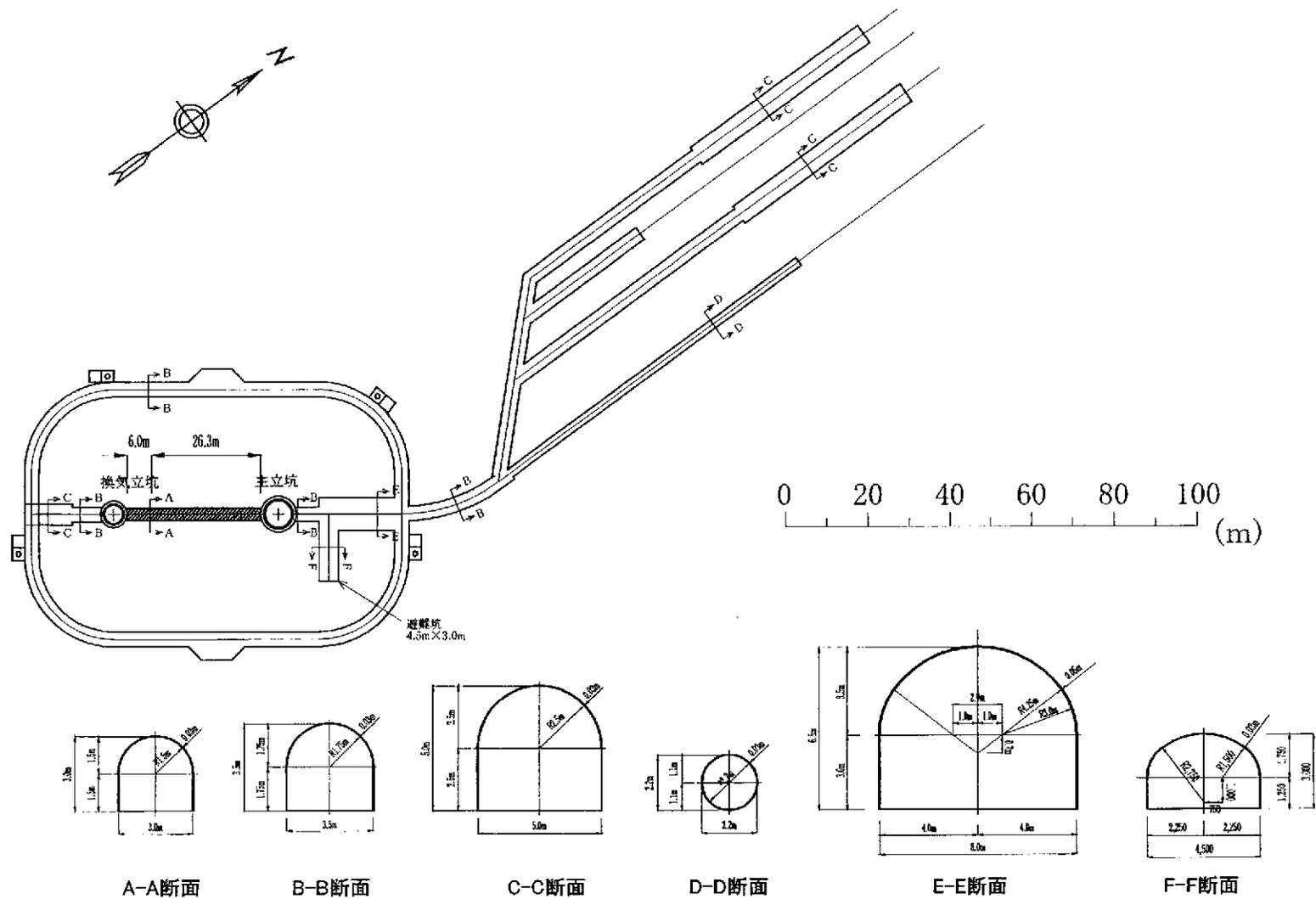


图 4.3.4-1 3.0m×3.0m坑道施工范围

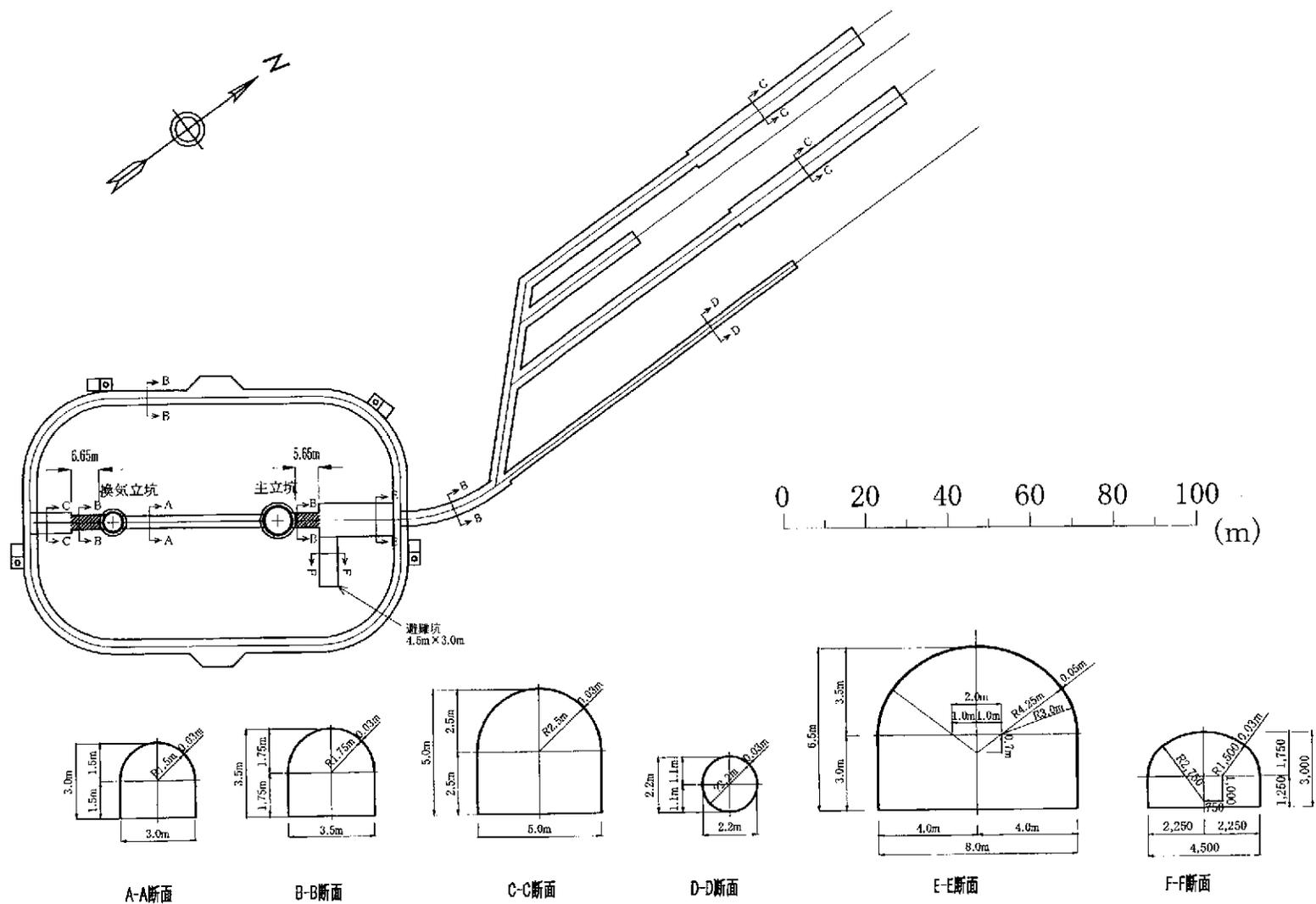
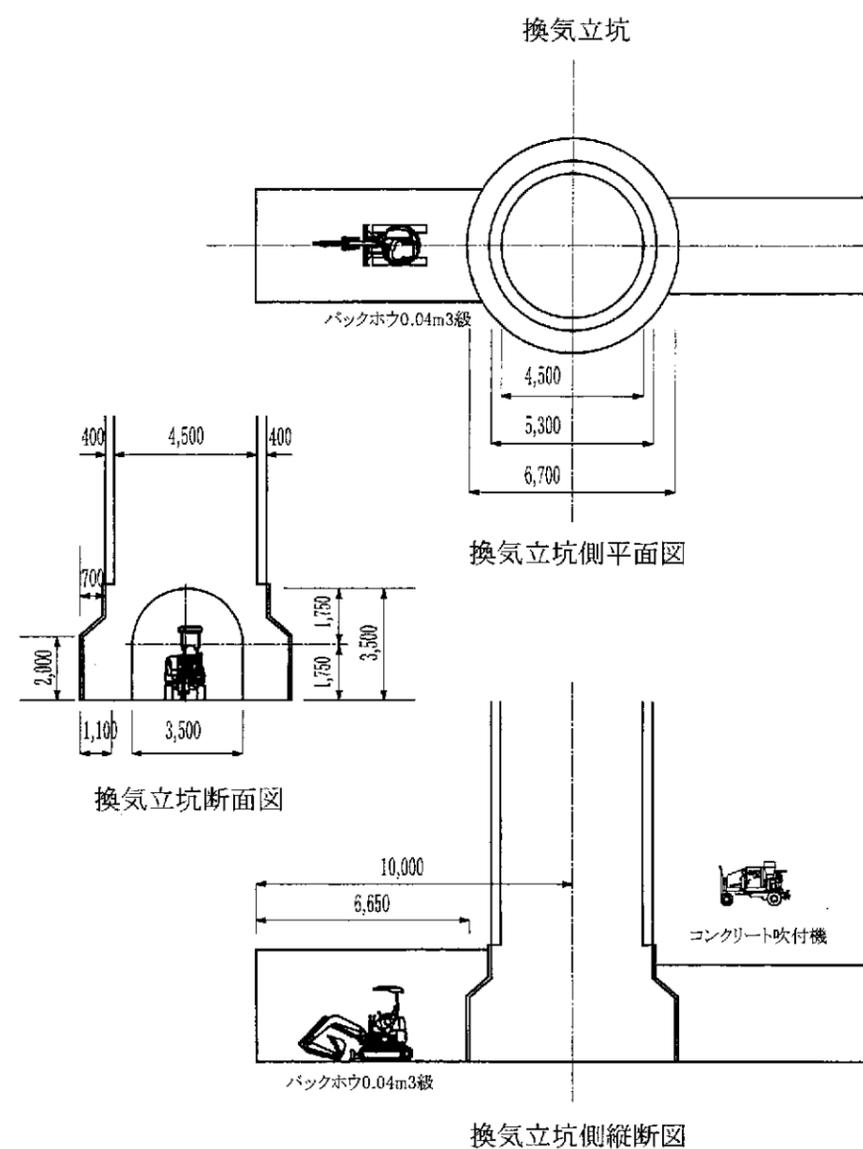
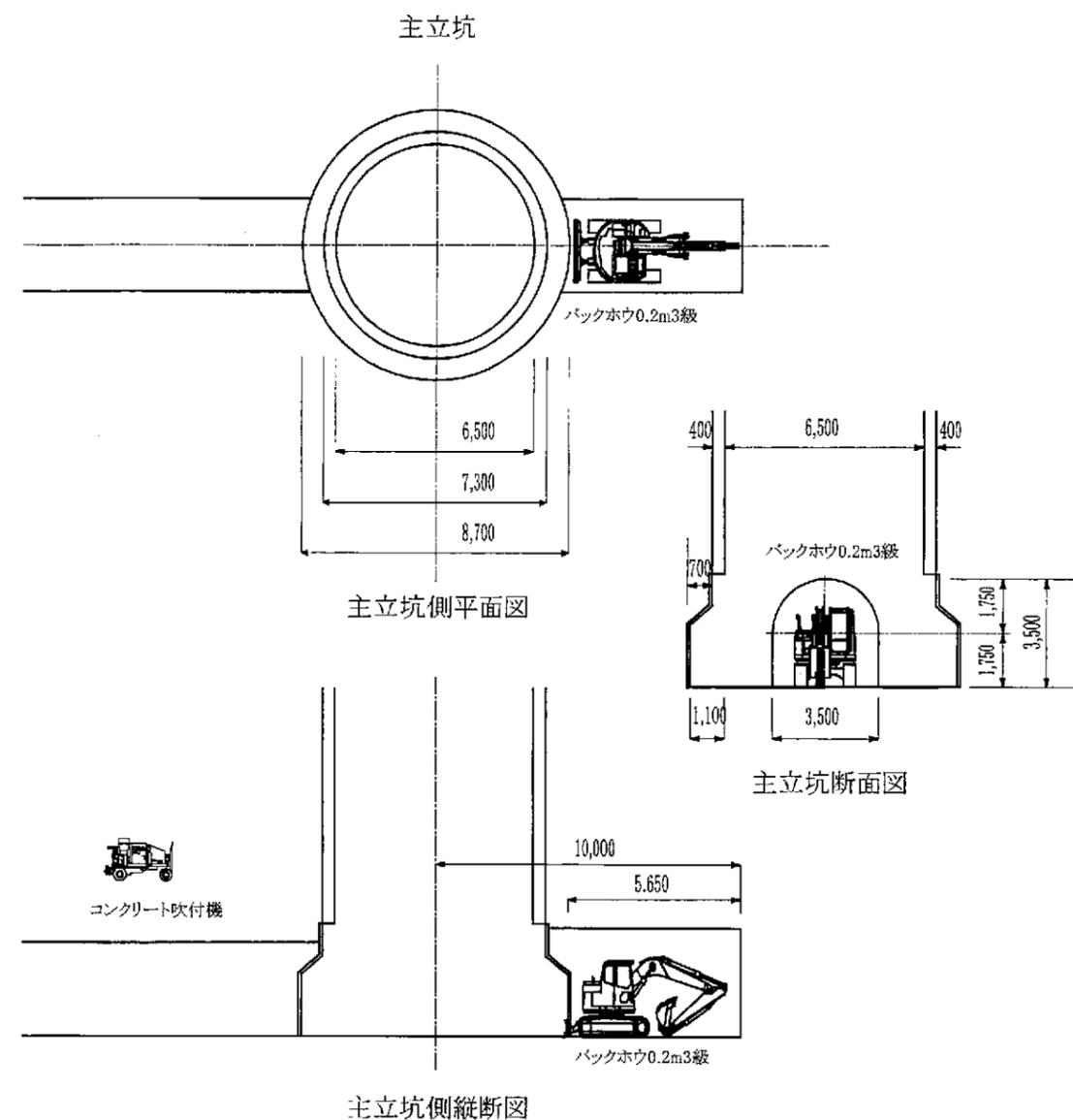


図 4.3.4-2 立坑につながる 3.5m x 3.5m 坑道施工範囲



換気立坑側の施工

1. 削 孔: レッグドリルによる人力削孔(1発破進行長: 1.5m)
2. ずり出し: バックホウ(0.04m³)にてずりの集積・こそくを行う
ずりキブル(2m³)へのずりの積込みはシャフトマッカ(0.2m³)にて行う
3. 換 気: 立坑設備を延長して行う
4. 工 期: 6.65m / 1.10m/日 = 6日 (暦日: 8日 + α日)



主立坑側の施工

1. 削 孔: レッグドリルによる人力削孔(1発破進行長: 1.5m)
2. ずり出し: バックホウ(0.2m³)にてずりの集積・こそくを行う
ずりキブル(6m³)へのずりの積込みはシャフトマッカ(0.4m³)にて行う
3. 換 気: 立坑設備を延長して行う
4. 工 期: 5.65m / 1.97m/日 = 3日 (暦日: 4日 + α日)

図 4.3.4-3 立坑につながる 3.5m×3.5m坑道施工概要図

表 4.3.4-1 立坑につながる 3.5m×3.5m 坑道 サイクルタイム (主立坑側)

掘削サイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
設計掘削断面積	A1	m ²	11.2	幅 3.56m、高さ 3.52m の横型断面
掘削断面積 (余堀含む)	A2	m ²	12.1	余掘り 20cm ≪H13年度 18-20 小断面トンネル工 (NATM) のレーン方式 B パターンを採用≫
1 発破進行長	B	m	1.5	人力掘削であるため 1.5m とした
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	2.6	≪H12年度 15-2 小断面トンネル工に準拠≫
穿孔長	D	m	1.8	B+0.1 ≪H12年度 15-2 小断面トンネル工に準拠≫
削岩機使用台数	E	台	3	≪H12年度 15-2 小断面トンネル工を参考にトンネル断面積より設定≫
のみ下り速度	F	m/分	0.80	≪H12年度 15-2 小断面トンネル工に準拠≫
1 台当り穿孔数	G	孔/台	14	A1×C/E
削岩準備		分	75	機材搬入 (コックレッサー 15', レックト'リ' 15'), 足場材搬入 15', 足場組立 15', 作業員入坑 15' ≪施工断面を勘案して設定≫
穿孔		"	112	D×G/F×(15/10) 連続 10 分で 5 分休憩 (労働基準局長通達 608, 610 号)
装薬・爆破・換気等		"	75	≪H12年度 15-2 小断面トンネル工に準拠≫
発破退避		"	45	足場解体 15', 足場搬出 15', 作業員退避 15' (機材搬出は装薬準備～装薬時に並行) ≪施工断面を勘案して設定≫
その他		"	15	機材故障, 停電等 ≪ずり出しと合わせて 30 分≫
掘削計		分	822	(5.4 時間)
ズリ出しサイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
総ズリ量	ΣQ	m ³	32.4	12.1×1.5×1.85
ズリキブル容量	V0	m ³	6.0	2 台
シャフトマッカー容量	V1	m ³	0.4	主立坑シャフトマッカー
バックホウ容量	V2	m ³	0.2	ズリ積込み用バックホウ
巻上げ回数	n	回	6	ΣQ/V0
ズリ出し準備		分	30	機材搬入 ≪施工断面を勘案して設定≫
ズリ運搬・集積時間	Tq1	"	162	切羽から主立坑までのズリ運搬・集積時間。 (ΣQ/V2×1) で算定。バックホウの、掘削・旋回・廃土・集積・旋回の 1 サイクルにかかる時間を 1min/回 と仮定。
キブル積込時間	Tq2	"	144	立坑でのシャフトマッカーによるキブルへのズリ積込み時間。 (V0/V1×1.5+1.5)×n で算定。キブル積込時間は 1.5 分/回を、空キブルの切羽への移動時間は 1.5 分/回と想定。
キブル揚げ時間	Tq3	"	77	ズリ積込時間×キブル巻上げ回数と空キブル仮置き時間の和で算定。キブル巻上げ電動機出力 1500kW で最大速度 300m/min、 (11.3+1.5)×n 揚ズリ時間 (深度 1,000m で 11.3min/回)、空キブル仮置き時間 (1.5min/回)。
浮石落し		"	25	≪H12年度 15-2 小断面トンネル工に準拠≫
跡片付け		"	30	機材搬出 ≪施工断面を勘案して設定≫
測量		"	10	
その他損失		"	15	機材故障, 停電等 ≪掘削と合わせて 30 分≫
ズリ出し時間計		分	272	(4.5 時間) ズリ出し時間には Tq1 を採用
吹付コンクリートサイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
1 サイクル当り吹付面積	M	m ²	18.5	全断面積吹付周長×B
吹付設計厚さ	N	m	0.08	
吹付コンクリート量	Vo	m ³	1.1	余吹 t=4cm 含む (補正係数 2.6)、M×N×補正係数
コンクリートキブル容量	Ko	m ³	2.5	
吹付準備		分	45	機材搬入 (コックレッサー 15', 吹付機 15'), 足場組立 15' ≪施工断面を勘案して設定、足場材は組み立て直して次作業以降連続して使用≫
吹付		"	17	Vo÷4m ³ /h×60分
跡片付け		"	45	足場解体 15', 機材搬出 (コックレッサー 15', 吹付機 15') ≪施工断面を勘案して設定、足場材は組み立て直して次作業以降連続して使用≫
吹付コンクリート計		分	107	(1.8 時間)
研究				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
切羽観察		分	120	(2.0 時間)

※平成13年度国土交通省土木工事積算基準 に準拠して設定
(積算基準と異なる点は ≪ ≫ にて根拠を示した)

1 日当たり進行長 (吹付なし) : 1.5m/サイクル / (714分/サイクル / (540分/方×2方)) = 2.27m/日
1 日当たり進行長 (吹付あり) : 1.5m/サイクル / (821分/サイクル / (540分/方×2方)) = 1.97m/日

表 4.3.4-2 立坑につながる 3.5m×3.5m 坑道 サイクルタイム (換気立坑側)

掘削サイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
設計掘削断面積	A1	m ²	11.2	幅3.56m、高さ3.53mの楕円断面
掘削断面積(余堀含む)	A2	m ²	13.1	余掘り20cm ≪H13年度 16-28 小断面トンネル工 (NATM)のレール方式Bパターンを採用≫
1発破進行長	B	m	1.5	人力削孔であるため、1.5mとした
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	3.5	≪H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠≫
穿孔長	D	m	1.6	B+0.1 ≪H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠≫
削岩機使用台数	E	台	3	≪H12年度 15-2小断面トンネル工を参考にトンネル断面積より設定≫
のみ下り速度	F	m/分	0.30	≪H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠≫
1台当り穿孔数	G	孔/台	14	A1×C/E
削岩準備		分	75	機材搬入(コックレッタ-15', レック'ト'7015'), 足場材搬入15', 足場組立15', 作業員入坑15' ≪施工断面を勘案して設定≫
穿孔		"	112	D×G/F×(15/10) 連続10分で5分休憩 (労働基準局長通達608,610号)
装薬・爆破・換気等		"	75	≪H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠≫
発破退避		"	45	足場解体15', 足場搬出15', 作業員退避15' (機材搬出は装薬準備〜装薬時に並行) ≪施工断面を勘案して設定≫
その他		"	15	機械故障, 停電等 ≪ずり出しと合わせて30分≫
掘削計		分	322	(5.4時間)
ズリ出しサイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
総ズリ量	ΣQ	m ³	32.4	13.1×1.5×1.65
ズリキブル容量	V0	m ³	2.0	2台
シャフトマッকার容量	V1	m ³	0.2	主立坑シャフトマッカー
バックホウ容量	V2	m ³	0.04	ズリ積込み用バックホウ
巻き上げ回数	n	回	17	ΣQ/V0
ズリ出し準備		分	30	機材搬入 ≪施工断面を勘案して設定≫
ズリ運搬・集積時間	Tq1	"	810	切羽から換気立坑までのズリ運搬・集積時間。 (ΣQ/V2×1) で算定。バックホウの、掘削・旋回・廃土・集積・旋回の1サイクルにかかる時間を1min/回と仮定。
キブル積込時間	Tq2	"	281	立坑でのシャフトマッカーによるキブルへのズリ積込み時間。 (V0/V1×1.5+1.5) × n で算定。キブル積込時間は1.5分/回を、空キブルの切羽への移動時間は1.5分/回想定。
キブル揚げ時間	Tq3	"	28	ズリ積込時間×キブル巻き上げ回数と空キブル仮置き時間の和で算定。キブル巻き上げ電動機出力1500kWで最大速度300m/min、 (11.8+1.5) × n揚ズリ時間(深度1,000mで11.3min/回)、空キブル仮置き時間(1.5min/回)。
浮石落し		"	25	≪H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠≫
跡片付け		"	30	機材搬出 ≪施工断面を勘案して設定≫
測量		"	10	
その他損失		"	15	機械故障, 停電等 ≪掘削と合わせて30分≫
ズリ出し時間計		分	920	(15.3時間) ズリ出し時間にはTq1を採用
吹付コンクリートサイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
1サイクル当り吹付面積	M	m ²	13.5	全断面積吹付周長×B
吹付設計厚さ	N	m	0.09	
吹付コンクリート量	Vc	m ³	1.1	余吹t=4cm含む(補正係数 2.6)、M×N×補正係数
コンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
吹付準備		分	45	機材搬入(コックレッタ-15', 吹付機15'), 足場組立15' ≪施工断面を勘案して設定、足場材は組み立て直して次作業以降連続して使用≫
吹付		"	17	Vc÷4m ² /b×60分
跡片付け		"	45	足場解体15', 機材搬出(コックレッタ-15', 吹付機15') ≪施工断面を勘案して設定、足場材は組み立て直して次作業以降連続して使用≫
吹付コンクリート計		分	107	(1.8時間)
研究				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
切羽観察		分	120	(2.0時間)

※平成13年度国土交通省土木工事積算基準 に準拠して設定
(積算基準と異なる点は ≪ ≫ にて根拠を示した)

1日当たり進行長(吹付なし) : 1.5m/サイクル / (1362分/サイクル / (540分/方×2方)) = 1.19m/日
1日当たり進行長(吹付あり) : 1.5m/サイクル / (1469分/サイクル / (540分/方×2方)) = 1.10m/日

3) 主立坑側 8.0m×6.5m 坑道

① 施工範囲及び断面形状

図 4.3.4-4 にその施工範囲を示す。また、主立坑側 8.0m×6.5m 坑道の断面は幅 8.0m×高さ 6.5mの幌型断面とする。

② 掘削方法

掘削方法は発破掘削とし、吹付けコンクリート (t=50mm) を標準とする。支保は施工時の地山の状況を確認し、増し吹付けコンクリートやロックボルトの施工など必要に応じて追加することとする。

また、掘削高さがH=6.5mと高いため、掘削は3段階(切り上がり掘削、上部掘削、下部掘削)に分けて施工する。図 4.3.4-5 に施工概要図を示す。

(a) 掘削

削孔は1ブームホイールジャンボにて行う。1発破当りの進行長は2.0mを基本とするが、施工にあたっては、切羽状況により進行長・穿孔数をそれぞれ調整し、地山に適した施工を行う。

装薬発破・換気等は、予備ステージの施工に準ずる。発破にあたり、機械や作業足場材料等は、立坑間の3m×3m坑道に退避する。

(b) ずり出し

ずりキブルへの積込みは、スcafford搭載のシャフトマッカにて行う。こそくやずりの集積については0.2m³級のバックホウを使用し、主立坑までの運搬はホイールローダ(0.4m³級)にて行う。換気後及びずり出し中においては、バックホウ・人力等により十分なこそくを行い、落石による事故が発生しないよう注意する。

(c) 吹付けコンクリート

ずり処理完了後、掘削面の浮石を十分に撤去した後に研究のための切羽観察を行い、吹付コンクリートを施工する。最終サイクルにおいては、鏡面(3.5m×3.5m水平坑道側部)の吹付けも実施する。

③ サイクルタイム

主立坑側 8.0m×6.5m 坑道のサイクルタイムを表 4.3.4-3 に示す。

平均サイクルタイムは、切り上がり掘削、上部掘削、下部掘削でそれぞれ1,147分、813分、617分であり、掘削はそれぞれ、11 サイクル、9 サイクル、9 サイクルを実施するので、合計掘削時間は 25,487 分となる。すなわち実稼働日数 $23.6 \approx 24$ 日である。入口隅部の掘削で実稼働日数 1 日の計 25 日（暦日 33 日）で施工可能である。

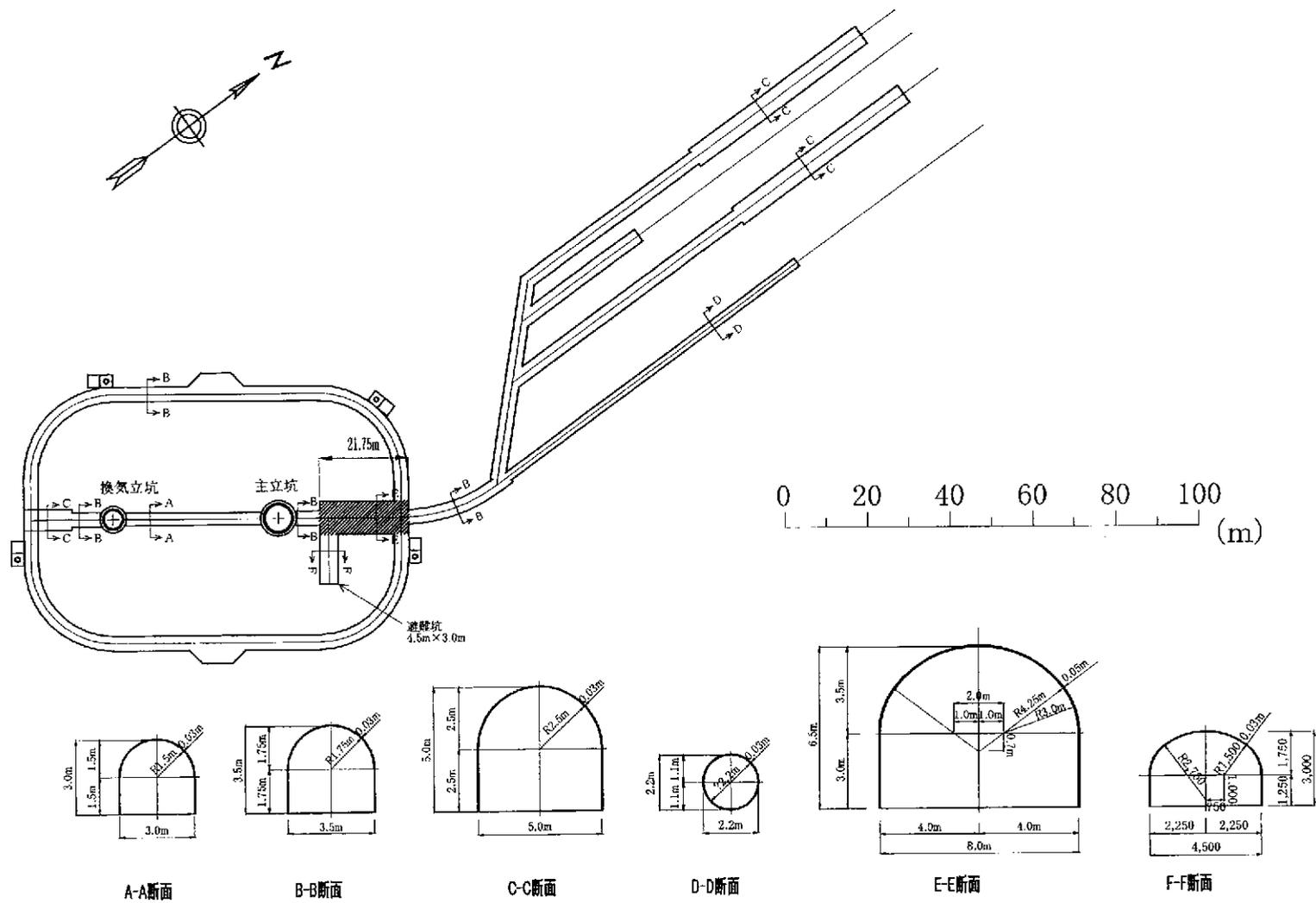
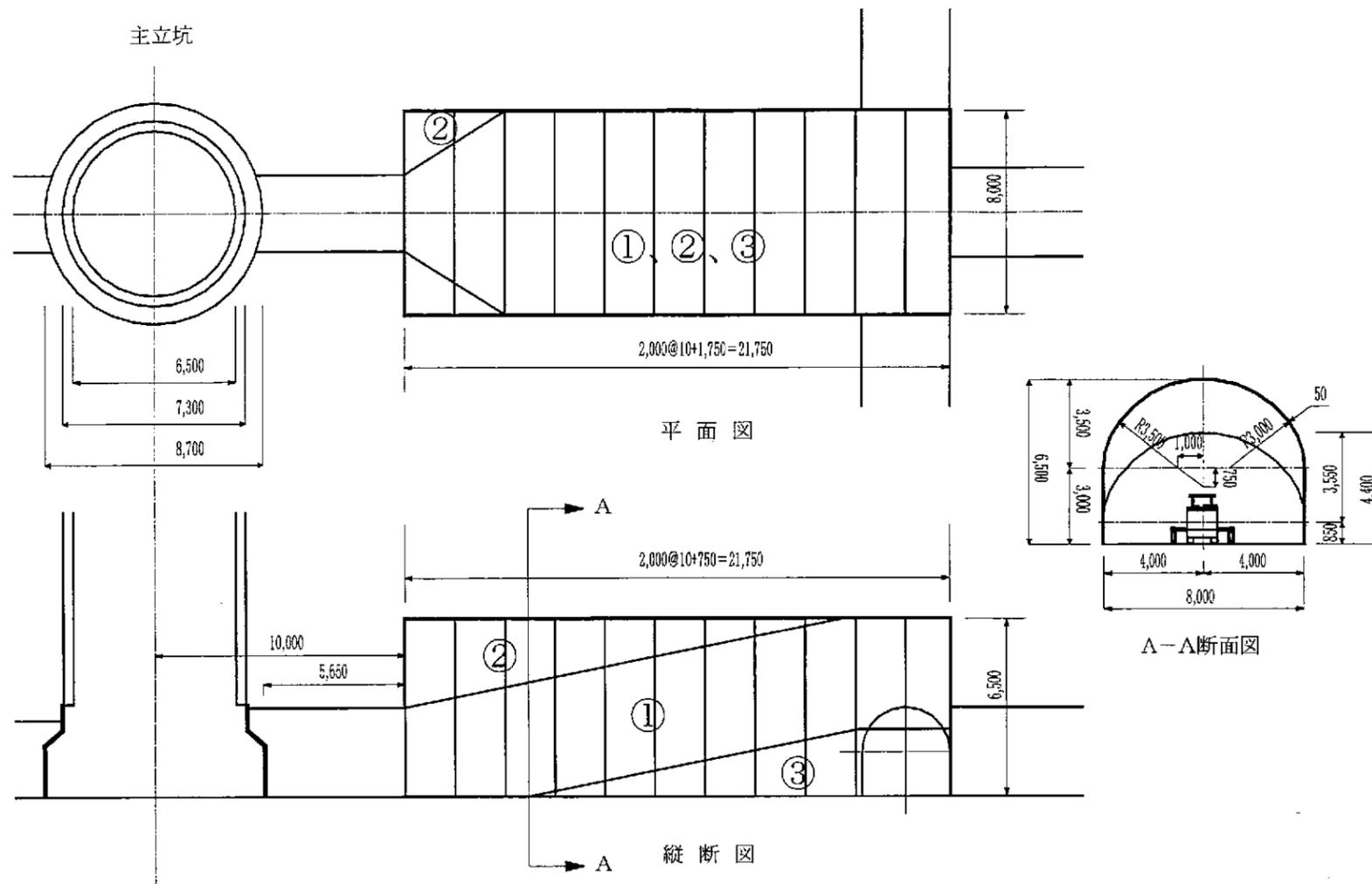


图 4.3.4-4 8.0m × 6.5m 坑道施工範圍



8.0m×6.5m坑道の掘削は3段階で掘削を行う

- ①3.5m×3.5m坑道より8.0m×6.5m坑道上部に切り上がる
- ②8.0m×6.5m坑道の掘り残した上部の掘削を行う
- ③残りの下部を掘削する

1. 削 孔

削孔は1ブームホイールジャンボにて行い、1発破進行長は2.0mを基本とする。

2. ずり出し

バックホウ(0.2m³)にてこそくを行い、ホイールローダ(0.4m³)でずりの集積を行う。ずりキブル(6.0m³)へのずりの積み込みはシャブマッカ(0.4m³)にて行う。

3. 支保工

各段階において、必要な支保(吹付けコンクリート、ロックボルト等)を施工する。

切り上がり掘削時は状況に応じて仮吹付を行う。

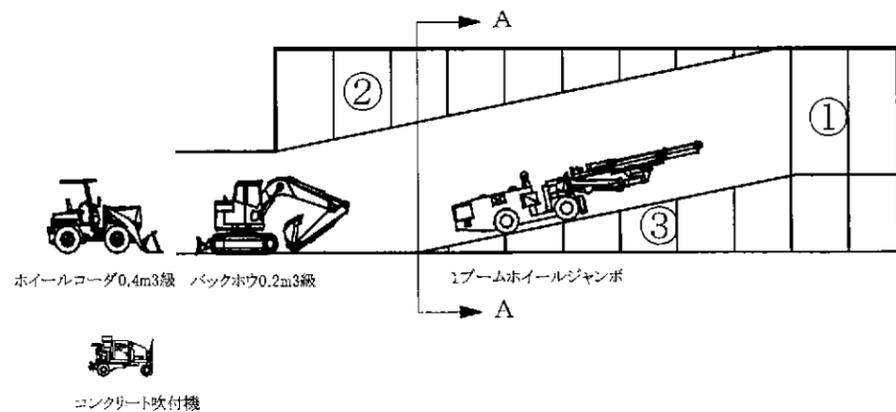
4. 換 気

立坑設備を延長して行う。

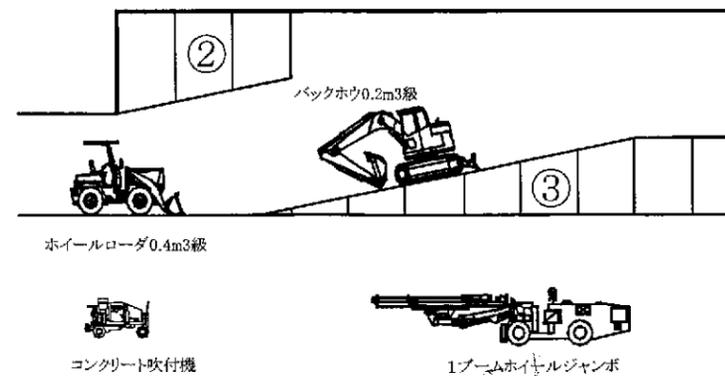
5. 工 期

実稼動:25日(暦日:33日+α日)

①切り上がり掘削



②上部掘削



③下部掘削

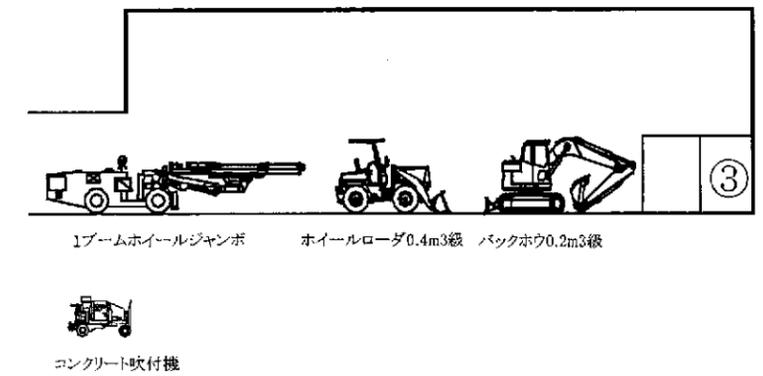


図 4.3.4-5 主立坑側 8.0m×6.5m坑道施工概要図

表 4.3.4-3 主立坑側 8.0m×6.5m 坑道 サイクルタイム

掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	坑道	上部	下部	計算式 / 設定根拠等
設計掘削断面積	A1	m ²	28.0	12.4	10.4	断面変化 → 平均断面積を使用 全断で幅9.10m、高さ6.55mの模型断面
掘削断面積(余堀含む)	A2	m ²	31.8	13.4	11.1	余掘り20cm ≪H13年度 18-28 小断面トンネル工(NATM)のレーン方式Bパターンを採用≫
1発破進行長	B	m	2.0	2.0	2.0	≪断面を分割施工するため、各加背を H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠≫
㎡当り穿孔時間	C	分/m ²	6.2	6.2	6.2	≪H12年度 15-2小断面トンネル工では2ブームジャンボで3.1min/m ² より、1ブームジャンボに適合するよう補正≫
削岩準備		分	75	75	45	機材搬入(コンプレッサ15'、ハイドラハンマ15')、足場材搬入15'、足場組立15'、作業員入坑15'
穿孔		分	174	77	64	A1×C
装薬・爆破・換気等		分	75	75	75	≪H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠≫
発破退避		分	45	45	15	足場解体15'、足場搬出15'、作業員退避15' (機材搬出は装薬準備〜装薬時に並行)
その他		分	15	15	15	機材故障、停電等 ≪掘削と合わせて30分≫
掘削計		分	384	287	214	坑道：8.4時間、上部：4.8時間、下部：3.6時間

ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	坑道	上部	下部	計算式 / 設定根拠等
総ズリ量	ΣQ	m ³	104.3	44.2	36.8	A2×B×1.65
ズリキブル容量	V0	m ³	6.0	6.0	6.0	2台
シャフトマッカー容量	V1	m ³	0.4	0.4	0.4	主立坑シャフトマッカー
トラクタショベル容量	V2	m ³	0.4	0.4	0.4	ズリ集積用トラクタショベル
巻上げ回数	n	回	18	8	7	ΣQ/V0
ズリ出し準備		分	15	15	15	機材搬入
ズリ運搬・集積時間	Tq1	分	261	111	92	切羽から主立坑までのズリ運搬時間。トラクタショベル運搬回数(=ΣQ/V2)に、トラクタショベル1回当り運搬時間を乗じて算出。トラクタショベル走行能力は 117m/min として、1回当り集積時間は 30m×2/(117m/min) + 0.5 = 1.0min/回。
キブル積込時間	Tq2	分	432	192	168	立坑でのシャフトマッカーによるキブルへのズリ積込み時間。 (V0/V1×1.5+1.5)×n で算定。シャベル積込時間は1.5分/回を、空キブルの切羽への移動時間は1.5分/回想定。
キブル揚げ時間	Tq3	分	230	102	90	ズリ積込時間×キブル巻上回数と空キブル仮置き時間の和で算定。キブル巻上機電動機出力1500kWで最大速度300m/min、(11.3+1.5)×n揚ズリ時間(深度1,000mで11.3min/回)、空キブル仮置き時間(1.5min/回)。
浮石落し		分	25	25	10	≪坑道・上部は H12年度 15-2小断面トンネル工に、下部はH13 15-1の発破下半掘削に準拠≫
跡片付け		分	30	30	30	機材搬出 ≪施工断面を勘案して設定≫
測量		分	10	10	10	
その他損失		分	15	15	15	機材故障、停電等 ≪掘削と合わせて30分≫
ズリ出し時間計		分	527	287	248	坑道：8.8時間、上部：4.8時間、下部：4.1時間 ズリ出し時間にはTq2を採用

吹付コンクリートサイクルタイム

項目	記号	単位	坑道	上部	下部	計算式 / 設定根拠等
1㎡当り吹付面積	M	m ²	13.1	14.8	2.6	全断面積吹付周長×B
吹付設計厚さ	N	m	0.05	0.05	0.05	
吹付コンクリート量	Vc	m ³	1.7	1.9	0.9	余吹t=4cm含む(補正係数 2.6)、M×N×補正係数
コンクリートポンプ容量	Kc	m ³	2.5	2.5	2.5	
吹付準備		分	45	45	15	吹付準備15'、足場材搬入15'、足場組立15'
吹付		分	26	29	5	Vc÷4m ³ /h×60分
跡片付け		分	45	45	15	吹付片付け15'、足場解体15'、足場搬出15'
吹付コンクリート計		分	116	119	35	坑道：2.0時間、上部：2.0時間、下部：0.6時間

研究

項目	記号	単位	坑道	上部	下部	計算式 / 設定根拠等
切羽観察		分	120	120	120	(2.0時間)

※平成13年度国土交通省土木工事積算基準 に準拠して設定
(積算基準と異なる点は ≪ ≫にて根拠を示した)

掘削日数：(坑道：1,147)×11ヶ月+(上部：813)×9ヶ月+(下部：617)×8ヶ月=25,487分(424時間)

25,487 / (540分/方×2方/日) = 23.6日 = 24日

24日 + 入口掘削1日 = 25日

4) 換気立坑側 5.0m×5.0m 坑道

① 施工範囲及び断面形状

図 4.3.4-6 にその施工範囲を示す。また、換気立坑側 5.0m×5.0m 坑道の断面は幅 5.0m×高さ 5.0mの幌型断面とする。

② 掘削方法

掘削方法については発破掘削とする。支保は施工時の地山の状況を確認し、必要であれば吹付けコンクリート(t=30mm)を実施することとする。図 4.3.4-7 に施工概要図を示す。

(a) 掘削

削孔は1ブームホイールジャンボにて行う。1発破当りの進行長は 2.0m を基本とする(最後は 1.75m で進行長を合わせる)が、施工にあたっては、切羽状況により進行長・穿孔数をそれぞれ調整し、地山に適した施工を行う。

装薬発破・換気等は、予備ステージの施工に準ずる。

(b) ずり出し

掘削ずりは、主立坑より搬出する。ずりキブルへの積込みは、スcafford搭載のシャフトマッカにて行う。ずりの収集・こそくについてはシャフローダを使用し、主立坑までの運搬はキャリアダンプ(3t 積み: 使用台数 1 台)にて行う。換気後及びずり出し中においては、バックホウ・人力等により十分なこそくを行い、落石による事故が発生しないよう注意する。

(c) 吹付けコンクリート

ずり処理完了後、掘削面の浮石を十分に撤去した後に、必要に応じて吹付コンクリートを施工する。最終サイクルにおいては、鏡面(3.5m×3.5m 水平坑道側部)の吹付けも実施する。

③ サイクルタイム

換気立坑側 5.0m×5.0m 坑道のサイクルタイムを表 4.3.4-4 に示す。掘削の1日当り進行長は2.03mとなり 11.8mの掘削の実稼動日数6日と入口隅部の実稼動日数1日の計7日(暦日9日)で施工可能である。

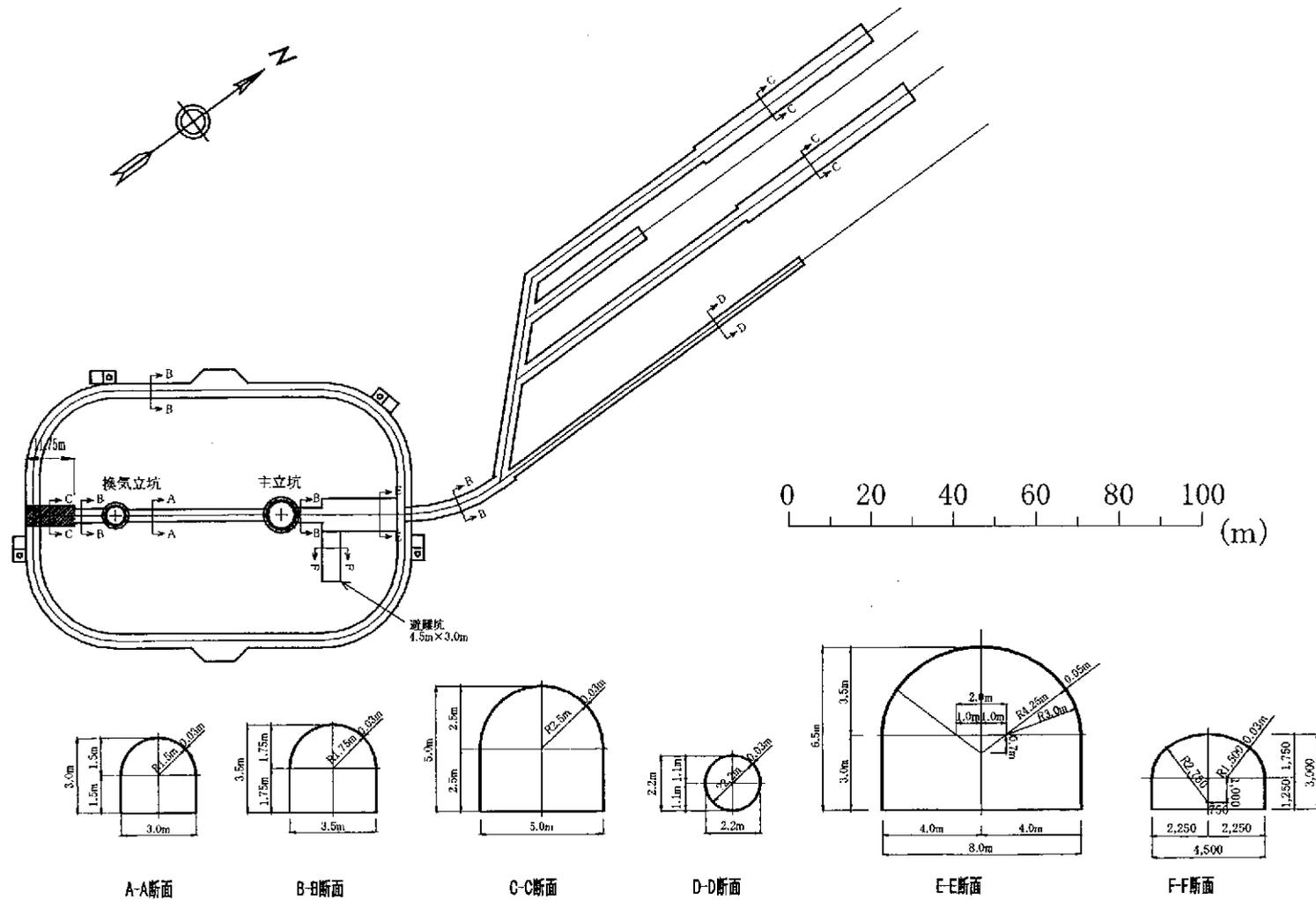
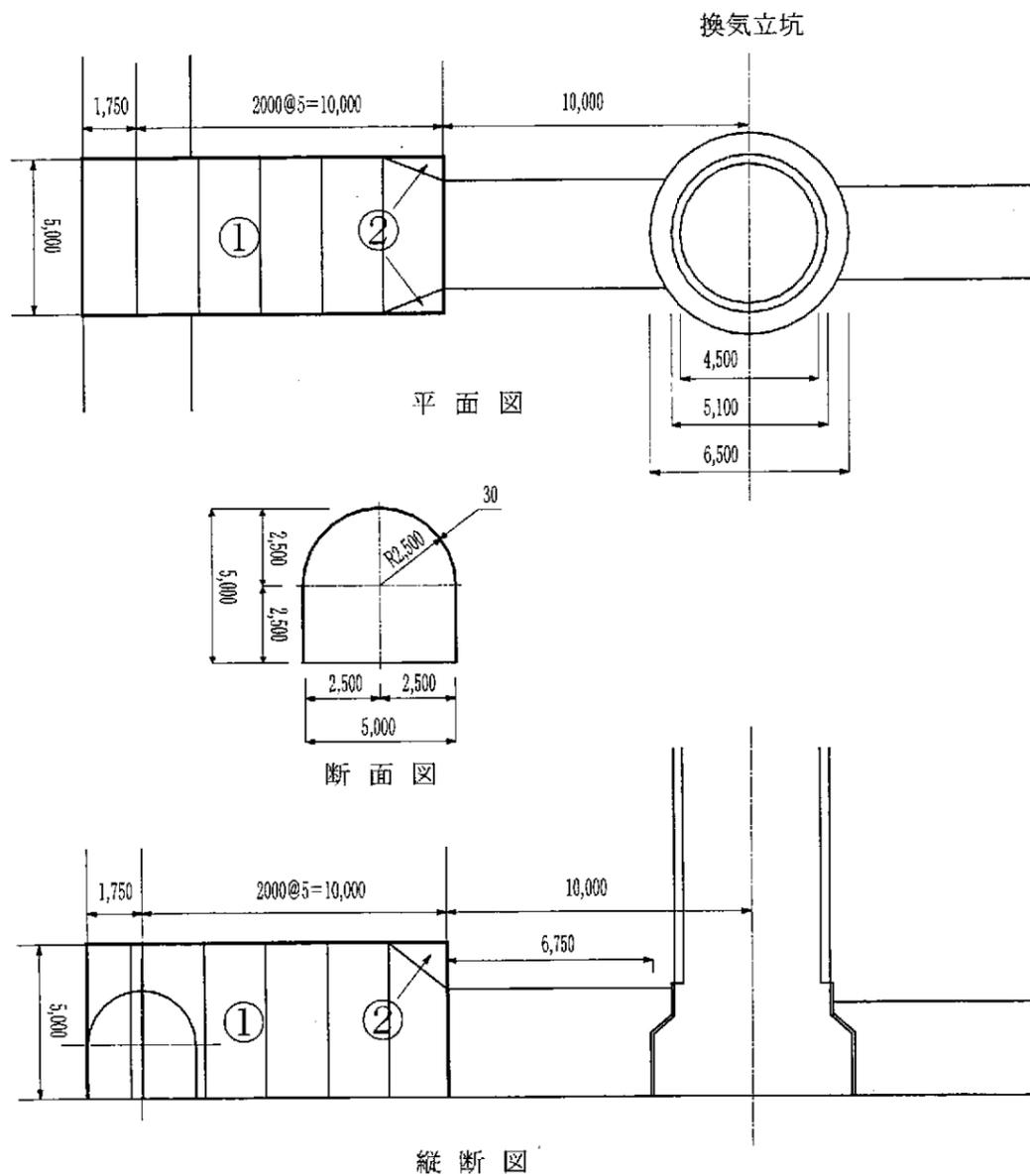
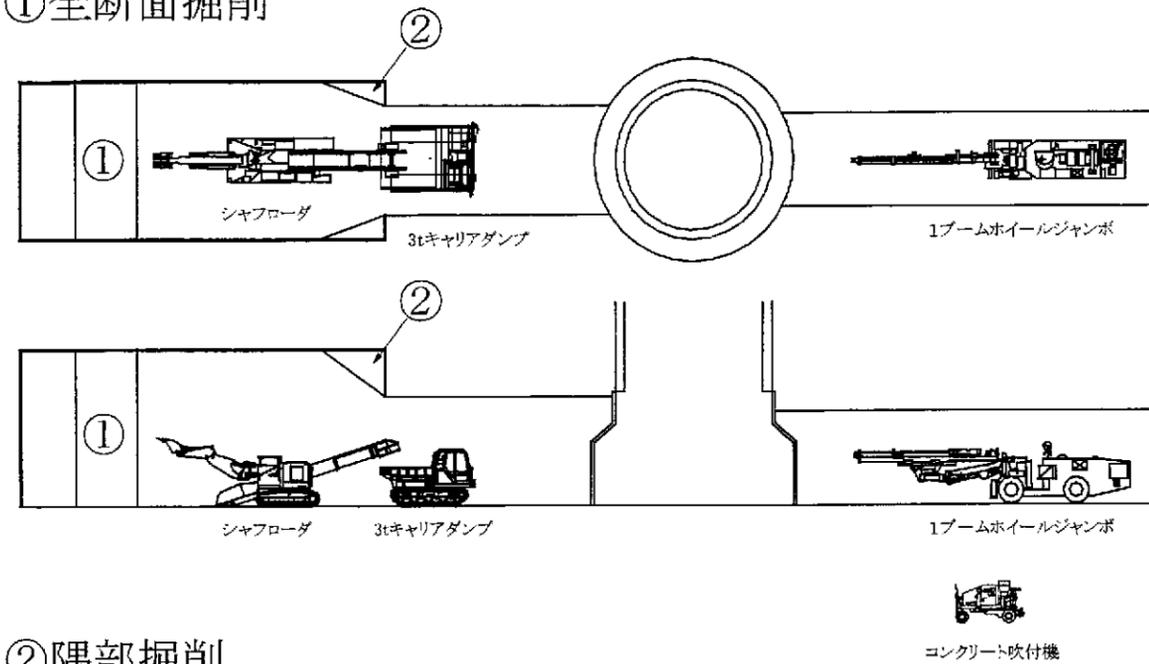


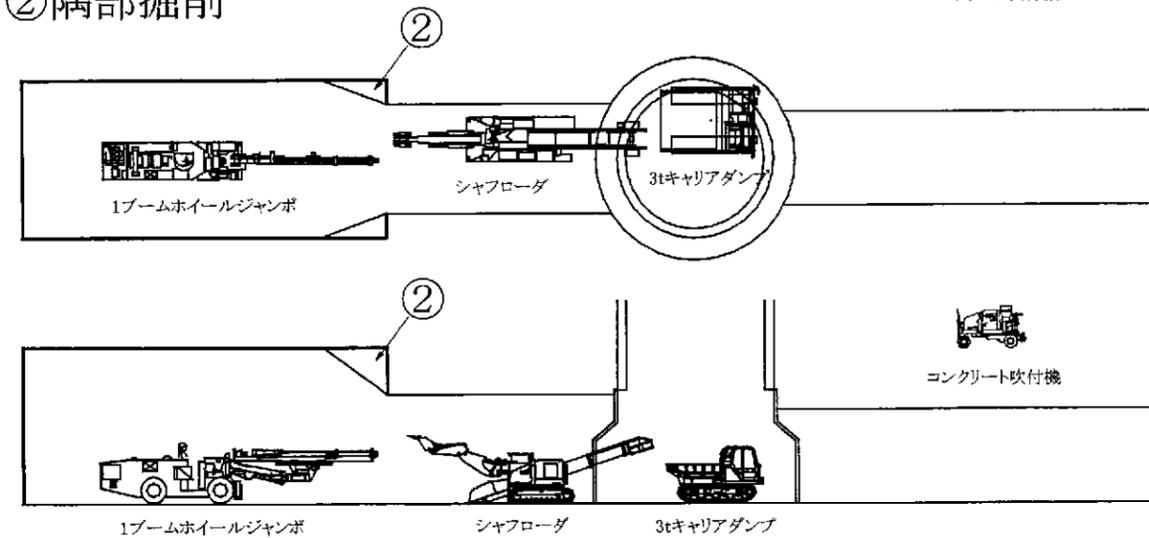
图 4.3.4-6 5.0m x 5.0m 坑道施工範圍



①全断面掘削



②隅部掘削



5.0m×5.0m坑道の掘削は2段階で掘削を行う

- ①3.5m×3.5m坑道より切り広げ、全断面掘削を行う。
- ②残りの隅部を掘削する。

1. 削孔

削孔は1ブームホイールジャックにて行い、1発破進行長は2.0mを基本とする。

2. ずり出し

シャフロダにてずりの収集・こそくを行い、キャリアダンプ(3t)で主立坑までずりの運搬を行う。ずりキブル(6m³)へのずりの積込みはシャフトマッカ(0.4m³)にて行う。

3. 支保工

各段階において、必要な支保(吹付けコンクリート、ロックボルト等)を施工する。

4. 換気

立坑設備を延長して行う。

5. 工期

実稼動:7日(暦日:9日+α)

図 4.3.4-7 換気立坑側 5.0m×5.0m坑道施工概要図

表 4.3.4-4 換気立坑側 5.0m×5.0m 坑道 サイクルタイム

掘削サイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式/設定根拠等
設計掘削断面積	A1	m ²	22.7	断面変化 → 平均断面積を使用 全断で幅9.10m、高さ6.55mの楕型断面
掘削断面積(余堀含む)	A2	m ²	25.4	余掘り20cm ≪H13年度 18-28 小断面トンネル工(NATM)のレール方式Bパターンを採用≫
1発破進行長	B	m	2.0	≪H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠。 最後2回で掘削延長をあわせる≫
㎡当り穿孔時間	C	分/m ²	6.2	≪H12年度 15-2小断面トンネル工では2ブームジャンボで2.1min/㎡より、1ブームジャンボに適合するよう補正≫
削岩準備		分	75	機材搬入(コンクリート15'、鉄骨ジャンボ15')、足場材搬入15'、足場組立15'、作業員入坑15'
穿孔		分	141	A1×C
装薬・爆破・換気等		分	75	≪H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠≫
発破退避		分	45	足場解体15'、足場搬出15'、作業員退避15' (機材搬出は装薬準備→装薬時に並行)
その他		分	15	機材故障、停電等 ≪ずり出しと合わせて30分≫
掘削計		分	851	(5.9時間)
ズリ出しサイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式/設定根拠等
総ズリ量	ΣQ	m ³	89.8	A2×B×1.85
ズリキブル容量	V0	m ³	6.0	2台
シャフトマッカー容量	V1	m ³	0.4	主立坑シャフトマッカー
キャリアダンプ容量	V2	m ³	1.8	3t積み/1.8 = 1.8m ³ 積載
巻上げ回数	n	回	14	ΣQ/V0
ズリ出し準備		分	15	機材搬入
ズリ運搬・集積時間	Tq1	分	378	切羽から主立坑までのズリ運搬時間。シャフローダズリ積込時間とキャリアダンプ入れ替え時間の和で算定される。シャフローダズリ積込時間は作業効率を0.6として、ΣQ/(0.62×0.5)となる。キャリアダンプ入れ替え時間は、待避位置から切羽までの距離を40m、キャリアダンプ走行速度を117m/minと想定すると、40m×2/(117m/min)+0.5=1.2min/回に、キャリアダンプの入れ替え回数V0/V2(ΣQ/1.8m ³)との積で算定される。
キブル積込時間	Tq2	分	386	立坑でのシャフトマッカーによるキブルへのズリ積込み時間。 (V0/V1×1.5+1.5)×n で算定。シャフトマッカー積込時間は1.5分/回を、空キブルの切羽への移動時間は1.5分/回を想定。
キブル揚り時間	Tq3	分	179	ズリ積込時間×キブル巻上げ回数と空キブル仮置き時間の和で算定。キブル巻上げ機電動機出力1600kWで最大速度300m/min、(11.3+1.5)×n揚り時間(深度1,000mで11.3min/回)、空キブル仮置き時間(1.5min/回)。
浮石溜し		分	25	≪H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠。 最終発破では切羽面のこそくも実施する≫
跡片付け		分	30	機材搬出 ≪施工断面を勘案して設定≫
測量		分	10	
その他損失		分	15	機材故障、停電等 ≪掘削と合わせて30分≫
ズリ出し時間計		分	478	(7.9時間) ズリ出し時間にはTq1を採用
吹付コンクリートサイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式/設定根拠等
1㎡当り吹付面積	M	m ²	25.7	全断面積吹付周長×B (0.9mの方は切羽面への吹付面積も含む)
吹付設計厚さ	N	m	0.08	
吹付コンクリート量	Vc	m ³	2.0	余吹り4cm含む(補正係数 2.6)、M×N×補正係数
コンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
吹付準備		分	45	吹付準備15'、足場材搬入15'、足場組立15'
吹付		分	30	Vc÷4m ³ /h×60分
跡片付け		分	45	吹付片付け15'、足場解体15'、足場搬出15'
吹付コンクリート計		分	120	(2.0時間)
研究				
項目	記号	単位	数値	計算式/設定根拠等
切羽観察		分	120	(2.0時間)

※平成13年度国土交通省土木工事核算基準 に準拠して設定
(積算基準と異なる点は「」にて根拠を示した)

1日当たり進行長(吹付なし) : 2.0m/日/2 / (844分/日/2 / (540分/方×2方)) = 2.29m/日
1日当たり進行長(吹付あり) : 2.0m/日/2 / (1,064分/日/2 / (540分/方×2方)) = 2.09m/日

5) 水平坑道 3.5m×3.5m

① 施工範囲及び断面形状

図 4.3.4-8 にその施工範囲を示す。また、水平坑道 3.5m×3.5m の断面は幅 3.5m×高さ 3.5mの幌型断面とする。

② 掘削方法

掘削方法については発破掘削とする。支保は施工時の地山の状況を確認し、必要であれば吹付けコンクリート(t=30mm)を実施することとする。図 4.3.4-9 に水平坑道 3.5m×3.5m 施工概要図を示す。

(a) 掘削

削孔は1ブームホイールジャンボにて行う。1発破当りの進行長は 2.0mを基本とするが、施工にあたっては、切羽状況により進行長・穿孔数をそれぞれ調整し、地山に適した施工を行う。

装薬発破・換気等は、予備ステージの施工に準ずる。

(b) ずり出し

掘削ずりは、主立坑より搬出する。ずりキブルへの積込みは、スcafford搭載のシャフトマッカにて行う。ずりの収集・こそくについてはシャフロダを使用し、主立坑までの運搬はキャリアダンプ (3t 積み) にて行う。キャリアダンプは2台使用し、離合可能な坑道からシャフロダまで安定して供給されるようにする。

尚、シャフロダによるキャリアダンプへの1台当りのずり積込み時間は(キャリアダンプ容量/積込み能力) = $1.8\text{m}^3 / 0.26\text{m}^3/\text{min} = 6.9\text{min}$ 。ダンプ走行能力を $7\text{km/hr} = 117\text{m}/\text{min}$ とすると、別の1台のキャリアダンプに積込んでいる間に、 $117\text{m}/\text{min} \times 6.9\text{min} = 807\text{m}$ の走行が可能である。水平坑道のずり運搬の最長距離は、往復で約 180mであるので、キャリアダンプは最多2台で運搬可能である。

また、ずりの運搬方法として、コンベヤによる方法も考えられるが、通路確保の観点や水平坑道の曲率は $R=20\text{m}$ と小さいことから、ベルトコンベヤによる運搬は困難である。また、スネークコンベヤは、粒形の不均一な発破ずりの運搬には、適当ではない。したがって、切羽からのずり搬出には、図 4.3.4-9 の施工概要図に示すように、キャリアダンプを使用するものとする。

主立坑ずりキブルへの積込み方法として、8.0m×6.5m 坑道からキブルの部分だけ、ベルトコンベヤを使用するという方法も考えられる。キャリアダンプの狭所の運行がなくなり、立坑内でのシャフトマッカ積込みとキャリアダンプずり搬出作業場所が競合することもなくなり、安全性が向上すると考えられるが、発破ずりをコンベヤ搬送するためのずり選別・小割等が必要となり、今後詳細に検討する必要があると考えられる。

換気後及びずり出し中においては、バックホウ・人力等により十分なこそくを行い、落石による事故が発生しないよう注意する。

(c) 吹付けコンクリート

ずり処理完了後、掘削面の浮石を十分に撤去した後に、必要に応じて吹付コンクリートを施工する。

③ サイクルタイム

水平坑道 3.5m×3.5m のサイクルタイムを表 4.3.4-5 に示す。

掘削の1日当り進行長は2.70mであり、89.8mの掘削は実稼動日数 34 日（暦日 44 日）で施工可能である。

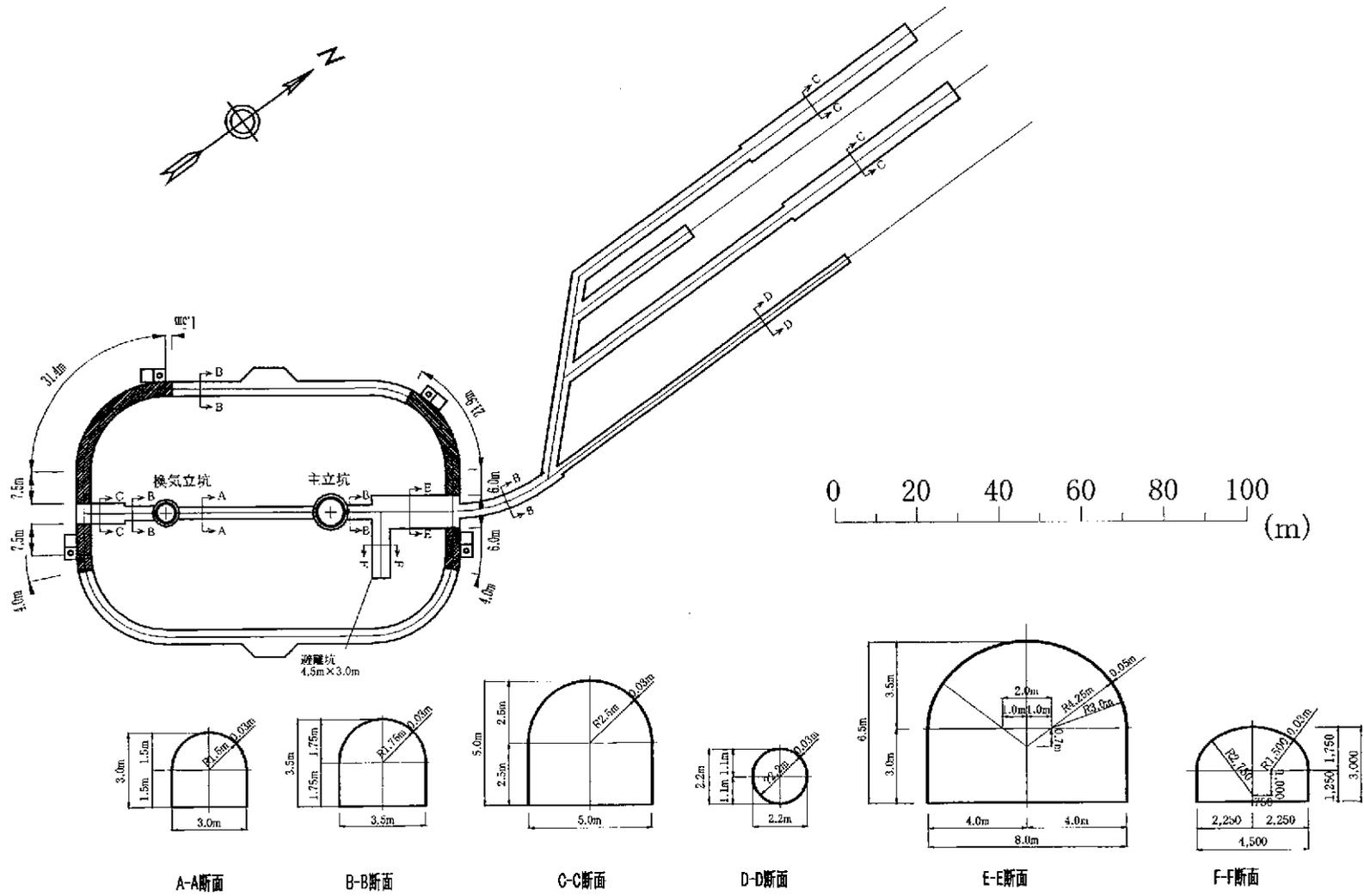
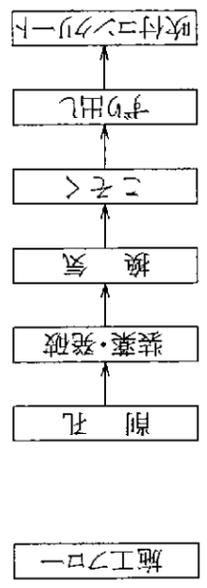
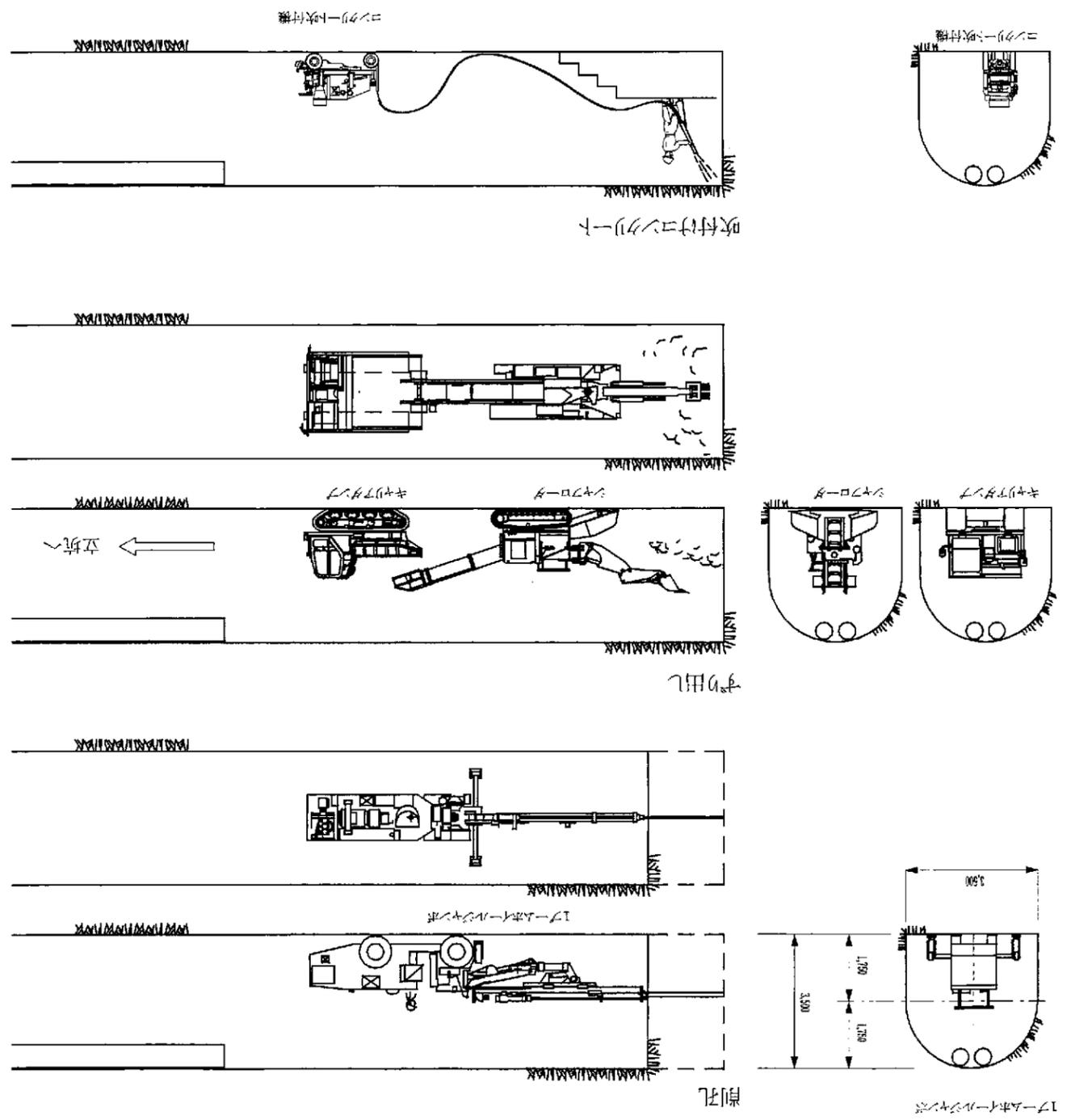


图 4.3.4-8 3.5m×3.5m坑道施工範圍 (一次掘削)

図 4.3.4-9 水平坑道 3.5m×3.5m 施工概要図



施工フロー

表 4.3.4-5 水平坑道 3.5m×3.5m サイクルタイム

掘削サイクルタイム

項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
設計掘削断面積	A1	m ²	11.2	幅3.56m、高さ3.53mの楕型断面
掘削断面積(余堀含む)	A2	m ²	13.1	余掘り20cm ≪H12年度 15-28 小断面トンネル工(NATM)のレール方式Bパターンを採用≫
1発破進行長	B	m	2.0	≪H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠≫
m ² 当り穿孔時間	C	分/m ²	8.2	≪H12年度 15-2小断面トンネル工では2ブームジャンボで3.1min/m ² より、1ブームジャンボに適合するよう補正≫
削岩準備		分	75	掘削機搬入(コフレック15'、ホイールヤシ15')、足場材搬入15'、足場組立15'、作業員入坑15'
穿孔		分	68	A1×C
装薬・爆破・換気等		分	75	≪H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠≫
発破退避		分	45	足場解体15'、足場搬出15'、作業員退避15' (掘削機搬出は装薬準備・装薬時に並行)
その他		分	15	掘削機故障、停電等 ≪すり出しと合わせて30分≫
掘削計		分	273	(4.7時間)

ズリ出しサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
総ズリ量	ΣQ	m ³	43.2	A2×B×1.65
ズリキブル容量	V0	m ³	6.0	2台
シャフトマッকার容量	V1	m ³	0.4	主立坑シャフトマッカー
キャリアダンプ容量	V2	m ³	1.8	3t積み/1.6 = 1.8m ³ 積載
巻上げ回数	n	回	8	ΣQ/V0
ズリ出し準備		分	15	掘削機搬入
ズリ運搬・集積時間	Tq1	分	195	切羽から主立坑までのズリ運搬時間。シャフローダズリ積込時間とキャリアダンプ入れ替え時間の和で算定される。シャフローダズリ積込時間は作業効率を0.5として、ΣQ/(0.52×0.5)となる。キャリアダンプ入れ替え時間は、待避位置から切羽までの距離を40m、キャリアダンプ走行速度を117m/minと想定すると、40m×2/(117m/min)+0.5=1.2min/回に、キャリアダンプの入れ替え回数V0/V2(ΣQ/1.8m ³)との積で算定される。
キブル積込時間	Tq2	分	192	立坑でのシャフトマッカーによるキブルへのズリ積込み時間。 (V0/V1×1.5+1.5)×n で算定。シャフトマッカー積込時間は1.5分/回を、空キブルの切羽への移動時間は1.5分/回想定。
キブル揚げ時間	Tq3	分	102	ズリ積込時間×キブル巻上回数と空キブル仮置き時間の和で算定。キブル巻上機電動機出力1500kWで最大速度300m/min、 (11.3+1.5)×n揚スリ時間(深度1,000mで11.3min/回)、空キブル仮置き時間(1.5min/回)。
浮石落し		分	25	≪H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠≫
破片付け		分	90	掘削機搬出 ≪施工断面を勘案して設定≫
測量		分	10	
その他損失		分	15	掘削機故障、停電等 ≪掘削と合わせて30分≫
ズリ出し時間計		分	290	(4.8時間) ズリ出し時間にはTq1を採用

吹付コンクリートサイクルタイム

項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
1m ² 当り吹付面積	M	m ²	18.0	全断面面積吹付周長×B (0.9mの方は切羽面への吹付面積も含む)
吹付設計厚さ	N	m	0.03	
吹付コンクリート量	Vc	m ³	1.4	余吹t=4cm含む(補正係数 2.6)、M×N×補正係数
コンクリートポンプ容量	Kc	m ³	1.5	
吹付準備		分	45	吹付準備15'、足場材搬入15'、足場組立15'
吹付		分	21	Vc÷4m ³ /h×60分
破片付け		分	45	吹付片付け15'、足場解体15'、足場搬出15'
吹付コンクリート計		分	111	(1.9時間)

研究

項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
切羽観察		分	120	(2.0時間)

※平成13年度国土交通省土木工事積算基準 に準拠して設定
(積算基準と異なる点は ≪ ≫ にて根拠を示した)

1日当たり進行長(吹付なし) : 2.0m/日/2 / (689分/日/2 / (540分/方×2方)) = 3.19m/日
1日当たり進行長(吹付あり) : 2.0m/日/2 / (800分/日/2 / (540分/方×2方)) = 2.70m/日

6) 避難坑

① 施工範囲及び断面形状

図 4.3.4-10 にその施工範囲を示す。断面及び延長を以下に示す。

断面：B・4.5m×H・3.0m（幌型断面）

延長：L・12.0m

② 掘削方法

掘削方法については発破掘削とする。支保は施工時の地山の状況を確認し、必要であれば吹付けコンクリート(t=30mm)を実施することとする。

避難坑の、施工法は3.5m×3.5m 水平坑道と基本的に同様である。図 4.3.4-11 に施工概要図を示す。ずり運搬のキャリアダンプは、切羽から主立坑までの運搬距離が短いことから、使用台数は1台とする。

③ サイクルタイム

サイクルタイムについては、表 4.3.4-6 に示す。

避難坑掘削の1日当り進行長は2.64mとなり12.0mの掘削は実稼動日数5日(暦日7日)で施工可能である。

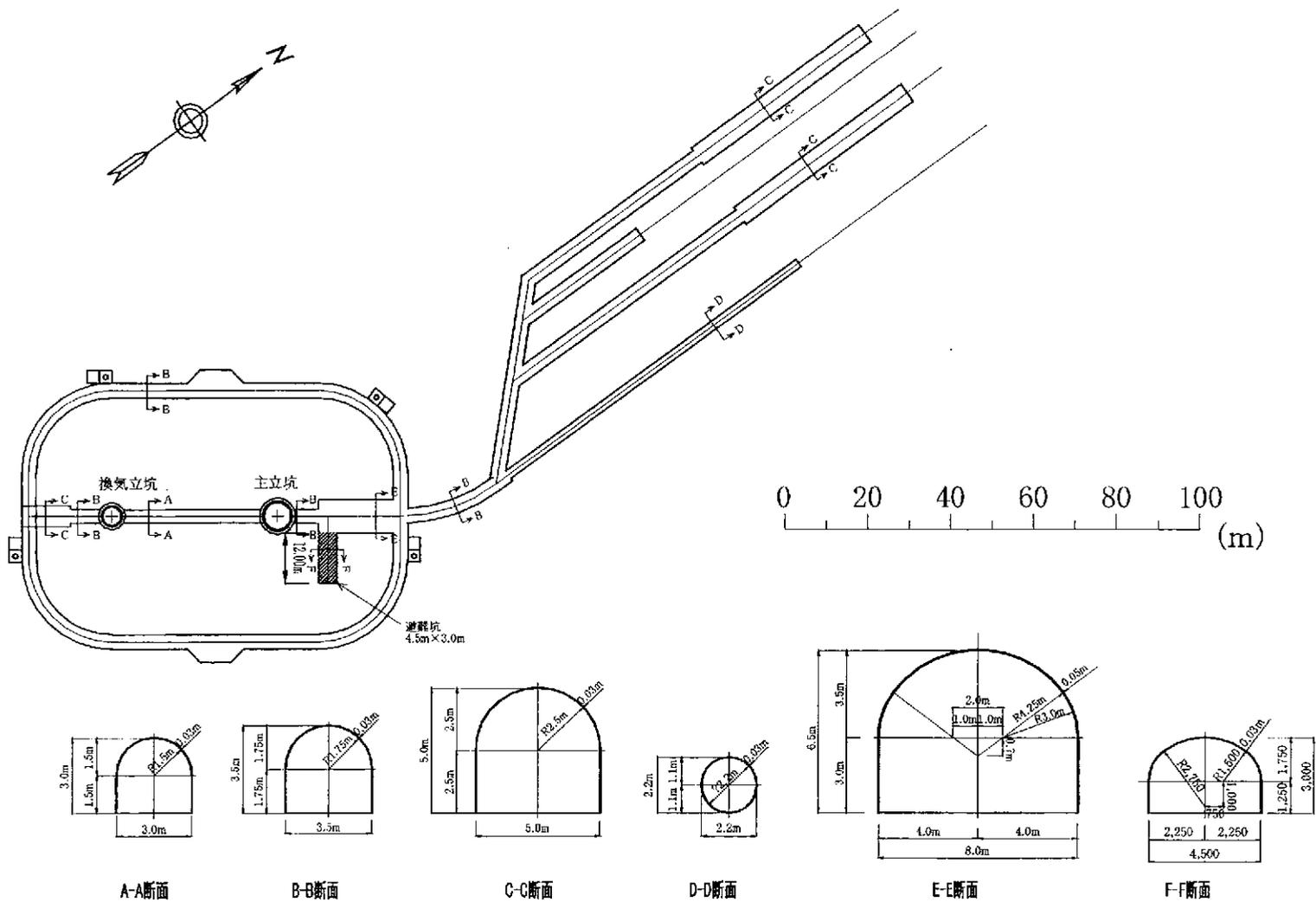
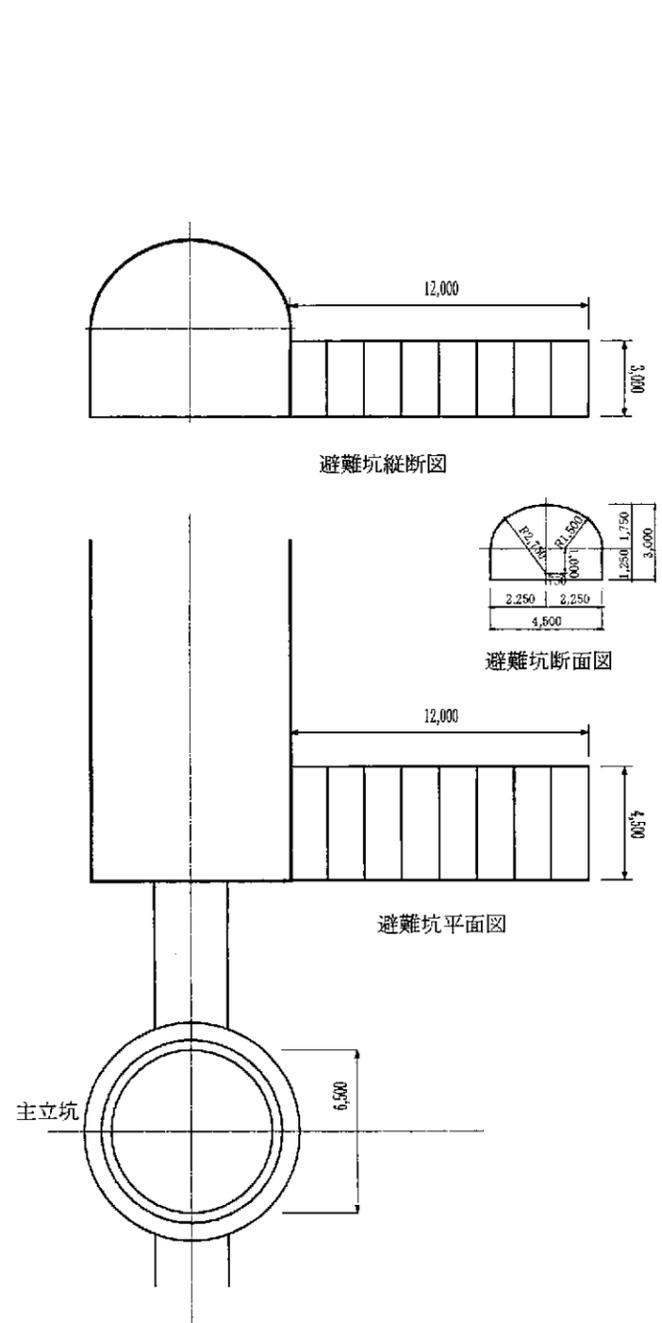
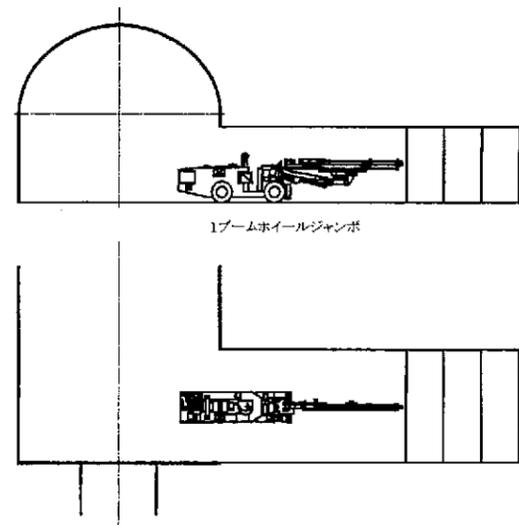


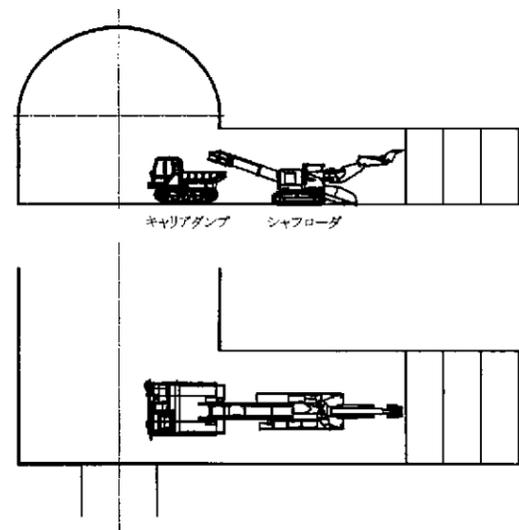
図 4.3.4-10 中間・最深ステージ避難坑施工範囲



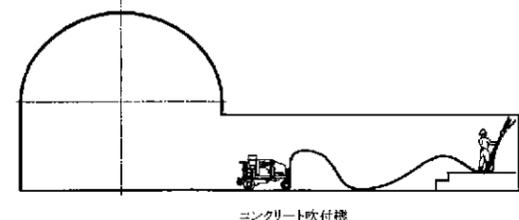
(削 孔)



(ずり出し)



(吹付コンクリート)



1. 削 孔
削孔は1ブームホイールジャボにて行い、1発破進行長は2.0mを基本とする。
2. ずり出し
シャフローダにてこそく・ずりの収集を行い、キャリアダンプ(3.0t)で主立坑までずりの運搬を行う。ずりキブル(6.0m³)へのずりの積み込みはシャフトマッカ(0.4m³)にて行う。
4. 換 気
立坑設備を延長して行う。
5. 工 期
実稼動:12.0m/2.64m/日=5日(暦日:7日+α日)

図 4.3.4-11 4.5m×3.0m避難坑施工概要図

表 4.3.4-6 4.5m×3.0m 避難坑 サイクルタイム

掘削サイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
設計掘削断面積	A1	m ²	12.1	幅4.56m、高さ3.09mの模型断面
掘削断面積(余掘含む)	A2	m ²	19.9	余掘り20cm 《H18年度 18-28 小断面トンネル工 (NATM)のレール方式Bパターンを採用》
1発破進行長	B	m	2.0	《H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠》
m ² 当り穿孔時間	C	分/m ²	6.2	《H12年度 15-2小断面トンネル工では2ブームジャンボで3.1min/m ² より、1ブームジャンボに適合するよう補正》
削岩準備		分	75	機材搬入(コンクリートレガ-15', 鉄骨ジャンボ15'), 足場材搬入15', 足場組立15', 作業員入坑15'
穿孔		分	75	A1×C
装薬・爆破・換気等		分	75	《H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠》
発破退避		分	45	足場解体15', 足場撤出15', 作業員退避15' (機材搬出は装薬準備~装薬時に並行)
その他		分	15	機材故障, 停電等 《ずり出しと合わせて30分》
掘削計		分	285	(4.8時間)
ズリ出しサイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
総ズリ量	ΣQ	m ³	45.8	A2×B×1.85
ズリキブル容量	V0	m ³	6.0	2台
シャフトマッカー容量	V1	m ³	0.4	主立坑シャフトマッカー
キャリアダンプ容量	V2	m ³	1.8	3t積み/1.8 = 1.8m ³ 積載
巻上げ回数	n	回	8	ΣQ/V0
ズリ出し準備		分	15	機材搬入
ズリ運搬・集積時間	Tq1	分	207	切羽から主立坑までのズリ運搬時間。シャフロードズリ積込時間とキャリアダンプ入れ替え時間の和で算定される。シャフロードズリ積込時間は作業効率を0.5として、ΣQ/(0.52×0.5)となる。キャリアダンプ入れ替え時間は、主立坑から切羽までの距離を40m、キャリアダンプ走行速度を117m/minと想定すると、40m×2/(117m/min)+0.5=1.2min/回に、キャリアダンプの入れ替え回数V0/V2(ΣQ/1.8m ³)との積で算定される。
キブル積込時間	Tq2	分	192	立坑でのシャフトマッカーによるキブルへのズリ積込み時間。 (V0/V1×1.5+1.5)×n で算定。V1/V2積込時間は1.5分/回を、空キブルの切羽への移動時間は1.5分/回想定。
キブル揚げ時間	Tq3	分	102	ズリ積込時間×キブル巻上げ回数と空キブル仮置き時間の和で算定。キブル巻上げ機電動機出力1500kWで最大速度800m/min、(11.3+1.5)×n揚ズリ時間(深さ1,000mで11.3min/回)、空キブル仮置き時間(1.5min/回)。
浮石落し		分	25	《H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠》
跡片付け		分	30	機材搬出 《施工断面を勘案して設定》
測量		分	10	
その他損失		分	15	機材故障, 停電等 《掘削と合わせて30分》
ズリ出し時間計		分	302	(5.0時間) ズリ出し時間にはTq1を採用
吹付コンクリートサイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
1台当り吹付面積	M	m ²	17.6	全断面積吹付周長×B (0.9mの方は切羽面への吹付面積も含む)
吹付設計厚さ	N	m	0.03	
吹付コンクリート量	Vc	m ³	1.4	余吹4cm含む(補正係数 2.6)、M×N×補正係数
コンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
吹付準備		分	45	吹付準備15', 足場材搬入15', 足場組立15'
吹付		分	21	Vc÷4m ³ /h×60分
跡片付け		分	45	吹付片付け15', 足場解体15', 足場撤出15'
吹付コンクリート計		分	111	(1.8時間)
研究				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
切羽観察		分	120	(2.0時間)

※平成18年度国土交通省土木工事概算基準 に準拠して設定
(概算基準と異なる点は《 》にて根拠を示した)

1日当たり進行長(吹付なし) : 2.0m/91分 / (707分/91分 / (540分/方×2方)) = 3.06m/日
 1日当たり進行長(吹付あり) : 2.0m/91分 / (818分/91分 / (540分/方×2方)) = 2.64m/日

(2) 二次掘削

1) 水平坑道 3.5m×3.5m

① 施工範囲及び断面形状

図 4.3.4-12 にその施工範囲を示す。また、水平坑道 3.5m×3.5m の断面は幅 3.5m×高さ 3.5mの幌型断面とする。

② 掘削方法

1次掘削の水平坑道 3.5m×3.5m を参照。待避所の施工後は、機械の退避・離合に使用する。ずり運搬の最長距離は、往復で約 350mであるので、水平坑道 3.5m×3.5m の項での検討結果により、キャリアダンプは2台使用する。

③ サイクルタイム

2次掘削における水平坑道 3.5m×3.5m のサイクルタイムについては、1次掘削の水平坑道 3.5m×3.5m のサイクルタイム表 4.3.4-5 を参照。(ずり出しのサイクルは、入れ替えキャリアダンプの退避箇所から切羽までの走行距離によって決まる。待避所施工の前後で走行距離は大きく変わるが、平均すると1次掘削の走行距離と同じ 40m程度となる。したがって、1次掘削のサイクルをそのまま適用する。)

掘削の1日当り進行長は 2.70mとなり、162.8mの掘削は実稼動日数 61日(暦日 79日)で施工可能である。

2) 試験坑道 3.5m×3.5m、5.0m×5.0m

① 施工範囲及び断面形状

図 4.3.4-13 にその施工範囲を示す。

試験坑道 3.5m×3.5m の断面は幅 3.5m×高さ 3.5m の幌型断面とする。

試験坑道 5.0m×5.0m の断面は幅 5.0m×高さ 5.0m の幌型断面とする。

② 掘削方法

試験坑道 3.5m×3.5m については、1次掘削の水平坑道 3.5m×3.5m 坑道を参照。

試験坑道 5.0m×5.0m については、1次掘削の換気立坑側 5.0m×5.0m 坑道を参照。ずり運搬の最長距離は、往復で約 380mであるので、水平坑道 3.5m×3.5m の項での検討結果により、キャリアダンプは2台使用する。

③ サイクルタイム

試験坑道 3.5m×3.5m については、1次掘削の水平坑道 3.5m×3.5m のサイクルタイム表 4.3.4-5 を参照。(入れ替えキャリアダンプの走行距離は、坑道の施工状況によって大きく変わるが、平均すると1次掘削の走行距離と同じ 40m程度といえる。したがって、1次掘削のサイクルをそのまま適用する。)

掘削の1日当り進行長は 2.70mとなり 228.2mの掘削は実稼動日数 85 日(暦日 111 日)で施工可能である。

試験坑道 5.0m×5.0m については、1次掘削の換気立坑側 5.0m×5.0m 坑道のサイクルタイム表 4.3.4-4 を参照。(入れ替えキャリアダンプの走行距離は、切羽が進行し 5.0m×5.0m 坑道で離合が可能となる前後で大きく変わるが、平均すると1次掘削の走行距離と同じ 40m程度といえる。したがって、1次掘削のサイクルをそのまま適用する。)

掘削の1日当り進行長は 2.03mとなり 100.0mの掘削は実稼動日数 50 日、入口隅部の掘削で実稼動日数 2 日の計 52 日(暦日 68 日)で施工可能である。

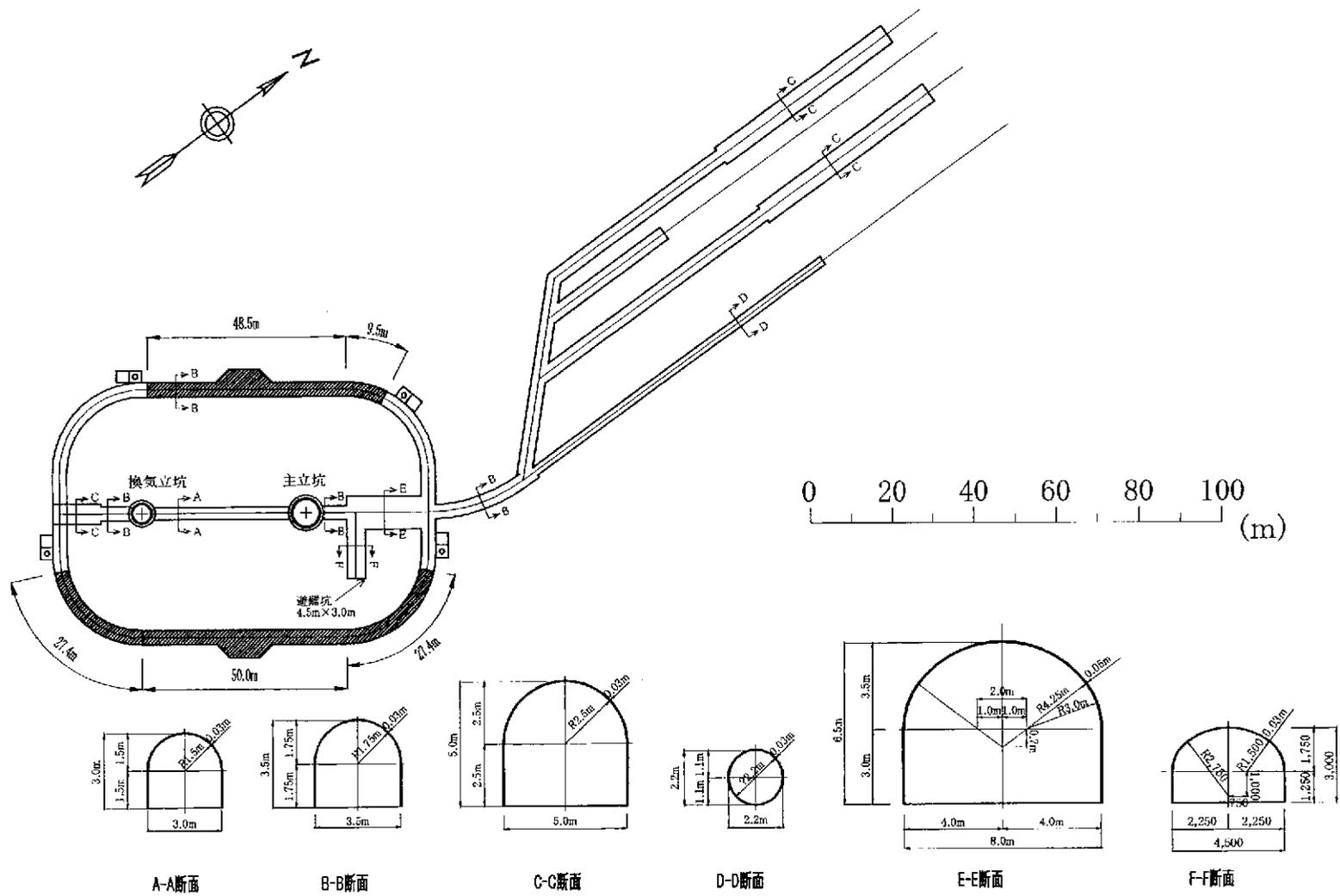


图 4.3.4-12 3.5m×3.5m坑道施工范围 (二次掘削)

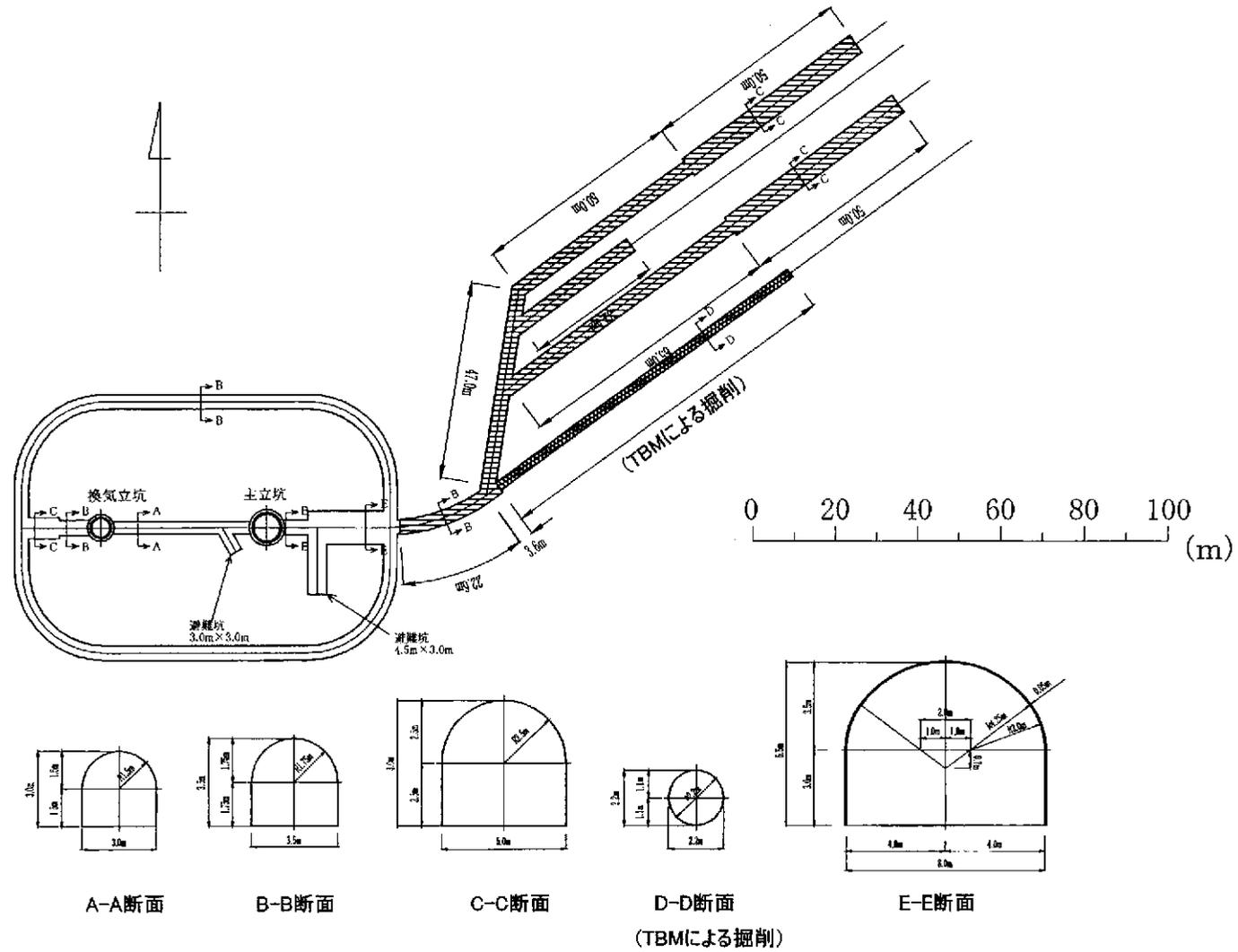


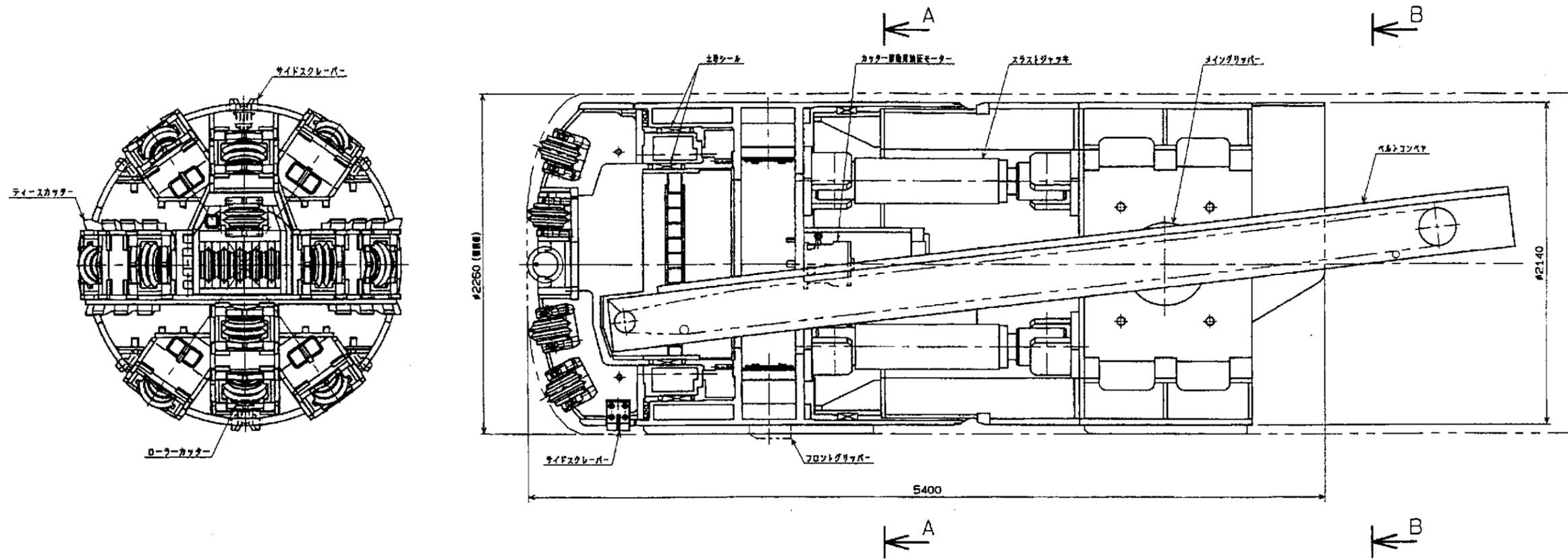
図 4.3.4-13 試験坑道施工範囲

3) 試験坑道 ϕ 2.2mTBM

中間及び最深ステージにおける試験坑道のうち図 4.3.4-13 に示す領域は ϕ 2.2m の TBMにて掘削する。以下、施工方法を検討する。

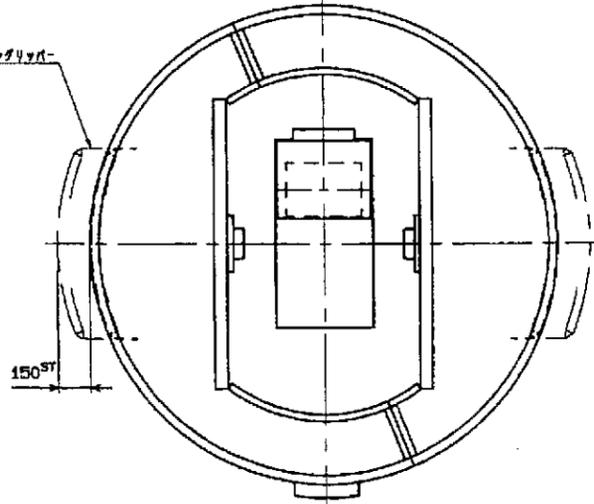
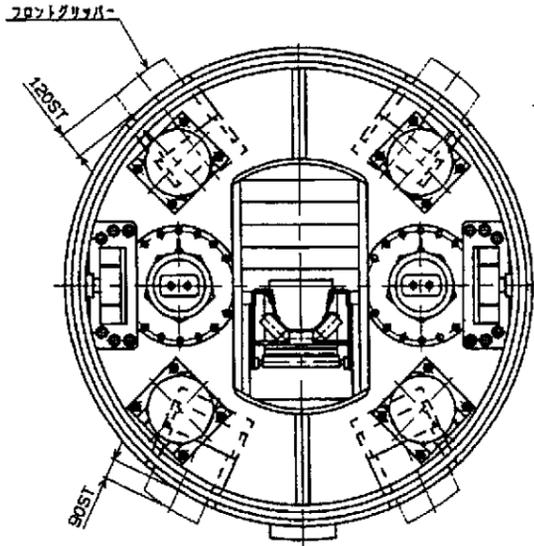
TBMは、オープン型(ビーム型)及びシールド型に分けられるが、平成 12 年度の設計研究で検討したとおり、シールド型のマシンを採用する。対象となるマシンの設計図を図 4.3.4-14 に示す。また、排土方法に関して、ベルトコンベヤとスクリュウコンベヤのうち、試験坑道の掘削には特殊な条件が無いことにより、平成 12 年度の設計研究で検討したとおり、ベルトコンベヤを用いる。

施工方法は、TBM搬入から搬出までの施工ステップをフローチャートに示し、各ステップにおける施工方法を簡単な説明文を付けた概要図で示した。尚、2次掘削であるので、各ステージでのずり出しや仮設備は、水平坑道や NATM の試験坑道の設備を継続使用する。



断面 A-A

断面 B-B



シールド本体要目	
機 体 外 径	φ2080 mm
全 長	5400 mm
スラストジャッキ	800kNx550stx30MPax4本
フロントドリッパ-ジャッキ(上)	400kNx120stx30MPax2本
フロントドリッパ-ジャッキ(下)	400kNx 90stx30MPax2本
メインドリッパ-ジャッキ	2150kNx150stx30MPax2本
前盾スライド量	MAX 500 mm

カッターダイスク要目	
型 式	全断面掘削式回転方式
径 寸 法	φ2260 mm
回 転 速 度	0~9.0 min ⁻¹
駆 動 トルク	定額140kN-m 最高200kN-m
カッター	ディスクローラカッター、掘削チップカッター
油圧モーター形式	ME750x2台(油圧機材)

パワユニット要目		
ジャッキ用	カッター駆動用	
油圧ポンプ型式	LVP017-110R	K3VG112-110R
最高圧力	30MPa	14MPa
吐出量	0~12 L/min	0~130 L/min
電 源 数	7.5KWx4Px1台	45KWx4Px4台

ベルトコンベヤ要目	
幅 員	450mm
ベ ル ト 幅	300mm
電 源 数	3.7KW
運 送 量	40M ³ /hr

図 4.3.4-14 シールド型トンネル掘削機 全体機構図

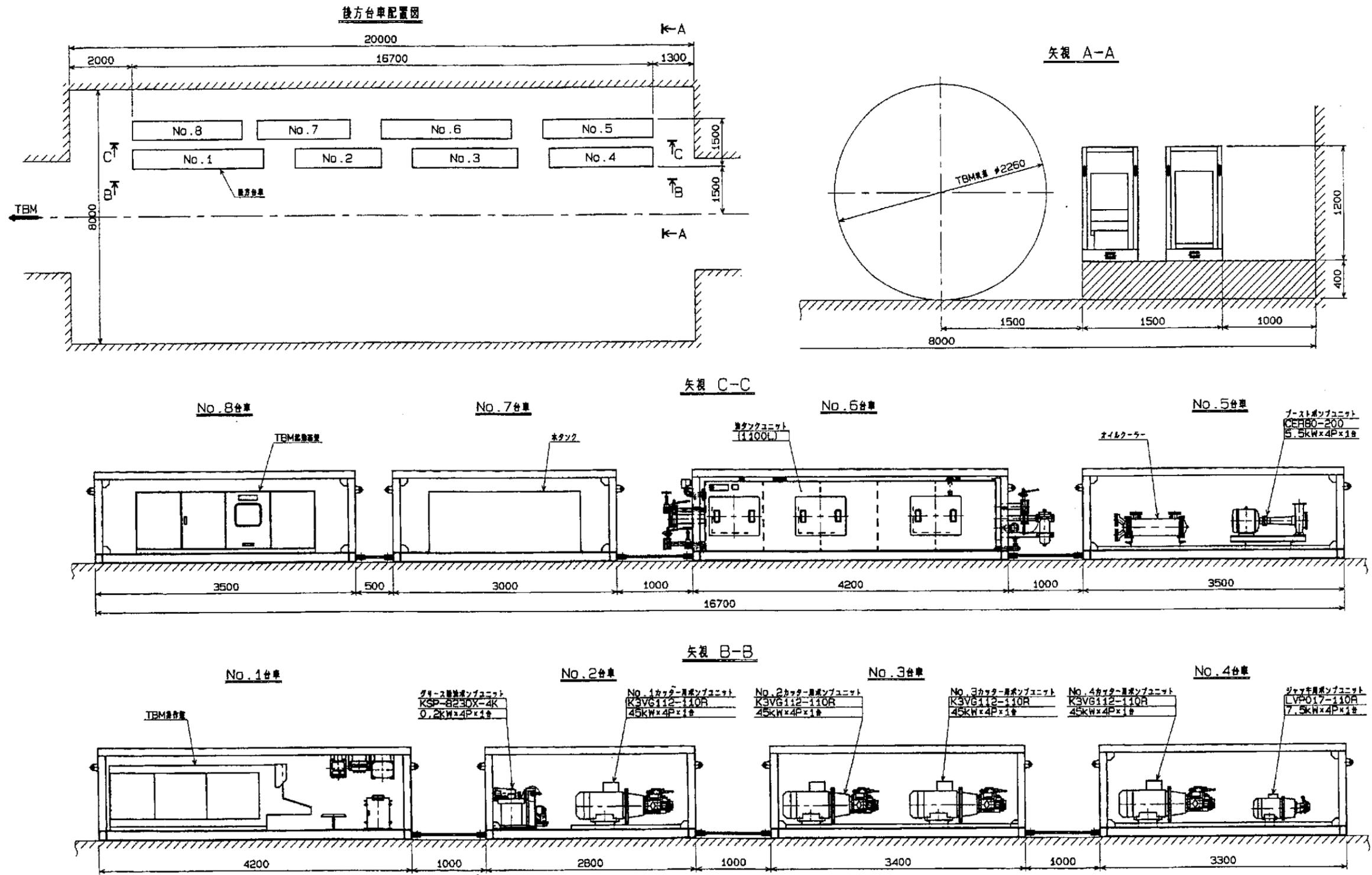
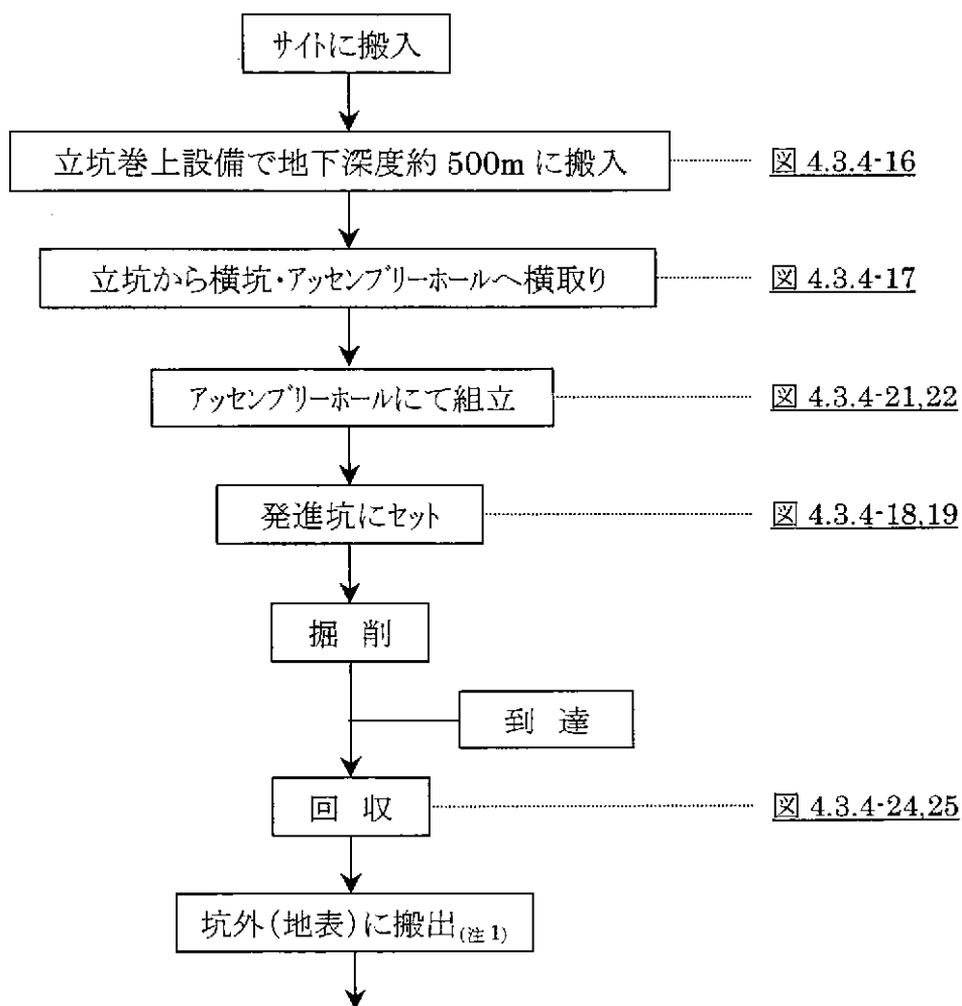


図 4.3.4-15 トンネル掘削機 後方台車組立図

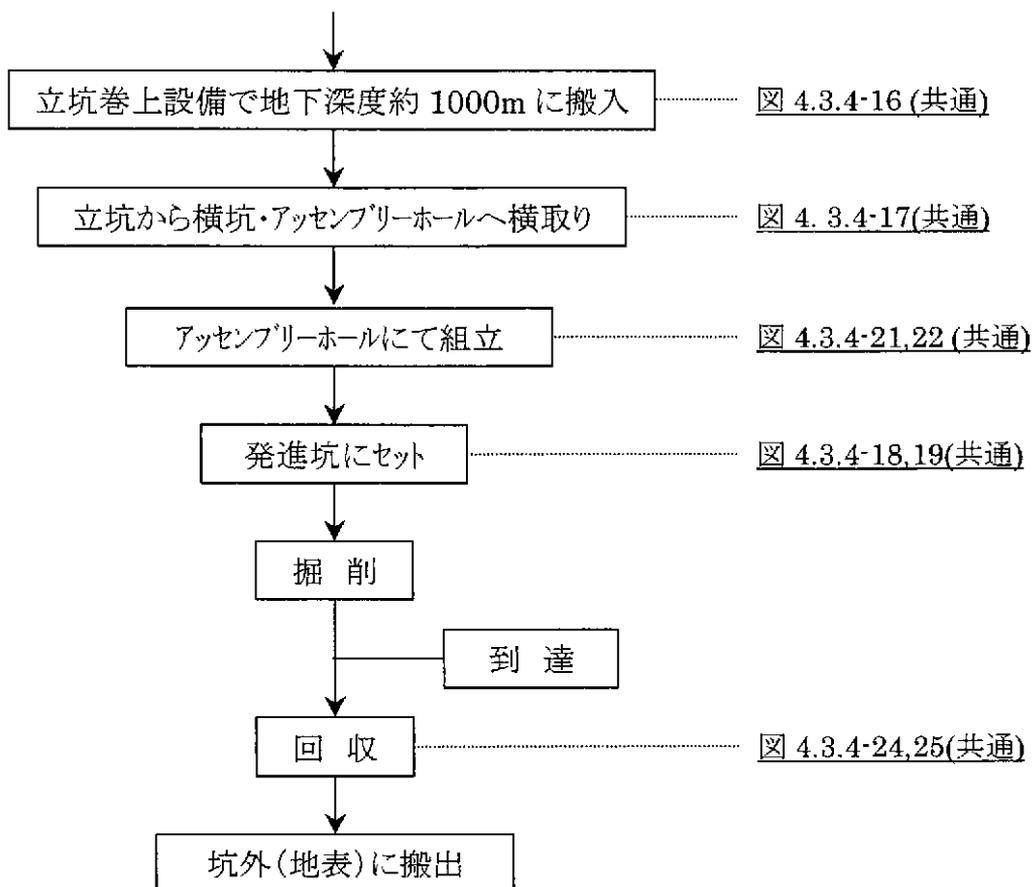
研究坑道 φ 2.2mTBM(中間ステージ及び最深ステージの試験坑道掘削)

施工ステップ



(注1)「坑外(地表)に搬出」とした理由は、坑内仮置きとした場合、

- ① 仮置きスペース
- ② 坑内湿度によるマシン電気系統への影響より通電と定期点検運転が必要となることより、坑外搬出とした。



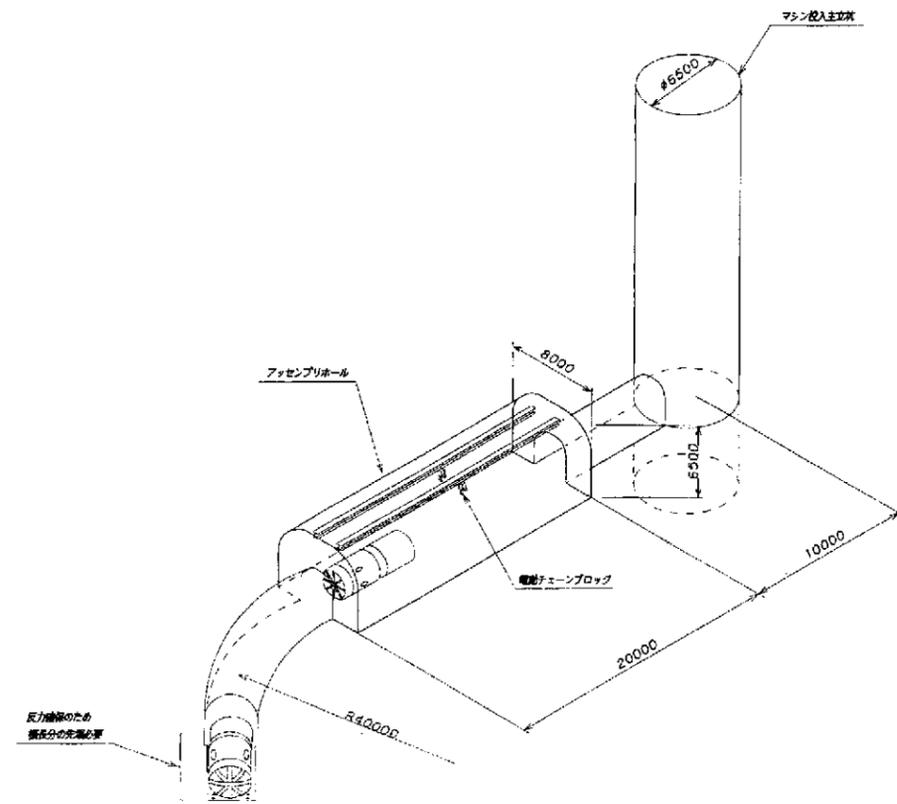


図 4.3.4-16 TBM投入坑道概略図

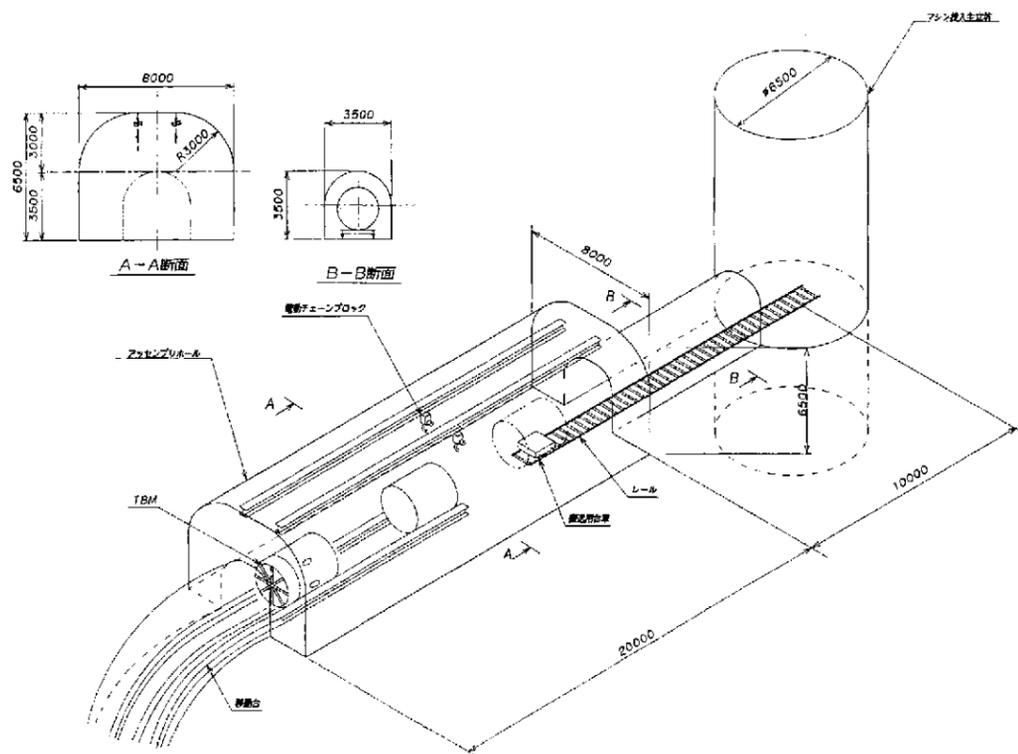


図 4.3.4-17 TBM投入検討図(主立坑からアッセンブリーホールまでの移動概要)

TBMは、主立坑から組立場所(アッセンブリーホール)まで横取りし、アッセンブリーホールにおいて天井の電動チェーンブロックを用いて組み立てる。組立後はH鋼をガイドとしてウィンチにて発進坑まで牽引する(詳細は図 4.3.3-16)。

後続設備は図 4.3.3-15,23 に示すように、アッセンブリーホール側方に定置する。

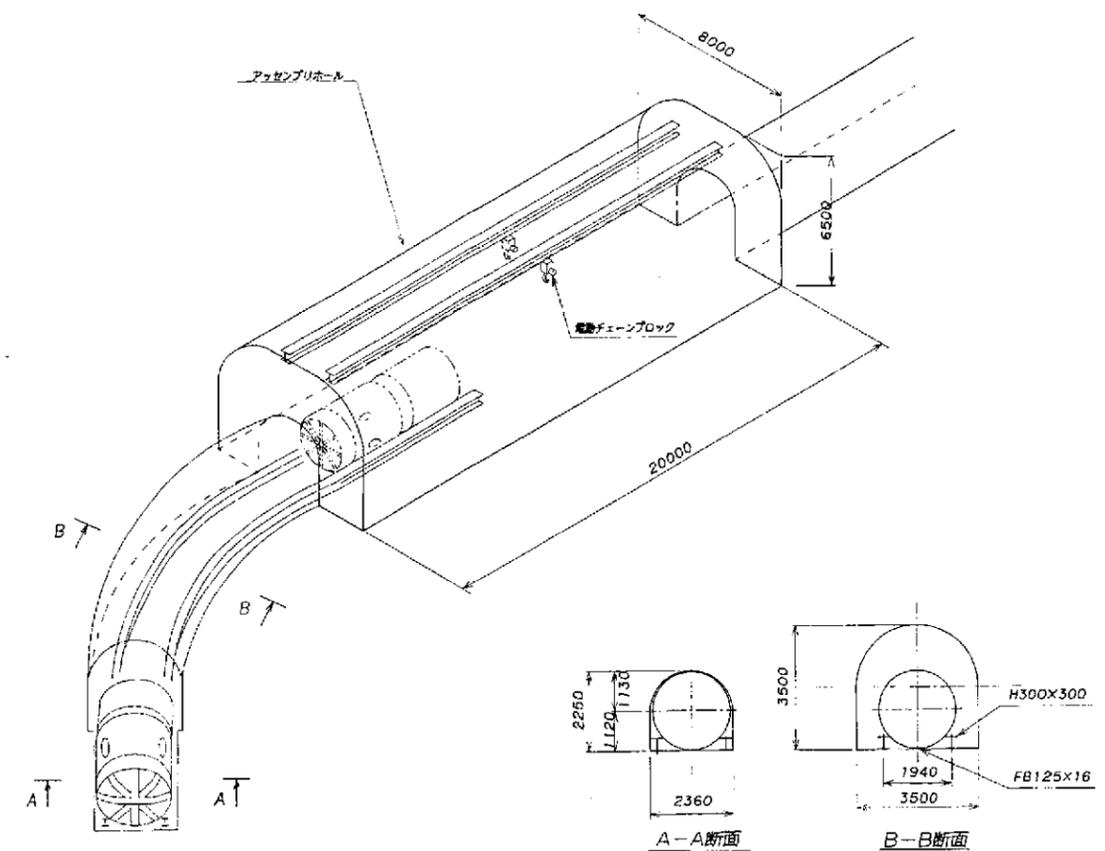
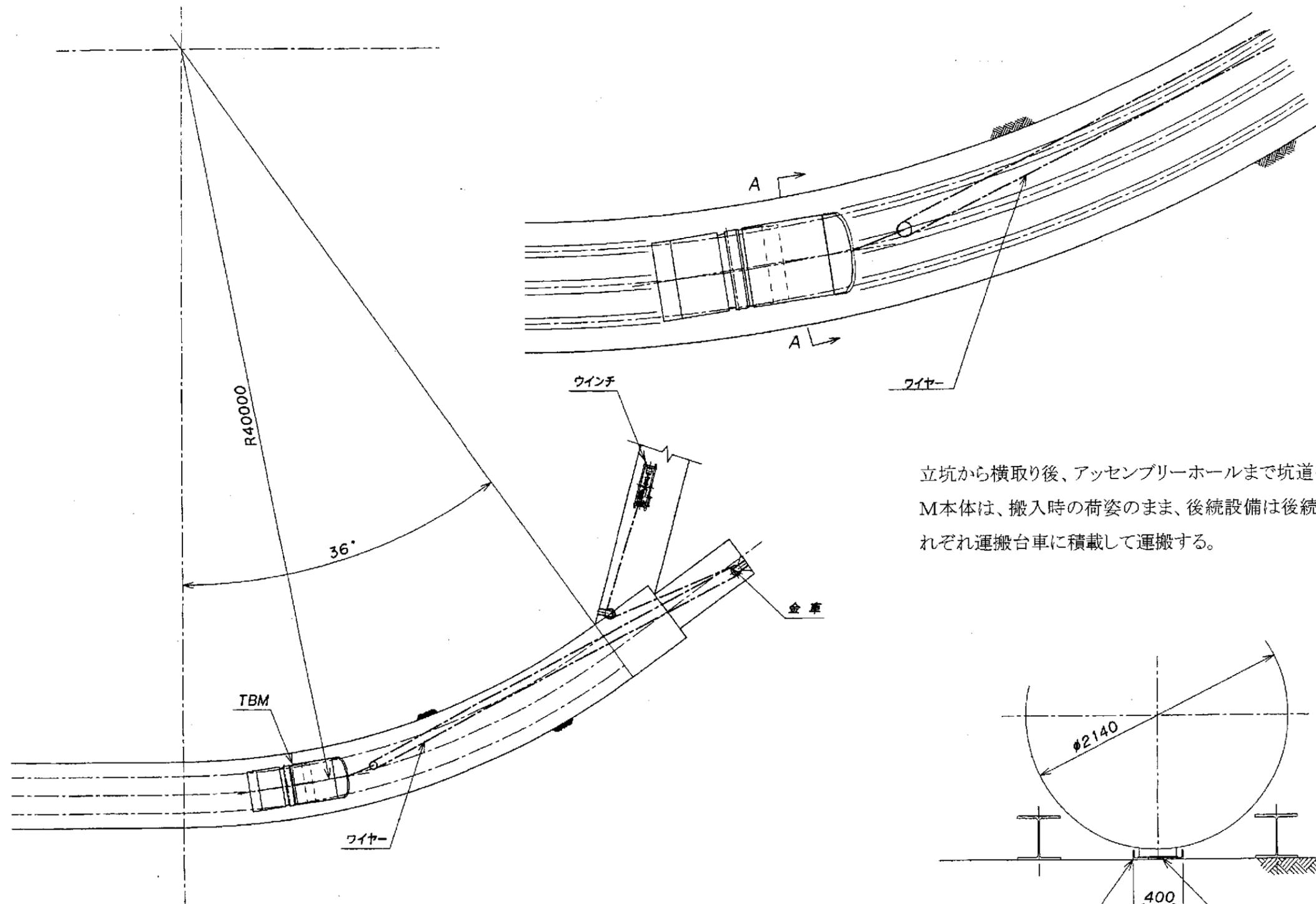
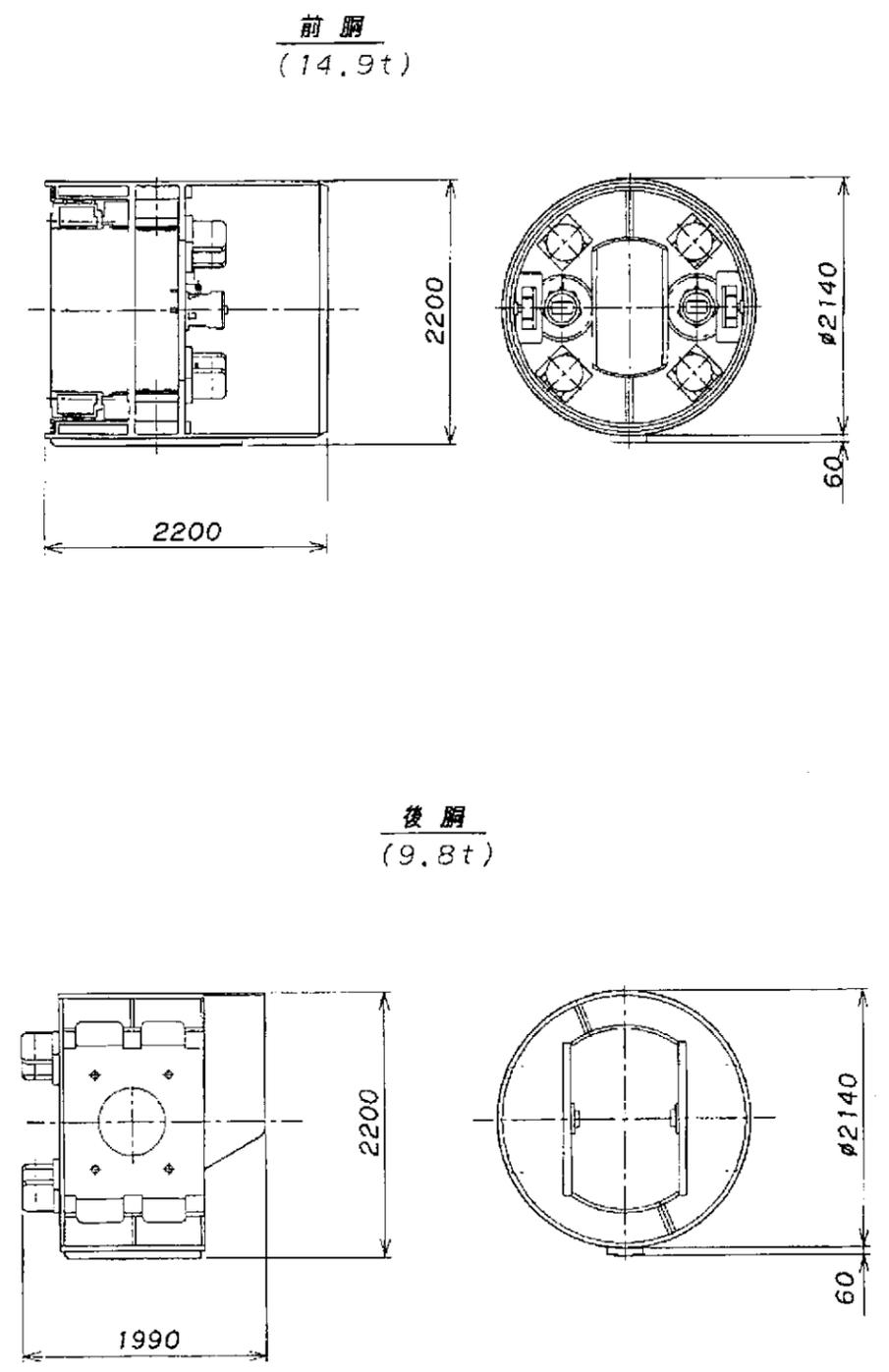
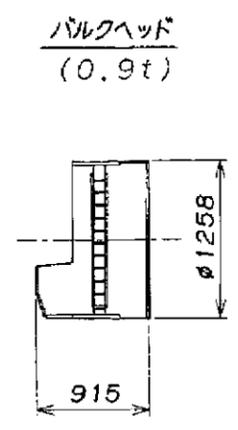
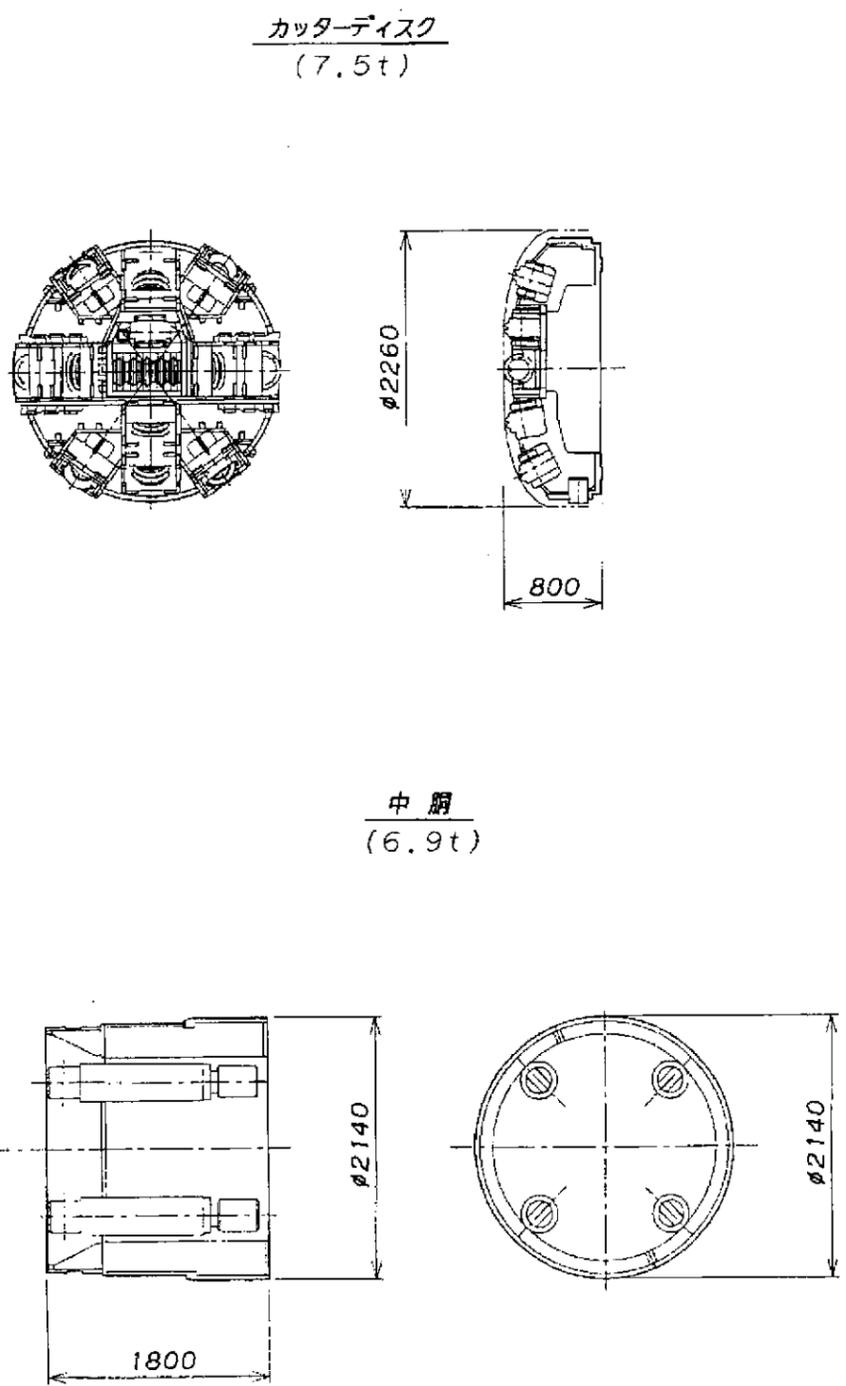


図 4.3.4-18 TBM投入検討図(アッセンブリーホールから発進坑までの移動概要)



立坑から横取り後、アッセンブリーホールまで坑道を運搬する。TBM本体は、搬入時の荷姿のまま、後続設備は後続台車に載せ、それぞれ運搬台車に積載して運搬する。

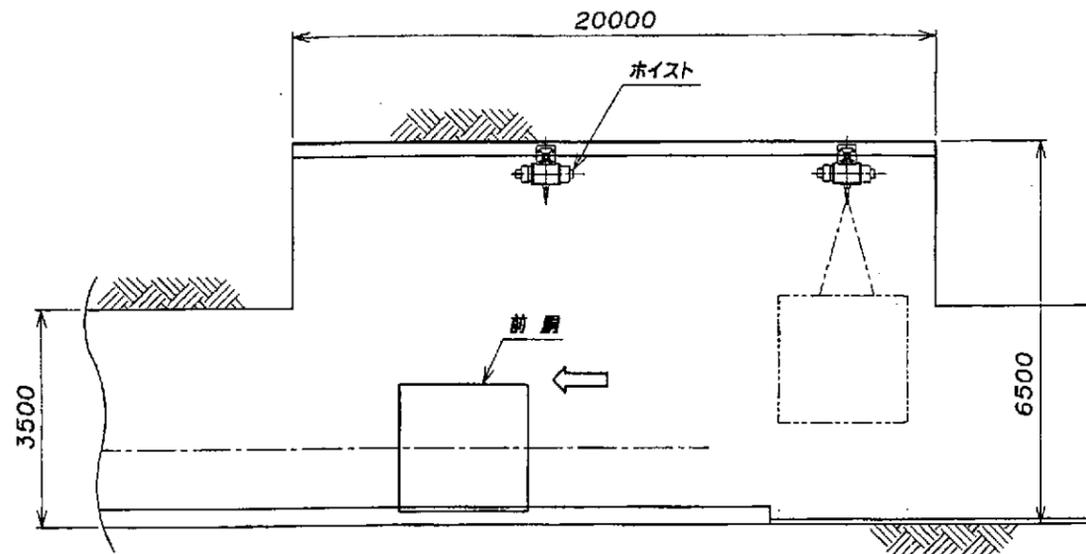
図 4.3.4-19 φ 2260TBM坑道運搬図



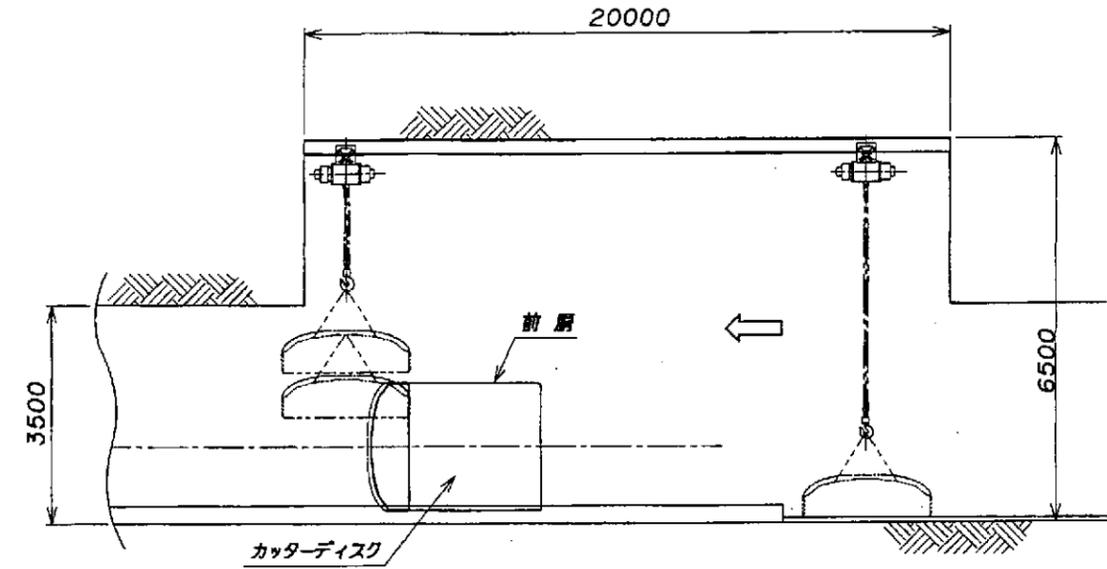
分解は、4.3.1 TBM搬入出路におけるTBM搬入条件
(重量 15.5t 以下、幅寸法 2.7m×2.3m 以下)による。

図 4.3.4-20 TBM荷姿分割図

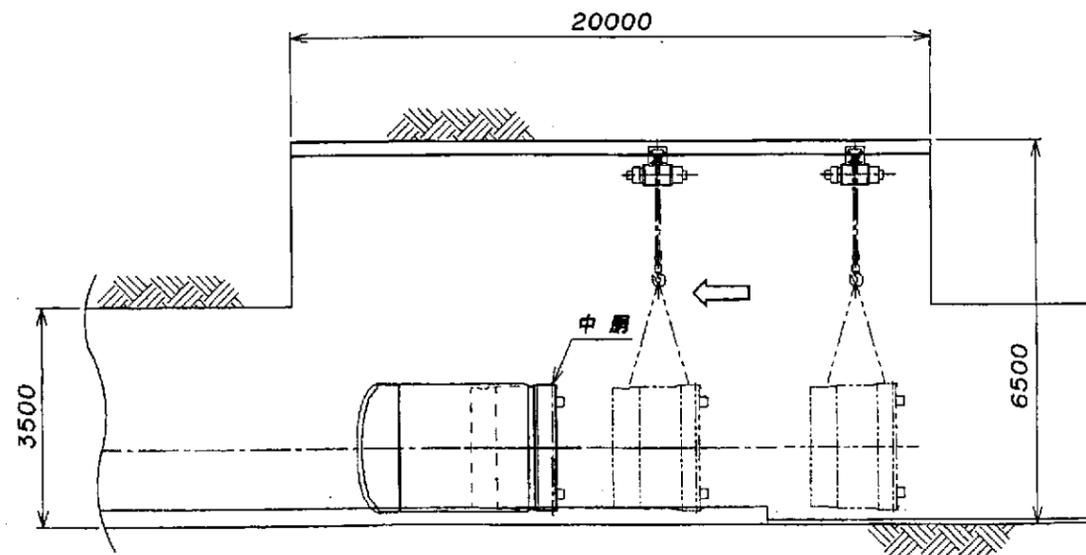
1. 前胴の組立、仮置き



2. カッターディスクの組立、前胴と組合せ



3. 中胴の組立、前胴と組合せ



4. 後胴の組立、中胴と組合せ

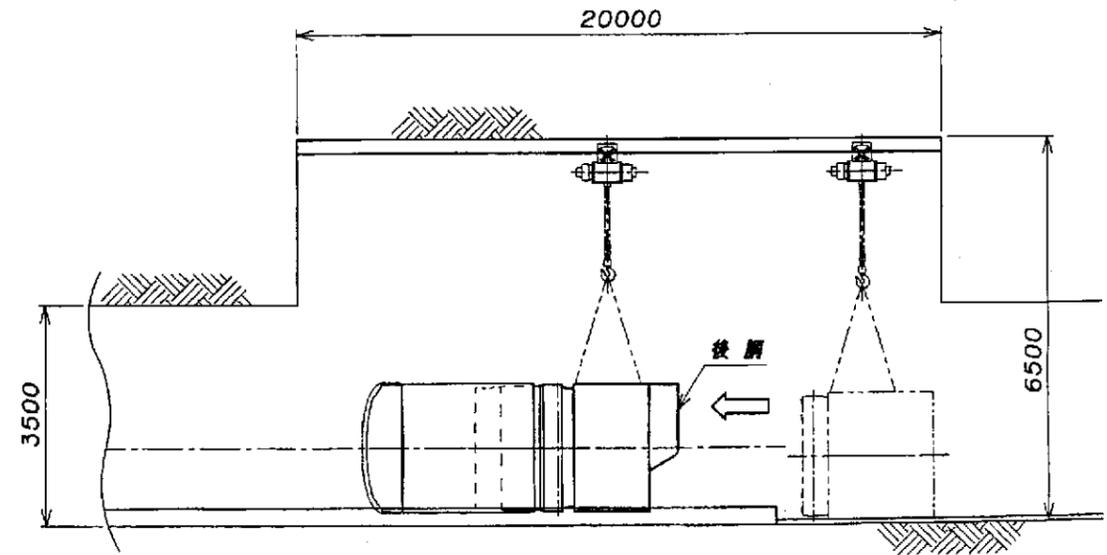
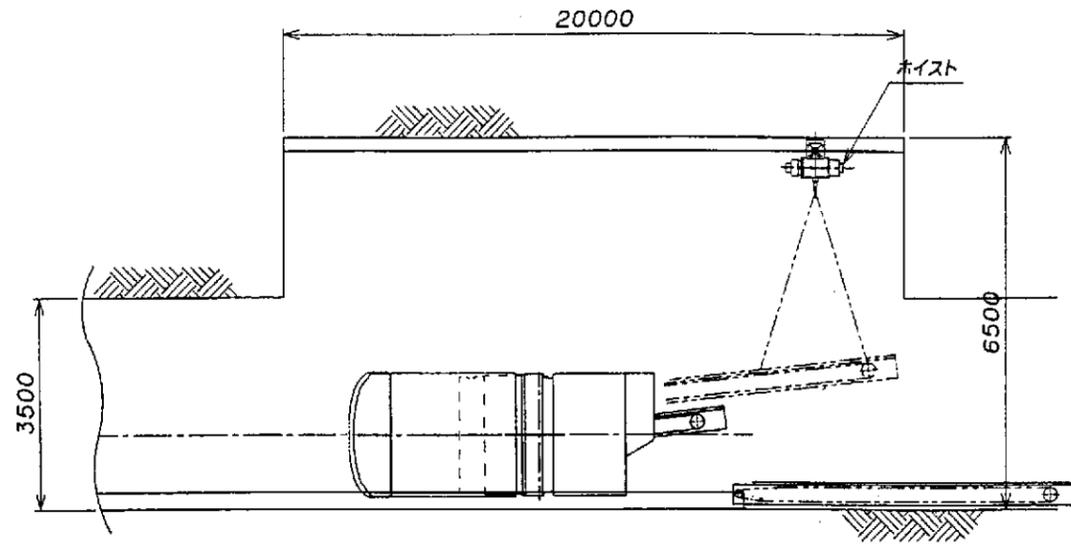


図 4.3.4-21 TBM組立手順図(1)

5. ベルトコンベヤの組立



6. TBM前移動

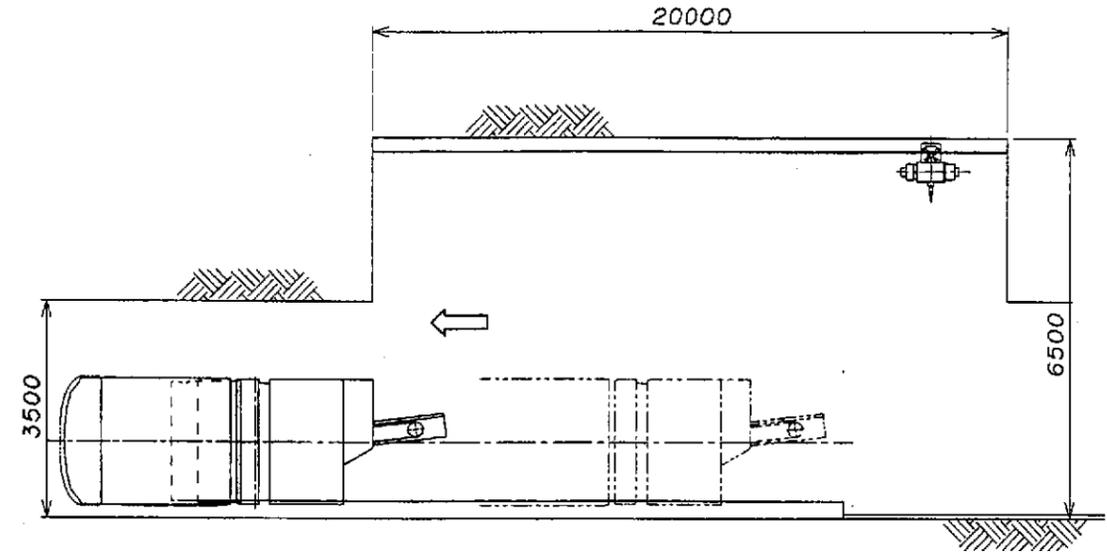


図 4.3.4-22 TBM組立手順図(2)

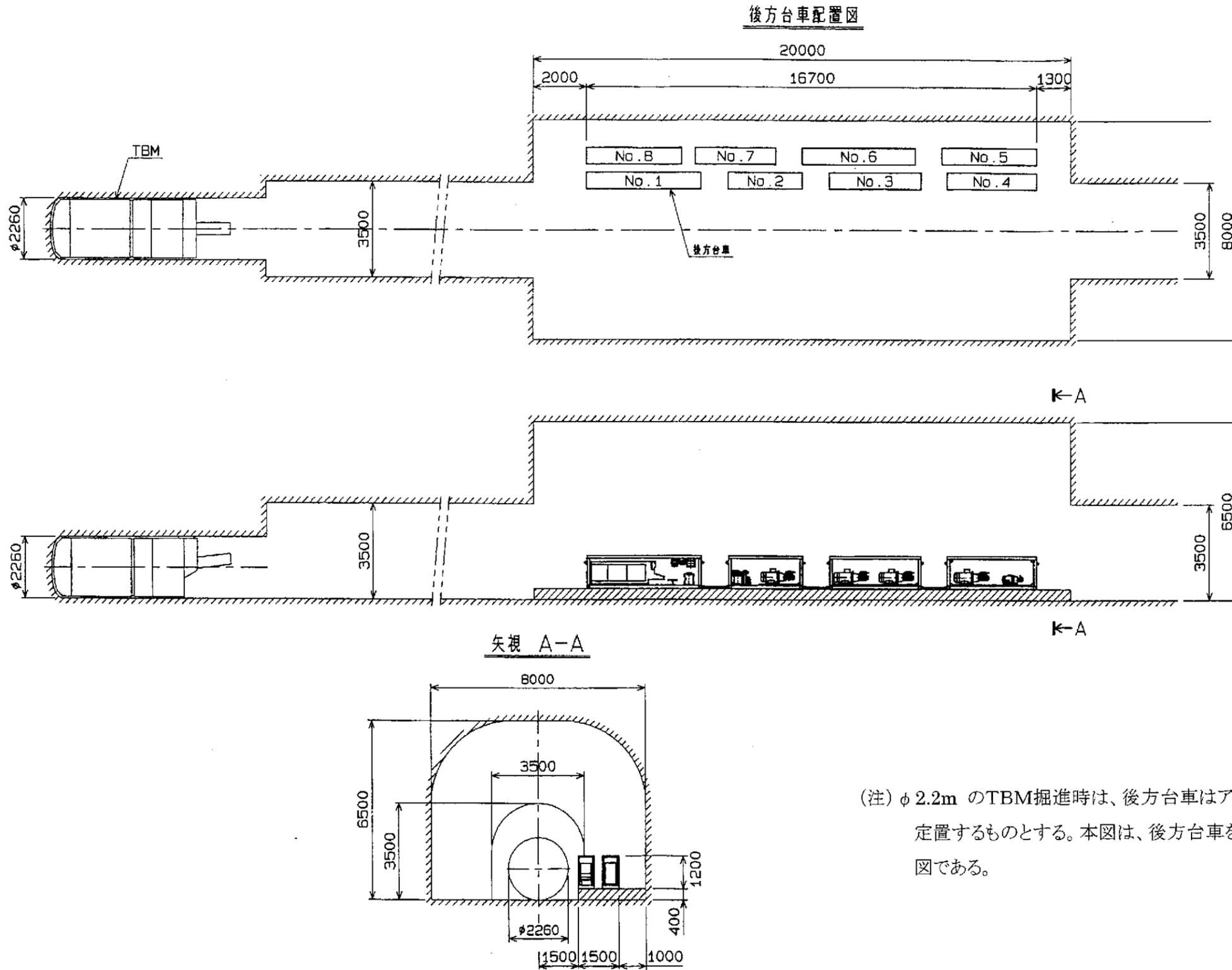
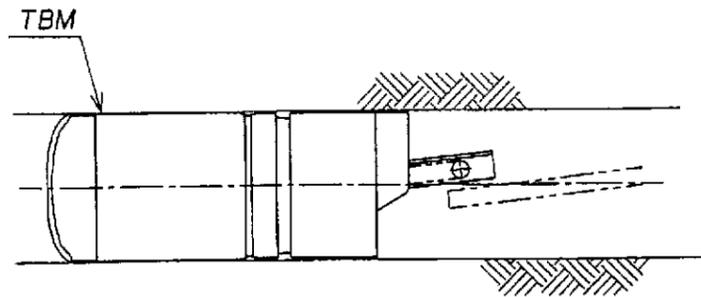


図 4.3.4-23 トンネル掘削機 後方台車配置図

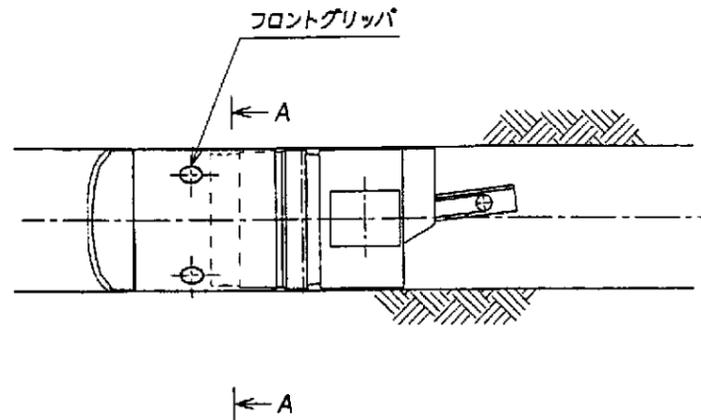
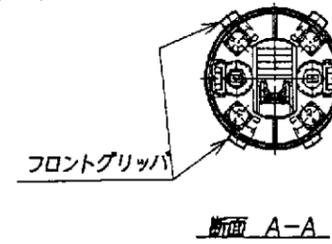
1. 搬出のための事前準備

コンベア等の解体、搬出



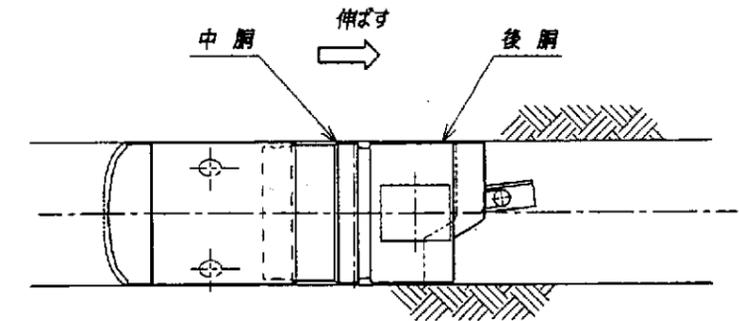
2. フロントグリップの張り出し

フロントグリップを張り出し前胴部を固定する。



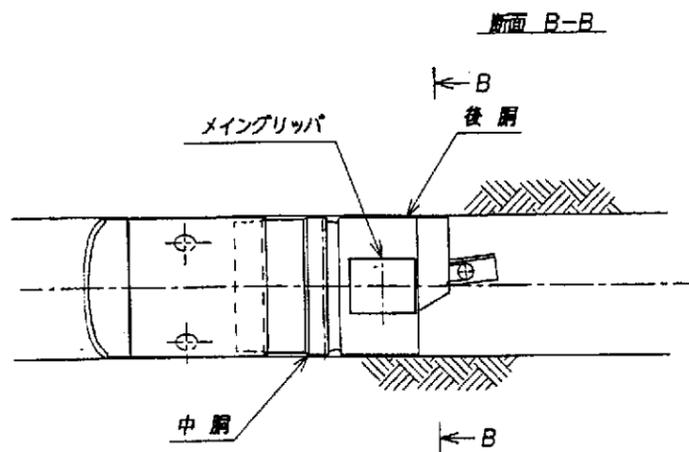
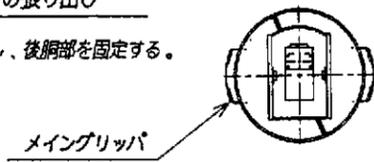
3. スラストジャッキの伸展

スラストジャッキを伸ばして中、後胴を後退させる。



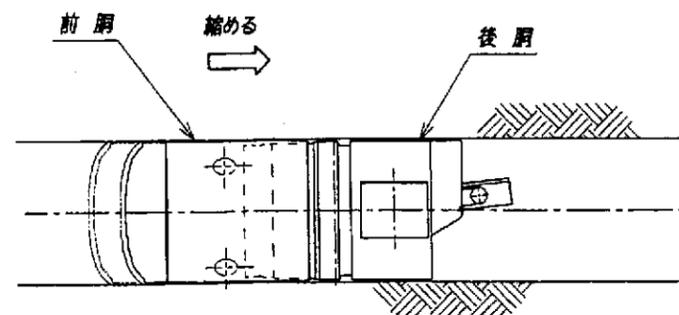
4. メイングリップの張り出し

メイングリップを張り出し、後胴部を固定する。



5. スラストジャッキの引込み

フロントグリップを解除の後、スラストジャッキを縮めて前胴を後胴側に引き寄せる。



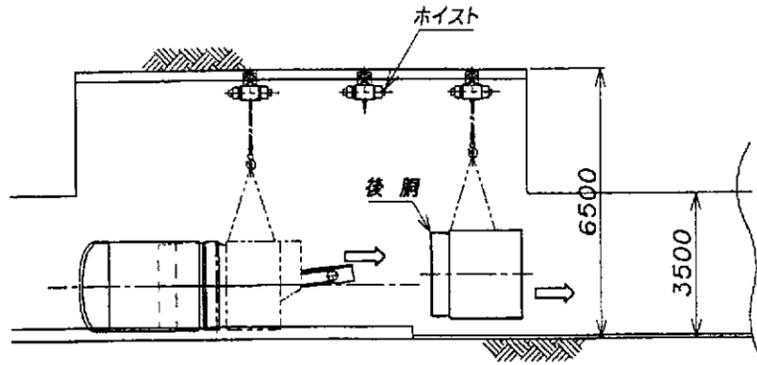
6. TBMを後退

2から5の動作を繰り返して、TBMを発進坑まで後退させる。

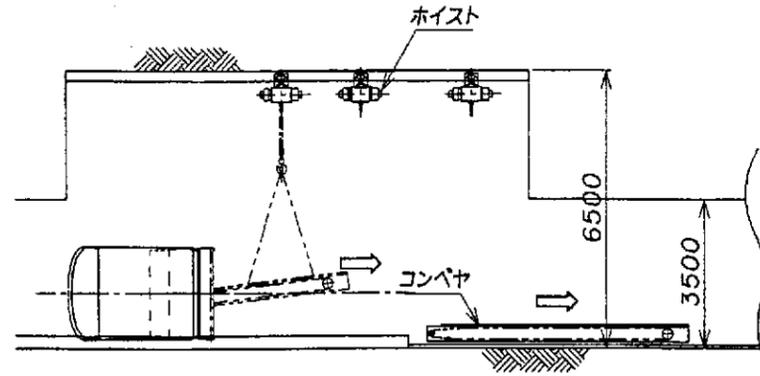
発進坑口からアッセンブリホールまでは、センターホールジャッキによりTBMを搬出する。

図 4.3.4-24 φ2260TBM後退手順図

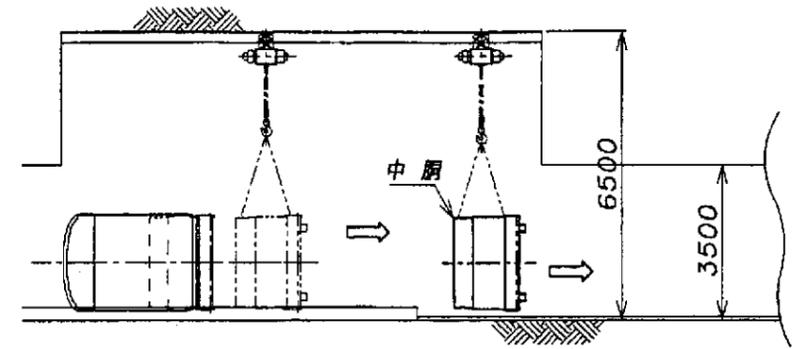
1. 後胴の解体、搬出



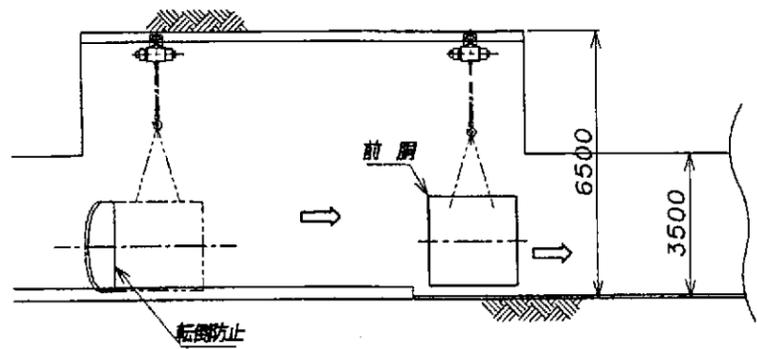
2. ベルトコンベヤの解体、搬出



3. 中胴の解体、搬出



4. 前胴の解体、搬出



5. カッターヘッドの解体、搬出

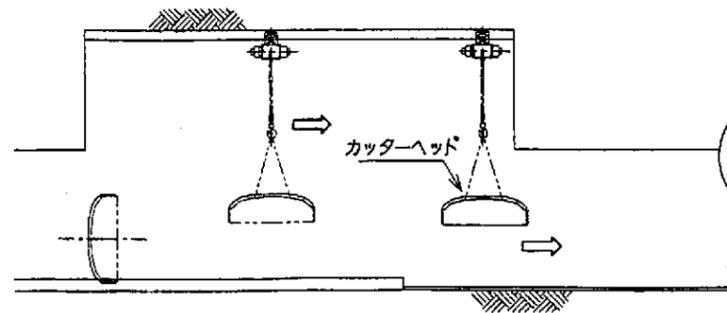


図 4.3.4-25 TBM解体手順図

φ2.2mTBMの工事工程は、表のようになる。

表 4.3.4-7 試験坑道φ2.2mTBM 工事工程表

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53						
準備工	準備																																																										
組立工	投入・横引き・仮置			組立			不要材撤去・本体溶接					発進坑へ移動					電気工事					配管工事					補修塗装					試運転準備・調整 立会検査他																											
掘削工																					掘削準備			初期掘進			掘進																																
解体工																																		準備			自力後退			配管・配線撤去					後方台車搬出					TBM本体移動					解体				
後片付け工																																																	搬出					跡片付					

注1) 日当り掘進長が研究目的により制限されることを考慮せず、想定される最短の工程である。

注2) TBM掘削は昼夜間作業、それ以外は昼間作業である。

注3) 実工程は稼働率(23日/月)を勘案して、53/23=2.30月となる。

TBM掘削時における、主要設備の使用電気容量をまとめると以下のようになる。

表 4.3.4-8 電気容量リスト

	項 目	容 量	合 計
1	カッターポンプ用電動機	45kw×4台	180kw
2	ジャッキポンプ用電動機	7.5kw×1台	7.5kw
3	ブーストポンプ用電動機	5.5.kw×1台	5.5kw
4	グリースポンプ用電動機	0.2kw×1台	0.2kw
5	No.1 コンヘア用電動機	3.7kw×1台	3.7kw
6	操作回路、照明、予備コンセント用 100Vトランス	8KVA×1台	7.5kw
			204.4kw

(参考) 純掘進速度の算出

純掘進速度は以下の式により算出される。

$$R = K(W_d - W_o)^\alpha \times N^\beta$$

R : 純掘進速度(cm/min)

K : ドリラビリティ定数

W_d : 単位口径荷重(kg/cm)

W_o : スレッショルド荷重(kg/cm) = 0.085 × 岩の一軸圧縮強度

α 、 β : 指数定数

$$\alpha = 1.3 \sim 1.6 (\text{標準 } 1.45) \quad \beta = 0.9 \sim 1.1 (\text{標準 } 0.95)$$

N : 回転数(r.p.m)

岩盤試験結果と ϕ 2.2m TBM の仕様によれば、

岩の一軸圧縮強度: 176.5MPa (1800kgf/cm²)

(※1800kgf/cm²はH13年度研究のMIU-2孔コア一軸圧縮強度に基づく推定値)

K: 1.6×10^{-5} (図 4.3.4-26 より)

W_d : $150000/206 = 728$ (kg/cm)

W_o : $0.085 \times 1800 = 153$ (kg/cm)

α : 1.45

β : 0.95

N: 9 (r.p.m)

したがって、

$$R = 1.6 \times 10^{-5} (728 - 153)^{1.45} \times 9^{0.95}$$

$$= 1.3 \text{ (cm/min)}$$

実際の平均純掘進速度は、諸条件により約80%程度になると判断されるので、

$$1.3 \times 0.7 = 0.91 \text{ (cm/min)}$$

$$= 0.55 \text{ (m/h)}$$

と算出される。

掘削日数は、

$$90 \div (0.55 \times 9 \times 2) = 9.1 \text{ (day)}$$

となる。

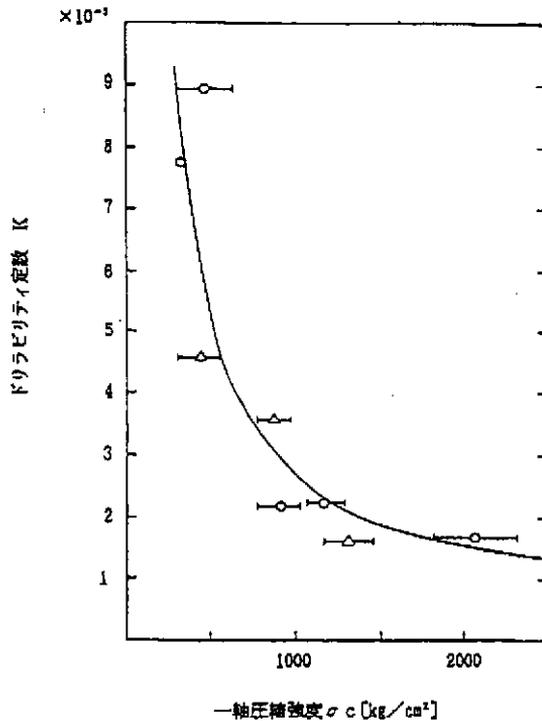


図 4.3.4-26 一軸圧縮強度とドリラビリティ係数 (K)

(3) 中間・最深ステージ掘削日数

各箇所の掘削日数をまとめると表 4.3.4-9 のようになる。

表 4.3.4-9 中間・最深ステージ掘削日数

		延長(m)	実稼働日数	暦日稼働日数
一次掘削	立坑交差部掘削・支保		12	16
	主立坑側からの掘削	26.3	13	17
	換気坑側からの掘削	6.0	(5)	(7)
	3.5m×3.5m坑道 (主立坑側)	5.7	3	4
	3.5m×3.5m坑道 (換気立坑側)	6.7	(6)	(8)
	主立坑側 8.0m×6.5m坑道	21.8	25	33
	4.5m×3.0m避難坑	12.0	5	7
	排水ピット(掘削)		3	4
	排水ピット(タンク設置)		(3)	(4)
	換気立坑側 5.0m×5.0m坑道	11.8	7	9
	3.5m×3.5m水平坑道 (一次掘削)	89.8	34	44
	中計	179.9	102	134
二次掘削	3.5m×3.5m水平坑道 (二次掘削)	162.8	61	79
	3.5m×3.5m試験坑道	228.2	85	111
	5.0m×5.0m試験坑道	100.0	52	68
	φ2.2m TBM	90.0	53	70
	中計	581.0	251	328
合計	760.9	353	462	

中間ステージは、一次掘削においては 4.5 月(月進 40.3m)、二次掘削においては 10.9 月(月進 53.1m)となり、目標の月進 40.0m は達成可能である。

最深ステージにおいては、14.9 月(月進 51.2m)となり、目標の月進 40.0m は達成可能である。

(注) 表 4.3.4-9 より、目標の月進 40.0mが達成可能であるが、試験坑道付近において、実掘削速度が本検討どおりでよいかは別途検討が必要である。

4. 3. 5 計測坑道掘削

平成 12 年度時点と比較して、計測坑道のレイアウトが変更になったことを考慮し、計測坑道の施工検討を行う。また、検討に当たっての条件設定を以下の通りとする。

- ◆ 計測坑道は、花崗岩(B 級)に計画するものとする。
- ◆ 発破工法にて掘削するものとする。
- ◆ ズリ出し時間の短縮のために、ズリ搬出用のキブルは 2 個を交換して使用するものとする。また、換気立坑のズリキブル巻上機のロープ速度も主立坑と同様に 300m/min を確保することとして、巻上機の電動機出力は主立坑及び換気立坑それぞれ 1500kW 及び 600kW とする。
- ◆ 掘削工期は、坑口部掘削(20m 区間) は 1 ヶ月、坑奥部掘削は平均月進 40m 以上を目標とする。
- ◆ 掘削工期(サイクルタイム)の算定は、国土交通省土木工事積算基準に準拠するものとする。
- ◆ 資機材の搬出入は立坑設備(スカフォード)の開口部から行うものとし、スカフォード本体の取り外しは考慮しないこととする。使用機械の仕様を表 4.3.5-4 に示す。

スカフォード開口寸法及び最大吊重量

主立坑 : 開口 2.7m * 2.3m 、 吊重量 15.5 ト

換気立坑 : 開口 2.0m * 1.74m 、 吊重量 10.0 ト

(1) 1 次掘削

1) 坑口部

① 断面形状

計測坑道の断面は幅 3.5m × 高さ 3.5m の幌型断面とする。

② 掘削方法

予備ステージの主立坑側からの掘削を参照。

③ サイクルタイム

計測坑道坑口部のサイクルタイムについては、中間・最深ステージの立坑につながる3.5m×3.5m坑道のサイクルタイム、表4.3.4-1（主立坑側）を参照。

掘削の1日当り進行長は1.97mとなり20mの掘削は実稼動日数11日（暦日14日）で施工可能である。

(2) 2次掘削

1) 坑奥部

図4.3.5-1に示すように人力削孔区間とドリルジャンボにて削孔する区間に分ける。

前者の断面形状及び掘削方法は予備ステージにおける3.0m×3.0m坑道と同様である。但し、ずり運搬に関しては切羽進行に応じて、ホイールローダ2台を使用するものとする。サイクルタイムを、表4.3.5-1に示す。

掘削の1日当り進行長は2.02mとなり、104.9mの掘削は実稼動日数52日（暦日68日）で施工可能である。

後者の方の断面形状及び掘削方法は、中間ステージにおける3.5m×3.5m坑道と同様である。但し、ずり運搬の3t積みキャリアダンプは計測坑道の分岐している箇所を用いる。待機箇所から切羽までの平均距離50mに対し、ずり出しのサイクルタイムは、 $50\text{m} \times 2 / (117\text{m}/\text{min}) + 0.5 = 1.4\text{min}/\text{回}$ に、キャリアダンプの入れ替え回数との積で200分と算定される。サイクルタイムを、表4.3.5-2に示す。

掘削の1日当り進行長は2.68mとなり、117.7mの掘削は実稼動日数44日（暦日58日）で施工可能である。

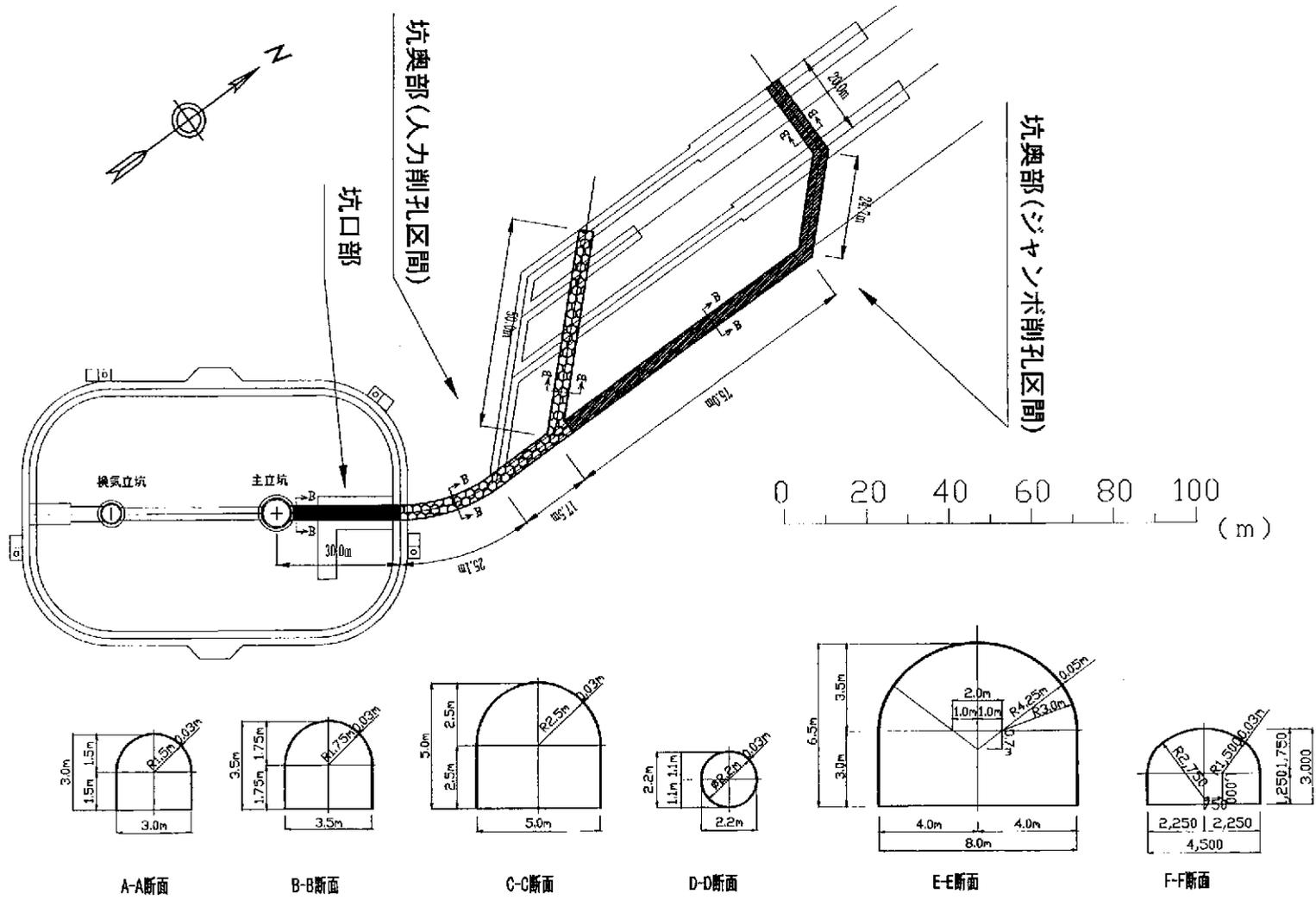


図 4.3.5-1 計測坑道施工範囲

表 4.3.5-1 計測坑道 坑奥部(人力削孔区間) サイクルタイム

掘削サイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
設計掘削断面積	A1	m ²	11.2	幅3.06m、高さ3.03mの楕型断面
掘削断面積(余堀含む)	A2	m ²	13.1	余堀り20cm ≪H13年度 18-28 小断面トンネル工 (NATM)のレール方式Bパターンを採用≫
1発破進行長	B	m	1.5	人力削孔であるため、1.5mとした
m ² 当り穿孔数	C	孔/m ²	2.5	≪H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠≫
穿孔長	D	m	1.8	B+0.1 ≪H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠≫
削岩機使用台数	E	台	3	≪H12年度 15-2小断面トンネル工を参考にトンネル断面積より設定≫
のみ下り速度	F	m/分	0.30	≪H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠≫
1台当り穿孔数	G	孔/台	14	A1×C/E
削岩準備		分	75	機材搬入(コックレッタ15'、レッタドリ15')、足場材搬入15'、足場組立15'、作業員入坑15' ≪施工断面を勘案して設定≫
穿孔		分	112	D×G/F×(15/10) 連続10分で5分休憩 (労働基準局長通達808,810号)
装薬・掘破・換気等		分	75	≪H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠≫
発破退避		分	45	足場解体15'、足場搬出15'、作業員退避15' (機材搬出は装薬準備～装薬時に並行) ≪施工断面を勘案して設定≫
その他		分	15	機械故障、停電等 ≪掘削と合わせて30分≫
掘削計		分	322	(5.4時間)
ズリ出しサイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
総ズリ量	ΣQ	m ³	32.4	A2×B×1.65
ズリキブル容量	V0	m ³	6.0	2台
シャフトマッカー容量	V1	m ³	0.4	主立坑シャフトマッカー
トラクタショベル容量	V2	m ³	0.4	ズリ集積用トラクタショベル
巻き上げ回数	n	回	6	ΣQ/V0
ズリ出し準備		分	30	機材搬入 ≪施工断面を勘案して設定≫
ズリ運搬・集積時間	Tq1	分	188	切羽から主立坑までのズリ運搬時間。トラクタショベル運搬回数(=ΣQ/V2)に、トラクタショベル1回当り運搬時間を乗じて算出。トラクタショベル走行能力は 117m/min として、1回当り集積時間は 70m×2/(117m/min) + 0.5 = 1.7min/回。
キブル積込時間	Tq2	分	144	(V0/V1×1.5+1.5)×n で算定。キブル積込時間は1.5分/回を、空キブルの切羽への移動時間は1.5分/回想定。
キブル揚げ時間	Tq3	分	77	ズリ積込時間×キブル巻き上げ回数と空キブル置き時間の和で算定。キブル巻き上げ機電動機出力1500kWで最大速度300m/min、揚ズリ時間(深度1,000mで11.3min/回)、空キブル置き時間(1.5min/回)。
浮石落し		分	25	≪H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠≫
跡片付け		分	30	機材搬出 ≪施工断面を勘案して設定≫
測量		分	10	
その他損失		分	15	機械故障、停電等 ≪掘削と合わせて30分≫
ズリ出し時間計		分	254	(4.2時間) ズリ出し時間にはTq2を採用
吹付コンクリートサイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
1台当り吹付面積	M	m ²	13.5	全断面積吹付周長×B
吹付設計厚さ	N	m	0.08	
吹付コンクリート量	Vc	m ³	1.1	余吹t=4cm含む(補正係数 2.6)、M×N×補正係数
コンクリートキブル容量	Kc	m ³	2.5	
吹付準備		分	45	機材搬入(コックレッタ15'、吹付機15')、足場組立15' ≪施工断面を勘案して設定、足場材は組み立て直して次作業以降連続して使用≫
吹付		分	17	Vc÷4m ³ /h×60分
跡片付け		分	45	足場解体15'、機材搬出(コックレッタ15'、吹付機15') ≪施工断面を勘案して設定、足場材は組み立て直して次作業以降連続して使用≫
吹付コンクリート計		分	107	(1.8時間)
研究				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
切羽観察		分	120	(2.0時間)

※平成13年度国土交通省土木工事積算基準 に準拠して設定 (積算基準と異なる点は ≪ ≫ にて根拠を示した)

1日当たり進行長(吹付なし) : 1.5m/台/回 / (606分/台/回 / (540分/台×2方)) = 2.33m/日

1日当たり進行長(吹付あり) : 1.5m/台/回 / (803分/台/回 / (540分/台×2方)) = 2.02m/日

表 4.3.5-2 計測坑道 坑奥部(ジャンボ削孔区間) サイクルタイム

掘削サイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
設計掘削断面積	A1	m ²	11.2	幅3.56m、高さ3.53mの楕円断面
掘削断面積(余堀含む)	A2	m ²	13.1	余堀り20cm ≪H12年度 18-28 小断面トンネル工 (NATM)のレール方式パターンを採用≫
1発破進行長	B	m	2.0	≪H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠≫
m ² 当り穿孔時間	C	分/m ²	6.2	≪H12年度 15-2小断面トンネル工では2ブームジャンボで3.1min/m ² より、1ブームジャンボに適合するよう補正≫
削岩準備		分	75	機材搬入(コンクリート15'、ホイールジャック15')、足場材搬入15'、足場組立15'、作業員入坑15'
穿孔		分	69	A1×C
装薬・爆破・換気等		分	75	≪H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠≫
発破退避		分	45	足場解体15'、足場搬出15'、作業員退避15' (機材搬出は装薬準備～装薬時に並行)
その他		分	15	機械故障、停電等 ≪ずり出しと合わせて30分≫
掘削計		分	279	(4.7時間)

ズリ出しサイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
総ズリ量	ΣQ	m ³	43.2	A2×B×1.85
ズリキブル容量	V0	m ³	6.0	2台
シャフトマッカー容量	V1	m ³	0.4	主立坑シャフトマッカー
キャリアダンプ容量	V2	m ³	1.8	3t積み/1.6 = 1.8m ³ 積載
巻上げ回数	n	回	8	ΣQ/V0
ズリ出し準備		分	15	機材搬入
ズリ運搬・集積時間	Tq1	分	200	切羽から主立坑までのズリ運搬時間。シャフローダズリ積込時間とキャリアダンプ入れ替え時間の和で算定される。シャフローダズリ積込時間は作業効率を0.5として、ΣQ/(0.52×0.5)となる。キャリアダンプ入れ替え時間は、待避位置から切羽までの距離を50m、キャリアダンプ走行速度を117m/minと想定すると、50m×2/(117m/min)+0.5=1.4min/回に、キャリアダンプの入れ替え回数V0/V2(ΣQ/1.8m ³)との積で算定される。
キブル積込時間	Tq2	分	192	立坑でのシャフトマッカーによるキブルへのズリ積込み時間。 (V0/V1×1.5+1.5)×n で算定。シャフト積込時間は1.5分/回を、空キブルの切羽への移動時間は1.5分/回想定。
キブル揚げ時間	Tq3	分	102	ズリ積込時間×キブル巻上回数と空キブル仮置き時間の和で算定。キブル巻上機電動機出力1500kWで最大速度300m/min、(11.2+1.5)×n揚ズリ時間(深度1,000mで11.3min/回)、空キブル仮置き時間(1.5min/回)。
浮石箪し		分	25	≪H12年度 15-2小断面トンネル工に準拠≫
跡片付け		分	30	機材搬出 ≪施工断面を勘案して設定≫
測量		分	10	
その他損失		分	15	機械故障、停電等 ≪掘削と合わせて30分≫
ズリ出し時間計		分	295	(4.9時間) ズリ出し時間にはTq1を採用

吹付コンクリートサイクルタイム				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
1サイクル当り吹付面積	M	m ²	18.0	全断面積吹付周長×B
吹付設計厚さ	N	m	0.08	
吹付コンクリート量	Vc	m ³	1.4	余吹t=4cm含む(補正係数 2.6)、M×N×補正係数
コンクリートキブル容量	Kc	m ³	1.5	
吹付準備		分	45	吹付準備15'、足場材搬入15'、足場組立15'
吹付		分	21	Vc÷4m ³ /h×60分
跡片付け		分	45	吹付片付け15'、足場解体15'、足場搬出15'
吹付コンクリート計		分	111	(1.8時間)

研究				
項目	記号	単位	数値	計算式 / 設定根拠等
切羽観察		分	120	(2.0時間)

※平成18年度国土交通省土木工事積算基準 に準拠して設定
(積算基準と異なる点は ≪ ≫ にて根拠を示した)

1日当たり進行長(吹付なし) : 2.0m/サイクル / (694分/サイクル / (540分/方×2方)) = 3.11m/日
1日当たり進行長(吹付あり) : 2.0m/サイクル / (805分/サイクル / (540分/方×2方)) = 2.68m/日

(3) 計測坑道掘削日数

各箇所の掘削日数をまとめると表 4.3.5-3 のようになる。

表 4.3.5-3 計測坑道掘削日数

		延長(m)	実稼働日数	暦日稼働日数
一次掘削	立坑交差部掘削・支保		12	16
	坑口部	20.0	11	14
	中計	20.0	23	30
二次掘削	坑奥部(人力削孔区間)	104.9	52	68
	坑奥部(ジャッキ削孔区間)	117.7	44	58
	中計	222.6	96	126
合計		242.6	119	156

坑口部は、1.0月(月進20.0m)となり、目標の施工期間1ヶ月は達成可能である。

坑奥部においては、4.2月(月進53.0m)となり、目標の月進40.0mは達成可能である。

表 4.3.5-4 使用機械一覧表

掘削区分	施工箇所	種類	仕様	幅 (mm)	高さ (mm)	長さ (mm)	重量 (kg)	台数	備考	
予備ステージ	主立坑側	ハックドリ 0.04m ³	コマ PC15MR-1	1,250	2310 (1700)	3,570	1,580	1	最大掘削高さ 3805mm	
		車輪式トラクタショベル 0.4m ³	コマ WA80-5	1,575	2455 (1860)	4,000	2,575	1	最小回転半径(外輪)R=3060	
		コンクリート吹付機	アリン 285	1,050	1,350	2,430	1,550	1	人力吹付 吹付量~12m ³ /h	
	換気立坑側	ハックドリ 0.04m ³	コマ PC15MR-1	1,250	2310 (1700)	3,570	1,580	1	最大掘削高さ 3805mm	
		コンクリート吹付機	アリン 285	1,050	1,350	2,430	1,550	1	人力吹付 吹付量~12m ³ /h	
		避難坑	ハックドリ 0.04m ³	コマ PC15MR-1	1,250	2310 (1700)	3,570	1,580	1	最大掘削高さ 3805mm
	排水ピット	車輪式トラクタショベル 0.4m ³	コマ WA80-5	1,575	2455 (1860)	4,000	2,575	1	最小回転半径(外輪)R=3060	
		コンクリート吹付機	アリン 285	1,050	1,350	2,430	1,550	1	人力吹付 吹付量~12m ³ /h	
		ハックドリ 0.04m ³	コマ PC15MR-1	1,250	2310 (1700)	3,570	1,580	1	最大掘削高さ 3805mm	
	中間・最終ステージ (一次掘削)	主立坑、換気立坑間の3m×3m坑道	〈予備ステージを参照〉							
		立坑につながる3.5m×3.5m坑道(主立坑)	ハックドリ 0.2m ³						1	
			コンクリート吹付機	アリン 285	1,050	1,350	2,430	1,550	1	人力吹付 吹付量~12m ³ /h
立坑につながる3.5m×3.5m坑道(換気立坑)		ハックドリ 0.04m ³	コマ PC15MR-1	1,250	2310 (1700)	3,570	1,580	1	最大掘削高さ 3805mm	
		コンクリート吹付機	アリン 285	1,050	1,350	2,430	1,550	1	人力吹付 吹付量~12m ³ /h	
主立坑側3.0m×3.5m坑道		17'-6インチシャベル	QUASAR、サントビックシャベル	1,200	1,800	9,090 (4300)	8,200	1	カット径 4055mm (削:2.09m)	
		ハックドリ 0.2m ³	コマ PC、SK50UR-S	1,880	2,550 (2500)	5,570	5,200	1		
		車輪式トラクタショベル 0.4m ³	コマ WA80-5	1,575	2455 (1860)	4,000	2,575	1	最小回転半径(外輪)R=3060	
		コンクリート吹付機	アリン 285	1,050	1,350	2,430	1,550	1	人力吹付 吹付量~12m ³ /h	
換気立坑側5.0m×5.0m坑道		17'-6インチシャベル	QUASAR、サントビックシャベル	1,200	1,800	9,090 (4300)	8,200	1	カット径 4055mm (削:2.09m)	
		シャベル	KL7、70m ³ /h、コマ 技研工業	1,412	1,654	6,338	8,500	1	最大掘削高さ 3649mm	
		キャタック	コマ CD80R-1	1,940	1,835	3,090	2,780	1	最大積載荷重3000kg	
		コンクリート吹付機	アリン 285	1,050	1,350	2,430	1,550	1	人力吹付 吹付量~12m ³ /h	
水平坑道3.5m×3.5m		17'-6インチシャベル	QUASAR、サントビックシャベル	1,200	1,800	9,090 (4300)	8,200	1	カット径 4055mm (削:2.09m)	
		シャベル	KL7、70m ³ /h、コマ 技研工業	1,412	1,654	6,338	8,500	1	最大掘削高さ 3649mm	
		キャタック	コマ CD80R-1	1,940	1,835	3,090	2,780	2	最大積載荷重3000kg	
		コンクリート吹付機	アリン 285	1,050	1,350	2,430	1,550	1	人力吹付 吹付量~12m ³ /h	
3.0m×3.0m避難坑		〈予備ステージ避難坑を参照〉								
4.5m×3.0m避難坑		17'-6インチシャベル	QUASAR、サントビックシャベル	1,200	1,800	9,090 (4300)	8,200	1	カット径 4055mm (削:2.09m)	
		シャベル	KL7、70m ³ /h、コマ 技研工業	1,412	1,654	6,338	8,500	1	最大掘削高さ 3649mm	
		キャタック	コマ CD80R-1	1,940	1,835	3,090	2,780	2	最大積載荷重3000kg	
		コンクリート吹付機	アリン 285	1,050	1,350	2,430	1,550	1	人力吹付 吹付量~12m ³ /h	
中間・最終ステージ (二次掘削)		水平坑道3.5m×3.5m	17'-6インチシャベル	QUASAR、サントビックシャベル	1,200	1,800	9,090 (4300)	8,200	1	カット径 4055mm (削:2.09m)
			シャベル	KL7、70m ³ /h、コマ 技研工業	1,412	1,654	6,338	8,500	1	最大掘削高さ 3649mm
	キャタック		コマ CD80R-1	1,940	1,835	3,090	2,780	2	最大積載荷重3000kg	
	コンクリート吹付機		アリン 285	1,050	1,350	2,430	1,550	1	人力吹付 吹付量~12m ³ /h	
	計測坑道3.5m×3.5m(坑口部)	〈中間・最終ステージ立坑につながる3.5m×3.5m坑道(主立坑)を参照〉								
	計測坑道3.5m×3.5m(坑奥部:人力削孔区間)	〈予備ステージ主立坑側を参照〉								
	計測坑道3.5m×3.5m、5.0m×5.0m (坑奥部:ジャンボ削孔区間)	17'-6インチシャベル	QUASAR、サントビックシャベル	1,200	1,800	9,090 (4300)	8,200	1	カット径 4055mm (削:2.09m)	
		シャベル	KL7、70m ³ /h、コマ 技研工業	1,412	1,654	6,338	8,500	1	最大掘削高さ 3649mm	
		キャタック	コマ CD80R-1	1,940	1,835	3,090	2,780	2	最大積載荷重3000kg	
		コンクリート吹付機	アリン 285	1,050	1,350	2,430	1,550	1	人力吹付 吹付量~12m ³ /h	
	試験坑道TBMφ2.2m	TBM	φ2.2m、川重						1	
		キャタック	日立建機 CG13	1,385	1,090	2,915	900	2	最大積載荷重1300kg(約0.5m ³)	

4. 3. 6 換気・空調設備

換気・空調設備の検討にあたっては、平成 10 年度の成果である換気・空調設備の設計フロー（超深地層研究所 地下施設の設計研究 平成 10 年度報告書 p256）に準じてこれを行う。図 4.3.6-1 に設計フローを示す。

超深地層研究所地下施設では、そのレイアウトにおいて坑道がループを形成し坑道換気が可能となる区間と、坑道が行き止まりでループを形成せず、風管換気を必要とする区間に大別される。

また、建設期間中においては 100m 毎の予備ステージにより主立坑と換気立坑が繋がるため、各深度の予備ステージの貫通に伴いそれより以浅の坑道はループを形成し坑道換気が可能となる。そこで、こうした状況を考慮して最適な設備の検討を行う。

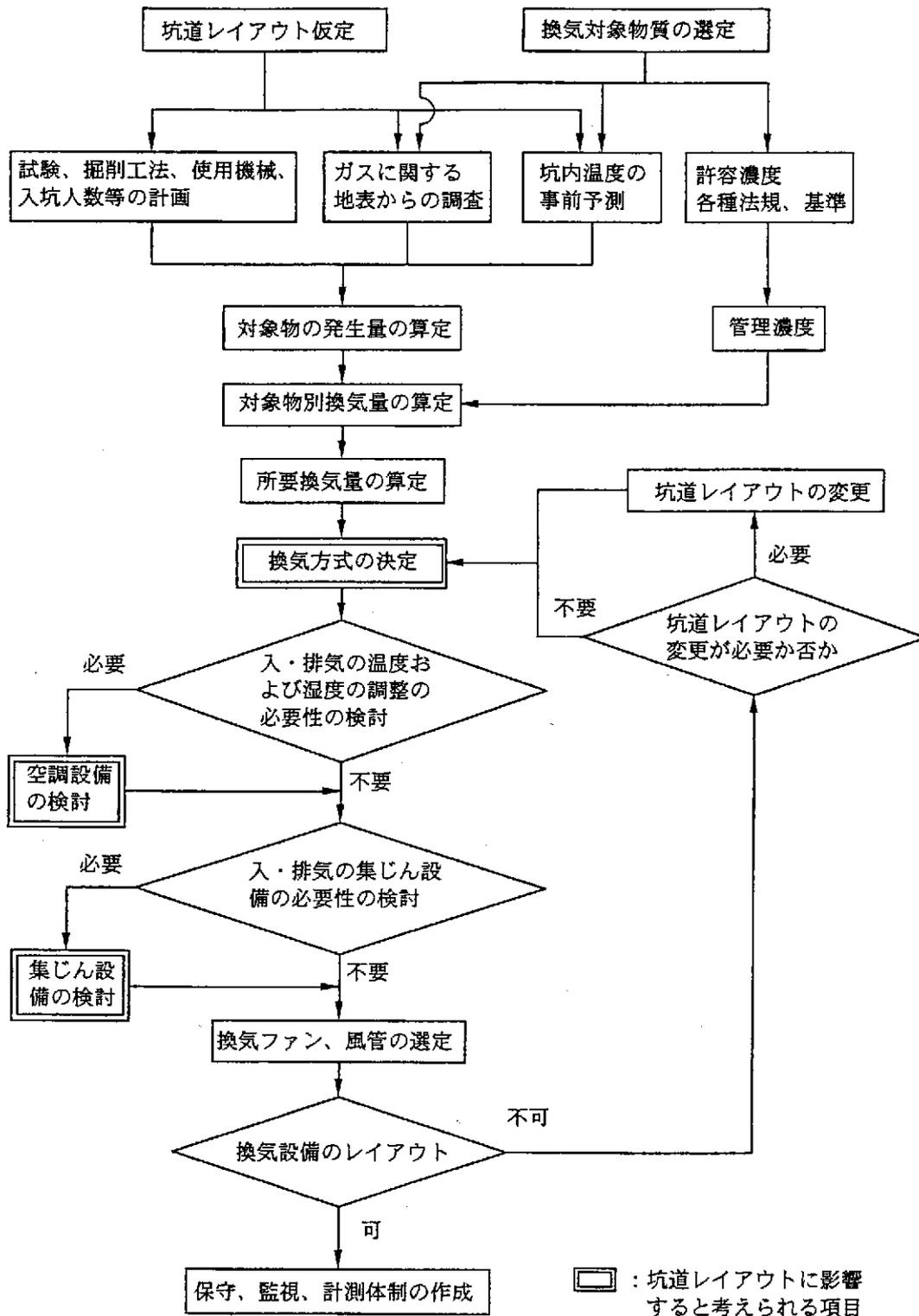


図 4.3.6-1 換気・空調設備設計フロー（平成 10 年度報告書より）

(1) 換気設備

① 坑道レイアウトの設定

超深地層研究所地下施設の規模および広がり、[5.4 研究坑道レイアウトに関する検討]を基に設定する。

水平に展開する坑道として、坑道換気が可能なループを形成する坑道が 1,066m（予備ステージ 360m、中間・最深ステージ 706m）と、行き止まりとなり坑道換気ができない坑道（風管換気）が 1,563mとした。また、立坑は内径φ6.5m（掘削径φ7.3m）と内径φ4.5m（掘削径φ5.3m）がそれぞれ1本あり、坑道壁面は滑らかな仕上がりで、多少の湾曲が有る状態とする。また、坑道形状や風門等による圧力損失は考慮しないものとする。

必要換気量の算定条件および検討結果を以下に示す。ただし、レイアウト変更等により、上記条件が変わる場合には、再度検討を行う。

② 換気対象物の発生量および所要換気量の検討

(a) 呼気に対する検討

研究者、見学者、作業員を含め、同時に入坑する人数を 100 人程度とし、呼吸に必要な換気量を算定する。1人が吐出する CO₂ 量に対する必要換気量は 3.0 (m³/min・人) である。(建設業労働災害防止協会：ずい道工事等における換気技術指針)

$$Q_1 = 3.0 \times 100 = 300 \text{ (m}^3/\text{min)}$$

(b) 自然発生ガスに対する検討

自然発生ガスはディーゼル機関の排ガス、発破の後ガスなどに比べ、その発生量が少ないため、通常、自然発生ガスに対する換気量は考慮しない場合が多い。よって、本検討では地山からの自然発生ガスは無いものと仮定する。ただし、調査により可燃性ガス・酸素欠乏空気等の発生の可能性がある場合にはこれを考慮する必要がある。

また、超深地層研究所地下施設の建設予定地は、放射性物質が存在する可能性があり、坑内の空気中にも含まれることが予想される。この際には、鉱山保安規則と同等の基準を満たす必要がある。現時点ではその発生量が不明なため考慮しないが、調査によりその発生量が、ディーゼル機関の排ガス、発破の後ガスなどと比べて多いと判断された場合には、見直しを行う必要がある。

$$Q_2=0.0 \text{ (m}^3\text{/min)}$$

(c) 発破の後ガスに対する検討

切羽での掘削を発破で行うものとし、必要換気量を下記条件により算定する。

i) 主立坑

立坑掘削断面	: 47.1m ²
使用火薬	: 含水爆薬
	(火薬1kgより発生するCO ₂ の量: 5×10 ⁻³ m ³ /kg)
1発破あたりの掘進長	: 1.3m
COの管理目標濃度	: 50ppm
所要換気時間	: 15min
岩質	: 花崗岩
換気係数	: 0.4 (局所換気ファン有り)
地山1m ³ に対する火薬量	: 0.791 kg/m ³

上記条件で1回の発破に伴う有害ガス発生量は以下のようになる。

$$P=47.1 \times 1.3 \times 0.791 \times 5 \times 10^{-3} = 0.242 \text{ m}^3$$

$$Q_{3.1} = 0.4 \times 0.242 / (50 \times 10^{-6} \times 15)$$

$$= 129 \text{ (m}^3\text{/min)}$$

ii) 水平坑道 (立坑以外の坑道)

トンネル掘削断面	: 10.9m ² 幌形 (W3.5m×H3.5m)
使用火薬	: 含水爆薬
	(火薬1kgより発生するCO ₂ の量: 5×10 ⁻³ m ³ /kg)
1発破あたりの掘進長	: 2.0m
COの管理目標濃度	: 50ppm
所要換気時間	: 15min
岩質	: 花崗岩
換気係数	: 0.4 (局所換気ファン有り)

地山 1 m³ に対する火薬量 : 2.24 kg/m³

上記条件で1回の発破に伴う有害ガス発生量は以下のようなになる。

$$P=10.9 \times 2.0 \times 2.24 \times 5 \times 10^{-3} = 0.244 \text{ m}^3$$

$$Q_{3.2} = 0.4 \times 0.244 / (50 \times 10^{-6} \times 15)$$

$$= 130 \text{ (m}^3/\text{min)}$$

iii) 換気立坑

立坑掘削断面 : 25.9m²

使用火薬 : 含水爆薬

(火薬 1kg より発生する CO₂ の量 : 5 × 10⁻³ m³/kg)

1 発破あたりの掘進長 : 1.3m

CO の管理目標濃度 : 50ppm

所要換気時間 : 15min

岩質 : 花崗岩

換気係数 : 0.4 (局所換気ファン有り)

地山 1 m³ に対する火薬量 : 0.791 kg/m³

上記条件で1回の発破に伴う有害ガス発生量は以下のようなになる。

$$P=25.9 \times 1.3 \times 0.791 \times 5 \times 10^{-3} = 0.133 \text{ m}^3$$

$$Q_{3.3} = 0.4 \times 0.133 / (50 \times 10^{-6} \times 15)$$

$$= 71 \text{ (m}^3/\text{min)}$$

(d) 排ガスに対する検討

i) 主立坑

削岩機およびずり積み込み機等は、電気油圧式のものを使用するため、排ガスは発生しない。

$$Q_{4.1} = 0.0 \text{ (m}^3/\text{min)}$$

ii) 水平坑道（立坑以外の坑道）

工事中機械や工事中車両からの排ガスは、掘削ずり出し時に排出量が最大になると考えられる。水平坑道において、最も施工量の多い機械編成の場合の換気量を算出する。

表 4.3.6-1 に排出ガス算定のための諸定数を示す。

表 4.3.6-1 排ガス算出のための諸定数

機 械 名	仕様	出力 (PS)	出力当りの 換気量	台数	稼働率	換気量
キャリアダンプ	3.0 t	40	0.8	1	0.8	26

$$Q_{4.2} = (H_s \times q_s \times \alpha_s) + (H_d \times q_d \times \alpha_d) + (H_e \times q_e \times \alpha_e) = 26 \text{ (m}^3/\text{min)}$$

H_s : ショベル系機械総定格出力

H_d : ダンプ系機械総定格出力

H_e : その他機械総定格出力

q_s : ショベル系機械総定格出力当たりの換気量

q_d : ダンプ系機械総定格出力当たりの換気量

q_e : その他機械総定格出力当たりの換気量

α_s : ショベル系の稼働率

α_d : ダンプ系の稼働率

α_e : その他機械の稼働率

iii) 換気立坑

削岩機およびずり積み込み機等は、主立坑と同様に電気油圧式のものを使用するため、排ガスは発生しない。

$$Q_{4.3} = 0.0 \text{ (m}^3/\text{min)}$$

(e) 粉じんに対する検討

i) 主立坑

主立坑の施工では吹付けコンクリートがないため吹付け粉じんは発生しない。

$$Q_{5.1}=0.0 \text{ (m}^3/\text{min)}$$

ii) 水平坑道 (立坑以外の坑道)

粉じんの発生源の主なものは、吹付けコンクリートである。水平坑道では送排気方式により吹付けコンクリートの発生源付近で吸気させる。そのため、坑内発生推定粉じん量を1000mg/minとし、また、拡散は切羽付近に限られるとして、管理目標濃度を10mg/m³とする。ただし、平成12年に厚生労働省により策定された「ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン」では、一般的な断面のトンネル工事では、「切羽の後方50m地点での粉じん管理目標濃度を3mg/m³」としている。ただ、同ガイドラインにおいても、「中小断面のトンネルではこの値を達成するのは困難であり、できるだけ低い値を目標濃度とすること」とされているので、施工にあたっては粉じん抑制剤などを併用し、可能な限り粉じん濃度を低減することとする。

$$Q_{5.2}=Mg/Em=1,000/10=100 \text{ (m}^3/\text{min)}$$

Mg: 切羽付近での推定粉じん発生量 (mg/min)

Em: 管理目標濃度 (mg/m³)

iii) 換気立坑

換気立坑の施工では吹付けコンクリートがないため吹付け粉じんは発生しない。

$$Q_{5.3}=0.0 \text{ (m}^3/\text{min)}$$

(f) 坑内温度に対する検討

地下深部において坑内温度は上昇するが、平成9年度の検討の結果より換気により坑内温度を低下させるためには、多くの換気量が必要となることが判っている。よって、坑内に空調設備を導入することによって対処することとし、温度低下のための換気量は考慮しない。

$$Q_6=0.0 \text{ (m}^3/\text{min)}$$

(g) 最終的な所要換気量

以上より、最終的な所要換気量は以下のように算出される。

$$\begin{aligned} Q &= Q_1 + Q_2 + Q_{\max}(Q_{3,1}, Q_{4,1}, Q_{5,1}) + Q_{\max}(Q_{3,2}, Q_{4,2}, Q_{5,2}) \\ &\quad + Q_{\max}(Q_{3,3}, Q_{4,3}, Q_{5,3}) + Q_6 \\ &= 300 + 0 + 129 + 130 + 71 = 630 \text{ (m}^3/\text{min)} \end{aligned}$$

③ 換気方式の選定

換気方式は、ループを形成する主立坑→坑道 (1,066m) →換気立坑にかけては、施工の進捗にあわせて順次風管換気から坑道換気に切り替える。また、ループを形成できない坑道 (1,563m) は、風管換気を行うこととする。

④ 換気ファン、風管の選定

換気ファンの選定にあたっては、坑道の圧力損失を検討し、必要換気量および必要圧力を確保できる換気ファンを選定する必要がある。また、風管換気の部分では必要換気量と風管および坑道での圧力損失を考慮して換気ファンを選定する必要がある。坑口の換気設備は坑道換気に対する設備であるため、風管部分の動力を考慮する必要はない。よって、坑道換気するルートに沿った検討を行う。また、風管部分はその部分のみの検討を行う。

(a) 坑口換気設備に対する検討

坑口換気設備は、換気量 700 (m³/min) を、立坑部 (1,000m×2) と坑道部 (1,066m) を通す能力を必要とする。各坑道の通気量から坑道での圧力損失を検討すると以下となる。

i) 主立坑 (φ6.5m)

圧力損失係数 : 0.04

ライニングを施し、直線状で障害物有りの値 ; 0.031~0.043 の平均
(建設業労働災害防止協会 : ずい道工事等における換気技術指針)

坑道断面積 : $AF = 33.2 \text{ (m}^2\text{)}$

坑道内の風速 : $v = 700 / (33.2 \times 60) = 0.35 \text{ (m/s)}$

坑道の圧力損失 : $h = 0.04 \times 1.2 / (2 \times 9.8) \times 1,000 / 6.5 \times 0.35^2 = 0.046$ (mmAq)

ii) 換気立坑 (φ4.5m)

圧力損失係数 : 0.04

ライニングを施し、直線状で障害物有りの値 ; 0.031 - 0.043 の平均)
(建設業労働災害防止協会 : ずい道工事等における換気技術指針)

坑道断面積 : $AT = 15.9$ (m²)

坑道内の風速 : $v = 700 / (15.9 \times 60) = 0.73$ (m/s)

坑道の圧力損失 : $h = 0.04 \times 1.2 / (2 \times 9.8) \times 1,000 / 4.5 \times 0.73^2 = 0.290$ (mmAq)

iii) 水平坑道 (ループを形成する坑道 1,066m、幌形 W3.5m×H3.5m、

換気等価直径 φ3.73m)

圧力損失係数 : 0.23 (火成岩中で無支柱、ひどく湾曲している、

障害物無しの値 ; 0.16 - 0.29 の平均)

(建設業労働災害防止協会 : ずい道工事等における換気技術指針)

坑道断面積 : $AT = 10.9$ (m²)

坑道内の風速 : $v = 700 / (10.9 \times 60) = 1.07$ (m/s)

坑道の圧力損失 : $h = 0.23 \times 1.2 / (2 \times 9.8) \times 1,066 / 3.73 \times 1.07^2 = 4.6$ (mmAq)

坑道での圧力損失は、上記の和 4.9 (mmAq) の他に坑道の折れ曲がりによる損失、風門による損失等を考慮した総和となる。これらの損失は施設のレイアウトが確定した段階で検討することとし、現状では余裕を持たせた計画とする。

ここまでの検討結果では、必要な換気ファンは換気量 700 (m³/min)、送風圧力 4.9 (mmAq) を満足できるものとなる。ここで、今回考慮していないその他の圧力損失を考慮し、算定した必要換気量の2倍程度の能力を満たすものとする。

ここで、坑道の規模は次第に大きくなるため、必要換気量は初期の段階では少なく、最終的に上記の値となるが、設備の増設に要する時間により、研究が遅れる可能性が多分に考えられるため、当初より、最終必要換気量を満足する換気ファンを選定条件とする。

各種換気ファンのうち、条件を満足するものの一例として表 4.3.6-2 に示す仕様の換

気ファンを選定した。この換気ファンはインバータ制御により、運転出力の調整が可能であるため、建設や研究の進捗により変化する超深地層研究所地下施設の各段階において必要な換気量を供給することが可能である。この換気ファンの形状を図 4.3.6-2 に示す。

表 4.3.6-2 換気ファンの仕様

仕 様	FA - 2000
最大風量	2,100m ³ /min
最大静圧	30mmAq
動 力	11KW, 200V
口 径	φ1,800
制 御 盤	インバータ、スケジュール運転

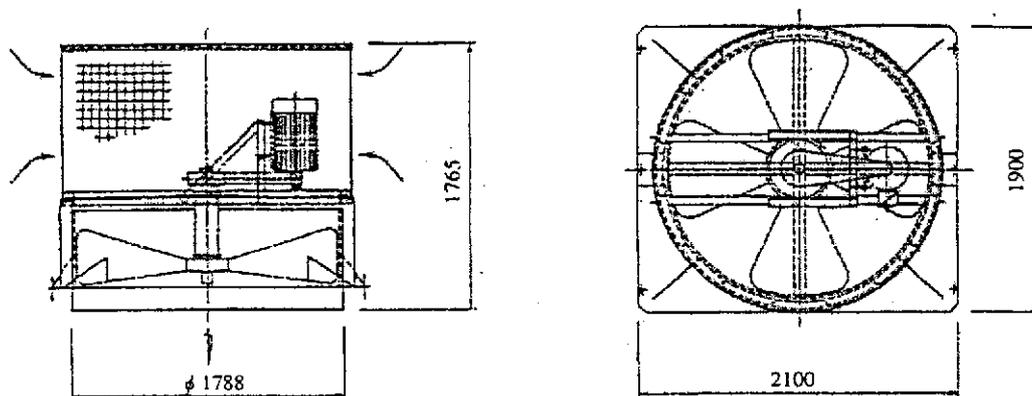


図 4.3.6-2 換気ファンの形状

ここで、建設初期よりこの換気ファンを坑口に設置するため、立坑掘削設備等の運転に支障なく、さらに効率的な換気を行うために坑口付近に風門と補助換気坑が必要と考えられる。

坑道換気を行う部分で、主立坑および換気立坑の切羽のように、施工期間中において行き止まりとなる箇所は、局所的に風管換気を併用して対応する。

主立坑 : $Q=33.2\text{m}^2 \times 0.3\text{m/sec} \times 60=597.6\text{m}^3/\text{min}$

換気立坑 : $Q=15.9\text{m}^2 \times 0.3\text{m/sec} \times 60=286.2\text{m}^3/\text{min}$

上記の能力を満足する換気ファンを、掘削の進捗にあわせて移設しながら使用する。

坑道換気部の概要図を図.4.3.6-3 に示す。

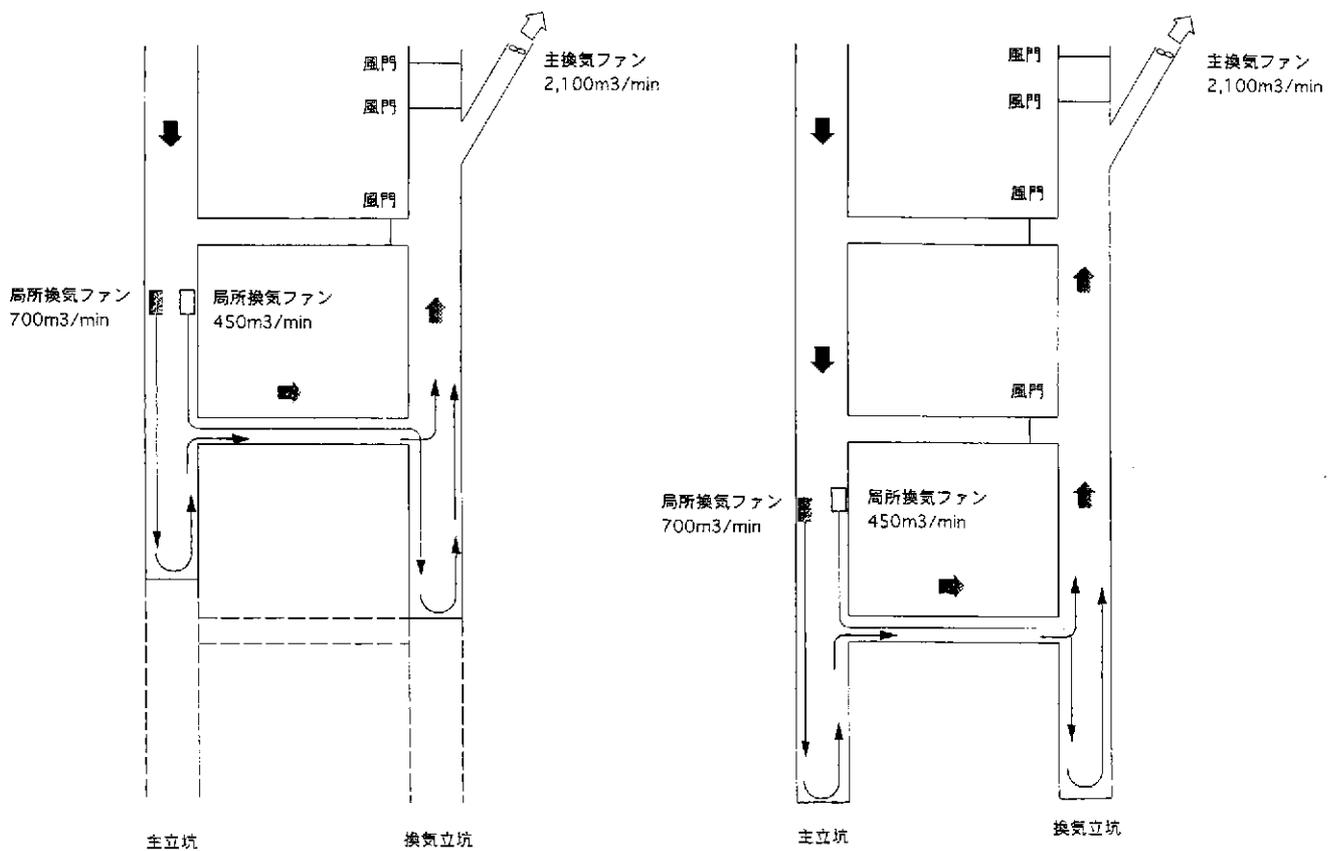


図 4.3.6-3 換気概要

以上の条件で換気ファンの検討を行うと以下のようになる。

トンネル全体の漏風率 : $m=0.015 \times 160 / 100 = 0.024$

換気ファンの風量 : $Q_f = 178 / (1 - 0.024) = 182.4 \text{ (m}^3/\text{min)}$

風管内の平均風速 : $v = 178 / (0.238 \times 60) = 12.5 \text{ (m/s)}$

風管内圧力損失 : $h_f = 1 / (1 - 0.024) \times 0.02 \times 1.2 / (2 \times 9.8) \times 160 / 0.55 \times 12.5^2 = 57.0 \text{ (mmAq)}$

風管口での圧力損失 : $h_b = 0.5 \times 1.2 / (2 \times 9.8) \times 12.5^2 = 4.8$

全体の圧力損失 : $h = h_f + h_b = 62 \text{ (mmAq)}$

以上より、風管換気部1箇所当たり必要な換気ファンは、スパイラル風管φ550mmを使用するとして、必要換気量182.4 (m³/min)、風圧62 (mmAq)を満足するものである。一例として表4.3.6-3に仕様を示す。

表 4.3.6-3 換気ファンの性能と概略寸法

型式	風量 (m ³ /min)	風圧 (mmAq)	口径 (mm)	大きさ (mm)			出力 (kw)
				長さ	外径	内径	
SF500-10B-3.7	200	80	500	2,305	680	580	3.7

⑤ 換気設備の使用数量

設備の使用数量を、表4.3.6-4に示す。

表 4.3.6-4 換気設備の使用数量

名 称	仕 様	数 量
坑道換気用ファン	FA - 2000	1台
主立坑換気ファン	PF - 90SW30	1台
換気立坑換気ファン	PF - 60SW15	1台
風管換気用ファン	SF500-10B-3.7	1セット *
風 管	スパイラル φ550	150m

水平坑道における風管換気については、代表的な場合についての検討を行った。現時点では建設時に切羽が複数同時に掘削することはないので、上記換気設備(*)は必要な場所に移設して使用可能であり、また、掘削が完了して研究のみを行っている坑道や枝分かれした短い坑道などはもっと軽微な局所ファンにて対応可能と考える。よって、これらの局所換気設備については、建設・研究の進捗に合わせてその都度対応する。

(2) 空調設備

超深地層研究所地下施設は深度 1,000m にも及ぶ大深度の地下施設となる。岩盤温度は深度とともに高くなり坑内温度が上昇するため、空気を冷却して坑内温度を 28℃以下に保つような空調設備を設置する。

労働安全衛生規則では、トンネル内の気温は 37℃以下としなければならないとし、気温が 28℃を超えるかまたは超える恐れのあるトンネル内の作業場、および通気設備が設けられているトンネル内の作業場では、半月以内ごとに一回、定期的に気温を測定し、その記録を 3 年間保存しなければならないと規定している。これを考慮し、快適な労働環境を確保するために坑内温度を 28℃以下に保つこととした。

① 放熱量の算出

坑内の岩盤の温度は、これまでの調査 (DH - 2 孔) の結果より、地下 500m 付近で約 28℃で、平均地温勾配は 0.39℃/10m である。この値を基に 1,000m 深度での孔内温度を算出すると約 48℃になる。

そこで、本検討では 1,000m レベルの坑道の岩盤深部の温度を 48℃とし、28℃の坑内に放出される熱量を算出して、1,000m レベルの坑道の坑内温度を 28℃に冷却するのに必要な空調システムの検討を行う。ここで、岩盤温度が 28℃以下となる 500m レベル坑道および立坑部については温度による影響を考慮しないこととする。また、「5.4 研究坑道レイアウトに関する検討」より、500m より深部ではループを形成できる坑道が 360m (180m×2) と、行き止まりの坑道が 930m (240m×2、150m×3) あるとして検討する。

放熱量は、岩盤から坑道内への通過熱量と同等である。また、坑道を中空円筒と仮定すると、定常熱伝導の理論解より、単位奥行き当たりの通過熱量は以下の式で算定される。(日本機械学会：伝熱工学資料)

$$q = (2\pi\lambda \times (T_1 - T_2)) / \ln(r_2/r_1)$$

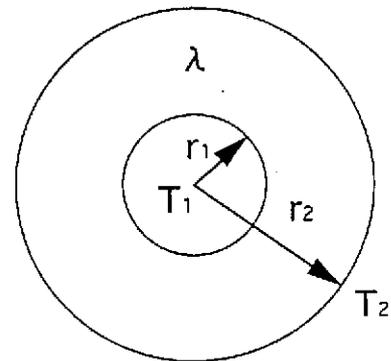
λ : 熱伝導率 (岩盤の熱伝導率)

T_1 : 円筒内温度 (坑内温度)

T_2 : 円筒外温度 (岩盤内温度)

r_1 : 円筒内半径 (坑内半径 D/2)

r_2 : 円筒外半径 (熱源までの距離、
影響半径)



各パラメータとして以下の値を用いる。

λ : (岩盤の熱伝導率) : 2.99kcal/mh°C (MIU-1 孔、深度 970m 付近
の平均値)

T_1 : (坑内温度) : 28°C (労働安全衛生規則による記録不要の温度)

T_2 : (岩盤内温度) : 48°C (DH - 2 孔の調査からの 1,000 深度の推定)

r_1 : (坑内半径 D/2) : 1.87m

r_2 : (影響半径) : 設定根拠がないため、以下に検討し設定する。

坑道壁面から影響圏までの距離と坑内への通過熱量の関係を図 4.3.6-4 に示す。これより、坑道壁面からの距離を 6.0m 以上とすると通過熱量の変化が少なくなることから、影響半径を 7.87m (6.0m+坑道半径 1.87m) とする。

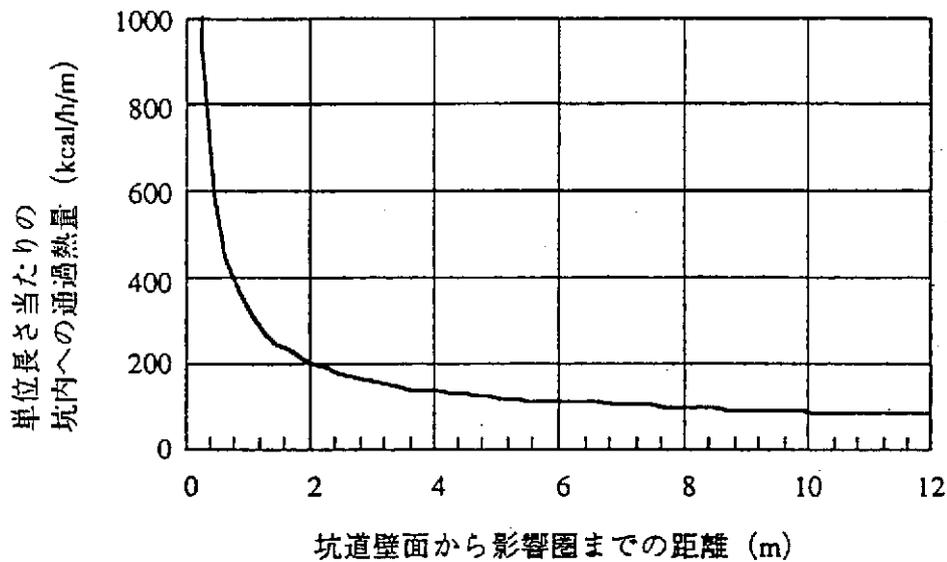


図 4.3.6-4 坑道壁面から影響圏までの距離と坑内への通過熱量の関係

以上の結果よりトンネル壁面からの放熱量を算定すると以下のようなになる。

坑道長：180m×2（ループを形成することができる坑道）

$$q_{180m} = 2\pi \times 2.99 \times (48 - 28) / \ln(7.87 / 1.87) \times 180 = 47,061 \text{ (kcal/h)}$$

坑道長：240m×2、150m×3（行き止まりとなる坑道）

$$q_{240m} = 2\pi \times 2.99 \times (48 - 28) / \ln(7.87 / 1.87) \times 240 = 62,748 \text{ (kcal/h)}$$

$$q_{150m} = 2\pi \times 2.99 \times (48 - 28) / \ln(7.87 / 1.87) \times 150 = 39,217 \text{ (kcal/h)}$$

全放熱量

$$q = q_{180m} \times 2 + q_{240m} \times 2 + q_{150m} \times 3 = 337,269 \text{ (kcal/h)}$$

② クーリングシステムの検討

地下 1,000m レベルの水平坑道に冷房用のクーリングシステムを設置し、発熱体を流体とともに坑外へ排出するシステムを採用する。

濁水プラントからの中水を利用して冷却水とするが、中水を坑外の冷却塔にて所定の温度に冷やして冷却水とし、坑内へ圧送する。坑内に設置されたチラーユニットは坑外から送られた冷却水を冷熱源として冷水を作る。この冷水は坑内のファンコイルユニット部へ送られ、冷暖用熱源に消費されて坑内空気を冷却する。冷暖用熱源からの排熱は暖められた冷水によりチラーユニットに送られ、その排熱はさらに冷却水によって坑外

～排出される。

坑内のクーリングシステムは冷却を行うトンネル総延長が長いこと、および施工中のトンネル延長の延伸に対応するため、小規模のものを分散して設置する。また、坑外の冷却塔は設置スペース、機器のコストからトータルの冷却水を供給できるものを初期の段階から設置するものとする。

坑内外のクーリングシステムの概念図およびレイアウト図を図 4.3.6-5 - 図 4.3.6-7 に示す。

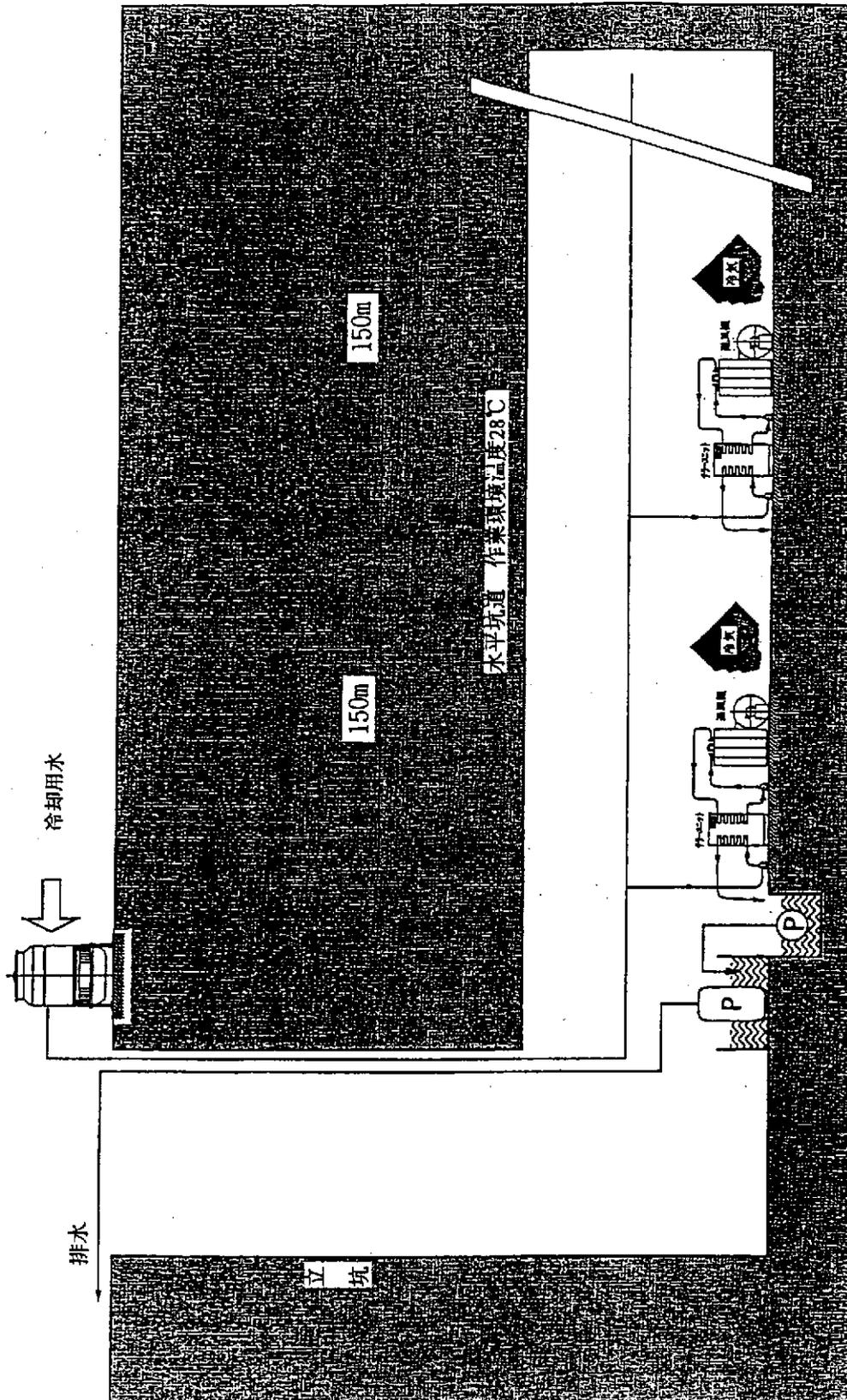
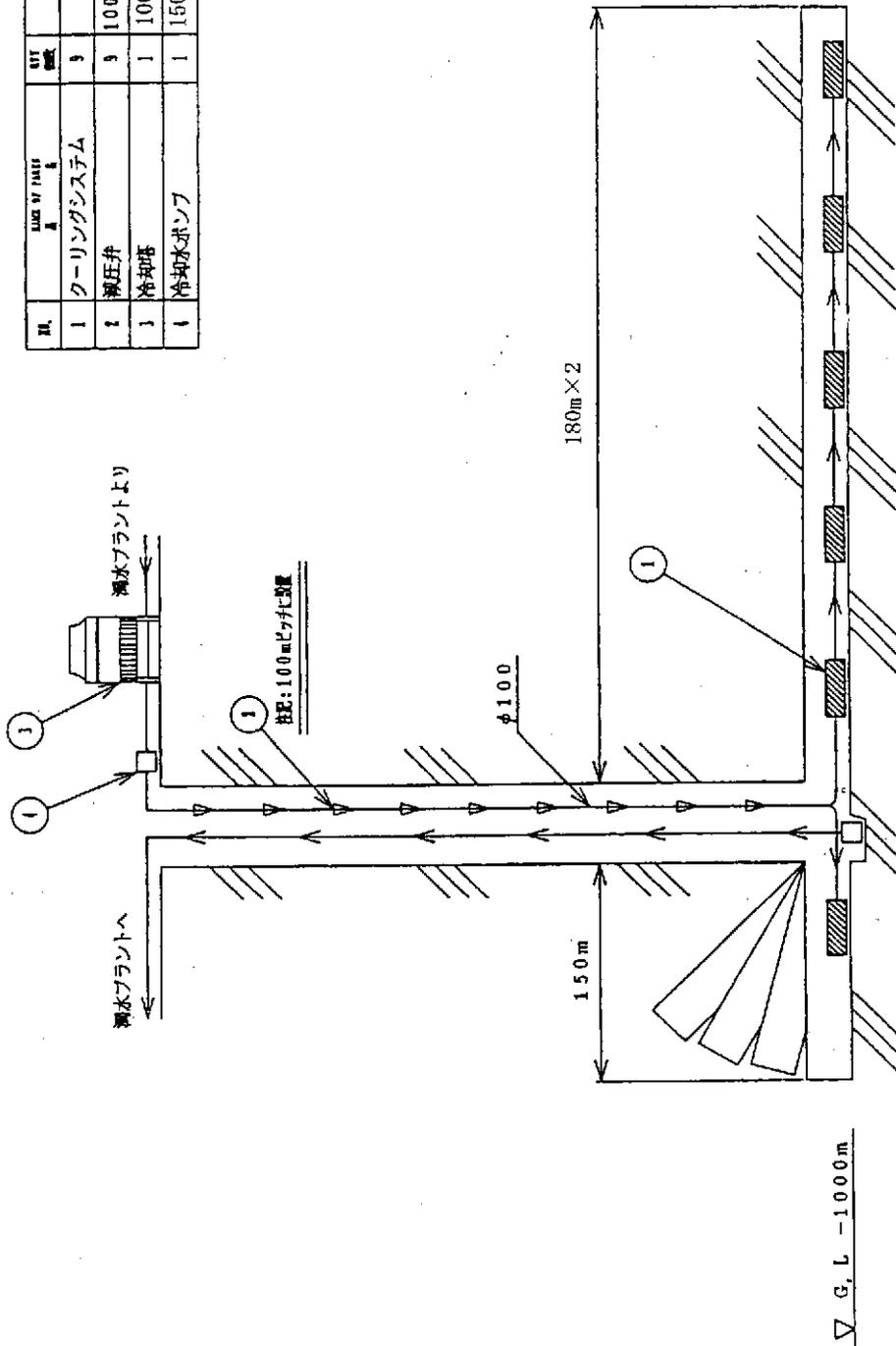


図 4.3.6-5 クーリングシステム概念図

品名	数量	仕様	単位	数量	仕様
1	1	クーリングシステム	台	1	100mピッチ設置
2	1	減圧弁	個	1	100 t
3	1	冷却塔	台	1	1500L/min

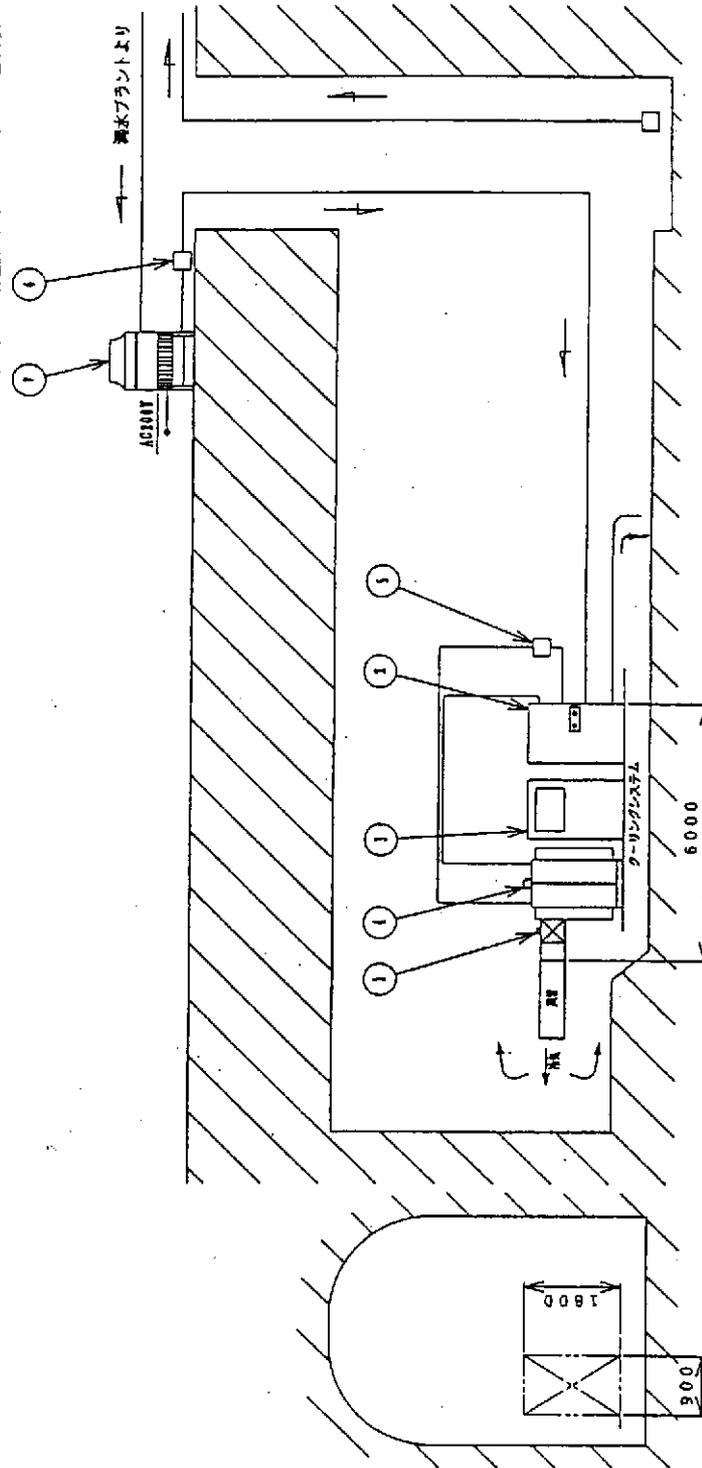


注記 冷水は水道水相当の水を使用すること

図 4.3.6-6 クーリングシステムレイアウト図 (その1)

品名	数量	仕様	単位
軸流ファン	1	180m ³ /min	
チラーユニット	1	24,000kcal/h	
コントロールパネル	1	インバータ制御	
ファンコイルユニット	1		
冷水ポンプ	5	0.75kW	
冷却水ポンプ	1	1500L/min	
冷却塔	1	100T	

※6, 7の容量はチラーユニットの合計分



注記 冷水及び冷却水は株式会社清水建設の水を使用すること。

図 4.3.6-7 クーリングシステムレイアウト図 (その2)

③ 仕様の検討

(a) 水平坑道 360m (180m×2) : ループを形成することができる坑道

水平坑道 360m には岩盤からの想定放熱量 $q=47,061 \times 2=94,122$ (kcal/h) に対して、安全側となるように坑内のクーリングシステム 20,000 (kcal/h) 級を 5 セット設置するものとする。このクーリングシステムはチラーユニット、ファンコイルユニット、コントロールパネルからなる。設置はトンネルの進捗にあわせて段階的に行い最終的に 5 セットの設備とする。

(b) 水平坑道 930m (240m×2+150m×3) : 行き止まりとなる坑道

水平坑道 240m には岩盤からの想定放熱量 $q=62,748$ (kcal/h) に対して、安全側となるように坑内のクーリングシステム 63,700 (kcal/h) 級をそれぞれ 1 セット、2 箇所を設置 (合計 2 セット) する。

水平坑道 150m には岩盤からの想定放熱量 $q=39,217 \times 3=117,651$ (kcal/h) に対して、安全側となるように坑内のクーリングシステム 20,000 (kcal/h) 級を 6 セット設置する。設置はトンネルの進捗にあわせて段階的に行い最終的に 6 セットの設備とする。

(c) 坑外設備

坑外地上部に冷却水供給のための冷却塔を設置する。冷却塔は上記のクーリングシステム 13 セットを稼働させることができる 100T の能力のものを設置する。

(d) 配管

クーリングシステム 1 セットに必要な冷却水は $0.06\text{m}^3/\text{min}$ 、 $0.26\text{m}^3/\text{min}$ である。全体に必要な冷却水量は $1.18\text{m}^3/\text{min}$ となる。この冷却水は 4 B 配管にて供給するものとする。

④ 使用数量

空調設備の使用数量を表 4.3.6-5 に示す。ただし、冷却水の配管は給水設備の節で取り上げる。

表 4.3.6-5 空調設備の数量

設 備	名 称	性 能	数 量
クーリング システム	チラーユニット	20,000kcal/h	11 台
		63,700kcal/h	2 台
	ファンコイル ユニット	風量 50m ³ /min	13 台
	コントロール パネル	インバータ制御	13 台
坑外設備	冷却塔	100T	1 台
	冷却水配管	4B、断熱材被覆	50m 程度

4. 3. 7 給排水設備

(1) 給水設備

給水設備の検討にあたっては、平成 10 年度の成果である給水設備の設計フロー（超深地層研究所 地下施設の設計研究 平成 10 年度報告書 p277、p278）に準じてこれを行う。図 4. 3. 7-1、図 4. 3. 7-2 に設計フローを示す。

超深地層研究所地下施設では、建設作業、試錐、試験研究、クーリングシステムなどの利用目的で給水が必要となる。設置する給水設備は、水の有効利用を考慮し、坑内湧水および工事用水を地上に設置した濁水処理プラントにて中和沈降処理し、再び坑内に供給して、中水として利用する。また、建設初期の段階において中水の不足を補うために上水を利用する。

この給水設備は仮設時に設置したものを本設時にそのまま利用する。

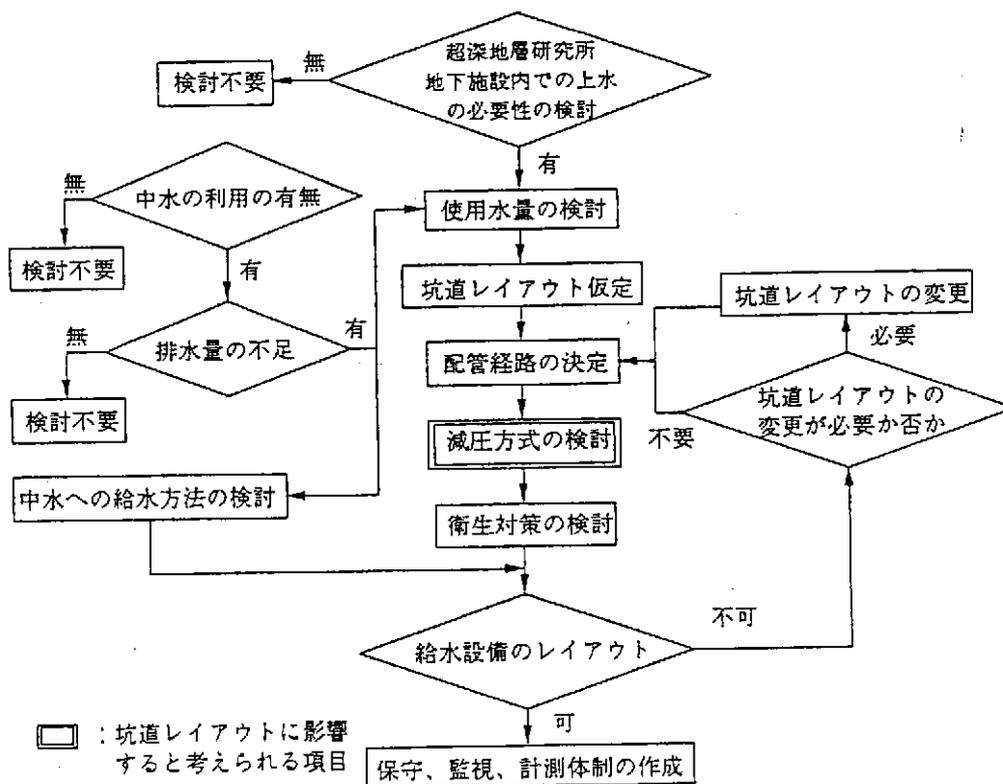


図 4. 3. 7-1 上水設備の設計フロー

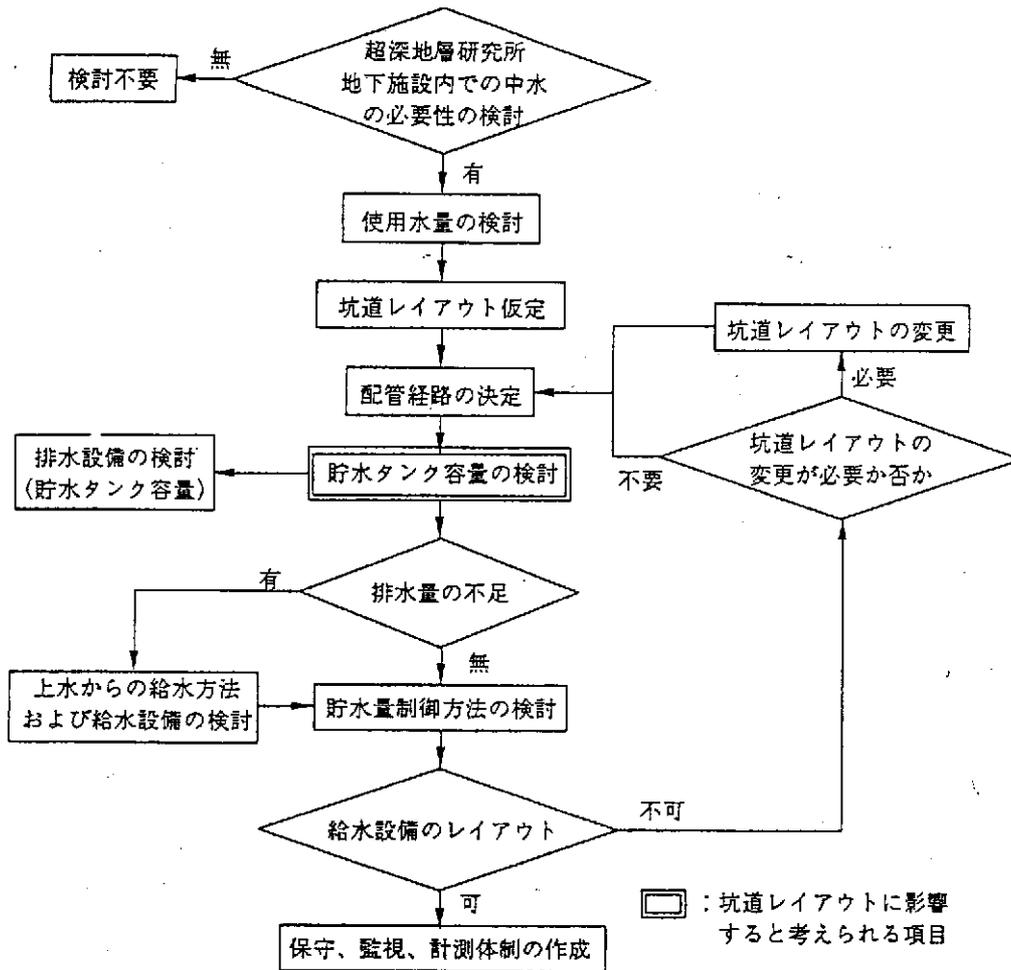


図 4.3.7-2 中水設備の設計フロー

(a) 上水設備の検討

上水設備は、超深地層研究所地下施設の建設初期の段階において、湧水量が少なく十分な中水の供給ができない場合の使用を目的として設置する。

衛生管理上から、飲料水としては上水を使用しない。

i) 使用水量の検討

施工に使用する水は基本として中水を利用する。十分な中水が供給できない場合（排水量が不足した場合）に上水で補う。

排水量が不足するのは、施工初期の段階において湧水量が少ない場合と考えられる。よって、主立坑と換気立坑が同時施工するので1施工箇所を使用する水量（最大で

0.2m³/min) の2倍を上水の計画量とする。

また、中間ステージ展開以降、施工および研究が同時に複数箇所では給水を必要とする可能性がある。しかし、この段階では施設が広がりを持ち、ある程度の湧水があると考えられ中水の供給が可能であるが、予備的にこの場合の上水の計画水量は1箇所で使用する水量(最大で0.2m³/min)の2倍とする。

以上より、上水の計画水量は0.4m³/minとし、期間は十分な注水が得られるまでとする。

ii) 配管経路および減圧方式の検討

立坑部に設置する配管には、100mピッチに減圧弁を設置し、1MPaに調圧することによって、配管内の最大圧力を2MPa以下にする。また、途中での水利用、施工時の配管の延長、補修等を行えるようスルースバルブや分岐管を付近に隣接して設置する。

上水の使用量はそれぞれの系統(主立坑、換気立坑)で最大でも0.2m³/min程度のため、2B管にて配管する。

(b) 中水設備の検討

中水設備は坑内の湧水、工事用水等を地上の濁水プラントに圧送し、これを濁水処理したものを中水として、地下施設内に供給するものである。中水は坑内における削岩機の削孔水等の工事用水、試験研究用水、クーリングシステムの冷却水として使用する。これらを施設内に供給するために、中水用の配管は工事用水2系統(主立坑、換気立坑にそれぞれ1系統)、冷却水用1系統(主立坑)を設置する。

i) 使用水量の検討

中水の使用は主に工事用水(試錐を含む)、坑内クーリングシステム冷却水である。

工事用水は同時に2箇所での施工を考え、最大で0.4m³/minとする。

坑内クーリングシステムの冷却水は「4.3.6 換気・空調設備」に示すように最大で1.18m³/minである。

ii) 配管経路および減圧方式の検討

工事用水の使用場所は複数箇所になり、削岩機の削孔用が主目的となるため、圧力低

下が少なくなるよう4B管を使用する。立坑部では100mピッチに減圧弁を設置し1MPaに調圧することによって配管内の最大圧力を2MPa以下にする。また、途中での水利用、施工時の配管の延長、補修等を行えるようスルースバルブや分岐管を50mピッチに設置する。

冷却水の使用場所（坑内クーリングシステム設置箇所）は最大13箇所を予定しているが、冷却水としての利用に限られ、圧力損失が特に問題とならないため、4B管を使用する。また、工事用水の配管と同様に、100mピッチに減圧弁、スルースバルブ、分岐管を設置する。

(b) 給水設備のレイアウト

上水および中水の給水設備のレイアウトの概要を図4.3.7-3に示す。給水した水の圧力は立坑部で1 - 2MPaに減圧調整するとともに、中間ステージ、最深ステージ、計測坑道などの水平坑道へは1MPaで水を供給する。

(c) 使用数量

坑内給水設備の使用数量を表4.3.7-1に示す。

表4.3.7-1 坑内給水設備の使用数量

名 称	仕 様	単 位	数 量
配 管	2B	m	2,100
減圧バルブ	2B、1MPa	個	10
スルースバルブ	2B	個	60
分 岐 管	2B	個	60
配 管	4B	m	6,540
減圧バルブ	4B1、MPa	個	27
スルースバルブ	4B	個	129
分 岐 管	4B	個	129

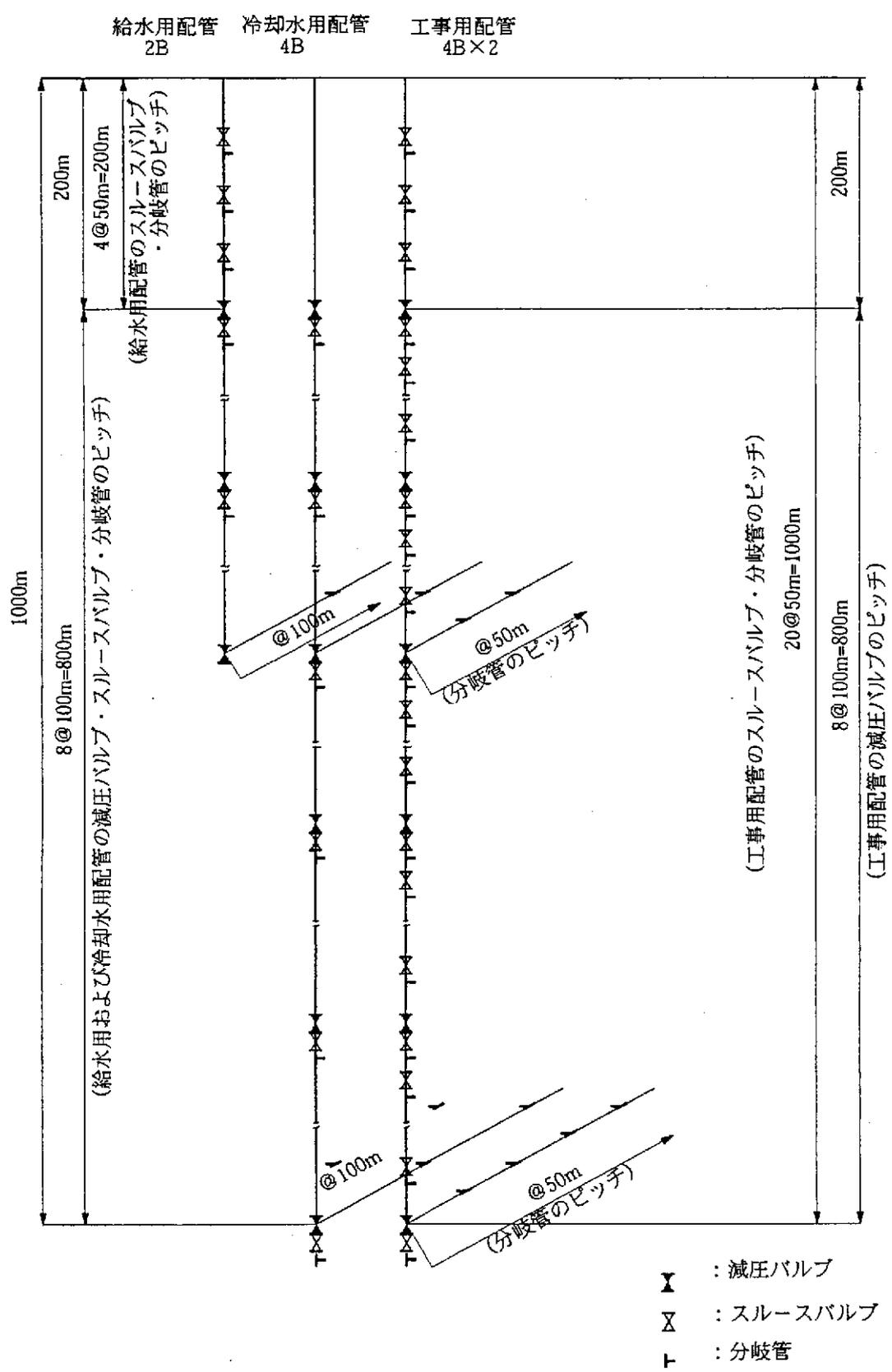


図 4.3.7-3 給水設備のレイアウト概要

(2) 排水設備

排水設備の検討にあたっては、平成 10 年度の成果である排水設備の設計フロー（超深地層研究所 地下施設の設計研究 平成 10 年度報告書 p282）に準じてこれを行う。

図 4.3.7-4 に設計フローを示す。

超深地層研究所地下施設に設置する排水設備は、仮設時に設置したものをそのまま本設時に使用するものとする。

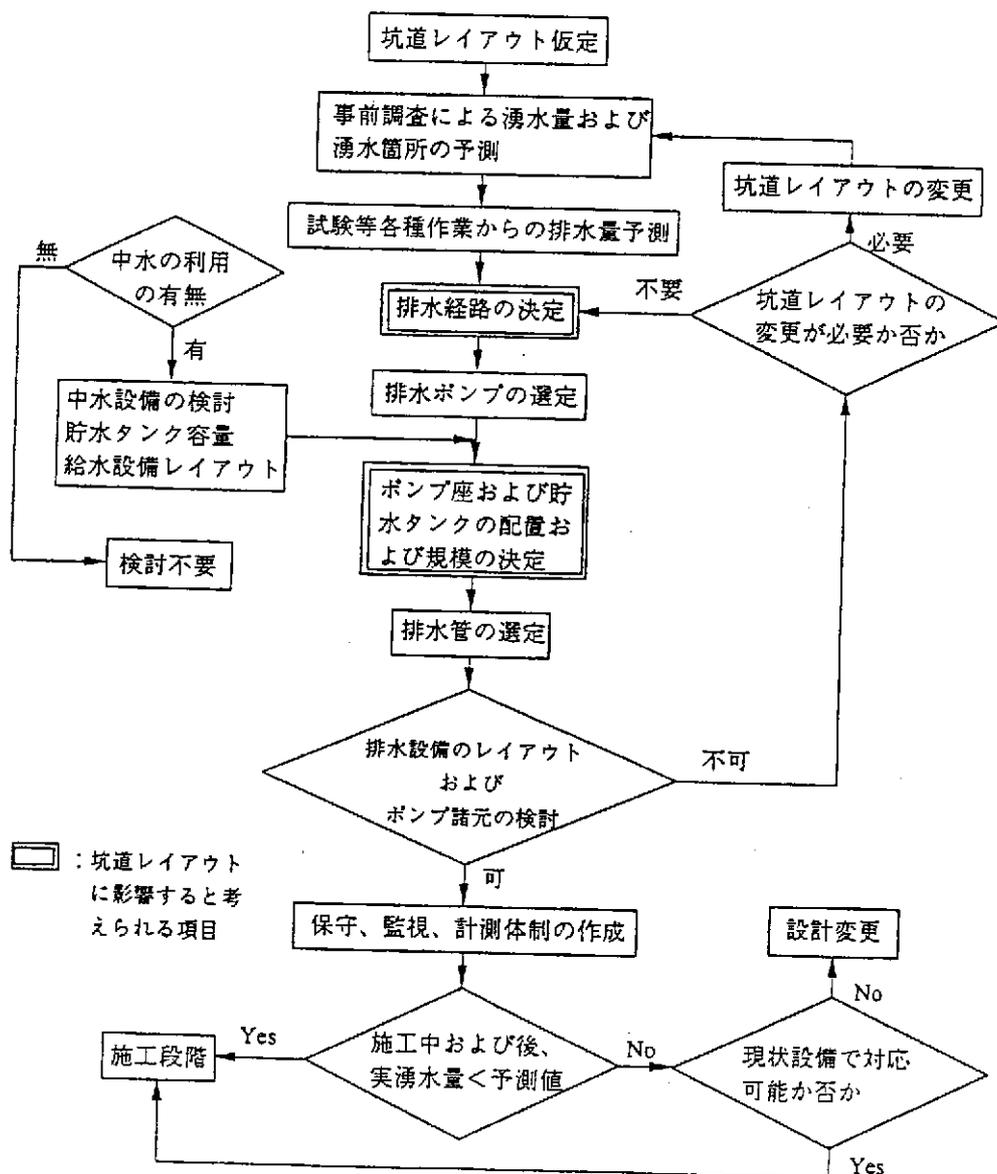


図 4.3.7-4 排水設備の設計フロー

(a) 排水量の算定

排水設備の検討を行うにあたり、総排水量を想定し、設備規模を決定する必要がある。総排水量は、施設内への湧水および施工、試験等からの排水により決定される。

i) 地下施設内への湧水量の算定

超深地層研究所地下施設が計画されている岩盤の透水係数は、AN-1号孔の結果から、割れ目帯で $10^{-5} - 10^{-6}$ (m/sec)、割れ目の少ない区間では $10^{-8} - 10^{-11}$ (m/sec)である。また、これらを均質と考えた場合の平均的な透水係数として 6.3×10^{-8} (m/sec)とすることにより、対象地域の地下水挙動をよく説明している(わが国を対象とした地下水流動解析、PNC TN7410 92-019(1992))。

地下施設の建設に伴う周辺地下水位の低下、特に、敷地外の地下水位の低下を小さくする必要が考えられる。ここで、立坑建設により、立坑部での地下水面が、立坑の底盤になると仮定して影響範囲の検討を行う。

地下水低下の影響の及ぶ範囲(影響圏半径)の算定はSeichardt(ジハルト)が提案した以下の式(根切り工事と地下水編集委員会(1991):根切り工事と地下水、土質工学会)を用いて行う。透水係数をパラメータとして、影響範囲の算定結果を表4.3.7-2に示す。

$$R = 3,000 \, s \, k^{1/2}$$

ここで、R: 影響半径 (m)

s: 水位低下量 (m)

k: 透水係数 (m/sec)

表 4.3.7-2 立坑建設による地下水の影響範囲

透水係数 (m/sec)	影響半径 (m)
1.0×10^{-7}	949
6.3×10^{-8}	753
1.0×10^{-8}	300
1.0×10^{-9}	95

敷地規模および周辺地下水環境への影響を考慮すると、影響半径は大きくとも数百～数十m以下にする必要があると考えられる。よって、割れ目帯に対する地盤改良を実施し、透水係数を小さくする（施設内への湧水を小さくする）必要があると考えられる。

割れ目帯に対する地盤改良により、全体の平均的な透水係数が 1.0×10^{-8} (m/sec) 程度になると仮定し簡易式により湧水量を算定する。ここで仮定した透水係数は割れ目の少ない部分でも大きめの値であり、全体の平均的な値 (6.8×10^{-8} (m/sec)) と比較して、割れ目帯の改良により十分可能な透水係数であると考えられる。

湧水量の算定は平成10年度の報告書より以下の式を用いて行う。

$$\text{立坑部} : Q = \pi k (H^2 - h_0^2) / l n (R/r_0)$$

ここで、Q：湧水量

k：透水係数

H：帯水層厚

h_0 ：不透水層から坑底までの高さ

R：影響半径

r_0 ：立坑半径

(根切り工事と地下水編集委員会 (1991)：根切り工事と地下水、土質工学会)

$$\text{水平坑道部} : Q = 2 \pi k H / l n (4H/d)$$

ここで、Q：湧水量

k：透水係数

H：地下水面からの坑道の深度

d：坑道径

L：坑道延長

(大島洋志 (1983)：トンネル掘削に伴う湧水、湧水の予測、トンネルと地下、第14巻10号)

以上の条件より、地下施設への湧水量を算定すると、約2.0 (m³/min) となる。

参考値として、海外の地下研究施設での湧水量を表4.3.7-3に示す。

表 4.3.7-3 各透水係数に対する施設全体への湧水量

施設	透水係数 (m/sec)	湧水量 (m ³ /min)
超深地層研究所	1.0×10^{-8}	2.00
URL (AECL)	-	0.006
HRL (SKB)	-	2.00

ii) 試験、施工からの排水量の算定

施工からの最大排水量は水平坑道で 0.2 (m³/min) 程度、立坑で 0.2 (m³/min) 程度である。また、試験からの排水量は、施工に比べてかなり少ないと予想され、ここでは考慮しないこととする。同時に施工する切羽を考慮して総括すると最大で 0.4 (m³/min) 程度の排水が想定される。

iii) 冷却水

冷却水として坑内に給水され、チラーユニットにより排水される水量は、施設全体で、1.18 (m³/min) となる。

iv) 総排水量の算定

総排水量は、施設内への湧水および試験、施工からの排水量、冷却水量の総和により算定される。よって、上記の結果より、総排水量は 3.58 (m³/min) となる。実施工時の湧水量がこの予測値を上回る場合は、排水設備の増設により対応するものとし、ここでは総排水量を 3.6 (m³/min) として排水設備の検討を行う。

(b) 立坑部排水システム (メインシステム) の検討

湧水量の検討の結果より、排水量を 3.6 (m³/min) として排水システムの検討を行う。

i) ポンプの設置間隔の検討

ポンプの設置間隔については、施工性および本設備として使用する事等を考慮して、地表面から下に 100m 間隔で設置する。

また、システムの系統数は、供用中のメンテナンス等を考慮して、常時稼働する系統と、非常時に稼働する系統の2系統とする。

ii) ポンプの検討

ポンプは大きく分けて2種類ある。1つは、貯水タンクの外に据えつけるタイプのポンプであり、もう1つは、貯水槽内の水中に入れるタイプのポンプである。

据えつけるタイプのポンプの全揚程と吐出し量の関係の例を図 4.3.7-5 に示す。この図に示されるように、据えつけタイプのポンプは、高揚程、大水量への対応が可能であり、1000mの揚程に対し、1台のポンプで対応可能な機種もある。しかし、高揚程、大吐出し量のポンプは、設備規模が大きくなり、ポンプの値段も高くなる傾向にある。

水中ポンプの内、高揚程の機種に対する全揚程と吐出し量の関係の例を図 4.3.7-6 に示す。水中ポンプの場合、1000mの揚程に対し1台で対応することは出来ないため、何段かに分けて排水する必要があり、その段毎に貯水槽の設置が必要となる。また、排水量が多い場合は、ポンプを並列に配置する必要がある。

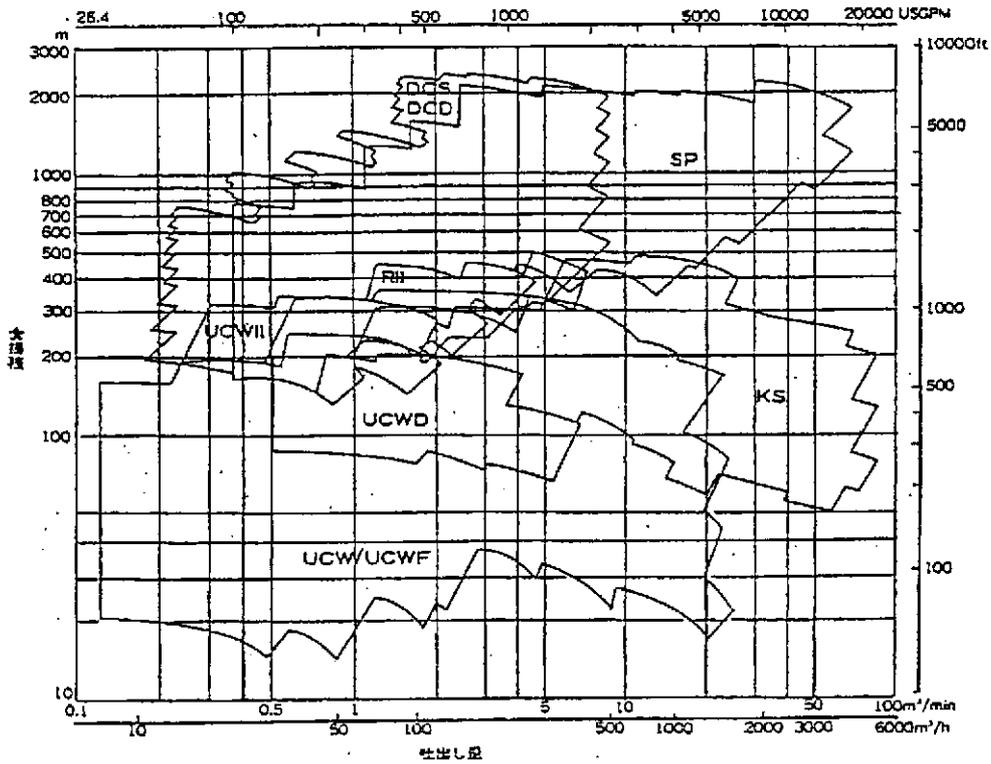


図 4.3.7-5 据付タイプのポンプの全揚程と吐出量の関係の例

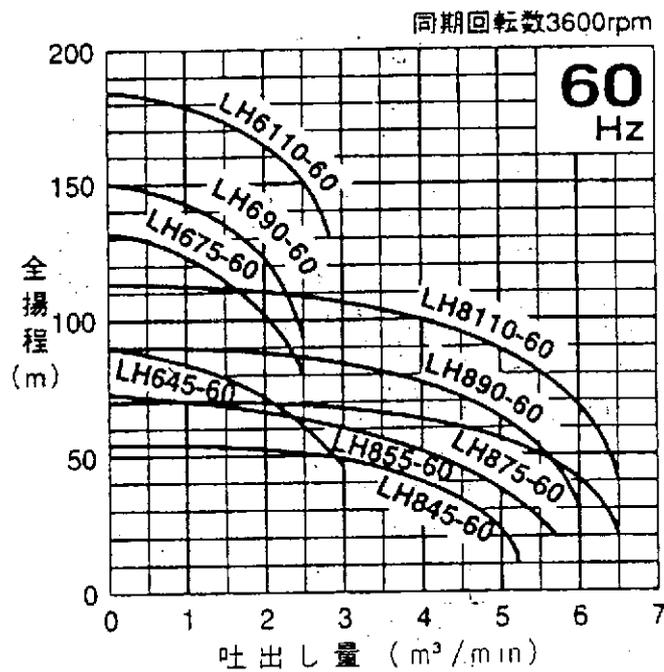


図 4.3.7-6 水中ポンプの全全揚程と吐出量の関係の例

上記で選定したポンプを設置するためには、ポンプ1台につき1.0m(縦)×1.0m(横) によって、100m ほどの予備スレージに、坑道底盤部を掘削して上記寸法を十分に満足するピットを設ける。

(c) 貯水タンクの検討

立坑部のポンプは、立坑の施工時のもとも考えて100mピッチで10段に分けて予備も含め20個のポンプが設置される。また、据付けタイプのポンプは高揚程、大吐出の場合、大規模でコスト高なことから、ポンプ形式は水中ポンプを選定し、揚程100mで、吐出量3.6m³/minを上回るLH8110型の機種を使用する。このときのエネルギー損失を考慮した実揚程の検討結果を表4.3.7-4に示す。

$$f = 0.04 + 1 / (1,000D) \quad f : \text{損失係数} \quad D : \text{直管の口径 (m)}$$

ポンプの選定は、必要な全揚程および吐出量を満足しなければならぬ。水を吸込み水位から吐出し水位に揚水するには、実揚程(ポンプの吐出し水位と吸込み水位の差)のほかに吸込み口、各種弁、曲管および管路の摩擦等、管路内のすべての損失を加えてポンプの全揚程としなければならない。水頭損失の検討に当たり、吸込み口(損失係数は形状により異なるが、0.5と仮定)、曲管(損失係数は角度90°の場合1.0で2箇所と仮定)、各種弁(損失係数は弁により異なり1.0程度ものを2箇所、0.5程度ものを1箇所設置すると仮定)等の直管部分以外の全ての部分での損失係数の合計を5.0と仮定した。また、直管部は施設の長期利用を考慮し、管が古くなった場合の損失係数として、以下の式を用いて算出した。

表 4.3.7-4 水中ポンプ：LH8110 型の検討結果

排水量		(m ³ /min)	3.6	
仕様			常時用	非常時用
管径		(m)	0.20	0.20
1段あたりの揚程		(m)	100	100
1段のポンプ台数		(台)	1	1
ポンプの合計台数		(台)	10	10
1本あたりの排水量		(m ³ /sec)	6.00E-02	6.00E-02
流速		(m/sec)	1.91E+00	1.91E+00
損失係数			4.5E-02	4.5E-02
管の損失水頭		(m)	5.44E+00	5.44E+00
形状損失水頭		(m)	9.08E-01	9.08E-01
速度水頭		(m)	1.86E-01	1.86E-01
必要揚程		(m)	1.07E+02	1.07E+02
ポンプの 大きさ	外径	(mm)	592	592
	長さ	(mm)	1,787	1,787
	質量	(mm)	1,250	1,250
備考			常時稼働 (貯水層に水が貯まると フロートスイッチにより稼働)	非常時またはメンテナ ンス時に稼働

(d) 水平坑道部排水システムの検討

水平坑道は立坑から上り勾配で施工するため、排水は立坑に流入する。そこで、立坑手前に釜場を設けて、流入した排水をサンドポンプにて立坑部排水システムの集水ピットに汲み上げる。

(e) 排水設備の仕様および系統

ポンプは稼働し続けるのではなく、貯水ピットの水量により、フロートスイッチで稼働させる。ポンプ停止時には排水管内の水が逆流するのを防ぐために、チャッキ弁を設置する。

排水設備の仕様および系統図を図 4.3.7-7 に示す。

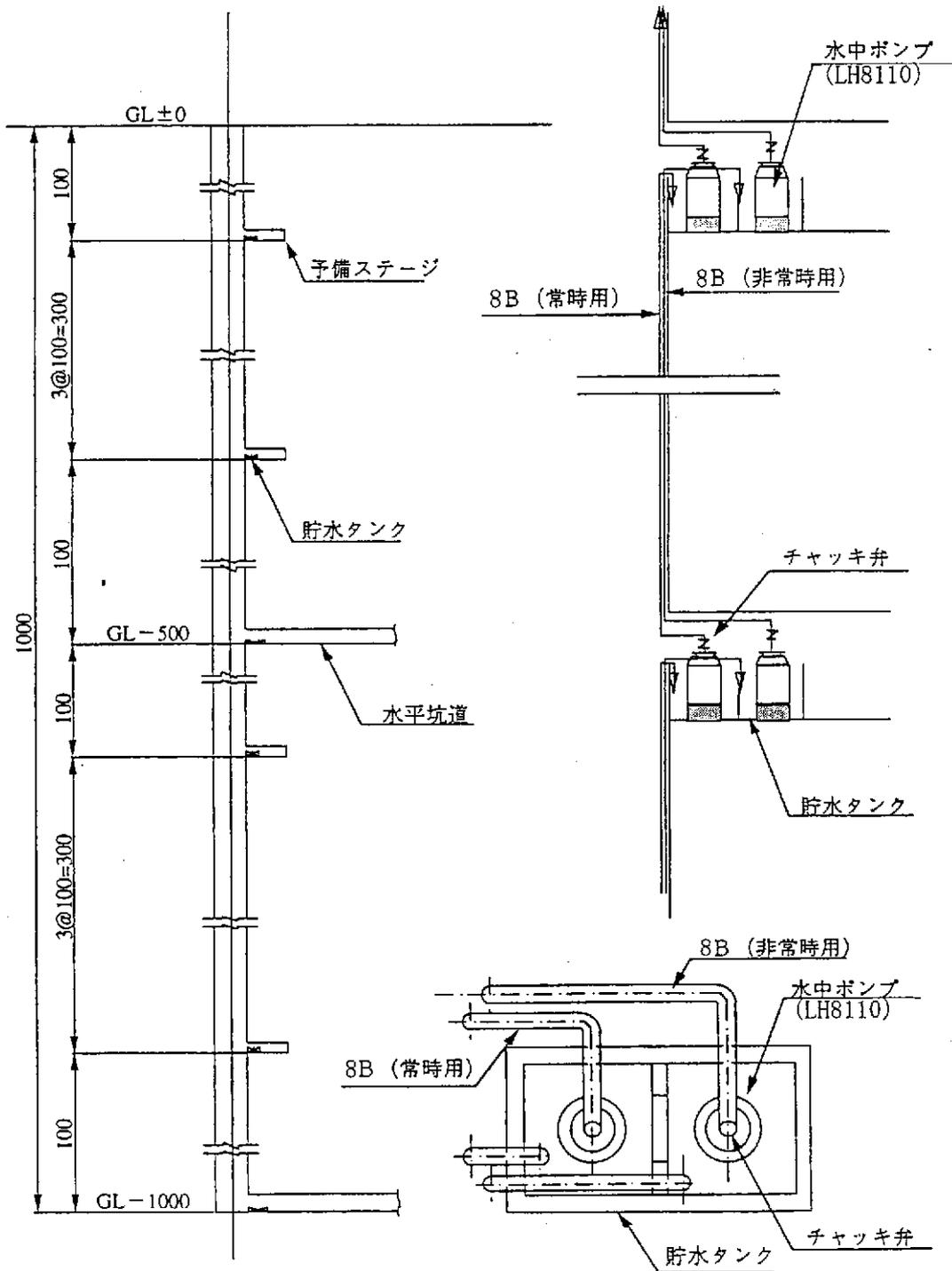


図 4.3.7-7 排水設備の仕様および系統

4.3.8 安全・その他仮設備

(1) 安全・その他仮設備の計画

安全・その他仮設備として下表の設備を設置する。

安全・その他仮設備一覧表

	項目	設備	備考
安全設備	退避(坑)設備	・ 防火扉(車椅子幅1m以上)、火災時及び平常時給気設備、火災時及び平常時通信設備	・ 火災時退避所・避難経路の確保 ・ 酸欠対策を含め常時給気し、坑内及びステージ部の換気に利用
	坑内外通信監視連絡設備	・ 坑内監視装置 I T V ・ 坑内および坑外電話 ・ 外線通話 ・ 主立坑、換気立坑の独立した2系統とする	・ 切羽の進行に応じて移動及び増設 ・ 事務所管理が可能 ・ 集中監視システム
	転落、落下、飛来対策	・ 転落防止柵、防護ネット	・ 坑口開口部、各ステージ・坑道、スcaffolding作業台等の各設備に設置 ・ 朝顔の設置(細目ネットor盲板張りで折たたみ可能)
	消火設備	・ 消火器、消火栓 ・ 火災警報装置	・ 消火器・消火栓・警報装置を必要な場所に設置 ・ 消火栓は給水管に取付ける
	酸欠、有害ガス対策	・ ガス検知器	・ 切羽の進行に応じて移動及び増設 ・ 事務所管理(集中監視)が可能 ・ 警報装置を必要な場所に設置
	救護設備	・ 担架、救急医療セット ・ 避難マスクその他 ・ 空気呼吸器	・ 作業場所近くの適切な場所及び退避(坑)設備に設置 ・ 空気呼吸器は坑口付近の適切な場所に設置
その他設備	各ステージへのアクセス設備	・ 両立坑とも各ステージへの人の乗降設備と資機材の搬出入設備を設置する	・ 各ステージ部分において、立坑を拡幅し周囲に約1mの通路を確保する(車椅子対応は有効幅1m以上確保)
	火薬類設備	・ 火薬類取扱所 ・ 火工所	・ 坑外に設置
	修理工場	・ 機械・工具の点検修理 ・ 金物の加工 ・ 予備機器の収納	・ 坑外に設置
	入場者管理	・ 所在管理システム(I Dカードシステム、就労情報システム=ICカード)	・ 人間の入場・退場が把握できるシステムの設置(事務所管理が可能)
	その他設備	・ 休憩室(退避坑を利用) ・ 簡易トイレ	・ 各水平坑道部に退避坑 ・ scaffolding上に設置

(2) 退避(坑)設備

予備ステージ、計測坑道、中間ステージ、最深ステージのすべての水平坑に退避坑設備を設ける。

退避坑設備は、普段は休息所として利用する。

退避坑の面積は、一人当たり 1m² とし、その他に救護機器等の置場を考慮する。退避坑に設ける給気設備と通信設備は、主立坑、換気立坑の両方から独立した 2 系統の設備を引き込み設置するものとし、片方の立坑で火災が発生した場合もう片方の立坑の設備により非常時の給気と通信を行うものとする。

ただし、給気管については管内において長時間空気が停止していると酸欠状態となる可能性があるため、給気開始時に酸欠空気を坑内へ供給してしまう事の無いよう、設備の仕様や運用管理に注意し正常な空気を送れるようにする必要がある。

平常時の退避坑内及び各ステージ内の換気のためにも、常時送気を行う方法がよいと考えられる。

防火扉や通路については、車椅子による通行が可能にするためには有効幅 1m 以上とする。

また、主立坑と換気立坑の間にあるすべての水平坑道に防煙扉を設け、主立坑と換気立坑とを独立させることにより、片方の立坑で火災が発生した場合にもう片方の立坑施設を利用した避難ができるようにする。

退避人数	切羽要員	7名×1方=	7名
	研究要員		5名
計			12名

避難要員は12名程度で有るが予備ステージで作業中は研究員の立ち入りはほとんど無いため退避所の用員としては7名程度とする。

1人当り面積		$1.0\text{m}^2 \times 7 =$	7.0m^2
備品置場	呼吸器 (500×300×600×12台) / 3	$1.2\text{m}^2 \times 1 =$	1.2m^2
余裕幅		$3.0\text{m}^2 \times 1 =$	3.0m^2
計			11.2m^2

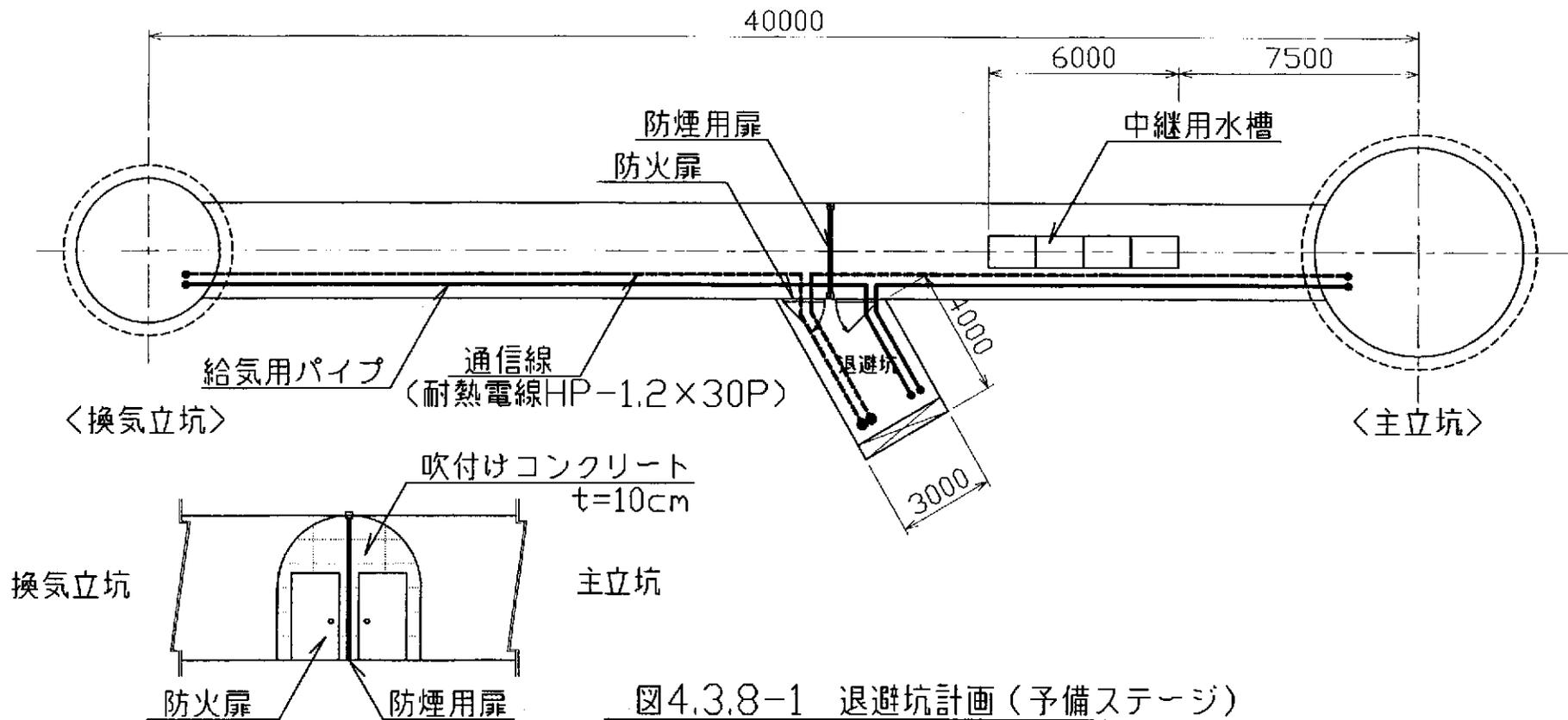


図4.3.8-1 退避坑計画（予備ステージ）

退避人数	切羽要員	7名×1方=	7名
	研究要員		5名
計			12名

1人当り面積		$1.0\text{m}^2 \times 12 =$	12.0m^2
備品置場	呼吸器 (500×300×600×12台) / 3	$1.2\text{m}^2 \times 1 =$	1.2m^2
計			13.2m^2

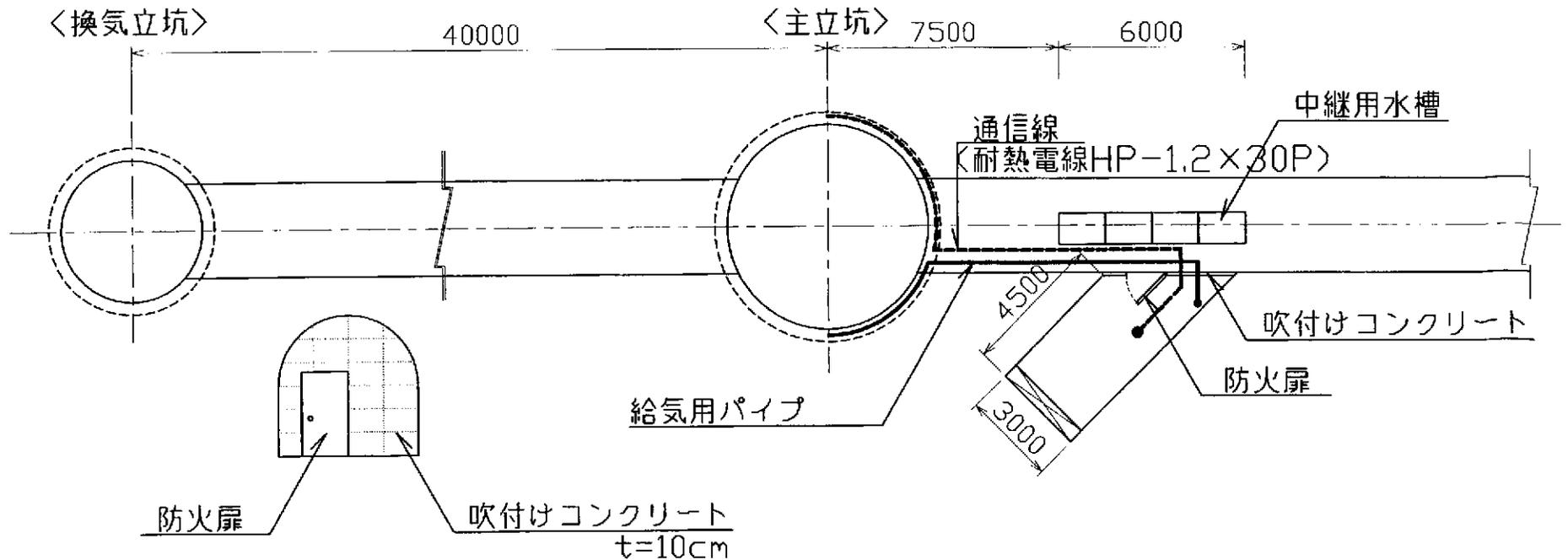


図4.3.8-2 退避坑計画 (計測坑道)

退避要員	掘削	7名×2	14m ²
	研究	10名	10m ²
	見学者	24名	24m ²
計			48m ²

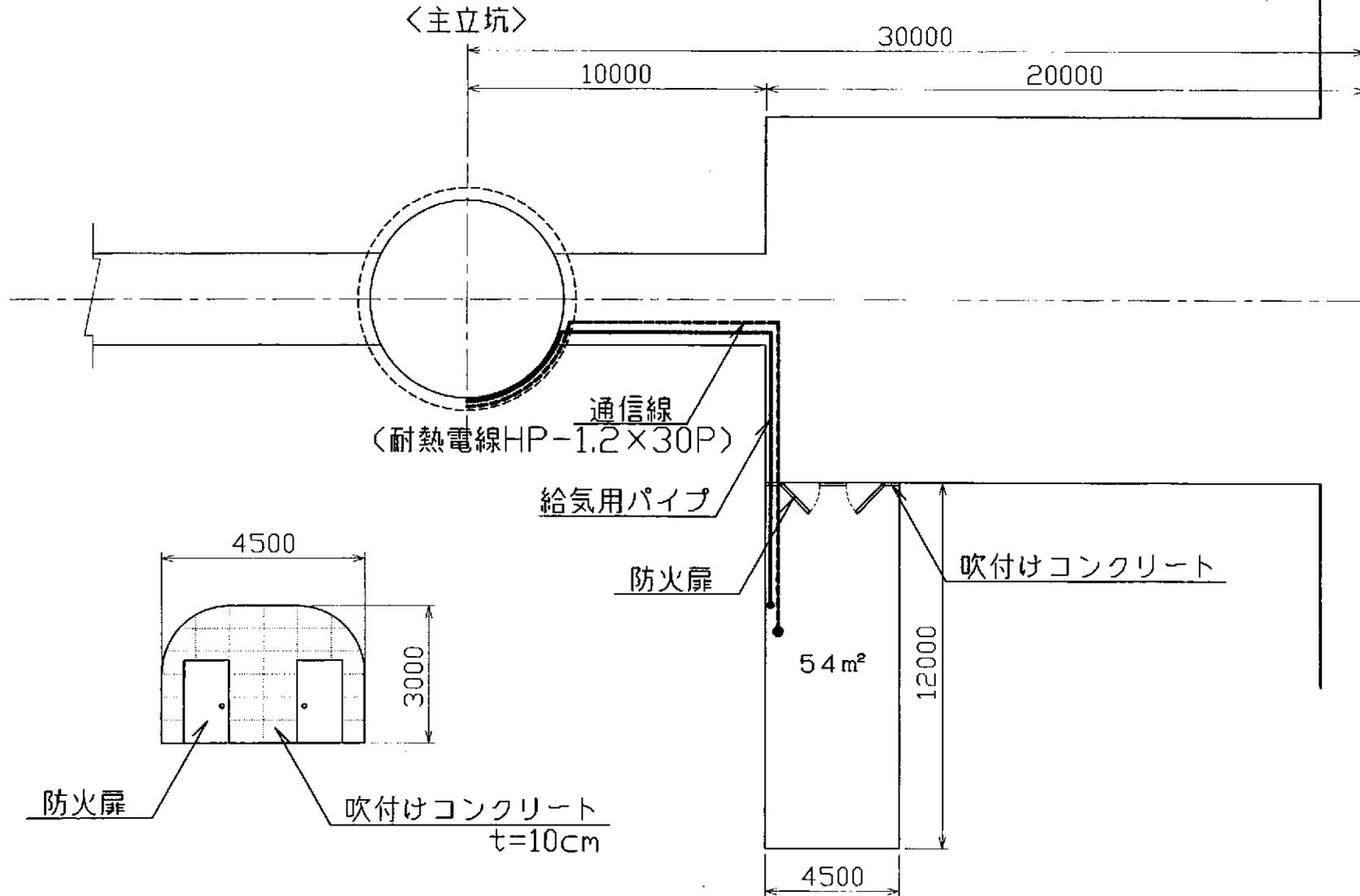


図4.3.8-3 退避坑計画(中間・最深ステージ)

中間・最深ステージ

防煙用扉により主立坑と換気立坑側を区分、独立させて避難経路を確保する。

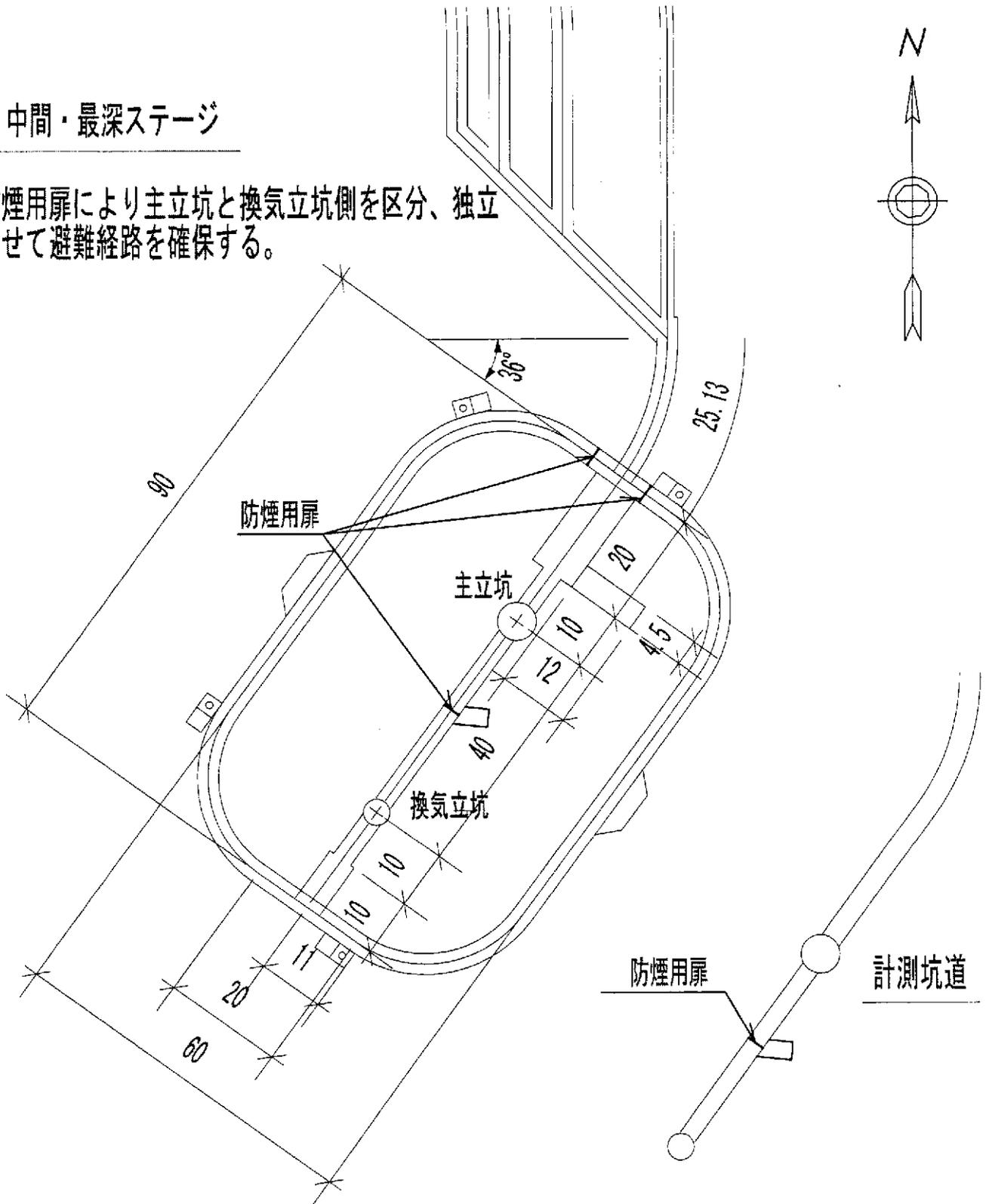


図4.3.8-4 水平坑道部防煙用扉位置図

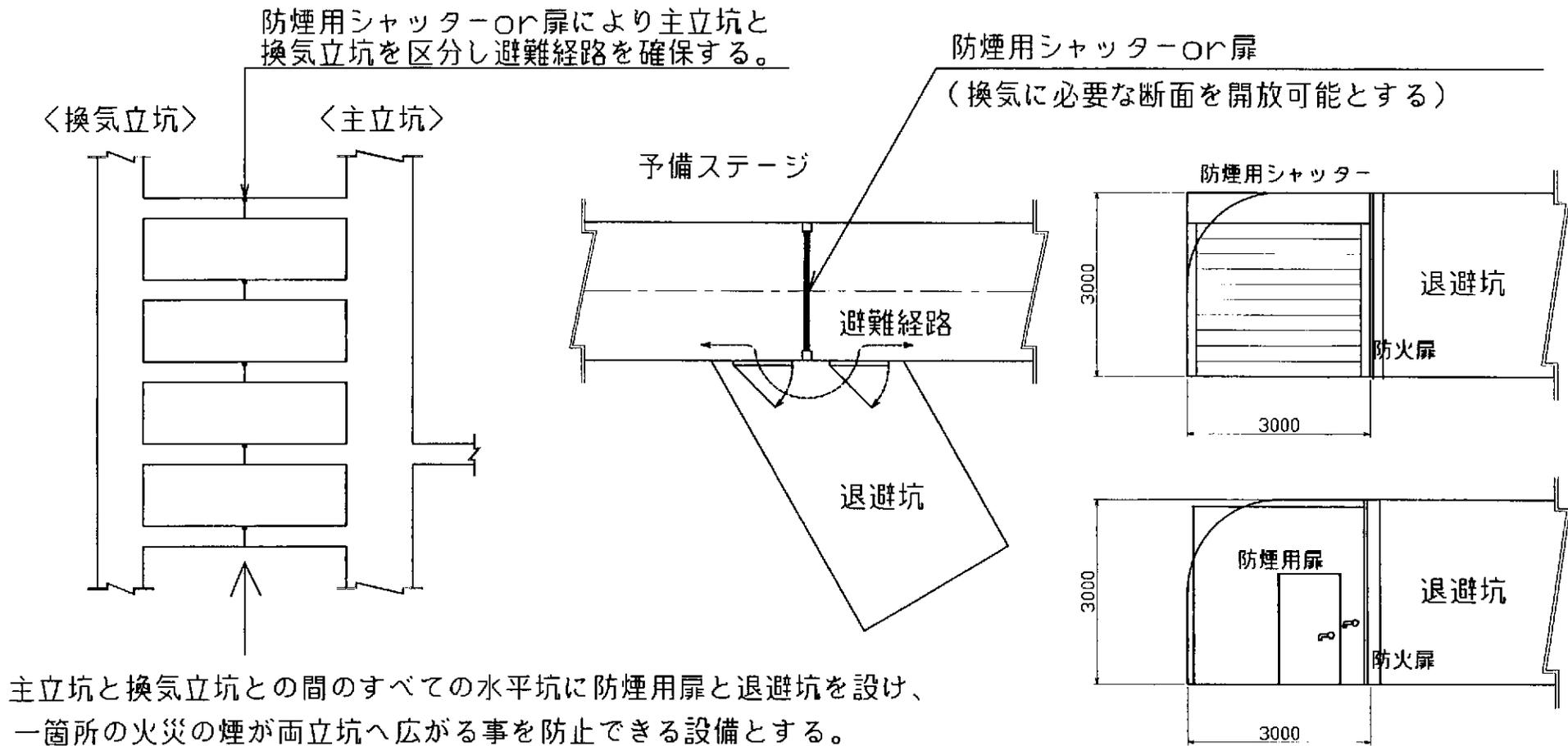


図4.3.8-5 防煙設備と避難経路

(3) 坑内外通信監視設備

次頁に坑内外通信監視設備を示す。

非常時を考慮し、通信設備は主立坑と換気立坑を独立させて2系統とする。

坑内外通信監視設備は集中監視システムを導入し、事務所においてモニターにより以下の情報を表示し、常時把握と管理を行ない、必要な情報は記録する。

人員の所在把握（IDカードによる入退坑監視システム）

坑内の設備・作業状況把握（遠隔監視CAMシステム）

電話による通信者の所在把握（IP電話）

坑内ガス検知・異常監視（ガス濃度等の測定結果）

プラント状況等の監視（流量、PH、濁度等の状況）

トンネル変位、応力等の計測結果（動態観測結果）

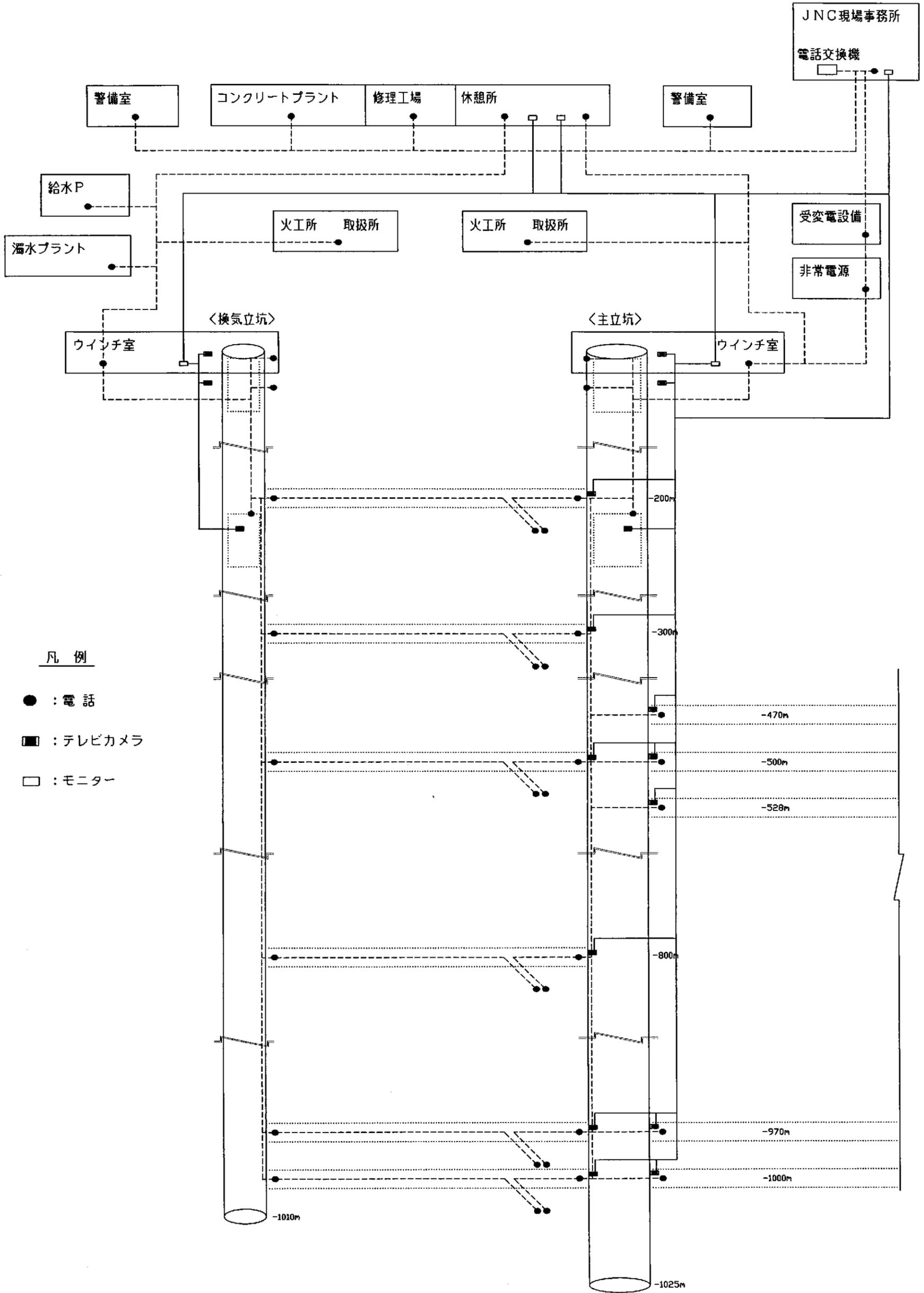
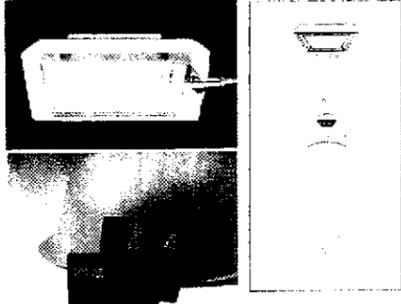


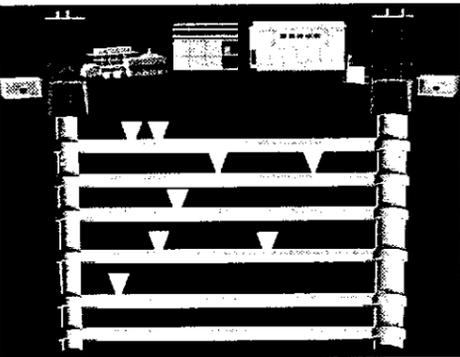
図4.3.8-6 坑内外通信監視連絡設備

入退坑監視システム

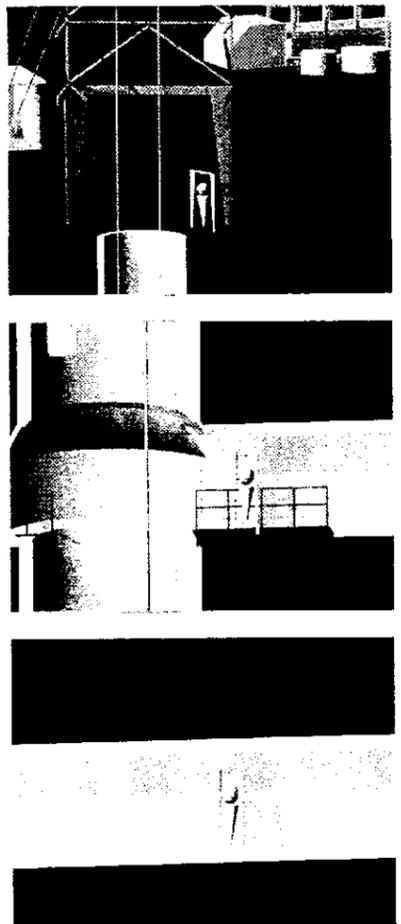
入退坑センサ



入坑者位置モニタ



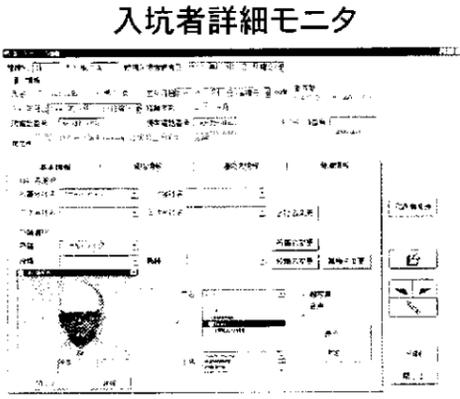
入退坑ゲート



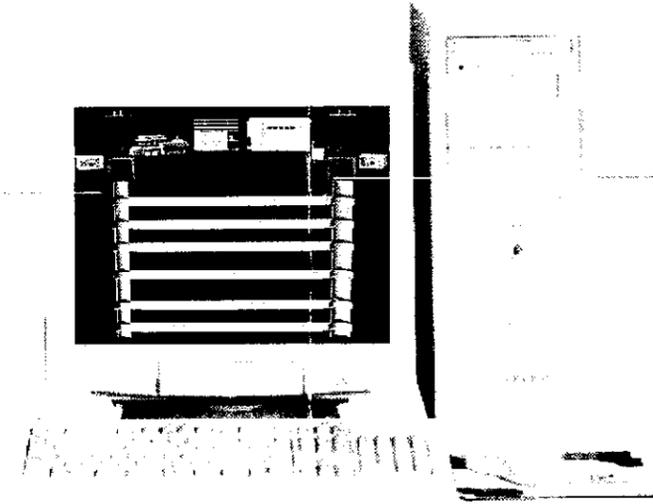
入坑者状態モニタ



入坑者詳細モニタ



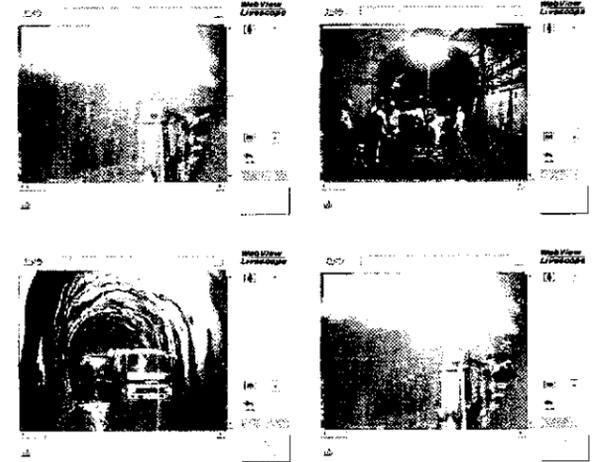
トンネル集中監視モニタ
(複数モニタ設置)



遠隔監視CAMシステム

遠隔監視CAM
遠隔操作
・H/V/ZOOM可能

遠隔監視コントローラ+画像



遠隔監視画像自動記録

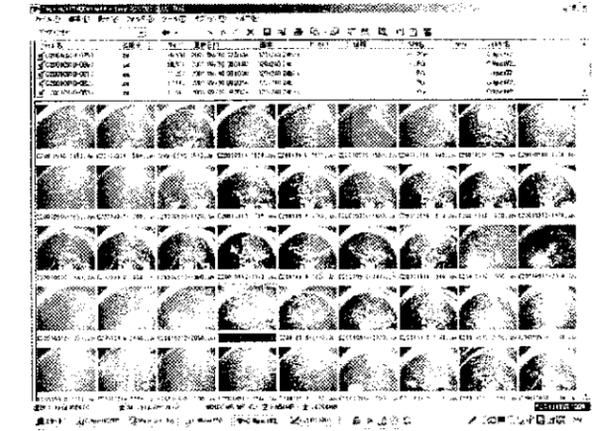
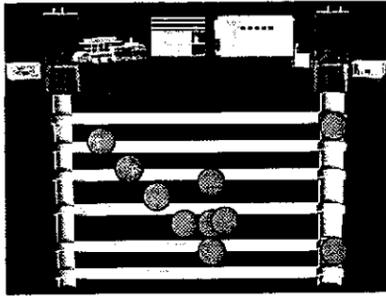


図4.3.8-8 集中監視システム案1/2

通話COM

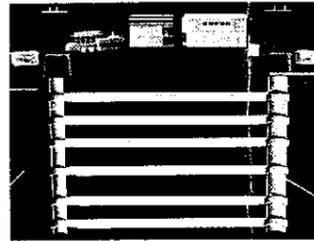
通話位置モニタ



通話用IP電話

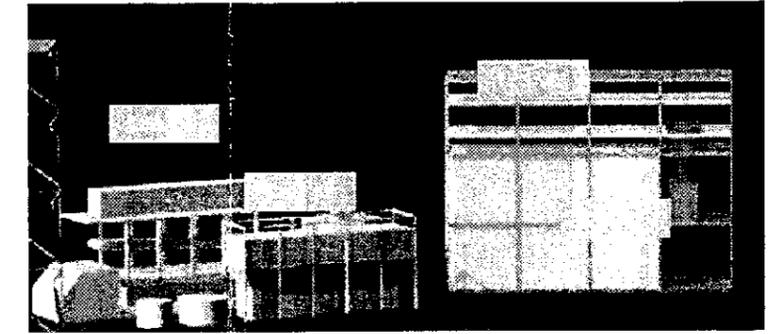


トンネル集中監視モニタ
(複数モニタ設置)

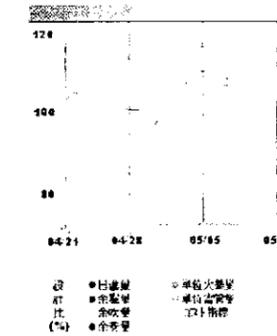


プラント計測

プラント計測モニタ

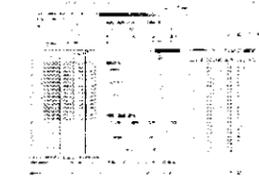


材料変動グラフ



セメント使用量
急結材使用量

濁水プラントPH
濁水プラント濁度・SS等

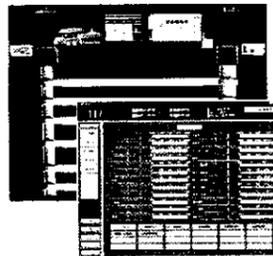


ガス検知・異常監視

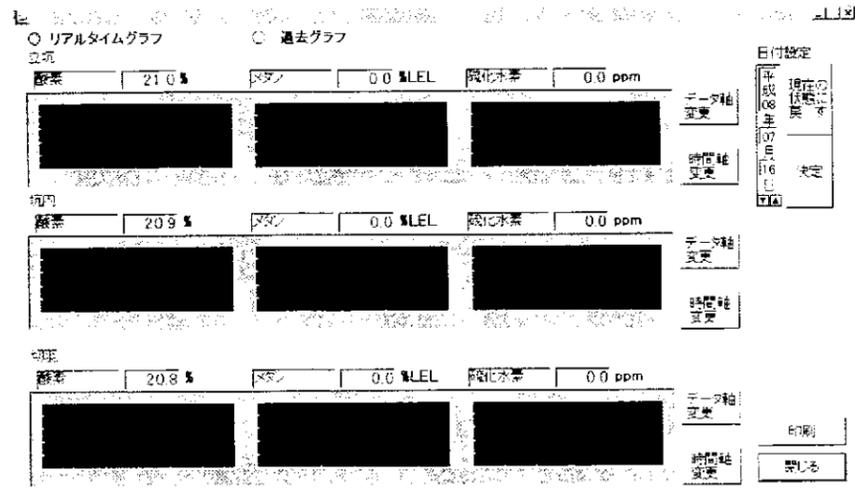
切羽酸素計
切羽メタン・硫化水素計



警報画面

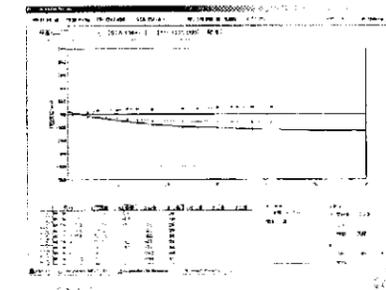


時系列ガス記録

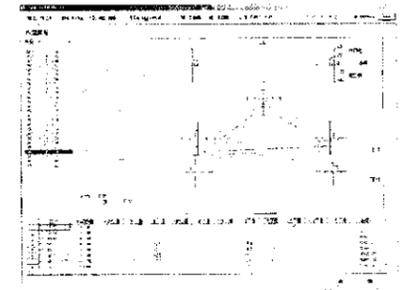


トンネル変位計測

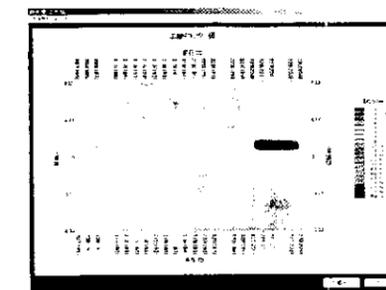
内空変位計測



動態計測



プロフィール計測



内空形状計測

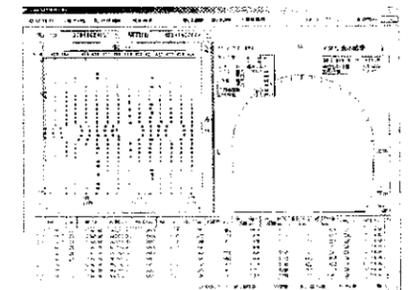


図4.3.8-9 集中監視システム案2/2

(4) 転落・飛来落下災害の防止計画

スcaffolding部分における開口部を次頁に示す。

転落・飛来落下災害の個所及び原因等の要因について検討した結果を下表に示す。

転落・飛来落下災害の要因検討結果一覧表

災害要因 (落下物の起きる箇所、原因)	落下物			落下位置		作業方法により防止できる災害要因
	人	機械工具	ズリ	外周	中央	
1 ズリキブル、コンクリートキブルへの積みこみすぎ		○	○	○	○	○
2 ズリキブル、コンクリートキブルへの付着による落下			○	○	○	○
3 予備ステージからの落下	○		○	○		○
4 坑内配管類のジョイント緩みによる落下		○		○		○
5 覆工コンクリートひび割れによる落下			○	○		
6 ズリ転覆時シュートからこぼれ座張りが開放されている			○	○	○	○
7 ワイヤー周囲に隙間がある(座張り隙間)		○	○	○	○	○
8 立坑周りから落下する	○	○	○	○		○
9 人キブル乗り込み位置から落下する	○	○	○	○		
10 コンクリートジョイント部からの発破ズリの落下		○	○	○		○
11 覆工型枠に付着したコンクリート発破ズリの落下		○	○	○		○
12 冬季凍結によりツララが落下する				○		
13 シャフトマッカーに付着したズリが落下する				○	○	○

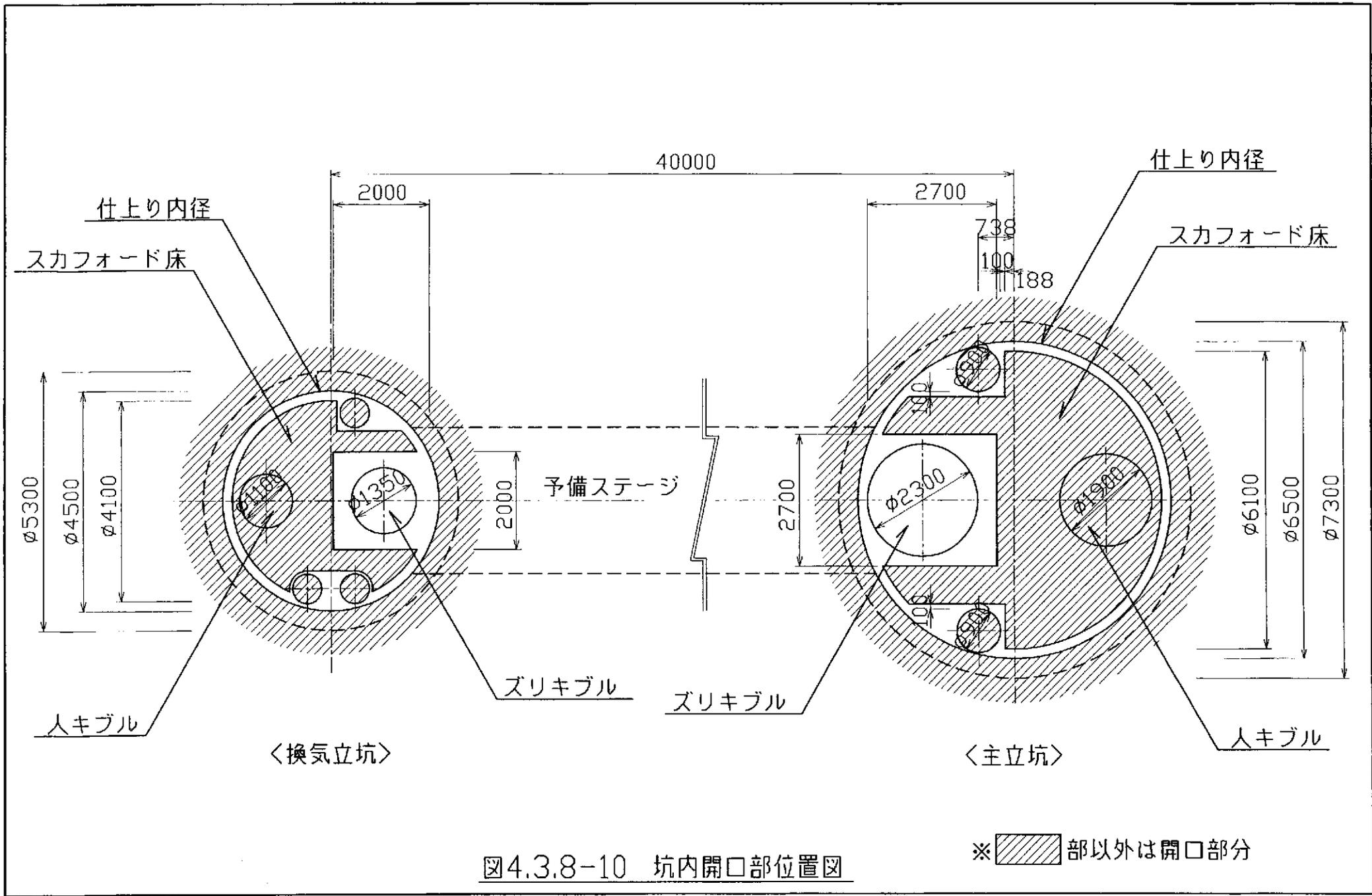


図4.3.8-10 坑内開口部位置図

転落・飛来落下災害の防止対策 その1

	作業方法により防止できる災害要因	対策
1	ズリキブル、コンクリートキブルへの積みこみすぎ	過積みをさせない。キブル重量を巻き揚げ室で検知し過荷重は巻き揚げない。
2	ズリキブル、コンクリートキブルへの付着による落下	目視により確認し落とす。スカフォード通過時に圧縮空気で清掃する。
3	予備ステージからの落下	出入り口をコンクリートで舗装する。転落防止用手摺、金網、妻板を設ける。
4	坑内配管類のジョイント緩みによる落下	ダブルナットを使用する。
6	ズリ転覆時シュートからこぼれ座張りが開放されている	ズリ転覆装置と坑口座張りを連動させる。監視カメラで座張りの開閉を確認する。
7	ワイヤー周囲に隙間がある（座張り隙間）	ラバーコーン等で保護する。
8	立坑周りから落下する	全面を座張りする。
10	コンクリートジョイント部からの発破ズリの落下	発破後、スカフォード降下時作業員により点検する。
11	覆工型枠に付着したコンクリート発破ズリの落下	部材をコンクリート発破ズリが付着し難い構造とする。作業員による点検を行う。
13	シャフトマッカーに付着したズリが落下する	目視により確認し落とす。スカフォード通過時に圧縮空気で清掃する。

	作業方法により防止できない災害要因	対策
5	覆工コンクリートひび割れによる落下	通常は目視による観察でひび割れが大きくなった場合スカフォードを昇降させ撤去する。
9	人キブル乗り込み位置から落下する	手摺高を1.2m程度とし金網、妻板を設け監視カメラを設置する。
12	冬季凍結によりツララが落下する	通常は目視による観察でひび割れが大きくなった場合スカフォードを昇降させ撤去する。

転落・飛来落下災害防止対策 その2

落下物の防止方法はその1に記した方法以外に、さらに安全を期するため落下物の多いと思われる外周面に防護ネット(あるいは盲板)の計画を行う。

防護ネット設置に対する検討事項

	留意事項	改善可否
1	スcaffoldと側壁の間は20cmの開口部あり	作業の都度閉塞困難
2	スcaffoldワイヤーと側壁の間は30cm	変更不可
3	ズリキブルと側壁の間は40cmの間隔あり	無振の場合であり余裕必要
4	スcaffoldを移動しての作業箇所は、中間、計測ステージがある	工程上必用
5	スcaffoldの昇降高さは、発破時の退避距離30m程度	工程上必用
6	スcaffoldの故障修理は、坑底、立坑上部	立坑上部での無い
7	坑内通信給気等の延期時期は、退避距離内で行う	工程上必用
* 防護ネットの幅はズリキブルの昇降に問題の無い幅とするとキブルの横揺れを考慮して20cmまでとする。		

防護ネット取り付け位置と方法 (次頁参照)

1)	取り付け位置は小間隔である方が良いが、立坑スcaffold、キブルの位置関係より落下物の回収が不可能で在るため予備ステージの100m毎に設置する	立坑外周通路からの飛来落下を考慮した防護ネットも設置する。
2)	中間ステージ、計測坑道の追加工事施工時は落下防止ネットを撤去または折りたたみながら昇降する	折りたたみ式にすれば、スcaffold吊りワイヤー部以外は大きくすることも可能。
3)	取付け方法として、スcaffoldが昇降するため落下防護設備は可動式(折りたたみ式)とした方がよい。次頁の略図に示すように、手摺は盲板とし手摺下部からの落下を防止すると共に、手摺中央や上部に簡便なピン式の回転可能な落下防止ネット(あるいは盲板)を取付ける方法が良いと考えられる。	円形であるため、1~2m程度の直線のピンを使用し、防護材の端部が重なるように設置する。

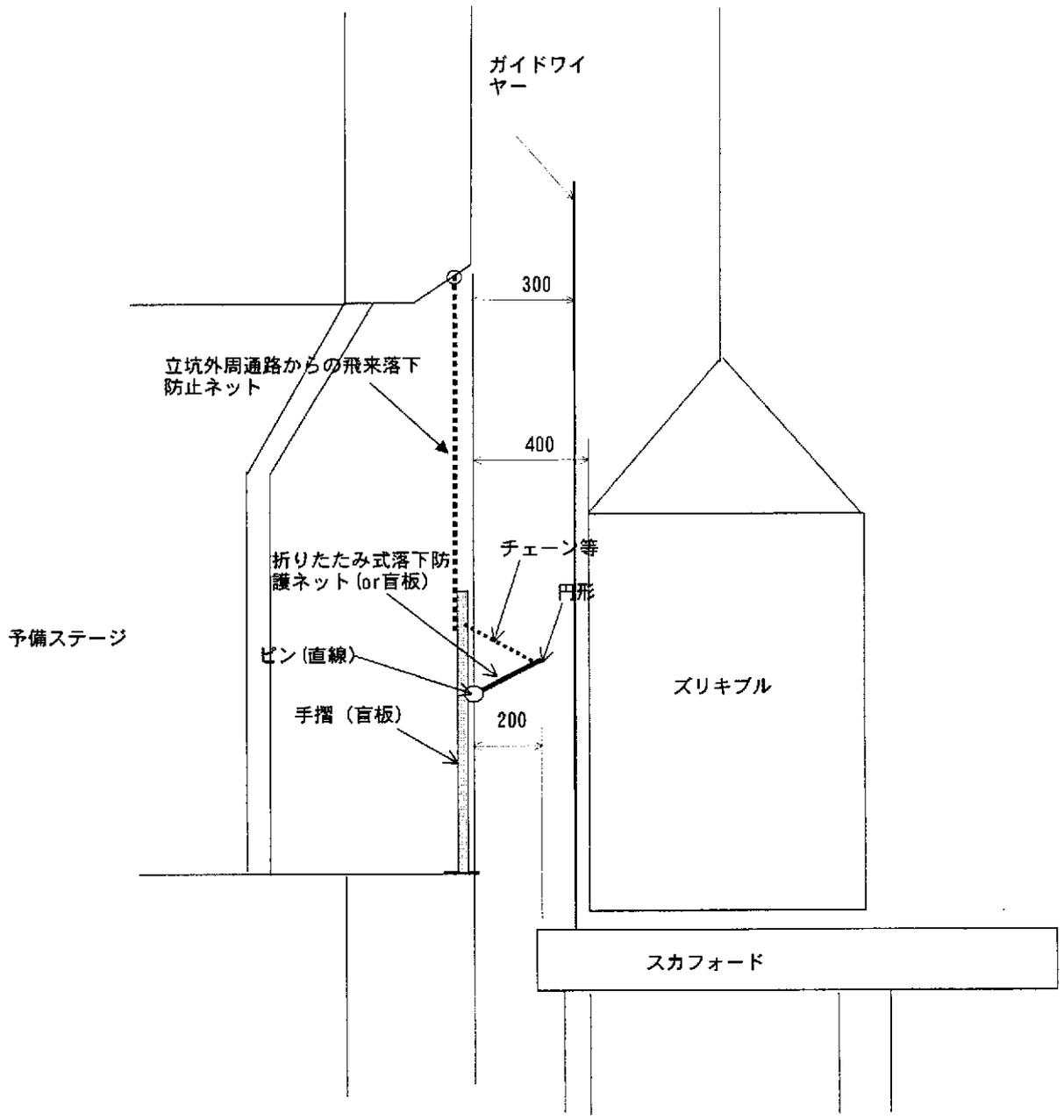


図4. 3. 8-11 飛来落下防止設備

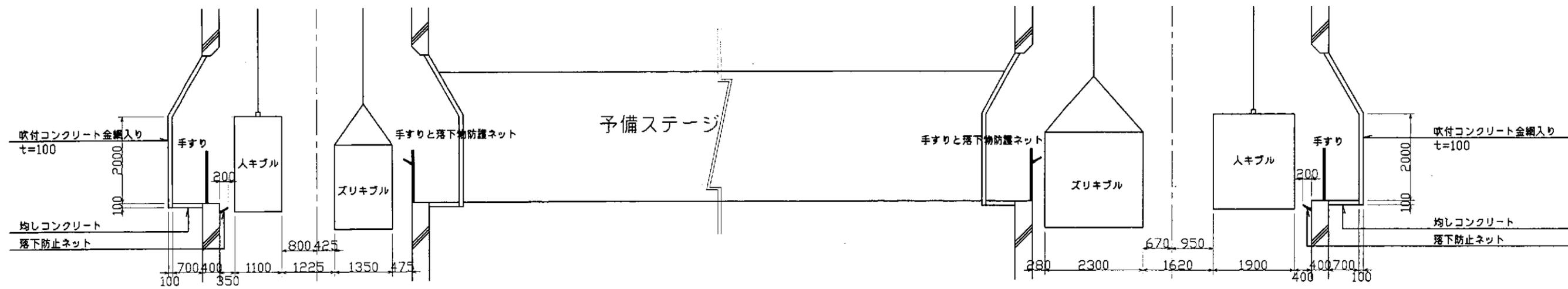
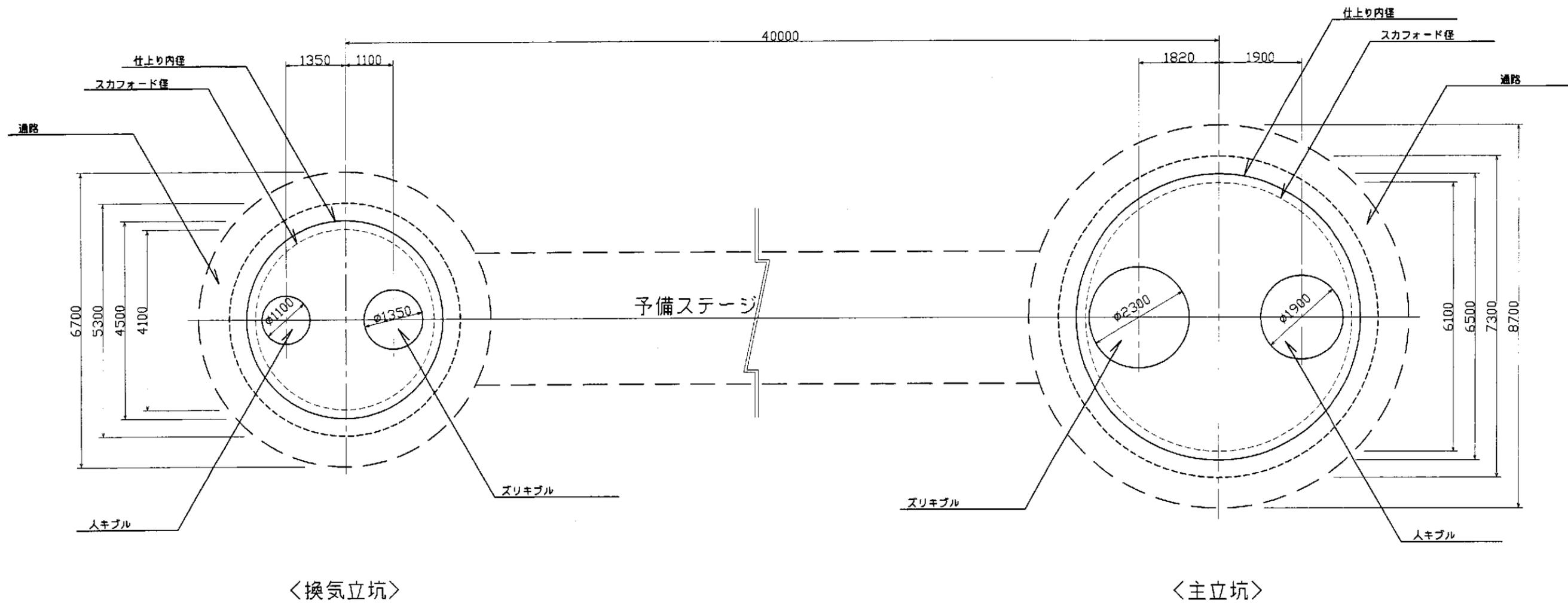


図4.3.8-12 立坑における人キブル・ズリキブル・防護ネットの位置関係

(5) 中間・予備ステージへの人と資機材のアクセス方法

地上より 100mおきに設置される予備ステージと 500mの位置に設置される中間ステージ及び計測坑道へのアクセスとしては、人キブルより直接乗降する場合と人キブルに積載できない、重量、大きさを持った資機材を搬入、搬出する場合がある。

①人のアクセス

図に示すように、中間・予備ステージ部分は両方の立坑外周に 800mm 拡幅掘削し幅 1.1m（手摺幅を含む）のアクセス通路を設ける。アクセス通路には、両方の立坑に人キブルからの乗降設備を設置し人のアクセスが可能にようにする。

*車椅子によるアクセス

・立坑外周アクセス通路

車椅子による工事見学者を案内する場所については、幅 1m以上の通路が必要となる。坑内では、急な曲がり通路や手摺・ケーブル等の諸設備があるため、車椅子が通行する部分は 1.1 m以上の通路幅を確保するものとする。そのためには、立坑外周の拡幅は現在より 200～300mm大きくする必要がある。従って、どの部分に見学者を案内するかを決定しておく必要がある。

通路は可能な限り段差を無くし、滑り止めを考慮した斜路とする。

・坑口乗降部

工事中の車椅子のアクセスは主立坑からとするが、主立坑坑口の乗降設備部分においても車椅子用のエレベータを設置し、人キブルへの乗降を可能とする。ただし、立坑真上からの昇降は諸設備用の空間を考慮すると困難なため、参考図に示すように立坑側部に接して昇降設備を設け坑口乗降設備の横から進入する必要がある。

・スカフォード部

主立坑のスカフォード部分の人員昇降プラットフォームは、幅 1.1m程度

であるため、車椅子の進入は可能であるが、その下部へは梯子を利用しなければならないため、進入は困難である。

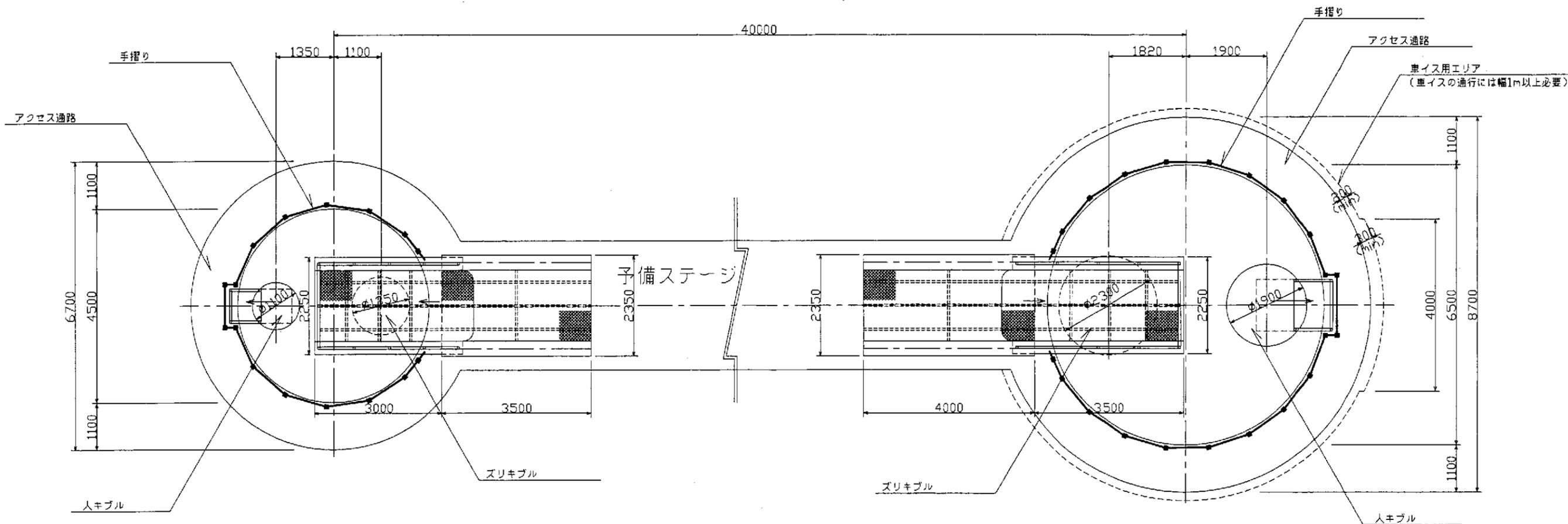
なお、通常の手すりから幅の狭い専用の車椅子に乗り換えて見学してもらう事も考えられる。

②資機材のアクセス

資機材のアクセスについて、重量によって以下の方法が考えられる。

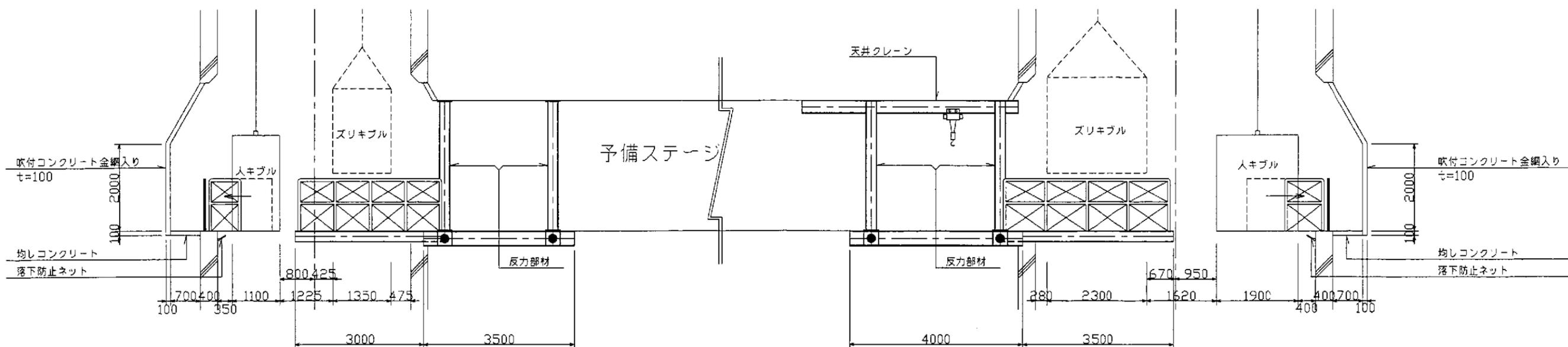
- イ. 重量物の場合、スcaffoldingをその位置まで移動して3段目のデッキのキブル仮置台車部分を利用して横坑へ搬入する
- ロ. 3t程度までの資機材の場合、横坑から張出しステージを設置し(参考資料参照)、その上に搬入する

重量資機材のアクセスの頻度が多い場合は、掘削・覆工作業に影響をおよぼさないように、上記ロ. の張出しステージを大型にしたり自動に張出せるようにする。



〈換気立坑〉

〈主立坑〉



※手摺りは全て落下防止のため閉塞型とする。

図4.3.8-13 各ステージへのアクセス設備（昇降設備，資機材搬出入設備）

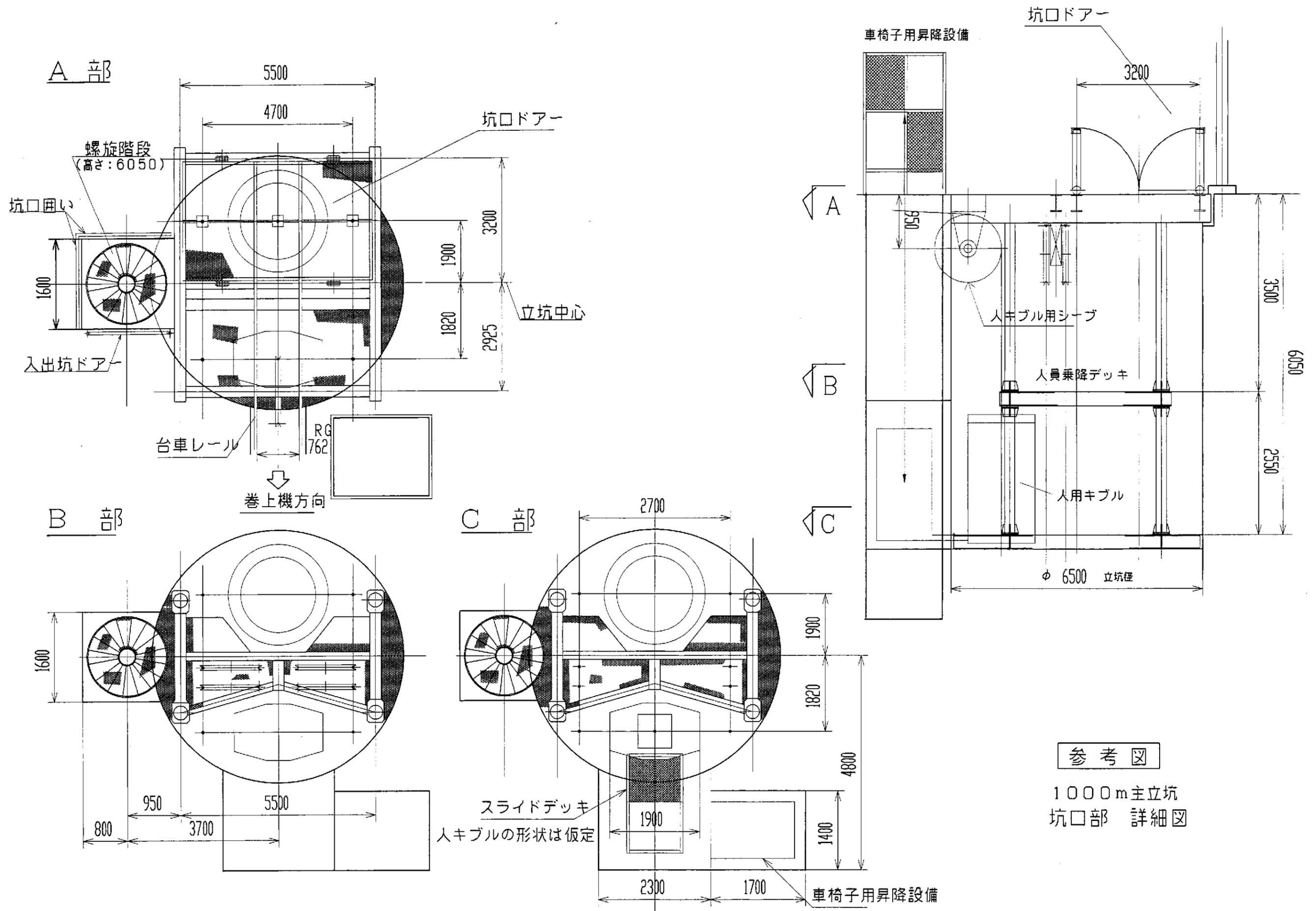
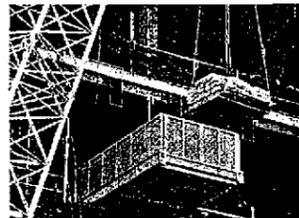


図4.3.8-14 車椅子見学者を考慮した主立坑坑口乗降設備



- ◎ビル建築の建物内部への荷取り作業の安全と効率化がはかれます。
- ◎積載荷重3.8トンのフルスライド型他、現場の設置クレーン能力が小さい場合に効果的な軽量フルスライド型、ベランダ等の張出し部分を有するマンション建築に効果的なスラブ荷重が小さく、直接スラブにサポートをとることができる固定型（スライド無）もあります。
- ◎設置に関して特別な許認可は不用です。（但し、工事計画書の段階で図面・計画書の提出が必要）

荷取り作業が安全・容易。

手動ウィンチを巻くと荷台が建物内部にフルスライドする引き込み式ですから、重量物でも簡単に荷取りができます。また、前面の手摺りを開くと長尺物でも荷取りができます。

クレーン作業がスピーディー。

スライド収納する事により、建物各階の同一スパンに平面的に重ねて設置でき、クレーン作業の効率化がはかれます。

設置は簡単。

クレーンで構台を吊上げ、建物内部に引き込んだ後、強力サポートで固定するだけ。S造・SRC造・RC造いずれにも対応でき、短時間で設置ができます。

強風時も安全。

構台全体が建物内部に収納できますので、台風・強風・降雪時も素早く養生できます。



機 械 名 スカイプラットフォーム “出っ張り君”			
ク ラ ス	フルスライド型	軽量フルスライド型	固定型
型 式	KS-1	KSL-1	KSM-1
メ ー カ ー	カジマメカトロ	カジマメカトロ	カジマメカトロ
最大積載荷 (t)	3.8	1.5	先端部/1.0、中央部/1.5
屋外張り出し長さ (mm)	3,500	3,500	最大 4,000
機械長さ (mm)	7,500	7,500	7,500
最大幅 (mm)	2,350	2,350	1,800
手摺り高さ (mm)	930.5	916.8	1,100
荷台有効寸法 (mm)	全 長	3,730	3,680
	全 幅	1,866	1,910
運搬・保管時機械寸法 (mm)	全 長	7,500	7,500
	全 幅	2,350	2,350
本体質量 (kg)	全 高	369	319
		2,850	1,821
補償制度	任意加入		



※補償制度については、変更になる場合があります。レンタルご利用の際は、必ずお確かめ下さい。

■設置手順

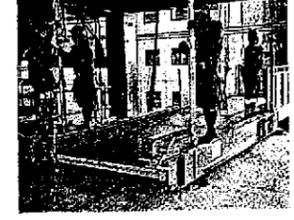
1. クレーンで吊上げる



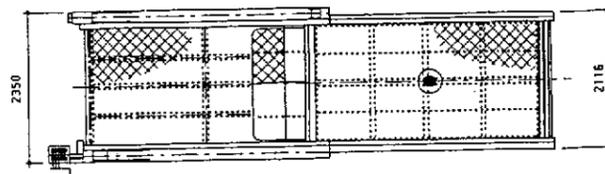
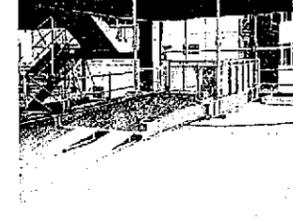
2. 躯体内への引き込み



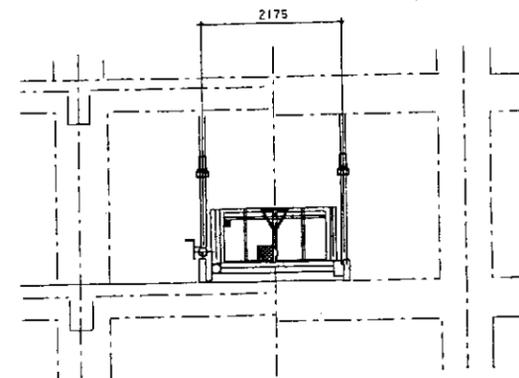
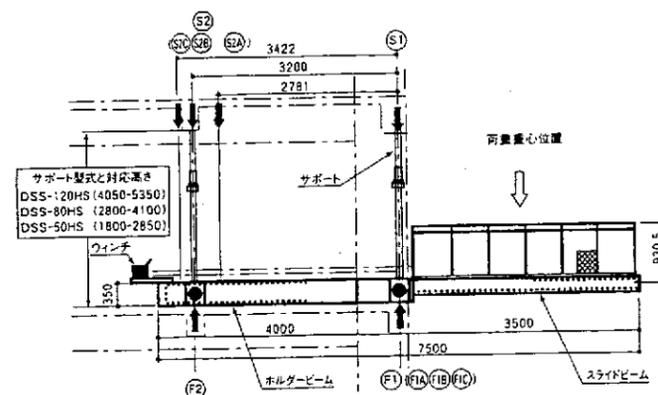
3. サポートをセット



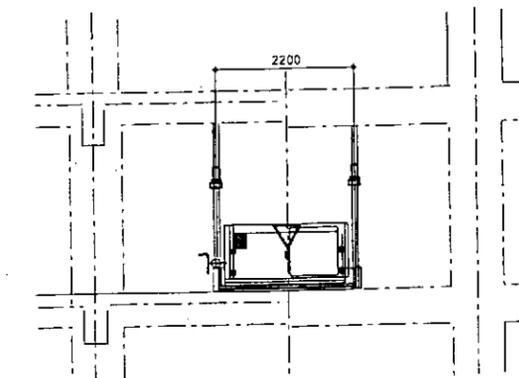
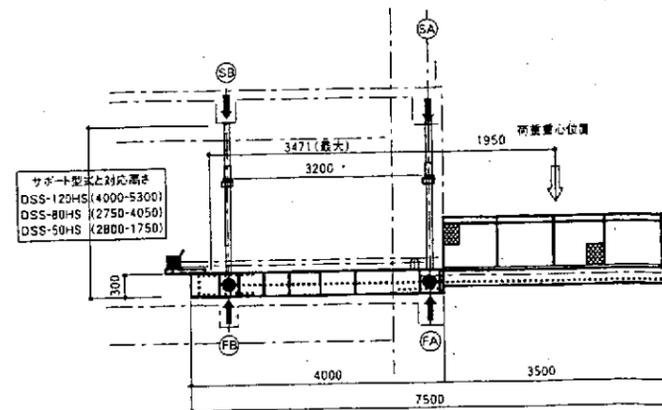
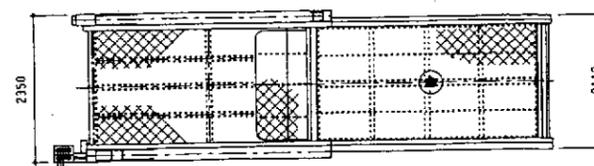
4. 設置完了



■外形寸法図 (KS-1)



■外形寸法図 (KSL-1)



※補償制度については、変更になる場合があります。レンタルご利用の際は、必ずお確かめ下さい。

4. 4 施工工程

施工工程案の検討は、現在計画している研究坑道の全体スケジュールを基本に、施工計画で構築したサイクルタイム等を用い実施した。具体的な検討条件としては、①平成21年度（2009年度）までに地下1,000mまで到達すること、②調査研究計画及び研究坑道レイアウトと十分に整合性を図ること等である。

サイクル機構殿より提示された研究坑道の全体スケジュール（図4.4-1）は、

- ・ 平成21年度（2009年度）までに地下1,000mまで到達する。
- ・ 平成27年度（2015年度）で、施設の引渡しが可能である。
- ・ 調査研究計画の観点から、
 - ・ 予備ステージ、中間ステージ及び最深ステージにおいて、調査研究期間を考慮している。
 - ・ 主立坑において、立坑影響試験を考慮している。
 - ・ 掘削深度 EL500m までの掘削に、余裕を持たせている（酸化還元境界における詳細な調査の実施等）。
 - ・ 掘削深度 EL470m、EL528m、及び EL970m に計測坑道を計画しており、その掘削工程を考慮している。

等を、満足している。

よって、本検討において、この研究坑道の全体スケジュールにおける調査研究計画は、ほぼ妥当であるとし、施工計画のサイクルタイム、研究坑道レイアウトの観点から見直しを行った。当然ながら、別途「5章」においては、本検討にて見直した施工工程の観点から、調査研究計画の見直しを実施した。

施工計画のサイクルタイムの具体的な確認事項は、

- ・ 立坑月進：35m
- ・ 予備ステージ（取合い部を含む）：2ヶ月
- ・ 計測坑道、中間ステージ、及び最深ステージの月進：40m

である。これらに関しては、「4. 3 施工計画」において満足できることを確認している。

最終的に、研究坑道レイアウトの観点から見直した施工工程案を図4.4-2に示す。

見直し後の施工工程は、

- ・ 平成21年度（2009年度）までに地下1,000mまで到達し、換気立坑エレベータの設置は、予定通り可能である。

- ・ 研究坑道レイアウト（主に計測坑道の総延長）変更のため、最終的に平成 27 年度（2015 年度）で終了せず、4.5 ヶ月の工期延長が必要である。
- ・ 1,000m 中の 10～20 ヶ所遭遇が想定される優位な地質構造の詳細調査（プラス 3 時間）は考慮しているが、水理試験等に関しては考慮していない。
- ・ 想定外事象（高圧出水や山はね等）は、考慮していない。

となった。

見直し後の施工工程は、工期延長が必要であり、当然、再度の研究坑道レイアウトの見直し等により、施工工程を工期内に納めることは可能であると考えられる。しかし、この工程は、今後、様々な観点からの制約や要望に対処していく必要があるため、本検討においては、改めて見直しはせず、この見直し後の施工工程を本検討における最終案とした。

瑞浪 超深地層研究所研究坑道掘削工程表 (案1)

条件 予備ステージ 100m、200m、700m研究なし
 中間ステージ 外周坑 4Dを基準

予備ステージ掘削は換気立坑より6~9m主立坑より25~29m掘削を基準とする

F=工程表

13年12月25日 改

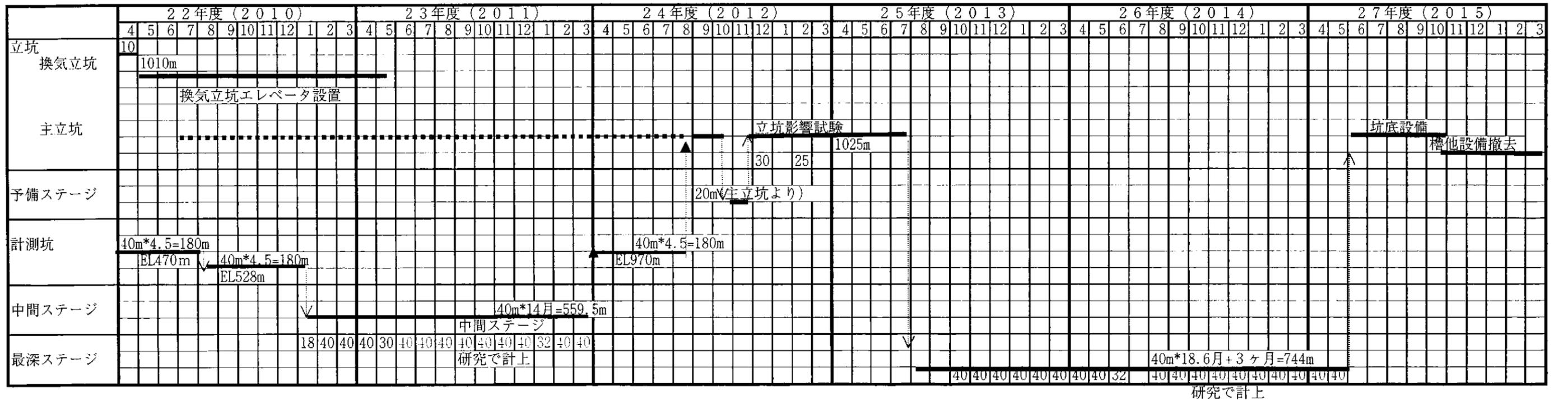
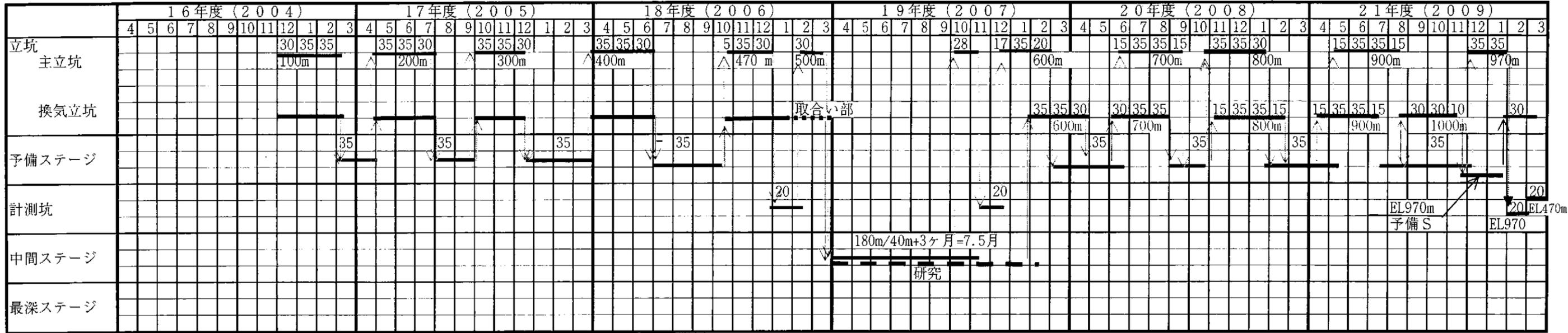


図4.4-1 サイクル機構殿より提示された研究坑道の全体スケジュール

5 調査研究成果の反映及び計画策定に関する検討

5.1 検討の内容

平成12年度に、調査研究項目の見直し及び調査研究スケジュールの変更を三馬様用地に対して実施した。今回、計画用地が変更になることに伴う建設スケジュールに対応して、調査研究項目の見直しと調査研究スケジュールの再検討を実施した。

実施にあたり、調査研究の位置づけを明確にし、調査研究成果の反映について、調査研究項目および調査研究計画のスケジュールを配慮しながら再検討した。

また、新しい建設スケジュールにそって、調査研究スケジュールを調整するとともに、各調査項目の必要性および実施可能性を再検討した。さらに、新しい坑道配置に基づき、調査研究の実施場所の検討を行った。

上記検討に基づき、全体レイアウトを再検討し、研究坑道全体の3次元静止画像の作成を実施した。

5. 2 調査研究成果の反映及び計画策定に関する検討

5. 2. 1 検討の進め方

超深地層研究所の研究坑道で実施する調査研究成果の反映について、以下に示す2つの観点から検討した。

① 原子力環境整備機構が進める高レベル放射性廃棄物処分事業の実施

② 安全審査、安全確認等に係わる技術基準・指針等の策定

検討フローを図5.2-1に示す。まず、処分事業実施への反映については、処分事業の各段階で原子力環境整備機構が実施する事項を現時点で公開されている資料および過去の研究成果に基づき整理し、事業実施に必要となる技術について検討した。そして、事業実施に必要となる技術と超深地層研究所における調査研究で適用・開発する技術との関連を検討するとともに、事業実施に必要となる技術に対応する調査研究項目を整理した。ここでは、処分事業スケジュールのうち、「国による事業許可」までを対象として、超深地層研究所での調査研究計画と処分事業スケジュールを比較し、調査研究展開の優先度についても検討した。

次に安全審査、安全確認等に係わる技術基準・指針等の策定への反映については、平成12年5月に法制化された「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律（以下、「処分法」という）」および「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律施行規則」において、「概要調査地区の選定」、「精密調査地区の選定」、「最終処分施設建設地の選定」についての適合要件が示されている。そのため、最終処分施設建設地の選定など、立地に係わる技術基準・指針は検討の対象外とした。ここでは、「国による安全審査」前に策定される「安全審査基本指針」、「安全審査指針」と、「国による事業許可」後の建設・操業・閉鎖段階に備えて段階的な策定が想定される「技術基準・指針類」を対象に超深地層研究所における調査研究成果の反映について検討した。なお、技術基準・指針等の策定スケジュール、その内容は、「高レベル放射性廃棄物の処分に係わる安全規制の基本的考え方」に基づき検討した。

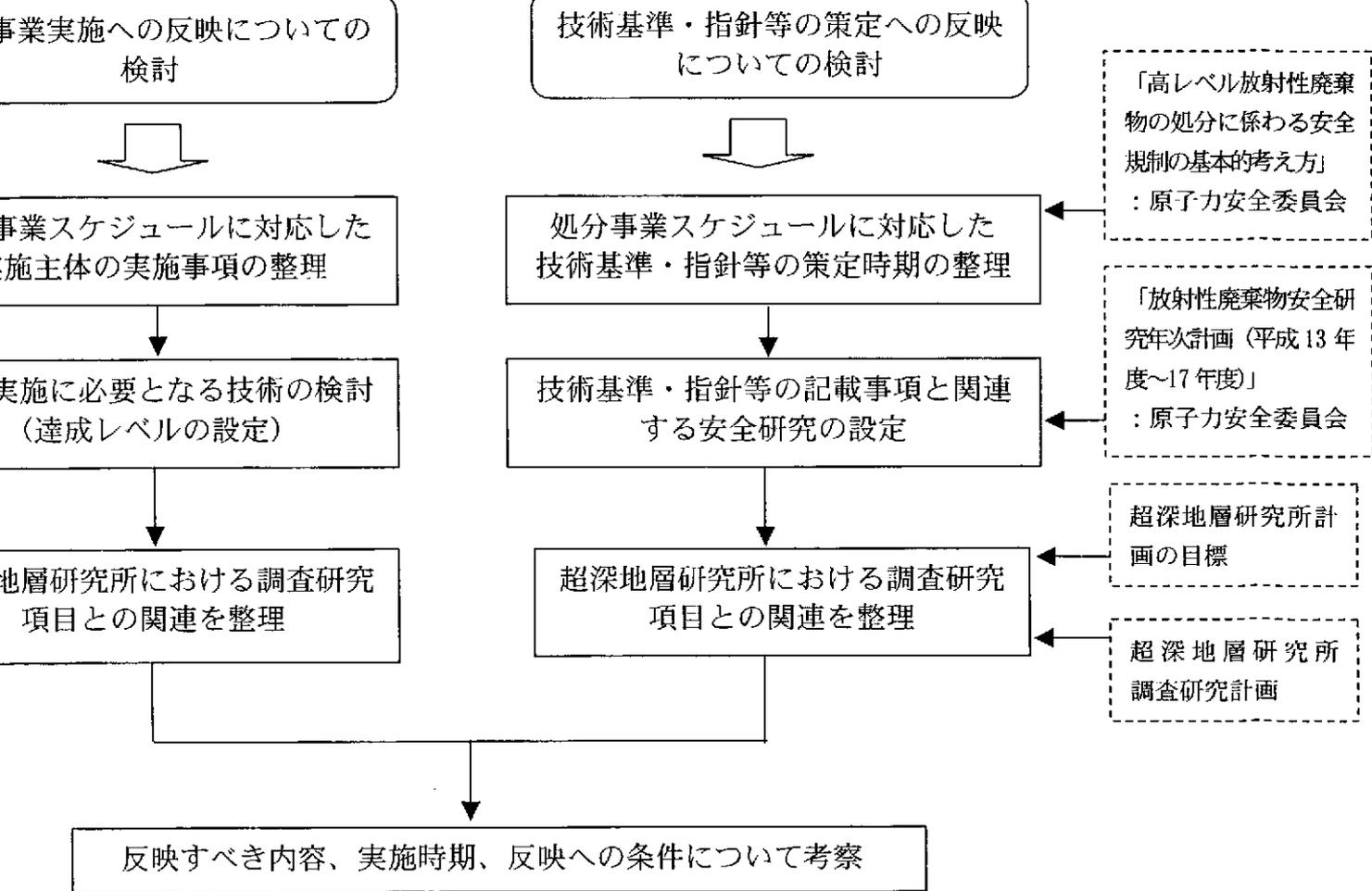


図 5.2-1 調査研究成果反映の検討フロー

5. 2. 2 処分事業の推進への調査研究成果の反映

(1) 処分事業スケジュールと実施主体の実施事項

「高レベル放射性廃棄物地層処分の事業化技術」(以下、「事業化技術」という；電力中央研究所・電気事業連合会、1999)においては、処分事業スケジュールのうち、処分地の選定に至るまでの段階を「処分候補地の選定」、「処分予定地の選定」、「処分地の選定」の3つの実施段階、国による事業許可申請後を地下施設の「建設」、「操業」、「閉鎖」、「管理段階～事業廃止」の4つの実施段階とし、各実施段階での実施主体の実施項目を表5.2-1に示すように整理している。表中の実施段階のうち、立地プロセスについては、「処分法」において法制化されたことから、「処分候補地」、「処分予定地」、「処分地」という記載を「概要調査地区」、「精密調査地区」、「最終処分施設建設地」という用語に統一している。また、実施事項についても、原子力発電環境整備機構が示す「特定放射性廃棄物処分の概要調査地区等の選定手順の基本的考え方」に整理されていることから、その記載に基づき整理した。

事業化技術の報告書に示された「国による事業許可」までの実施主体の実施事項を「概要調査地区の選定段階」、「概要調査地区での調査期間」、「精密調査地区での調査期間(地上からの調査)」、「精密調査地区での調査期間(地下施設調査および処分技術の実証)」に分類し、表5.2-2～5.2-5に示す。表中の実施事項は、前述の表5.2-1に基づき、整理している。

原子力発電環境整備機構は「特定放射性廃棄物の最終処分の実施に関する計画」において、概要調査地区での調査期間および精密調査地区での調査期間を精密調査地区の選定段階(第2段階)、最終処分施設建設地の選定段階(第3段階)として示している。また、精密調査地区の選定は平成20年代前半を、最終処分施設建設地の選定は平成30年代後半を、最終処分の開始は平成40年代後半を目途に処分事業を展開するとしている。

① 第2段階	概要調査地区での調査	}	精密調査地区の選定段階
② 第3段階	精密調査地区での調査		}
	(地上詳細調査)		
	(地下施設での調査)		

処分事業スケジュールと超深地層研究所調査研究計画を比較するため、「国による事業

許可」までの処分事業スケジュールと実施主体の主要な実施事項を図 5.2-2 に示すよう設定した。ここでは、概要調査地区での調査終了時に、実施主体による「予備的安全評価」及び「処分施設の概念設計」を実施事項として追記している。これらの2項目は、事業化技術の報告書にて示された事項であるが、原子力発電環境整備機構による「特定放射性廃棄物の最終処分の実施に関する計画」には明記されていない。しかしながら、超深地層研究所における調査研究成果の事業実施への反映時期を早期に設定する目的で、これらの2項目を実施事項として設定した。

表 5.2-1 処分事業段階と実施事項

西暦	事業段階	実施事項とマイルストーン
2000	第1段階 実施主体による概要調査地区の選定	○実施主体（原子力発電環境整備機構）の設立
		①文献調査の実施と選定評価 ②報告書の作成及び関係都道府県知事および市長村長への送付 ③報告書の広告及び総覧* ④説明会の開催・意見書の提出* ⑤実施計画の変更申請* ⑥概要調査地区での調査計画立案
2010	第2段階 実施主体による概要調査地区での調査（概要調査）	○実施主体による概要調査地区の選定 ⇒○国による実施計画の変更承認
		①ボーリング等による地層の調査と選定評価（この後、上記*②～⑤と同じ） ⑥精密調査地区での調査計画立案
2020	第3段階 実施主体による精密調査地区での調査（精密調査）	○実施主体による精密調査地区の選定 ⇒○国による実施計画の変更承認
		①ボーリング等による地層の調査 ②地下施設の建設 ③地上および地下施設での調査 ④処分技術の実証 ⑤処分施設の基本設計 ⑥安全評価 ⑦処分地の選定と事業許可申請書の作成（この後、基本的に上記*②～⑤と同じ）
	○実施主体による最終処分施設建設地の選定 ⇒○国による実施計画の変更承認	
	○実施主体による処分場の設計・処分に係る事業許可申請 ⇒○国による安全審査、事業許可（建設開始）	
2030	建設段階	①地上および地下施設の建設 ②サイト周辺の整備 ⇒○国による確認
	操業段階	①操業と並行した地下施設の建設 ②廃棄体輸送・受入れ・検査、オバ・パツへの封入 ③地下施設への搬送および定置・埋戻し、処分坑道の埋戻し ⇒○国による確認
2050	閉鎖段階	①地下施設の閉鎖 ②地上施設の解体、撤去 ⇒○国による確認
		①閉鎖後管理モニタリング ②事業廃止届けの提出 ⇒○国による確認
2100	管理段階～事業廃止	

表 5.2-2 概要調査地区の選定における実施主体の実施事項

実施事項	内 容
①概要調査地区選定上の考慮事項の設定	国による「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」等の方針を受けて、概要調査地区選定の判断の根拠となる自主的な基準「概要調査地区選定上の考慮事項」を策定する。
②概要調査地区の公募	概要調査地区選定のための調査を受け入れる地域の全国規模での公募を行う。
③概要調査地区選定のための調査	概要調査地区として立候補があった地域における人口密度、土地利用状況、地域経済等の社会的条件を文献調査等により把握するとともに、地形、地質、水位分布等の自然条件を文献調査、リモートセンシング調査等により把握する。
④概要調査地区選定上の考慮事項への適合性評価	当該地の概要調査地区としての「適合性の評価」を行う。
⑤報告書の作成と関係都道府県知事および市長村長への送付	選定評価の報告書を作成し、関係都道府県知事および市長村長への送付する。
⑥説明所の開催・意見書の提出	関係都道府県内において、報告書についての説明会を開催し、地域住民に対して報告書記載事項の周知に努める。また、提出された意見についてとりまとめ、これに対する見解を関係都道府県知事および市長村長への送付する。
⑦実施計画の変更申請	文献その他の資料による調査を行った地区のなかから概要調査地区を選定し、実施計画の変更という形で、国の承認を申請する。
⑧概要調査地区での調査計画立案	国による承認後に実施する概要調査地区での調査計画を立案する。 [国の承認後の調査に備えた行為として記載]

(電力中央研究所・電気事業連合会, 1999
原子力発電環境整備機構, 2002 を基に作成)

表 5.2-3 概要調査地区での調査における実施事項

実施事項	内 容
①精密調査地区選定上の考慮事項の設定	国による「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」等の方針を受けて、精密調査地区選定の判断の根拠となる自主的な基準「精密調査地区選定上の考慮事項」を策定する。
②精密調査地区選定のための調査	地表踏査、物理探査、測量等の地表調査、並びにボーリング調査等により、地形、地質、地下水等の特性を広域的に把握する。
③精密調査地区選定上の考慮事項への適合性評価	当該地の精密調査地区としての「適合性の評価」を行う。
④報告書の作成と関係都道府県知事および市長村長への送付	選定評価の報告書を作成し、関係都道府県知事および市長村長への送付する。
⑤説明所の開催・意見書の提出	関係都道府県内において、報告書についての説明会を開催し、地域住民に対して報告書記載事項の周知に努める。また、提出された意見についてとりまとめ、これに対する見解を関係都道府県知事および市長村長への送付する。
⑥実施計画の変更申請	ボーリング等による調査を行った地区のなかから精密調査地区を選定し、実施計画の変更という形で、国の承認を申請する。
⑦精密調査地区での調査計画立案	国による承認後に実施する概要調査地区での調査計画を立案する。 [国の承認後の調査に備えた行為として記載]

(電力中央研究所・電気事業連合会, 1999
原子力発電環境整備機構, 2002 を基に作成)

表 5.2-4 精密調査地区での調査（地上からの調査）における実施事項

実施事項	内 容
①最終処分施設建設地選定上の考慮事項の設定	国による「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」等の方針を受けて、最終処分施設建設地選定の判断の根拠となる自主的な基準「最終処分施設建設地選定上の考慮事項」を策定する。
②最終処分施設建設地選定のための地上詳細調査	処分施設建設用地として特定された区域について、地表踏査、物理探査、測量等の地表調査、ボーリング調査等により、地形、地質、地下水等の特性を詳細に把握し、また、必要に応じて断層トレンチ調査等を実施して地上詳細調査書を作成する。
③地下施設のレイアウト計画および詳細設計	処分候補地調査と地上詳細調査の結果に基づいて、地下特性調査施設のレイアウト計画の立案を行い、さらに、処分施設の概念設計に基づいて、地下特性調査施設の詳細設計を行う。
④地下施設での調査および処分技術の実証に関する計画の立案	前段階で立案されたサイト特性調査および処分技術の実証に関する計画に基づき、地下特性調査施設によるサイト特性調査および処分技術の実証に関する詳細計画の立案を行う。

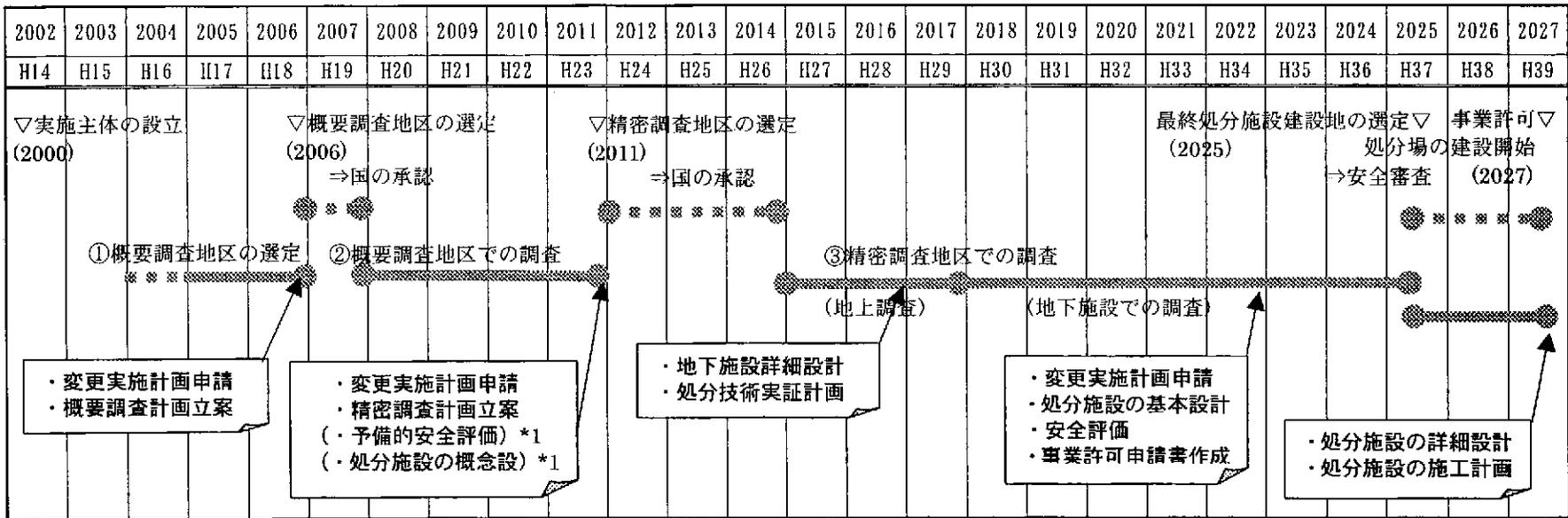
(電力中央研究所・電気事業連合会, 1999
原子力発電環境整備機構, 2002 を基に作成)

表 5.2-5 精密調査地区での調査（地下に設置する施設からの調査）および
処分技術の実証期間における実施事項

実施事項	内 容
①地下施設建設	地上詳細調査の結果特定された位置において、地下特性調査施設を建設する。建設は先進ボーリング調査に引き続き、立坑掘削、水平坑道掘削の手順で実施される。
②地下施設での調査・処分技術の実証	地下における岩盤特性、水理特性、地球化学特性等を把握するサイト特性調査を地下特性調査施設内で実施する。また、深部地下掘削技術等の建設施工技術の実証、あるいは、オーバーパック、緩衝材、埋戻し材等のハンドリングや原位置での性能評価を行うことを目的とした調査および処分技術の実証を実施する。
③処分施設の基本設計	地上詳細調査および実証試験等によって得た情報／データに基づき、安全審査に向けた処分施設の基本設計を行い、基本設計図書を作成する。
④安全評価	地上詳細調査および実証試験等によって得た情報／データに基づき、安全審査に向けた操業時および処分場閉鎖後の平常時評価および安全評価を行う。
⑤最終処分施設建設地選定上の考慮事項への適合性評価	当該地の最終処分施設建設地としての「適合性の評価」を行う。
⑥報告書の作成と関係都道府県知事および市長村長への送付	選定評価の報告書を作成し、関係都道府県知事および市長村長への送付する。
⑦説明所の開催・意見書の提出	関係都道府県内において、報告書についての説明会を開催し、地域住民に対して報告書記載事項の周知に努める。また、提出された意見についてとりまとめ、これに対する見解を関係都道府県知事および市長村長への送付する。
⑧実施計画の変更申請	ボーリング等による調査を行った地区のなかから精密調査地区を選定し、実施計画の変更という形で、国の承認を申請する。
⑨事業許可申請書および必要な添付書類の作成	事業許可申請に向け、処分施設の基本設計、安全評価、その他必要な添付書類と共に、事業許可申請書を作成する。

(電力中央研究所・電気事業連合会, 1999
原子力発電環境整備機構, 2002 を基に作成)

【前提条件】
 ○精密調査地区の選定
 ⇒ 平成20年代前半を目途
 ○最終処分施設建設地の選定
 ⇒ 平成30年代後半を目途



(電力中央研究所・電気事業連合会, 1999、原子力発電環境整備機構, 2002 を基に作成)

*1 は本研究にて追記した実施事項

図5.2-2 処分事業の基本スケジュールと主な実施事項 (本研究での年度設定)

(2) 実施主体の実施項目と処分事業実施に必要な技術

前節にて抽出した実施主体の実施項目を対象に各項目の実施に必要な技術について検討した。検討結果を表 5.2-6~12 の左側に示す。表中には、実施に必要な技術と、各技術を適用した評価が達成すべきレベルを定性的に示している。これらの検討に際しては、事業化技術のほか、第2次取りまとめ総論レポート第VI章および第VII章（核燃料サイクル開発機構、1999）の記述内容、2000年以降の研究・技術開発課題に関する議論に論拠を求めることとした。表中には、その設定根拠などを以下のように分類し、記号A、B、CおよびDで示した。この際、キーワードが含まれていたり、主旨が同じと考えられるものには、記号A、B、Cを付与した（とくに、Cは議論であり、文書がないため）。

A：高レベル放射性廃棄物地層処分の事業化技術（電力中央研究所・事業連合会、1999）

B：第2次取りまとめ総論レポート第VI章、第VII章（核燃料サイクル開発機構、1999）

C：2000年以降の研究・技術開発課題に関する議論

D：本研究で検討、設定を行ったもの

(3) 処分事業実施への超深地層研究所における調査研究成果の反映

処分事業の各段階で必要となる技術と要求レベルの設定結果に基づき、種々の必要となる技術が、超深地層研究所における調査研究で適用・開発する様々な調査・評価技術に相当するかについて検討した。検討結果を表 5.2-6~12 の右側に示す。表中の「関連する研究分野と調査研究項目」欄には、処分事業に必要な技術の適用・開発・整備に相当する研究分野、調査研究項目、そして現時点の全体スケジュールでの実施期間を示している。

さらに、処分事業の実施へ反映すべき成果、実施時期についての考察を表中の「反映すべき内容、実施時期、条件等」欄に示している。ここで反映すべき成果は、超深地層研究所で展開する調査研究項目の実施目標が事業実施に必要な要求レベルと一致しているかを、また実施時期は、現時点の全体スケジュールでの調査研究実施期間と、処分事業にて実施主体が適用する実施時期との比較から考察した。

処分事業実施への超深地層研究所における調査研究成果の反映についての主要な検討結果を以下にまとめる。

①概要調査地区の選定段階（2000年～2006年）

本段階は、現地に立ち入らない調査により、概要調査地区の選定評価を行う段階であり、事業実施に必要となる「地質環境情報管理技術」、「設計施工技術、建設技術」、「安全性確保技術」、「調査計画立案技術」への調査研究成果の反映が可能とした。

対象となる調査研究項目は、工学的技術から「研究坑道の設計・施工計画構築技術」、「研究坑道の建設技術の研究」、「安全性を確保する技術の研究」と、地質構造、地下水の水理、地下水の地球化学、岩盤力学それぞれの「研究成果の統合化」である。

2006年（平成18年）は中間ステージ建設前までの主立坑・換気立坑の掘削段階である。「設計施工技術、建設技術」へ反映すべき成果は、現地に立ち入らない調査での研究坑道の設計結果と立坑建設時の空洞変形等の調査結果の比較により、建設可能性評価の事例研究としての成果である。また、現地に立ち入らない調査、地表からのボーリング調査、研究坑道掘削中の調査により得られたデータの品質保証手法の開発・適用も「地質環境情報管理技術」へ反映可能な事例研究となる。

一方、「調査計画立案技術」とは、限定されたボーリング調査にて必要な調査データ（除法）を取得する調査手順・計画立案技術であり、地表からの調査段階で構築した各地質環境予測モデル（サイトスケール）の妥当性の確認及び確証をもって事例研究が完了する。そのため、2006年までにどの程度研究が進展しているかが一つの重要な指標になる。地質環境予測モデルの確証を段階的に実施する調査研究手順を構築することで、成果の反映レベルは高くなると考える。

②概要調査地区での調査段階（2007年～2011年）

本段階は、地表および地表からのボーリング調査により、精密調査地区の選定評価を行う段階であり、調査研究成果の反映の対象として、実施主体の調査実施に係わる「広域な地質環境の評価技術およびその信頼性評価技術」、「地質環境情報の定量的評価、モデル化技術」、「モデル、データの不確実性評価技術」と、本段階終了時に想定した処分施設の概念設計および予備的安全評価に必要となる「人工バリアの長期挙動（健全性）の予測手法」、「材料の長期影響予測手法」、「地下施設的设计施工技術」、「建設・操業計画立案技術」、「建設技術」、「岩盤物性の長期的変化の予測手法」、「岩盤の長期力学挙動の予測手法」、「閉鎖材

料、グラウト材の長期挙動予測手法」の各種技術を選定した。

対象となる調査研究項目は、調査実施に必要な技術への反映として、地質構造、地下水の水理、地下水の地球化学、岩盤力学それぞれの「研究成果の統合化」がある。また、概念設計および予備的安全評価に必要な技術への反映として、工学的技術の「研究坑道の設計・施工計画構築技術」、「研究坑道の建設技術の研究」、「安全性を確保する技術の研究」の他、研究坑道周辺の地質環境特性の調査・評価を目的として、中間ステージを利用して実施する工学的技術の「掘削影響の修復・軽減技術の研究」、「人工材料の岩盤への長期影響評価試験」、岩盤力学の「長期依存性試験」、「坑道掘削影響試験」などが挙げられる。

処分施設の概念設計および予備的安全評価は、本段階の終了時である2010年～2011年の実施されると想定すると、2010年（平成22年）は中間ステージ以深の主立坑・換気立坑掘削段階であり、中間ステージおよび最終ステージを利用した上記の調査研究の多くは調査研究開始前であり、スケジュールの制約から成果の反映が困難となる。

実施主体が行う処分施設の概念設計および予備的安全評価を調査研究成果の重要な時期とすると、上記工学的技術の調査研究を早期に展開する方策が必要となる。

③精密調査地区での調査段階（2015年から2024年）

本段階では、まず、精密調査地区における地表からの詳細調査に基づき地下調査施設の設計及び処分技術の実証計画を立案する。そして、地下調査施設の建設後、地下調査施設を利用した調査と処分技術の実証を行い、最終処分施設建設地の選定評価、処分施設の基本設計、安全評価、および事業許可申請書を作成する段階である。調査研究成果の反映の対象として、実施主体の調査実施に係わる「サイトの地質環境の評価技術およびその信頼性評価技術」、「地質環境情報の定量的評価、モデル化技術」、「モデル、データの不確実性評価技術」と、本段階終了時に想定した処分施設の基本設計および安全評価に必要な「人工バリアの長期挙動（健全性）の予測手法」、「材料の長期影響予測手法」、「地下施設の設計施工技術」、「建設・操業計画立案技術」、「建設技術」、「岩盤物性の長期的変化の予測手法」、「岩盤の長期力学挙動の予測手法」、「閉鎖材料、グラウト材の長期挙動予測手法」の各種技術を選定した。また、処分技術の実証については、事業化報告書に示された実証の内容および実証試験エリアでの実証試験の展開を想定し、岩盤力学、工学的技術、地下水の

水理、物質移行から、坑道周辺の地質環境特性の調査、評価に係わる「調査・評価手法」が必要となる技術とした。

対象となる調査研究項目は、概要調査地区での調査段階とほぼ同じであり、調査実施に必要な技術への反映として、地質構造、地下水の水理、地下水の地球化学、岩盤力学それぞれの研究成果の統合化がある。また、基本設計および安全評価に必要な技術への反映として、工学的技術の「研究坑道の設計・施工計画構築技術」、「研究坑道の建設技術の研究」、「安全性を確保する技術の研究」の他、研究坑道周辺の地質環境特性の調査・評価を目的として、中間ステージを利用して実施する工学的技術の「掘削影響の修復・軽減技術の研究」、「人工材料の岩盤への長期影響評価試験」、岩盤力学の「長期依存性試験」、「坑道掘削影響試験」などが挙げられる。さらに処分技術の実証で予想される実証試験の多くが、工学的技術の「掘削影響の修復・軽減技術の研究」、「人工材料の岩盤への長期影響評価試験」、岩盤力学の「長期依存性試験」、「坑道掘削影響試験」と対応している。

調査研究成果の反映に重要な時期は、処分技術の実証計画立案を開始する2015年と処分施設の基本設計および安全評価を開始する2024年と考えられる。超深地層研究所での調査研究の展開は2015年までであることから、2015年への成果の反映について考察する。

中間ステージおよび最深ステージを利用した工学的技術の調査研究の多くは2010年から開始し2015年まで研究を展開する計画となっている。「坑道掘削影響試験」、「長期依存性試験（岩盤力学）」「掘削影響の修復・軽減技術の研究」、「人工材料の岩盤への長期影響評価」など、坑道周辺岩盤の長期挙動・変質特性の調査、モデル化、評価を取り扱い、同一場を利用する調査研究が主となる。長期挙動・変質モデルにより評価した予測結果の確認には、各プロセス（例えばイベントナインの膨潤など）が発生する時点までのデータ取得が必要となり、設定した調査期間5年への不確実性は大きい。また、処分技術の実証への反映では、原位置での実証試験にて、どのような評価・予測モデルを用いて、どのような調査データを取得し、長期予測モデルを確認するかの実証ストーリーを反映することが最も重要となり、事例研究としての重要度は高いと考える。

そのため、処分事業実施への反映の観点から、今後事業の進展を眺みつつ、超深地層研究所における調査研究全体スケジュールの段階的な見直しにおいて、これらの工学的技術の調査研究を早期に展開する方策を準備することが重要である。

表 5.2-6 処分事業における実施事項と必要技術（概要調査地区の選定段階）

実施時期	マイルストーンと実施事項	実施内容	実施に必要な技術と達成レベル	関連する研究分野と調査研究項目	反映すべき内容、実施時期、条件等
2000	実施主体設立				
~2006	概要調査地区選定のための調査 [A]	<ul style="list-style-type: none"> 調査受入れ地域から概要調査地区を選定するために、文献調査および現地に立ち入らない調査により、地形、地質・地質構造、地下水位分布などの自然条件を把握する [A] 	<ul style="list-style-type: none"> 広域の地質・地質構造などの調査技術およびその信頼性評価技術 <ul style="list-style-type: none"> 適用する現地に立ち入らない調査手法（空中からのリモートセンシング技術など）の信頼性が評価されていること [C] 3次元地質・地質構造推定技術 <ul style="list-style-type: none"> 現地に立ち入らない調査をもとに地下深部の3次元的地質・地質構造を推定、表現できること [C] 地質環境情報管理技術（品質保証技術） <ul style="list-style-type: none"> 概要調査地区選定のために必要な地質環境データ（地質環境の長期安定性に関わるデータを含む）を収集・整理し、それらのデータの品質を保証できること [B（品質管理手法）、C] 	<ul style="list-style-type: none"> （適用する調査技術（リモートセンシング技術など）は既存の技術の活用が可能と考えられるため、超深地層研究所計画における技術開発は行わない。） （広域を対象とした技術であるため、超深地層研究所（以下、「MIU」という）計画における調査研究の対象外である。） ○工学的技術 <ul style="list-style-type: none"> - 研究坑道の設計・施工計画構築技術（含む品質確保研究） [2002~2015年：地上及び全坑道] 	<ul style="list-style-type: none"> 各段階で開発、適用、改良する調査データの品質保証手法（品質保証システム）は、事業実施時の品質保証方策を提示する成果である
~2006	概要調査地区選定上の考慮事項への適合性評価 [A]	<ul style="list-style-type: none"> 概要調査地区選定上の考慮事項を設定する [A] とともに、候補地点の地質環境の長期安定性の見通しを得る [C] 	<ul style="list-style-type: none"> 長期安定性推定技術 <ul style="list-style-type: none"> 収集された全国規模ないし広域の既存データに基づいて、具体的な考慮事項を設定できること [A, B] 収集された広域の既存データに基づいて、概要調査地区の地質環境の長期安定性（隆起・沈降の程度、断層活動の履歴や影響範囲、火山・火成活動の履歴など）を総合的に推定し、選定上の考慮事項への適合性を判断できること [A, C] 	<ul style="list-style-type: none"> （全国規模を対象とした地質環境の長期安定性は、MIU計画における調査研究の対象外である。） 	
		<ul style="list-style-type: none"> 処分施設の建設可能性の見通しを得る [C] 	<ul style="list-style-type: none"> 設計施工技術、建設技術 <ul style="list-style-type: none"> 収集された広域の既存のデータから推定した概要調査地区の地質環境に対し、想定される品質レベルを考慮した現実的な補強（支保など）を含め、合理的な範囲での施工の可能性（建設可能性）を判断できること [C] 安全性確保技術 <ul style="list-style-type: none"> 作業安全性を建設可能性と整合させながら確保できること [C] 	<ul style="list-style-type: none"> ○工学的技術 <ul style="list-style-type: none"> - 研究坑道の設計・施工計画構築技術（含む品質確保研究） - 研究坑道の建設技術の研究 [2002~2015年：地上及び全坑道] ○工学的技術 <ul style="list-style-type: none"> - 研究坑道の建設技術の研究 - 安全性を確保する技術の研究 [2002~2015年：地上及び全坑道] 	<ul style="list-style-type: none"> 限定された地質環境情報に基づき建設可能性を評価するシステム技術は反映すべき成果である。 大深度立坑建設時の作業安全性の確保技術（管理システム）は、適切な保安レベルを提示する成果である。（特殊な調査・建設機械への対応、調査作業、建設作業のリンクも含む）
		<ul style="list-style-type: none"> 長期の安全性確保の見通しを得る [D] 	<ul style="list-style-type: none"> 安全評価技術 <ul style="list-style-type: none"> 長期安全性確保のロジック（シナリオ）が構築できること [D] 概要調査地区の地形や地質環境を対象として人工バリアを含む処分概念が構築できること [D] ジェネリックな地質環境とその安全評価結果の概要調査地区への適用性あるいは適合性を判断するための知見（安全評価に関わるデータなど）が整理、蓄積されていること [D] 	<ul style="list-style-type: none"> （安全評価技術は、MIU計画における調査研究の対象外である。） 	
~2006	概要調査地区での調査計画の立案 [A]	<ul style="list-style-type: none"> 選定される概要調査地区において、精密調査地区を選定するための調査計画を立案する [A] 	<ul style="list-style-type: none"> 地質環境情報管理技術（品質保証技術） <ul style="list-style-type: none"> 概要調査地区での調査計画立案レベルの知見（地質・地質構造などに関する文献調査結果、リモートセンシング結果の理解）が整理できること [D] 調査計画立案技術 <ul style="list-style-type: none"> 予定地としての適合性評価、概念設計、予備的安全評価を行うために必要な情報を得るための調査の種類とレベルが設定できること（地表調査およびボーリング調査の項目や配置、手順などを決定できること） [C] 	<ul style="list-style-type: none"> ○工学的技術 <ul style="list-style-type: none"> - 研究坑道の設計・施工計画構築技術（含む品質確保研究） [2002~2015年：地上及び全坑道] ○地質構造、地下水の水理、地下水の地球化学、岩盤力学 <ul style="list-style-type: none"> - 地質環境調査とサイトスケールの地質環境モデルの検証 	<ul style="list-style-type: none"> 各段階で開発、適用、改良する調査データの品質保証手法（品質保証システム）は、品質保証方策を提示する成果である 地表からのボーリングなどの調査計画は、MIU計画の第1段階で策定されており、その知見を応用できる。 調査計画に基づく地質環境モデルの検証は終了していない。
2006	概要調査地区の選定 / 国の承認				

注：1) 関連する研究分野と調査研究項目の欄において、工学的技術Ⅰは大深度地質環境下における工学的技術に関する研究を、工学的技術Ⅱは処分技術開発の基盤となる工学的技術に関する研究を表す。
 2) 記号 A は高レベル放射性廃棄物地層処分の事業化技術（電力中央研究所・電気事業連合会、1999）、B は第2次取りまとめ総論レポート第VI章および第VII章（核燃料サイクル開発機構、1999）、C は2000年以降の研究・技術開発課題の議論を参考に設定した事項を表す。また、記号 D は本研究において検討、設定した事項を表す。

表 5.2-7 処分事業における実施事項と必要技術（概要調査地区での調査段階：その1）

実施時期	マイルストーンと実施事項	実施内容	実施に必要な技術と達成レベル	関連する研究分野と調査研究項目	反映すべき内容、実施時期、条件等
2006	概要調査地区の選定の確認				
2007～2011	概要調査地区での調査（地表からの調査） [A, B]	<ul style="list-style-type: none"> 精密調査地区を選定するために、概要調査地区において地表およびボーリング調査を行う。得られた情報をもとに岩体の分布、地下の地質環境を推定する [A] 机上調査で推定された結果を確認する [B] とともに精密調査地区としての調査エリアを絞り込む [A] 	<p>対象地層などの広域な地質環境の調査技術およびその信頼性評価技術</p> <ul style="list-style-type: none"> 地質・地質構造、地下水水理、地球化学、物質移行、岩盤力学に関して地表調査、ボーリング調査により必要な情報が取得できること [C] 空間的な広がりを精度よく評価するために個別の調査技術を組み合わせて統合化できていること [B, C] 物理探査、踏査、ボーリング孔からの取得データの信頼性が評価できること [D]（地表調査技術の信頼性が評価されていること [C]） <p>地質環境情報の定量的評価、モデル化技術</p> <ul style="list-style-type: none"> データの解釈のための統計推定学的な手法の適用性が評価されていること [D] サイトスペシフィックな情報をもとに、空間的なばらつきを考慮して、データ間の整合性がとれたモデルデータセットが構築できること [D] 地表調査、ボーリング調査により得られた情報により、概要調査地区の地質・地質構造、地下水水理、地球化学、物質移行、岩盤力学に関してサイトスケールのモデル（3次元的な分布）が構築できること [C]（調査・モデル化技術の検証） <p>モデル、データの不確実性評価技術</p> <ul style="list-style-type: none"> 地表調査、ボーリング調査データから作成された地下のモデルデータセットとモデル（地質・地質構造、水理、地球化学、物質移行、岩盤力学）の不確実性が評価できること [C] <p>地質環境情報管理技術（品質保証技術）</p> <ul style="list-style-type: none"> 地表調査とボーリング調査の結果から精密調査選定の適合性評価の判断や処分施設の概念設計、予備的安全評価などのために必要な地質環境データ（岩石の種類・性状、断層破碎帯・地下水流の概要、地震など）を収集・整理し、それらのデータの品質を保証できること [B]（品質管理手法）、[C] <p>調査エリア評価技術</p> <ul style="list-style-type: none"> 概要調査地区での調査結果に基づき、精密調査地区としての調査の対象エリアを設定できること [D] 	<ul style="list-style-type: none"> ○地質構造、地下水の水理、地下水の地球化学、岩盤力学 <ul style="list-style-type: none"> - 地質環境調査とサイトスケールの地質環境モデルの検証 - 各種調査技術・機器の開発・高度化 [2004～2015年：地上及び全坑道] ○工学的技術 <ul style="list-style-type: none"> - 研究坑道の設計・施工計画構築技術（含む品質確保研究） [2002～2015年：地上及び全坑道] <p>（M I U計画の調査研究対象エリアは限定されているため、M I U計画における調査研究は寄与しない。）</p> <p>（地質環境の長期安定性は、M I U計画における調査研究の対象外である。）</p> <p>（人工バリアの設計、製作・施工技術は、M I U計画における調査研究の対象外である。）</p> <ul style="list-style-type: none"> ○工学的技術 <ul style="list-style-type: none"> - 掘削影響の修復・軽減技術の研究 - 人工材料の岩盤への長期影響評価試験 [2012～2015年：中間ステージ] ○地球化学 <ul style="list-style-type: none"> - 水理/岩盤複合現象試験 [2014～2015年：中間ステージ] 	<ul style="list-style-type: none"> ・M I Uの第1～2段階で開発・適用・検証された地質環境調査・評価手法は反映すべき成果である。 ・成果の反映には、サイトスケールモデルの各検証が2011年までに完了する必要がある。 ・地表からの調査で得られた情報に基づいて構築された地質・地質構造、水理、地球化学、物質移行および岩盤力学の各種地質環境モデル（サイトスケール）の妥当性の検証結果、様々なデータが有するばらつき（幅）、モデル固有の不確実性を総合的に評価するシステムを構築することは反映すべき大きな成果である。 ・各段階で開発、適用、改良する調査データの品質保証手法（品質保証システム）は、品質保証方を提示する成果である
2007～2011	精密調査地区選定上の考慮事項への適合性評価 [A]	<ul style="list-style-type: none"> 精密調査地区の長期安定性の見通しを得る [C] 	<p>長期安定性評価技術</p> <ul style="list-style-type: none"> 概要調査地区で得られたデータを分析することにより長期安定性（隆起・沈降の程度、断層活動の履歴や影響範囲、火山・火成活動の履歴など）を総合的に評価し、選定上の考慮事項への適合性を判定できること [A] 		
2010～2011	処分施設の概念設計（人工バリアを含む） [A]	<p>人工バリアの合理的な範囲での概念仕様の設定（概念設計）</p> <ul style="list-style-type: none"> 地元への説明のために、候補地で得られた情報をもとに人工バリアの概念設計を実施する [A, C] <p>予備的安全評価に必要な情報の出力（人工バリアシステムの健全性評価）</p> <ul style="list-style-type: none"> 設定した人工バリアシステムの長期的な挙動（健全性）について予測し [B, C]、予備的安全評価に必要な情報を提供する [D] 	<p>人工バリアの設計、製作・施工技術</p> <ul style="list-style-type: none"> 合理的な人工バリアの概念仕様を設定するための設計体系や設計手法が整備されていること [C]。また設計技術指針が整備されていること [C] 想定される品質レベルを考慮した現実的な製作・施工方法を含め、合理的な範囲で人工バリアの概念仕様を設定できること [C] <p>人工バリアの長期挙動（健全性）の予測手法</p> <ul style="list-style-type: none"> ニアフィールドにおける熱-水-応力-化学連成挙動、オーバーバックの腐食膨張や岩盤のクリープ変形に伴う緩衝材の長期力学挙動、ニアフィールドにおけるガス発生・移行挙動、緩衝材の岩盤割れ目への侵入・流出現象などがある程度の信頼性をもって予測できること [B, C] <p>材料の長期影響予測手法</p> <ul style="list-style-type: none"> 支保工コンクリートや地下水が緩衝材あるいは岩盤の性能に与える化学的影響がある程度の信頼性をもって予測できること [C] 		<ul style="list-style-type: none"> ・人工材料を含めたニアフィールドの地質環境変化の予測モデルおよびデータの検証は、安全評価および人工バリア設計両方の観点から反映できる成果となる。 ・成果の反映には、各種長期挙動・変質予測モデル・データの検証が2011年までに完了する必要があるが、調査研究スケジュールの制約により困難である。

注：1) 関連する研究分野と調査研究項目の欄において、工学的技術 I は大深度地質環境下における工学的技術に関する研究を、工学的技術 II は処分技術開発の基盤となる工学的技術に関する研究を表す。
2) 記号 A は高レベル放射性廃棄物地層処分の事業化技術（電力中央研究所・電気事業連合会、1999）、B は第2次取りまとめ総論レポート第VI章および第VII章（核燃料サイクル開発機構、1999）、C は2000年以降の研究・技術開発課題の議論を参考に設定した事項を表す。また、記号 D は本研究において検討、設定した事項を表す。

表 5.2-8 処分事業における実施事項と必要技術（概要調査地区での調査段階：その2）

実施段階	マイルストーンと実施事項	実施内容	実施に必要な技術と達成レベル	関連する研究分野と調査研究項目	反映すべき内容、実施時期、条件等
2010～2011	処分施設概念設計 (人工バリアを含む) [A] (続き)	地下施設概念仕様、レイアウトの設定 (概念設計) ・予定地としての適合性を評価するために、概要調査地区で得られた情報をもとに地下施設概念設計を実施する [A, C]	地下施設設計施工技術 ・合理的な地下施設概念仕様 (処分深度、坑道の仕様、埋設密度、埋め戻し材・プラグの仕様、グラウトの仕様など) とレイアウトを設定するための設計体系や設計手法が整備されていること (たとえば、地下施設建設時の岩盤の力学的安定性評価指標が設定されていることなど) [C]。また設計技術指針が整備されていること [C] ・概要調査地区の地形、地質・地質構造、要求品質、施工方法、維持補修、安全管理などを考慮して、合理的な地下施設概念仕様 (閉鎖材料を含む) とレイアウトを設定できること [C]	○工学的技術 - 研究坑道の設計・施工計画構築技術 (含む品質確保研究) [2002～2015年：地上及び全坑道] - 掘削影響の修復・軽減技術の研究 [2012～2015年：中間ステージ] ○岩盤力学 - 岩盤空洞力学的安定性評価試験 - 長期依存性試験 [2010～2015年：中間ステージ]	・坑道周辺の地質環境の長期挙動、(掘削影響前後含む)の予測モデル・データの検証、掘削影響・修復の状態を調査・計測する技術の適用性の確認結果は反映すべき成果である。 ・成果の反映には、2011年までに完了する必要があるが、調査研究スケジュールの制約により困難である。
		地上施設概念仕様、レイアウトの設定 (概念設計) ・概要調査地区で得られた情報をもとに地上施設概念設計を実施する [A]	地上施設設計施工技術 ・候補地の地形、運搬・操業方法、要求品質、安全管理などを考慮して、合理的な地上施設概念仕様とレイアウトを設定できること [D]	(M I U計画における地上施設は、処分場に建設される地上施設と目的や内容などが異なるため、寄与しない。)	
		建設可能性の評価 (建設技術) ・現地でのボーリング調査結果、3次元的地質・地質構造、水理地質構造などの情報から、地下施設の建設可能性を判断する [C] ・概念設計による処分施設を実現するための安全性に配慮した施工計画、操業システム計画を作成する [D]	建設・操業計画立案技術 ・安全性に配慮し、概要調査地区の地質環境、処分施設のレイアウトなどを考慮した施工計画、操業計画ができること [D] 建設技術 ・概要調査地区の地質環境に応じた掘削工法が確認、実証できること [C] ・合理的な補強方法を確立し、支保工コンクリート材料の長期挙動 (透水性変化など) がある程度の信頼性をもって予測できること [C] ・弱部や高透水ゾーンに遭遇した場合の対策工法の仕様がある程度の信頼性をもって設定できること [C]	○工学的技術 - 研究坑道の設計・施工計画構築技術 (含む品質確保研究) [2002～2015年：地上及び全坑道] ○工学的技術 - 研究坑道の設計・施工計画構築技術 (含む品質確保研究) - 研究坑道の建設技術の研究 - 安全性を確保する技術の研究 [2002～2015年：地上及び全坑道]	・空洞設計・施工計画構築技術は反映すべき成果である (レイアウト等の施設設計技術は除く) ・大深度立坑、水平坑道における設計・施工、予測外事象への対処技術の実績が反映すべき成果となる。
		予備的安全評価に必要な情報の出力 (ニアフィールドの健全性評価) ・設定した処分施設概念仕様に対し、地震時挙動 (たとえば断層中の地下水挙動) や長期挙動 (たとえば坑道周辺岩盤のクリープ挙動) などについて予測を行い [C]、予備的安全評価に必要な情報を提供する [D]	岩盤物性の長期的変化の予測手法 ・周辺岩盤の水理特性や力学特性などについて坑道掘削による変化およびその長期的変化がある程度の信頼性をもって予測できること [D] 岩盤の長期力学挙動の予測手法 ・坑道周辺岩盤の長期の力学的安定性や時間依存性 (クリープ特性・挙動)、破壊機構をある程度の信頼性をもって予測できること [C] 閉鎖材料、グラウト材の長期挙動予測手法 ・埋め戻し材とプラグ材の性能 (強度や止水性など) や長期挙動 (圧密と膨潤挙動など)、およびグラウトの効果やその長期挙動 (流失) がある程度の信頼性をもって予測できること [D] 地震時挙動の予測手法 ・地震時の坑道周辺岩盤や断層破碎帯の力学的挙動や地下水挙動がある程度の信頼性をもって予測できること [C (地震時安定性評価技術)]	○岩盤力学 - 岩盤空洞力学的安定性評価試験 - 長期依存性試験 - 岩盤破壊機構解明試験 - 坑道掘削影響試験 [2010～2015年：中間ステージ] ○工学的技術 - 掘削影響の修復・軽減技術の研究 - 人工材料の岩盤への長期影響評価試験 [2012～2015年：中間ステージ] ○地震観測 - 地震動観測、地質環境変化 - 地震時破碎帯挙動試験 [2004～2015年：地上及び全坑道]	・坑道周辺の地質環境の長期挙動、(掘削影響前後含む)の予測モデル・データの検証、掘削影響・修復の状態を調査・計測する技術の適用性の確認結果は反映すべき成果である。 ・成果の反映には、2011年までに完了する必要があるが、調査研究スケジュールの制約により困難である。 ・大深度岩盤内での地震動観測結果はわずかであり、空洞設計へ反映すべき成果となる。

注：1) 関連する研究分野と調査研究項目の欄において、工学的技術Ⅰは大深度地質環境における工学的技術に関する研究を、工学的技術Ⅱは処分技術開発の基盤となる工学的技術に関する研究を表す。
2) 記号 A は高レベル放射性廃棄物地層処分の事業化技術 (電力中央研究所・電気事業連合会、1999)、B は第2次取りまとめ総論レポート第Ⅵ章および第Ⅶ章 (核燃料サイクル開発機構、1999)、C は2000年以降の研究・技術開発課題の議論を参考に設定した事項を表す。また、記号 D は本研究において検討、設定した事項を表す。

表 5.2-9 処分事業における実施事項と必要技術（概要調査地区での調査段階：その3）

実施段階	マイルストーンと実施事項	実施内容	実施に必要な技術と達成レベル	関連する研究分野と調査研究項目	反映すべき内容、実施時期、条件等
2010～2011	予備的安全評価 [A]	<p>・地元に説明するために、概要調査地区で得られた情報をもとに予備的安全評価を実施する[A]。処分深度が決定され、人工バリアの設定とその予備的評価、3次元的水理地質構造などの設定とともに多重バリアシステムの予備評価をデータの入手頻度に対応して繰り返し実施する [D (繰り返し実施：B)]</p> <p>- シナリオの設定</p> <p>- 安全評価に用いるモデル、コードの準備</p> <p>- 地下水のモデルデータセット、熱力学データの取得と設定</p> <p>- 人工バリアシステムの長期挙動の評価</p> <p>- 時間的な不確実性への回答を、サイトスペシフィックな情報と保守的な根拠をもとに準備</p>	シナリオ解析	(シナリオ解析は、MIU計画における調査研究の対象外である。)	<p>・限定された地表からのボーリング調査結果から、データ幅、モデルの不確実性を考慮した地質・地質構造予測モデルを作成する調査技術、評価モデル、データの検証結果は反映すべき成果である。</p> <p>・成果の反映には、2011年までに完了する必要があるため、段階的に成果をとりまとめ、公表することが望ましい。</p> <p>・坑道スケールを対象とした調査・評価試験のため、本調査段階での成果の反映は困難である。</p>
			評価モデル、コードの整備	(安全評価のためのモデル、コードの整備は、MIU計画における調査研究の対象外である。MIU計画の調査研究の成果は間接的に反映されると考えられる。)	
			岩盤の亀裂特性の評価手法	○地質・地質構造 - 地質構造調査 [2004～2015年：地上及び全坑道]	
			地下水流動の予測評価技術	○地下水の水理 - 地下水挙動調査 [2002～2015年：地上及び全坑道]	
2011	精密調査計画の立案 [A]	<p>・選定される精密調査地区において最終処分建設地を特定し、処分場および地下特性調査施設のレイアウトと設計のために地上から実施する調査の計画を立案する [A]</p>	地下水地球化学特性の予測評価技術	○地下水の地球化学 - 地下水の地球化学的性質の調査（長期モニタリング） - 掘削に伴う地下水の地球化学的性質の変化の調査	<p>・成果の反映には、2011年までに完了する必要があるため、段階的に成果をとりまとめ、公表することが望ましい。</p>
			物質移行の予測評価技術	○物質移行 - 単一割れ目移行試験 - 坑道規模物質移行試験 - 断層物質移行試験	
2011	精密調査地区の選定 / 国の確認		調査計画立案技術	○工学的技術 - 研究坑道の設計・施工計画構築技術（含む品質確保研究） [2002～2015年：地上及び全坑道]	<p>・限定された地表からのボーリング調査結果から予測した地質環境モデルに基づき、データのばらつき、評価の不確実性を考慮して最適な調査手順を構築する技術は反映すべき成果である。</p> <p>・成果の反映には、2011年までに完了する必要があるため、段階的に成果をとりまとめ、公表することが望ましい。</p>
		モデル、データの不確実性評価技術	○地質構造、地下水の水理、地下水の地球化学、岩盤力学 - 地質環境調査とサイトスケールの地質環境モデルの検証 - 各種調査技術・機器の開発・高度化 [2004～2015年：地上及び全坑道]		

注：1) 関連する研究分野と調査研究項目の欄において、工学的技術Iは大深度地質環境下における工学的技術に関する研究を、工学的技術IIは処分技術開発の基盤となる工学的技術に関する研究を表す。
 2) 記号Aは高レベル放射性廃棄物地層処分の事業化技術（電力中央研究所・電気事業連合会、1999）、Bは第2次取りまとめ総論レポート第VI章および第VII章（核燃料サイクル開発機構、1999）、Cは2000年以降の研究・技術開発課題の議論を参考に設定した事項を表す。また、記号Dは本研究において検討、設定した事項を表す。

表 5.2-10 処分事業における実施事項と必要技術（精密調査地区での調査段階：その1）

実施段階	マイルストーンと実施事項	実施内容	実施に必要な技術と達成レベル	関連する研究分野と調査研究項目	反映すべき内容、実施時期、条件等
2011	精密調査地区の選定 国の確認				
2015～2017	精密調査地区におけるサイト特性調査(地上からの詳細な調査) [A]	<ul style="list-style-type: none"> 必要な手続き（調査のための用地の取得・借用、地下調査施設の建設に伴う許認可）の申請など、実際の活動を展開する [A] 最終処分建設地の位置を最終決定するための集中的な調査、エリアを中心としたモデル作成、モデルの確認のためのボーリングなどによる広域を含むサイト特性調査を実施する [A] 精密調査地区を中心としたエリアの長期変動に関わる情報を収集・整理する [D] 広汎な調査によりその長期予測の確からしさ、判断の証拠を整備する [D] 	<p>サイトの地質環境の調査技術およびその信頼性評価技術</p> <ul style="list-style-type: none"> 地質・地質構造、地下水水理、地球化学、物質移行、岩盤力学に関して地表調査、ボーリング調査により必要な情報が調査できること [C (地表調査技術 (予定地選定段階))] 物理探査、踏査、ボーリング孔などからの取得データの信頼性が評価できること [D] (地表調査技術の信頼性が評価されていること [C]) <p>地質環境情報の定量的評価、モデル化技術</p> <ul style="list-style-type: none"> 空間的なばらつきなどを考慮して、データ間の整合性がとれたモデルデータセットを構築できること [D] 地表調査、ボーリング調査により得られた情報により地質・地質構造、地下水水理、地球化学、物質移行、岩盤力学に関してサイトスケールのモデル（3次元的な分布）を構築できること [A (モデル化技術の適用性確認)、C (調査・モデル化技術の検証)] <p>モデル、データの不確実性評価技術</p> <ul style="list-style-type: none"> 地表調査、ボーリング調査データから作成された地下のモデルデータセットとモデル（地質・地質構造、地下水水理、地球化学、物質移行、岩盤力学）の不確実性が評価できること [C] <p>地質環境情報管理技術（品質保証技術）</p> <ul style="list-style-type: none"> 地表調査とボーリング調査の結果から、処分地選定、地下特性調査施設の詳細設計、処分場の基本設計と安全評価などのために必要な地質環境データを収集・整理し、それらのデータの品質を保証できること [C (品質保証体系 (予定地選定段階))] <p>調査エリア評価技術</p> <ul style="list-style-type: none"> 概要調査地区において地表からの調査およびボーリング調査により得られる情報をもとに地下深部を推定し、最終処分施設建設地を特定できること [A] 	<p>○地質構造、地下水の水理、地下水の地球化学、岩盤力学</p> <ul style="list-style-type: none"> - 地質環境調査とサイトスケールの地質環境モデルの検証 - 各種調査技術・機器の開発・高度化 [2004～2015年：地上及び全坑道] <p>○工学的技術</p> <ul style="list-style-type: none"> - 研究坑道の設計・施工計画構築技術(含む品質確保研究) [2002～2015年：地上及び全坑道] <p>(M I U計画の調査研究対象エリアは限定されているため、M I U計画における調査研究は寄与しない。)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・限定された地表からのボーリング調査結果から、データ幅、モデルの不確実性を考慮した地質・地質構造予測モデルを作成する調査技術、評価モデル、データの検証結果は反映すべき成果である。 ・本段階では、調査密度の増加と不確実性の低減を評価できる技術を検証することが、反映できる主要な成果となる。
2015～2017	地下調査施設詳細設計 [A] (施工計画の立案含む [D])	<ul style="list-style-type: none"> 地上施設および地下調査施設の仕様を設定し [A]、施工計画(施工方法や手順など)を立案する [D] 実証施設の仕様を設定する [D] データの品質管理・品質保証計画やモニタリング計画を立案する [D] 周辺への環境影響評価(排水処理など)を実施する [D] 	<p>地上・地下施設の設計施工技術</p> <ul style="list-style-type: none"> 地上からの調査結果を評価し、地下調査施設の設計用のモデルデータセットとモデルが作成できること [D] 概要調査地区の地形、地質・地質構造、要求品質、施工方法、安全管理などを考慮して、地上施設と地下調査施設の仕様とレイアウトを設定できること [A] (アクセス坑道(立坑あるいは斜坑)を共用する処分施設の概略基本設計(処分深度、区画配置、アクセス坑道仕様、連絡坑道仕様の設定)を含む [D]) 	<p>○工学的技術</p> <ul style="list-style-type: none"> - 研究坑道の設計・施工計画構築技術(含む品質確保研究) - 研究坑道の建設技術の研究 - 安全性を確保する技術の研究 [2002～2015年：地上及び全坑道] 	<ul style="list-style-type: none"> ・測定を設計にフィードバックし、設計変更柔軟に対応する技術(施工計画変更支援システム)の検証結果は、反映すべき成果である。

注：1) 関連する研究分野と調査研究項目の欄において、工学的技術 I は大深度地質環境下における工学的技術に関する研究を、工学的技術 II は処分技術開発の基盤となる工学的技術に関する研究を表す。
 2) 記号 A は高レベル放射性廃棄物地層処分の事業化技術（電力中央研究所・電気事業連合会、1999）、B は第 2 次取りまとめ総論レポート第 VI 章および第 VII 章（核燃料サイクル開発機構、1999）、C は 2000 年以降の研究・技術開発課題の議論を参考に設定した事項を表す。また、記号 D は本研究において検討、設定した事項を表す。

表 5.2-11 処分事業における実施事項と必要技術（精密調査地区での調査段階：その2）

実施段階	マイルストーンと実施事項	実施内容	実施に必要な技術と達成レベル	関連する研究分野と調査研究項目	反映すべき内容、実施時期、条件等
2015～2017	処分技術の実証計画立案 [A]	地下特性調査施設の建設で得られる情報を加味して、処分技術の実証で実施する試験計画を立案する [A]	試験計画立案技術 ・処分場の基本設計と安全評価のために必要な実証試験項目を判断できること [C (処分場の安全に関する信頼性を高めるための実証試験計画を作成できるレベル)] ・各実証試験により得られる成果がある程度の信頼性をもって予測可能なこと [D] <予想される実証試験> [A] - 施設の設計・建設の実演および掘削影響評価技術試験 - 閉鎖システムの性能確認試験 - 人工バリアシステムの性能確認試験 - 水理・物質移行モデルの適用性確認試験 - 地球化学特性評価手法の適用性確認試験 など	○岩盤力学 - 岩盤空洞力学的安定性評価試験 - 長期依存性試験 - 岩盤破壊機構解明試験 - 坑道掘削影響試験 [2010～2015年：中間ステージ] ○工学的技術 - 掘削影響の修復・軽減技術の研究 - 人工材料の岩盤への長期影響評価試験 [2012～2015年：中間ステージ] ○地下水の水理、物質移行 - 岩盤透水性試験、坑道規模物質移行試験 [2012～2015年：中間ステージ]	・坑道周辺の地質環境の長期挙動、（掘削影響前後含む）の予測モデル・データの検証、掘削影響・修復の状態を調査・計測する技術の適用性の確認結果は反映すべき成果である。 ・処分技術の実証は2016年からの開始が想定されることから、長期挙動・変質予測モデルの検証のためのデータが得られる期間、調査研究が完了する時期を勘案し、柔軟な調査研究スケジュールを選択する必要がある。
2018～2024	地下特性調査施設の建設 [A]	アクセス坑道を掘削し、水平坑道で構成される地下調査施設を建設する [A]	建設技術 ・アクセス坑道（立坑あるいは斜坑）と連絡坑道の建設技術が実証されていること [C (予定地への適用性が確認できるレベル)]	○工学的技術 - 研究坑道の設計・施工計画構築技術（含む品質確保研究） - 研究坑道の建設技術の研究 - 安全性を確保する技術の研究 [2002～2015年：地上及び全坑道]	・測定を設計にフィードバックし、設計変更に対応する技術（施工計画変更支援システム）の検証結果は、反映すべき成果である。
2018～2024	地下でのサイト特性調査 [A]	・処分場を設計し、安全評価を行うために3次元的地質・地質構造、水理地質構造、水理特性、地下水地球化学特性、物質移行特性、力学特性などの必要な情報を地下調査施設での調査より収集する [A] ・安全評価上重要となるブロック、断層破砕帯などを集中的に調査する [A (断層破砕帯・割れ目帯の評価分類)] ・処分エリアおよびその周辺を中心とした広域な情報の収集と地下深部までの調査結果により、当該サイトの特性を3次元的に提示する（調査結果の評価、モデルデータセット、モデルの作成） [D]	地下における地質環境の調査技術およびその信頼性評価技術 ・地下における調査からの取得データの信頼性が確保できること（地下調査技術の信頼性が要求されるレベルを満足できること） [A (品質保証されたデータ)] 地質環境情報の定量的評価、モデル化技術 ・地表からの調査に加え、地下での調査により得られた地質・地質構造、地下水水理、地球化学、物質移行、岩盤力学に関する情報に基づき、空間的なばらつきなどを考慮して、データ間の整合性がとれたモデルデータセットおよび坑道、ブロックスケールのモデル（3次元的な分布）を構築できること [A (統合化されたモデルデータセット)、C (ブロックスケールの調査・モデル化技術の検証)] モデル、データの信頼性評価技術 ・地上および地下調査データから作成されるモデルデータセットやモデルの信頼性が要求されるレベルを満足できること [D] モデル、データの不確実性評価技術 ・地表調査に加えて地下調査の結果から作成されるモデルデータセットとモデル（地質・地質構造、水理、地球化学、物質移行、岩盤力学）の不確実性が評価できること [C] 地質環境情報管理技術（品質保証技術） ・地表からの調査結果および地下での調査結果から、処分場の基本設計と安全評価などのために必要な地質環境データを収集・整理し、それらのデータの品質を保証できること [A (品質保証されたデータ)]	○地質構造、地下水の水理、地下水の地球化学、岩盤力学 - 地質環境調査とブロックスケールの地質環境モデルの検証 - 各種調査技術・機器の開発・高度化 [2004～2015年：地上及び全坑道]	・坑道周辺（ブロックスケール）の各種地質環境モデル、データの検証結果は反映すべき成果である。 ・サイトスケール、ブロックスケールと評価目的に対応した各種地質環境モデルが統合化されたデータセットに基づき、構築されていることを検証することは、反映すべき成果である。
2018～2024	処分技術の実証 [A]	・実証エリアで、許認可を目標とした各種実証試験を実施する [A] ・岩盤の力学的安定性、作業安全性を確保しつつ合理化・最適化を目指した処分概念、処分技術を確認する [C (合理化・最適化された技術)] ・仕様を要求性能とおりに構築できる [B] ことを示す	調査・試験手法 ・実証を行うために必要となる調査・試験技術などが検証されていること [C (実証方法が確立していること)]	○岩盤力学 - 岩盤空洞力学的安定性評価試験 - 長期依存性試験 - 岩盤破壊機構解明試験 - 坑道掘削影響試験 [2010～2015年：中間ステージ] ○工学的技術 - 掘削影響の修復・軽減技術の研究 - 人工材料の岩盤への長期影響評価試験 [2012～2015年：中間ステージ] ○地下水の水理、物質移行 - 岩盤透水性試験、坑道規模物質移行試験 [2012～2015年：中間ステージ]	・坑道周辺の地質環境の長期挙動、（掘削影響前後含む）の予測モデル・データの検証、掘削影響・修復の状態を調査・計測する技術の適用性の確認結果は反映すべき成果である。

注：1) 関連する研究分野と調査研究項目の欄において、工学的技術Ⅰは大深度地質環境下における工学的技術に関する研究を、工学的技術Ⅱは処分技術開発の基盤となる工学的技術に関する研究を表す。
 2) 記号Aは高レベル放射性廃棄物地層処分の事業化技術（電力中央研究所・電気事業連合会、1999）、Bは第2次取りまとめ総論レポート第VI章および第VII章（核燃料サイクル開発機構、1999）、Cは2000年以降の研究・技術開発課題の議論を参考に設定した事項を表す。また、記号Dは本研究において検討、設定した事項を表す。

表 5.2-12 処分事業における実施事項と必要技術（精密調査地区での調査段階：その3）

実施段階	マイルストーンと実施事項	実施内容	実施に必要な技術と達成レベル	関連する研究分野と調査研究項目	反映すべき内容、実施時期、条件等
2024	処分施設の基本設計（人工バリアを含む）、安全評価、環境影響評価、事業許可申請書の作成	処分施設（人工バリアを含む）の基本設計 ・地上詳細調査、地下特性調査および実証試験によって得た情報に基づき、安全審査に向けた処分施設の基本設計を行い、仕様を決定する [A]	処分施設（人工バリアを含む）の設計施工技術 ・基本設計のために必要なすべての情報と技術が準備されていること [D] ・サイトの地質環境、要求品質、製作・施工方法などに応じた最適な人工バリア（オーバーバック、緩衝材）の最終仕様が設定され [A]、その性能を評価できること（安全評価からのフィードバックを含む） [D] ・サイトの地形、地質環境、要求品質、施工方法、維持補修方法、安全管理などに応じた最適な地上施設（廃棄体封入建屋など）、地下施設、付属施設の最終仕様、処分場レイアウトを設定できること（安全評価からのフィードバックを含む） [D]	○工学的技術 - 研究坑道の設計・施工計画構築技術（含む品質確保研究） - 研究坑道の建設技術の研究 - 安全性を確保する技術の研究 [2002～2015年：地上及び全坑道] - 掘削影響の修復・軽減技術の研究 - 人工材料の岩盤への長期影響評価試験 [2012～2015年：中間ステージ]	・サイトスケール、ブロックスケールの地質環境モデル（掘削前後の長期変形・変質挙動含む）の調査⇒予測⇒評価⇒検証の成果、および各スケールのモデルが統合化されたモデルデータに基づき構築されていることを示すことは反映すべき成果となる。
		安全評価 ・地上詳細調査、地下特性調査および実証試験によって得た情報に基づき、安全審査に向けた操業時および処分場閉鎖後の平常時評価と安全評価を実施し、安全性を示す [A]	安全評価技術 ・安全評価のために必要なすべての情報と技術（安全確保の考え方、安全評価方法、評価シナリオ、被ばく評価方法、地下水挙動評価モデル、核種移行評価モデル、線量当量評価モデルなど）が準備されていること [D] ・サイトの地質環境などに応じて処分深度が最終決定されること [D] ・サイトの地質環境、防護レベルなどに応じて安全評価が実施されること [D]	○地下水の水理、物質移行 - 岩盤透水性試験、坑道規模物質移行試験 [2012～2015年：中間ステージ]	
		環境影響評価、事業許可申請書の作成 ・環境影響評価法に基づく環境影響評価を行う [A] ・事業許可申請に必要なとなる人員計画、品質管理計画、工程管理計画、事業の費用などの検討を行う [A]	自然環境影響評価技術 ・建設時や操業時（資材・廃棄物の輸送などを含む）を含め、処分場ができることによる地元、周辺地域の自然環境への影響が評価できること [D] 事業計画立案技術 ・設定された処分施設の仕様に基づき、人員計画、品質管理計画、工程管理計画、事業の費用などが設定できること [D]	○地下水の水理 - 地下水挙動調査、表層水理調査 [2002～2015年：地上] ○工学的技術 - 安全性確保技術（影響評価技術研究） [2002～2015年：地上及び全坑道]	
				(M I U計画の調査研究は、事業計画に寄与しない。)	
2025	最終処分施設建設地の選定／国の確認／事業許可申請				
2025～2027	(国による審査) 処分施設の詳細設計と施工計画 [A]	・基本設計をもとに処分施設の詳細設計を行う [A] ・人員計画、品質管理計画、工程管理計画、事業の費用の改定を行う [D]	・処分施設の詳細設計、施工に適用する設計、建設、操業、閉鎖技術が確立されていること [A]	○工学的技術 - 研究坑道の設計・施工計画構築技術（含む品質確保研究） - 研究坑道の建設技術の研究 - 安全性を確保する技術の研究 [2002～2015年：地上及び全坑道] - 掘削影響の修復・軽減技術の研究 - 人工材料の岩盤への長期影響評価試験 [2012～2015年：中間ステージ]	・サイトスケール、ブロックスケールの地質環境モデル（掘削前後の長期変形・変質挙動含む）の調査⇒予測⇒評価⇒検証の成果、および各スケールのモデルが統合化されたモデルデータに基づき構築されていることを示すことは反映すべき成果となる。
2027	国の事業許可／設工認／処分場建設開始				

注：1) 関連する研究分野と調査研究項目の欄において、工学的技術Ⅰは大深度地質環境下における工学的技術に関する研究を、工学的技術Ⅱは処分技術開発の基盤となる工学的技術に関する研究を表す。
2) 記号 A は高レベル放射性廃棄物地層処分の事業化技術（電力中央研究所・電気事業連合会、1999）、B は第2次取りまとめ総論レポート第VI章および第VII章（核燃料サイクル開発機構、1999）、C は2000年以降の研究・技術開発課題の議論を参考に設定した事項を表す。また、記号 D は本研究において検討、設定した事項を表す。

5. 2. 3 技術基準・指針等の策定への調査研究成果の反映

(1) 処分事業スケジュールと技術基準・指針等の策定

安全審査、安全確認等に係わる技術基準・指針等は、処分候補地、処分予定地及び処分地の選定、並びに操業の開始という処分事業の段階的な進展に伴い順次策定される。「高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全規制の基本的考え方（第1次報告）, 原子力安全委員会, 2000. 11. 6.、（以下「安全規制の基本的考え方」と示す）」には、表5. 2-13に示すように安全基準・指針等に関する具体的な策定スケジュールが示されている。表中右側は原子力安全委員会における安全基準等の策定及び規制当局の確認の流れを、処分事業段階に対応して示したものである。また、同報告では、表中に示される「安全審査基本指針」、「安全審査指針」、「処分場の技術基準」の適切な策定時期および定めるべき事項について、以下のような記述がなされている。

I. 安全審査基本指針

【策定時期】 : 実施主体による精密調査地区選定開始時期まで

【定めるべき事項】 : ①処分場の設計要件
②安全評価に係る安全指標とその基準値
③安全評価シナリオ 等

II. 安全審査指針

【策定時期】 : 処分場の安全審査開始まで

【定めるべき事項】 : 基本指針にて定めた事項に安全研究等で得られた新しい知見を適宜取り入れ、基本指針にて定めた事項を見直す

III. 処分場の技術基準

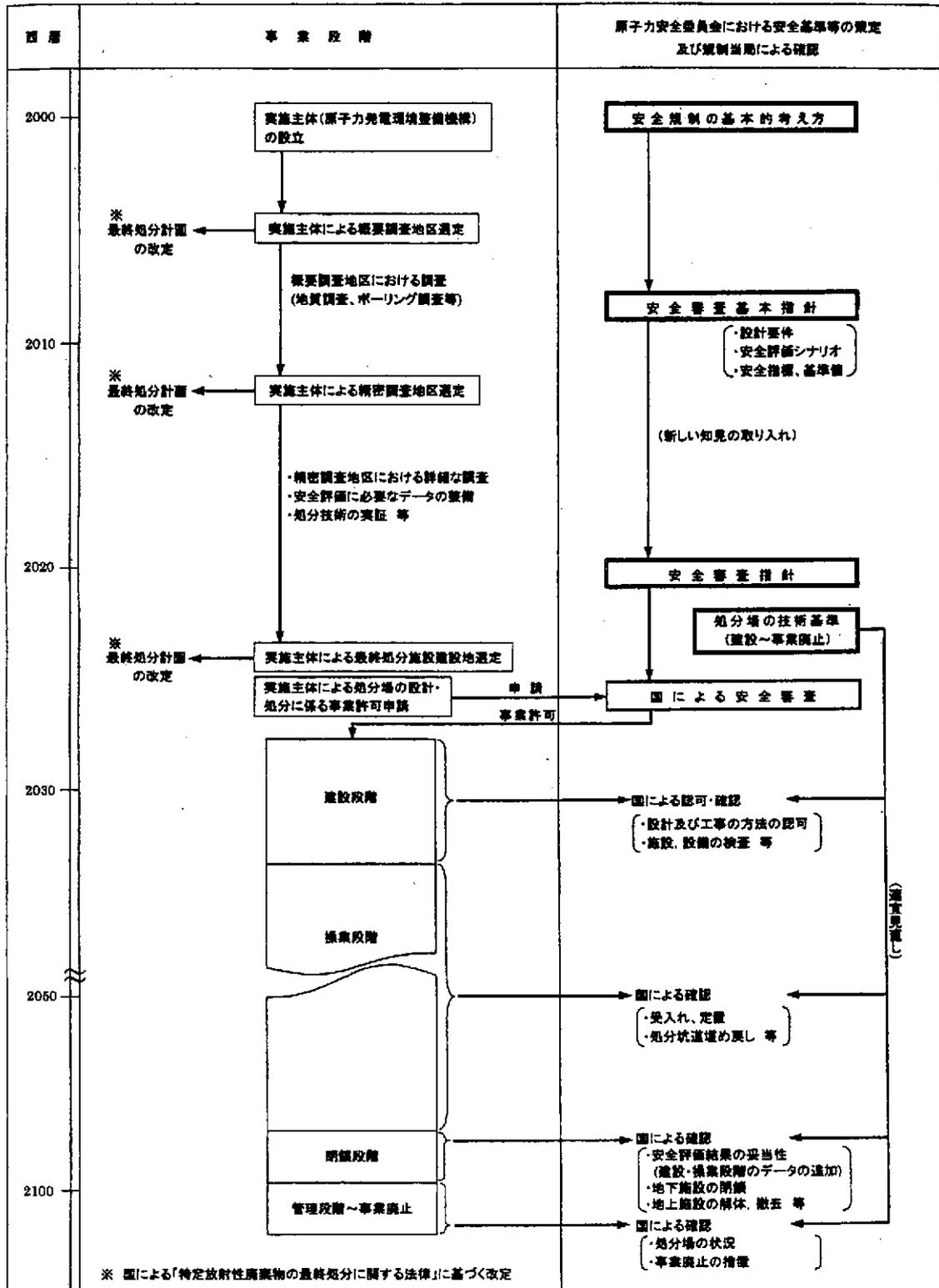
【策定時期】 : 実施主体による最終処分施設建設地選定がなされるまで

【定めるべき事項】 : 処分場の建設段階から事業廃止までの各段階で国が確認すべき事項（安全研究等で得られた新しい知見を取り入れ、適宜見直す）

表 5.2-13 高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全基準・指針等に関するスケジュール

(別紙)

高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全基準・指針等に関するスケジュール



超深地層研究所における調査研究の成果の反映先について、時間軸からの優先度を整理すると、まず、「安全審査基本指針の策定」が挙げられる。本研究にて設定した実施主体による精密調査地区選定開始時期は2007年（平成19年）であり、同年までに調査研究から反映できる成果を考察することとなる。

一方、「処分場の技術基準の策定」および「安全審査指針の策定」の時期は、実施主体による最終処分施設建設地選定まで、処分場の安全審査開始までとなり、本研究での設定は、2025年（平成35年）となる。超深地層研究所における調査研究は2015年（平成27年）で完了となることから、調査研究の全体スケジュールからの制約はない。

（2）技術基準・指針等へ記載される事項と調査研究課題の設定

「安全審査基本指針の策定」、「安全審査指針の策定」、「処分場の技術基準の策定」にて定められる事項の大枠は前述のとおりであるが、超深地層研究所における調査研究成果の反映についての検討のため、それぞれの基準・指針に記載される事項について、より詳細な設定を行う。ただし、安全審査指針は、安全審査基本指針に記載された事項を適宜見直し定められること、また、最終処分施設建設地の特定に伴い、サイト固有の特性に応じ、より具体性を持った詳細な記載となることが「安全規制の基本的考え方」に示されていることから、ここでは「安全審査基本指針・安全審査指針」および「処分場の技術基準」の2分類を対象に検討を進める。

「安全審査基本指針・安全審査指針」および「処分場の技術基準」に記載される事項については、「安全規制の基本的考え方」において、「事業許可申請時における安全評価の基本的考え方」、「建設・操業段階等における安全確認の考え方」として、その大枠が示されている。「安全審査基本指針」および「処分場の技術基準」へ記載される事項に関連する「安全規制の基本的考え方」における記述と、想定される記載事項を表5.2-14, 15の左側に整理して示す。

技術基準・指針等は、広義に捉えれば、事業実施に必要となる全ての技術について、その適用、評価結果の利用方法などを規定したものと考えられる。その場合、処分事業実施に反映できる超深地層研究所における調査研究成果の全ては、技術基準・指針等の策定に

も反映されると言える。一方、「安全規制の基本的考え方」には、安全研究等の成果を反映し、段階的に技術基準・指針類を見直し策定することが明記されており、安全研究として実施展開する研究項目、目的及び内容が、「放射性廃棄物安全研究年次計画（平成13年～平成17年度、原子力安全委員会・放射性廃棄物安全規制委員会、2000.3.15）」にて示されている。そのため、本研究では「放射性廃棄物安全研究年次計画（平成13年～平成17年度、原子力安全委員会・放射性廃棄物安全規制委員会、2000.3.15）」に示される安全研究項目が「安全審査基本指針・安全審査指針」および「処分場の技術基準」へ記載される事項のいづれに対応するかを整理することにより、超深地層研究所における調査研究成果の反映について考察することとした。

以上より、「安全審査基本指針・安全審査指針」および「処分場の技術基準」にて記載される事項と、関連する安全研究項目を整理して、表5.2-14,15に示す。

(3) 技術基準・指針等の策定への調査研究成果の反映

技術基準・指針類の策定に資する各安全研究に成果の反映が可能となる（超深地層研究所における）調査研究項目を整理して、表5.2-16,17に示す。表中には、現時点の全体スケジュールにおいて各調査研究項目を展開する時期も示している。さらに、表中の「反映すべき内容、実施時期、条件等」の欄には、結晶質岩盤を対象とした事例研究成果として技術基準・指針等の策定へ反映すべき内容、反映の前提条件、および反映の時期と反映すべき技術基準・指針類について示している。

技術基準・指針類の策定への超深地層研究所における調査研究成果の反映についての主要な検討結果を以下にまとめる。

①安全審査基本指針・安全審査指針策定への反映

前述のとおり、安全審査基本指針は、実施主体による精密調査地区選定開始時期（2007年）までに策定が予定されている。超深地層研究所における調査研究では、2007年（平成19年）に中間ステージの掘削および小規模な調査が予定されている。表5.2-16に示した調査研究項目の多くは、2010年以降に中間ステージおよび最深ステージを利用し

て実施する項目であり、安全審査基本指針策定への反映はスケジュール上の制約から困難となる。一方、安全審査指針の策定は2025年と、超深地層研究所における調査研究完了となる2015年から10年後となり、スケジュール上の制約はない。しかしながら、安全審査基本指針は段階的な見直しが予定されていることから、上述の中間ステージおよび最深ステージを利用した調査研究の成果も段階的に公表し、反映することが重要である。特に安全審査指針に示される評価モデル、パラメータに関する事項は、実施主体が行う処分技術の実証に係わりが大きく、適切な時期に具体的な基準類が策定されることが必要となる。

②処分場の技術基準への反映

処分場の技術基準として、建設、操業、閉鎖、処分場の管理・事業廃止の4つの分類の技術基準・指針類を設定した。これらの技術基準・指針類も2025年の策定であるため、調査研究成果の反映におけるスケジュール上の制約はない。

ここでは、調査研究成果の反映について以下の2点に着目し、考察する

- ・操業段階：人工バリア、坑道の埋戻し（含むプラグ）の施工に関する技術基準
- ・閉鎖段階：安全性評価結果の妥当性確認指針

まず、施工に関する技術基準への反映には、原位置つまり、同一環境下での試験施工としての成果（出来形確認、施工性確認、性能確認等）が求められる。つまり、試験規模、レイアウトに制約条件が生じ、その結果試験期間にも影響が及ぶ。技術基準への具体的な反映レベルを設定し、超深地層研究所における全体スケジュールおよび該当試験となる「掘削影響の修復・軽減技術の研究」の目標についても段階的な見直しが必要となる。

次に、処分場の閉鎖に際して必要となる安全評価結果の妥当性確認は、建設段階及び操業段階に得られたデータを追加して、その妥当性を確認することが「安全規制の基本的考え方」に示されている。

どのようなデータ、どのような妥当性確認手法を用いるかにより、建設・操業の期間（60年程度）におけるモニタリングの考え方が設定される。坑道周辺の地質環境の長期挙動・変質に係わる調査研究項目は、超深地層研究所における調査研究にも多く含まれている。さらに、長期のモニタリングについては、調査機器・手法の開発も含めて、研究課題とな

ることから、本項目に対する超深地層研究所における調査研究での取り込みの程度により、調査研究項目の実施目標、調査の展開（スケジュール）の見直しが重要となる。

表 5.2-14 安全審査・安全確認等に係る技術基準・指針等の記載事項と関連する安全研究項目の設定

技術基準・指針等 (大分類)	「高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全規制の基本的考え方について(第1次報告)」での記述	技術基準・指針等の小分類 (本研究にて設定)	関連する安全研究の研究項目 (本研究にて設定)
<p>安全審査基本指針 ⇒2007年策定</p> <p>(安全審査指針) ⇒2025年策定</p> <p>【立地に関する基準・指針類は検討対象としない】</p>	<p>1. 安全評価のための指標及び基準値 (前文略)一方、放射性廃棄物の処分に係る線量の基準値については、現在、ICRPやIAEAにおいてさらに検討が進められているところである。我が国としても、高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全審査基本指針の策定と合わせて、このような国際的動向も踏まえながら、その安全指標及び基準値の設定等を行い、具体的な安全評価を行うこととする。 なお、上に述べたように長期間に亘る評価においては、時間の経過とともにモデルやパラメータに関する不確実性が増すため、必要に応じ、この観点に配慮した指標についての検討も必要である。</p>	<p>1. 安全指標及び基準値(安全審査の基本的考え方)</p> <p>①安全目標 ②評価の時間枠と安全指標 ③補完的な安全指標 ④制度的管理</p>	<p>○安全評価の基本的考え方等に関する調査研究</p> <ul style="list-style-type: none"> - 処分の安全基準等の調査 - 安全評価の基本事項に関する検討
	<p>2. 評価モデル及びパラメータ 高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全評価においては、処分地が持つ条件を適切に考慮した設計、シナリオに基づいて、人工バリア、地質環境等に対する評価モデル及びパラメータを設定し、評価を行うことが重要である。 また、地質環境に関する評価モデル及びパラメータについては、比較的緩慢な天然現象により、地質環境が長期間に徐々に変化することが考えられるため、評価モデルの不確実さやパラメータの変動幅等を考慮した評価を行うことも検討する必要がある。</p>	<p>2. 安全評価の評価モデル及びパラメータ</p> <p>①安全設計及び安全対策 ②人工バリアの評価モデル及びパラメータ ③地質環境の評価モデル及びパラメータ ④評価モデルの不確実性及びパラメータの変動幅</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○人工バリア及び岩盤の長期挙動に関する研究 <ul style="list-style-type: none"> - 緩衝材の長期物理的・化学的安定性に関する研究 - オーバーバックの腐食挙動に関する研究 - ガス移行挙動に関する研究 - 岩盤長期変形挙動に関する研究 - 再冠水挙動に関する研究 ○環境変動に伴う地質環境の安定性評価に関する研究 <ul style="list-style-type: none"> - 環境変動評価システムの開発 - 環境変動モニタリング ○結晶質岩に関する地質環境評価手法に関する研究 <ul style="list-style-type: none"> - 地質環境調査手法に関する研究(広域スケール) - 地質環境調査手法に関する研究(地下研究施設スケール) ○堆積岩に関する地質環境評価手法に関する研究 <ul style="list-style-type: none"> - 地表からの調査によるデータ取得、モデル化 - モデルの妥当性評価手法の検討 - モニタリングシステムの検討 ○地質環境におけるナチュラルアナログ研究 <ul style="list-style-type: none"> - 岩盤中の物質移行に関する研究 - 断層に関する研究 ○安全評価モデルの体系化・高度化に関する研究 <ul style="list-style-type: none"> - 人工バリア中核種移行モデルの高度化 - 天然バリア中核種移行モデルの高度化 - 生物圏評価モデルの高度化 ○安全評価におけるシナリオ、モデルの不確実性に関する研究 <ul style="list-style-type: none"> - 安全評価シナリオ、モデルの不確実性の整理 - 確率論的安全評価手法の開発 - 不確実性の定量的評価の検討 ○地下水水質形成モデルの検証及び高度化に関する研究 <ul style="list-style-type: none"> - 地下水地球化学モデルの開発 - ニアフィールド地球化学モデルの開発 ○深部地下環境下における核種移行データの取得及びデータベースの整備 <ul style="list-style-type: none"> - 熱力学的基礎データの取得 - 核種移行挙動評価データの取得 - 核種移行評価に係るデータベースの整備
	<p>3. 評価シナリオ 安全評価に当たっての評価シナリオについては、処分した高レベル放射性廃棄物が人間の生活環境へ地下水を介して影響を及ぼすことを想定した「地下水移行シナリオ」と、処分した高レベル放射性廃棄物が天然現象や人間活動に起因して人間の生活環境に到達する可能性を想定した「接近シナリオ」に区分し、評価方法及びその結果の取扱い等を検討することが必要である。</p>	<p>3. 安全評価の評価シナリオ</p> <p>①地下水移行シナリオ ②接近シナリオ</p> <ul style="list-style-type: none"> - 天然現象に起因する接近シナリオ - 人間活動に起因する接近シナリオ 	<ul style="list-style-type: none"> ○安全評価シナリオに関する研究 <ul style="list-style-type: none"> - シナリオ構成要素の拡充 - シナリオ開発手法の改良 - 特定の状況に対応するシナリオのケーススタディ ○安全評価におけるシナリオ、モデルの不確実性に関する研究 <ul style="list-style-type: none"> - 安全評価シナリオ、モデルの不確実性の整理 - 不確実性の定量的評価の検討

表 5.2-15 安全審査・安全確認等に係る技術基準・指針等の記載事項と関連する安全研究項目の設定

技術基準・指針等 (大分類)	「高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全規制の 基本的考え方について(第1次報告)」での記述	技術基準・指針等の小分類 (本研究にて設定)	関連する安全研究の研究項目 (本研究にて設定)
処分場の技術基準	<p>1. 建設段階の安全確認 建設段階においては、設計及び工事の方法の認可を行うなどにより、工学的対策としての安全設計が今後策定する技術上の基準に適合しており、安全確保上支障のないものであることの確認を行うとともに、処分場を構成する施設・設備等の製作・施工が所期の要求どおり実施されていることの確認を検査等により行う。 なお、処分場を構成する施設、設備等は、要求される機能が十分に発揮されるよう適切と認められる規格及び基準によるものであることはもちろん、厳密な品質管理・品質保証の基に製作・施工されることが重要である。</p>	<p>1. 建設に関する基準・指針類 ①安全設計指針 ②施設・設備等の製作・施工の検査基準 (含む品質保証基準)</p>	<p>○人工バリア及び岩盤の長期挙動に関する研究 - 緩衝材の長期物理的・化学的安定性に関する研究 - オーバーパックの腐食挙動に関する研究 - ガス移行挙動に関する研究 - 岩盤長期変形挙動に関する研究 - 再冠水挙動に関する研究 ○人工バリア等の性能保証に係る工学技術研究 - 施工に係る性能保証研究 - 処分場管理/モニタリングに関する研究</p>
	<p>2. 操業段階の安全確認 (1)受入・定置時の安全確認 処分施設に受け入れた高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)については、受け入れた時点及び処分に適した形態(オーバーパックへの封入)に処理した時点において、保安のために必要な措置が今後策定する技術上の基準に適合しており、安全確保上支障のないものであることの確認を行う。また、処分坑道への高レベル放射性廃棄物の定置についても、保安のために必要な措置が今後策定する技術上の基準に適合し、安全確保上支障のないものであることの確認を行う。 (2)処分坑道埋め戻し時の安全確認 高レベル放射性廃棄物の定置が終了した処分坑道の埋め戻しに際しては、保安のために必要な措置が今後策定する技術上の基準に適合しており、安全確保上支障のないものであることの確認を行う。</p>	<p>2. 操業に関する基準・指針類 ①廃棄物の受入・封入基準 (含む品質保証基準) ②廃棄物の定置技術基準 (含む品質保証基準) ③坑道の埋め戻し技術基準 (含む品質保証基準)</p>	<p>○人工バリア等の性能保証に係る工学技術研究 - 施工に係る性能保証研究 - 処分場管理/モニタリングに関する研究</p>
	<p>3. 閉鎖段階の安全確認 処分場の閉鎖に際しては、建設段階及び操業段階に得られたデータを追加し、安全評価の結果が妥当であることの確認を行う。また、その妥当性を確認するまでの期間は、高レベル放射性廃棄物の回収可能性を維持することが重要である。 その後の地下施設の閉鎖、地上施設の解体・撤去措置等に対しては、保安のために必要な措置が今後策定する技術上の基準に適合しており、安全確保上支障のないものであることの確認を行う。</p>	<p>3. 閉鎖に関する基準・指針類 ①安全評価結果の妥当性確認指針 ②回収可能性確認指針 ③閉鎖・解体技術指針 (含む品質保証基準)</p>	<p>○人工バリア等の性能保証に係る工学技術研究 - 施工に係る性能保証研究 - 処分場管理/モニタリングに関する研究</p>
	<p>4. 管理段階～事業廃止時の安全確認 処分場の閉鎖後から事業廃止に至る管理段階においては、処分場の状況が今後策定する技術上の基準に適合しており、安全確保上支障のないものであることの確認を行う。また、事業廃止を行う際には、保安のために必要な措置が今後策定する技術上の基準に適合しており、安全確保上支障のないものであることの確認を行う。</p>	<p>4. 処分場の管理・事業廃止に関する基準・指針類 ①処分場の管理基準 (含む品質保証基準) ②事業廃止の技術指針</p>	<p>○人工バリア等の性能保証に係る工学技術研究 - 施工に係る性能保証研究 - 処分場管理/モニタリングに関する研究</p>

表 5.2-16 技術基準・指針等の策定への超深地層研究所における調査研究成果の反映

技術基準・指針等 (大分類)	技術基準・指針等の小分類 (本研究にて設定)	安全研究の研究項目 (本研究にて設定)	成果の反映が可能となる調査研究分野と 調査研究項目 (本研究にて設定)	反映すべき内容、実施時期、条件等 (本研究にて考察)
<p>安全審査基本指針 ⇒2007年策定</p> <p>(安全審査指針) ⇒2025年策定</p> <p>【立地に関する基準・指針類は検討対象としない】</p>	<p>1. 安全指標及び基準値に係る基準</p> <ul style="list-style-type: none"> ○安全目標 ○評価の時間枠と安全指標 ○補完的な安全指標 ○制度的管理 	<p>①安全評価の基本的考え方等に関する調査研究</p> <ul style="list-style-type: none"> - 処分の安全基準等の調査 - 安全評価の基本事項に関する検討 	<p>【安全研究項目①に対応】：該当なし</p>	<p>—</p>
	<p>2. 安全評価の評価モデル及びパラメータ</p> <ul style="list-style-type: none"> ○安全設計及び安全対策 ○人工バリアの評価モデル及びパラメータ ○地質環境の評価モデル及びパラメータ ○評価モデルの不確実性及びパラメータの変動幅 	<p>①人工バリアのナチュラルアナログ研究</p> <ul style="list-style-type: none"> - ガラスの溶解・変質に関する研究 - 金属の腐食に関する研究 - ベントナイトの変質に関する研究 - 比較研究（長期挙動モデルの検証） <p>②環境変動に伴う地質環境の安定性評価に関する研究</p> <ul style="list-style-type: none"> - 環境変動評価システムの開発 - 環境変動モニタリング <p>③結晶質岩に関する地質環境評価手法に関する研究</p> <ul style="list-style-type: none"> - 地質環境調査手法に関する研究（広域スケール） - 地質環境調査手法に関する研究（地下研究施設スケール） <p>④堆積岩に関する地質環境評価手法に関する研究</p> <ul style="list-style-type: none"> - 地表からの調査によるデータ取得、モデル化 - モデルの妥当性評価手法の検討 - モニタリングシステムの検討 <p>⑤地質環境におけるナチュラルアナログ研究</p> <ul style="list-style-type: none"> - 岩盤中の物質移行に関する研究 - 断層に関する研究 <p>⑥安全評価モデルの体系化・高度化に関する研究</p> <ul style="list-style-type: none"> - 人工バリア中核種移行モデルの高度化 - 天然バリア中核種移行モデルの高度化 - 生物圏評価モデルの高度化 <p>⑦安全評価におけるシナリオ、モデルの不確実性に関する研究</p> <ul style="list-style-type: none"> - 安全評価シナリオ、モデルの不確実性の整理 - 確率論的安全評価手法の開発 - 不確実性の定量的評価の検討 <p>⑧地下水水質形成モデルの検証及び高度化に関する研究</p> <ul style="list-style-type: none"> - 地下水地球化学モデルの開発 - ニアフィールド地球化学モデルの開発 <p>⑨深部地下環境下における核種移行データの取得及びデータベースの整備</p> <ul style="list-style-type: none"> - 熱力学的基礎データの取得 - 核種移行挙動評価データの取得 - 核種移行評価に係るデータベースの整備 	<p>【安全研究項目①に対応】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○工学的技術 - 人工材料の岩盤への長期影響評価試験 [2012～2015年：中間ステージ] - 掘削影響の修復・軽減技術の研究 <ul style="list-style-type: none"> ・掘削影響修復技術の研究 [2012～2015年：中間及び最深ステージ] ・坑道修復技術の研究 [2013～2015年：最深ステージ] ・熱・水・応力・化学の連成挙動の研究 [2012～2015年：中間ステージ] <p>【安全研究項目②に対応】：該当なし</p> <p>【安全研究項目③に対応】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○地質構造、地下水の水理、地下水の地球化学 - 3次元地質構造調査 - 地下水挙動調査 - 3次元坑道規模地下水化学特性調査 [2002年～2014年：最深ステージ] <p>【安全研究項目④に対応】：該当なし</p> <p>【安全研究項目⑤に対応】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○物質移行 - 単一割れ目移行試験 [2007年～2008年：中間ステージ] [2013年～2014年：最深ステージ] - 坑道規模物質移行試験 [2012年～2014年：中間ステージ] - 断層物質移行試験 [2014年～2015年：最深ステージ] <p>【安全研究項目⑥、⑦に対応】：該当なし</p> <p>【安全研究項目⑧に対応】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○地下水の地球化学 - 地球化学的性質の調査及び長期モニタリング [2004年～2015年：地表および全坑道] - 3次元坑道規模地下水化学特性調査 [2004年～2015年：地表および全坑道] - 掘削に伴う地下水の地球化学的性質変化の調査 <ul style="list-style-type: none"> ・酸化還元境界・状態・還元能力の評価調査 [2005年～2008年：予備・中間ステージ] ・水理/岩盤複合現象 [2014年～2015年：中間ステージ] 	<ul style="list-style-type: none"> ○工学的研究 各種長期挙動・変質に係る現象モデル及びデータの検証を目的とした調査計画を立案すること。 2007年の安全審査基本指針の策定へは、調査研究スケジュールの制約から、反映すべき成果が得られない。「室内試験での検証」から「原位置での検証」の検証ストーリーを踏まえ、本調査研究成果は2025年の安全審査指針の策定へ反映する。 ○地質構造、地下水の水理、地下水の地球化学 各スケール、各種地質環境モデルの調査⇒評価⇒予測⇒検証を目的とした調査計画を立案すること 2007年の安全審査基本指針へのサイトスケール評価モデルの検証結果の反映は、調査研究スケジュールの制約から厳しい工程となる。 坑道スケール（ブロックスケール）の地質環境モデルの検証は、中間ステージを利用した調査研究が主となることから、2025年の安全審査指針の策定へ反映する。 ○物質移行 単一割れ目、断層等の物質移行経路を分類した地質環境特性の定量的な評価を目的とした調査、モデル化、評価を含む調査計画を立案すること。 また、天然のウラン系核種の移行挙動を地下水の地球化学特性調査と連携して評価する調査計画となることも重要である。 予測した地質構造モデルに基づき、特定の割れ目/割れ目帯、断層に向けて研究坑道を展開し、2025年の安全審査指針の策定へ反映する。 ○地下水の地球化学 水質形成モデルの調査⇒評価⇒予測⇒検証を目的とした調査計画を立案すること。 2007年の安全審査基本指針策定へは、調査研究スケジュールの制約からやや厳しい工程となる。 また、水理/岩盤複合現象に係る調査研究は、工学的研究と並行して中間ステージにて展開されることから、2025年の安全審査指針の策定へ反映する。
<p>2. 安全評価の評価シナリオ</p> <ul style="list-style-type: none"> ○地下水移行シナリオ ○接近シナリオ <ul style="list-style-type: none"> - 天然現象に起因する接近シナリオ - 人間活動に起因する接近シナリオ 	<p>①安全評価シナリオに関する研究</p> <ul style="list-style-type: none"> - シナリオ構成要素の拡充 - シナリオ開発手法の改良 - 特定の状況に対応するシナリオのケーススタディ <p>②安全評価におけるシナリオ、モデルの不確実性に関する研究</p> <ul style="list-style-type: none"> - 安全評価シナリオ、モデルの不確実性の整理 - 不確実性の定量的評価の検討 	<p>【安全研究項目①に対応】：該当なし</p> <p>【安全研究項目②に対応】：該当なし</p>	<p>—</p>	

表 5.2-17 技術基準・指針等の策定への超深地層研究所における調査研究成果の反映

技術基準・指針等 (大分類)	技術基準・指針等の小分類 (本研究にて設定)	安全研究の研究項目 (本研究にて設定)	成果の反映が可能となる調査研究分野と 調査研究項目(本研究にて設定)	反映すべき内容、実施時期、条件等 (本研究にて考察)
処分場の技術基準	1. 建設に関する基準・指針類 ○安全設計指針 ○施設・設備等の製作・施工の検査基準 (含む品質保証基準)	①人工バリア及び岩盤の長期挙動に関する研究 - 緩衝材の長期物理的・化学的安定性に関する研究 - オーバーバックの腐食挙動に関する研究 - ガス移行挙動に関する研究 - 岩盤長期変形挙動に関する研究 - 再冠水挙動に関する研究 ②人工バリア等の性能保証に係る工学技術研究 - 施工に係る性能保証研究 - 処分場管理/モニタリングに関する研究	【安全研究研究項目①②に対応】 ○工学的技術 - 研究坑道の設計・施工計画構築技術の研究 [2002～2015年：地上及び全坑道] ○岩盤力学 - 岩盤空洞力学的安定性評価試験 - 長期時間依存性試験 - 岩盤破壊機構解明試験 [2010～2015年：中間ステージ] - 坑道掘削影響試験 ・水平坑道掘削影響試験 [2010～2012年：中間ステージ] ・立坑掘削影響試験 [2012～2013年：中間ステージ]	○工学的研究 段階的に得られる地質環境特性を設計・施工へ適切にフィードバックする調査⇒評価⇒設計⇒施工の考え方、具体的な地質環境条件への適用・検証を目的とした調査計画を立案すること。 調査・計測項目、管理基準値の設定、設計手法へのフィードバック方法などの具体的な成果が反映可能となる。 ○岩盤力学 空洞掘削による岩盤の長期変形挙動予測モデル・データの検証を目的とした調査計画を立案すること。 得られた成果を上記の適切な設計手法へ反映し、体系化された設計・施工計画構築へ資する。 また、掘削影響の観点からは、掘削直後、埋戻し、閉鎖の各段階を想定した坑道周辺地質環境の影響回復への初期値を調査・評価する観点から、具体的な地質環境を対象とした各種影響予測モデル・データの検証結果が反映可能となる。
	2. 操業に関する基準・指針類 ○廃棄物の受入・封入基準 (含む品質保証基準) ○廃棄物の定置技術基準 (含む品質保証基準) ○坑道の埋め戻し技術基準 (含む品質保証基準)	③人工バリア等の性能保証に係る工学技術研究 - 施工に係る性能保証研究 - 処分場管理/モニタリングに関する研究	【安全研究項目①②③④に対応】 ○工学的技術 - 人工材料の岩盤への長期影響評価試験 [2012～2015年：中間ステージ] - 掘削影響の修復・軽減技術の研究 ・掘削影響修復技術の研究 [2012～2015年：中間及び最深ステージ] ・坑道修復技術の研究 [2013～2015年：最深ステージ] ・熱・水・応力・化学の連成挙動の研究 [2012～2015年：中間ステージ]	○工学的研究 各種長期挙動・変質に係る現象モデル及びデータの検証および原位置での施工品質確認を目的とした調査計画を立案すること。 長期挙動・変質予測モデル・データの検証結果と併せ、各種影響修復・軽減技術の原位置での施工品質が長期挙動・変質に及ぼす影響の調査結果が反映可能となる。
	3. 閉鎖に関する基準・指針類 ○安全評価結果の妥当性確認指針 ○回収可能性確認指針 ○閉鎖・解体技術指針 (含む品質保証基準)	④人工バリア等の性能保証に係る工学技術研究 - 施工に係る性能保証研究 - 処分場管理/モニタリングに関する研究	【安全研究項目⑤に対応】 ○調査技術・調査機器 - モニタリング装置・技術の開発 - 変状調査技術・装置の開発 [2004～2015年：全坑道]	○調査技術・調査機器 長期挙動・変質予測結果に基づき、必要となる調査項目、調査期間、計測精度等(モニタリングの要求事項)を設定し、原位置にて調査技術・機器の検証を目的とした調査計画を立案すること。 技術開発の観点から、現状最高技術の多様な機器を用い、深部地質環境での適用した結果が反映可能となる。
	4. 処分場の管理・事業廃止に関する基準・指針類 ○処分場の管理基準 (含む品質保証基準) ○事業廃止の技術指針	⑤人工バリア等の性能保証に係る工学技術研究 - 施工に係る性能保証研究 - 処分場管理/モニタリングに関する研究		

5. 3 調査研究項目の期間、実施場所等の再検討

平成12年度の地下施設の設計研究において調査研究項目の抽出と調査研究スケジュール作成を当時の地下研究所建設計画に沿って実施した。

本年度は、計画用地の変更に伴いサイクル機構が新たに設定した研究坑道の建設スケジュールに基づき、これまでの調査研究計画の見直しを実施し、調査研究スケジュールの再検討をおこなう。また、調査研究項目の配置を再検討し、全体レイアウトを再検討した。

今回の建設スケジュールの特徴は以下のとおりである。

- (1) 主立坑（直径 6.5m）と換気立坑（直径 5.0m）を同時着工で地表から掘削する。
- (2) 主立坑は深度 500m まで掘削した後、7ヶ月の休止期間において深度 970m まで掘削する。
- (3) 深度 100m ごとに主立坑より換気立坑に向かって連結坑道を掘削する。この間、主立坑及び換気立坑の掘削は休止する。
- (4) 換気立坑は深度 500m 掘削し、この深度で換気立坑から中間ステージの水平坑道 180m を掘削する。水平坑道掘削終了後、換気立坑掘削を再開し深度 1010m まで掘削する。
- (5) 主立坑からスパイラル坑道掘削を始め、換気立坑と連結する。
- (6) 中間部の計測坑道および中間ステージの残りの水平坑道を掘削する。
- (7) 主立坑を延長し、深度 1000m の最深ステージに到着する。
- (8) 最深ステージの水平坑道ならびに試験坑道を掘削する。
- (9) 主立坑下に坑底施設を建設する。

今回の研究坑道の建設工程を配慮し、各調査研究の期間、工程、実施場所および調査意義を再検討したものを表 5.3-1 に示している。顕著な変更点は以下のとおりである。

(1) 地質構造調査

- 1) 基本的には建設工程の変更にとまなう試験期間の変更である。

(2) 地下水の水理調査

- 1) 基本的には建設工程の変更にとまなう試験期間の変更である。
- 2) 最終ステージにおける掘削影響試験が全行程の最終段階で実施されるため、最終ステージの掘削影響試験の後で計画されていた坑道規模透水試験、床盤透水試験、熱応力下の透水試験は、中間ステージの掘削影響試験後の坑道を利用して実施するように変更。

表 5.3-1 調査研究項目の変更点 (平成13年度)

研究分野及び調査研究項目		H13年度調査研究スケジュール表														
研究分野	H11年度試験大項目	H12年度調査研究項目	試験小項目(サブテーブル)	期間	試験工程	実施時期	内容変更	研究意義	不具合理由/変更案							
地質・地質構造	地質・地質構造調査	立坑坑道調査	立坑坑道調査(深度500m迄)	H16.12~H18.3	2年4ヶ月	立坑掘削時	調査期間変更	有り								
			立坑坑道調査(深度500mから970m迄)	H19.10~H22.1	2年4ヶ月	立坑掘削時	調査期間変更	有り								
			立坑坑道調査(深度970mから1025m迄)	H24.9~H25.7	10ヶ月	立坑掘削時	調査期間変更	有り								
			換気立坑調査	換気立坑調査(深度500m迄)	H16.12~H19.1	2年2ヶ月	換気立坑掘削時	調査期間変更	有り							
			換気立坑調査(深度500mから1010m迄)	H20.2~H22.4	2年3ヶ月	換気立坑掘削時	調査期間変更	有り								
			予備ステージ調査(深度400m迄)	H17.3~H18.10	1.5ヶ月/箇所	立坑深度100, 200, 300, 400m到達時	調査期間変更	有り								
			予備ステージ調査(深度600mから900m迄)	H19.3~H21.12	1.5ヶ月/箇所	立坑深度600, 700, 800, 900m到達時	調査期間変更	有り								
			予備ステージ調査(深度970m)	H21.12~H22.1	1.5ヶ月/箇所	換気立坑1000m到達後	記載を新規追加	有り								
			計測坑道調査(深度470m, 528m)	H19.1~H19.2, H19.11~H19.12	1.5ヶ月/箇所 4.5ヶ月/箇所	立坑深度470, 528m到達時 換気立坑1000m到達後	試験名称変更、 調査期間・工程・時期変更	有り								
			計測坑道調査(深度970m)	H21.12~H22.1	1.5ヶ月	立坑深度970m到達時	記載を新規追加	有り								
			水平坑道調査(中間ステージ)	H21.4~H24.8	4.5ヶ月	立坑掘削開始前	調査期間変更	有り								
			水平坑道調査(最浅ステージ)	H19.4~H19.11	7.5ヶ月	水平坑道掘削時	調査期間変更	有り								
			水平坑道調査(最深ステージ)	H25.12~H27.9	10ヶ月	水平坑道掘削時	調査期間・時期変更	有り	開始時期、期間は検討中							
			3次元地質構造調査	研究試験場調査	試験坑道調査(中間ステージ)	H23.1~H24.3	1年2ヶ月	試験坑道掘削時	調査期間変更	有り						
			3次元地質構造調査(最深ステージ)	H26.10~H27.9	1年	試験坑道掘削時	調査期間変更	有り								
3次元地質構造調査(中間ステージ)	H19.11~H20.10	1年	水平坑道掘削後	調査期間・時期変更	有り	研究期間短縮に対する対応										
3次元地質構造調査(最浅ステージ)	H26.10~H27.9	1年	水平坑道掘削後	調査期間・時期変更	有り											
深部領域地質調査	深部領域地質調査	深部領域地質調査(中間ステージ)	H19.11~H20.10	1年	水平坑道掘削後	調査期間変更	有り	研究期間短縮に対する対応								
深部領域地質調査(最深ステージ)	H26.10~H27.9	1年3ヶ月	水平坑道掘削後	調査期間変更	有り											
地下水の水理	地下水の水理	水文調査	水文調査(地表)	H14.4~H26.1	11年9ヶ月	全期間	調査期間変更	有り								
			自然状態地下水挙動(地表試験孔内)	H14.4~H17.3	3年	坑口掘削開始3年前	調査期間変更	有り								
			立坑掘削時地下水挙動(予備ステージ:立坑上部掘削時)	H17.1~H20.1	3年3ヶ月	立坑掘削時	調査期間変更	有り								
			立坑掘削時地下水挙動(予備ステージ:立坑下部掘削時)	H20.1~H22.7	2年6ヶ月	立坑掘削時	調査期間変更	有り								
			地下水長期挙動調査	地下水長期挙動(地表試験孔内)	H17.1~H28.3	11年3ヶ月	坑口掘削開始	調査期間変更	有り							
			地下水長期挙動(中間ステージ)	H20.1~H28.3	7年3ヶ月	ステージ研究開始	調査期間変更	有り								
			地下水長期挙動(最深ステージ)	H22.7~H28.3	5年8ヶ月	ステージ研究開始	調査期間変更	有り								
			地下水長期挙動に含める													
			岩盤透水性評価試験	室内透水試験	試験孔内透水試験(地表)	H14.1~H17.4	3年3ヶ月	坑口掘削開始3年前	調査期間変更	有り						
			試験孔内透水試験	H20.1~H21.12	2年	ステージ研究開始	調査期間変更	有り								
			試験孔内透水試験(最深ステージ)	H22.7~H24.10	2年3ヶ月	ステージ研究開始	調査期間変更	有り								
			坑道規模透水試験(中間ステージ)	H24.4~H27.3	3年	ステージ研究開始となっているが、掘削影響試験後	調査期間変更	有り	水平坑道掘削影響試験後							
			床盤透水試験	H24.4~H26.3	2年	上段試験後	調査期間変更	有り								
			熱応力下の透水試験	H26.4~H27.3	1年	上段試験後	調査期間変更	有り								
			単一割れ目を対象とした透水試験	H20.1~H20.10	9ヶ月	ステージ研究開始	調査期間変更	有り								
単一割れ目透水試験(最深ステージ)	H25.12~H27.12	2年	ステージ研究開始	調査期間変更	有り											
断層を対象とした透水試験	断層透水試験(最深ステージ)	H25.12~H26.12	1年	3次元地質構造調査後	調査期間変更	有り	立坑の断層通過前									
地下水の地球化学	地下水の地球化学	地下水の地球化学調査	地下水の地球化学調査(湧水調査)	H16.12~H27.5	10年6ヶ月	立坑掘削開始後研究坑道掘削終了	調査期間変更	有り								
			長期モニタリング	H27.5~H28.3	10ヶ月	上段試験後継続	調査期間変更	有り								
			3次元坑道規模地球化学特性試験	水質形成機構調査	H16.12~H27.5	10年6ヶ月	立坑掘削開始後研究坑道掘削終了	調査期間変更	有り							
			物質移行研究の環境条件設定のための調査	物質移行環境(中間ステージ)	H19.4~H19.11	7.5ヶ月	水平坑道掘削時	調査期間変更	有り							
			掘削に伴う地下水の地球化学的性質変化の調査	酸化還元境界の評価調査(予備ステージ)	H18.4~H19.10	各深度1年(当面)	予備ステージ(深度300, 400m)掘削時	調査期間・時期変更	有り	深度100, 200mでは実施しない						
			掘削に伴う地下水の地球化学的性質変化の調査	酸化還元境界の評価調査(中間ステージ)	H19.10~H21.3	1年(当面)	立坑掘削再開前	調査期間変更	有り	水平坑道の調査をイメージするJNC基本計画(2001)と異なる						
			坑道周辺掘削影響領域の酸化還元状態の調査	酸化還元状態の調査(中間ステージ)	H19.11~H21.10	2年	水平坑道掘削後	調査期間変更	有り	研究期間短縮に対する対応						
			坑道周辺岩盤領域と地下水が持つ酸化還元能力に関する試験研究	還元能力調査(中間ステージ)	H19.11~H22.10	3年	水平坑道掘削後	調査期間変更	有り	研究期間短縮に対する対応						
			水理/岩盤力学/地球化学複合現象の調査	水理/岩盤複合現象(中間ステージ)	H23.4~H25.3	2年	試験坑道掘削時	調査期間・時期変更	有り							
			(工学的技術の人工材料に組み込み)	ベントナイト-地下水相互作用の調査	工学的技術の人工材料に組み込み											
			物質移行	物質移行	室内コアサンプル割れ目移行試験	コアサンプル(中間ステージ)	H19.8~H20.3	6ヶ月	ステージ研究開始6ヵ月後	調査期間変更	有り					
						コアサンプル(最深ステージ)	H25.12~H26.11	9ヶ月	深部領域調査後	調査期間変更	有り					
						単一割れ目移行試験	H20.4~H21.3	1年	コアサンプル後	調査期間変更	有り					
						単一割れ目物質移動試験(最深ステージ)	H25.12~H28.3	2年4ヶ月	ステージ研究開始1年後	調査期間変更	有り	水平坑道掘削試験後				
						坑道規模物質移行試験	大規模物質移行試験	H26.4~H28.3	1年	ステージ研究開始1年後	調査期間変更	有り	立坑が断層通過前			
断層物質移行試験	断層を対象とした物質移行試験	H26.4~H28.3				1年	ステージ研究開始1年後	調査期間変更	有り							
岩盤力学	岩盤力学	時間依存性の把握試験				岩盤空間安定性評価試験	H23.2~H27.5	4年4ヶ月	水平坑道掘削影響試験と同時期	内容未定のため不明、 研究期間の変更	有り	内容が未定のため不具合も不明であるが、掘削影響試験の領域で同時期に実施可能なものであれば問題はない				
						長期時間依存性試験	H23.2~H28.3	5年2ヶ月	立坑、水平坑道掘削影響試験の開始以降、全研究が終了するまでの期間	調査期間変更	有り	下部立坑や最深ステージ水平坑道における研究期間は短く、研究意義が薄れることも考えられるが、試験の中止は柔軟に対応が可能である				
						岩盤破壊機構解明試験(追加)	H23.2~H27.5	4年4ヶ月	水平坑道掘削影響試験と同時期	調査期間変更	有り	内容が未定のため不具合も不明であるが、水平坑道掘削影響試験の領域で同時期に実施可能なものであれば問題はない				
						坑道掘削影響試験	掘削影響試験	立坑掘削影響試験(下部立坑)	H24.9~H25.7	11ヶ月	GL-970坑道掘削後に事前調査を実施後かつ最深ステージ水平坑道掘削前	調査期間変更	有り	立坑掘削影響試験197の迂回路がないため、全体工程への影響が大きい。GL-970坑道掘削後～最深ステージ掘削開始前の期間に限定すると、試験期間が11ヶ月しか確保できない。ただし、中間ステージ掘削中にGL-970坑道にて事前調査を行えば試験実施は可能であると考えられる		
								水平坑道掘削影響試験(中間ステージ)	H23.2~H24.7	1年6ヶ月	中間ステージ外周主要坑道掘削後 & GL-470, 528坑道掘削後に事前調査完了後に事前調査を実施後	調査期間変更	有り	GL-470, 528坑道は試験坑道の上及び下方からの事前調査用の坑道である。掘削進捗状況に応じてこれらの坑道の有無を柔軟に判断する		
								水平坑道掘削影響試験(最深ステージ)	H25.12~H27.8	1年9ヶ月	最深ステージ外周主要坑道掘削後 & GL-970坑道掘削後に事前調査を実施後	調査期間変更	有り	GL-970坑道は試験坑道の上からの事前調査用の坑道である。掘削進捗状況に応じてこれらの坑道の有無を柔軟に判断する		
						地震観測	地震観測	地震動観測	地震動観測	H19.10~H28.3	9年6ヶ月	立坑掘削開始後	調査期間変更	有り	なし	
									地震に伴う地質環境の変化観測	H19.10~H28.3	9年6ヶ月	GL-100予備ステージ掘削完了後左記により特定できないが、開始以降は全研究が終了するまでの期間実施することが望ましい	調査期間変更	有り	なし	
									地震時破砕帯挙動試験	地震時破砕帯挙動調査	H25.12~H28.3	2年4ヶ月		なし	有り	他試験への影響がない場所で適切な破砕帯に遭遇しない場合は試験を取りやめることも想定する。
			工学的技術	工学的技術	研究坑道の設計・施工計画構築技術の研究				地下施設の設計・施工計画構築技術の研究	設計手法・設計体系の整備	H14.4~H27.6	13年2ヶ月	水平坑道・研究坑道実施設計準備期間～最深ステージ(1744m)掘削終了	調査期間変更	あり	
									測定を設計にフィードバックする技術の研究	研究の品質を確保する研究	H14.4~H28.3	14年	水平坑道・研究坑道実施設計準備期間～中間・最深ステージ研究終了	調査期間変更	あり	
									大深度地質環境下での地下施設の建設技術・施工対策技術の研究	研究坑道の建設技術の研究(H10年度スケジュール表の表示スタイルに変更)	H14.10~H27.6	12年8ヶ月	立坑掘削準備期間～最深ステージ掘削終了	調査期間変更	あり	
									施工対策技術の研究	施工対策技術の研究(同上)	H14.10~H27.6	12年8ヶ月	立坑掘削準備期間～最深ステージ掘削終了	調査期間変更	あり	
									安全性を確保する技術の研究	安全性を確保する技術の研究(同上)	H14.10~H28.3	13年6ヶ月	立坑掘削準備期間～中間・最深ステージ研究終了	調査期間変更	あり	
									掘削影響の修復・軽減技術の研究	大深度地質環境下での坑道掘削修復に必要となる工学技術の開発	掘削影響修復技術の研究(中間ステージ)	H24.5~H28.3	3年11ヶ月	中間ステージでの掘削影響試験後	調査期間変更	あり
掘削影響修復技術の研究(最深ステージ)	H27.4~H28.3	1年							最深ステージでの掘削影響試験後	調査期間変更	あり	表の下に示したコメント参照				
坑道閉塞試験	坑道修復技術の研究(最深ステージ)	H25.12~H28.3							2年4ヶ月	最深ステージ研究坑道掘削時に人工材料(ベントナイト系/セメント系材料など)で坑道	調査期間変更	あり	表の下に示したコメント参照			
熱・水・応力の連成挙動の研究	熱・水・応力・化学の連成挙動の研究(中間ステージ)	H24.5~H28.3							3年11ヶ月	中間ステージでの掘削影響試験後	調査期間変更	あり				
人工材料の岩盤への長期影響評価試験	人工材料の岩盤への長期影響評価試験(中間ステージ)	H24.5~H28.3							3年11ヶ月	中間ステージでの掘削影響試験後	調査期間変更	あり				

コメント
 ・掘削影響修復技術の研究および坑道修復技術の研究は、研究の目的から、中間ステージよりも地圧の影響が大きい(たとえば掘削影響領域が大きい)最深ステージで研究を行うことが望ましい。
 ・しかしながら、現状のスケジュールに基づけば、最深ステージでの調査研究期間が短く、修復後の効果の測定などができない。
 ・調査研究期間をできるだけ長くするための解決策としては、以下のことが考えられる。
 - 研究エリアを中間ステージに変更する。
 - 調査研究終了期限を延長する。

(3) 地下水の地球化学調査

- 1) 中間ステージで実施予定のものは水平坑道の長さが限定されるために、試験可能領域が限定される。
- 2) 酸化還元境界の評価調査（予備ステージ）は各深度ごとの調査に変更。
- 3) 掘削にともなう酸化還元境界の評価調査（予備ステージ）は中間ステージにて行う調査に変更。

(4) 岩盤中の物質移動調査

- 1) 坑道規模物質移動試験（中間ステージ）は中間ステージの掘削影響試験後に行う。
- 2) 断層物質移動試験（最深ステージ）は断層透水試験後に実施する。

(5) 岩盤力学調査

- 1) 岩盤坑道安定評価試験は中間ステージの掘削影響試験と同時期に実施する。
- 2) 長期時間依存性試験は下部立坑や最深ステージ水平坑道における研究期間が短く、研究意義が薄れることが考えられる。
- 3) 岩盤破壊機構解明試験は、内容が未定のため不具合も不明であるが、水平坑道掘削影響試験の領域で同時期に実施可能なものであれば問題はない。
- 4) 立坑掘削影響試験は主立坑最深部掘削時に実施する。

(6) 地震観測

- 1) 地震時破碎帯挙動試験は他試験への影響がない場所で実施する。
- 2) 地震時破碎帯挙動試験は適切な破碎帯に遭遇しない場合は試験を取りやめることも想定する。

(7) 工学的技術

- 1) 各研究項目の研究期間を建設工程に合わせて変更する。
- 2) 掘削影響修復技術の研究は、H10 年度においては熱 - 水 - 応力連成研究成果を活用して実施するとしていたが、建設スケジュールと研究期間を勘案して、掘削影響試験後実施に変更する。そして、試験エリアは掘削影響試験エリアに変更する。
- 3) 坑道修復技術の研究、熱 - 水 - 応力 - 化学連成挙動の研究、人工材料の岩盤への長期影響評価試験は研究期間を確保するため、中間ステージに置いて実施する。

今回の建設計画を配慮した調査研究スケジュールを表 5.3-2 に示す。中間ステージにおける各調査研究実施場所の配置を図 5.3-1 に示す。また、最深ステージにおける配置を図 5.3-2 に示す。

表 5.3-2 調査研究スケジュール (平成13年度その1)

年度	2002 平成14年度	2003 平成15年度	2004 平成16年度	2005 平成17年度	2006 平成18年度	2007 平成19年度	2008 平成20年度	2009 平成21年度	2010 平成22年度	2011 平成23年度	2012 平成24年度	2013 平成25年度	2014 平成26年度	2015 平成27年度	備考
超深地層研究所全体スケジュール			主立坑掘削 換気立坑掘削 予備ステージ	100m掘削 200m掘削 300m掘削 400m掘削	470m掘削 500m掘削 中間ステージ(180m)	600m掘削 700m掘削 800m掘削 900m掘削 970m掘削 中間ステージ研究	600m掘削 700m掘削 800m掘削 900m掘削 970m掘削 換気立坑エレベータ設置	1010m掘削 換気立坑エレベータ設置	1010m掘削 換気立坑エレベータ設置	換気立坑エレベータ設置	換気立坑エレベータ設置	立坑影響試験 計測坑(EL470m)(EL528m) 計測坑(EL970m) 中間ステージ(594m) 計測坑(EL970m) 最終ステージ(754m)		坑底設備 槽他設備撤去	
地質構造	地質構造調査			立坑坑道調査(1) 換気立坑調査(1) 予備ステージ調査(1)			立坑坑道調査(2) 換気立坑調査(2) 予備ステージ調査(2)					立坑坑道調査(3)			(1)深度500m迄 (2)深度500mから970m迄 (3)深度970mから1025m迄
	3次元地質構造調査									試験坑道調査(1)	水平坑道調査(1)の残りも含む		試験坑道調査(2)		(1)中間ステージ (2)最深ステージ
	深部領域地質調査						3次元地質構造調査(1) 深部領域地質調査(1)						3次元地質構造調査(2) 深部領域地質調査(2)		(1)中間ステージ (2)最深ステージ
地下水の水理	表層水理調査			水文調査(地表)											地表
	地下水挙動調査				自然状態地下水挙動(地表試験孔内) 立坑掘削時地下水挙動(中間ステージ,立坑上部掘削時) 地下水長期挙動(1)	立坑掘削時地下水挙動(中間ステージ,立坑下部掘削時)			地下水長期挙動(2)						地表試験孔内 (1)地表試験孔内 (2)中間ステージ (3)最深ステージ
	岩盤透水性評価試験				試験孔内透水試験(地表) 試験孔内透水(中間ステージ)				坑道規模透水試験			試験孔内透水(最深ステージ) 床盤透水試験 熱応力下の透水試験			中間ステージ (1)中間ステージ (2)最深ステージ 最深ステージ
	地下水の地球化学				地下水の地球化学調査(湧水調査) 水質形成機構調査										長期モニタリング
岩盤中の物質移動	単一割れ目物質移動試験					物質移行環境(中間ステージ)									コアサンプリング(1) 単一割れ目内物質移動試験
	坑道規模物質移動試験														単一割れ目内物質移動試験(2) 坑道規模物質移動試験
	断層内物質移動試験														断層内物質移動試験

表5.3-2 調査研究スケジュール表（平成13年その2）

年 度	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	備考
	平成14年度	平成15年度	平成16年度	平成17年度	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	
超深地層研究所 全体スケジュール			主立孔掘削 換気立坑掘削 予備ステージ	100m 200m 300m	400m 500m	470m 500m 計測坑 中間ステージ(180m)	600m 700m 800m 900m 970m 計測坑(EL470m) 計測坑(EL528m) 223m 223m 中間ステージ(594m)	800m 900m 1000m 1010m 換気立坑エレベータ設置				立孔影響試験 計測坑(EL970m) 223m	最終ステージ(754m)	坑底設備 槽地設備撤去	
岩盤力学	岩盤空洞力学的安定性 評価試験														
	長期時間依存性試験														
	岩盤破壊機構解明試験														
	坑道掘削影響試験														
地震観測	地震動観測、地質環境 変化														
	地震時破砕帯挙動試験														
工学的技術	研究坑道の設計・施工 計画構築技術の研究	設計手法・設計体系の整備													
	研究坑道の建設技術の 研究	研究の品質を確保する研究													
	研究坑道の建設技術の 研究	研究坑道の建設技術の研究													
	施工対策技術の研究	研究の品質を確保する研究													
	安全性を確保する技術 の研究	研究の品質を確保する研究													
	掘削影響の修復・軽減 技術の研究														
	人工材料の岩盤への長 期影響評価試験														
調査技術 調査機器	調査技術・機器の開 発・高度化														

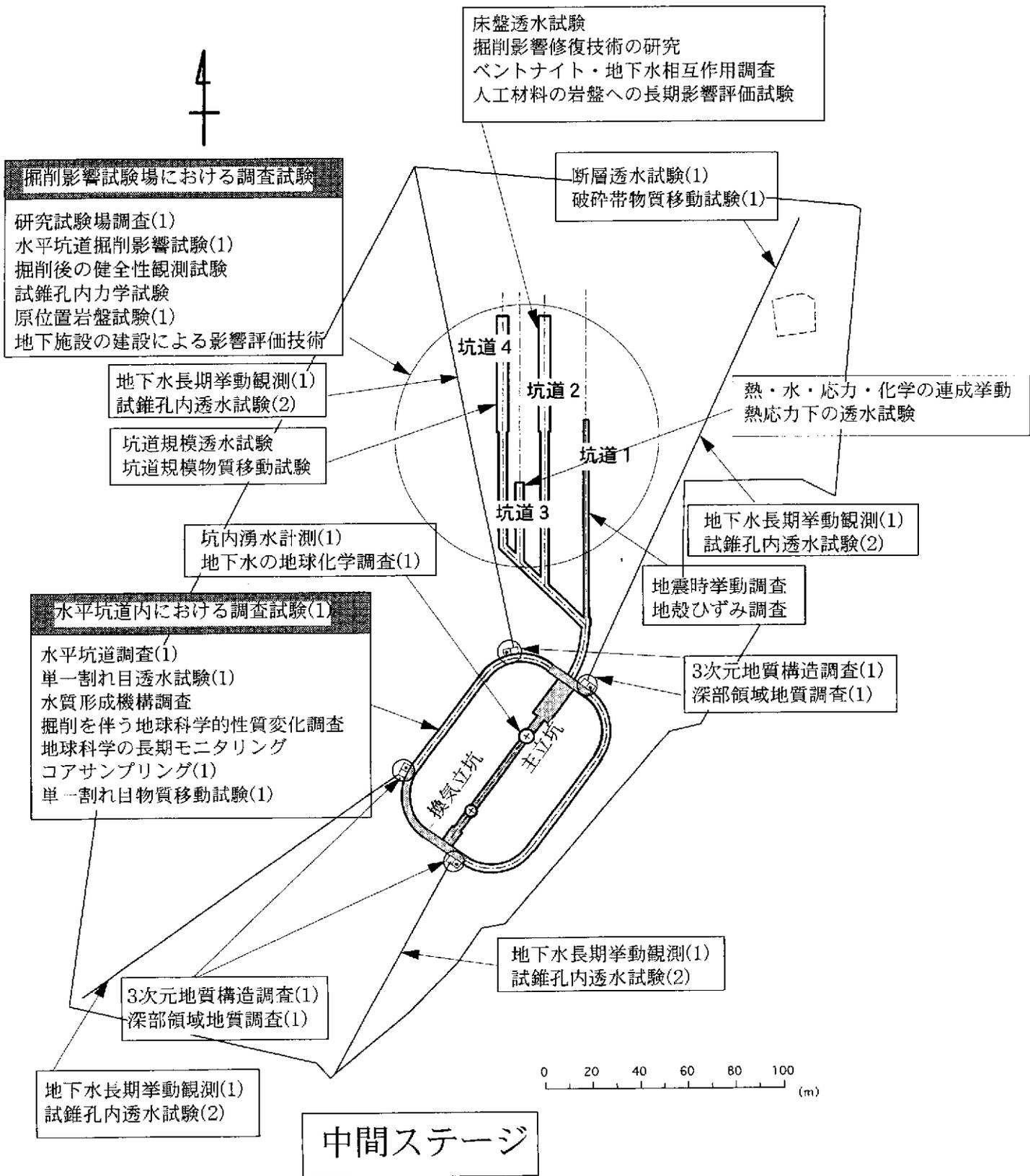


図5.3-1 中間ステージにおける調査研究配置

平成12年までの設計研究の検討を踏襲し、中間ステージにおける水平試錐計画として、4隅から外向き放射状試錐を計画する。これは水平面内の地質、地下水水圧、地下水水質を調査するためのものである。また、平成12年度に計画した立坑に向かう試錐は立坑掘削の影響を計測するためのものであったが、今年度の坑道レイアウトでは水平試錐のスペースがないため廃止した。外向きの水平試錐で立坑掘削影響観測を実施する。

また、水平坑道の4隅から下向きの試錐は、最深ステージのための地質調査および3次元地質構造調査のために実施する。

最深ステージにおいても、中間ステージと同様に4隅から水平試錐と下向き試錐を計画している。

中間ステージにおいて、掘削影響試験場において、掘削影響試験終了後、各坑道を用いて以下の試験が実施される。最終ステージにおける掘削影響試験が全工程の最終段階に行われるため、主な掘削影響試験後の調査研究は中間ステージの試験坑道において実施される。

坑道1

- 地震時挙動調査
- 地殻ひずみ調査

坑道2

- 床盤透水試験
- 掘削影響修復技術の研究
- ベントナイト・地下水相互作用調査
- 人工材料の岩盤への長期影響評価試験

坑道3

- 熱・水・応力・化学の連成挙動
- 熱応力下の透水試験

坑道4

- 坑道規模透水試験
- 坑道規模物質移動試験

一方、最深ステージにおける掘削影響試験場は、掘削影響試験終了後、各坑道を用いて以下の試験が実施される。

坑道1

- 予備坑道

坑道2

- 掘削影響修復技術の研究

坑道 3

○予備坑道

坑道 4

○坑道修復技術の研究

最深ステージにおける掘削影響試験の時期が、全工程の最後にあたるため、坑道 1 および坑道 3 はとりまとめ時期における最終の実証試験のための予備坑道として確保しておく。

今回の検討では、主な調査研究を中間ステージの掘削影響試験の実施後の坑道を利用して行うよう計画した。その結果、中間ステージの掘削影響試験後に調査試験が集中し、かなり密な調査研究スケジュールとなった。また、最深ステージにおける掘削影響試験が全調査研究工程の最後になり、工期的に最深ステージの研究坑道の有効利用ができない状態になっている。

改善策としては、最初の中間ステージ掘削時に、長期試験に必要な研究坑道を掘削しておき、下部立坑掘削時に平行して調査試験を実施することが考えられる。そのためには、立坑掘削により影響を受けない調査試験の選定と、以後の掘削影響試験に影響を与えないことの確認が必要となる。

最深ステージの坑道の有効利用を考える場合は、最深ステージの掘削影響試験の早期着工を検討する必要がある。

5.4 研究坑道レイアウトに関する検討

5.4.1 検討方針

(1) 設計方針

超深地層研究所用地が正馬様地区から戸狩地区へ変更されたことに伴い、研究坑道を展開する敷地の形状が大きく変更された。本年度の検討では、図5.4.1-1に示す検討フローにしたがい、サイクル機構提示の基本レイアウトの見直しを行い、研究坑道レイアウトの設定を行う。

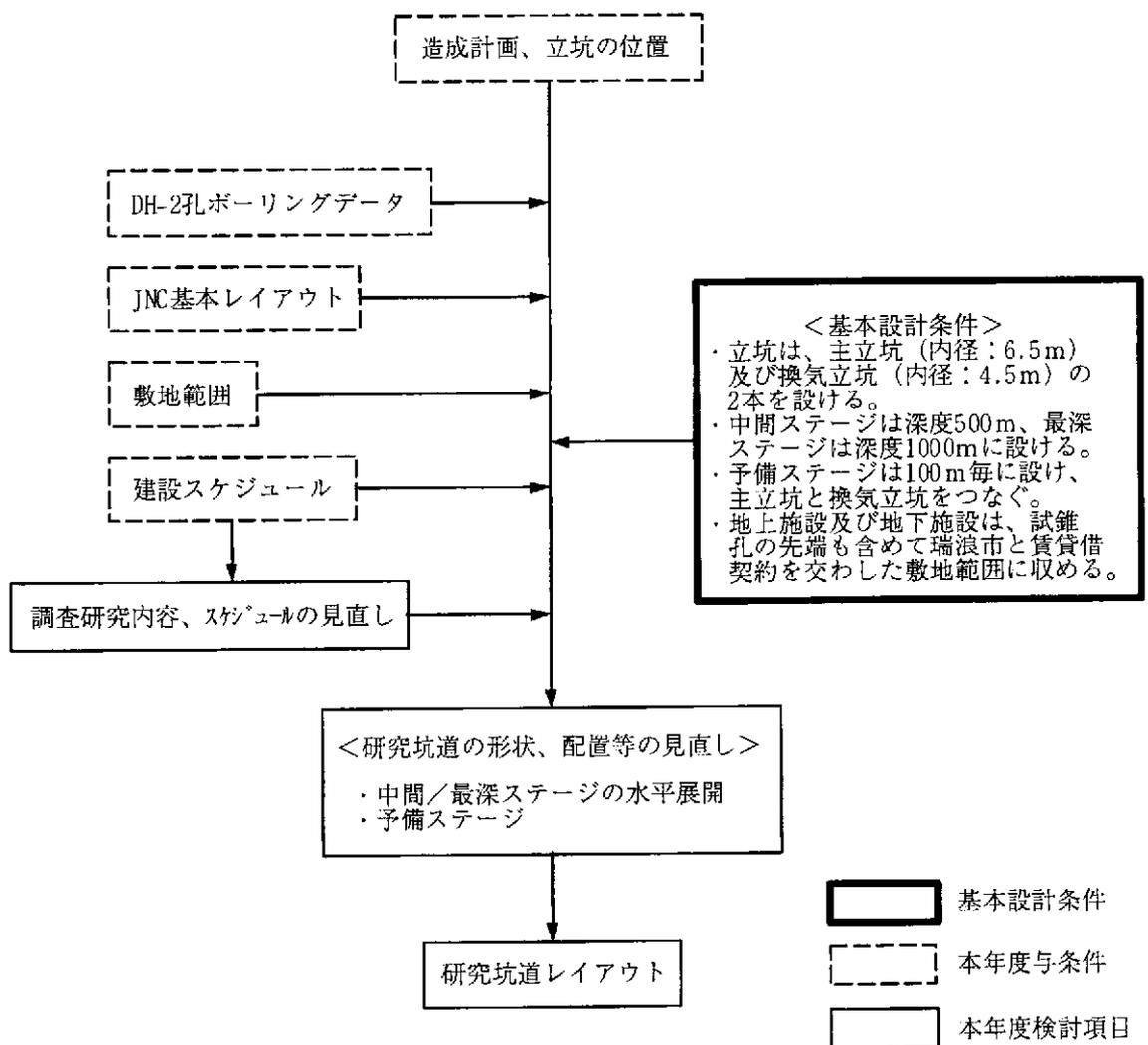


図 5.4.1- 1 研究坑道レイアウトの検討フロー

5.4.2 前提条件の整理

(1) 基本設計条件

図 5.4.1- 1に示したように、本年度の検討における基本設計条件は以下のとおりとする。

- ◆ 立坑は、主立坑（内径：6.5m）及び換気立坑（内径：4.5m）の 2 本を設ける。
- ◆ 中間ステージは深度 500m、最深ステージは深度 1000mに設ける。
- ◆ 予備ステージは 100m毎に設け、主立坑と換気立坑をつなぐ。
- ◆ 地上施設及び地下施設は、試錐孔の先端も含めて瑞浪市と賃貸借契約を交わした敷地範囲に収める。

(2) 基本レイアウト

図 5.4.2- 1にサイクル機構から提示された基本レイアウト、図 5.4.2- 2には当初想定された新用地における基本レイアウトの配置を示す。本レイアウトは、正馬様での研究坑道レイアウトをベースに、超深地層研究計画の全体工程、瑞浪市との土地賃貸借契約の想定範囲を考慮して設定した当初レイアウトであると位置付ける。

(3) 敷地条件

平成14年1月17日に瑞浪市とサイクル機構の間で交わされた、超深地層研究所用地の賃貸借契約の丈量図より読み取った敷地境界を図5.4.2-3に示す。同図中の斜線部は瑞浪市の用地ではないが、研究所用地として使用可能である。



図 5.4.2-3 新用地における敷地範囲

(4) 地質条件 (DH-2 孔より)

敷地の南端付近において、過去に広域地下水流動調査において実施された DH-2 ボーリング (孔口標高：193.33m、深度：501m) の柱状図を図 5.4.2-4 に示す。瑞浪層群の堆積岩と土岐花崗岩の不整合境界は、正馬様用地の MIU-2 孔では深度 90m 付近であったが、DH-2 孔では約 170m と 80m 近く堆積岩が厚くなっている。したがって、深度 100m の予備ステージは堆積岩中に構築することになる。

また、既往の成果として構築された地質構造モデルによると、新用地において月吉断層は 1000m よりかなり深い深度で現れることが推定されており、DH-2 孔では月吉断層は出現しない。しかしながら、深度 430m 付近に急傾斜の断層破碎帯と深度 455m 付近に青灰色粘土を伴う断層破碎帯が存在する。

本年度の検討では、月吉断層は超深地層研究所の展開深度までには出現しないものとする。また、正馬様の検討では、月吉断層を坑道で貫くことで水理場が大きく変化することが予想されたことから、月吉断層を坑道で貫くのを研究の最終段階に設定し、当該部分はスパイラル坑道で迂回して深部展開を進めることとしていたが、DH-2 孔で確認された断層破碎帯については、迂回の対象とはしないこととする。

また、地下水水理場や主応力方向については情報が得られていないが、現地の地形から判断して地下水主要流動方向は北から南へ向かう方向、最大主応力方向は正馬様地区と同様と仮定し N45W とする。

なお、暫定的に設定した造成盤標高と DH-2 ボーリングの坑口標高とは、約 7m の差があるため、DH-2 孔から得られた深度情報に 10m を加えたものを研究坑道の深度に適用する。

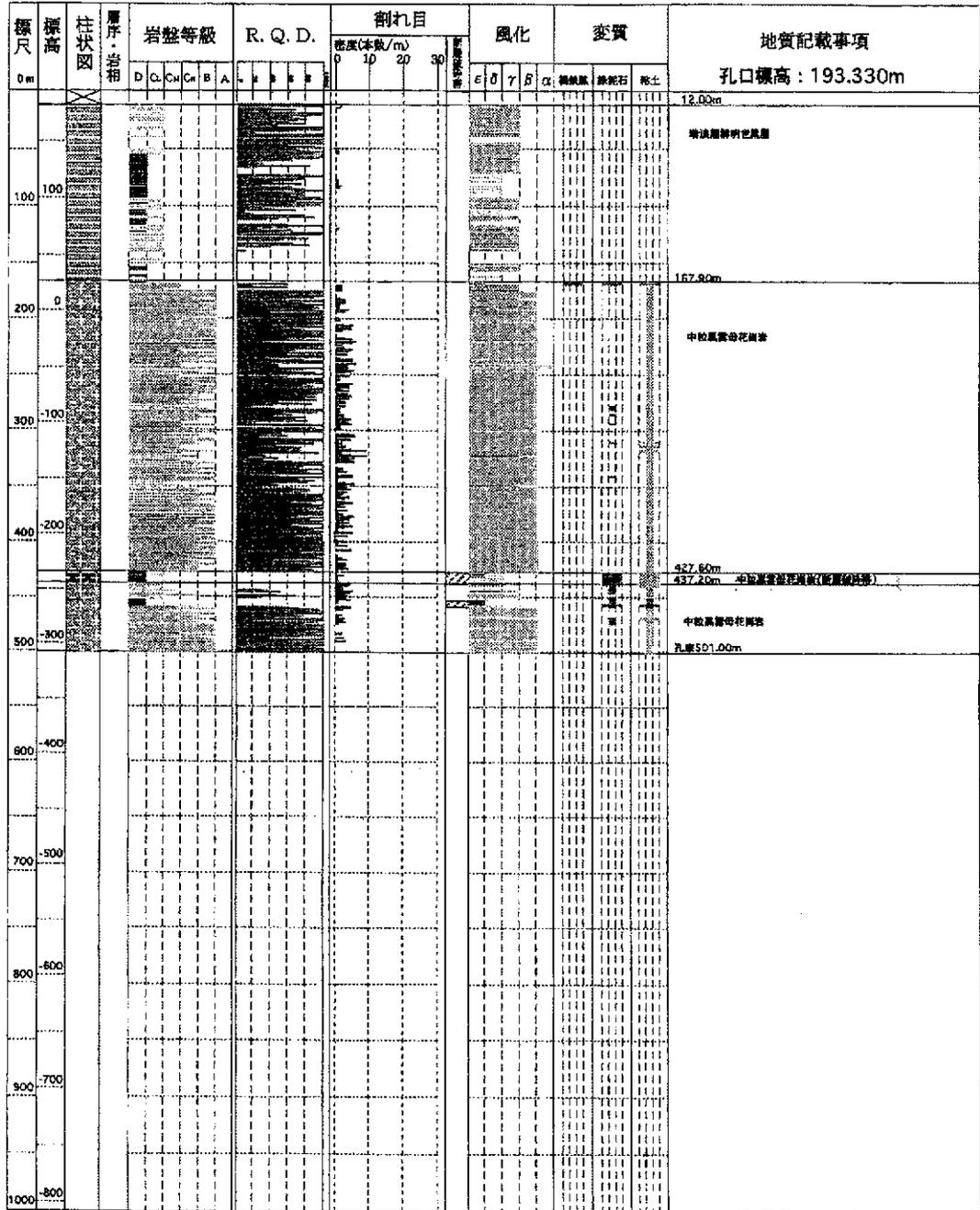
以上を整理し、本年度の地下坑道のレイアウト検討における地質環境条件を以下のように設定する。

- ◆ 上部 180mは瑞浪層群の堆積岩、それ以深は土岐花崗岩が分布する 2 層地盤を想定する。
- ◆ 月吉断層の存在は考慮しない。
- ◆ 深度 440m付近と 465m付近に断層破碎帯が存在するが、迂回をせずに掘削するものとする。
- ◆ 地下水の主要流動方向は、地形から判断して北⇒南方向を想定する。
- ◆ 最大主応力方向は、正馬様地区と同様と仮定し N45W とする。

(5) 建設スケジュール

- a) 立坑は主立坑及び換気立坑ともに 2004 年度に地表から掘削を開始し、地下研究施設における全体の研究は 2015 年度で終了する。
- b) 中間ステージは 2007 年度に 180m程度掘削してから立坑を掘り下げるものとする。
- c) 中間ステージの水平坑道掘削影響試験のための計測坑道である G.L. -470m 坑道及び G.L. -528m 坑道は、取り付け部 20mを掘削してから立坑を掘り下げるものとする。
- d) 主立坑は、深部立坑掘削影響試験のために G.L. -970mまで掘削してから切羽を止め、G.L. -970mレベルの予備ステージ、水平坑道掘削影響試験のための G.L. -470m計測坑道及び G.L. -528m計測坑道を完成させ、中間ステージの残りの坑道を掘削し、水平坑道掘削影響試験を行う。その後、G.L. -970m計測坑道を完成させてから G.L. -970m以深にて立坑掘削影響試験を実施し、最終的に最深ステージを掘削する。
- e) 換気立坑は、2009 年度に最終到達深度まで掘削し、その後ただちに昇降設備の設置を行う。したがって、この時期以降は換気立坑からのずり出しは不可能となる。

DH-2号孔柱状图(1/5000)



中粒黑雲母花崗岩
 堆積岩
 中粒黑雲母花崗岩 (斷層破碎帶)

圖 5.4.2- 4 (DH-2 号孔柱状图)

(6) 造成計画、立坑位置

現在の造成状況及び立坑坑口の計画位置を図 5.4.2- 5に示す。地上施設としての使用可能範囲は同図中の太線で囲んだ範囲である。地上施設用地の制約から、立坑槽設備と巻取機設備の設置場所は選択余地が少ないと考えられ、図 5.4.2- 5に示すように主立坑及び換気立坑の坑口位置を設定する（主立坑：X=-69353.950、Y=6720.900／換気立坑：X=-69386.500、Y=6697.650）。

造成盤については、暫定的に EL200m を地表面（GL0m）とする。

5.4.3 研究坑道レイアウトの検討

(1) 立坑

平成 12 年度と同様に、主立坑には坑底にポンプ座を設け、到達深度は最深ステージより 25m 下げるものとし 1025m とする。また、換気立坑には見学者用の昇降設備を設け、到達深度は最深ステージより 10m 下げるものとし 1010m とする。なお、換気立坑坑底の排水のために、換気立坑の坑底から主立坑の坑底に向けて排水ボーリングを 1 本設置する。

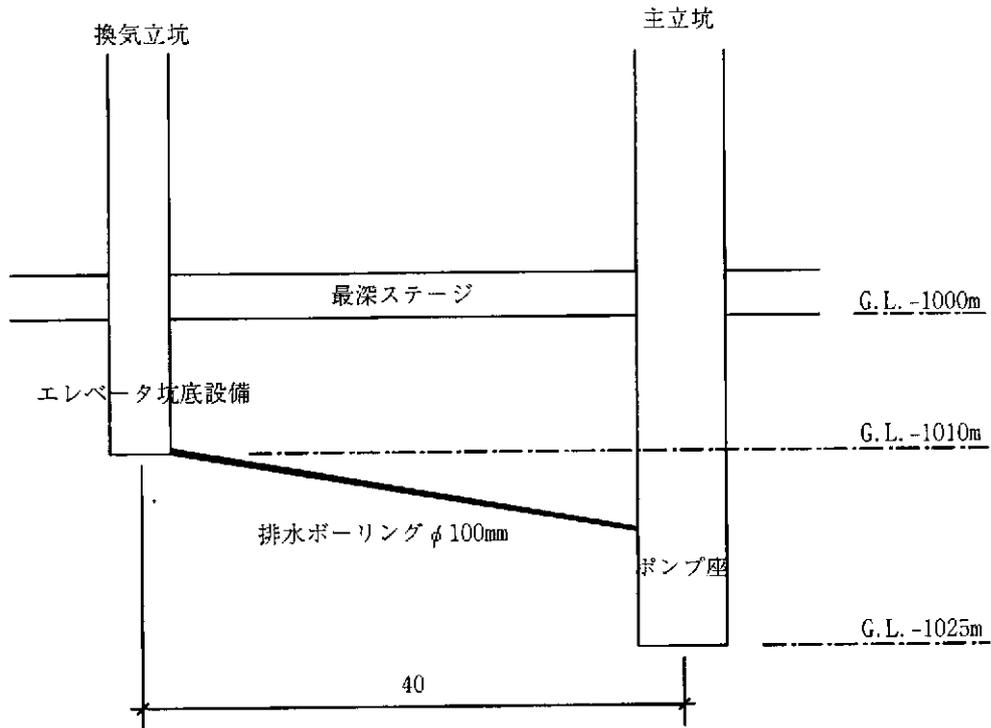


図 5.4.3- 1 立坑坑底

(2) 中間ステージ・最深ステージ

新計画地では、迂回を要するような断層が存在しないことが予想されているため、中間ステージ及び最深ステージの形状は同一とし、深度依存の比較試験が実施できるようにする。そこで、図 5.4.2- 1 に示したサイクル機構

提示の基本レイアウトと同様に、立坑を中心に 90m×40m程度の長方形の環状坑道から行き止まりの試験坑道が発進する形状を採用する。基本レイアウトから若干の変更を加えた中間及び最深ステージの坑道配置図を図 5.4.3- 2に示す。

基本レイアウトからの若干の変更点は以下のとおりである。

- ◆ 基本レイアウトにおいては、当初想定された敷地の制約条件を考慮して、環状の水平坑道と立坑間の連絡坑道は平行関係にはなっていない。確定した敷地境界に対し、環状の水平坑道と立坑間の連絡坑道を直交及び平行方向としても敷地境界内に十分に収まるので、連絡坑道は環状水平坑道の長辺と平行方向に配置する。連絡坑道は N36E の向きであるため、環状水平坑道は N36E 及び N54W の方向に向くように配置する。
- ◆ 環状水平坑道から試験坑道エリアへの入口部分は五差路になっているが、応力集中緩和のために 3.5m 径の坑道を連絡路として設け、五差路を回避する。
- ◆ 立坑間の連絡坑道は、環状水平坑道の短辺の中央部で交差するようにする。
- ◆ 敷地の有効利用を考慮し、試験坑道の向きを真北へ向ける。したがって、五差路を回避する連絡路は 36° の円弧となり、この部分の半径は TBM の施工性等を考慮して 40m とする。
- ◆ 主立坑の近傍に 50 人程度が一時退避可能な空間を設ける。1 人当たり 1 m² を確保することの他、避難用設備や備品などの設置スペースとして 4m² 程度を確保した 54m² のスペースとして、4.5m（間口）×12m（奥行）の空間を設ける。

以上を考慮して変更した中間ステージ及び最深ステージの坑道延長は、それぞれ 773m となる。

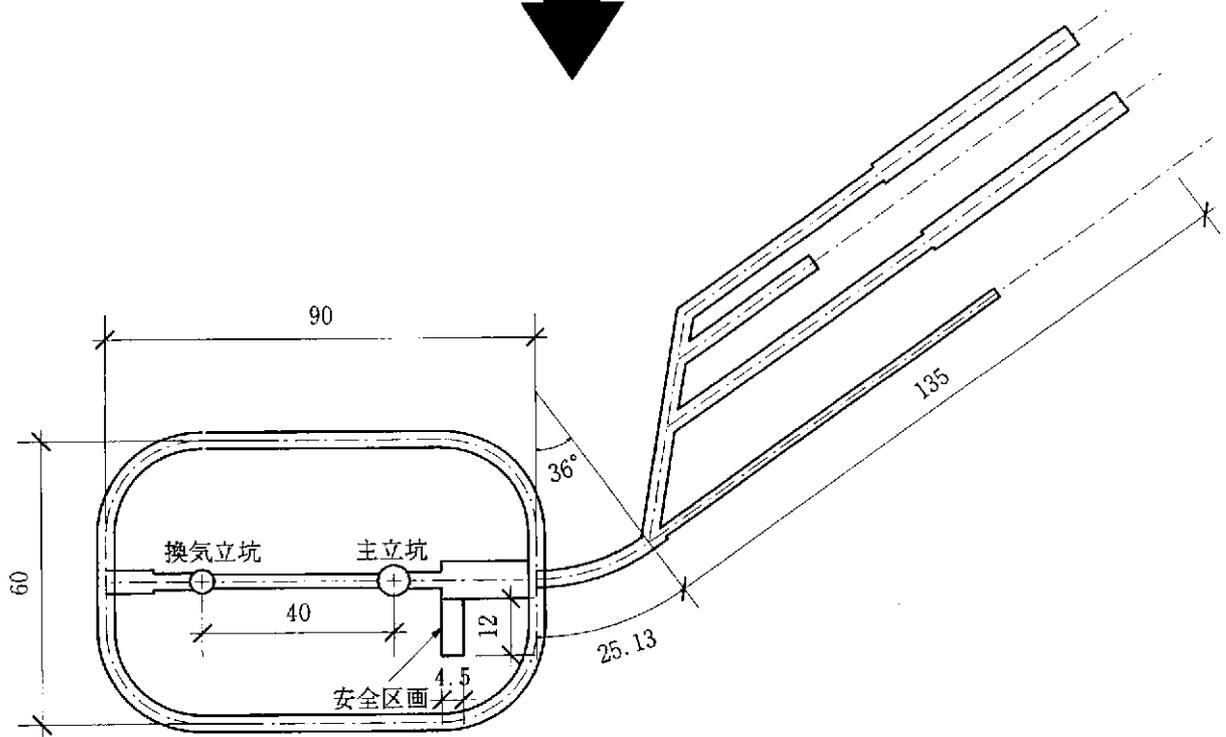
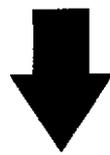
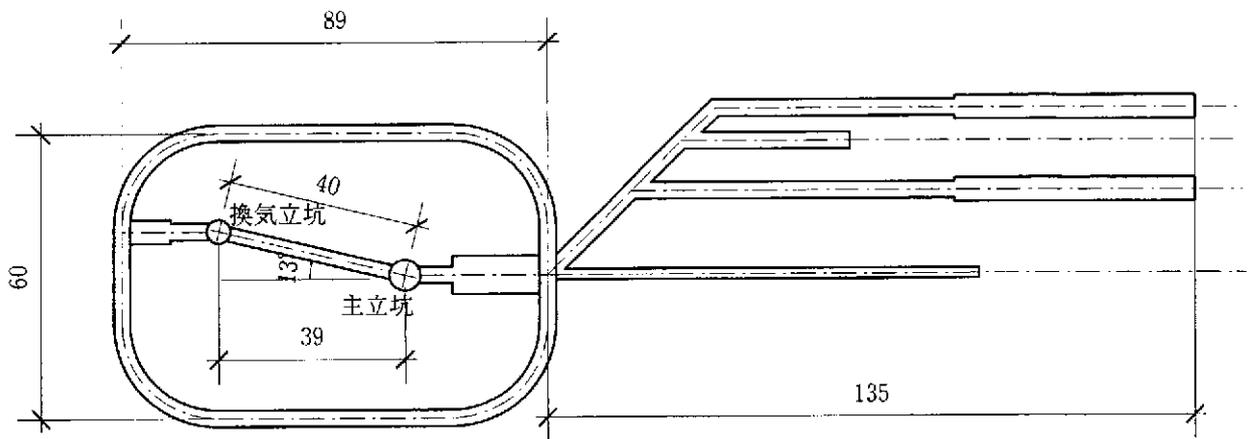


図 5.4.3-2 中間ステージ・最深ステージの坑道配置 (基本レイアウトからの変更)

(3) 予備ステージ

深度 100m 毎 (G.L. -100m、-200m、-300m、-400m、-600m、-700m、-800m、-900m、-970m の合計 9 深度) に主立坑及び換気立坑を直線で連絡する坑道とし、途中に安全区画を設ける。主立坑と換気立坑の中央部付近に 15 人程度が一時退避可能な空間を設ける。1 人当たり 1m^2 を確保することとし、 15m^2 のスペースとして $3\text{m} \times 5\text{m}$ の空間を設ける。なお、排水設備の中継用の水槽は、予備ステージのインバート下に掘り込みで設けるものとし、追加の坑道は設けないこととする。予備ステージの配置を図 5.4.3- 3 に示す。予備ステージの総延長は 9 深度で合計 360m となる。

(4) 計測坑道

中間ステージ及び最深ステージにおける水平坑道掘削影響試験のための計測用として、中間ステージの上下 (G.L. -470m、G.L. -528m)、及び最深ステージの上 (G.L. -970m) に計測坑道を設ける。なお、G.L. -970m の計測坑道は、深部立坑掘削影響試験のための計測を兼用するものとする。計測坑道の配置を図 5.4.3- 4 に示す。計測坑道の延長は、各深度で約 240m、合計 720m となる。

(5) 試錐座・車両離合場所

敷地のいずれの方向にも試錐調査が可能となるよう、中間及び最深ステージの環状水平坑道のコーナー部付近にそれぞれ水平及び鉛直方向の試錐座を設ける。試錐座の配置を図 5.4.3- 5 に示す。なお、中間ステージは 2 回の期間に分けて掘削する計画であるが、早期に試錐調査が可能となるよう、先行掘削期間を図 5.4.3- 5 の斜線部のように想定し、先行掘削部の切羽付近に試錐座を配置することとする。

車両離合場所については、環状の水平坑道の長辺の中央部付近に設ける。

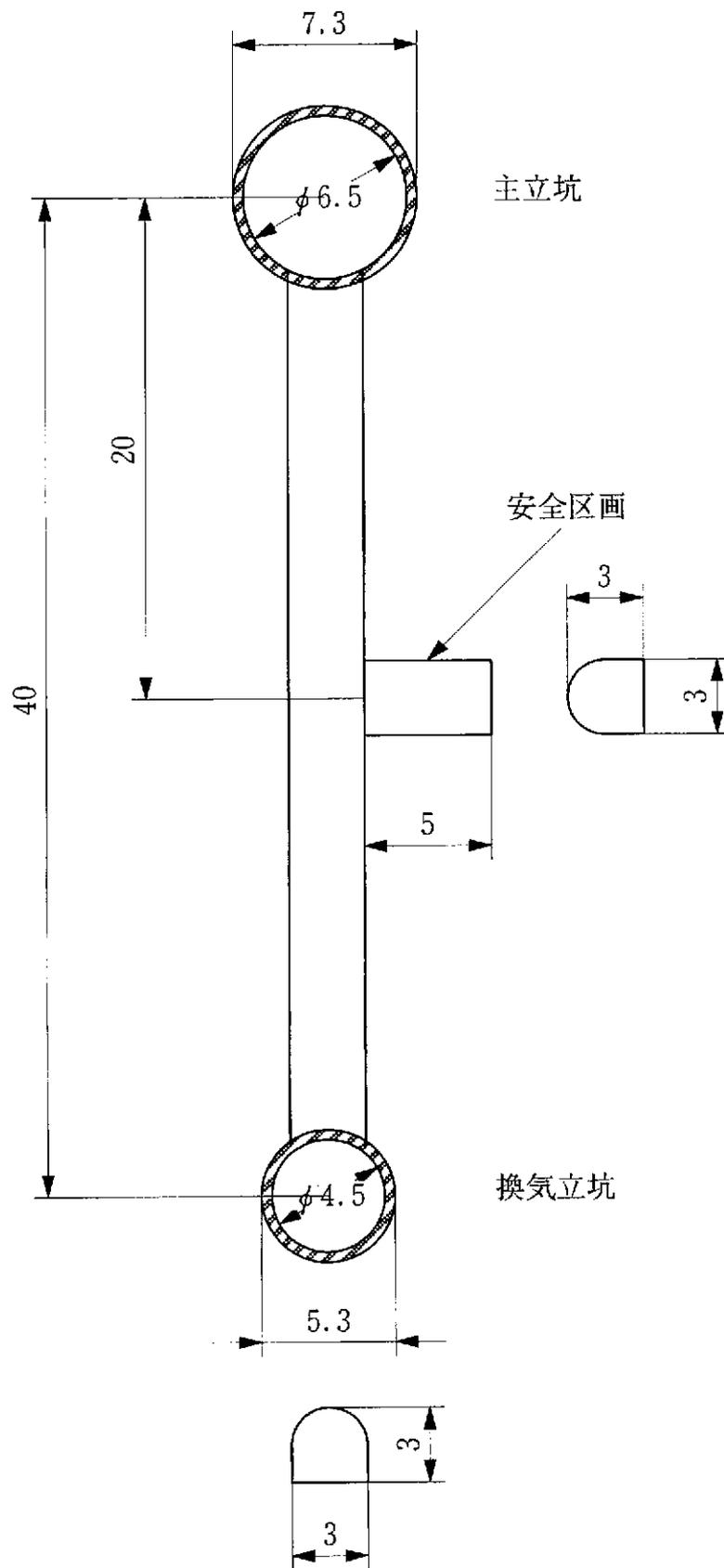


図5.4.3-3 予備ステージ

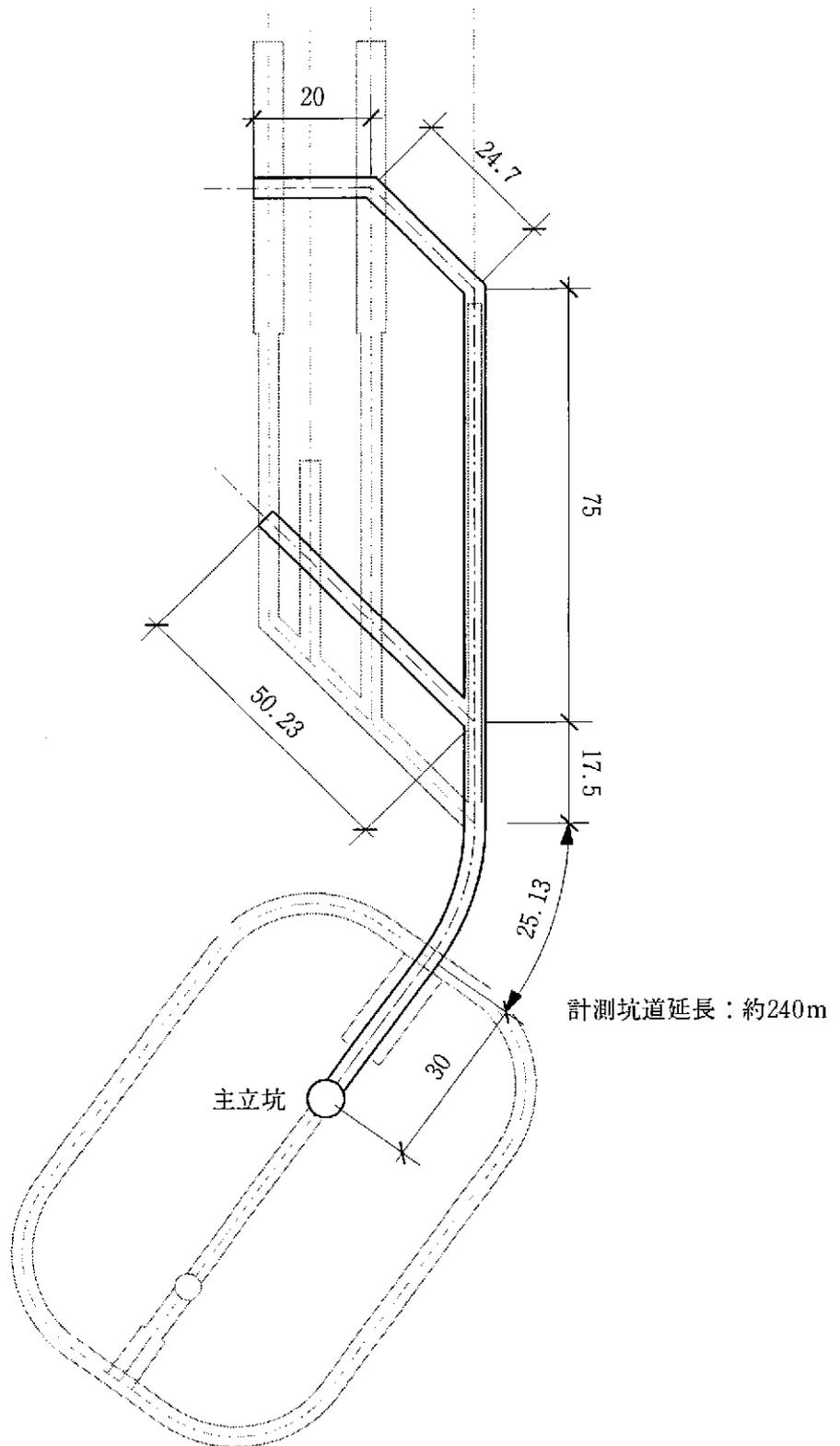


圖5.4.3-4 計測坑道 (G.L. -470m、-528m、-970m)

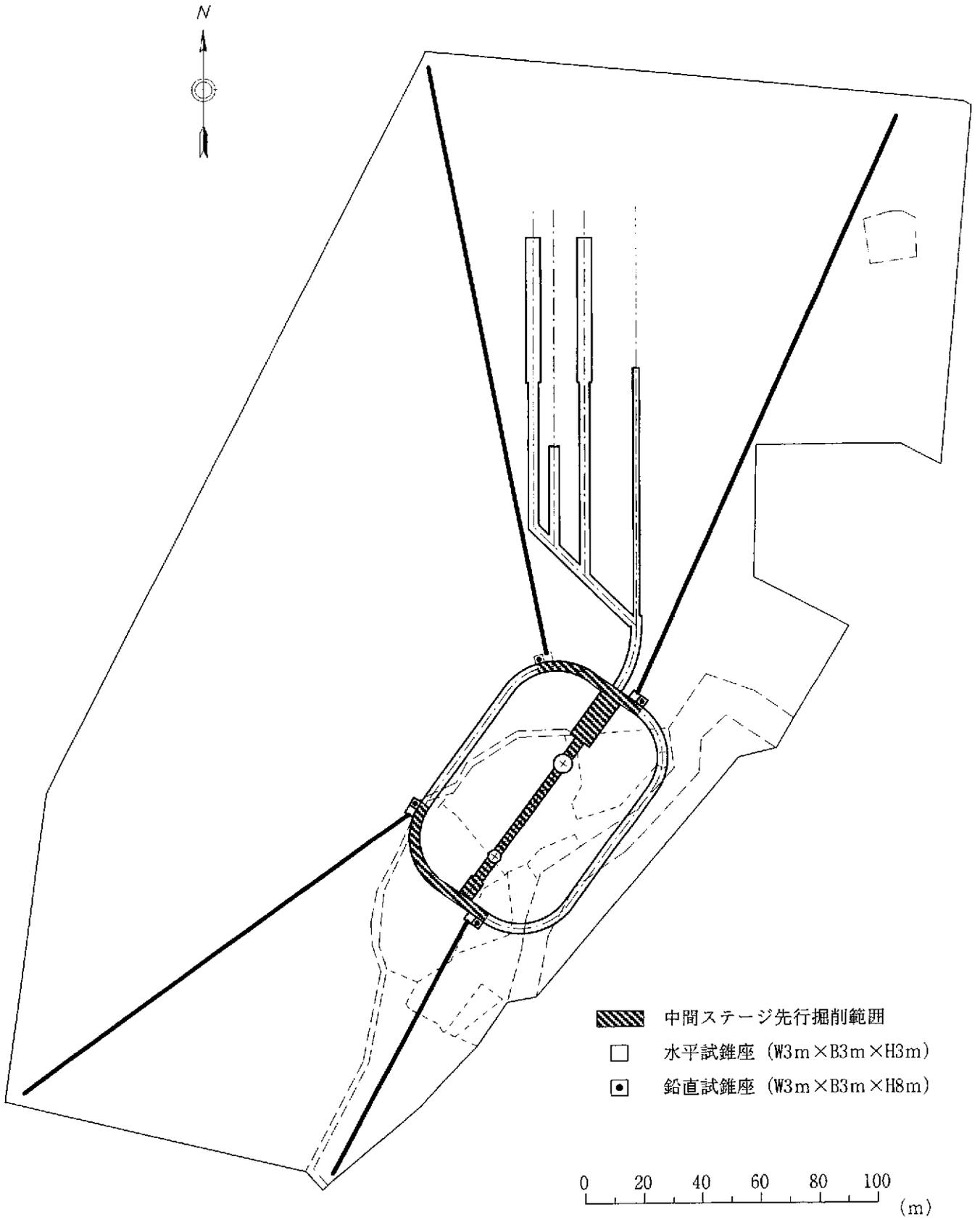


図5.4.3-5 試錐座の配置 (中間/最深ステージ)

(6) 全体レイアウト

以上の検討結果をまとめた成果として、図 5.4.3- 6に研究坑道のレイアウトを、図 5.4.3- 7に敷地に投影した研究坑道のレイアウトを示す。

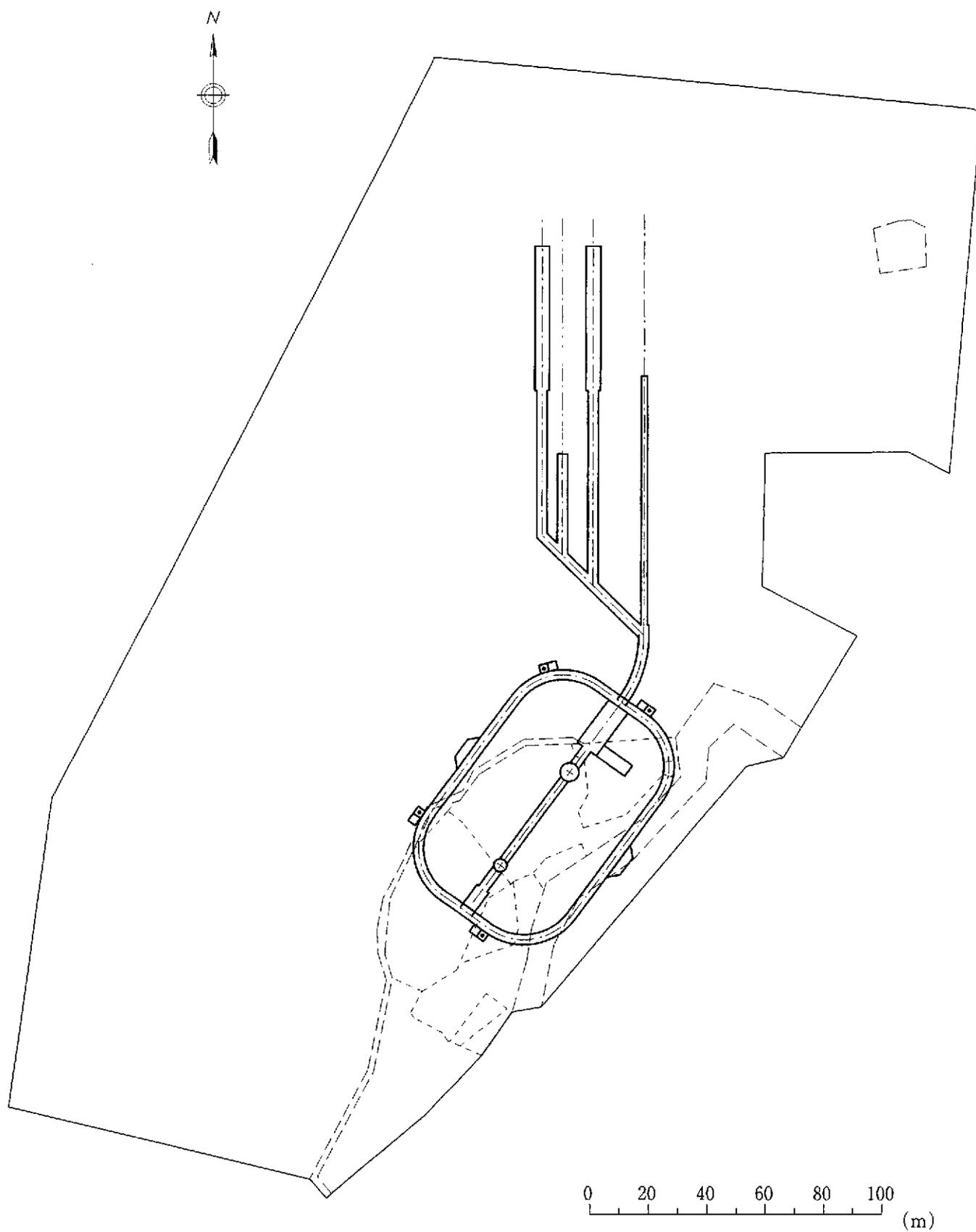


図5.4.3-7 研究坑道レイアウト (敷地)

5.4.4 三次元静止画像

(1) 施設レイアウト

前項までの検討で設定した地下施設のレイアウトについて、以下の画像リストにしたがい3次元静止画像を示す。

<画像リスト>

- 図 5.4.4- 1 超深地層研究所全体レイアウト（構造物）
- 図 5.4.4- 2 超深地層研究所全体レイアウト（敷地境界）
- 図 5.4.4- 3 超深地層研究所全体レイアウト（構造物＋地質構造）
- 図 5.4.4- 4 中間ステージ付近拡大図（北東方向より見たイメージ）
- 図 5.4.4- 5 中間ステージ付近拡大図（北西方向より見たイメージ）
- 図 5.4.4- 6 最深ステージ付近拡大図（北東方向より見たイメージ）
- 図 5.4.4- 7 最深ステージ付近拡大図（北西方向より見たイメージ）

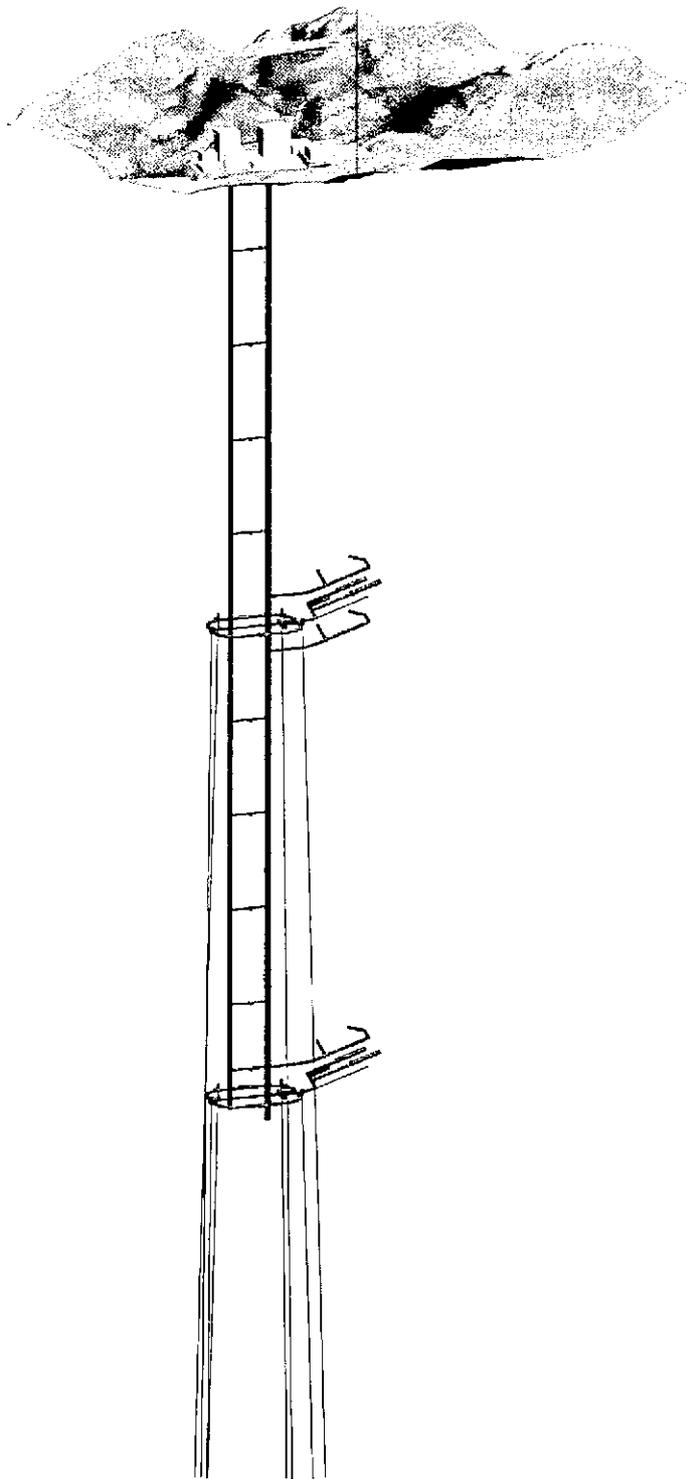


図 5.4.4-1 超深地層研究所全体レイアウト（構造物）

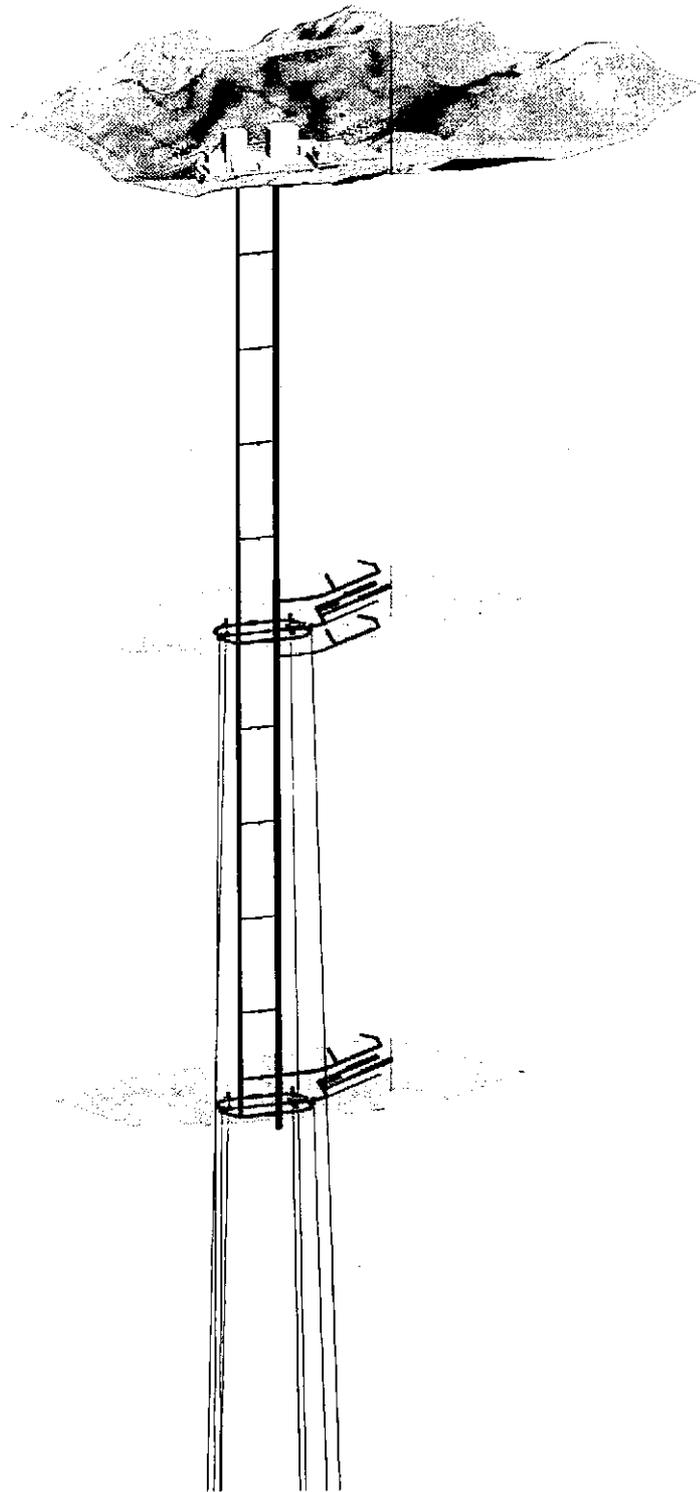


図 5.4.4-2 超深地層研究所全体レイアウト（敷地境界）

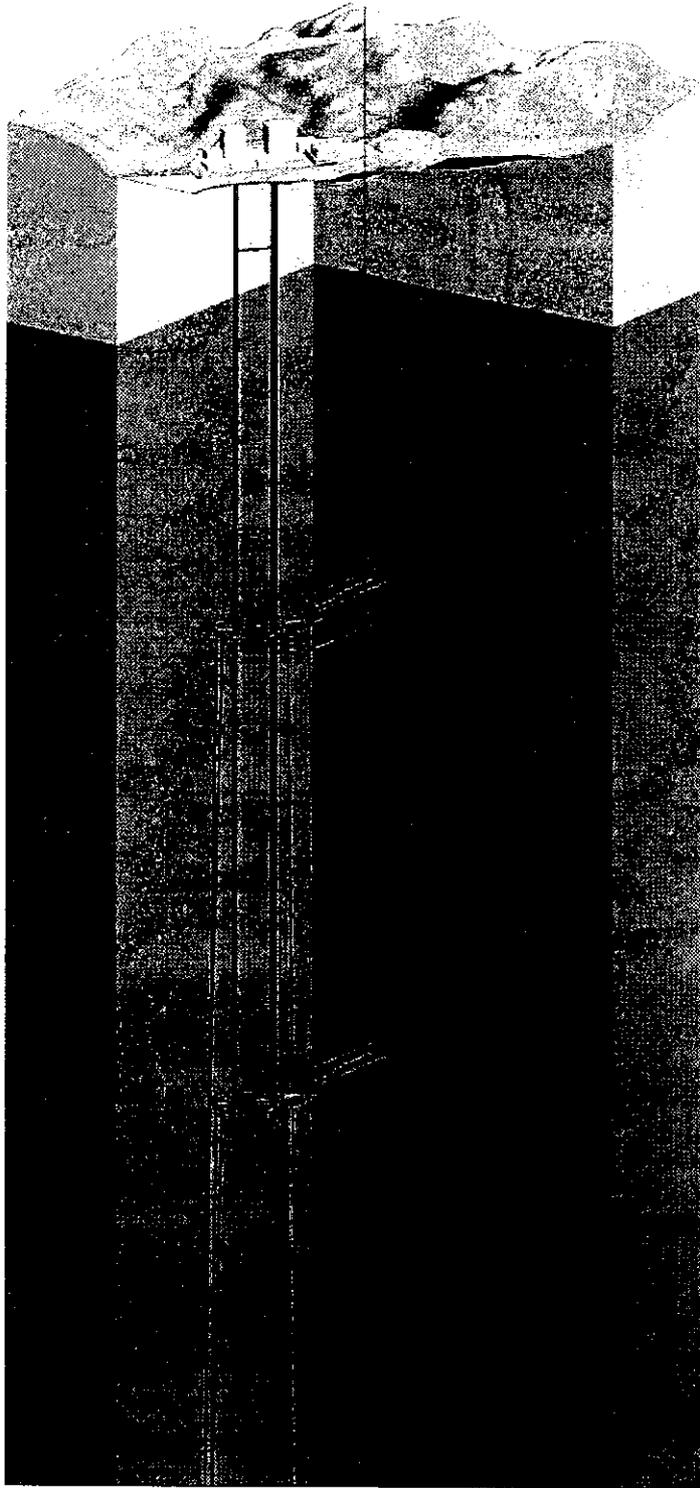


図 5.4.4-3 超深地層研究所全体レイアウト（構造物+地質構造）

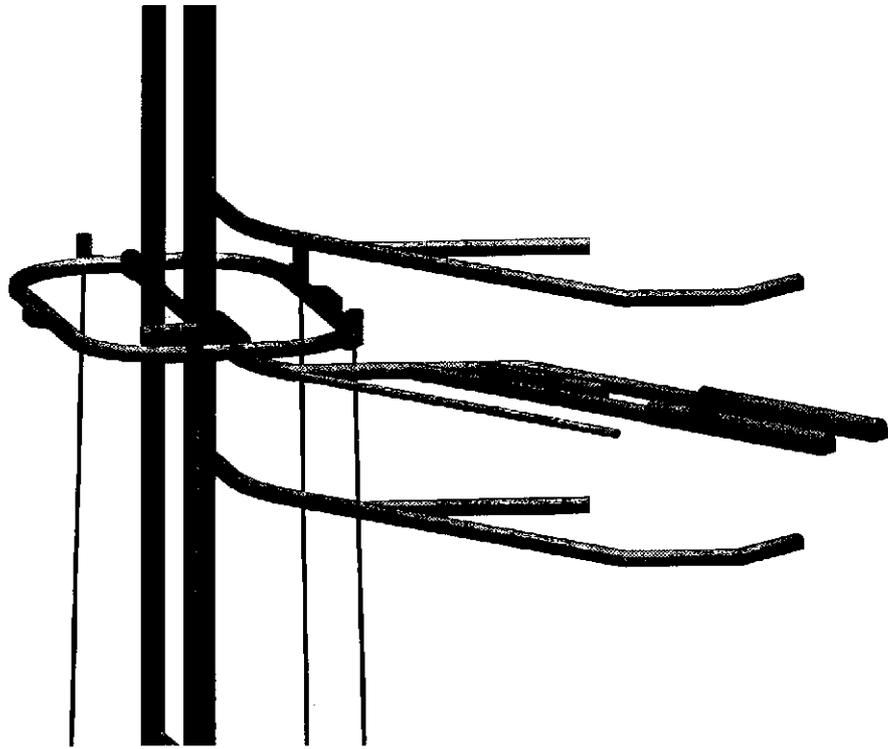


図 5.4.4-4 中間ステージ付近拡大図（北東方向より見たイメージ）

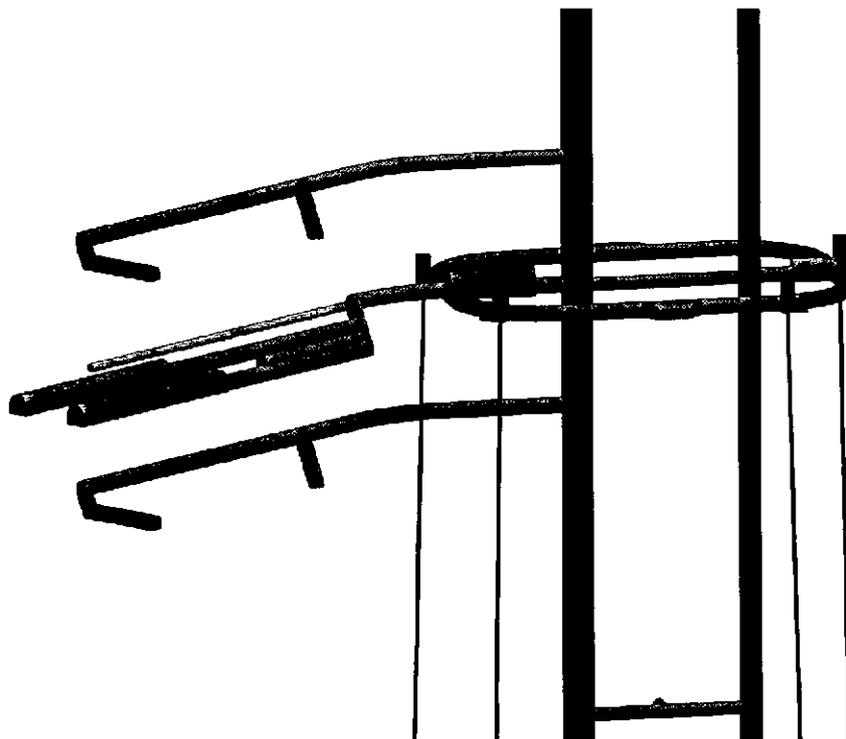


図 5.4.4-5 中間ステージ付近拡大図（北西方向より見たイメージ）

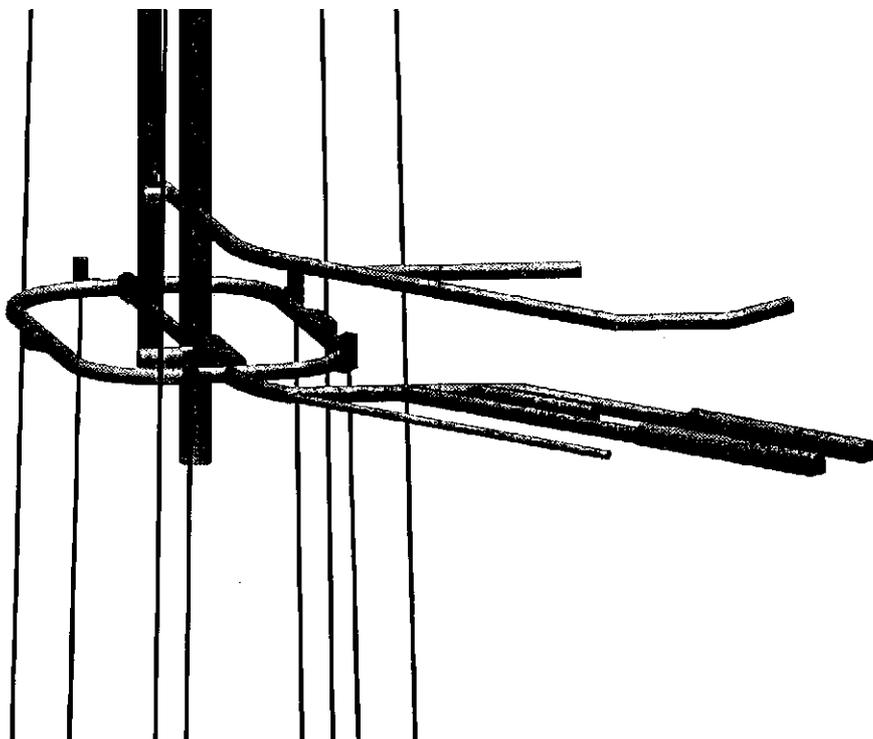


図 5.4.4- 6 最深ステージ付近拡大図（北東方向より見たイメージ）

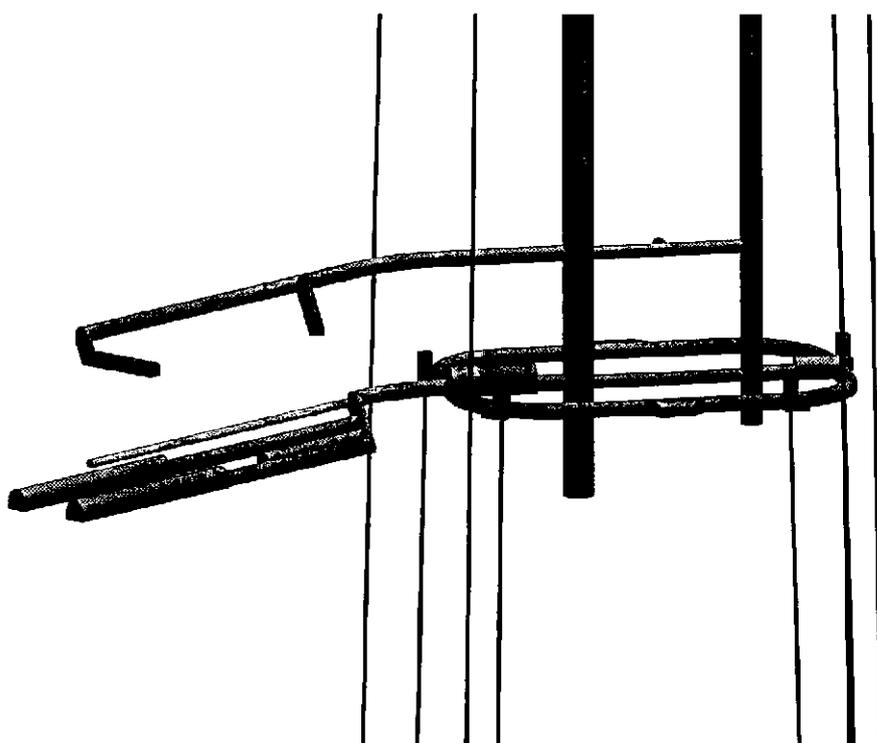


図 5.4.4- 7 最深ステージ付近拡大図（北西方向より見たイメージ）

(2) 施工手順

本年度提示された建設スケジュールに基づき、地下施設の施工ステップ画像を以下のリストにしたがい示す。

<画像リスト>

- 図 5.4.4- 8 施工ステップ 1 - 主立坑&換気立坑 中間ステージ到達
- 図 5.4.4- 9 施工ステップ 2 - 中間ステージ掘削 (その 1)
- 図 5.4.4- 10 施工ステップ 3 - 深部地質構造調査 (その 1)
- 図 5.4.4- 11 施工ステップ 4 - 換気立坑最深部到達、主立坑 G.L. -970m 到達
- 図 5.4.4- 12 施工ステップ 5 - 中間部計測坑道&G.L. -970m 予備ステージ掘削
- 図 5.4.4- 13 施工ステップ 6 - 中間ステージ掘削 (その 2)
- 図 5.4.4- 14 施工ステップ 7 - 主立坑最深部到達&深部計測坑道掘削
- 図 5.4.4- 15 施工ステップ 8 - 最深ステージ掘削
- 図 5.4.4- 16 施工ステップ 9 - 深部地質構造調査 (その 2)

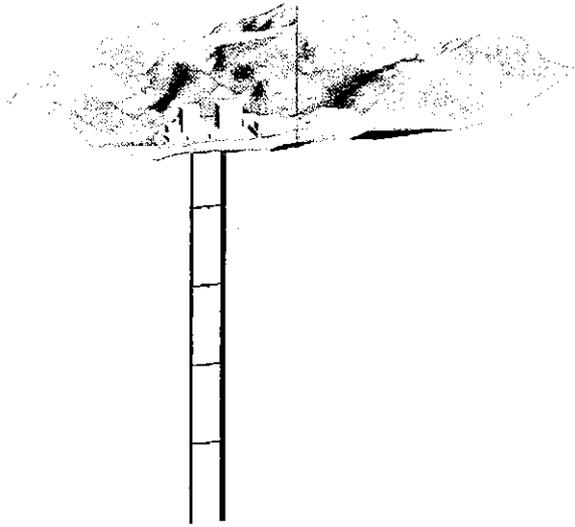


図 5.4.4- 8 施工ステップ 1 - 主立坑&換気立坑 中間ステージ到達

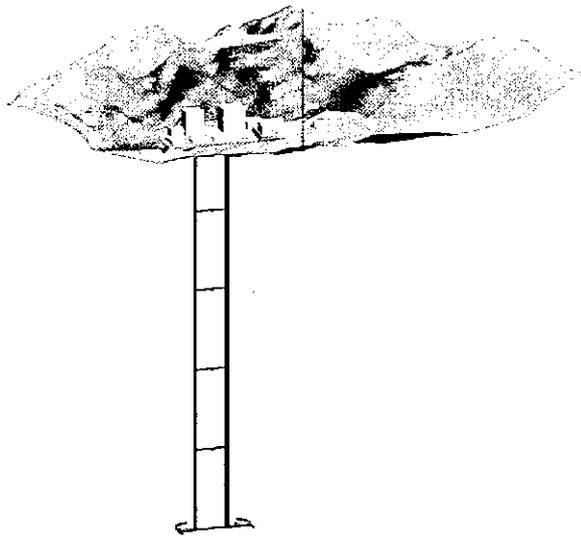


図 5.4.4- 9 施工ステップ 2 - 中間ステージ掘削 (その 1)

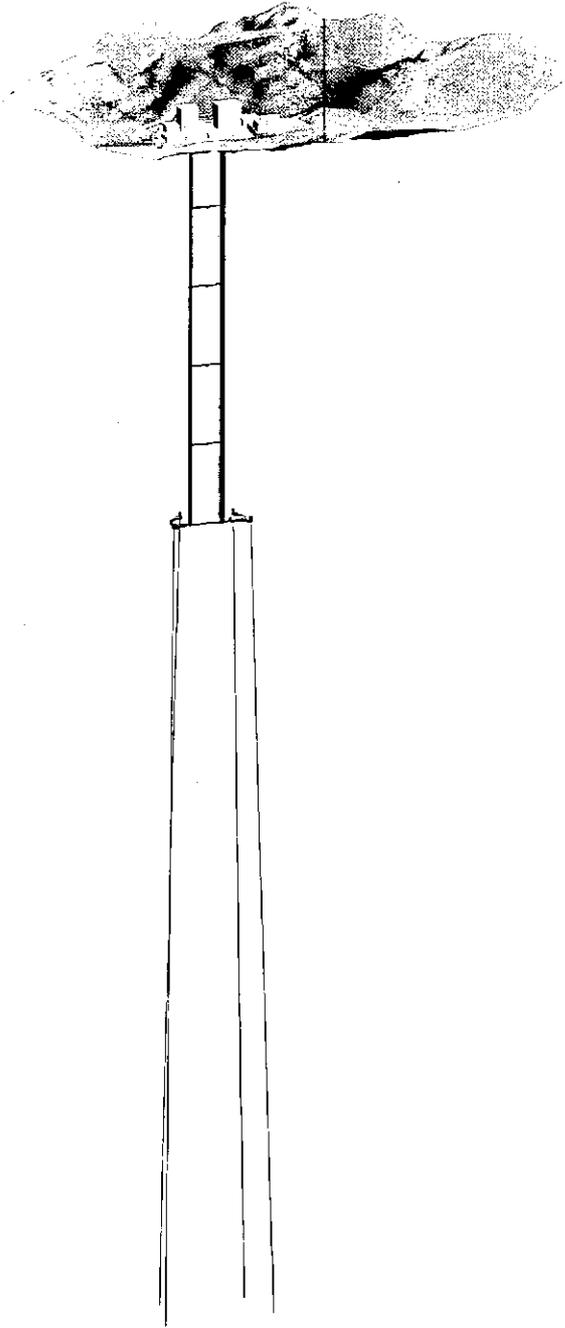


図 5.4.4-10 施工ステップ3ー深部地質構造調査（その1）

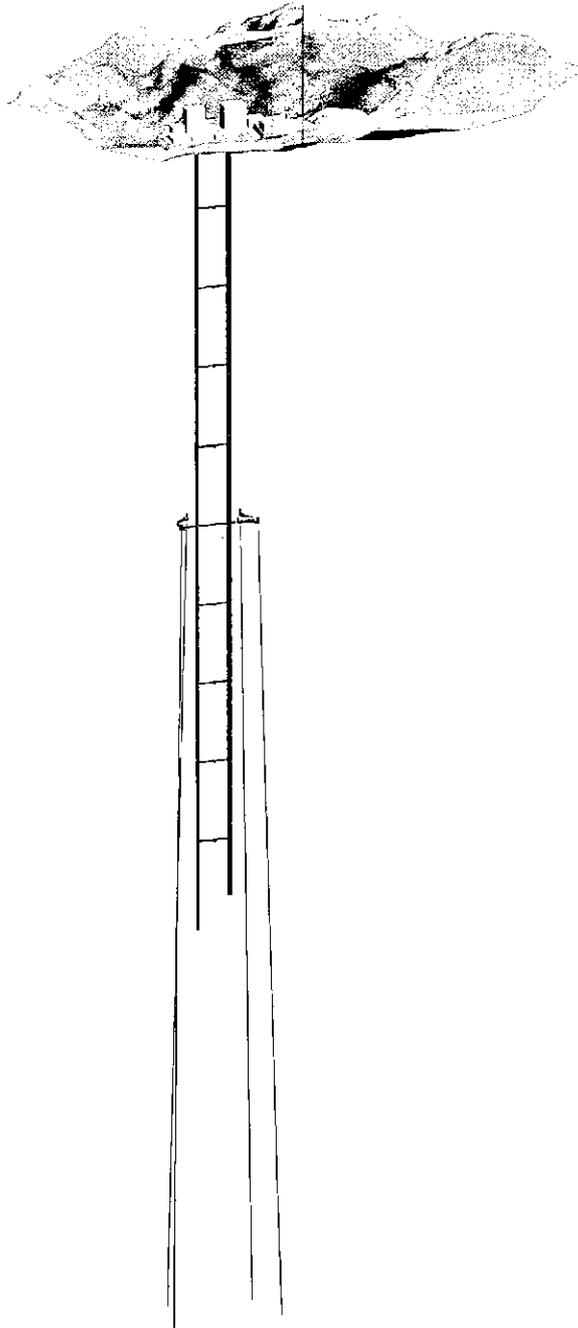


図 5.4.4- 11 施工ステップ 4 -換気立坑最深部到達、主立坑 G.L.-970m 到達

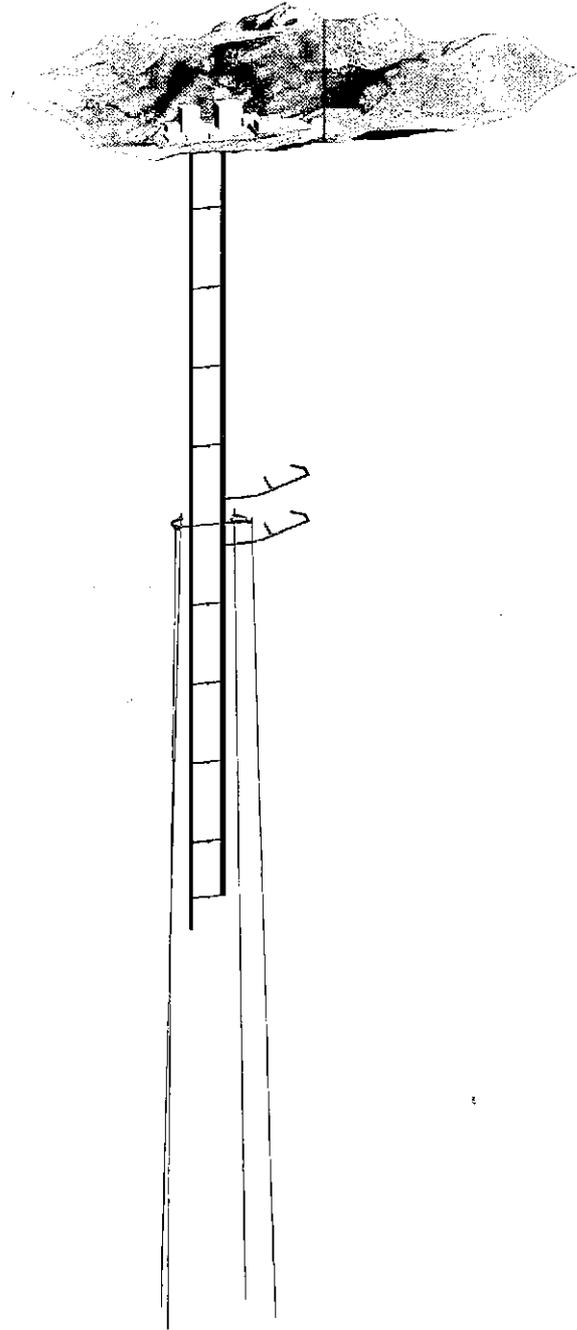


図 5.4.4- 12 施工ステップ 5 - 中間部計測坑道&G.L.-970m 予備ステージ掘削

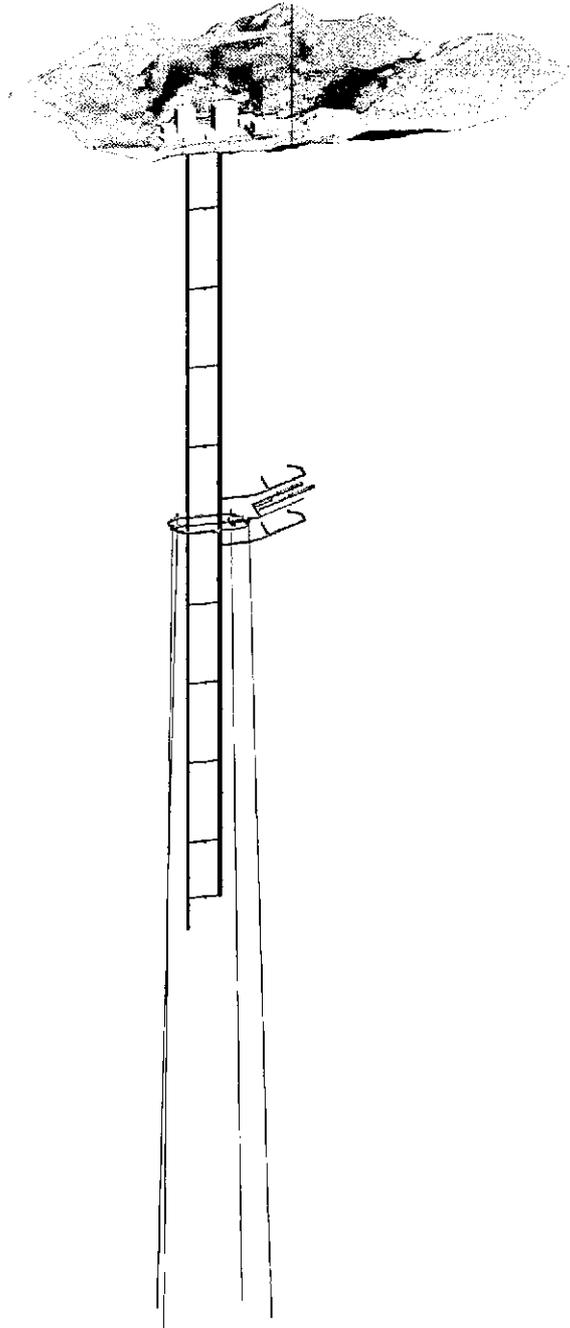


図 5.4.4-13 施工ステップ 6 - 中間ステージ掘削 (その 2)

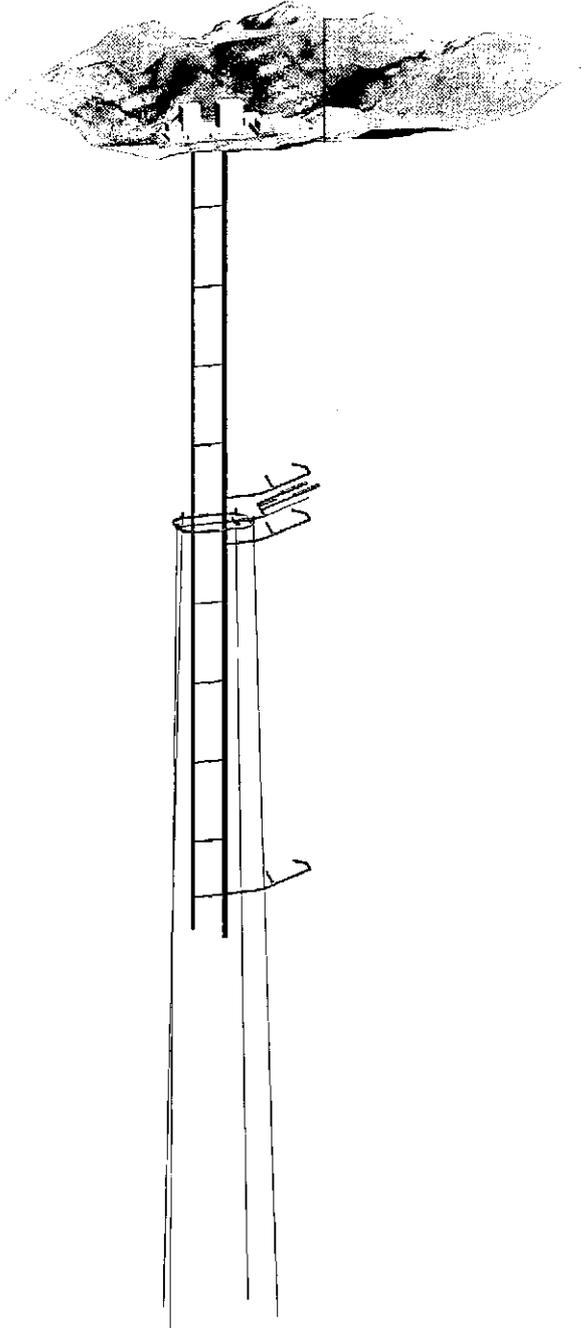


図 5.4.4- 14 施工ステップ 7 - 主立坑最深部到達&深部計測坑道掘削

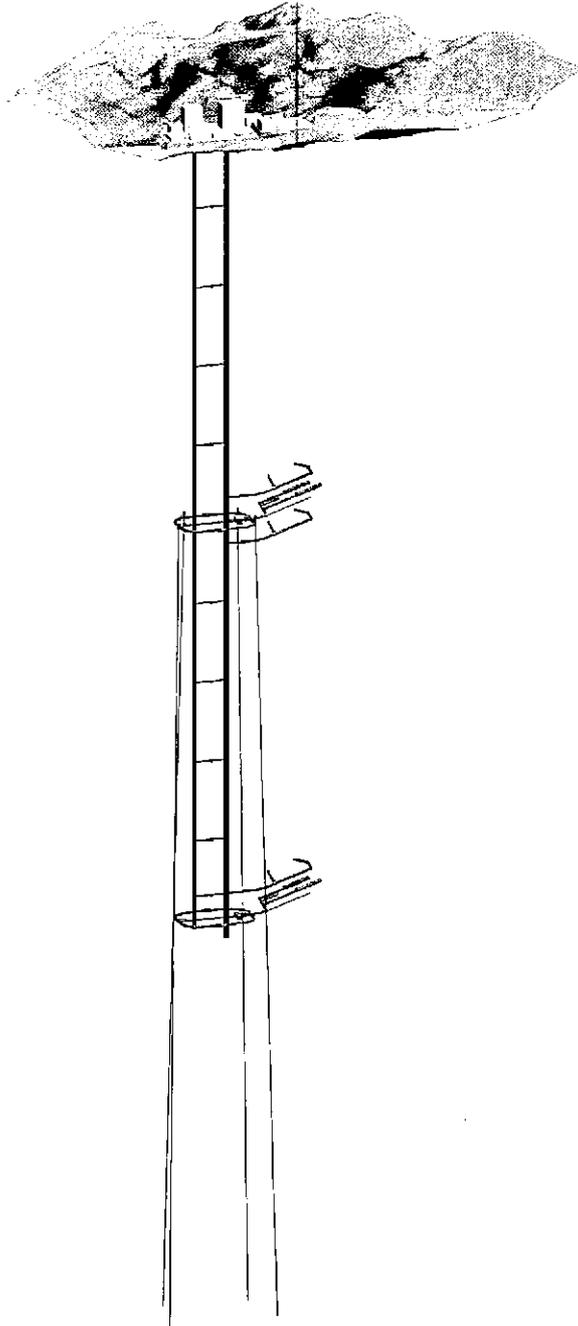


図 5.4.4- 15 施工ステップ 8 -最深ステージ掘削

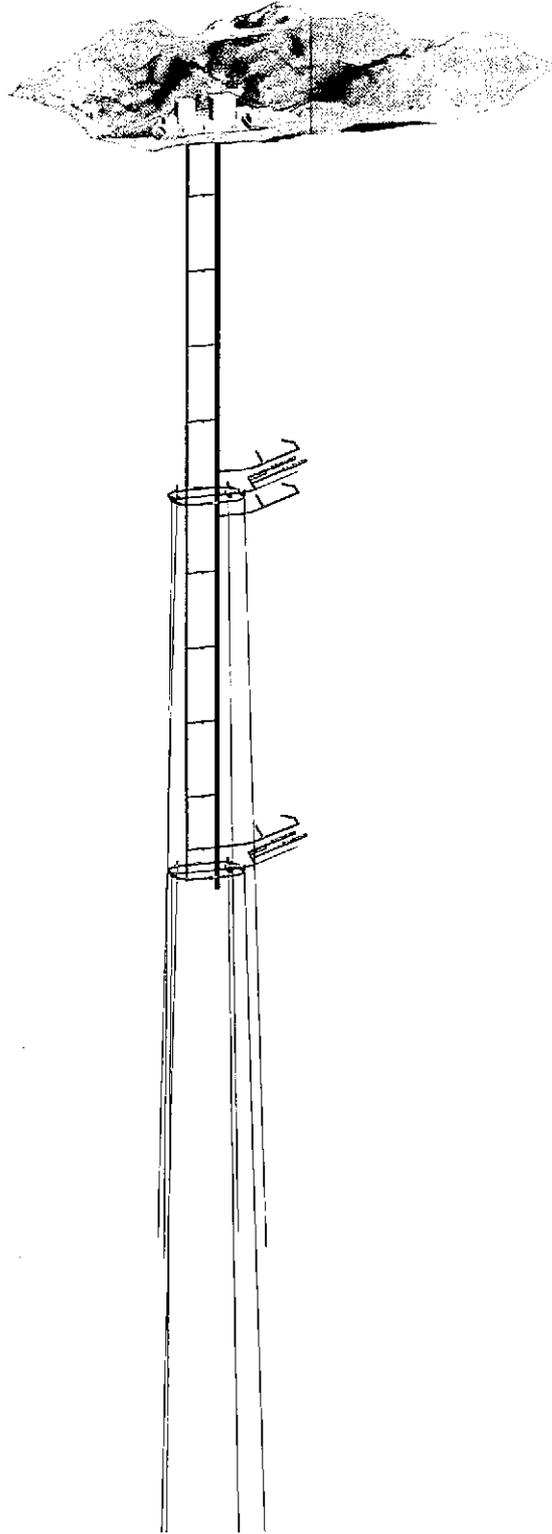


図 5.4.4- 16 施工ステップ 9 - 深部地質構造調査 (その 2)

<参考文献>

- 1) 超深地層研究所地下施設の設計研究〔平成9年度〕：PNC TJ1449 98-007(1)
- 2) 超深地層研究所地下施設の設計研究〔平成10年度〕：JNC TJ1400 99-001(1)
- 3) 超深地層研究所地下施設の設計研究〔平成11年度〕：JNC TJ1400 2000-007(1)
- 4) 超深地層研究所研究坑道における研究及び施工に関する検討：JNC TJ7400 2001-005 (1)
- 5) 地質構造把握のための岩芯観察：JNC TJ7440 2000-015

6. 地質環境データの設計・施工へのフィードバックに関する検討

6.1 検討の内容

山岳トンネルにおいて NATM が導入されて以来、施工中の計測・観察は、施工管理を行う上で重要な役割を担ってきた。近年では、長大トンネル、大深度、多量湧水などの特殊地山、および都市部の未固結地山での施工も多くなり、ますます計測・観察の重要度が増している。本章では、研究坑道建設の参考とするため、まず、山岳トンネルでの計測・観察の現状についてまとめる。次に、フィードバック方法に関して逆解析手法の現状についてまとめる。

6.2 現場での観察および計測結果の設計・施工へのフィードバック

6.2.1 はじめに

土木学会トンネル標準示方書（山岳工法編）によると、「山岳トンネルの工事中に実施する観察・計測は、掘削に伴い変化する切羽の状態、および周辺地山の挙動と各支保部材の効果を把握して、設計の妥当性を検討するとともに、工事の安全性および経済性を確保する」とある。観察では、切羽など地山の地質や湧水の状況、および支保・覆工の変状状況などを対象とする。計測では、地山の変位や支保・覆工の応力の経時変化などを対象としている。

以下では、山岳トンネルで実際に行われている観察・計測管理の内容と設計及び施工へのフィードバックの現状について整理する。

6.2.2 山岳トンネルにおける観察・計測およびフィードバックの現状

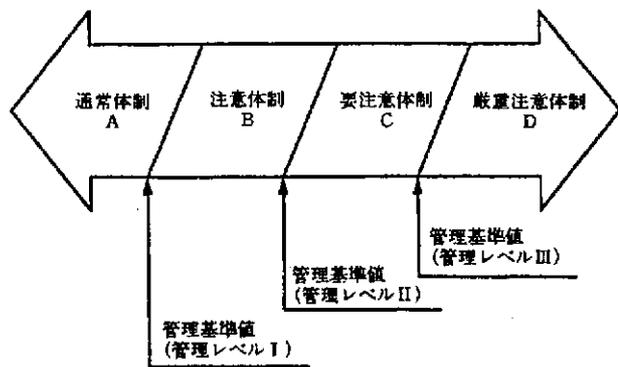
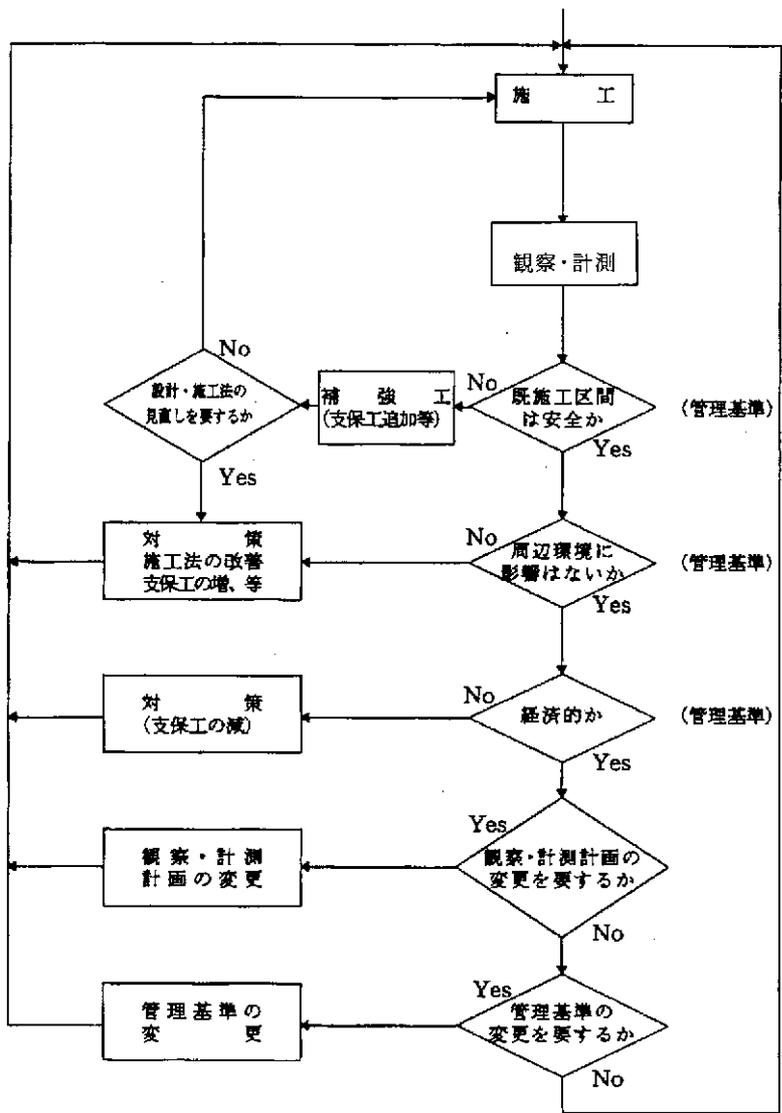
山岳トンネルにおける施工管理のための観察・計測は、一般に日常管理に関する「計測 A」と地山状況に応じて選択して実施する「計測 B」とされ実務で行われている（日本道路協会：道路トンネル観察・計測指針、1994）。山岳トンネルにおける、一般的な観察・計測データの評価と施工管理および対策工検討の流れを示したものが図 6.2.2-1 である。これは、一般的なフローを示したものであり、実際の現場においては、地山条件や施工条件等に応じた

フローを構築して施工管理にあたっている。

山岳トンネルの実務で行われている観察・計測の現状について表 6.2.2-1 および 6.2.2-2 にまとめる。表 6.2.2-1 では、トンネル標準示方書や指針類に示されている観察・計測の対象とその項目を並べ、それらに対し管理・判断する内容、用いている管理基準の事例、および設計・施工へのフィードバックの内容についての現状をまとめた。地山と支保の状況については、おもに観察により管理しており、これらの結果は地山の変位や支保工応力等の計測結果と合わせて設計・施工へのフィードバックに活用されている。地山の変位は最も頻繁に計測されており、天端沈下と内空変位は日常的に計測される。これらの管理基準は、限界ひずみ（桜井春輔：トンネル工事における変位計測結果の評価法、土木学会論文報告集、No.317、1982）や数値解析結果を基に設定されている。支保・覆工の力学機能に関する計測では、管理基準がコンクリートや鋼材の材料特性から設定されている。

また、表 6.2.2-2 には、おもに「計測 B」として実施されている原位置および室内試験を挙げ、各試験で得られる物性、それらの利用方法、および設計・施工へのフィードバックの内容についての現状をまとめた。これらの試験は、主に地山の物性を調べるためのものであり、数値解析や対策工の検討に利用されている。

計測結果の評価方法について実例を示しながら以下に述べる。



- A：通常体制……定時計測、坑内観察程度
- B：注意体制……観察・計測頻度強化、現場点検、作業員への注意強化
- C：要注意体制……観察・計測体制の強化、管理基準値からの最終変位子測、対処対策工の実施
- D：嚴重注意体制……切羽掘削の全面停止、変位要因・傾向の解析、支保パターン・対策工の再検討

図 6.2.2-1 観察・計測データの評価と施工管理および対策工検討の流れ

表 6.2.2-1 山岳トンネルの計測管理（観察・計測）

観察・計測の対象	調査・試験・計測名		管理・判断内容	管理基準など	設計・施工へのフィードバック方法	種別(注)
地山と支保の状況	坑内観察調査	切羽観察	切羽観察項目	切羽評価点	切羽評価点に基づく地山区分、支保規模の再評価	A
		支保・覆工の変状観察	吹付けコンクリートのクラック、湧水	—	変位および応力計測結果との照合により、支保規模を再検討	A
			ロックボルト座金の変形	—		
			鋼製支保工の変形、座屈	—		
			覆工のクラック、湧水	—		
	坑外観察(地表変状など)	陥没、地滑り、湧水、濁水など	—	計測結果と合わせて支保規模、補助工法を検討	A,B	
地山の変位・挙動	内空変位	壁面間距離	限界ひずみ 数値解析結果 許容変形量など	支保部材の効果検討 二次覆工打設時期の検討	A	
	天端沈下	天端及び側壁の沈下		天端の安定性、先受けの効果検討 脚部の安定性検討	A	
	盤膨れ	底盤の隆起量		インバートの効果や必要性の検討	B	
	地表面沈下・地中変位	地表面と地中の沈下量 地形勾配の変化 影響範囲 地滑り 先行沈下	埋設管等の管理基準 住宅地の限界勾配 数値解析結果 許容沈下量など	管理基準に基づく支保規模や補助工法の検討	A,B	
	坑内地中変位	緩み範囲・ロックボルト長の把握	—	地中変位発生パターンによる対策工の検討	B	
	AE(微小破壊音)	山はねの危険度を判定	AE発生数	施工時の安全管理と対策	B	
支保・覆工の力学機能	ロックボルト軸力	ロックボルトの支保効果 打設長等の妥当性	鋼棒の引張応力度	軸力発生パターンによる対策工の検討	B	
	吹付けコンクリート応力	内壁面の応力分布 作用荷重 偏圧	設計基準強度 曲げ応力	管理基準と変状状況により		
	鋼製支保工応力		鋼材の降伏応力度			
	覆工応力		設計基準強度 曲げ応力	打設時期、設計の妥当性検討		
	ロックボルト引抜き耐力		引抜き荷重、引抜き耐力	所要定着力		ロックボルトの種類、定着材、定着方式の検討

(注) A計測: 日常施工管理のために必ず実施すべきもの
 B計測: 地山条件に応じてA計測に追加して選定し、実施するもの
 空欄: 分類外であるが必要と認められるものを選定して実施するもの

表 6.2.2-2 山岳トンネルの計測管理（原位置および室内試験）

観察・計測の対象	調査・試験・計測名	得られる物性など	利用方法	設計・施工へのフィードバック	種別(注)		
地山の物理・力学特性	原位置調査試験	坑内弾性波速度	弾性波速度	地山分類の再評価 緩み域や破碎帯の推定	支保規模の再評価 補助工法の検討	B	
		ボーリング調査	岩種 き裂分布 風化・変質 硬軟	地山分類の再評価 支保の再評価 不良地山の対策		湧水量、揚水量の検討 湧水対策工の検討	-
		標準貫入試験	N値	地耐力の評価	脚部補強工の検討		
		透水試験	透水係数	湧水量、揚水量の検討			
		間隙水圧計測	間隙水圧	湧水圧の検討			
		孔内載荷試験	弾性係数	弾性解析			
		岩盤直接せん断試験	粘着力、内部摩擦角 弾性係数	弾性解析の入力値 弾塑性解析の入力値	数値解析による支保設計、見直し 切羽の安定性評価(村山の式によるゆるみ土圧)		
		平板載荷試験	地盤反力係数、変形係数	地耐力の評価 フレーム解析の地盤ばね 弾性解析の入力値	脚部補強工の設計 二次覆工の設計		
	室内試験	一軸圧縮試験	一軸圧縮強度	地山強度比 限界ひずみ	管理基準値の設定、見直し	B	
			ポアソン比、弾性係数	弾性解析の入力値	数値解析による支保設計、見直し		
		単位体積重量測定	単位体積重量	鉛直土圧 地山強度比	数値解析による支保設計、見直し		
		三軸圧縮試験	粘着力、内部摩擦角	弾塑性解析の入力値 切羽の安定性	塑性域の把握、ゆるみ土圧の推定 補助工法の検討		
		超音波伝播速度	P波速度、S波速度	岩石の動的特性の把握			
			動ヤング率、静ヤング率				
		吸水率試験	吸水率	膨張性の判定	計測結果と合わせて対策工検討		
		クリープ試験	クリープ係数 破壊応力度	収束ひずみ、時間の推定 破壊時間推定			
		粒度分析	土砂の粒度	切羽の安定性判断			
		浸水崩壊度試験	浸水後の形態変化	水に対する地山の安定性判断			
		X線回折	粘土鉱物の種類	膨張性の有無の判定			

(注)A計測:日常施工管理のために必ず実施すべきもの
 B計測:地山条件に応じてA計測に追加して選定し、実施するもの
 空欄:分類外であるが必要と認められるものを選定して実施するもの

(1) トンネルの変位計測

計測 A の内空変位および天端沈下計測は、山岳トンネルの現場において、掘削中は日常的に実施されている。事例を図 6.2.2-3 に示す。この図では、横軸に経過日数、縦軸には変位量および計測位置と切羽の距離をとり、変位の経日変化と上半切羽の進行状況を同時にプロットしている。凡例の A~D は各測線の縮み量を示し、1~5 は各点の沈下量を示している。この事例では上半切羽が順次進行しており、それに伴って各変位が増大していることが分かる。変位の傾向としては、内空の縮みよりも沈下が卓越していることが読み取れる。詳細にみると、たとえば、15 日目付近を経過するところで上半切羽が止まっているのに対し、変位が増大していることが分かる。これは、時間依存的な挙動を示唆しているものと考えられる。

山岳トンネルにおいては、このような変位計測の結果、切羽が充分離れた時点で、変位の収束確認を行い、二次覆工打設時期の判断材料とする。膨張性があるような地山の場合、たとえば鉄道建設公団の基準^リでは、1ヶ月間で 1mm 以内の変位で一応の収束とみなされるが、二次覆工の打設に当たっては、将来的な作用荷重の予測に基づく検討が必要とされる。

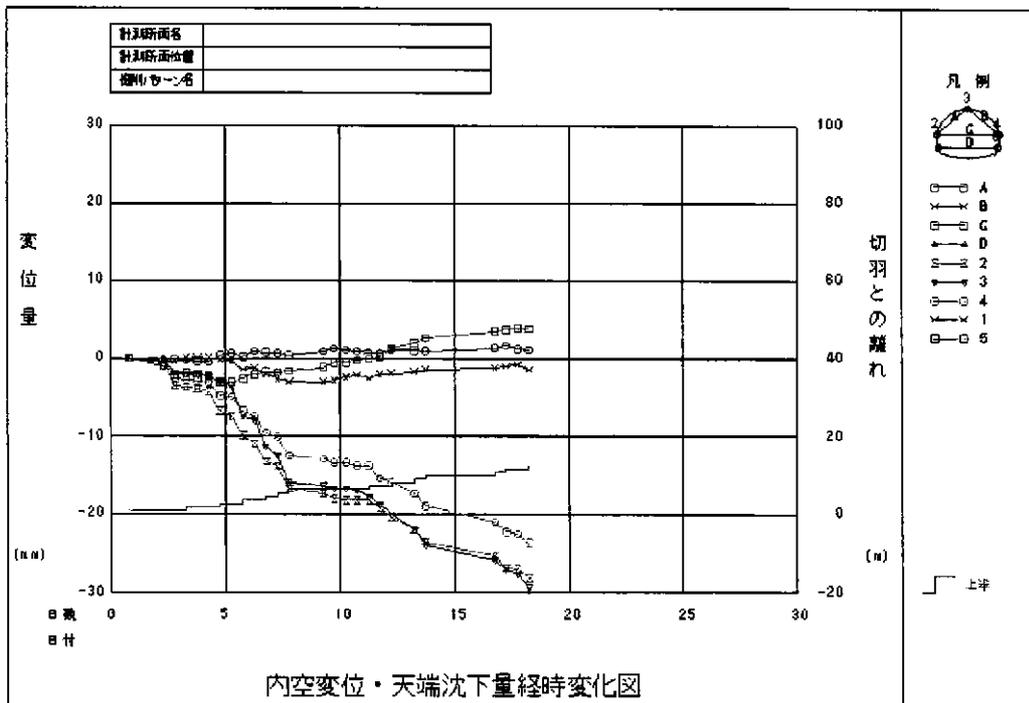


図 6.2.2-3 変位計測データの事例

(2) 支保軸力の計測

計測 B の事例として、鋼製支保工軸力の経日変化を示したものが図 6.2.2-4 である。ここでは、軸力を示したが、実際の計測では、同時に曲げモーメントも計測し、作用する縁応力を求める場合が多い。図 6.2.2-4 の事例は、未固結地山のトンネルであり、支保工建込み後、切羽の進行が数 m のうちに非常に大きな軸力が作用している。この時点で管理レベルⅢを越え、たため掘削を止め、対策についての協議がなされた。その結果、鋼製支保工に作用している応力レベルは、ほぼ降伏点に達しており、このまま無対策で掘進すると、鋼製支保工や吹付けコンクリートが変状を起こし、トンネルの安定を損ねる可能性が高いと判断された。対策としては、上半切羽を止めたまま下半およびインバートを切羽近くまで掘削し断面を閉合、かつ増し吹付けコンクリート、および増し枠による対策工を施工した。さらに、この結果を受けて、以後の区間では支保のランクを上げるよう変更された。

計測 B は計測 A に比べると、実施される頻度が非常に少ないため、この種の管理・監視は、実際には計測 A の変位計測と変状観察によることが多くなる。

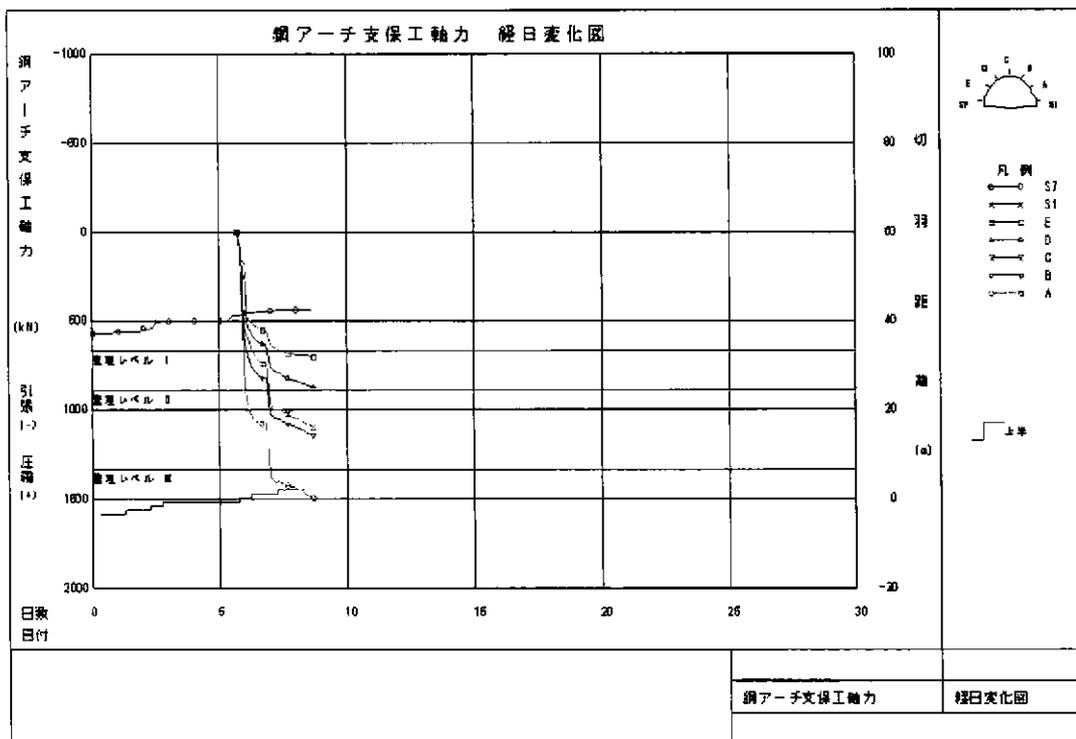


図 6.2.2-4 鋼製支保工の軸力計測結果事例

(3) 地表面沈下の計測

地表面沈下計測は、トンネル掘削に伴う地中埋設物や、建築物などの地上構造物への影響を把握することを目的として実施する。トンネル上部の地中に埋設管があるような場合は、埋設管の管理者と事前に協議し、たとえば、次のような管理基準を設けている。

- ・ 沈下量の限界値を 30mm
- ・ 沈下量 10mm 毎に管理者に報告し、対策等を協議する。

また、土被りの浅い条件のトンネル直上に住宅があるような場合には、施工時に許容傾斜量を検討する。「建築基礎構造設計指針第 16 条：日本建築学会」によれば、地表沈下に伴う許容傾斜角の一般的基準が以下のよう

- | | |
|---------------|----------|
| ・ 鉄筋コンクリート造 | 2 / 1000 |
| ・ コンクリートブロック造 | 1 / 1000 |
| ・ 木造構造物 | 5 / 1000 |

(4) 地中変位計測

坑内からの地中変位計測結果としては、表 6.2.2-5 のような発生パターンが挙げられ、それぞれの発生原因に応じた対策工が検討されている。

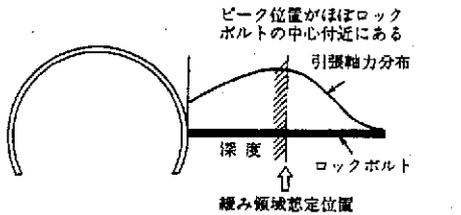
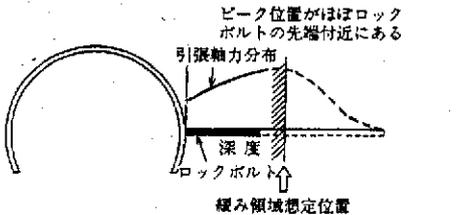
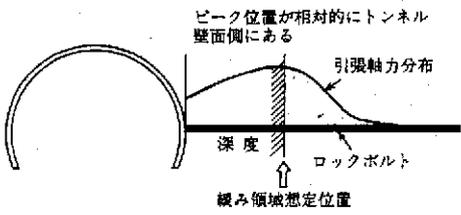
表 6.2.2-5 地中変位の発生パターンと対策工

地中変位発生パターン	発生原因・現象	対策工
	<p>不連続面の発生 → 緩み領域の最大位置と考えられる</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 増ロックボルトの検討
	<p>トンネル壁面近くでの緩み領域の発生 → 後荷の可能性あり</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ ボルト長見直し(減) ・ ボルト本数見直し(増) ・ 支保工サイズ見直し ・ 地盤改良の検討
	<p>地中変位計の長さ不足 → 端点が緩み領域中にあり、不動点となっていない。 (膨張性地山等)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ ボルト長見直し(増) ・ 支保工サイズアップ

(5) ロックボルト軸力の計測

ロックボルト軸力の計測結果として軸力分布が得られ、そのパターンが表 6.2.2-6 のように分類されている。推定される各パターンの発生原因とそれらに応じた対策工が示されている。

表 6.2.2-6 ロックボルト軸力分布のパターンと対策工

ロックボルト軸力発生パターン	発生原因・現象	対策工
	<p>軸力がピークとなる深度を、緩み領域と考えることができる。 左図の場合、軸力ピークはボルト中心に近く、ボルト長は緩み領域を包含しており、適切な長さ判断できる。</p>	<p>—</p>
	<p>左図の場合、軸力のピーク位置がボルト先端に近く、緩み領域がボルト先端まで広がっていると判断できる。</p>	<p>緩み領域を包含するようにロックボルト長の見直しを行う。</p>
	<p>左図の場合、軸力のピーク位置が相対的にトンネル壁面側に近く、緩み領域はボルト長に比較して小さい範囲であると判断できる。</p>	<p>不経済とならぬよう、ロックボルト長の見直しを行う。</p>

6.3 逆解析による設計・施工へのフィードバック

6.3.1 はじめに

ごく一般的な構造物を設計する場合は、荷重や材料特性などの設計条件のもとで構造物に作用する変位、応力やひずみを計算し、部材の耐力との照合を行う。このような手順による解析が順解析である。一方、実際の構造物で計測された変位、応力やひずみより、設計された構造モデルに対してある不確定なパラメータを求める解析を逆解析と呼んでいる（図 6.3.1-1）。トンネルでは、施工中の現場計測結果に基づいて地山の变形係数や初期地圧など数値解析の入力値を求めることが逆解析の目的となる。

一般に解析の入力値は、室内や原位置での力学特性試験より求めたり、施工実績に基づくデータベースなどを利用して設定することができるが、これらを用いて解析を実施した場合、高精度な予測は期待できない。そのため、掘削時の天端沈下や水平内空変位などの計測結果を利用して解析の入力値を設定することが行われる。ここでは、山岳トンネル等で適用されている逆解析手法について整理し、研究坑道の設計施工へ適用することを検討する。

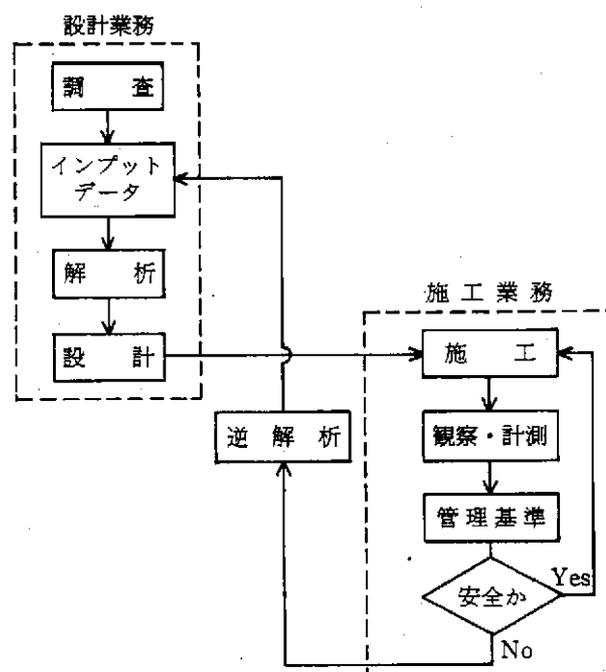


図 6.3.1-1 逆解析の位置づけ

6.3.2 逆解析手法の適用

一般に、材料の力学モデルを設定し、これに荷重条件と材料定数を入力してある境界条件のもとで、変位、応力やひずみを求めることを「順解析」と呼ぶ。図 6.3.2-1 に順解析および逆解析の考え方を示す（桜井、芥川：地盤工学における逆解析、土と基礎、1996 年 3 月号）。順解析により得られた変位、応力やひずみなどの解は、入力したデータに対しては解の唯一性が保証されたものとなる。この時、解析の精度を向上させるためには、信頼性の高い入力データを用いなければならない。しかし、複雑な地質条件、地盤材料の複雑な力学特性、さらには初期地圧のばらつきなどを考慮すると、解析による予測と施工時の構造物の挙動が異なることが普通である。

一方、順解析とは反対に計測した変位、応力やひずみを入力値として与え、材料定数、荷重、さらに境界条件を求めることを「逆解析」と呼んでいる（図 6.3.2-1 参照）。逆解析の結果は、設定する力学モデルに依存することは、順解析の場合と同様である。

逆解析は大別すると、直接法と逆定式化法に分類される。直接法は、荷重や材料定数を変化させて、計測値と計算値の誤差関数が最小になるようにそれらを決定するものである。具体的には、次式のような誤差関数で表される最小二乗誤差 ε を最小化する未知数を同定するものである。

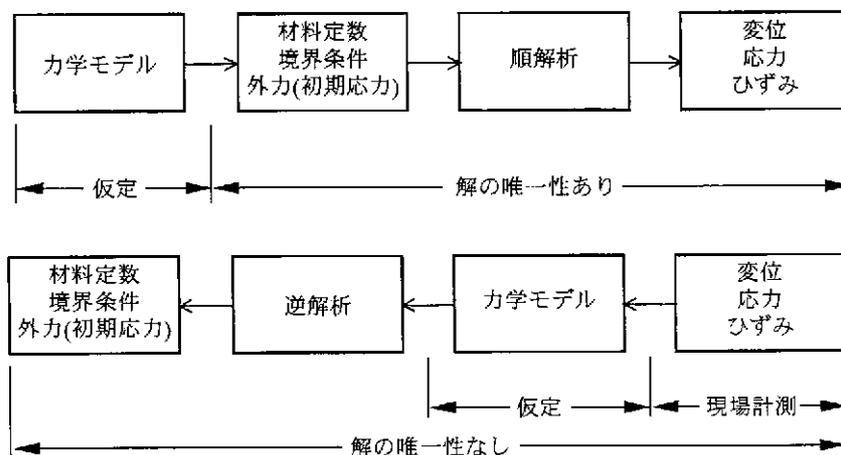


図 6.3.2-1 順解析と逆解析

$$\varepsilon = \sqrt{\sum_{i=1}^n (u_i - u_i^*)^2} \quad (6.3.2-1)$$

ここで、 u_i は計算値、 u_i^* は計測値、 n はデータ数である。

一方の逆定式化法は、順解析とは逆の定式化を行うような計算プログラムが必要となる。これにより直接法より短時間で計算が可能である。

後述の適用事例で用いられている非線形逆解析の概要を述べておく。地山の力学挙動は、塑性ひずみや不連続面などの影響で非線形性を示す場合がある。「奥田・阿部・桜井：土被りの浅い未固結地山トンネルの非線形逆解析、土木学会論文集 No.638、Ⅲ-49、1999」の事例では、地山の非線形性を異方損傷パラメータという概念を導入して表現している。具体的には、非線形性がせん断剛性の低下によるものと考え、弾性係数は変化しないものと仮定している。2次元平面ひずみ状態において、応力 $[\sigma]$ とひずみ $\{\varepsilon\}$ の関係は、一般に次式のようなになる。

$$[\sigma] = [D]\{\varepsilon\} \quad (6.3.2-2)$$

ここで、 $[D]$ は応力ひずみマトリクスであり、次式で与えられる。

$$[D] = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} (1-\nu) & \nu & 0 \\ \nu & (1-\nu) & 0 \\ 0 & 0 & m(1+\nu)(1-2\nu) \end{bmatrix} \quad (6.3.2-3)$$

ここで、 E は弾性係数、 ν はポアソン比、また、 m は次式で表される。

$$m = \frac{1}{2(1+\nu)} - d \quad (6.3.2-4)$$

ここで、 d は塑性やゆるみによる地山の損傷の程度を表し、これを異方損

傷パラメータと呼んでいる。損傷がない場合は、 $d=0$ で m は弾性体の値となる。桜井らは、パラメータ m を室内実験により求めており、この結果より、異方損傷パラメータ d をせん断ひずみの関数となる近似式で表している。

山岳トンネルを対象とした逆解析としては桜井らが提案した手法（桜井春輔：トンネル工事における変位計測結果の評価法、土木学会論文報告集、No.317、1982）をはじめとして、最近では都市部のトンネルにおいても逆解析が適用されている。「土木学会岩盤力学委員会：岩盤工学における逆解析報告書、2001」に最近の逆解析適用事例として紹介された7事例について、その内容をとりまとめると表 6.3.2-1 のようになる。

7事例の適用理由は、

- ・地山条件に起因して逆解析を適用（5事例）
- ・特殊な施工条件に起因して逆解析を適用（2事例）

対象となる地山条件としては、

- ・地山強度比が小さい塑性地山
- ・地山が時間依存変形挙動を呈するもの
- ・土被りが浅い条件の地山

逆解析を適用する目的としては、

- ・導坑や既設区間での計測結果を利用して、拡幅時や後続施工へ反映する
- ・掘削後の周辺岩盤の状態把握
- ・採用した施工法の機能検証

用いた逆解析の手法は直接逆解析法と非線形逆解析法が主である。

設定する地山モデルは、線形弾性体がベースになっており、弾塑性構成則や時間依存型のモデルを設定しているものもある。

逆解析で求めるパラメータは、初期応力、側圧係数、地山の變形係数などである。

施工管理への活用方法としては、計測値の管理、拡幅時および後続施工時の予測、支保工応力等の予測に利用されている。逆解析の入力値に利用した

計測データは、もっとも取得が容易な水平内空変位、天端沈下、地中変位、地表面沈下などの変位データが広く活用されていることが分かる。

以上のように、近年 NATM が都市部の軟岩地山や未固結地山においても施工されるようになり、適用される逆解析もこれまで事例が少なかった非線形逆解析が行われている。硬岩地山を NATM で施工する場合は、NATM の基本原理でもいわれている、地山自体の安定機能が働き線形弾性的な挙動が支配的となるが、都市部の NATM では補助工法が駆使されており、塑性域などの発生により非線形な挙動が顕著に現れる。このため、非線形逆解析が適用されている。山岳トンネルの実務においては、これらの逆解析手法の適用があるものの、まだ事例は少なく、その他の方法も用いられている。以下では、簡易手法と順解析を利用した方法について述べる。

表 6.3.2-1 逆解析適用事例のまとめ

	日暮山トンネル	山王トンネル	習志野台トンネル	青梅トンネル	月寒トンネル	鷲羽山トンネル	小東山トンネル
地山条件 施工条件	地山強度比の小さい 塑性地山	時間依存変形挙 動を示す地山	土被りの浅い土砂地山			2階建て4ツ目トンネル	めがねトンネル
目的	先進導坑の情報を利用 して本坑の支保設 計をする	掘削工法と支保 構造の検討	採用した施工法の 機能検証	上半掘削時における地 山のひずみと損傷状態 の把握と、ベンチ掘削時 の予測	採用した施工法 (CD工法)の機能 検証	近接施工トンネル間の影 響評価	センターピラーおよ び支保工に作用す る荷重を求める
用いた手法	直接逆解析法(DBAP) 非線形弾性順解析	非線形最適化手 法 (修正マルクワット法)	非線形逆解析法	直接逆解析法(DBAP)と 非線形逆解析法	直接逆解析法 (DBAP)	非線形逆解析法	線形弾性によるパ ラメータスタディ
地山のモデル化	線形弾性および 非線形弾性 (電中研モデル)	モール・クーロンの降伏 条件で塑性ひず みに時間依存性	線形弾性体 異方性損傷パラメータ	線形弾性体 異方性損傷パラメータ	線形弾性体	線形弾性体 異方性損傷パラメータ	線形弾性体
求めるパラメータ	変形係数 側圧係数	変形係数 側圧係数 粘着力 流動性パラメータ	初期応力パラメータ σ/E	初期応力パラメータ σ/E 、 地山の損傷パラメータ	初期応力パラメータ σ/E	初期応力パラメータ σ/E 、 地山の損傷パラメータ	変形係数 側圧係数
施工管理への活用方法	円形導坑拡幅時の FEM解析に利用	インバート早期打 設による変位抑制 効果の検証	施工管理には利用 しない	沈下に対する補助工法 の効果評価	支保の見直しと、 地表面沈下の管 理	後発トンネルの予測 トンネル周辺弱部評価 長期安定性評価	既施工区間のデー タを活用して後続 区間での支保荷重 等を予測する。
計測データの活用方法	導坑の内空変位、天 端沈下、地中変位を 入力値として弾性係数 と側圧係数を求めた。	内空変位、および 地山試料の室内 試験結果	内空変位と沈下を 入力値とした。	地表面沈下と地中変位 を入力値とした。	内空変位、天端沈 下、地中変位を入 力値に利用。	内空変位、天端沈下、地 中変位を入力値に利用。	センターピラーの 荷重を計測と予測 値で比較した。

6.3.3 簡易手法

通常の山岳トンネルを対象とした解析では FEM 線形弾性解析が適用されることが多く、支保設計の妥当性評価や後続の施工管理などに利用される。FEM 線形弾性解析の入力値は岩盤の単位体積重量、側圧係数、変形係数、およびポアソン比である。このうち単位体積重量は、多くの場合は事前調査で把握されている。ただし、初期地圧の鉛直成分は土被り圧とし、ポアソン比については表 6.3.3-1（日本鉄道建設公団：NATM 設計施工指針、1996）、および表 6.3.3-2（日本道路公団試験研究所：トンネルの標準設計に関する研究報告書、試験研究所技術資料第 350 号、1986）のように地山に応じた一般的な値や試験結果を用いることが多い。したがって、計測値に基づいて求めようとする解析の入力値は、残る岩盤の変形係数（弾性係数）と側圧係数である。

表 6.3.3-1 ポアソン比の標準値（鉄建公団）

地 山	ポアソン比
硬 岩	0.25
中硬岩・軟岩	0.30
未固結地山	0.35

表 6.3.3-2 ポアソン比の標準値（道路公団）

地山等級	ポアソン比
B	0.25
C I	0.30
C II	
D I	0.35
D II	

変形係数や側圧係数を推定する簡便な手法としては、弾性地山内の円形トンネルの理論解から求めた側圧係数と現場における天端沈下量 δ_s および水平内空変位計測値 δ_{uc} の比率 $\lambda = \delta_{uc} / \delta_s$ の関係によるものがある。鉄道トンネルにおけるパラメータスタディーの結果により、側圧係数と変位比率 λ

の関係が図 6.3.3-1 のように得られている（日本鉄道建設公団：NATM 設計施工指針、1996）。図 6.3.3-1 では掘削断面積 20m^2 程度の単線断面と $60\sim 80\text{m}^2$ の複線および新幹線断面を分けて考えている。複線および新幹線断面の場合は、円形断面に近いので理論曲線①による推定が可能である。一方の単線トンネルの断面は縦に長い形状のため、円形断面を仮定する弾性論では合せにくいので、最小二乗法的に求めた曲線②が提示されている。

実際には、現場計測で得た変位比率 λ より K_0 を求める。

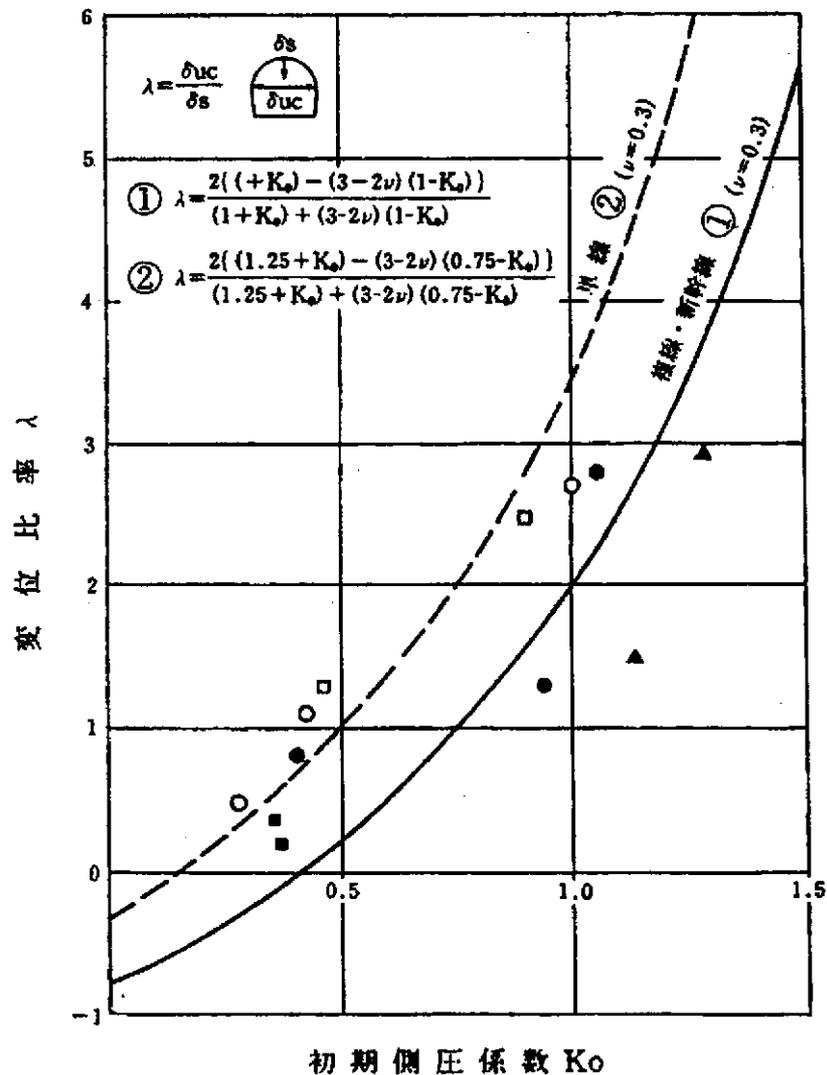


図 6.3.3-1 側圧係数と変位比率の関係

変形係数についても図 6.3.3-1 の関係と水平内空変位計測値 δ_{uc} から図 6.3.3-2 のような関係が得られており、簡便に求めることができる。この結果、ショートベンチ工法の場合には、次式により変形係数を推定することができる。

$$E = \frac{0.75 \cdot K_0 \cdot \gamma_t \cdot H \cdot B}{\delta} \quad (1)$$

ここで、 K_0 は初期側圧係数、 γ_t は単位体積重量、 H は土被り、 B は掘削幅、 δ は内空変位である。②はショートベンチ工法の①を全断面工法に換算したものである。

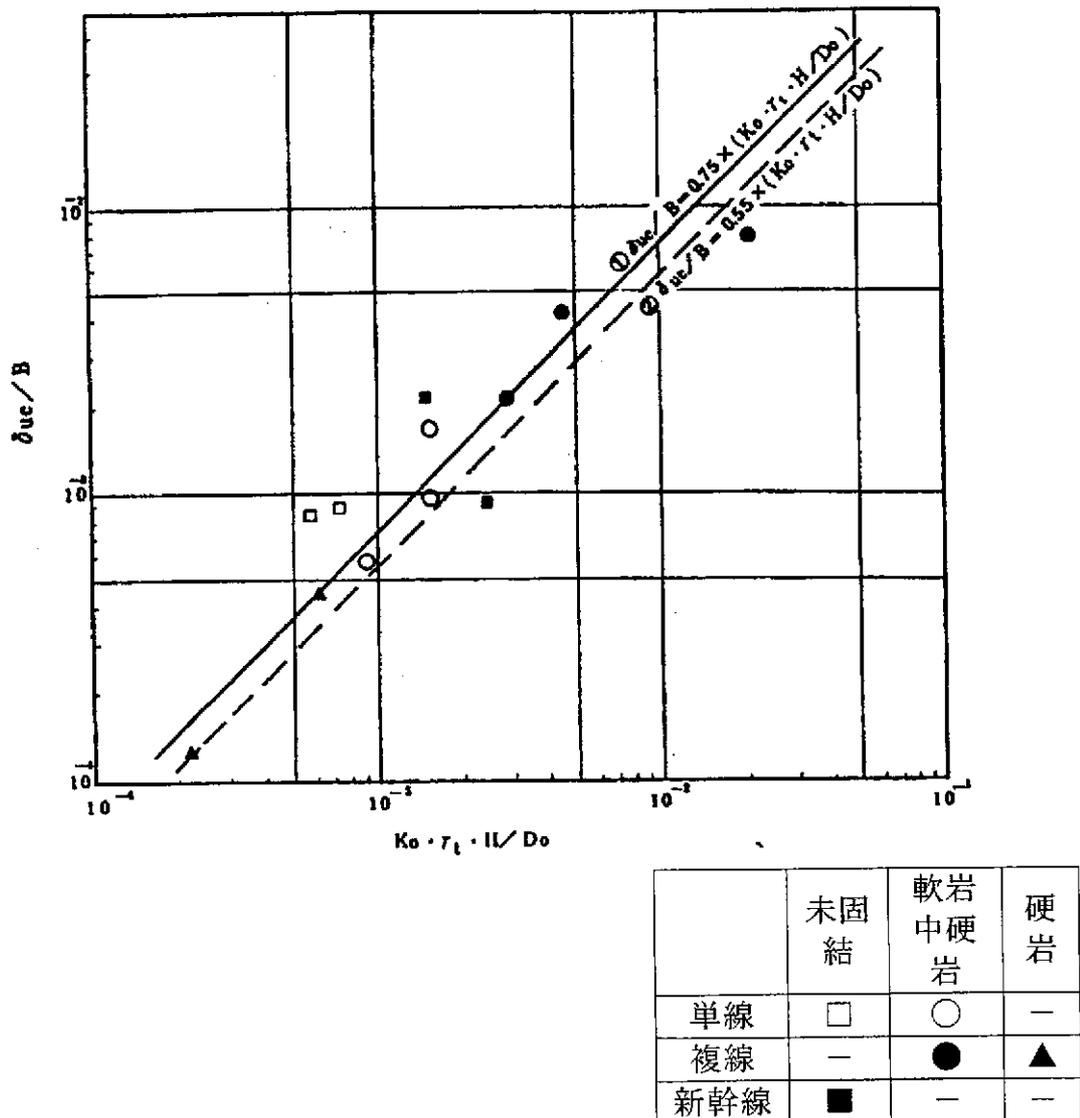


図 6.3.3-2 水平内空変位と変形係数の関係

6.3.4 順解析を利用した手法

上記の簡易手法では、円形トンネルを仮定しているが、実際のトンネル断面は通常円形でないため、より現実的に計測データをフィードバックさせるために、順解析を利用する方法がある。トンネル掘削後の段階において、FEMなどの数値解析を行い、現場での変位計測結果に合うように入力値を設定し、吹付けコンクリート応力や鋼製支保工応力を評価するようなことは実際にも行われている。この手法を応用した事例としては、以下のようなものがある。

- a) 施工済みのトンネル区間での計測データを利用して数値解析を実施し、計測値に合う入力値を設定してから、後続区間での支保変更時の設計や施工管理に利用する。
- b) 側壁導坑などの変位計測データを用いた数値解析を実施し、入力値を設定し、さらに本坑掘削時の解析を行って支保設計や施工管理に利用する。
- c) 施工時に一次支保（吹付けコンクリートと鋼製支保工）や二次覆工に過大な土圧が作用して変状し、破壊に至ったような場合にフレーム解析を利用して作用土圧を逆算する。

上記の既設区間や先進導坑を対象とした解析では、具体的には計測した水平内空変位と天端沈下に適合する弾性係数と側圧係数を設定する。当初の入力値としては、6.3.3節で述べた簡易手法により設定し、入力値を変更しながら順解析を繰り返し計測値に合わせる。つづいて、a)のような後続区間の掘削解析やb)のような本坑掘削解析を実施することにより所要の支保構造を設計するものである。また、施工管理の観点では、解析結果に基づいて地山の変位や支保応力を予測し、計測管理値の設定に利用することが挙げられる。

c)の場合は、一次支保や二次覆工の材料特性は把握できており、破壊に至るまで荷重を増加させて作用土圧を推定する。そして、対策としての補強工やランクアップした支保構造に推定した土圧を作用させた場合の照査に用いるものである。

6.3.5 処分坑道での計測データのフィードバック

施工時の処分坑道に関しては、以下のようなことが想定される。

1) 地山条件

硬岩地山であり、高地圧下の施工となる。また、不連続性岩盤でもある。

2) 目的

施工時の計測の目的は、工事の安全管理と、支保構造など坑道の安定性評価である。既設区間の計測データを有効活用して、後続区間や後発の隣接坑道の挙動予測も行うことができる。また、支保構造の妥当性評価も要求されることから、段階を経たデータのフィードバックが必要となる。

3) 地山のモデル化

当初は線形弾性体を基本とし、非線形挙動や不連続挙動が顕著な場合は、解析精度を上げる意味で対応する。

4) 対象パラメータ

一般的には、変位データをもとに線形弾性モデルを仮定して、順解析や逆解析により変形係数などを求めているが、これは種々の不確定要因を集約させた見かけの変形係数となる。通常は、調査データが多くないため入力値の設定にいくつかの仮定を設けている。事前調査等により比較的確度のあるパラメータを入力値として、不確定なものを未知量とする。たとえば、当初は線形順解析により地山の変形係数と初期地圧の妥当性を概略評価しておき、次段階で非線形パラメータを求めるようにして、徐々に精度を高める。

5) 利用する計測データ

他に比べて多くのデータを得る変位量を基本に活用する。支保工応力等は解析後の検証データとして利用する。破壊や変状が発生した箇所などでは、たとえば鋼製支保工の材料強度を入力値とする場合も考えられる。

6) フィードバックに用いる手法

順解析でどのようなモデルを用いるかが基本となるので、それに応じて適用する逆解析手法を選定する。具体的には、線形弾性モデルが基本とし、段階を経て評価指標が不足の場合には、塑性、不連続性、時間依存性などを検討するものとする。

前提条件としては、フィードバックに利用するために計測データを合理的に整理しておく必要がある。計測データは、信頼度の高いことが必要であり、支障のあるデータは排除してから評価する。また、通常のトンネルの施工管理では、たとえば、作用荷重の推定を行い支保構造の見直しを行う場合があるが、作用荷重の原因について詳細な吟味をすることは希である。

7. まとめ

本業務は、超深地層研究所計画用地が正馬様用地から新用地に変更されることに伴い、研究及び施工に関する計画を見直したものである。具体的には、サイクル機構殿が策定した「超深地層研究所 地層科学研究基本計画」(2001)に基づき、「坑道の掘削を伴う研究段階(第2段階)」、「坑道を利用する研究段階(第3段階)」における、施工計画・施工工程の策定、調査研究計画の策定、及び研究坑道レイアウトの策定等を実施した。