

本資料は2000年 3月 31日付けで登録区分
変更する。

東濃地科学センター 【研究調整グループ】

応力解放法による初期岩盤応力の測定

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務報告書)

1 9 9 4 年 3 月

株式会社 日本パブリック

本文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下さい。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松 4 番地 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, Ibaraki 319-1184
Japan

©核燃料サイクル開発機構
(Japan Nuclear Cycle Development Institute)
1994

~~その資料は、動燃事業団社内における検討を目的とする社内資料です。ついては、複製、転載、引用等を行わないよう、また第三者への開示又は内容漏洩がないよう管理して下さい。また今回の開示目的以外のことには使用しないよう注意して下さい。~~

~~本資料についての問い合わせは下記に願います。~~

~~〒509-51~~

~~岐阜県土岐市泉町定林寺字園戸959-31~~

~~動力炉・核燃料開発事業団~~

~~中部事業所~~

~~技術開発課~~

≡

本資料は2000年3月31日付けで登録区分
変更する。

東濃地質学センター 【研究調整グループ】

応力解放法による初期岩盤応力の測定

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務報告書)

1994年3月

株式会社 日本パブリック



応力解放法による初期岩盤応力の測定

井上 朗 * 板本昌治** 油井 俊二** 刈田 透**

要 旨

地下空洞を建設する際に、岩盤に作用する初期応力を測定することは空洞周囲に発生する影響領域を評価する上で重要である。

地圧の測定方法は大別して応力解放法、水圧破碎法、AE法等が考案されているが、ここでは電力中央研究所方式応力解放法（ひずみ計埋設法）により東濃鉱山北延NATM坑道（土被り約137m）で初期応力を測定した。

測定に使用した埋設型8成分ひずみ計は1本のボーリング孔内の1測点で三次元地圧計測が可能であり、ここでは3孔で3点（測定番号MS-1-1、MS-2-1、MS-3-1）の測定を実施した。この報告書はそれらの方法、結果について述べたものである。

測定の結果、MS-1-1では最大主応力が15.5kgf/cm²、中間主応力が13.7kgf/cm²、最小主応力が13.1kgf/cm²の圧縮応力であり、水平面内での応力状態はほぼ等圧であった。MS-3-1では最大主応力が17.2kgf/cm²、中間主応力が11.1kgf/cm²、最小主応力が8.9kgf/cm²の圧縮応力であった。水平面内では最大応力が12.4kgf/cm²、最小応力が11.0kgf/cm²の圧縮応力であった。MS-2-1とMS-3-1の組み合わせでは、最大主応力が18.0kgf/cm²、中間主応力が15.6kgf/cm²、最小主応力が12.7kgf/cm²の圧縮応力であった。水平面内での最大応力方向は東西であり最大応力と最小応力の差は3.8kgf/cm²であった。

本報告書は、(株)日本パブリックが動力炉・核燃料開発事業団との契約により実施した業務の成果である。

契 約 番 号 ----- 050C0324

事業団担当部課室および担当者：中部事業所 環境地質課

杉原弘造、大石清隆

* 本社技術開発部 ** 関東支社

MARCH, 1994

In-Situ Stress Measurements by the Stress Relief Method

Akira INOUE * Masaharu ITAMOTO **

Shunji YUI ** Toru KARITA **

A b s t r a c t

In-situ stress is one of the important parameters for evaluation of the excavation disturbed zone around an underground opening. Many methods of measuring *in-situ* stress have been developed such as the stress relief method, the hydraulic fracturing method, the AE method, etc.

We have conducted *in-situ* stress measurements by the stress relief method developed by Central Research of Electric Power Industry. The test has been carried out at the Tono Mine of the Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation.

We used 8-element gauges with which *in-situ* 3-dimensional complete stress state can be determined at only one measurement point in a single borehole.

In this report, the results of *in-situ* stress measurements by the stress relief method are described.

In case of measurement No. MS-1-1, the maximum, intermediate and minimum stresses were evaluated as compressive stresses of 15.5, 13.7 and 13.1 kgf/cm², respectively. In case of measurement No. MS-3-1, the maximum, intermediate and minimum stresses were evaluated as compressive stresses of 17.2, 11.1 and 8.9 kgf/cm² respectively. The direction of the maximum horizontal stress is nearly isotropic. In case of measurement No. MS-2-1+ MS-3-1, the maximum, intermediate and minimum stresses were evaluated as compressive stresses of 18.0, 15.6 and 12.7 kgf/cm², respectively. The direction of the maximum horizontal stress is east-west. The difference between the maximum horizontal stress and minimum one is 3.8 kgf/cm².

Work performed by Nippon Public Co., Ltd. under contract with Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation.

PNC Liaison ----- Chubu Works, Waste Isolation Research Section

Kozo SUGIHARA, Kiyotaka OHISHI

* Rock Mechanics Group

** Kanto Branch

目 次

1. 測 定 概 要	1
1.1 件 名	1
1.2 目 的	1
1.3 位 置	1
1.4 期 間	1
1.5 内容および数量	1
1.6 業 務 担 当	2
2. 測定地点の地形・地質概要	7
3. 測 定 方 法	9
3.1 概 要	9
3.2 充 填 材 の 示 方	10
3.3 解放ひずみの測定（オーバーコアリング）	10
3.3.1 使用機器および材料	10
3.3.2 測 定 手 順	11
3.4 ひずみ感度試験	14
3.4.1 使用機器および材料	14
3.4.2 試 験 手 順	15
4. 解 析 方 法	17
4.1 概 要	17
4.2 測定値の取り扱い	18
4.2.1 解放ひずみ (ε_{pi})	18
4.2.2 三軸等方応力 (σ_{ci})	19
4.3 測定値の前処理	20
4.3.1 測定値の重み付け	20
4.3.2 ひずみ感度係数 (E_i) の算出	20
4.3.3 見掛けのひずみ (ε_i) の算出	20
4.4 基準座標系の設定	21

4.5 応力値の算出	21
4.5.1 測定方程式	21
4.5.2 測定方程式の正規化(最小二乗法)	22
4.5.3 三次元主応力の値と方向	22
4.5.4 面内応力の値と方向	23
4.6 面内ひずみ分布図による測定ひずみの検討	24
5. 測定結果	25
5.1 ボーリング結果と測定位置の地質	25
5.2 ひずみ計の埋設と養生	30
5.3 解放ひずみの測定(オーバーコアリング)	31
5.4 ひずみ感度試験	32
6. 解析のための前処理	33
6.1 測定値の重み付け	33
6.2 ひずみ感度係数および見掛けのひずみ算出	33
6.3 基準座標系の設定	34
7. 解析結果と考察	36
7.1 初期応力の算出	36
7.2 面内ひずみ分布	39
7.3 測定結果と地形および地質との関係	39
7.4 鉛直応力と被り圧との関係	40
7.5 昭和63年度の測定結果との比較	40
8. ま と め	54
・ 謝 辞	56
・ 参 考 文 献	56
・ 付 録	57

(図 表 一 覧)

図 1.1 調 査 位 置 (S=1/25,000)	3
図 1.2 試 験 坑 道 (NATM坑 道) 位 置	4
図 1.3 試 験 坑 道 鳥 瞰 図	5
図 1.4 試 験 坑 道 お よ び 測 定 孔 位 置	6
図 2.1 地 質 断 面 (南 北 断 面)	8
図 3.1 ひずみ計埋設法による作業の流れ	9
図 3.2 ひずみ計埋設法の測定手順	11
図 3.3 8成分ひずみ計概要図 (BSM-44D-TX型)	13
図 3.4 ひずみ感度試験の手順および装置	15
図 3.5 ひずみ感度試験载荷パターン	16
図 4.1 初期応力算出のフローチャート	17
図 4.2 オーバーコアリング時の各方向のひずみ変化	19
図 4.3 ひずみ感度試験結果 (模式図)	19
図 4.4 微小四面体の各面に作用する応力成分	22
図 5.1 工 種 別 ボ ー リ ン グ 深 度 内 訳	26
図 5.2 試 験 坑 道 の 地 質 展 開 図	28
図 5.3 ボーリング結果と測定位置周辺の地質	29
図 5.4 ゲー ジ の 埋 設 方 向	30
図 5.5 オーバーコアリング時のひずみ変化測定例	31
図 5.6 他地点におけるオーバーコアリング時のひずみ変化測定例	32
図 5.7 ひずみ感度試験時の応力-ひずみ曲線測定例	32
図 6.1 基準座標系とゲージの方向	35
図 7.1 三次元主応力および面内応力	38
図 7.2 面内ひずみ分布 (MS-1-1)	42
図 7.3 面内ひずみ分布 (MS-3-1)	43
図 7.4 面内ひずみ分布 (MS-2-1+MS-3-1)	44
図 7.5 面 内 応 力 の 比 較 と 地 質	45
図 7.6 三次元主応力と地形との関係	46
図 7.7 水平面内応力と地形との関係	47

図 7.8 南北断面内応力と地形、地質との関係	4 8
図 7.9 東西断面内応力と地形との関係	4 9
図 7.10 昭和63年度測定結果との比較（ステレオネットによる三次元主応力）	5 0
図 7.11 昭和63年度測定結果との比較（水平面内応力）	5 1
図 7.12 昭和63年度測定結果との比較（南北断面内応力）	5 2
図 7.13 昭和63年度測定結果との比較（東西断面内応力）	5 2
表 1.1 業務内訳および数量一覧	1
表 2.1 地質層序表	7
表 2.2 堆積岩の分類	7
表 3.1 充填材の示方	1 0
表 3.2 解放ひずみ測定主要機器および材料一覧	1 0
表 3.3 ひずみ感度試験主要機器および材料一覧	1 4
表 5.1 ボーリング数量一覧	2 5
表 5.2 ひずみ計埋設深度およびプレパクトフロー値	3 0
表 6.1 各ゲージの重みと判定理由	3 3
表 6.2 ひずみ感度係数および見掛けのひずみの算出	3 4
表 7.1 初期応力算出結果	3 7
表 7.2 初期応力測定参考結果	5 3

〔付 録 一 覧〕

1. 地質柱状図およびコア写真	付－1 (58)
2. ひずみ計埋設養生時のひずみ測定結果図および表	付－2 (67)
3. オーバーコアリング時のひずみ測定結果図および表	付－3 (74)
4. オーバーコアリング実績図	付－4 (81)
5. ひずみ感度試験結果図および表	付－5 (85)
6. 8成分ひずみ計試験成績表	付－6 (92)
7. 解析結果（出力データ）	付－7 (96)
8. 作業状況写真	付－8 (103)

〔写 真 一 覧〕

写真 1	ボーリングマシン設置状況 (アンカーで固定)	付-8 (104)
写真 2	試験坑道 (北延 NATM 坑道) 全景	付-8 (104)
写真 3	試験坑道 (北延 NATM 坑道) 全景	付-8 (104)
写真 4	カットボーリング削孔状況 (MS-1孔)	付-8 (105)
写真 5	カットボーリング削孔状況 (MS-2孔)	付-8 (105)
写真 6	カットボーリング削孔状況 (MS-3孔)	付-8 (105)
写真 7	センターボーリング削孔状況 (MS-1孔)	付-8 (106)
写真 8	センターボーリング削孔状況 (MS-2孔)	付-8 (106)
写真 9	センターボーリング削孔状況 (MS-3孔)	付-8 (106)
写真 10	センターボーリングコア と 8 成分ひずみ計 (MS-1孔)	付-8 (107)
写真 11	センターボーリングコア と 8 成分ひずみ計 (MS-2孔)	付-8 (107)
写真 12	センターボーリングコア と 8 成分ひずみ計 (MS-3孔)	付-8 (107)
写真 13	8 成分ひずみ計埋設状況 (挿入状況)	付-8 (108)
写真 14	充 填 材 注 入 状 況	付-8 (108)
写真 15	充 填 材 注 入 監 視 状 況 (MS-1孔)	付-8 (109)
写真 16	充 填 材 注 入 監 視 状 況 (MS-2孔)	付-8 (109)
写真 17	充 填 材 注 入 監 視 状 況 (MS-3孔)	付-8 (109)
写真 18	オーバーコアリング測定状況 (MS-1孔)	付-8 (110)
写真 19	オーバーコアリング測定状況 (MS-2孔)	付-8 (110)
写真 20	オーバーコアリング測定状況 (MS-3孔)	付-8 (110)
写真 21	回収したオーバーコア (MS-1孔)	付-8 (111)
写真 22	回収したオーバーコア (MS-2孔)	付-8 (111)
写真 23	回収したオーバーコア (MS-3孔)	付-8 (111)
写真 24	オーバーコアのテーピング	付-8 (112)
写真 25	テーピングを終了したオーバーコア	付-8 (112)
写真 26	供試体 (オーバーコア) のキャッピング (石膏の流し込み)	付-8 (113)
写真 27	供試体のキャッピング (端面整形状況)	付-8 (113)
写真 28	試験装置の上にセットした供試体	付-8 (114)

写真 29 ゴムスリーブの装着	付-8 (114)
写真 30 三軸セルのセット	付-8 (114)
写真 31 ひずみ感度試験状況 (MS-1孔)	付-8 (115)
写真 32 ひずみ感度試験状況 (MS-2孔)	付-8 (115)
写真 33 ひずみ感度試験状況 (MS-3孔)	付-8 (115)
写真 34 作業終了後の坑壁状況 (左からMS-1孔, MS-2 孔, MS-3 孔)	付-8 (116)

1. 測定概要

1.1 件名

応力解放法による初期岩盤応力の測定

1.2 目的

この作業は動力炉・核燃料開発事業団の東濃鉱山北延NATM坑道において実施予定である機械掘削による影響評価試験の事前調査の一環として、応力解放法により初期岩盤の三次元応力データを取得することを目的とする。

1.3 位置

岐阜県土岐市泉町大字河合字賤洞1221-8

動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所 東濃鉱山北延NATM坑道

(図 1.1～ 1.4 参照)

1.4 期間

自 平成 5 年 1 2 月 6 日

至 平成 6 年 3 月 1 8 日

1.5 内容及び数量

測定の内訳および数量は表 1.1に示した。

表 1.1 業務内訳および数量一覧

項 目	仕 様	数 量		摘 要
カ ッ ト ボ ー リ ン グ	φ218 mm	3 孔	28.500 m	MS-1 孔 MS-2 孔 MS-3 孔
セ ン タ ー ボ ー リ ン グ	φ46 mm		5.488 m	
オ ー バ ー ボ ー リ ン グ	φ218 mm		3.000 m	
ひずみ計埋設・養生測定	8 成分型	3 点		電中研方式
オーバーコアリング測定	φ218 mm	3 点		
ひずみ感度試験	三軸等圧	3 点		
解析・報告書作成		1 式		三次元解析

1.6 業 務 担 当

総括責任者 井上 朗 *

現場担当(正) 油井 俊二 **

〃 板本 昌治 **

〃 (副) 刈田 透 **

測定担当 田仲 正弘 *

〃 桑原 和道 *

* 株式会社 日本パブリック 本 社 技術開発部

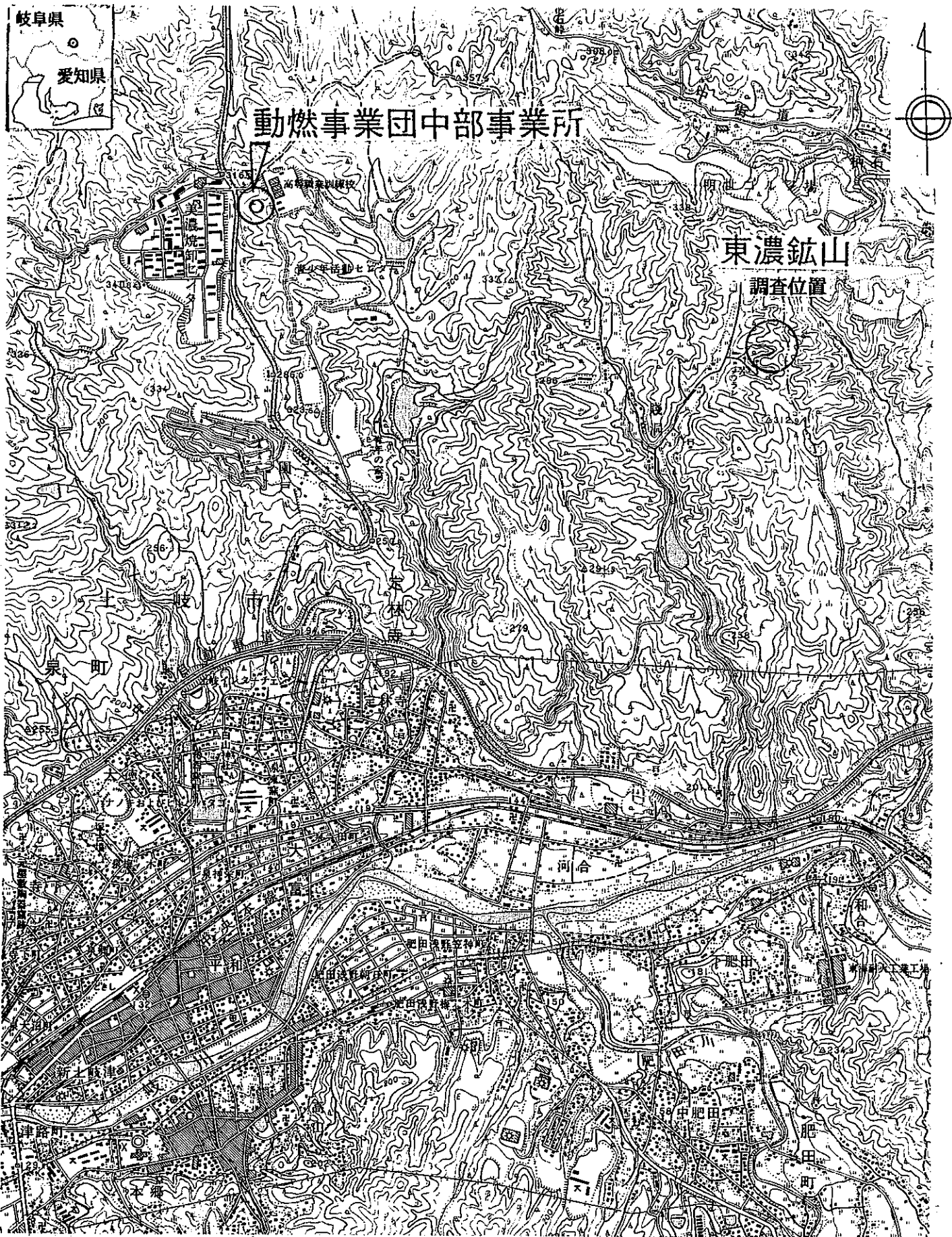
〒134 東京都江戸川区東葛西6-45-19 佐野ビル5F

PHONE 03-5605-6411 FAX 03-5605-5480

** 株式会社 日本パブリック 関東支社 技術部

〒134 東京都江戸川区東葛西6-45-19 佐野ビル4F

PHONE 03-5674-2001 FAX 03-5674-2021



この地形図は、国土地理院発行 2.5万分の1の地形図
土岐を使用したものである。

図 1.1 調 査 位 置 (S=1/25,000)

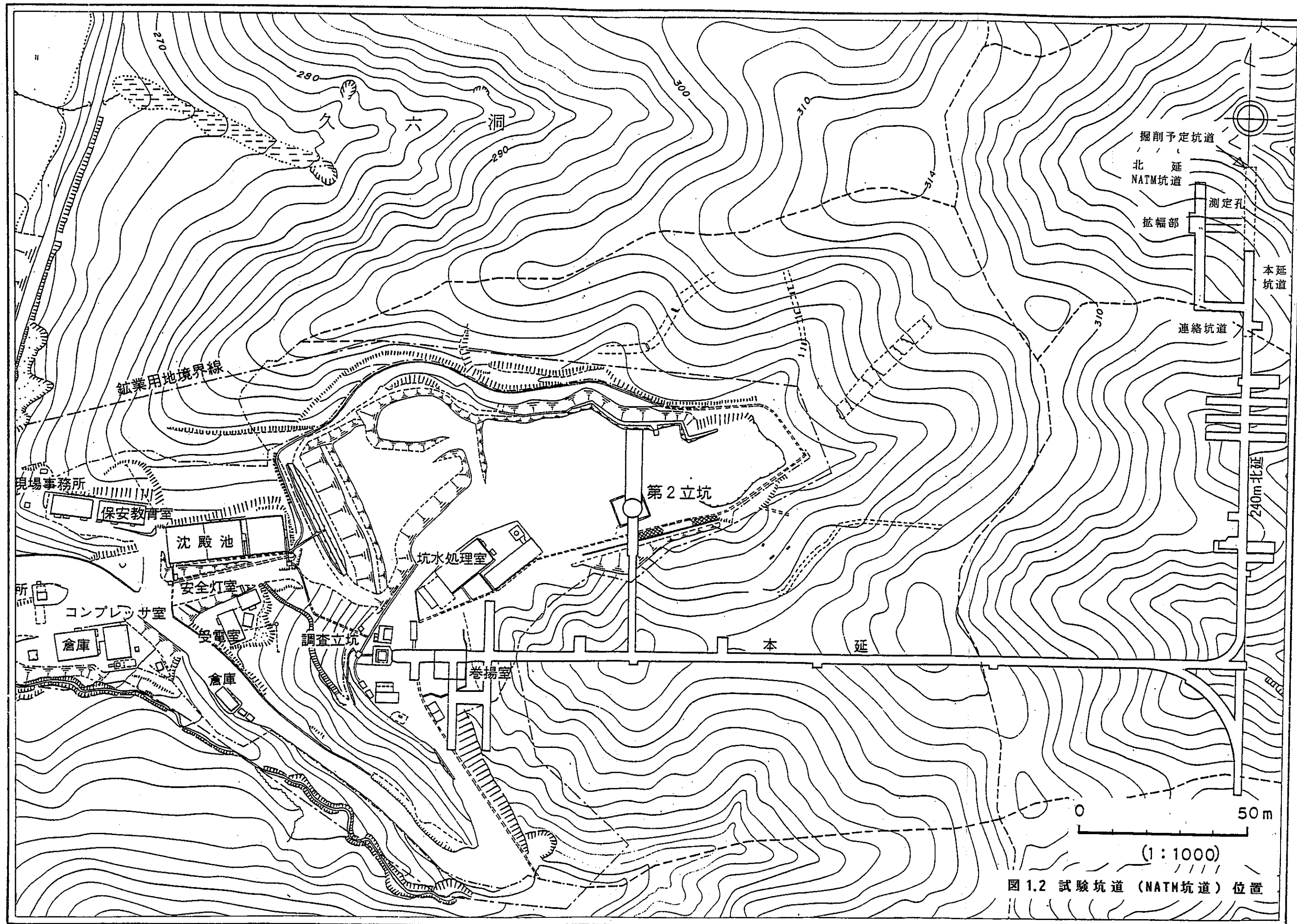


図 1.2 試験坑道 (NATM坑道) 位置

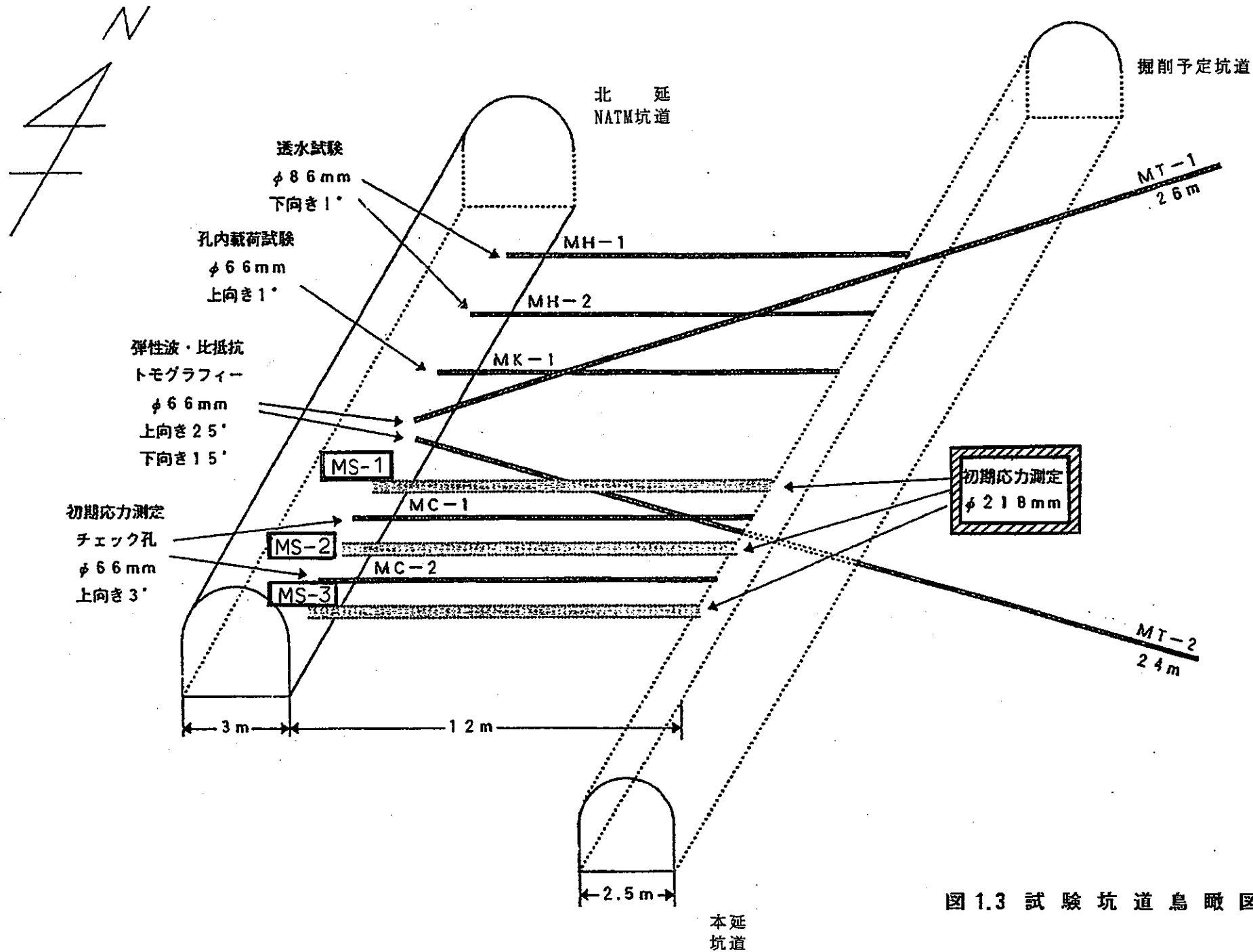


図 1.3 試験坑道鳥瞰図

北延NATM坑道

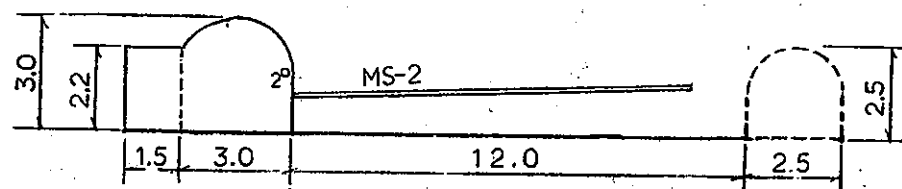


図 1.4 試験坑道および測定孔位置

2. 測定地点の地形・地質概要

東濃鉾山は岐阜県東濃地方の標高およそ 300m前後のなだらかな丘陵地に位置する。丘陵地の南縁に沿って庄内川水系土岐川が土岐盆地を流れ、さらに南方には高原状の三河山地が広がる。丘陵は土岐砂礫層と呼ばれる第四紀堆積物の厚い砂礫層で覆われ、主として古生層の砂岩、チャート、粘板岩や濃飛流紋岩の礫から構成される。

測定地点の地質は、基盤に土岐・苗木花崗岩が分布し、それを被覆する新第三紀中新世の瑞浪層群土岐夾炭累層の上部層である。土岐夾炭累層の基底部には礫岩があり、この部分を中心にウラン鉱床が分布する。

土岐夾炭累層上部層は、主として泥岩、砂岩、細礫礫岩から成り、泥岩、砂岩には凝灰質のものがある。測定地点の近傍には図 2.1のように月吉断層（逆断層）が概ねN75°E, 50°～60°SE方向に延びる。

測定地点のボーリング結果による詳細な地質は第5章で述べる。地層を構成する岩石名は表 2.2 に基づいて分類した。

表 2.1 地 質 層 序 表

年 代	層 序
新 生 代	第四紀
	瀬戸層群
	土 岐 砂 礫 層
	生 俵 累 層
	明 世 累 層
中 生 代	第三紀
	瑞浪層群
	土岐夾炭累層
	土岐夾炭上部層
	土岐夾炭下部層
	?
中生代	白 亜 紀
	基 盤 (花 崗 岩 類)

表 2.2 堆 積 岩 の 分 類

I 碎屑物(Clastic)	未固結のもの	粒 径	碎屑岩(岩石名)
礫 質 (Psephitic)	巨 礫 (Boulder gravel)	256mm以上	(円)礫 岩 (Conglomerate)
	大 礫 (Cobble gravel)	256～64mm	角 礫 岩 (Breccia)(角礫を主とする礫岩)
	中 礫 (Pebble gravel)	64～4mm	
	細 礫 (Granule)	4～2mm	
砂 質 (Psammitic, Arenaceous)	極粗粒砂 (Very coarse sand)	2～1mm	砂 岩 (Sandstone)
	粗 粒 砂 (Coarse sand)	1～½mm	花崗岩質砂岩 (Arkose)(長石にと
	中 粒 砂 (Medium sand)	½～¼mm	む粗粒砂岩)
	細 粒 砂 (Fine sand)	¼～⅛mm	硬 砂 岩 (Greywacke)(岩片
	極細粒砂 (Very fine sand)	⅛～⅙mm	を含む固い砂岩)
泥 質 (Pelitic, Argillaceous)	シルト (Silt)	⅙～1/256mm	泥 岩 (Mudstone)
	粘 土 (Clay)	1/256mm以下	粘土岩 (Claystone) 頁岩(Shale)(剝理面をもつもの) 粘板岩(Slate)(さらに剝理面のつよいもの)

(改定・地学ハンドブック, 築地書館より)

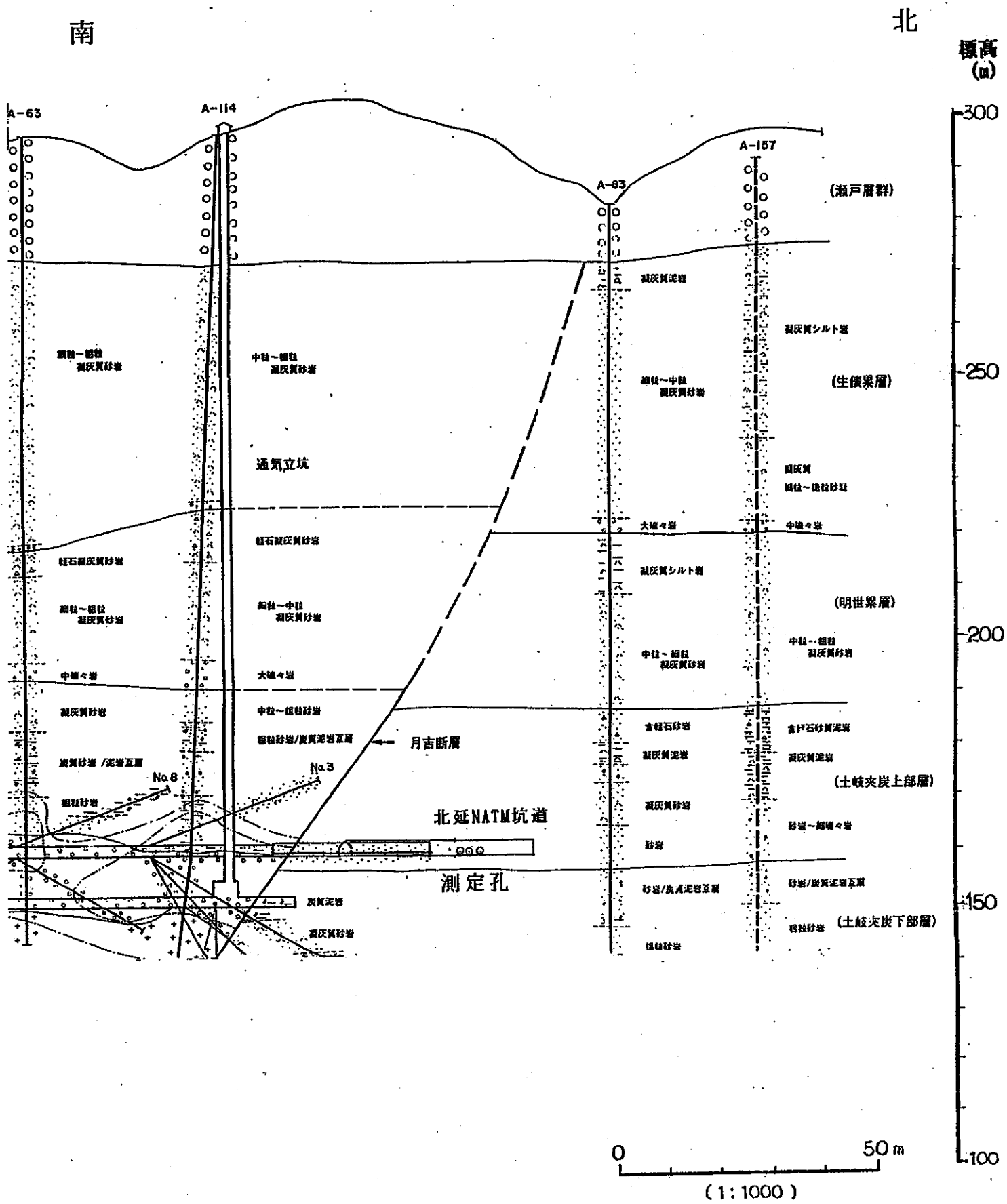


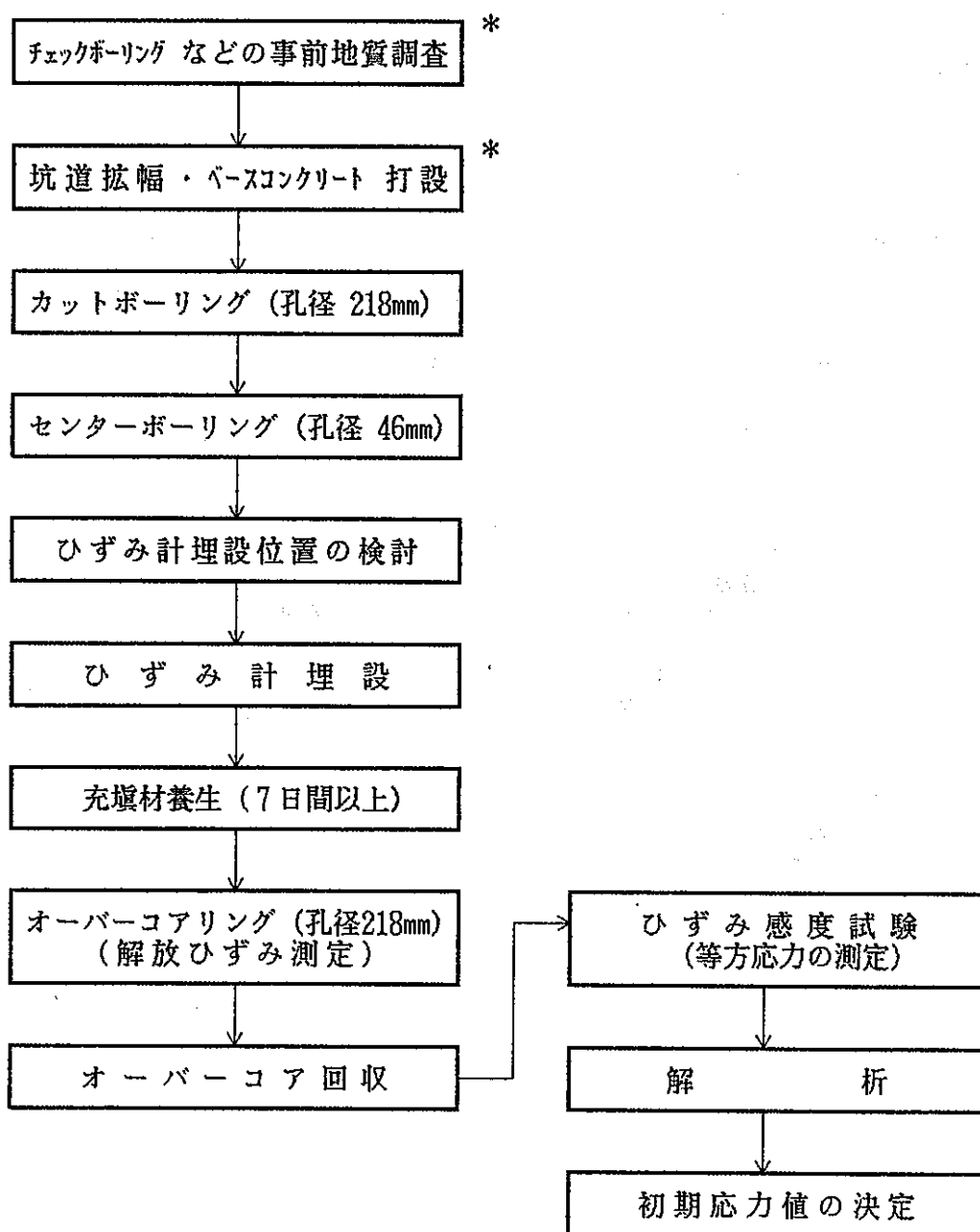
図 2.1 地質断面 (南北断面)

3. 測定方法

3.1 概要

初期応力を測定する方法として^{1) 2) 3) 4)}応力解放法（オーバーコアリング法）、⁵⁾応力再現法、水圧破碎法およびAE法などが知られている。オーバーコアリング法は使用する測定器により、⁶⁾ひずみ計埋設法、孔底ひずみ法および孔径変位法などに分類でき、今回は8成分ひずみ計を用いた⁶⁾ひずみ計埋設法で測定を実施した。

図 3.1はひずみ計埋設法による一般的な測定方法の流れである。



* チェックボーリング、坑道拡張およびベースコンクリート打設は契約に含まれない

図 3.1 ひずみ計埋設法による作業の流れ

3.2 充填材の示方

既往試験⁷⁾による充填材予備試験結果と充填状況を考慮し、現地で使用する充填材の配合は、表 3.1に示す通りとした。

表 3.1 充 填 材 の 示 方

材料	早強セメント (g)	水 (g)	ポリザール (EVA -AD5) (g)	比 率 (重量比)
1 バッチ当り	10,000	4,000	1,000	1 : 0.4:0.1

3.3 解放ひずみの測定(オーバーコアリング)

3.3.1 使用機器および材料

解放ひずみの測定に使用する主要機器および材料は表 3.2に示した。

表 3.2 解放ひずみ測定主要機器および材料

目 的	名 称	型 式 ・ 仕 様	数 量	記 事
ボーリング, オーバー コアリング	ボーリングマシン	THS-70 (動力11KW)	1 台	カット・オーバーコアリング 用 センサーボーリング 用
	ボーリングポンプ	MS-1508 (動力5.5KW)	1 台	
	泥水ポンプ	SP-5 (動力5.5KW)	1 台	
	ロ ッ ド	73mm $\ell = 1.0, 0.5, 0.8m$	1 式	
	コ ア チ ュ ー プ	218 mm用シングル	1 式	
	"	46mm用ダブル	1 式	
	ダイヤモンドビット	218 mm用シングル, サーフェスタイプ	1 式	
	"	46mm用ダブル, サーフェスタイプ	1 式	
	センタリソングガイド	218 mm $\times$ 68mm	1 式	
	" 連結パイプ	68mm	1 式	
	ウォータースイベル	オーバーコアリング 用特殊二重構造	1 式	
ひずみ計 組立 埋設	8成分ひずみ計	BSM-44D-TX	3 台	図 3 - 3 参照
	リ ー ド 線	36芯ケーブル	1 式	
	パ ッ カ ー	特 殊	3 台	
	注 入 パ イ プ	外径 8mm 内径 6mm	1 式	
	エ ア ー パ イ プ	外径 6mm 内径 4mm	1 式	
	保 護 管	58mm $\ell = 1.0, 0.5, 0.8 m$	1 式	
	手動式注入ポンプ	特 殊	1 台	
	計 量 器 具		1 式	
	早強セメント		1 式	
	ポリゾール	EVA-AD5 型	1 式	
	フローコーン	プレバクト型 1725cc	1 台	
	窒素ボンベ		1 式	
	アクリルパイプ	46mm用	1 本	
計測器	データロガー	TDS-302	1 台	
	パーソナルコンピュータ	PC-9801-U ₂	1 台	
	プ ロ ッ タ ー	FP-5301	1 台	
	プ リ ン タ ー	PR-201V2	1 台	
	無停電電源装置	MPS-500	1 台	
その他	給水・給電資材	キャブタイフ, トランス, ホース 等	1 式	

3.3.2 測定手順

応力解放法（ひずみ計埋設法）の測定手順は図 3.2 に示した。

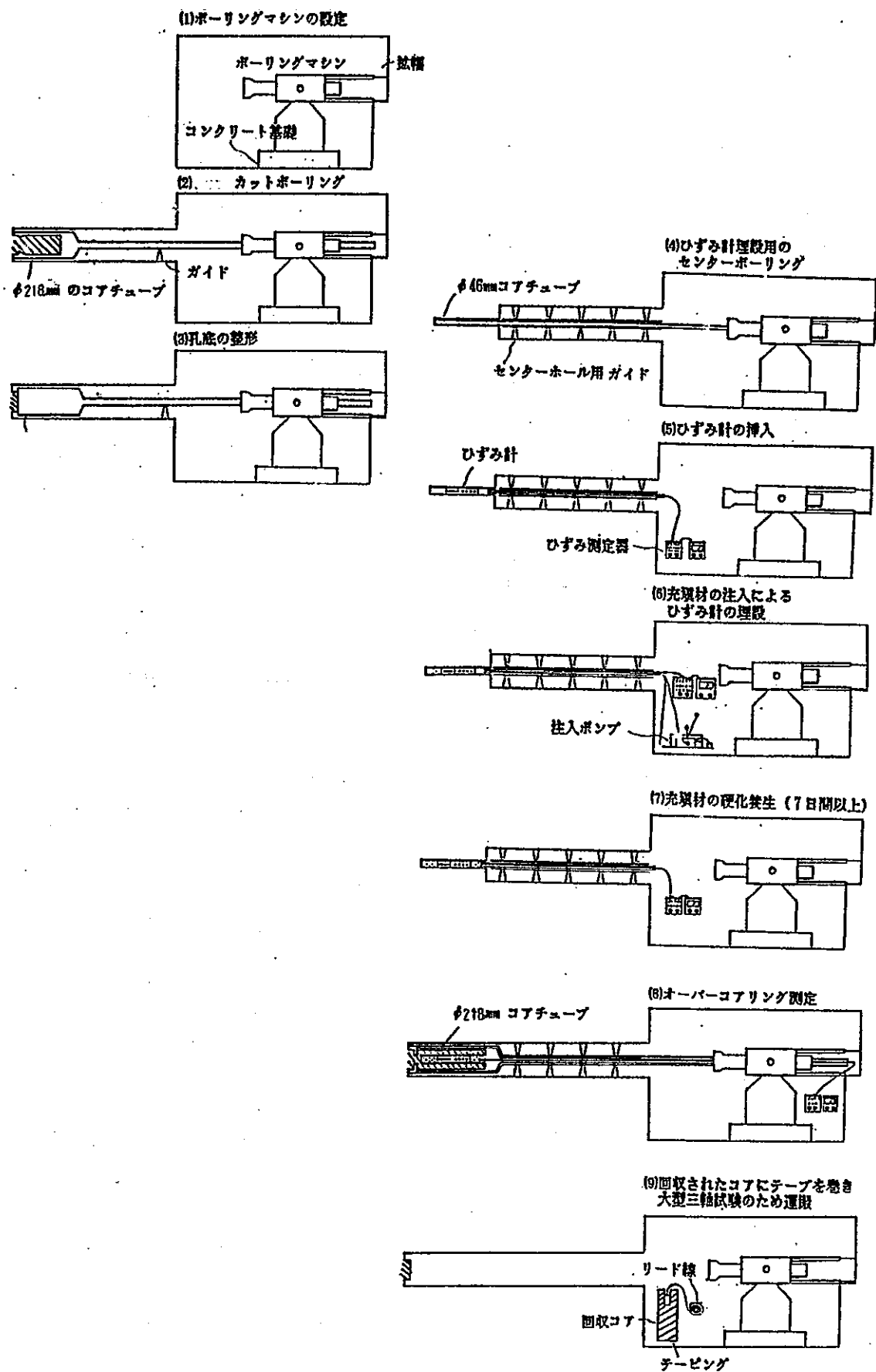


図 3.2 ひずみ計埋設法の測定手順

〔測定手順〕

ひずみ計埋設法の測定手順を以下に示した。

(1) チェックボーリング、測定位置および坑道拡幅位置の検討

測定目的、施工性および地質を考慮し、測定孔の削孔位置を決め、坑道を拡幅する。

(2) カットボーリング

試験坑掘削による岩盤の緩みや掘削によって生じた応力の乱れた領域で測定を避けるため、坑道径の約2倍まで孔径 218mmのカットボーリングを実施する。

(3) センターボーリング

孔内にセンターリングガイドを設置し、孔径46mmのセンターボーリングを約1 m削孔する。コアを観察してひずみ計（図 3.3参照）が埋設できるか検討し、可能の時、孔内を洗浄する。不可能の時はその区間を 218mmボーリングで取り除き、再びその奥でセンターボーリングを実施する。ひずみ計の埋設可能な条件は、ゲージ埋設区間（約30cm）に開口する亀裂が存在しないことを基準とする。

(4) 孔内洗浄

スライムの除去のため清水で孔内を洗浄する。

(5) ひずみ計の組立、挿入および埋設

ひずみ計は予めゲージおよびリード線に破損や断線がないか確認する。また、ひずみ計に取り付けたエアー式パッカーについてもエアー漏れがないかを確認する。

これらの作業の後、所定の位置にひずみ計を挿入し、窒素ガスでパッカーを膨らませ（4～5 kgf/cm²）充填材を注入し、ひずみ計を埋設する。

(6) 充填材の養生

充填材が安定するまで7日間以上養生し、1日1～2回ひずみの経時変化を自動測定する。

(7) オーバーコアリング測定

養生終了後、オーバーコアリングによるひずみ測定を行う。測定は掘進中は連続して実施し、掘進2 cmごとに記録する。原則としてひずみが安定するまでおよそ1 m削孔する。

(8) コアの回収、テーピングおよび整形

測定終了後、回収したコアは乾燥や破壊等を防ぐため、幅広のビニールテープでテーピングをし、長さ50cmで端面が平坦になるようにカッターで両端を切断する。

3.4 ひずみ感度試験

ひずみ感度試験は解放ひずみ測定後に回収したひずみ計が埋設されたボーリングコア（オーバーコア）について、ひずみ計の8個ゲージの外圧に対する三軸等方応力（4.2.2参照）とひずみ感度係数（4.3.2参照）を求めるために行う。以下に試験手順の詳細を述べるとともに、図 3.4に試験手順を示した。

3.4.1 使用機器および材料

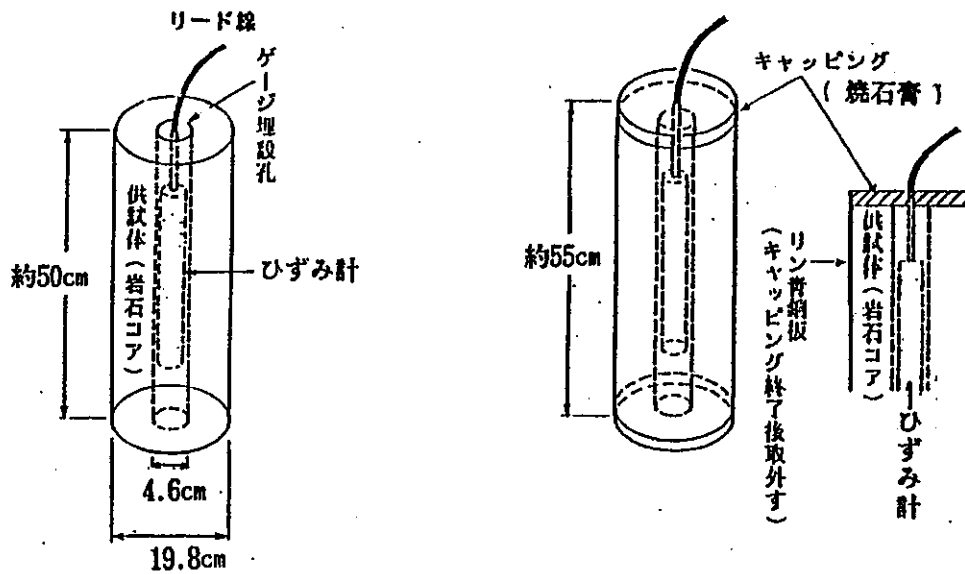
ひずみ感度試験で使用する主要機器および材料は表 3.3に示した。

表 3.3 ひずみ感度試験主要機器および材料一覧

使用目的	名 称	型 式 ・ 仕 様	数 量	記 事
キャッペンダ	焼石膏 リンセイ銅板 水準器	特 級 1,800 × 200 × 0.2 mm	1 式 1 式 1 台	
試 験	三軸試験装置 手押し式ポンプ 電動ギャボン 真空ポンプ ゴムスリーブ O リ ン グ タービン油	セワ等 100V 100V 198 mm用 198 mm用	1 式 1 台 1 台 1 台 1 式 1 式 1 式	
計 測 器	圧力変換器 データロガー パーソナルコンピューター プリンター X-Yプロッター	PGM-50 TDS-301 PC 9801-T PR201V ₂ FP-5301	1 式 1 台 1 台 1 台 1 台	50kgf/cm ²
そ の 他	工 具 類		1 式	

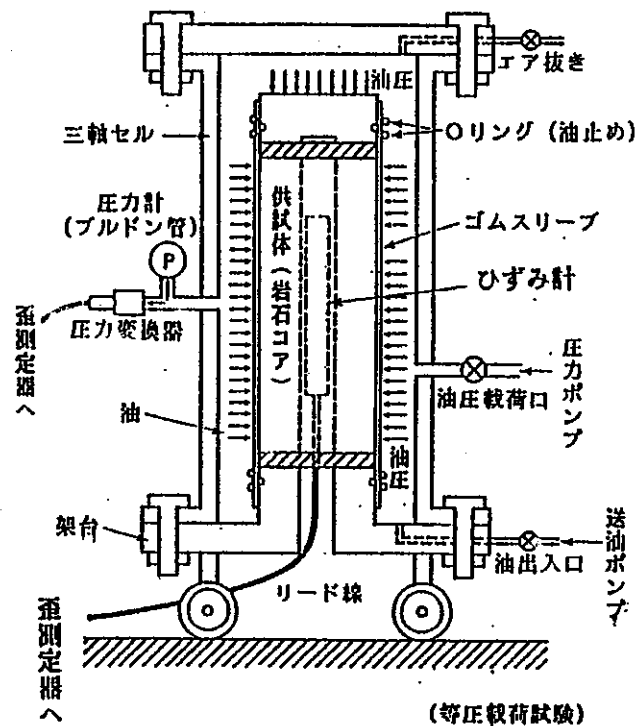
3.4.2 試験手順

試験の手順は図 3.4に示した。



(1) 応力解放されたコアの両端を切り約50cmの長さにする。

(2) リンセイ銅板を巻き型枠を作る。型枠は両端が平行になるようにする。焼石膏を水で溶かし、流し込む。両端をキャッピングしたコアの長さは55cm程度とする。



(3) 供試体を大型三軸試験器に設置する。ゴムスリーブを装着しOリングで固定する。三軸セル内に送油しエアを抜き、試験を開始する。

図 3.4 ひずみ感度試験の手順および装置

〔試験手順〕

(1) オーバーコアの整形

オーバーコアリングによって回収したオーバーコアは、テーピングの後、カッターで両端を切断し端面が平坦になるようにする。以上はコア回収後、ただちに現場で実施する。

(2) オーバーコアのキャッピング（供試体の作成）

オーバーコアにリンセイ銅板をコア端面より2～3 cm突き出して巻きつけ、キャッピング用の型枠とする。その型枠に、焼石膏を水で溶かして流し込み、石膏が完全に固まる前に鉄製のエッジで石膏を削り上面を平滑にする。もう一方の面も同様に削り、ひずみ感度試験の供試体とする。供試体の全長は55cm程度とし、直径は19.8cmである。

(3) 大型三軸試験装置への供試体セットおよびひずみ感度試験

供試体を大型三軸試験装置の架台部に乗せゴムスリーブを被せOリングで止める。三軸セルを上から被せ、三軸セルと架台をボルトで固定する。電動ギアポンプでタービン油を三軸セル内に送り容器内を満たし、手押し式ポンプにより油を送りエア抜きをする。手押し式ポンプで加圧し試験を開始する。載荷および除荷速度は毎分 0.5 kgf/cm^2 とし（図 3.5 参照）、載荷圧力の上限は原則として各ゲージの解放ひずみを越えるまでとする。載荷圧力は 50 kgf/cm^2 の圧力変換器をデータロガーで監視し、パーソナルコンピューターを使い X-Yプロッターで応力-ひずみ曲線を作図する。

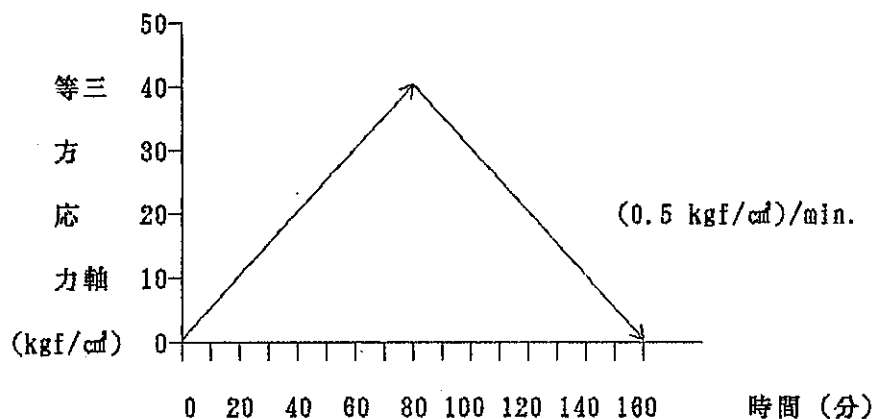


図 3.5 ひずみ感度試験載荷パターン

4. 解析方法

4.1 概要

解析方法の概要は図 4.1のフローチャートに示した。この図に従い、その概要を以下に述べる。

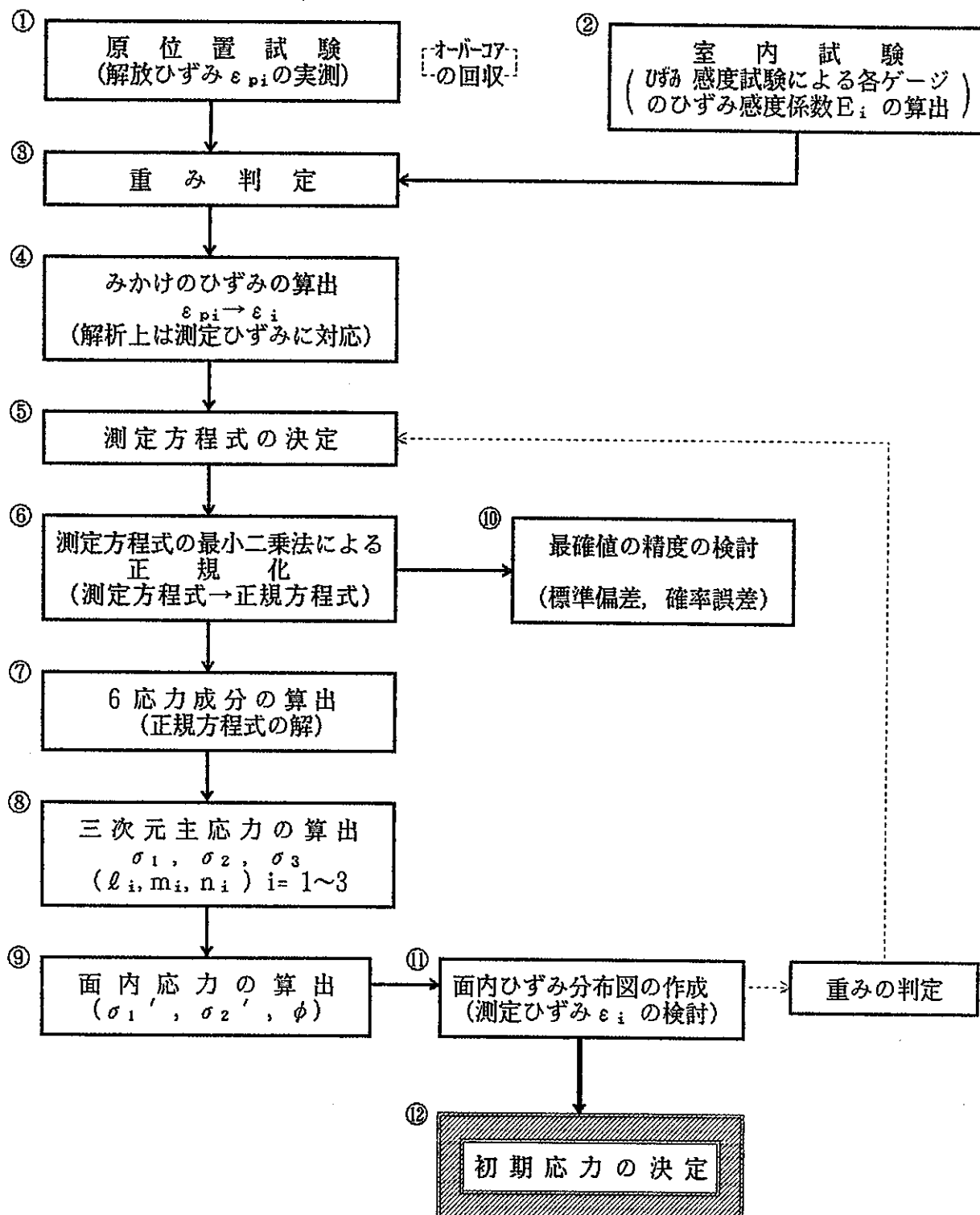


図 4.1 初期応力算出のフローチャート

- ① 原位置においてオーバーコアリングによる応力解放時の岩盤のひずみ（解放ひずみ）を先に埋設したひずみ計により測定する。
- ② ひずみ計が埋設されたままのオーバーコアを回収し、供試体として整形後、ひずみ感度試験を実施し、外圧に対する各ゲージのひずみ感度係数を算出する。
- ③ オーバーコアリングとひずみ感度試験に対する測定値の信頼性を検討し、重みの判定をする。
- ④ ひずみ感度係数と解放ひずみより見掛けのひずみを算出する。
- ⑤ 測定ひずみの測定方向毎に測定方程式を立てる。
- ⑥ 通常は求める応力成分（未知数）より多いひずみ成分（測定値）を測定するので、測定方程式を最小二乗法により正規化する。
- ⑦ この正規方程式を解き最確値としての6応力成分を求める。
- ⑧ この6応力成分から三次元主応力を算出する。
- ⑨ 任意の平面内における面内応力を算出する。
- ⑩、⑪ 応力値の算出が終了したら、測定値の精度について標準偏差、確率誤差およびひずみ分布を用い検討する。
- ⑫ 初期応力を決定する。

4.2 測定値の取り扱い

4.2.1 解放ひずみ (ε_{pi})

オーバーコアリングによるひずみ変化はFEM解析により図 4.2に示す形状をとる事が明らかになっている。このような変化はオーバーコアリング時の応力集中によるもので、実際の測定でも、かなり顕著に現われる。

オーバーコアリング時のひずみ変化はビット先端がゲージを通過したあと安定するのが普通であり、この時の安定値を解放ひずみ (ε_{pi}) と呼ぶ。しかし、主に微小クラックの影響で安定しなかったり、特徴的变化と異なる場合は、その測定値の重みを下げる場合がある（4.3.1 測定値の重み付け参照）。

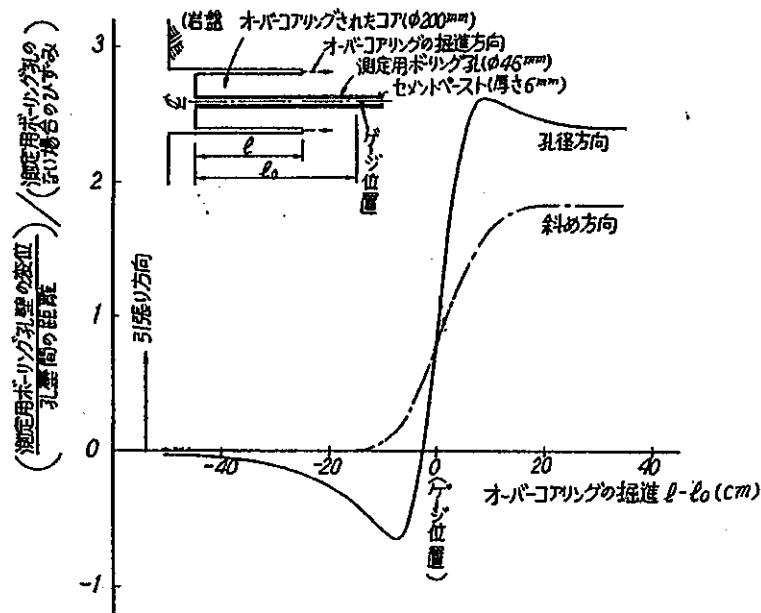


図 4.2 オーバコアリング時の各方向のひずみ変化⁶⁾
(回転体モデルによる F E M 解析結果)

4.2.2 三軸等方応力 (σ_{ci})

オーバーコアリングにより回収されたコアは整形後、ひずみ感度試験を実施し外圧に対する各ゲージの感度を求める。図 4.3 は試験の結果、得られた応力-ひずみ曲線の模式図である。求める三軸等方応力 (σ_{ci}) は解放ひずみ (ε_{pi}) に対応する圧縮ひずみ近傍の測定値より最小二乗法を用いて計算する。

また、解放ひずみと同様に、測定値の挙動に異常がみられる時、あるいは、ばらつきが大きい場合にはその値の重みを下げる
(4.3.1 測定値の重み付け参照) 場合がある。

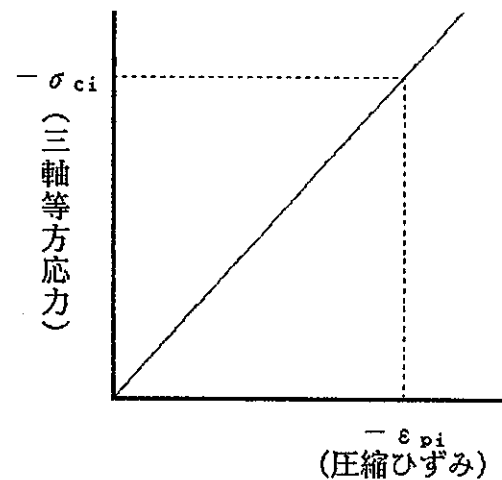


図 4.3 ひずみ感度試験結果 (模式図)

4.3 測定値の前処理

オーバーコアリングにより測定した解放ひずみは、センターボーリング孔の応力集中、岩自体の異方性、充填材の充填状態およびひずみ計の剛性の影響などの補正がなされていないので、解析にあたり測定値に以下の前処理を施す。

4.3.1 測定値の重み付け

初期応力を算出する場合、測定値の信頼性が重要となる。そこで養生期間でのひずみ計の挙動、解放ひずみの挙動およびひずみ感度試験の結果を総合的に検討し測定値に重みをつける。また、後述するようにひずみ分布図で測定値の整合性を検討し、他の値と大きく異なる値については重みを下げる場合もある。

重みは次のようにA、およびCの2種類に分類し重みの値をA=1.00、C= 0とする。

A： 測定値の挙動が正常で信頼できる値

C： 測定値に問題がある値

4.3.2 ひずみ感度係数 (E_i) の算出

解放ひずみ (ε_{pi}) とそれに対応する三軸等方応力 (σ_{ci}) からひずみ感度係数 (E_i) を求める。ひずみ感度係数は ε_{pi} と σ_{ci} の両者の関係づけの係数であり、埋設されたひずみ計の外圧に対する感度を表わしている。この値はセンターボーリング孔の応力集中、岩自体の異方性、充填材の充填状態およびひずみ計の剛性の影響などをすべて包含したものであり、(4-1) 式で求める。 ν は前述した各種の影響を考慮したポアソン効果に対応する値で、原位置の岩盤のポアソン比とは意味が異なる。

$$E_i = - (1 - 2\nu) \cdot \frac{\sigma_{ci}}{\varepsilon_{pi}} \quad \dots \dots (4-1)$$

4.3.3 見掛けのひずみ (ε_i) の算出

ひずみ感度係数 (E_i) を実際に求めてみると、孔径方向と斜め方向ではかなり異なり、また、孔径方向の各ゲージについても多少異なる。これは前述した各種の影響によるもので、解析時には、ひずみ感度係数 (E_i) の方向性について補正を行なう。

そこで、ひずみ感度係数 (E_i) に対応する解放ひずみ (ε_{pi}) が得られるので任意の弾性係数 E_0 の均質岩盤を仮定し、この場合の ε_{pi} に対応する見掛けのひずみ ε_i を近似的に (4-2) 式により求める。

$$\varepsilon_i = \frac{E_i}{E_0} \cdot \varepsilon_{pi} \quad \dots \dots (4-2)$$

なお以後の解析では、 ε_i を測定ひずみとして扱い、弾性論により応力を算出する。

4.4 基準座標系の設定

解析にあたり、まず原位置に基準となる三次元の座標系を設定する。この座標系に対する各ゲージの方向を考慮して（座標変換）測定方程式を立て応力解析を行う。

4.5 応力値の算出

4.5.1 測定方程式

測定方程式はマトリックスで表わすと以下の式になる。

$$\{\varepsilon\} = [B] \{\sigma\} \quad \dots\dots (4-3)$$

ここに、

$$\{\varepsilon\} = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \varepsilon_4 \\ \varepsilon_5 \\ \varepsilon_6 \\ \varepsilon_7 \\ \varepsilon_8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (1-2\nu) \sigma_{c1}/E \\ (1-2\nu) \sigma_{c2}/E \\ (1-2\nu) \sigma_{c3}/E \\ (1-2\nu) \sigma_{c4}/E \\ (1-2\nu) \sigma_{c5}/E \\ (1-2\nu) \sigma_{c6}/E \\ (1-2\nu) \sigma_{c7}/E \\ (1-2\nu) \sigma_{c8}/E \end{bmatrix} = \text{測定ひずみ} \quad \{\sigma\} = \begin{bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{zx} \end{bmatrix}$$

= 6 応力成分

E : 弾性係数 ν : ポアソン比

$[B] = [B_{i,1} \ B_{i,2} \ B_{i,3} \ B_{i,4} \ B_{i,5} \ B_{i,6}]$ = 方向を表すマトリックス

ここに、

$$B_{i,1} = \{ (l_{i1}^2 - \nu (l_{i2}^2 + l_{i3}^2)) \} / E$$

$$B_{i,2} = \{ (m_{i1}^2 - \nu (m_{i2}^2 + m_{i3}^2)) \} / E$$

$$B_{i,3} = \{ (n_{i1}^2 - \nu (n_{i2}^2 + n_{i3}^2)) \} / E$$

$$B_{i,4} = 2 \{ m_{i1}n_{i1} - \nu (m_{i2}n_{i2} + m_{i3}n_{i3}) \} / E$$

$$B_{i,5} = 2 \{ n_{i1}l_{i1} - \nu (n_{i2}l_{i2} + n_{i3}l_{i3}) \} / E$$

$$B_{i,6} = 2 \{ l_{i1}m_{i1} - \nu (l_{i2}m_{i2} + l_{i3}m_{i3}) \} / E$$

$$\left. \begin{array}{l} l_1 \ m_1 \ n_1 \text{ は } X \text{ 軸} \\ l_2 \ m_2 \ n_2 \text{ は } Y \text{ 軸} \\ l_3 \ m_3 \ n_3 \text{ は } Z \text{ 軸} \end{array} \right\} \text{ の方向余弦}$$

(4-3) 式は両辺に $1/E$ があるので、弾性係数は最終的に消去され、応力値に影響しない。

4.5.2 測定方程式の正規化（最小二乗法）

測定値には、一般に誤差が含まれている。従って出来るだけ多くの測定（未知数以上の測定）を行い、それから得られた測定方程式を正規化し、最確値を求める。

正規化は（4-3）式の両辺に $[B]^T$ （ $[B]$ の転置マトリックス）を乗じればよい。

$$[B]^T \{\varepsilon\} = [B]^T [B] \{\sigma\} \quad \dots\dots (4-4)$$

（4-4）式を $\{\sigma\}$ について整理すると

$$\{\sigma\} = ([B]^T [B])^{-1} [B]^T \{\varepsilon\} \quad \dots\dots (4-5)$$

この（4-5）式が正規方程式である。（4-5）式を解くことにより $\{\sigma\}$ の最確値が求まる。

4.5.3 三次元主応力の値と方向

6 応力成分の値が得られれば、三次元主応力の値と方向が算出できる。まず、図 4.4 による微小四面体において X、Y および Z 方向の力の釣合いを考え整理しマトリックスで表すと次式となる。

$$\sigma_i \begin{bmatrix} \ell \\ m \\ n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{yx} & \tau_{zx} \\ \tau_{xy} & \sigma_y & \tau_{zy} \\ \tau_{xz} & \tau_{yz} & \sigma_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ell \\ m \\ n \end{bmatrix} \quad \dots\dots (4-6)$$

（ ℓ 、 m 、 n は方向余弦）

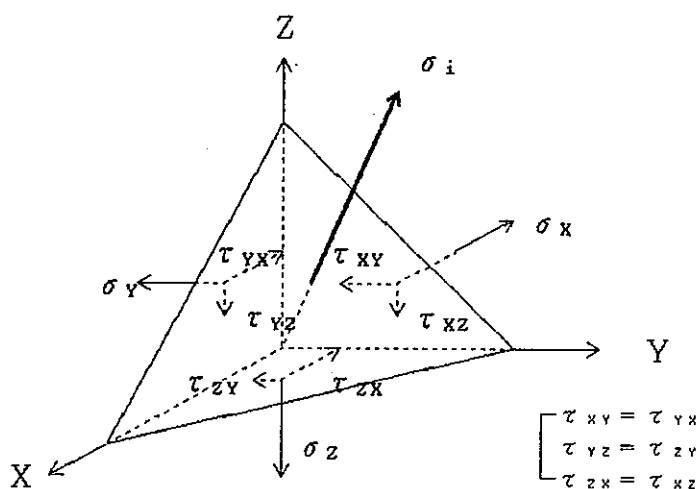


図 4.4 微小四面体の各面に作用する応力成分

$\tau_{yz} = \tau_{zy}$ 、 $\tau_{zx} = \tau_{xz}$ 、 $\tau_{xy} = \tau_{yx}$ であるから、左辺の表示に統一して移項すると

$$\begin{bmatrix} (\sigma_i - \sigma_x) & -\tau_{xy} & -\tau_{zx} \\ -\tau_{xy} & (\sigma_i - \sigma_y) & -\tau_{yz} \\ -\tau_{zx} & -\tau_{yz} & (\sigma_i - \sigma_z) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} l \\ m \\ n \end{bmatrix} = 0$$

..... (4-7)

となる。

ここで (4-7) 式を次式のように置く。

$$[S] \{L\} = 0 \quad \text{..... (4-8)}$$

$\{L\}$ は、方向余弦の条件より $\{L\} \neq 0$ であるから、

$$[S] = 0 \quad \text{..... (4-9)}$$

である。

従って (4-9) 式から、3つの主応力値が求まる。また、主応力の方向は (4-8) 式と (4-9) 式で得られた3主応力値を (4-6) 式に代入することによって、それぞれの主応力の方向余弦が求まる。

4.5.4 面内応力の値と方向

一平面内において、横軸をh、縦軸をvとすれば、3応力成分 (σ_h , σ_v および τ_{hv}) よりモールの応力円を利用して容易に面内の最小、最大応力 (σ_1' , σ_2') を求めることができる。

すなわち、

$$\sigma_1' = \frac{\sigma_h + \sigma_v}{2} + \sqrt{\left\{ \frac{(\sigma_h - \sigma_v)^2}{4} + \tau_{hv}^2 \right\}} \quad \text{..... (4-10)}$$

$$\sigma_2' = \frac{\sigma_h + \sigma_v}{2} - \sqrt{\left\{ \frac{(\sigma_h - \sigma_v)^2}{4} + \tau_{hv}^2 \right\}} \quad \text{..... (4-11)}$$

σ_h , σ_v は圧縮応力で符号は-とする

ただし、 $|\sigma_1'| < |\sigma_2'|$

また、その方向 ϕ は次式で与えられる。

$$\phi = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{2\tau_{hv}}{\sigma_h - \sigma_v} \quad \text{..... (4-12)}$$

ここで面内の応力と述べているのは、一平面内でのみかけ上の最大、最小応力であり、三次元主応力とは異なる。

4.6 面内ひずみ分布図による測定ひずみの検討

測定精度を確認するために面内ひずみ分布図を作成する。この図は一平面内の最大および、最小応力に対応する主ひずみから、平面内の各方向のひずみ値が弾性論に適合するように計算し1°毎に点線でつないだ曲線のことである。この図に測定ひずみをプロットし、ひずみ分布曲線と測定ひずみとの整合性を確認する。

面内ひずみ分布図の直ひずみ ε_θ はモールの応力円で求めた主応力 σ_1' 、 σ_2' に対応する主ひずみ ε_1 、 ε_2 から次の式により算出する。

$$\varepsilon_\theta = \frac{1}{2} (\varepsilon_1 + \varepsilon_2) + \frac{1}{2} (\varepsilon_1 - \varepsilon_2) \cos 2\theta \cdots (4-13)$$

ただし、 θ は最大主ひずみ ε_1 からの角度

5. 測 定 結 果

5.1 ボーリング結果と測定位置の地質

(1)チェックボーリング結果と坑道拡幅、測定孔削孔位置の決定

初期応力測定に伴う事前調査として事業団は測定孔近傍の地質や不連続面を詳細に調べ、測定孔の削孔位置と、試験坑道の拡幅位置を決めるために別件でチェックボーリングを2孔 (MC-1, MC-2孔 : 孔径 ϕ 66mm, 削孔長各12m) 実施した。

初期応力測定は将来、実施を予定している掘削影響評価試験の測定地点 (掘削予定坑道近傍) の近くで実施することが望ましいが、チェックボーリングのコア観察の結果、概ね6～6.5 mまでは泥岩、砂質泥岩、砂岩が分布し、オーバーコアリングに支障がないことは判った。しかし、それ以深12mまではコアの採取状態から部分的に砂岩を薄く挟むものの、指圧で簡単につぶれる位の固結度の低い細礫の礫岩～粗粒砂岩が予想され、測定ができない可能性が生じた。そのため、3測定孔 (MS-1, MS-2, MS-3孔 : 孔径 ϕ 218 mm) のうち、最初に削孔するMS-1孔での測定位置は孔口から出来るだけ遠い9～11m付近としたかったが、オーバーコアリング時にコアが破断する可能性があるため、測定位置は6m付近に予想される砂岩、泥岩とした。さらに、オーバーコアリングのあと、孔底からセンターボーリングおよびカットボーリングを実施してコアの状態から礫岩で測定可能か判断し、他2孔の測定位置を最終的に決める事とした。また、測定孔の削孔位置を試験坑道の限られた範囲の中で多少移動させても、部分的に地層の変化はあるものの大局的な地層の分布はほとんど変わらないと判断し、坑道拡幅位置は当初の計画通りの位置とした。

(2) 測定孔ボーリング結果

3測定孔は同一孔内で工種別にカットボーリング、センターボーリングおよびオーバーボーリングに分類でき、表5.1および図5.1にその数量内訳を示した。

表 5.1 ボーリング数量一覧

孔 番	カットボーリング (ϕ 218mm) 削孔長 (m)	センターボーリング (ϕ 48mm) 削孔長 (m)	オーバーボーリング (ϕ 218mm) 削孔長 (m)	削孔方向 傾 斜 角	オーバーコアリング 測定数量 (測定番号)
MS-1	10.000	4.023	1.000	東向き, 上向き2°	1点 (MS-1-1)
MS-2	9.500	0.745	1.000	東向き, 上向き2°	1点 (MS-2-1)
MS-3	9.000	0.720	1.000	東向き, 上向き2°	1点 (MS-3-1)
合 計	28.500	5.488	3.000	—	3点

M S - 1 孔						M S - 2 孔						M S - 3 孔					
孔口からの深度(m)	カットボーリング(m)	センターボーリング(m)	ひね計埋設深度(m)	オーバーコアリング(m)	測定番号	孔口からの深度(m)	カットボーリング(m)	センターボーリング(m)	ひね計埋設深度(m)	オーバーコアリング(m)	測定番号	孔口からの深度(m)	カットボーリング(m)	センターボーリング(m)	ひね計埋設深度(m)	オーバーコアリング(m)	測定番号
0						0						0					
1						1						1					
2						2						2					
3						3						3					
4	①					4	①					4	①				
5						5						5					
6	5.700	5.677		5.700		6						6					
		② 6.400	5.958 ③	④	MS-1-1												
	6.700	6.700	6.170	6.700													
7	⑥	⑤				7						7					
8	⑧	⑦				8						8					
9						9						9	9.000	8.980		9.000	
	⑩	⑨					9.500	9.455	③ 9.795	9.500				②	9.269 ③	④	MS-3-1
10		10.000						②		④	MS-2-1	10		9.700	9.481	10.000	
	⑪						10.200	10.005									
11						11				10.500		11					
12	11.000					12						12					

①～白抜き数字は各孔別の作業の順序

図 5.1 エ種別ボーリング深度内訳

(3) 測定位置の地質

図 5.2は試験坑道壁の地質展開図（事業団作成）にボーリング孔の位置を示したものである。図から、試験坑道の地質は大局的に見ると、泥岩、砂岩、礫岩およびそれらが混ざりあっている状態で、それぞれ層厚数cm～数十cm、一部数mの規模で互いにレンズ状に堆積している。どの地層が優勢かは場所により違うので一概には言えない。

泥岩および砂岩は固結度が比較的高いが、礫岩は一般に固結度が低い。砂質分が多い礫岩は固結度が多少高くなるが、泥岩や砂岩ほどではない。

月吉断層(N75° E, 50° ～60° SE: 落差約30mの逆断層)に伴う断層破碎帯は測定地点から水平距離でおよそ35m離れた本延坑道に存在するが、測定位置周辺には見られない。鏡肌は泥岩でしばしば見られる。

図 5.3はボーリング結果から得られた概略地質柱状図と測定位置周辺の推定地質である。3測定孔ともおおよそ同傾向の地層分布を呈した。各孔の地質概略は以下の通りである。

また、ボーリングコアの地質柱状図およびコア写真は付録に収めた。

[MS-1孔] (最終削孔深度 11.00m)

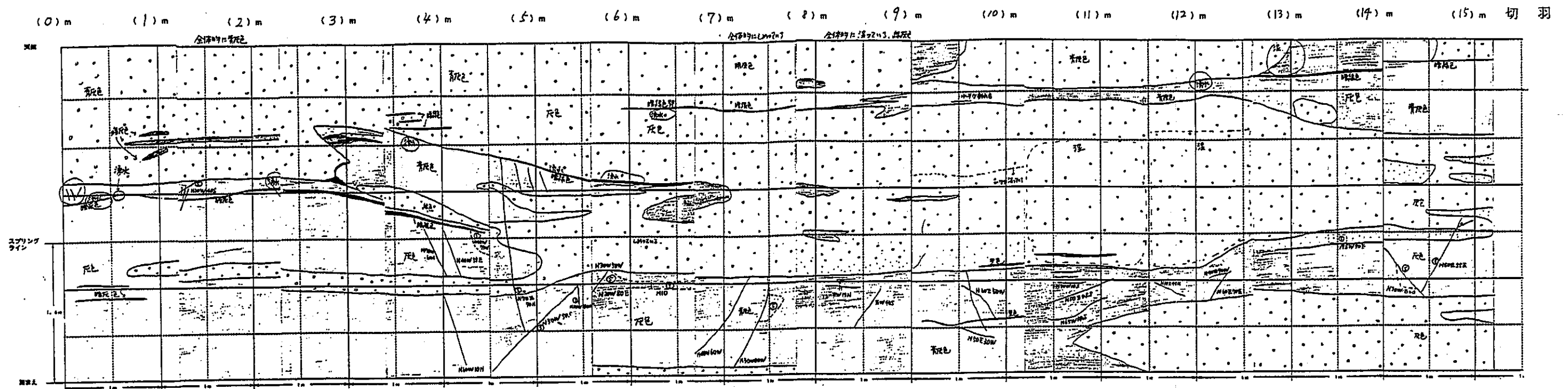
0～6.70mまでは固結度の比較的高い砂質泥岩、泥岩、細粒～中粒砂岩である。所によりそれらが混じり合う。

6.70～11.0mは細礫礫岩であるが、中でも8～9 mは固結度が低く、指圧で簡単に潰れるくらい脆弱である。10.30 m以深は砂岩混じりの礫岩であり、固結度は高い。

ひずみ計埋設位置(5.958～6.170 m)の地質は中粒砂岩を主体とするが、一部、細礫(φ2～4 mm)を10°前後の傾斜角で層状に挟む。

[MS-2孔] (最終削孔深度 10.50m)

0～5.80mまでは固結度の比較的高い砂質泥岩、泥岩、細粒～中粒砂岩である。5.80m以深は細礫礫岩であり、7.50～8.35mは固結度が低く指圧で簡単に潰れる。MS-1孔の8～9 mに相当する。8.90～9.45mに中粒砂岩を挟む。9.45m以深の礫岩はややもろいものの、オーバーコアリングが可能なぎりぎりの固結度を持つ。ひずみ計埋設位置(9.795～10.005 m)はこの礫岩に相当する。

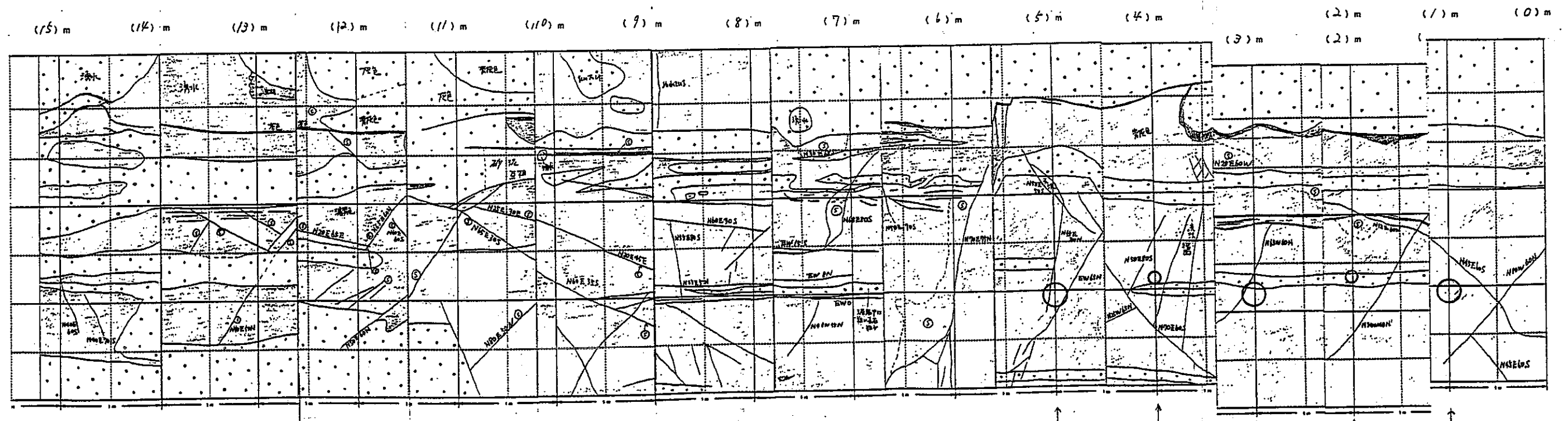


北延NATM坑道
左側壁

凡 例

- 泥岩, 砂質泥岩
- ▨ 砂 岩
- ▤ 礫岩 (細礫)
- ⑤ スリッペンサイド

切 羽



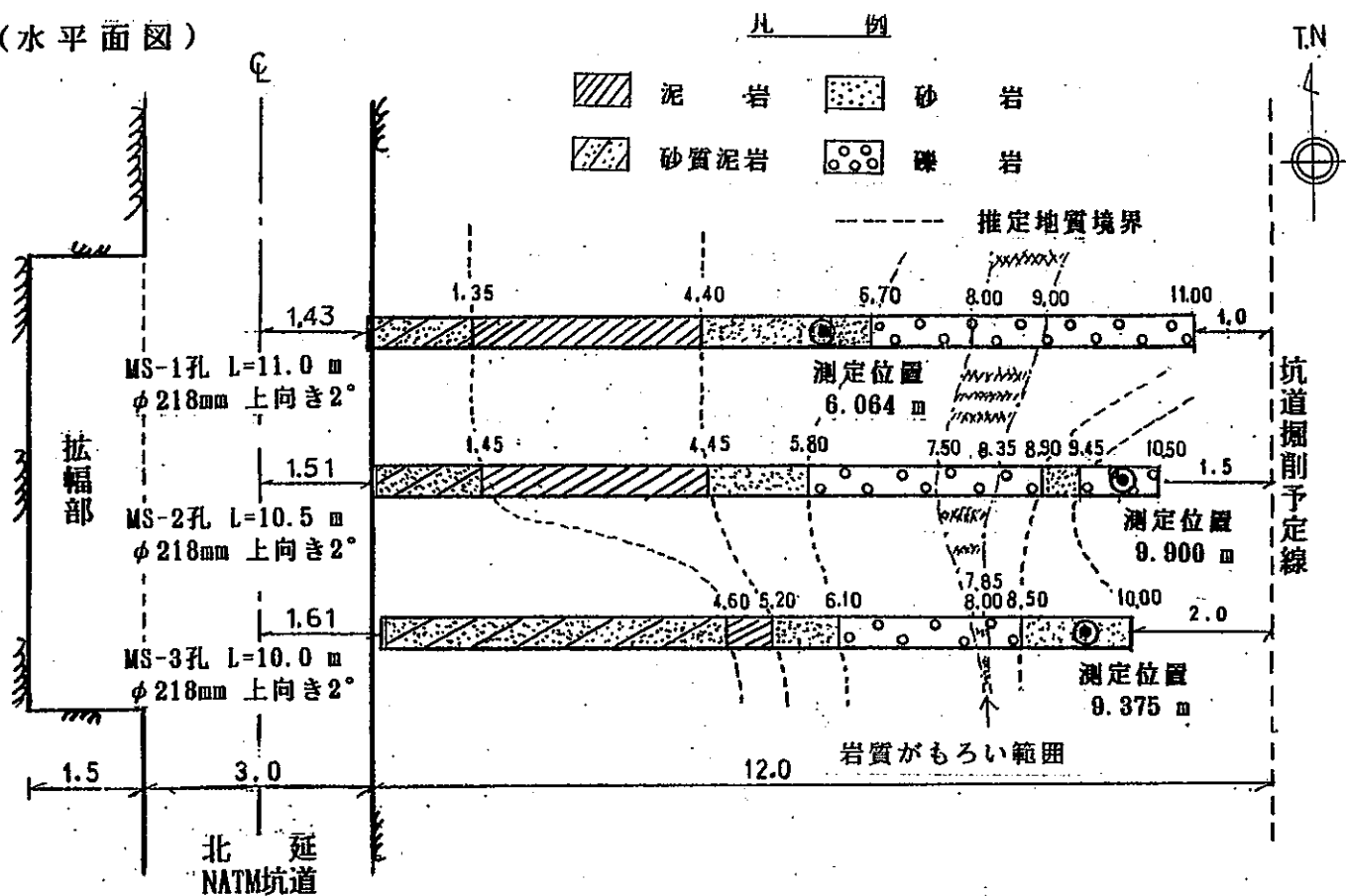
北延NATM坑道
右側壁

MS-1 孔 MC-1 孔 MS-2 孔 MC-2 孔 MS-3 孔

(動燃事業団資料より)

図 5.2 試験坑道の地質展開図

(水平面図)



(鉛直断面図)

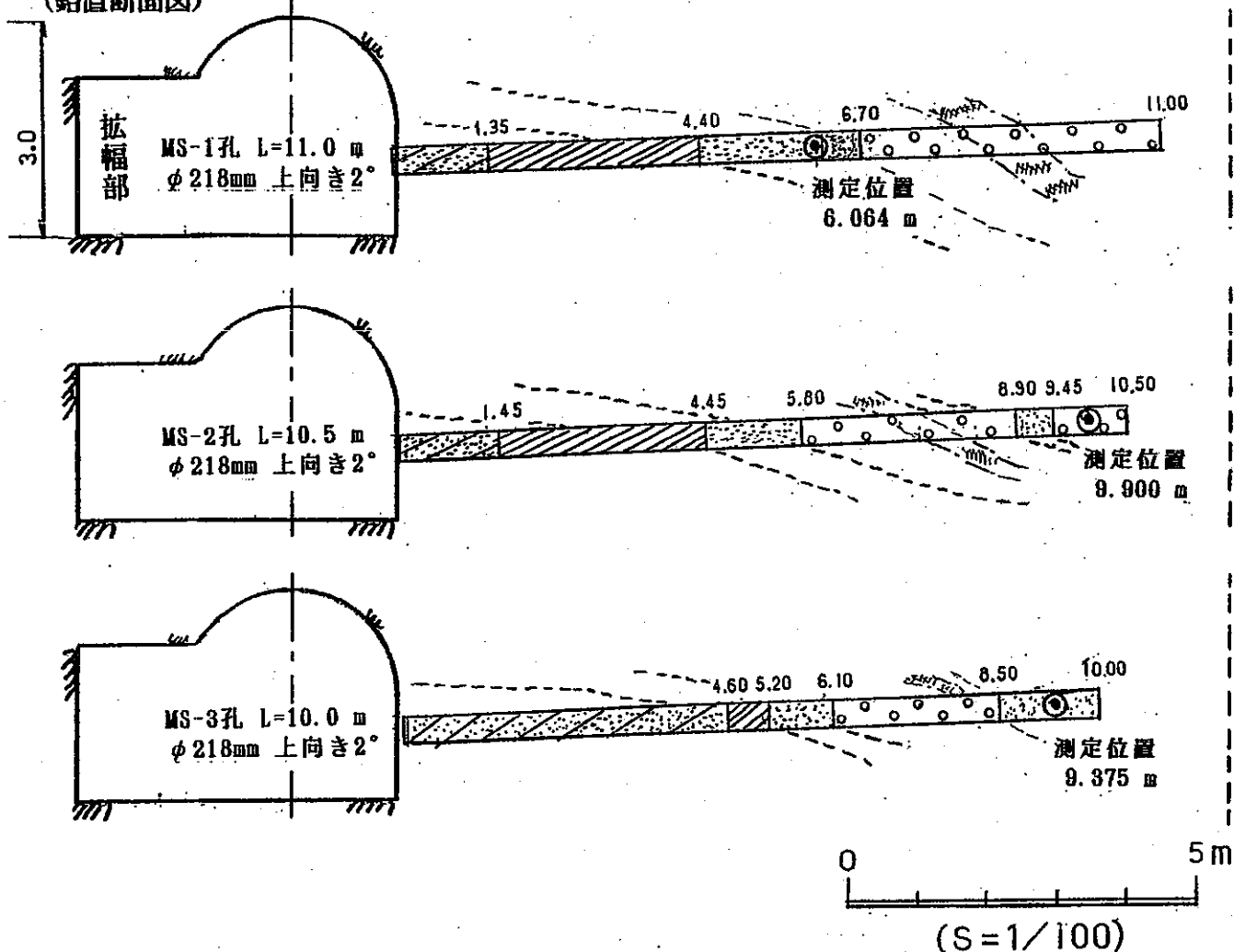


図 5.3 ボーリング結果と測定位置周辺の地質

[MS-3孔] (最終削孔深度 10.00m)

0～6.10mまでは固結度の比較的高い砂質泥岩、泥岩、細粒～中粒砂岩である。6.10m～8.50mは細礫礫岩であるが、MS-1孔やMS-2孔で見られた脆弱な礫岩ではない。むしろMS-2孔の9.45m以深で見られた礫岩に近い。8.50m以深は部分的に礫岩を挟むが概ね、中粒の砂岩で固結度は比較的高い。

ひずみ計埋設位置(9.269～ 9.481m)はこの礫岩を挟んだ砂岩に相当する。

5.2 ひずみ計の埋設と養生

ひずみ計は各孔で1点、計3点に埋設し、測定番号をMS-1-1, MS-2-1, およびMS-3-1とした。ひずみ計の埋設位置はセンターボーリングコアを観察し、オーバーコアリング時にコアが破断しそうにない位置を選んだ。ひずみ計の埋設深度および充填材のプレパクトフロー値(充填材の流動性を測定した値。流下試験装置〔Pロート〕に1725 mlの充填材を入れたあと、装置の下部から充填材を流出させ、流れが最初に切れるまでの時間を秒数で測る。)は表 5.2に示した。また、ひずみ計の埋設方向(ゲージの方向)は図 5.4に示した。

表 5.2 ひずみ計埋設深度およびプレパクトフロー値

測定番号	孔口からの深度 (m)	平均埋設深度(m)	計器番号	フロー値 (秒)
MS-1-1	5.958 ～ 6.170	6.064	No. 001	20.0
MS-2-1	9.795 ～ 10.005	9.900	No. 002	28.0
MS-3-1	9.269 ～ 9.481	9.875	No. 003	22.0

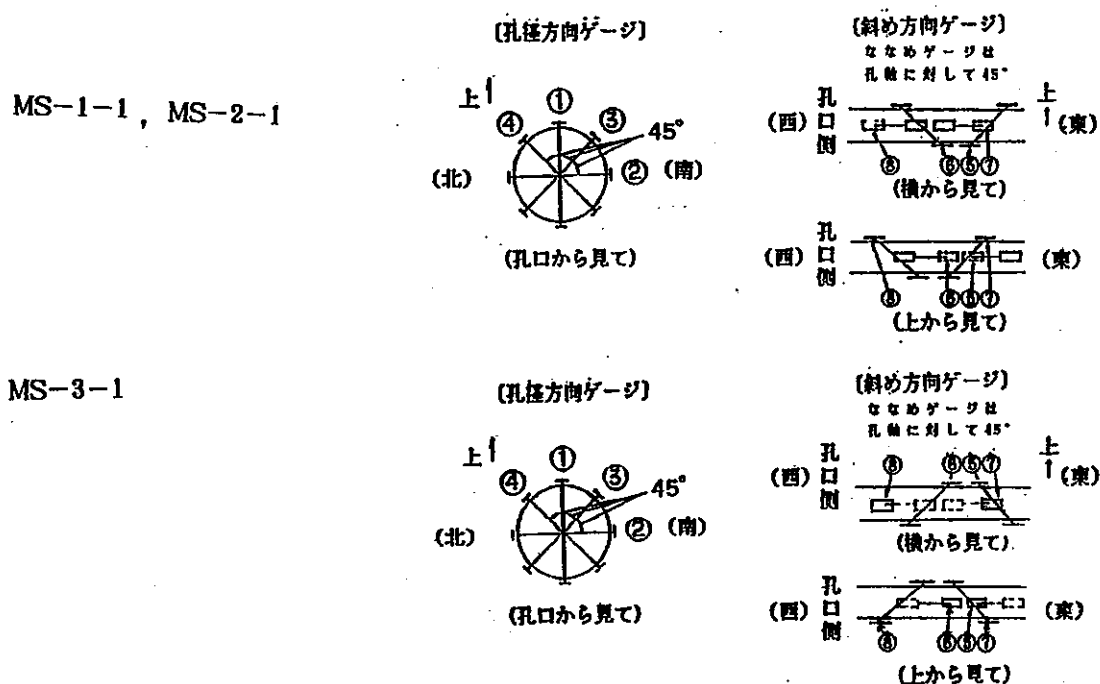


図 5.4 ゲージの埋設方向

材料の配合比は既往の予備試験を元に、表 3.1の示方（早強セメント：ポリゾール：水＝1：0.4：0.1（重量比））を用いた。使用した水は坑内湧水で水温は約17℃であった。充填材材料の混合方法は既往の予備試験の方法に準じた。注入圧力は、2～2.5 kgf/cm²を目安とし、注入はひずみの変化と注入状況を監視して行い、リターンホースより充填材の返りを確認し注入を終了した。埋設の完了したひずみ計は7日間以上養生し、その期間1日1～2回ひずみを計測し、充填材の安定性を監視した。養生中のひずみ変化は付録に示した。

5.3 解放ひずみの測定（オーバーコアリング）

測定結果はオーバーコアリング時の時間－ひずみ曲線として、また、オーバーコアリングの測点番号（削孔2 cmごとのひずみ記録に付けられた通し番号）は実績図として付録に収めた。

図 5.5はオーバーコアリング時のひずみ変化測定例であるが、図 4.2で示したような理論的挙動を示すゲージの他にMS-3-1の6 ゲージのように特異な挙動を示したゲージもあった。これは岩盤の初期応力を反映したためやコアに生じた微視的な割れ目の影響等と考えられる他、ボーリング方向が水平であるためロッドの回転時に伴う衝撃などが考えられる。

また、一部のゲージにオーバーコアリングがゲージ埋設位置を通過しても解放側にドリフトする現象が見られるが、詳しい原因は不明である。

図 5.6は他地点で測定した特異なひずみ変化例とその原因である。

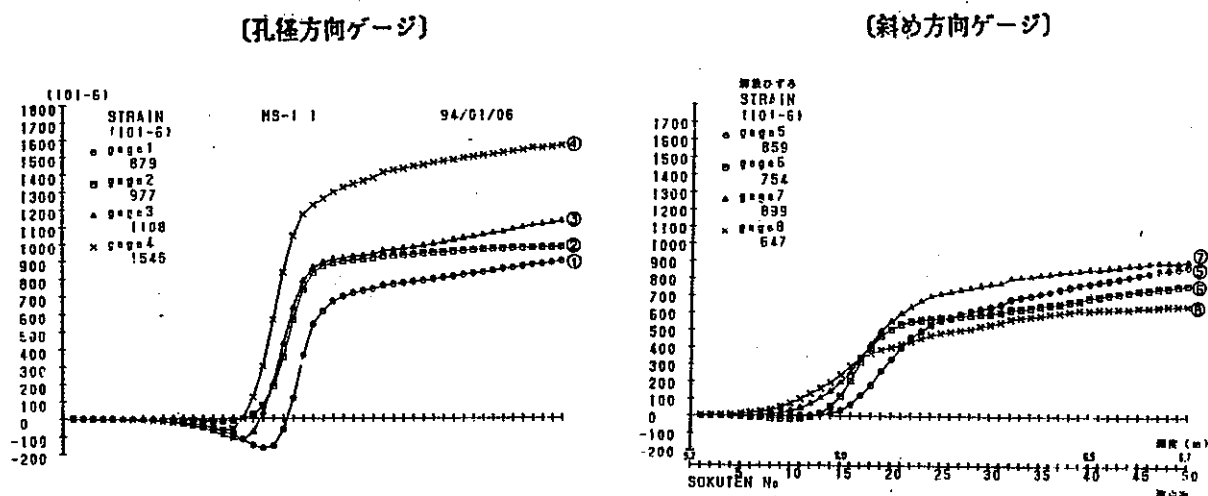
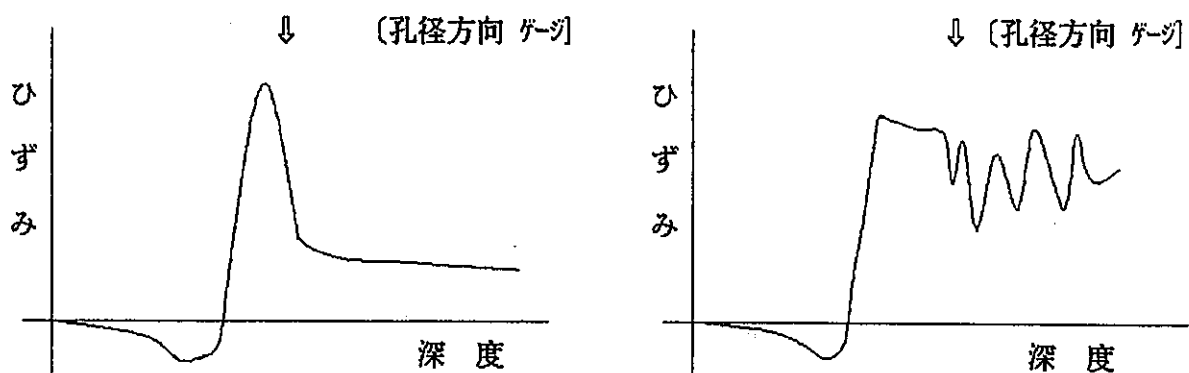


図 5.5 オーバーコアリング時のひずみ変化測定例



矢印の位置で充填材(セメントミルク)がボリソ孔壁から剝離したか、または、このゲージと直交する方向の解放ひずみが大いためのボリソ効果が原因として考えられる。

矢印の位置でコアにき裂が生じたことが原因として考えられる。

図 5.6 他地点におけるオーバーコアリング時のひずみ変化測定例

5.4 ひずみ 感 度 試 験

ひずみ感度試験はオーバーコアリングで回収したオーバーコア 3 試料について、大型三軸試験装置を用い等圧載荷で実施した。図 5.7 は今回の測定例である。多少、非直線的な部分もあるが、概ねゲージは正常な動きを示した。試験結果はひずみ感度試験による応力-ひずみ曲線として付録に収めた。

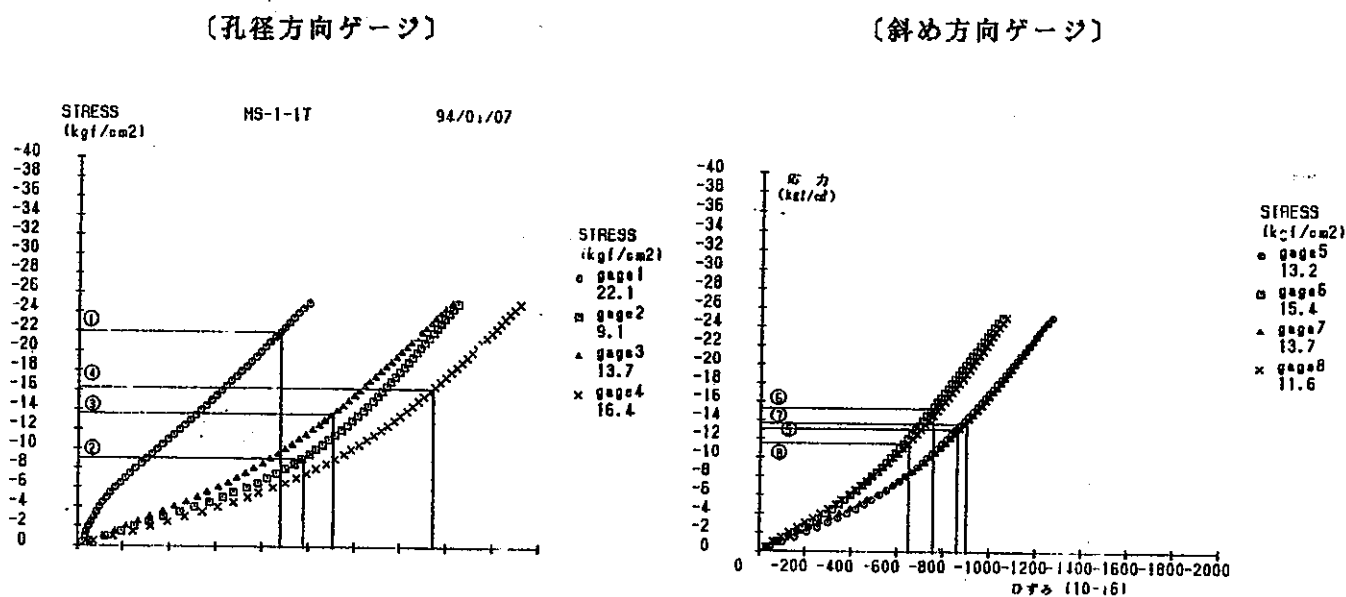


図 5.7 ひずみ感度試験時の応力-ひずみ曲線測定例

6. 解析のための前処理

6.1 測定値の重み付け

測定値を総合的に検討し、各ゲージ毎に重みを付けた。重みは二段階（A, C）とし、重みの値はA=1.00、C=0を用いた。

表 6.1 は決定した各ゲージの重みを示す。

表 6.1 各ゲージの重みと判定理由

測定番号	ゲージ番号	重みの判定	重みがCの理由
MS-1-1	1	A	
	2	A	
	3	A	
	4	A	
	5	A	
	6	A	
	7	A	
	8	A	
MS-2-1	1	C	ひずみ値がひずみ分布図からかけ離れる └オーバーコアリング時の挙動が不可解 └ひずみ値がひずみ分布図からかけ離れる
	2	A	
	3	C	
	4	A	
	5	A	
	6	A	
	7	A	
	8	A	
MS-3-1	1	A	オーバーコアリング時の挙動が不可解
	2	A	
	3	A	
	4	A	
	5	A	
	6	C	
	7	A	
	8	A	

6.2 ひずみ感度係数および見掛けのひずみの算出

ひずみ感度係数および見掛けのひずみの算出結果を表 6.2にまとめた。ただし、算出に際しては、

$$\left[\begin{array}{ll} \text{弾性係数} & E_0 = 15,000 \text{ kgf/cm}^2 \\ \text{ポアソン効果} & \nu = 0.35 \\ \text{に対応する値} & \end{array} \right] \text{を用いた。}$$

表 6.2 ひずみ感度係数および見掛けのひずみの算出

測定番号	ゲージ 番 号	解放ひずみ ($\times 10^{-6}$)	等 方 応 力 (kgf/cm ²)	ひずみ感度係数 (10^6 kgf/cm ²)	みかけのひずみ ($\times 10^{-6}$)	判 定
MS-1-1	1	879	-22.1	0.007543	442	A
	2	977	- 9.1	0.002794	182	A
	3	1108	-13.7	0.003709	274	A
	4	1545	-16.4	0.003184	328	A
	5	859	-13.2	0.004610	264	A
	6	754	-15.4	0.006127	308	A
	7	899	-13.7	0.004572	274	A
	8	647	-11.6	0.005379	232	A
MS-2-1	1	264	- 5.4	0.008182	144	C
	2	258	- 5.0	0.007752	133	A
	3	-74	9.5	-0.051351	-253	C
	4	388	-15.8	0.016289	421	A
	5	521	-21.3	0.016353	568	A
	6	1150	-25.3	0.008800	675	A
	7	427	-10.7	0.010023	285	A
	8	455	- 7.1	0.006242	189	A
MS-3-1	1	858	-18.3	0.006399	366	A
	2	758	- 7.5	0.002968	150	A
	3	547	-10.1	0.005539	202	A
	4	571	-12.6	0.006620	252	A
	5	1052	-33.7	0.009610	674	A
	6	722	-18.4	0.007645	368	C
	7	822	-11.6	0.004234	232	A
	8	337	- 8.1	0.007211	162	A

※解放ひずみは+が伸び、-が縮み。等方応力は+が引張、-が圧縮。

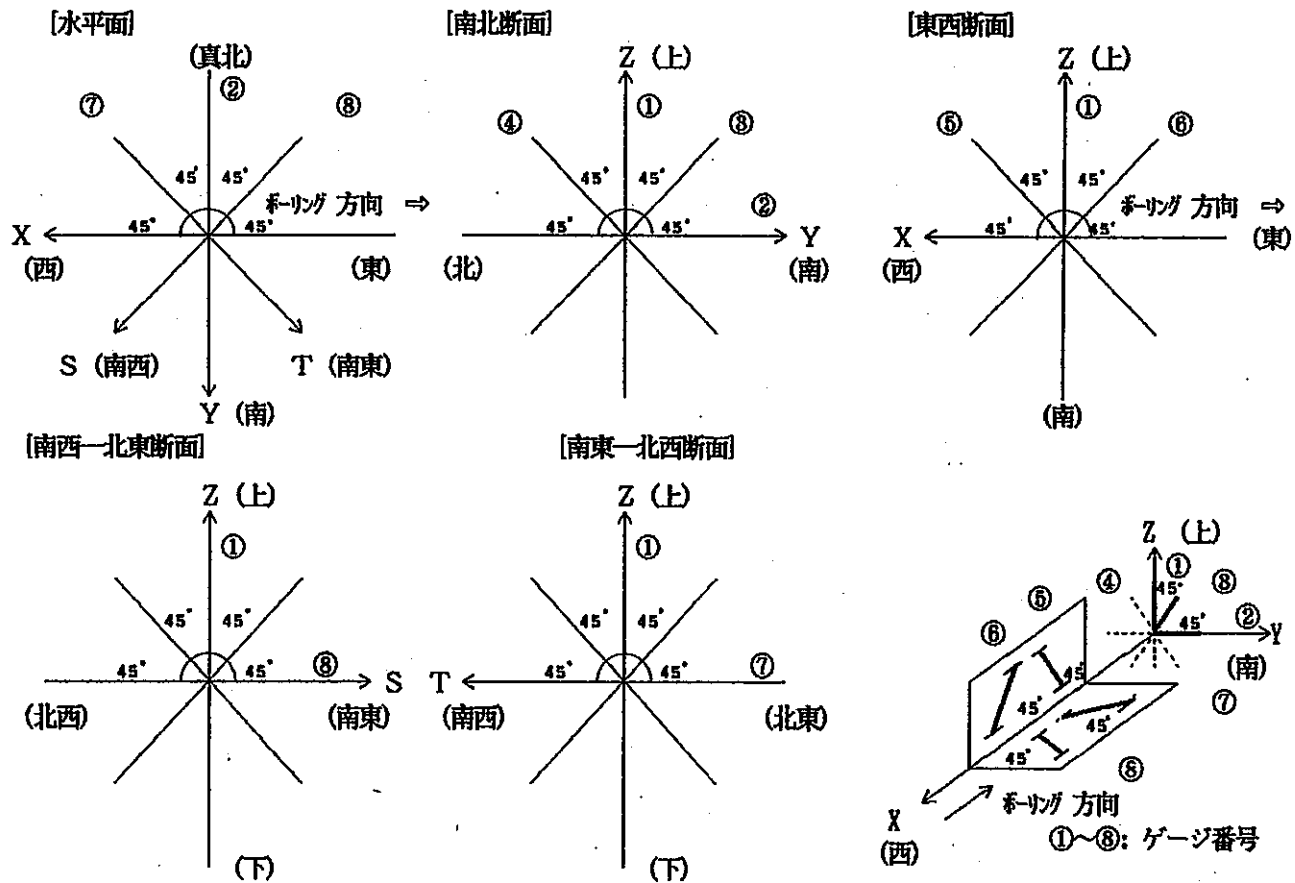
6.3 基準座標系の設定

解析に用いた基準座標系とゲージの方向は図 6.1に示した。基準座標系はボーリング孔の方向を基準としたものであり、以下の様に設定した。

〔基準座標系 (X, Y, Z)〕

水平面内でボーリング削孔方向をX軸のマイナス側（孔口手前方向をX軸のプラス側）、孔口を正面から見て右方向をY軸のプラス側に、鉛直上方向をZ軸のプラス側に座標系を設定した。つまり、+X軸は西方向、+Y軸は南方向、+Z軸は鉛直上向きである。

(MS-1-1, MS-2-1)



(MS-3-1)

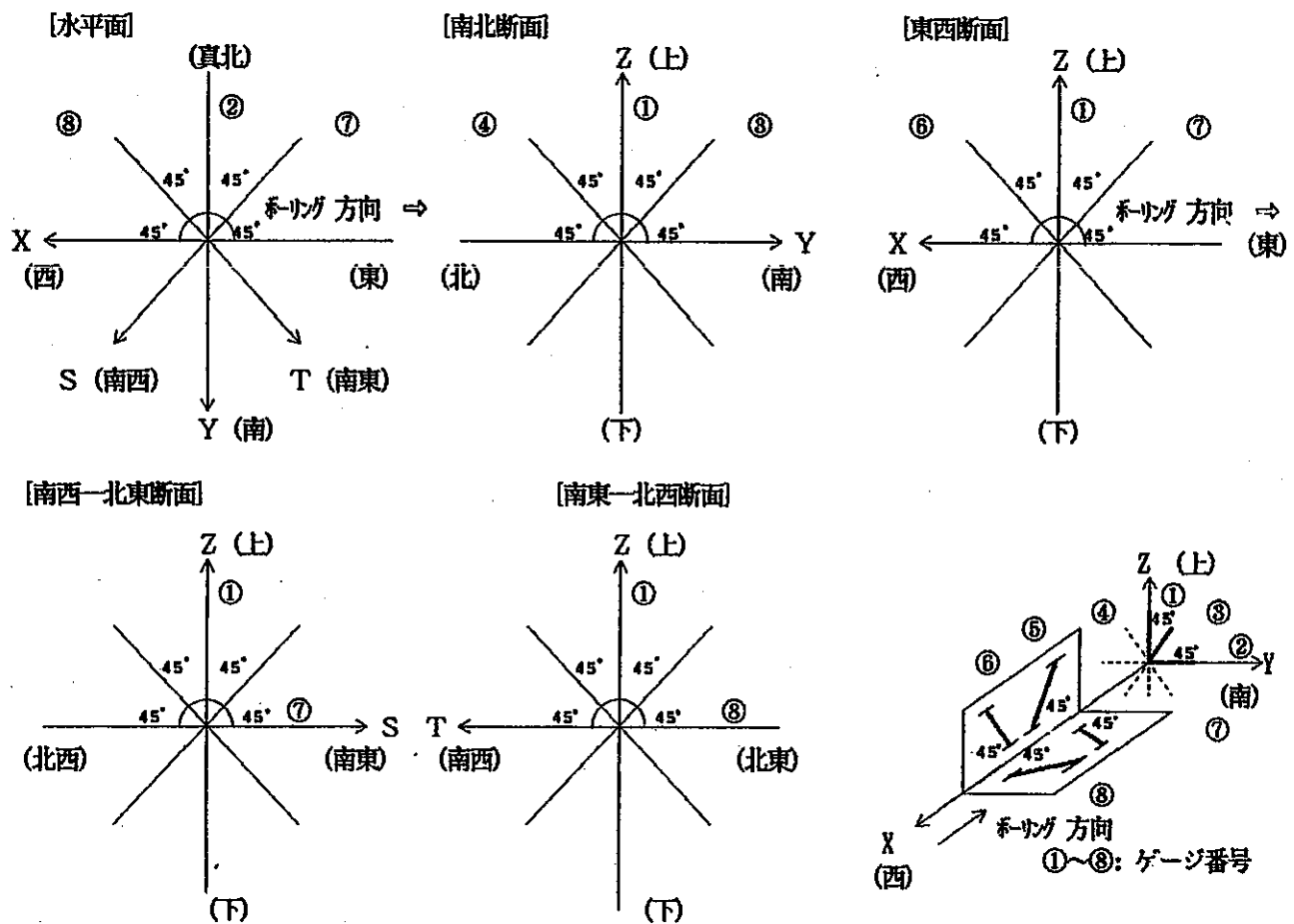


図 6.1 基準座標系とゲージの方向

7. 解析結果と考察

7.1 初期応力の算出

一般に初期応力測定解析手法として、近い位置で何点か測定した場合には、個々の測定を単独に応力解析する以外に、局所的な影響を避けるためにも、各測定の平均応力値を「総合」という形で最終的な結果とすることが多い。

今回の3点での位置関係はMS-2-1とMS-3-1との距離は約2mと近いが、MS-1-1とこれらとは約4.5mと5.3m離れている。普通であれば3点をひとまとめにした結果を最終結果とするが、MS-1-1の測定結果と他2点の測定結果と比較すると応力状態が若干違うように思われるため、また、将来予定されている空洞掘削影響試験で必要とされる初期応力は、できるだけ新規掘削坑道の掘削予定線に近い場所での測定結果が好ましいと考え、あえて3点を「総合」という形にせず、

①MS-1-1単独 ②MS-3-1単独 ③MS-2-1とMS-3-1との組合せ

の3通りを最終結果として採用し（以後、これらの測定結果を①、②、③とする）表7.1および図7.1に示した。また、電算機による出力結果は付録に収めた。

三次元主応力の応力値は、最大圧縮主応力 σ_3 と最小圧縮主応力 σ_1 の差（ $\sigma_3 - \sigma_1$ ）で比べると、①では2.4 kgf/cm²、②では8.3 kgf/cm²、③では5.3 kgf/cm²であった。方位と傾斜角（水平面に対し下向きの角度）を比べると、 σ_3 に関し①と②では方位で52°、傾斜角で32°、①と③では方位で54°、傾斜角で30°の差が生じたが、②と③を比較すると方位で2°、傾斜角で2°の違いにすぎない。同様に σ_1 に関して①と②では方位で63°、傾斜角で31°、①と③では方位で29°、傾斜角で2°、②と③では方位で92°、傾斜角では33°の違いが生じた。

水平面内では最大応力 σ_2' と最小応力 σ_1' の差は①では0.6 kgf/cm²、②では1.4 kgf/cm²、③では3.8 kgf/cm²である。 σ_2' の方位は①ではN 59° W (N129° E)、②ではN107° W (N73° E)、③ではE-Wであり、①ではほぼ等圧状態であるが、②、③ではおおよそ東西方向を示した。

南北断面(Y-Z面)では①～③の応力値に若干の差があるものの σ_2' と σ_1' の傾斜角はほぼ同傾向である。

東西断面(Z-X面)でも①～③の応力値に若干の差があり、①の σ_2' 方向が鉛直に近いのに対し、②と③の σ_2' 方向は鉛直から東に38～39°傾斜する。

鉛直応力（ σ_z ）は①では-15.5 kgf/cm²、②では-13.8 kgf/cm²、③では-17.1 kgf/cm²で

表 7.1 初 期 應 力 算 出 結 果

組 合 せ		6 応力成分 [標準偏差] (kgf/cm ²)		三 次 元 主 応 力		面 内 応 力 (kgf/cm ²)		組 合 せ	6 応力成分 [標準偏差] (kgf/cm ²)		三 次 元 主 応 力		面 内 応 力 (kgf/cm ²)	
MS-1-1	直 応 力	$\sigma_x = -13.5$ [1.4]	最 小 主 応 力	$\sigma_1 = -13.1$ kgf/cm ² [方 位] N149° W [傾斜角] 8° [方向余弦(l, m, n)] (0.517, 0.844, 0.142)	X-Y 面 (水平 面)	$\sigma_1' = -13.1$ $\sigma_2' = -13.7$ $\theta = 59^\circ$	MS-3-1	直 応 力	$\sigma_x = -12.2$ [1.2]	最 小 主 応 力	$\sigma_1 = -8.9$ kgf/cm ² [方 位] N 86° W [傾斜角] 39° [方向余弦(l, m, n)] (0.773, -0.048, 0.633)	X-Y 面 (水平 面)	$\sigma_1' = -11.0$ $\sigma_2' = -12.4$ $\theta = -73^\circ$	
		$\sigma_y = -13.3$ [1.1]							$\sigma_y = -11.1$ [0.7]					
		$\sigma_z = -15.5$ [1.1]		中 間 主 応 力	$\sigma_2 = -13.7$ kgf/cm ² [方 位] N121° E [傾斜角] 0° [方向余弦(l, m, n)] (-0.853, 0.522, 0.001)	Y-Z 面 (南北 断面)			$\sigma_1' = -13.2$ $\sigma_2' = -15.5$ $\theta = 8^\circ$	$\sigma_z = -13.8$ [0.8]	中 間 主 応 力	$\sigma_2 = -11.1$ kgf/cm ² [方 位] N171° W [傾斜角] 5° [方向余弦(l, m, n)] (-0.011, 0.996, 0.090)	Y-Z 面 (南北 断面)	$\sigma_1' = -11.1$ $\sigma_2' = -13.9$ $\theta = 6^\circ$
	剪 断 力	$\tau_{xy} = 0.2$ [0.4]	最 大 主 応 力					剪 断 力	$\tau_{xy} = -0.4$ [0.2]					
		$\tau_{yz} = 0.3$ [0.4]		$\sigma_3 = -15.5$ kgf/cm ² [方 位] N 31° E [傾斜角] 82° [方向余弦(l, m, n)] (-0.074, -0.121, 0.990)	Z-X 面 (東西 断面)	$\sigma_1' = -13.5$ $\sigma_2' = -15.5$ $\theta = 85^\circ$			$\tau_{yz} = 0.3$ [0.2]	最 大 主 応 力	$\sigma_3 = -17.2$ kgf/cm ² [方 位] N 83° E [傾斜角] 50° [方向余弦(l, m, n)] (-0.635, -0.077, 0.769)	Z-X 面 (東西 断面)	$\sigma_1' = -8.9$ $\sigma_2' = -17.2$ $\theta = 51^\circ$	
		$\tau_{zx} = 0.2$ [0.4]							$\tau_{zx} = 4.1$ [0.5]					
MS-2-1 MS-3-1 の組合せ	直 応 力	$\sigma_x = -16.5$ [1.8]	最 小 主 応 力	$\sigma_1 = -12.7$ kgf/cm ² [方 位] N178° W [傾斜角] 6° [方向余弦(l, m, n)] (0.036, 0.994, 0.101)	X-Y 面 (水平 面)	$\sigma_1' = -12.7$ $\sigma_2' = -16.5$ $\theta = 90^\circ$	*電算機入力時のファイル名 - MS-1-1 MS1-1B, 重みは全ゲージ A - MS-3-1 MS3-1C, 重みは 6 ゲージ C - MS-2-1+MS-3-1 MS2-1B, 重みは1,3ゲージ C MS3-1C, 重みは 6 ゲージ C							
		$\sigma_y = -12.7$ [1.4]												
		$\sigma_z = -17.1$ [1.6]		中 間 主 応 力	$\sigma_2 = -15.6$ kgf/cm ² [方 位] N 84° W [傾斜角] 37° [方向余弦(l, m, n)] (0.790, -0.090, 0.606)	Y-Z 面 (南北 断面)								$\sigma_1' = -12.7$ $\sigma_2' = -17.1$ $\theta = 5^\circ$
	剪 断 力	$\tau_{xy} = 0.0$ [0.5]	最 大 主 応 力				剪 断 力							
		$\tau_{yz} = 0.4$ [0.6]		$\sigma_3 = -18.0$ kgf/cm ² [方 位] N 85° E [傾斜角] 52° [方向余弦(l, m, n)] (-0.612, -0.058, 0.789)	Z-X 面 (東西 断面)	$\sigma_1' = -15.6$ $\sigma_2' = -18.0$ $\theta = 52^\circ$								
		$\tau_{zx} = 1.2$ [0.6]												

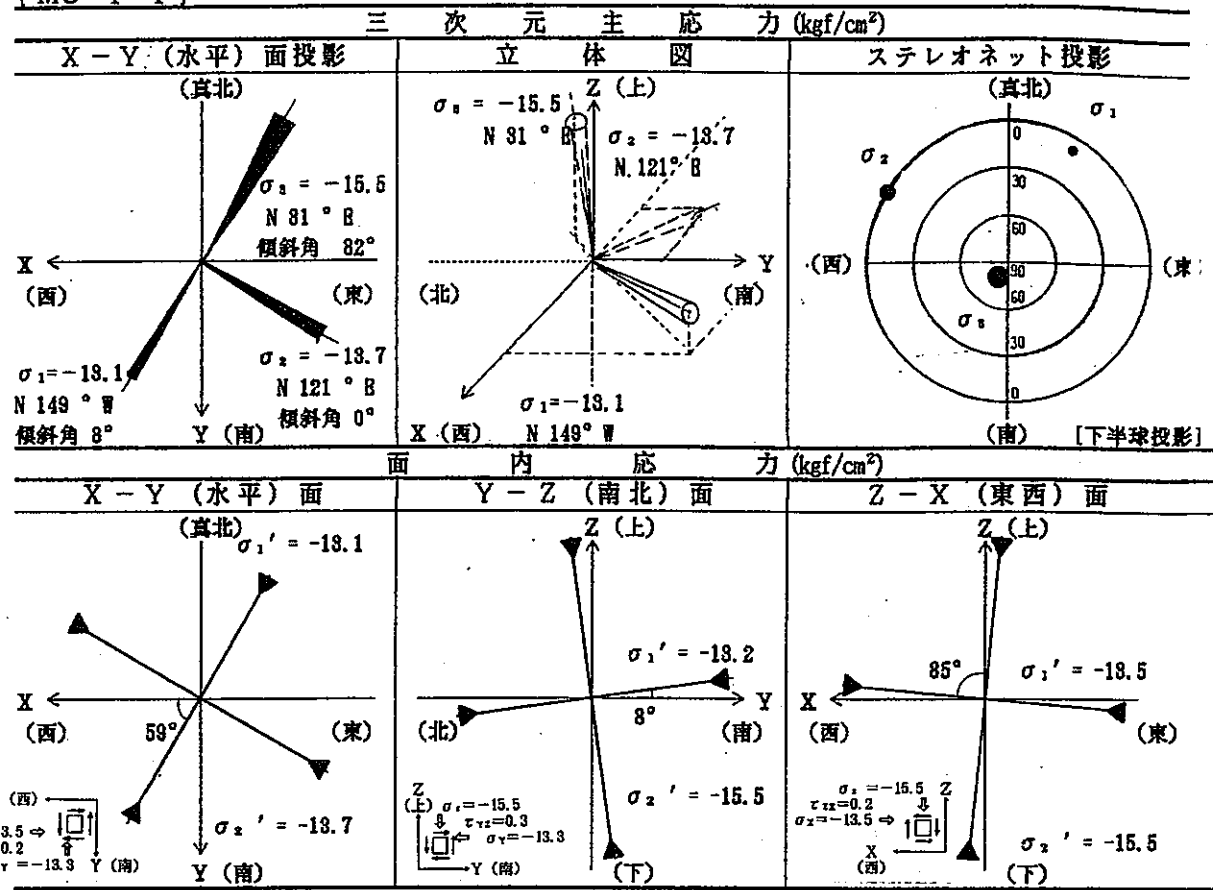
*電算機入力時のファイル名

- MS-1-1 MS1-1B, 重みは全ゲージ A
- MS-3-1 MS3-1C, 重みは 6 ゲージ C
- MS-2-1+MS-3-1 MS2-1B, 重みは1,3ゲージ C
MS3-1C, 重みは 6 ゲージ C

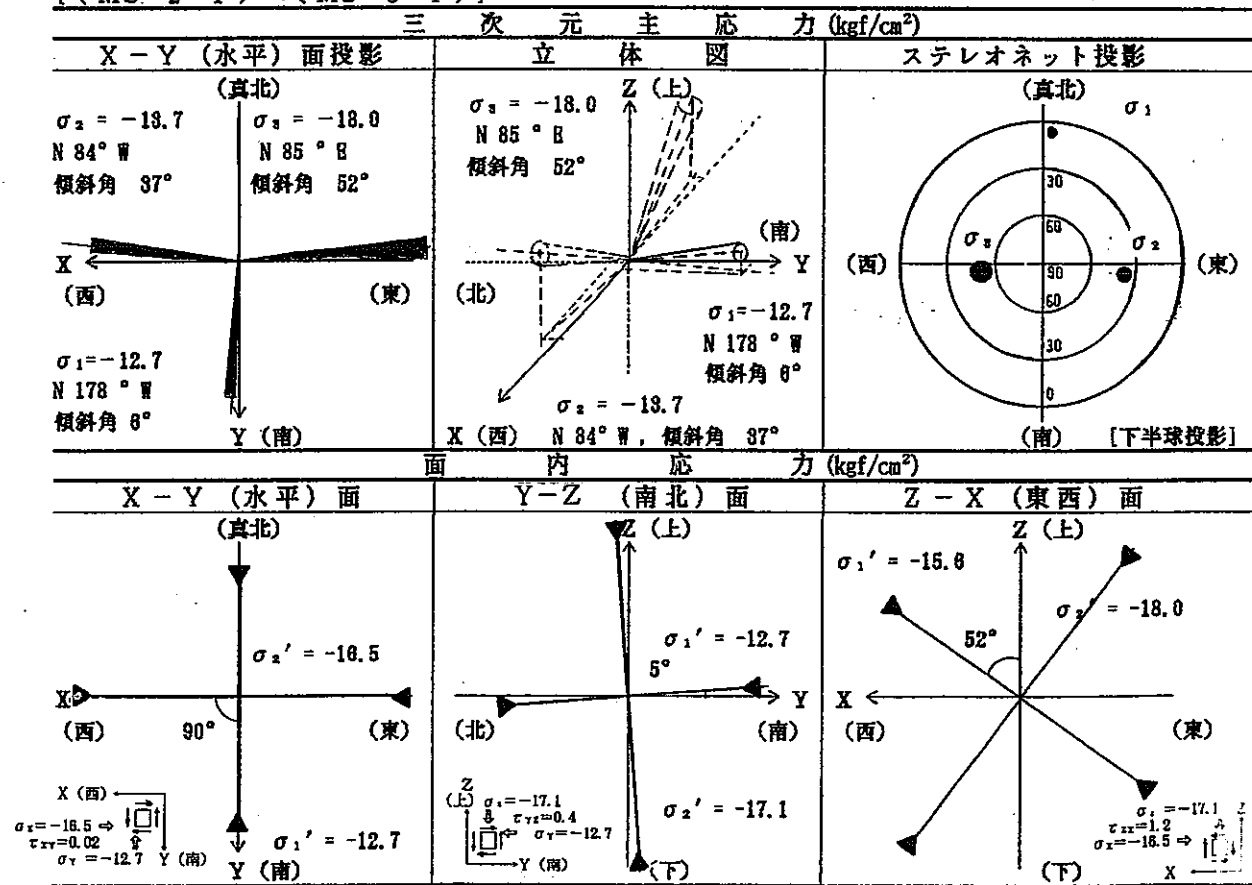
(6 応力成分)	(三次元主応力)	(面内応力)
σ_x : X 軸 (東西) 方向の直応力 σ_y : Y 軸 (南北) " σ_z : Z 軸 (鉛直) " τ_{xy} : X-Y 面 (水平面) 上の剪断応力 τ_{yz} : Y-Z 面 (南北断面) " τ_{zx} : Z-X 面 (東西断面) "	σ_1 : 最小主応力 σ_2 : 中間主応力 σ_3 : 最大主応力 (方向余弦) l : X 軸 m : Y 軸 n : Z 軸	σ_1' : 面内最小応力 σ_2' : 面内最大応力 θ : X-Y 面ではX 軸, Y-Z 面ではY 軸, Z-X 面では Z 軸からの σ_1 の角度を 左回りを正として表した

・ 応力値の－は圧縮応力を表す

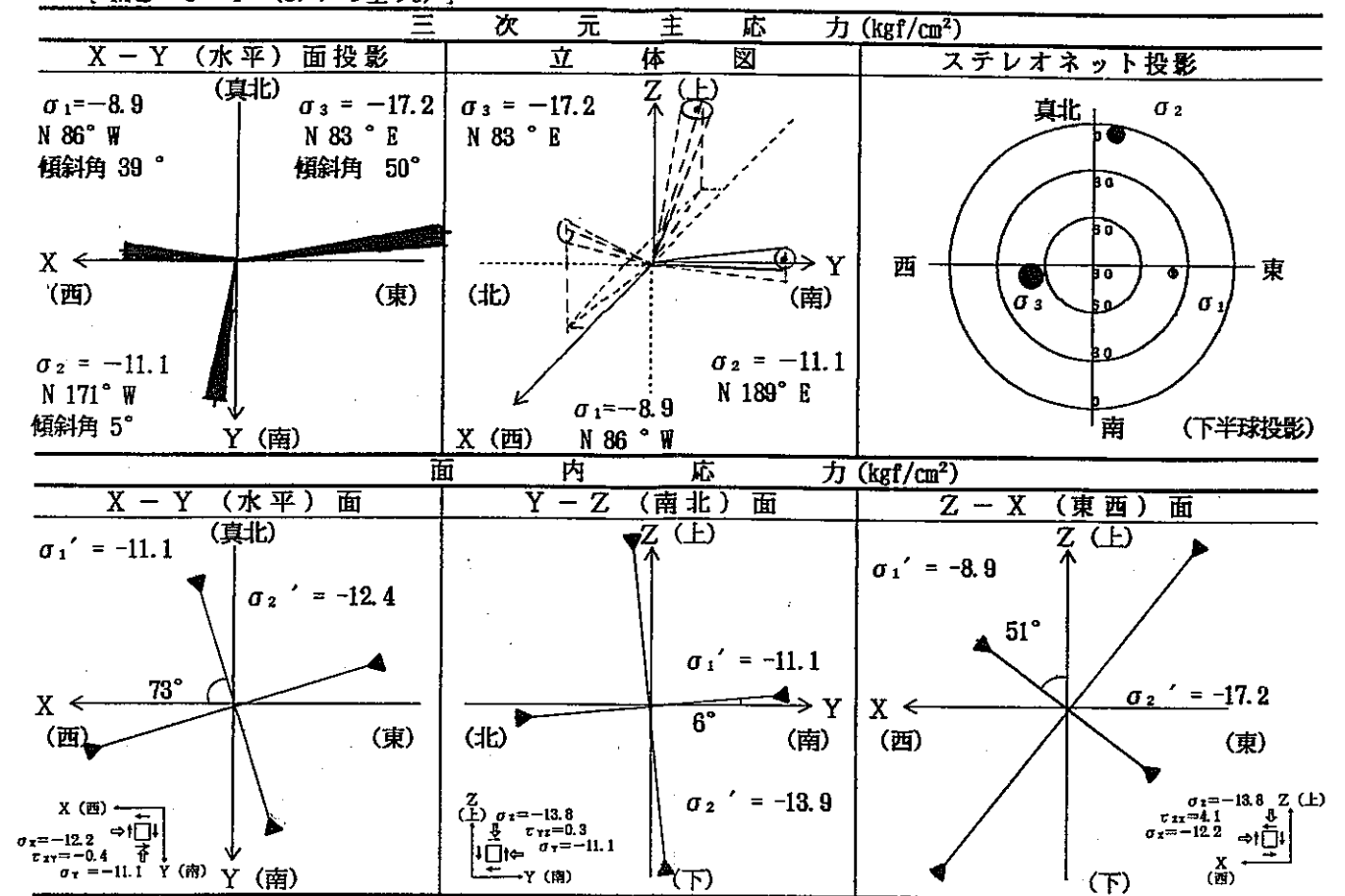
[MS-1-1]



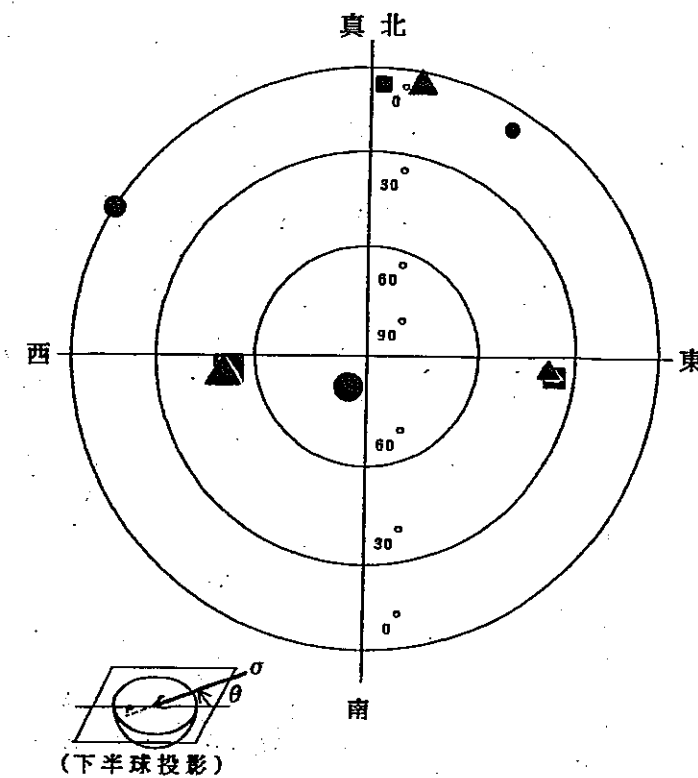
[(MS-2-1) + (MS-3-1)]



[MS-3-1 (6f-7の重みC)]



[ステレオネットによる三次元主応力の比較]



組合せ	記号	応力値	方位 傾斜角
MS-1-1	●	σ_1	-13.1 N149° W 8°
	●	σ_2	-13.7 N121° E 0°
	●	σ_3	-15.5 N 31° E 82°
MS-3-1	▲	σ_1	- 8.9 N 86° W 39°
	▲	σ_2	-11.1 N171° W 5°
	▲	σ_3	-17.2 N 83° E 50°
MS-2-1 + MS-3-1	■	σ_1	-12.7 N178° W 6°
	■	σ_2	-15.6 N 84° W 37°
	■	σ_3	-18.0 N 85° E 52°

* 応力値の単位は kgf/cm²

図 7.1 三次元主応力および面内応力

ある。

直応力 (σ_x , σ_y , σ_z) の標準偏差を比べてみると、最大でも①は1.4 kgf/cm²、②は1.2 kgf/cm²、③は1.8kgf/cm²と測定値の約10%程度でばらつきは小さいと言える。

このように傾向の違う測定結果になった要因は地質、地質構造、剛性などいくつか考えられ、本章第3節以降に詳しく述べる。

7.2 面内ひずみ分布

最小二乗法で正規化されたひずみ分布曲線と測定ひずみとのばらつき具合を確認するために、基準座標系による各面内 (X-Y面, Y-Z面, Z-X面, S-Z面およびT-Z面) のひずみ分布図を作成し図 7.2~7.4 に示した。これらの図上に測定で得られた各ゲージの測定ひずみ (見掛けのひずみ) をプロットした。○は重みの判定がA、●はCである。

図 7.2は①で得られたひずみ分布図である。測定ひずみとひずみ分布曲線は非常に整合的であり、重みの判定はすべてAであることがわかる。

図 7.3は②で得られたひずみ分布図である。図 7.4は③で得られたひずみ分布図である。MS-2-1の1ゲージおよび3ゲージは重みの判定がCであり、ひずみ分布曲線からかけ離れていることがわかる。MS-3-1の6ゲージはひずみ分布曲線での整合性は良いが、オーバーコアリング時のひずみ変化が不可解な挙動を示したために重みの判定はCである。これらの図からも測定結果の信頼性は良いと考える。

7.3 測定結果と地形および地質との関係

図 7.5は水平面内応力と局所的な地質との関係を表している。第5章 (図 5.3参照) でも述べたように、測定位置の地質は3点とも異なり、周辺岩盤に比べて極端にもろい岩質部もレンズ状に挟まっているなど測定位置周辺の地質は非常に複雑な状態である。この図からは局所的な地質の違いによる測定結果の違いを明確に説明できない。

図 7.6は三次元主応力と地形との関係を、図 7.7は水平面内応力と地形との関係を示したものである。また、図 7.8は南北断面内応力と地形、地質構造との関係を、図 7.9は東西断面内応力と地形との関係を示したものである。

いずれも地形の違いによる測定結果の違いは明確ではない。

7.4 鉛直応力と被り圧との関係

測定した鉛直応力 σ_z は①で $\sigma_z = -15.5\text{kgf/cm}^2$ 、②で $\sigma_z = -13.8\text{kgf/cm}^2$ 、③で $\sigma_z = -17.1\text{kgf/cm}^2$ である。一方、測定位置の土被り厚は約 137m であり、地表からの平均単位体積重量を $\rho = 2.0\text{ kgf/cm}^3$ とすれば、被り圧は約 27.4kgf/cm^2 、 1.8 kgf/cm^3 とすれば、被り圧は約 24.7kgf/cm^2 に相当する。いずれにしても、鉛直応力は被り圧に比べて小さい。

7.5 昭和63年度の測定結果との比較

この試験坑からは昭和63年度（平成元年2～3月）にも今回と同様な8成分ひずみ計を用いた応力解放法で初期応力測定を実施している⁸⁾。測定位置は図 1.4 に示した。測定孔は鉛直下向きに1孔削孔し、測定位置の地質は砂質泥岩～細粒砂岩である。3測定を実施し、「総合」という形でまとめてある（以後、前回の測定結果とする）。前回と今回の平均測定位置の標高は今回の方が約18m高い。平均土被り厚は前回の約159 m に対し、今回は約137 m であり、今回の方が約22m少ない。

地質や測定深度等が違うので単純には比較できないが、図 7.10 ～ 7.13 に前回と今回の測定結果を比較した。

図 7.10 は三次元主応力の方向をステレオネット（下半球投影）で表したものである。 σ_3 の方位は①で 48° ②で 100° ③では 102° の違いがあり、傾斜角は①で 80° ②で 48° ③では 50° の違いが生じた。

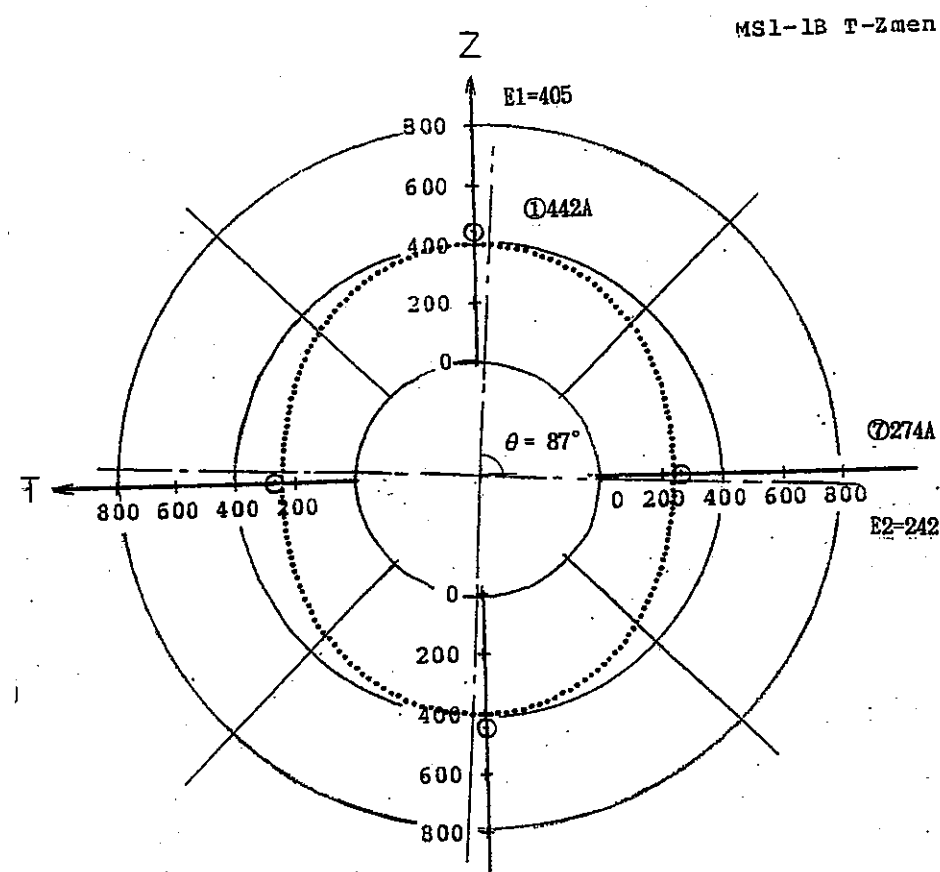
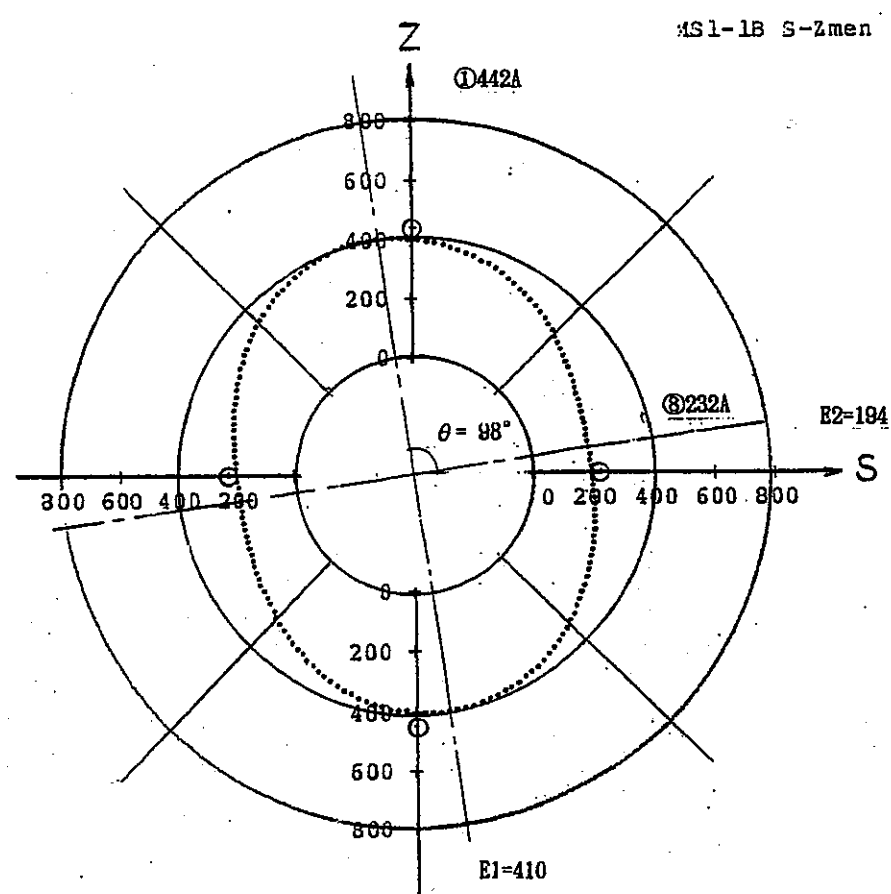
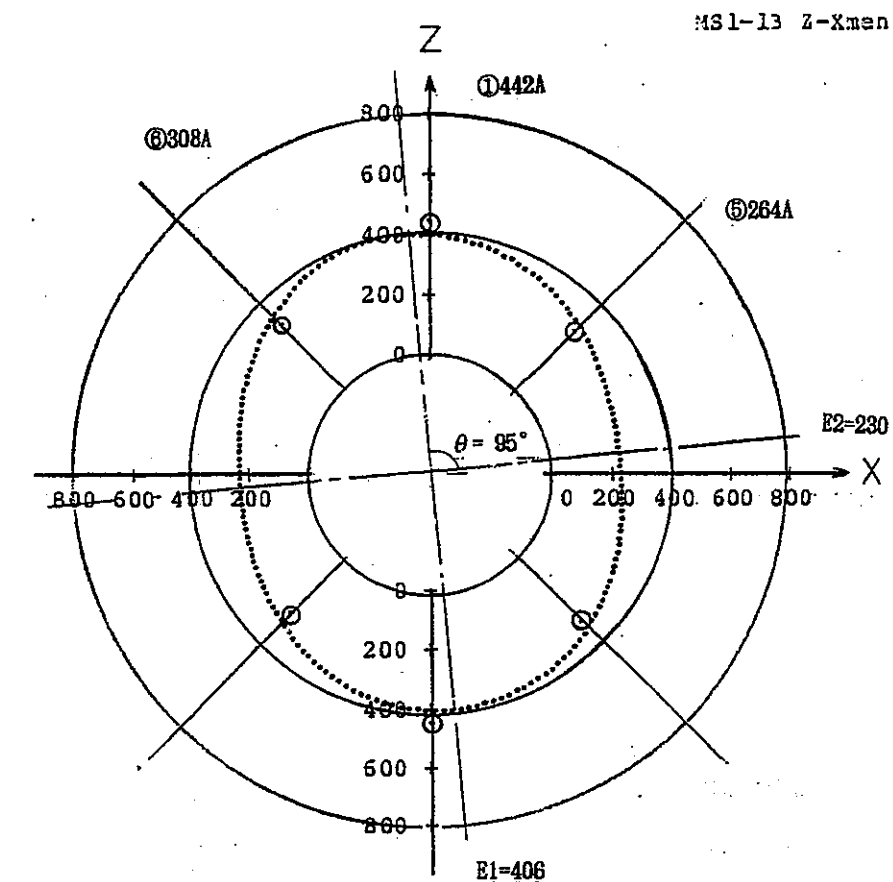
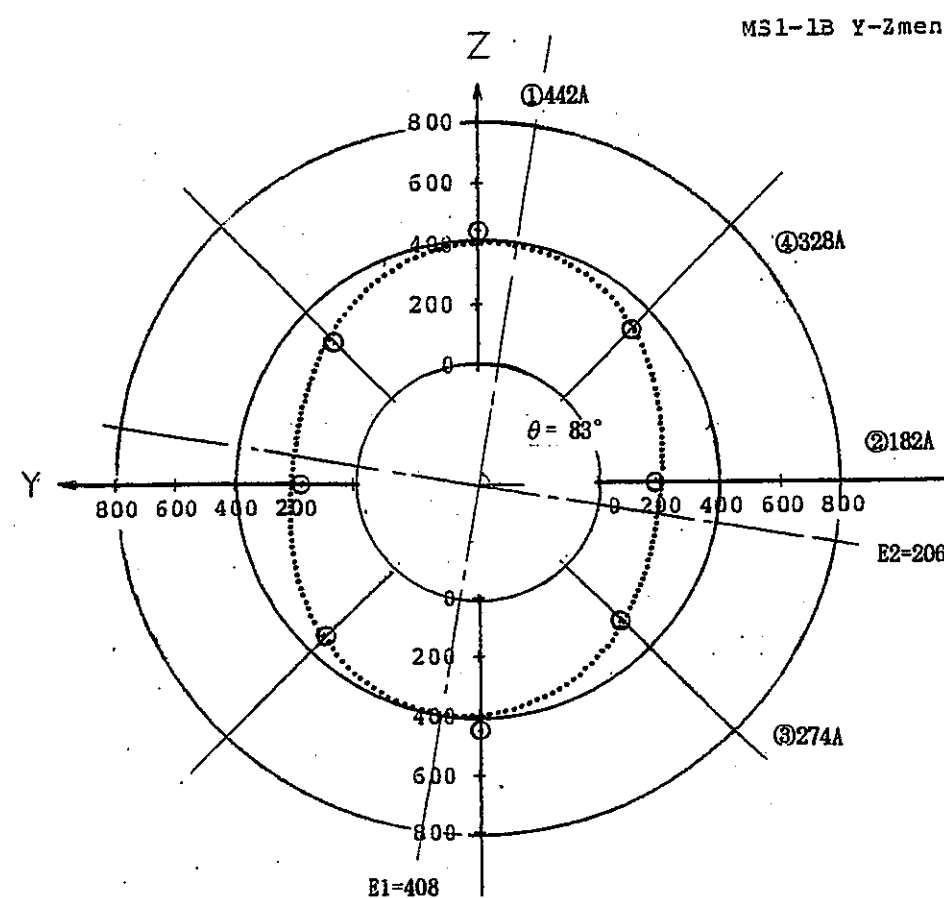
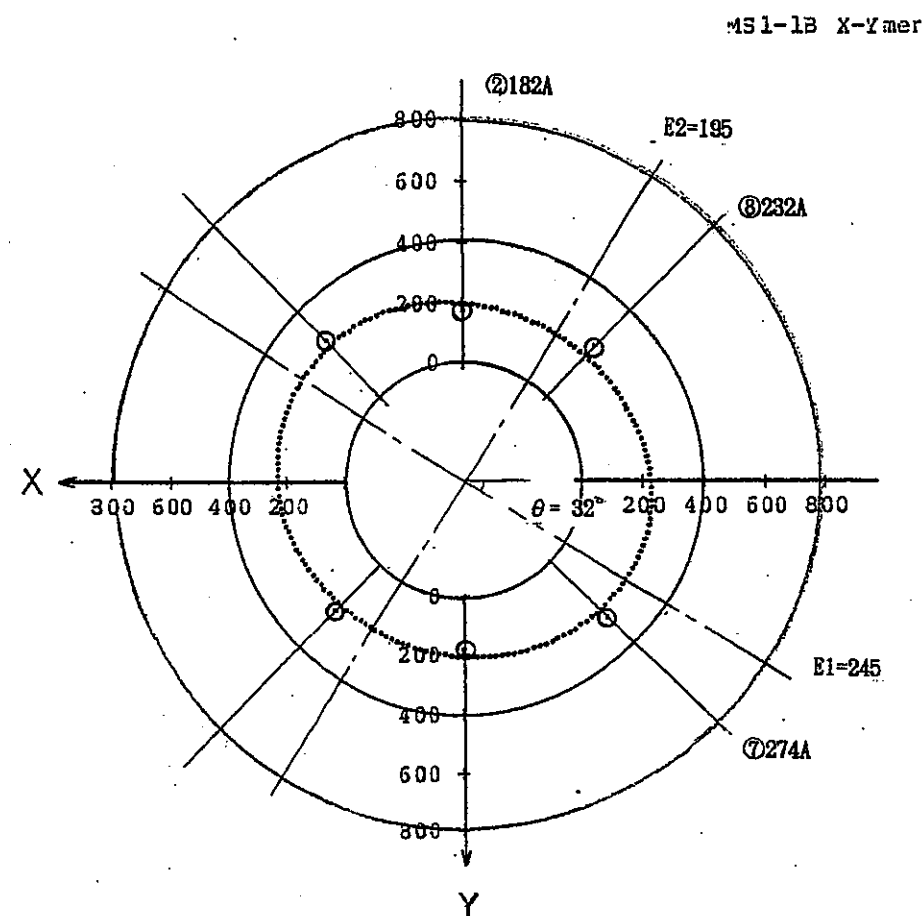
図 7.11 は水平面内応力の比較である。前回は最大応力の方向が北北西—南南東であったが、今回は①ではほぼ等圧なのに対し、②および③では概ね東西方向である。

図 7.12 は南北断面内応力の比較である。前回の最大応力の方向はほぼ水平であるが、今回は①～③のすべてがほぼ鉛直方向であり、両者には約 90° の違いが生じた。

図 7.13 は東西断面内応力の比較である。前回の最大応力の方向はほぼ鉛直であるが、今回は①ではほぼ鉛直であり、②および③では鉛直から東に $38\sim39^\circ$ 傾斜する。

鉛直応力 σ_z に関し、前回は約 159m の平均土被り厚（平均単位体積重量 $\rho = 2.0$ の場合、被り圧は -31.8kgf/cm^2 、 $\rho = 1.8$ の場合、 -28.6kgf/cm^2 ）に対して σ_z は -20.1kgf/cm^2 と被り圧より小さい値であった。今回の平均測定深度は前回より22m浅いので、この分の岩盤自重 ($4.0\sim4.4\text{ kgf/cm}^3$) を前回の σ_z (-20.1kgf/cm^2) から差し引くと、今回の σ_z は $-15.1\sim-16.1\text{kgf/cm}^2$ となり測定結果 ($-13.8\sim-17.1\text{kgf/cm}^2$) と計算上は良く対応する。

このように岩盤の初期応力状態は特に、三次元主応力や水平面内応力の方向に違いが生じている。昭和63年度(1989 年) から今回までの約5年間で地殻応力の大きな変化があったとは思えず、この地点特有の地質の不均質性や地質構造、岩盤の剛性の影響⁸⁾により、このような結果が得られたのではないかと推察される。



凡 例

ゲージ番号 ↓ ①
重み ↓ 442 A

↑
見掛けのひずみ ($\times 10^{-6}$)

○ : 見掛けのひずみで重み A
E1 : 面内の最大主ひずみ ($\times 10^{-6}$)
E2 : " 最小 " ($\times 10^{-6}$)
 θ : E1 の方向 (右横軸からの角度)
..... ひずみ分布曲線

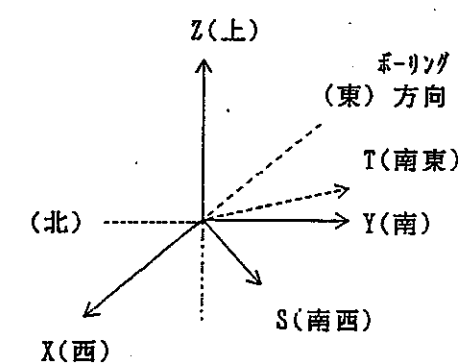
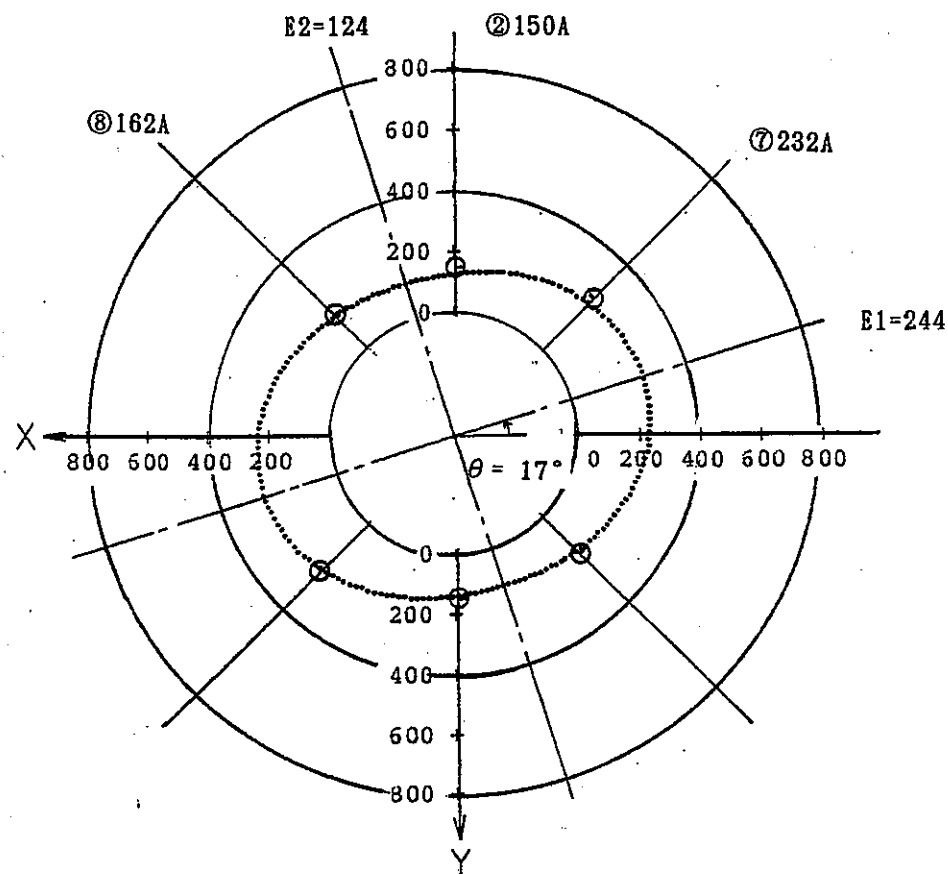
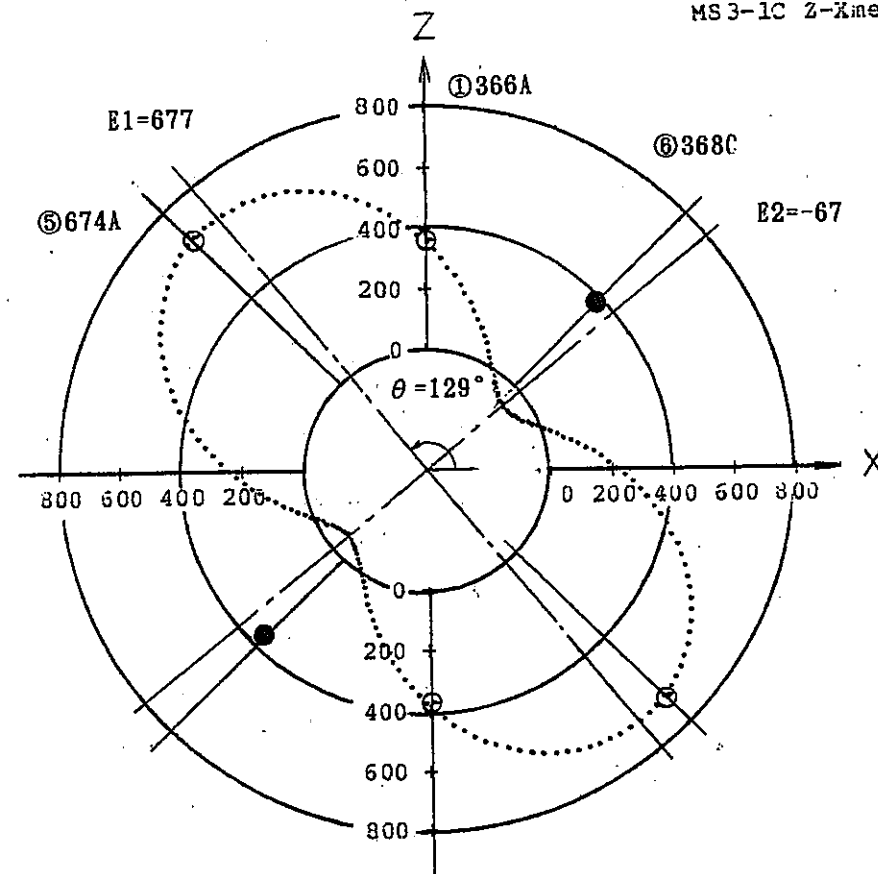


図 7.2 面内ひずみ分布 (MS-1-1)

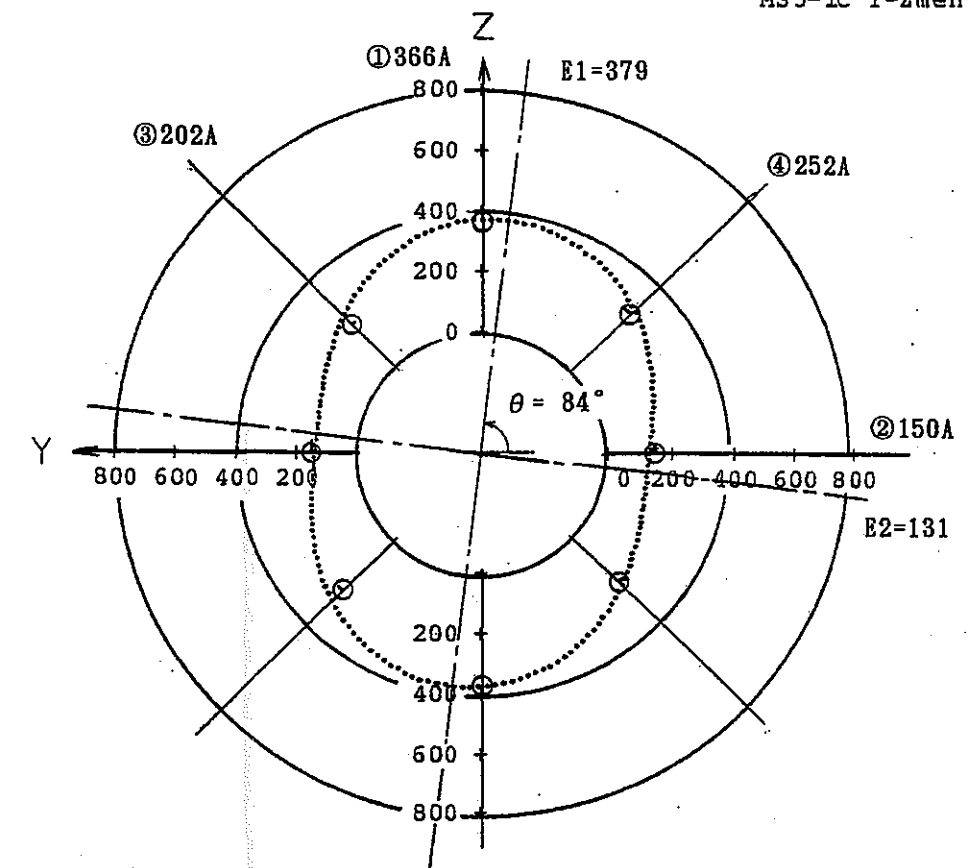
MS3-1C X-Y面



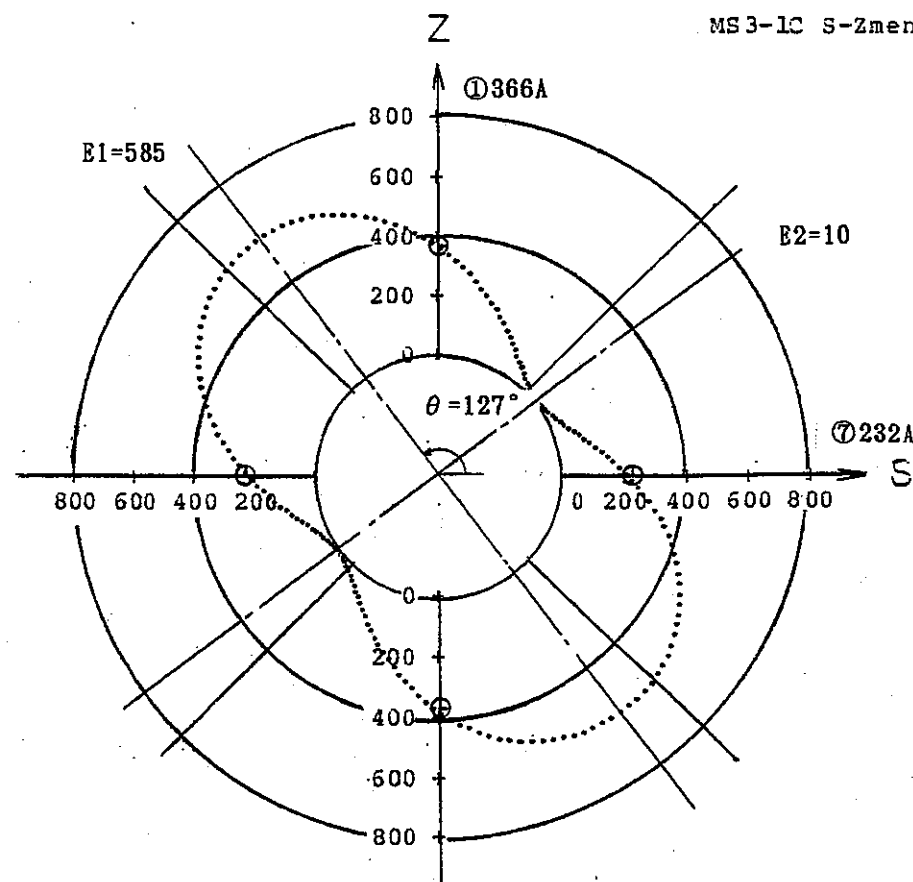
MS3-1C Z-X面



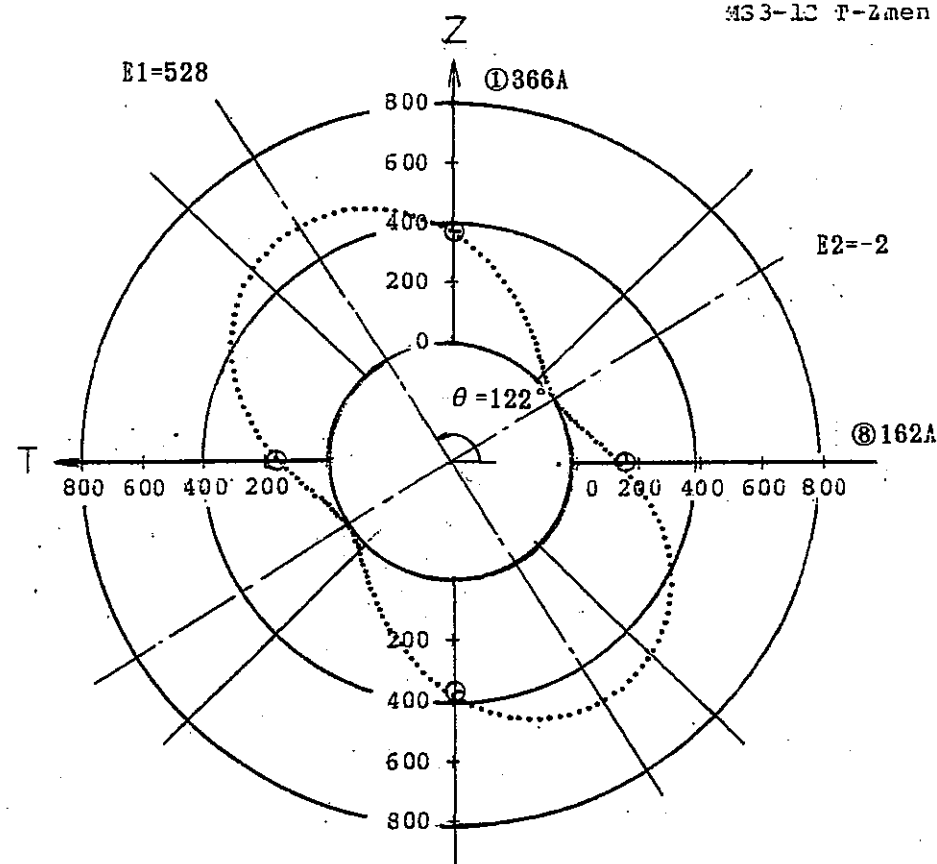
MS3-1C Y-Z面



MS3-1C S-Z面



MS3-1C T-Z面



凡 例

- ゲージ番号 ↓ ① 442 A ↓ 重み
- ↑ 見掛けのひずみ ($\times 10^{-6}$)
- : 見掛けのひずみで重み A
- : " " " C
- E1 : 面内の最大主ひずみ ($\times 10^{-6}$)
- E2 : " 最小 " ($\times 10^{-6}$)
- θ : E1の方向 (右横軸からの角度)
- ひずみ分布曲線

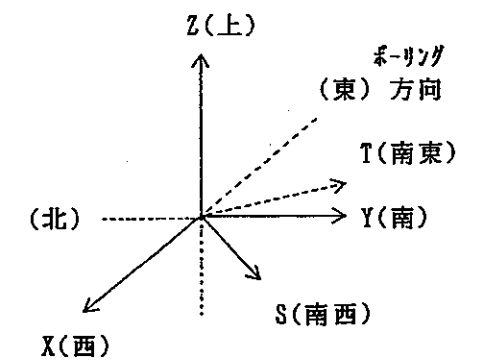
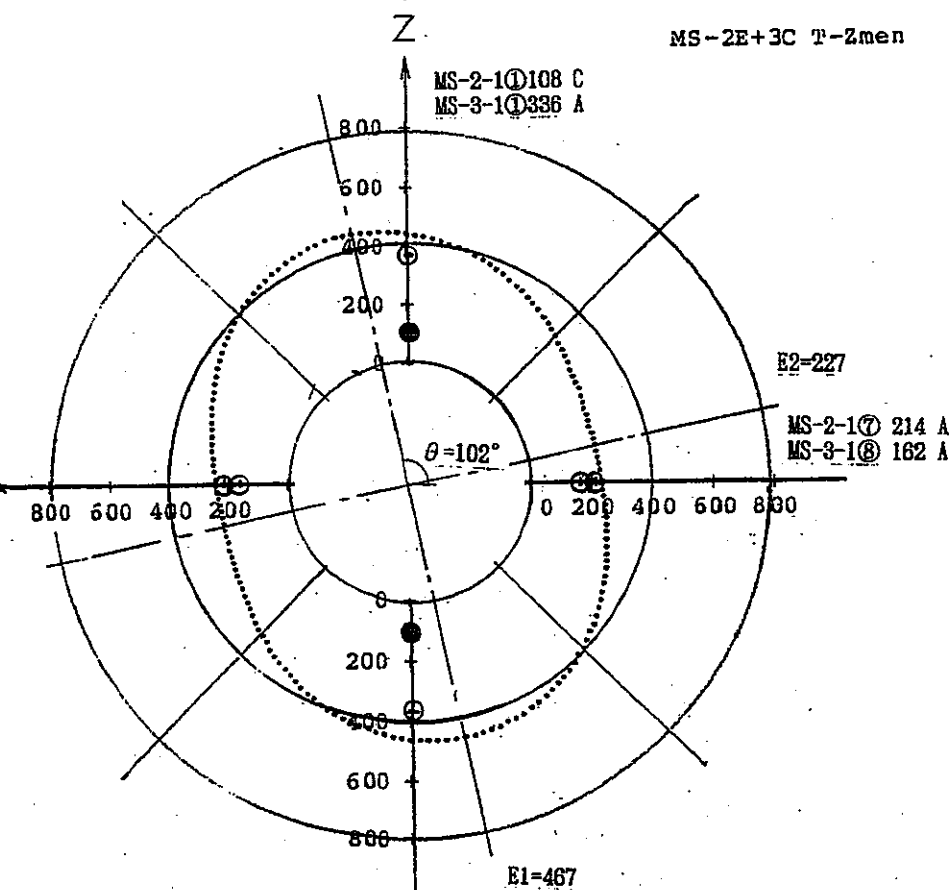
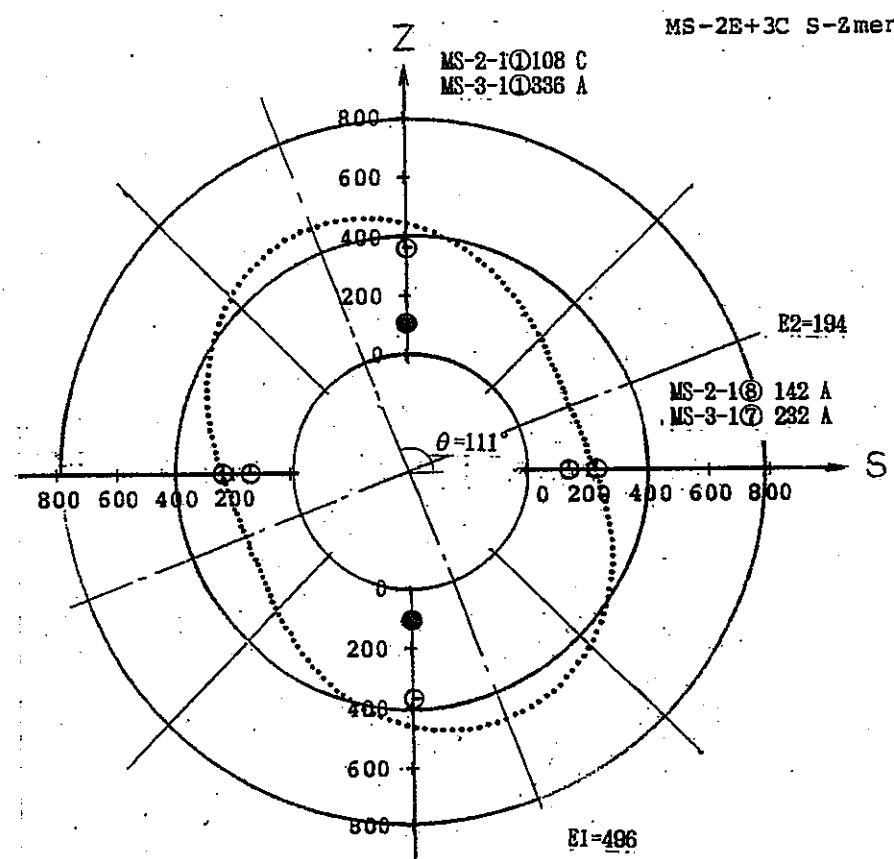
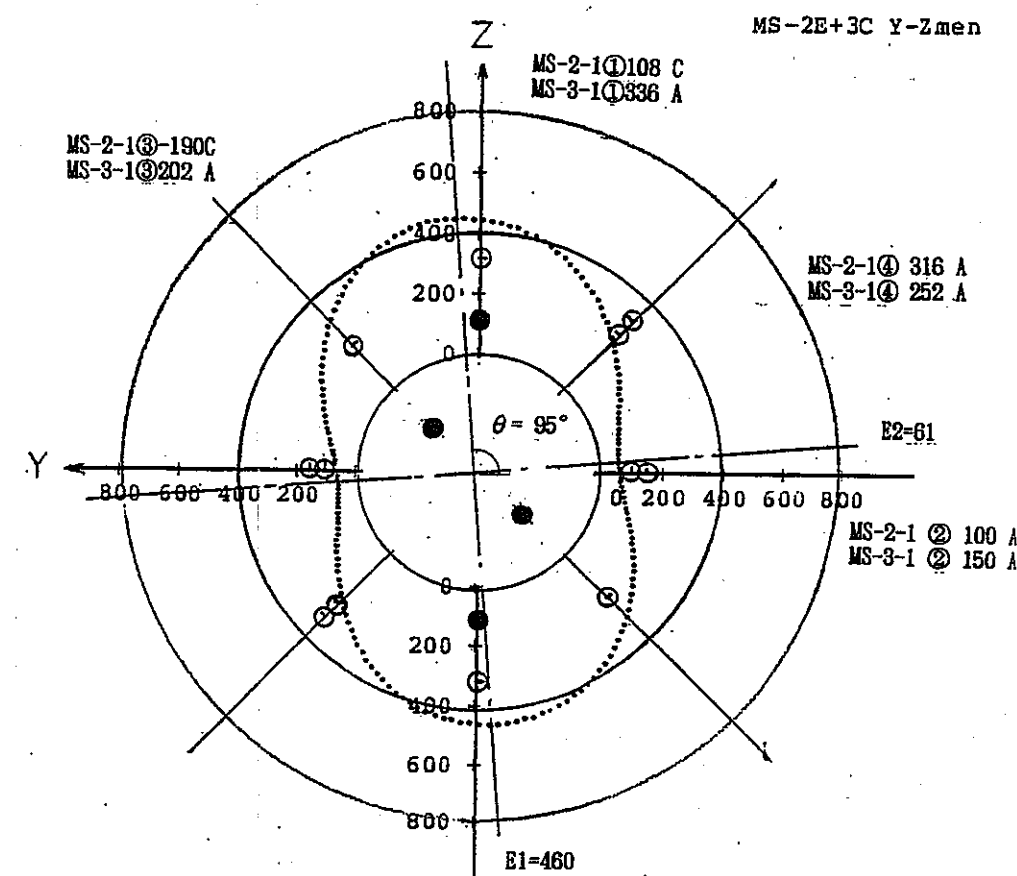
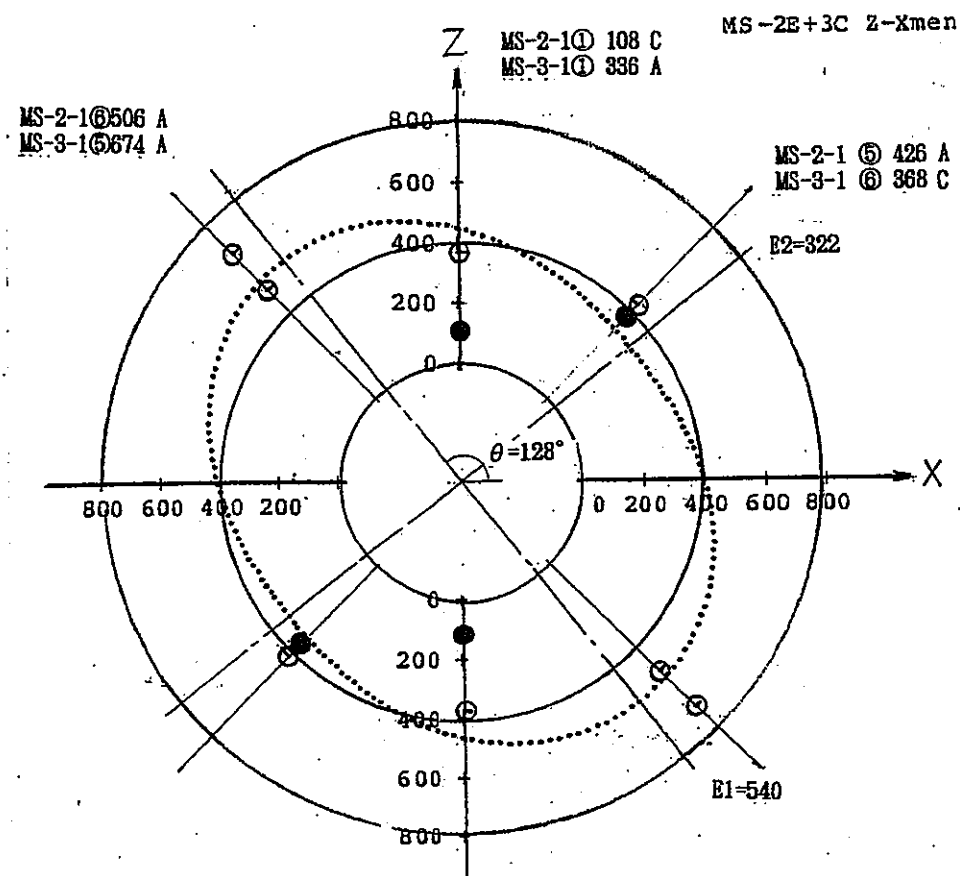
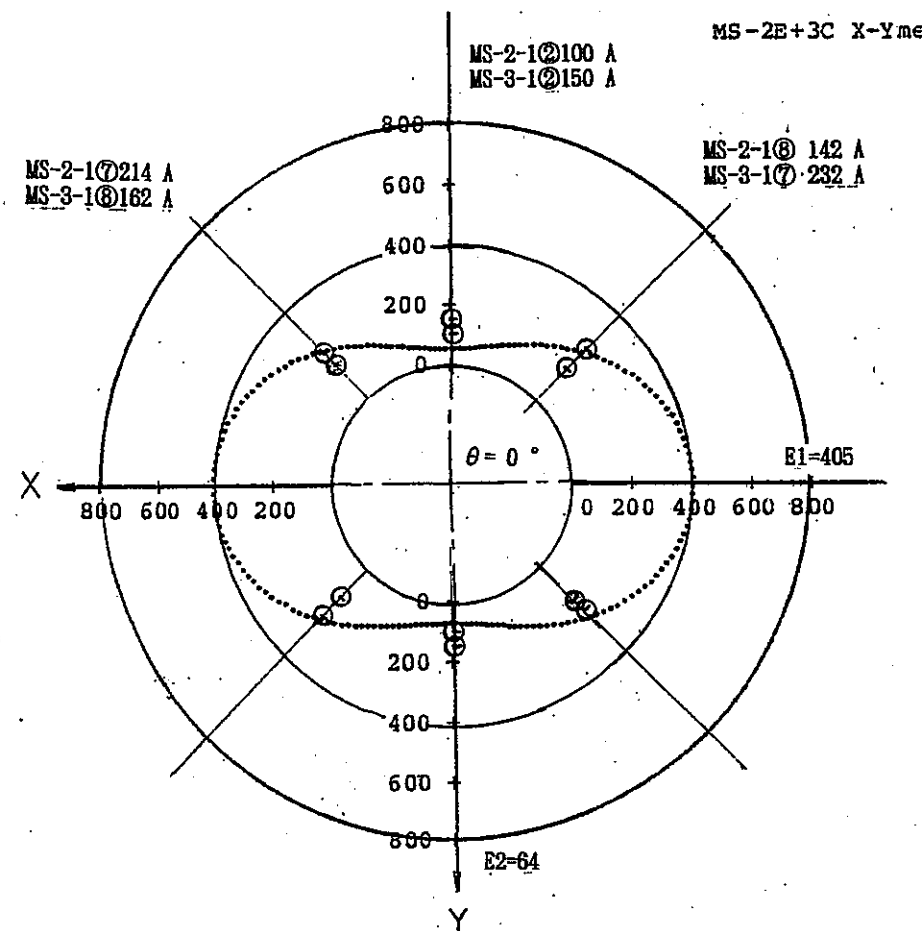


図 7.3 面内ひずみ分布 (MS-3-1)



凡 例

測定番号 見掛けのひずみ($\times 10^{-6}$)
 ↓ ↓
 MS-2-1 ① 108 C
 ↑ ↑
 ゲージ番号 重み
 ○ : 見掛けのひずみで重み A
 ● : " " " C
 E1 : 面内の最大主ひずみ($\times 10^{-6}$)
 E2 : " 最小 " ($\times 10^{-6}$)
 θ : E1の方向(右横軸からの角度)
 ひずみ分布曲線

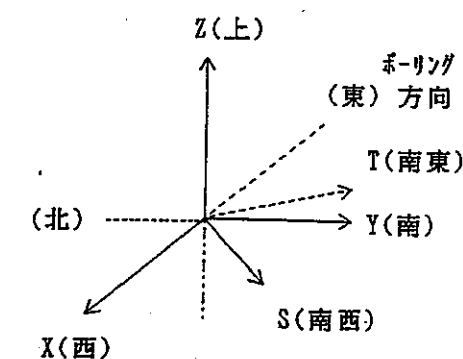


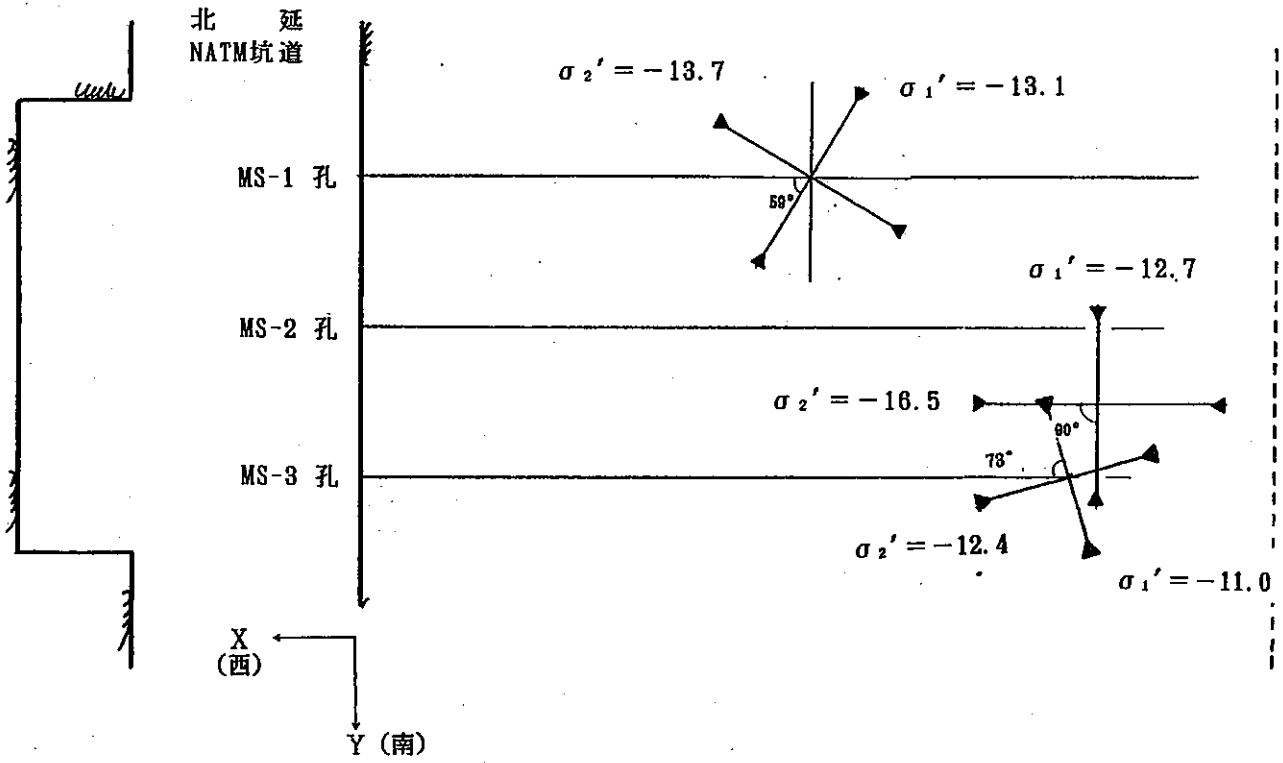
図 7.4 面内ひずみ分布 (MS-2-1+MS-3-1)

〔X-Y (水平) 面〕

T.N



坑道掘削予定線

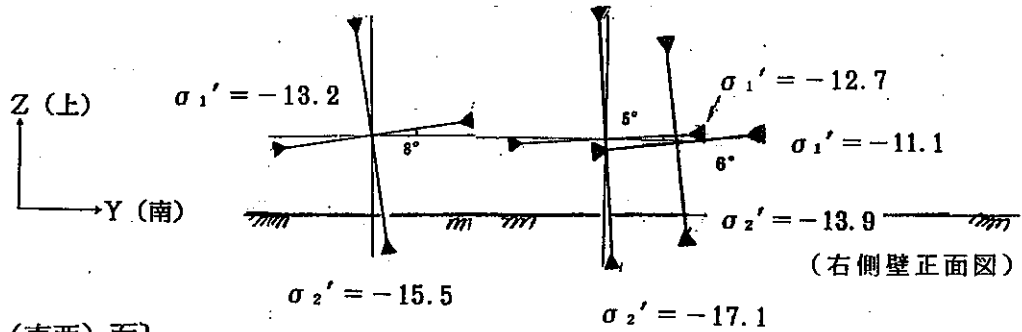


〔Y-Z (南北) 面〕

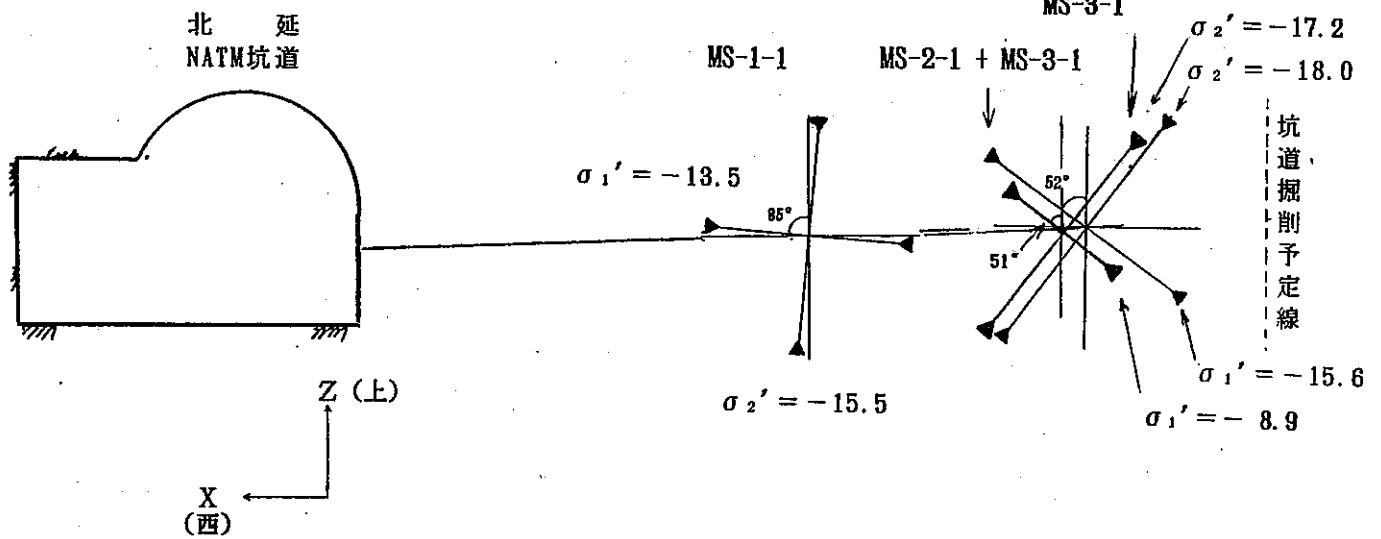
MS-1-1

MS-2-1 + MS-3-1

MS-3-1

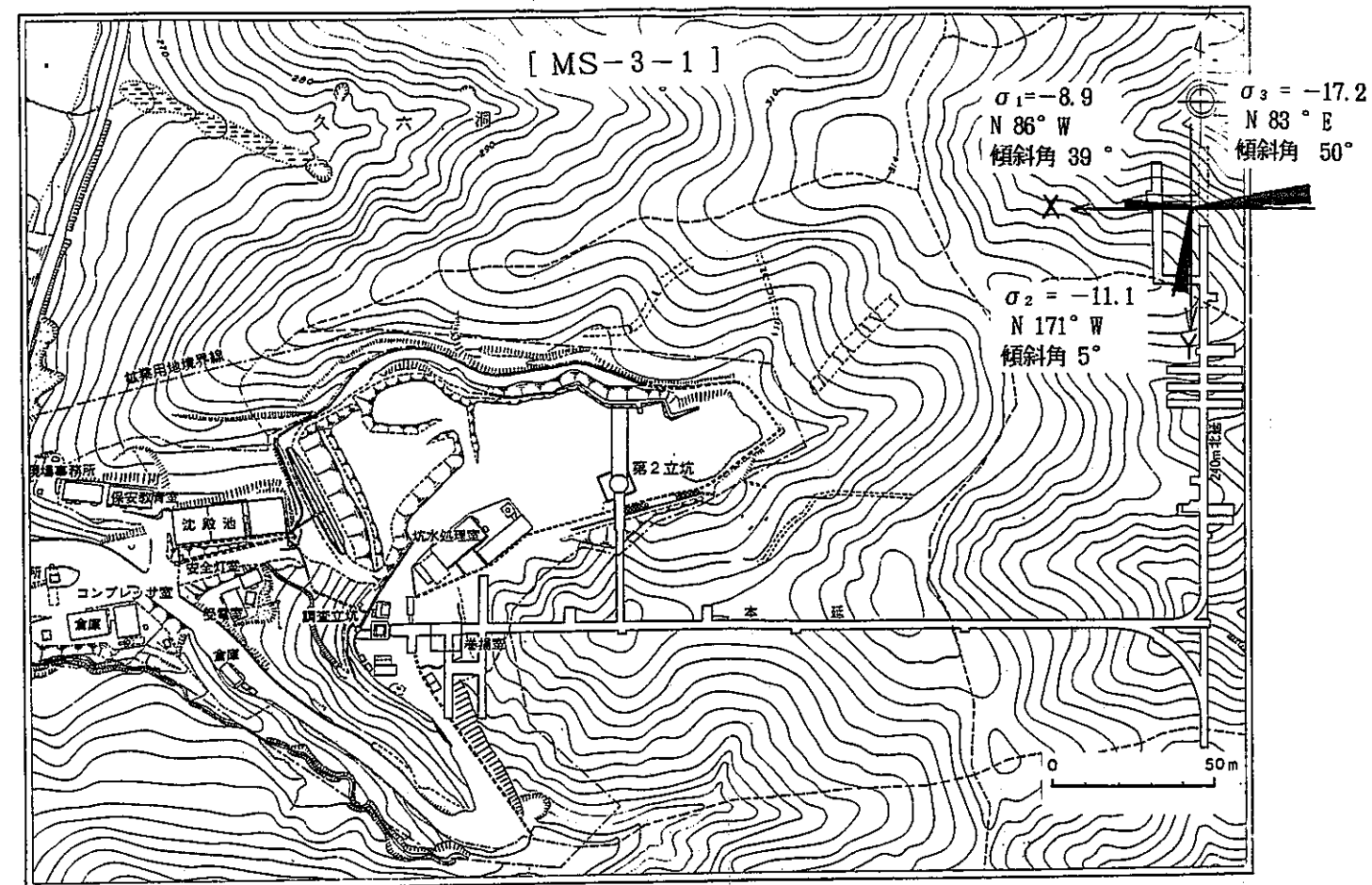
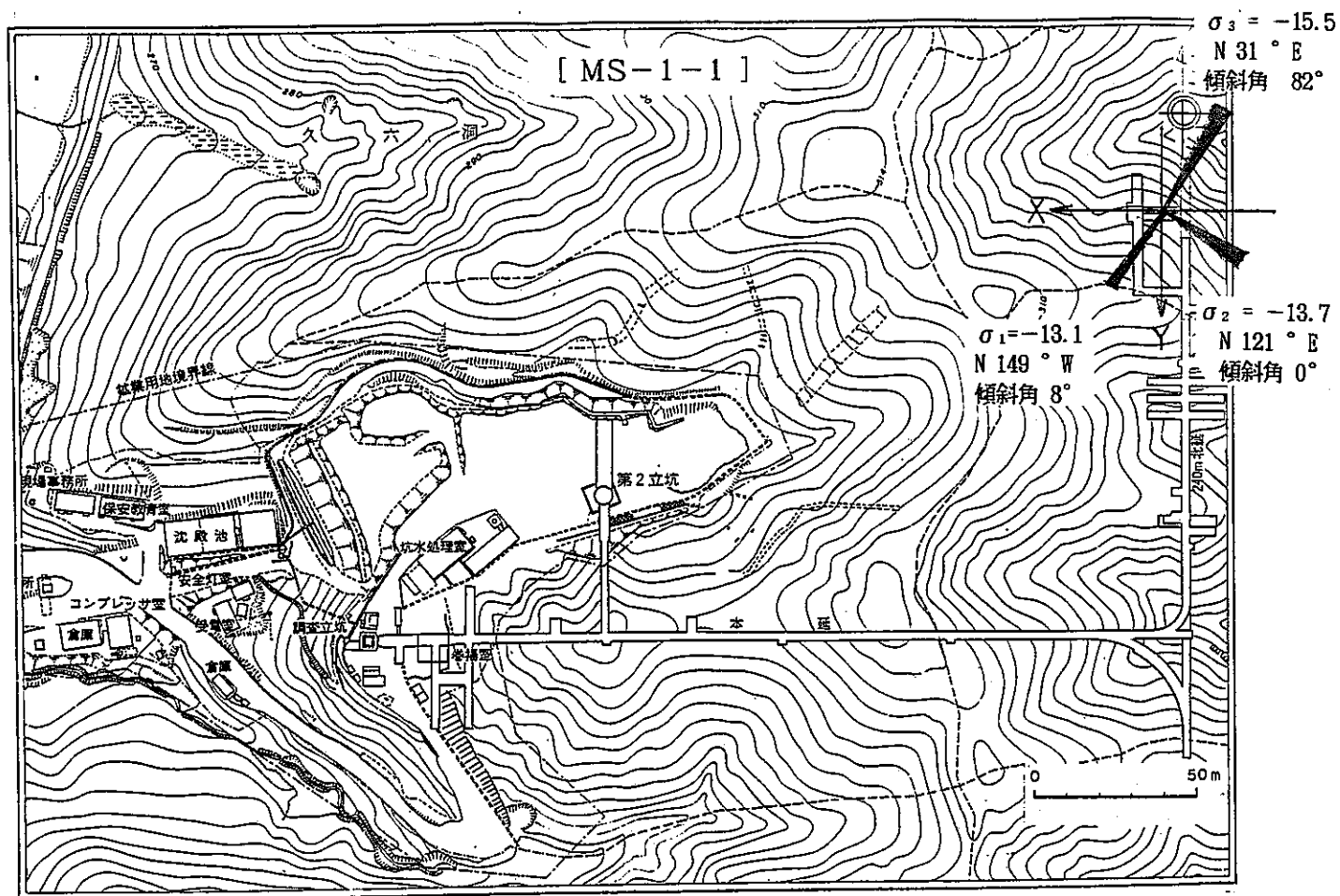


〔Z-X (東西) 面〕



応力の単位: kgf/cm²

図 7.5 面内応力の比較と地質



応力の単位: kgf/cm²

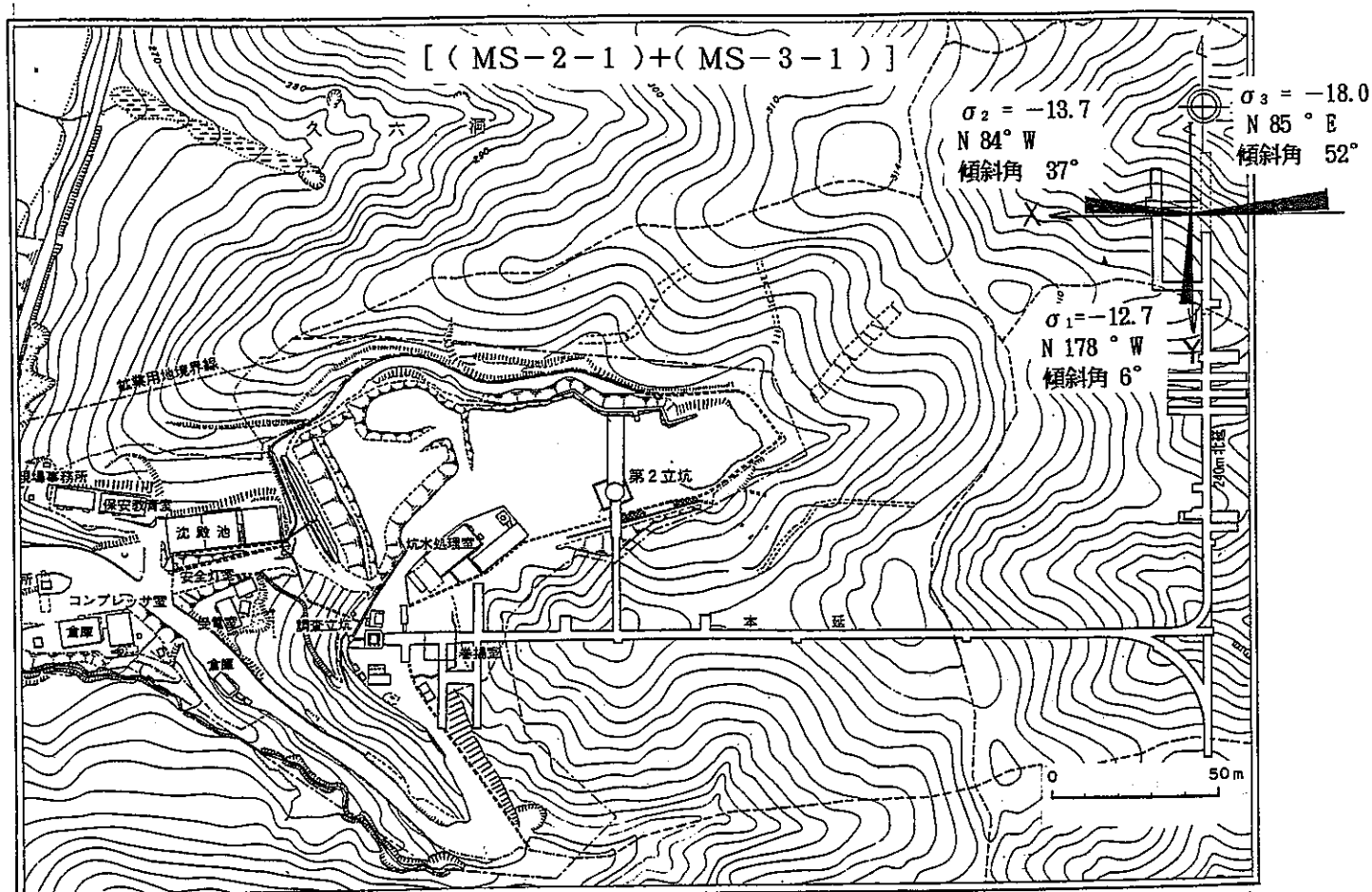
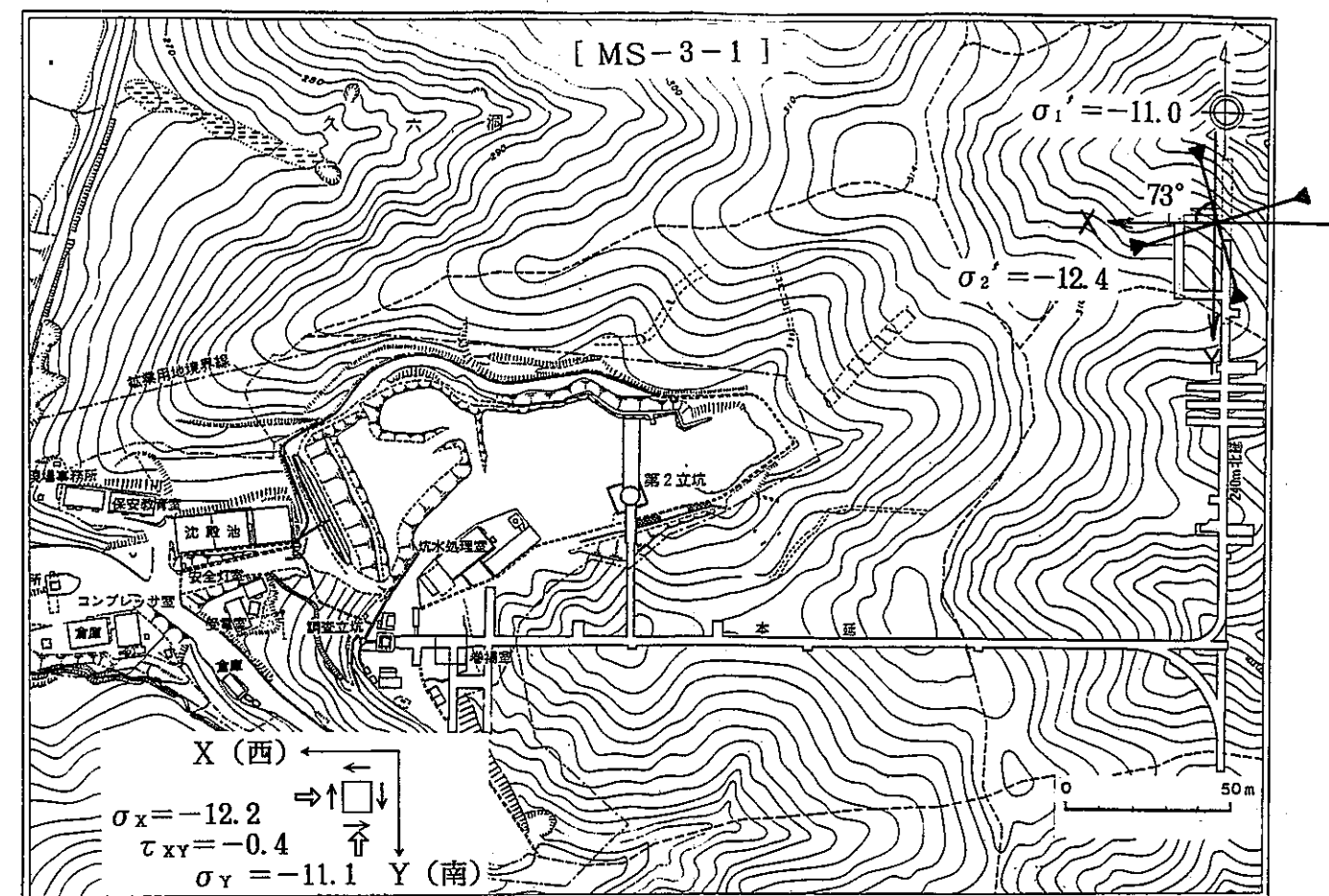
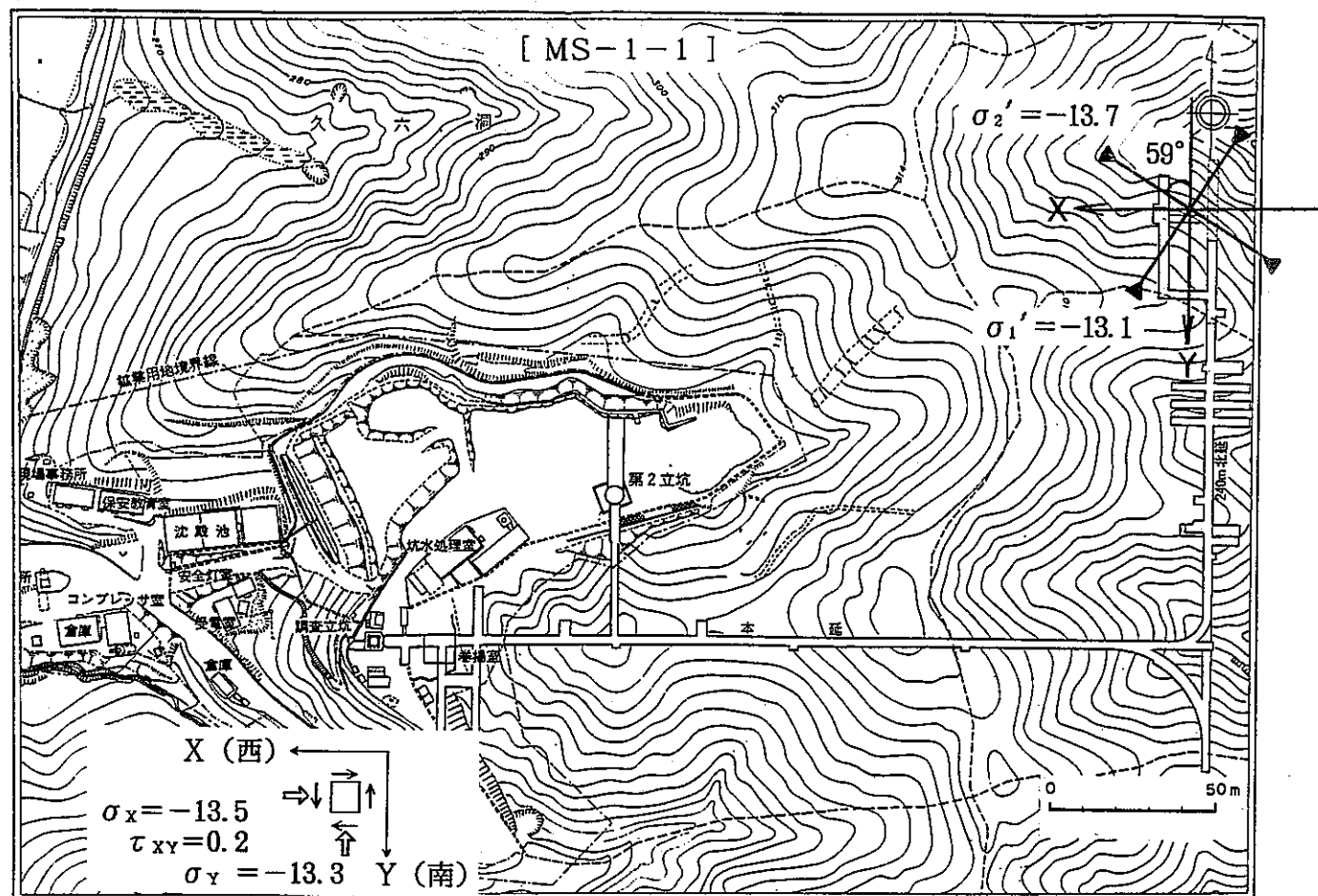


図 7.6 三次元主応力と地形との関係



応力の単位: kgf/cm²

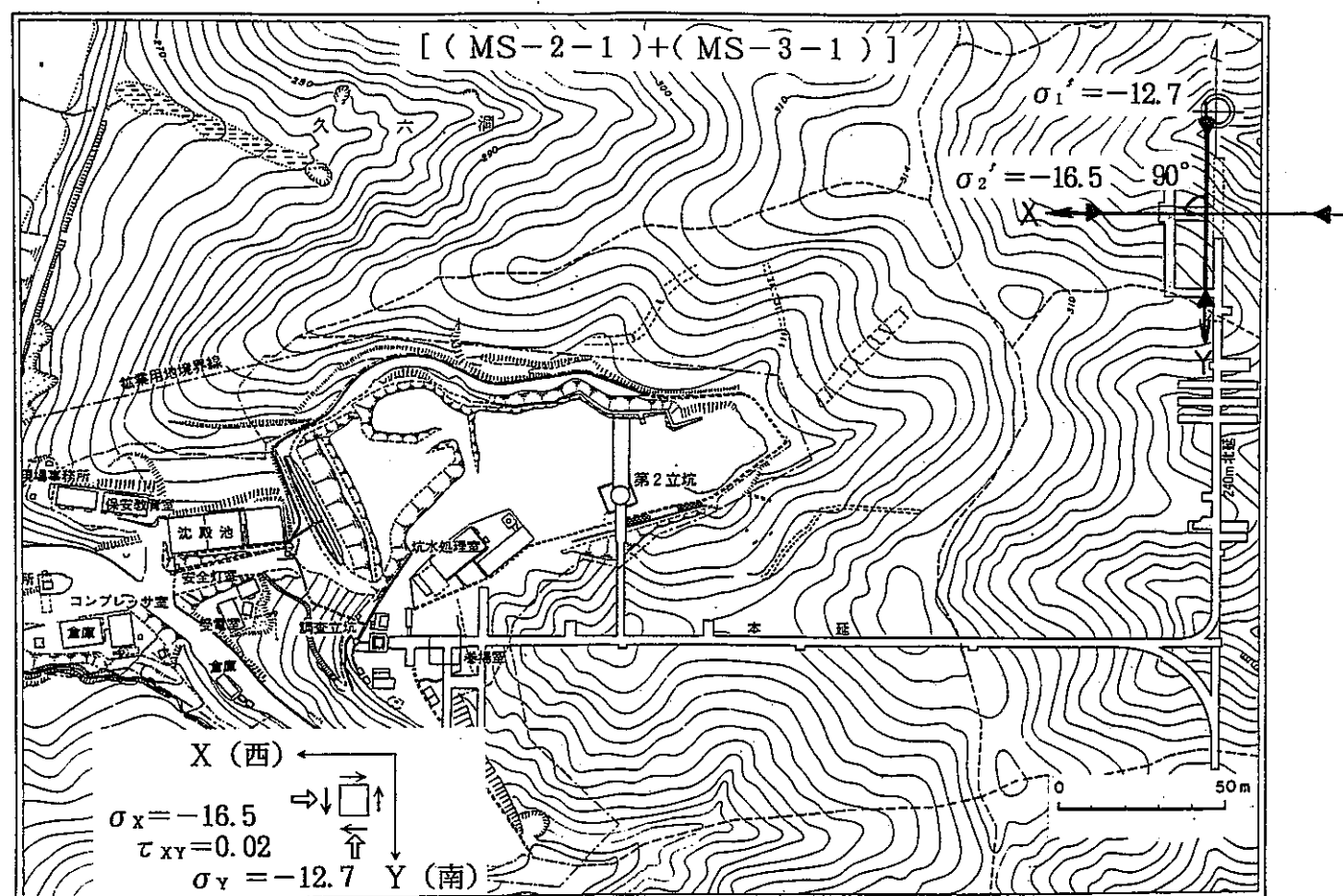


図 7.7 水平面内応力と地形との関係

[MS-1-1]

[MS-3-1]

[(MS-2-1) + (MS-3-1)]

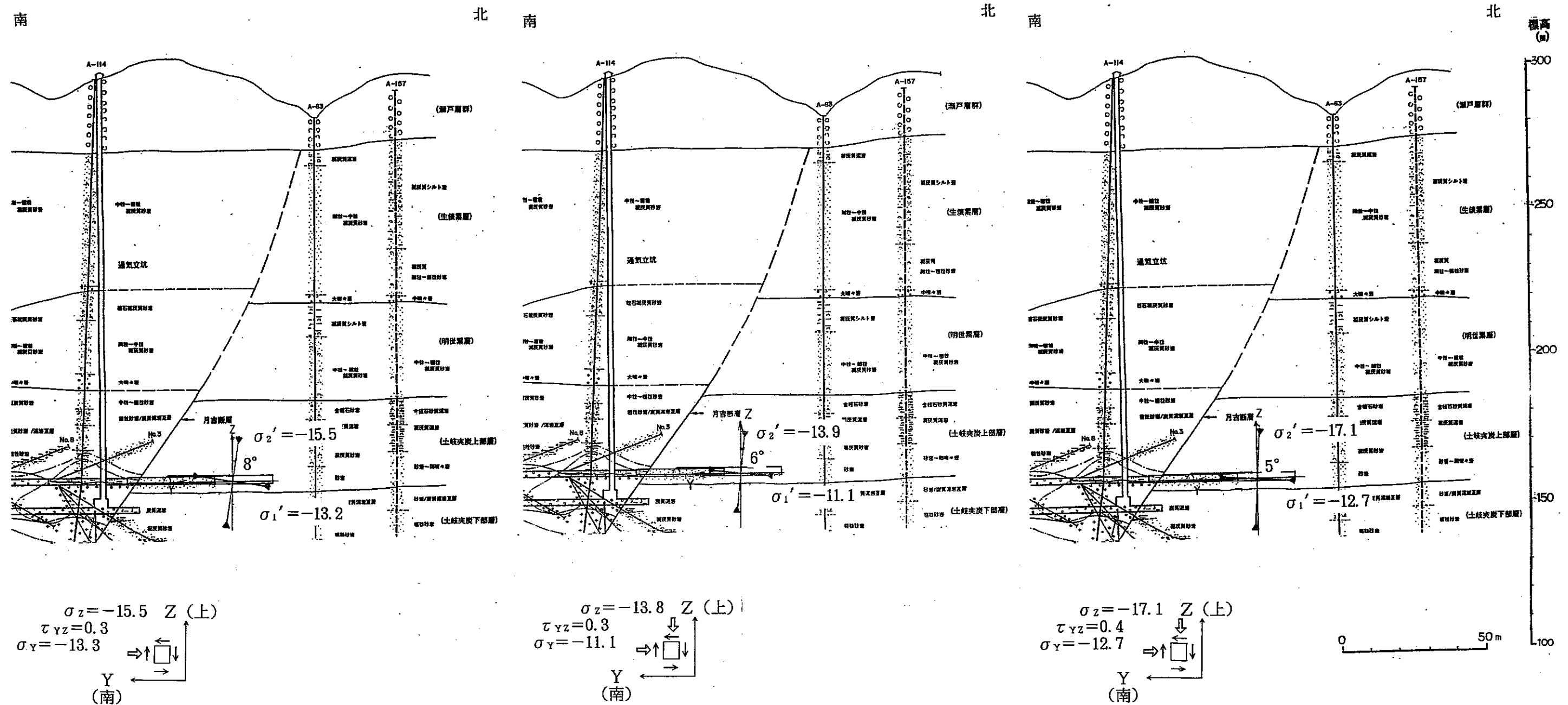


図 7.8 南北断面内応力と地形、地質との関係

[MS-1-1]

[MS-3-1]

[(MS-2-1) + (MS-3-1)]

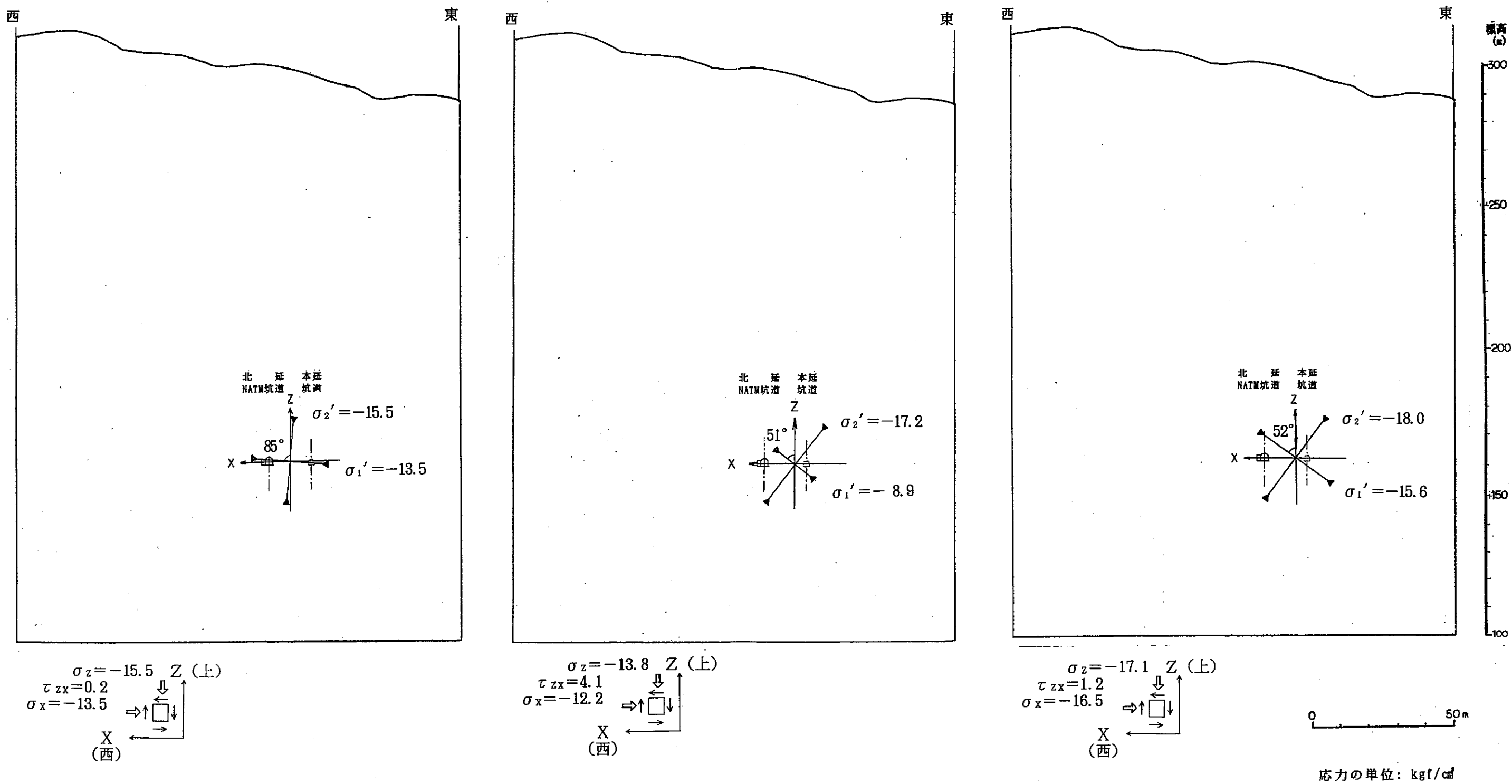
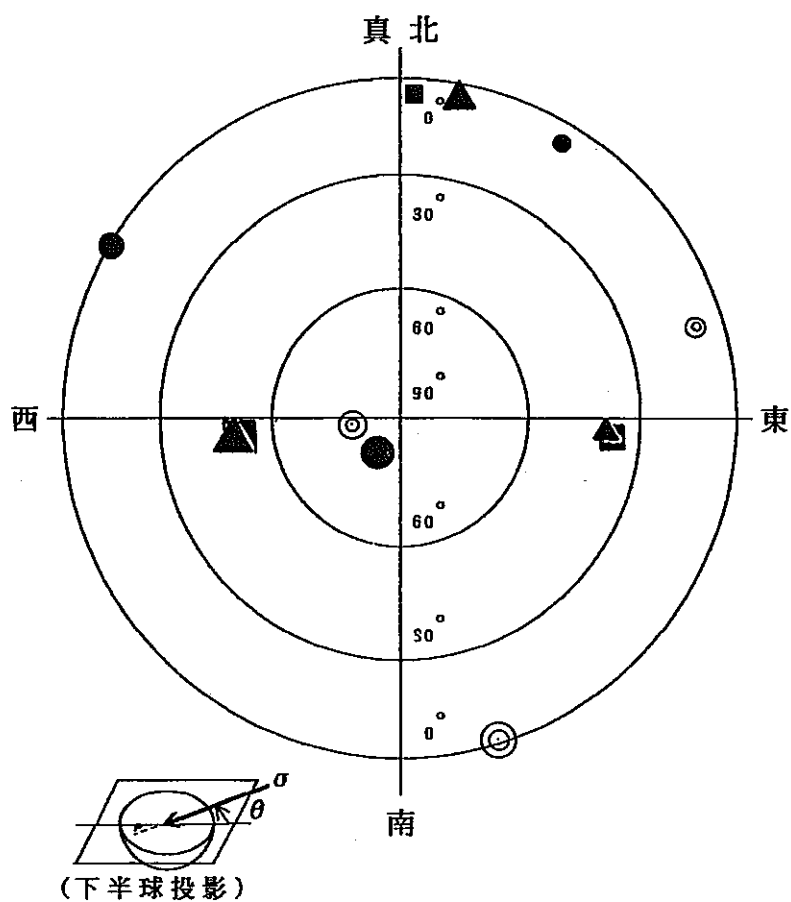


図 7.9 東西断面内応力と地形との関係



組合せ	記号	応力値	方位 傾斜角
MS-1-1	●	σ_1 -13.1	N149° W 8°
	●	σ_2 -13.7	N121° E 0°
	●	σ_3 -15.5	N 31° E 82°
MS-3-1	▲	σ_1 - 8.9	N 86° W 39°
	▲	σ_2 -11.1	N171° W 5°
	▲	σ_3 -17.2	N 83° E 50°
MS-2-1 + MS-3-1	■	σ_1 -12.7	N178° W 6°
	■	σ_2 -15.6	N 84° W 37°
	■	σ_3 -18.0	N 85° E 52°
昭和63 年度の 測定結果「総 合」	⊙	σ_1 -13.3	N107° W 10°
	⊙	σ_2 -20.3	N 84° E 80°
	⊙	σ_3 -29.1	N 17° W 2°

* 応力値の単位は kgf/cm²

図 7.10 昭和63年度測定結果との比較 (ステレオネット による三次元主応力)

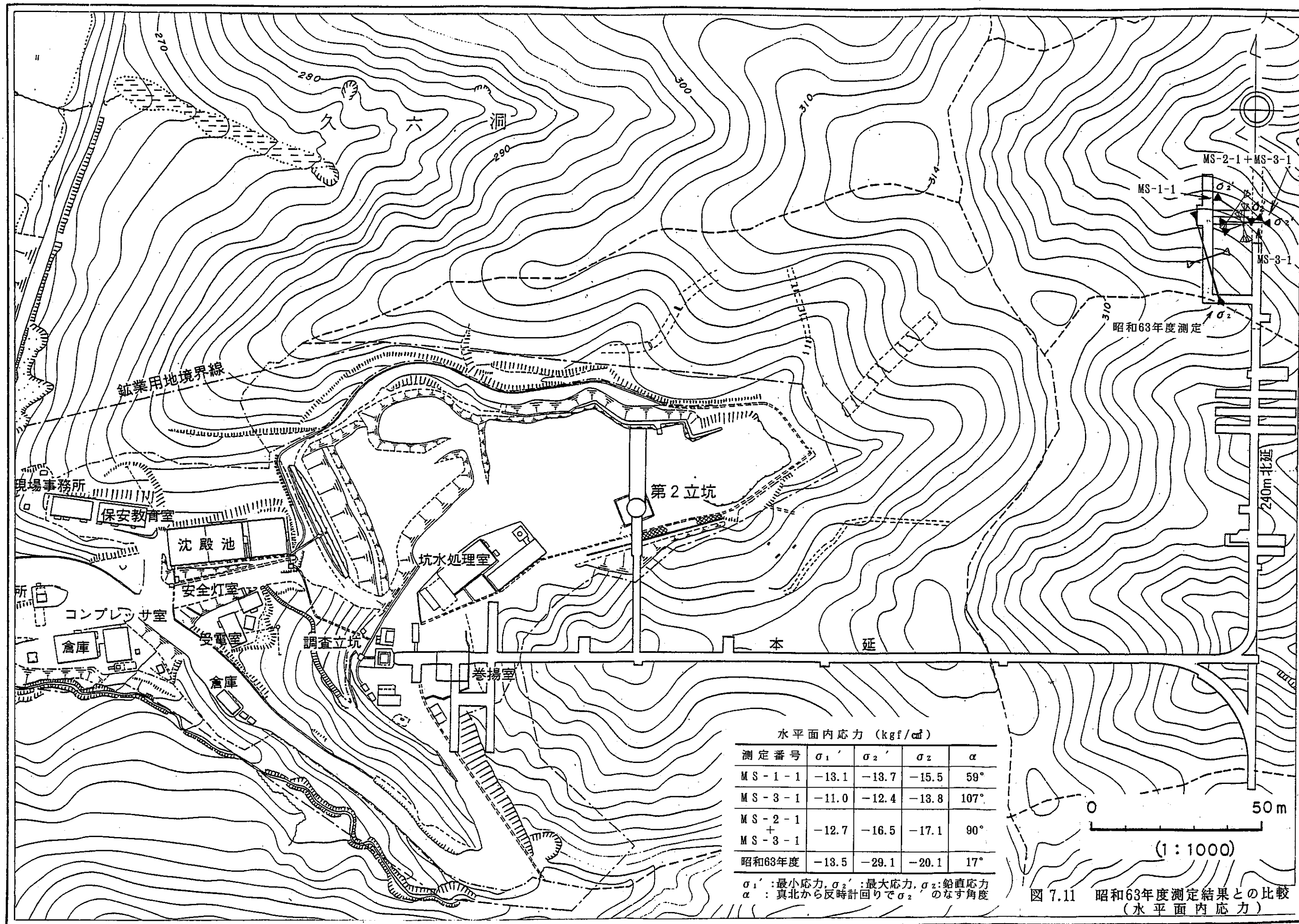
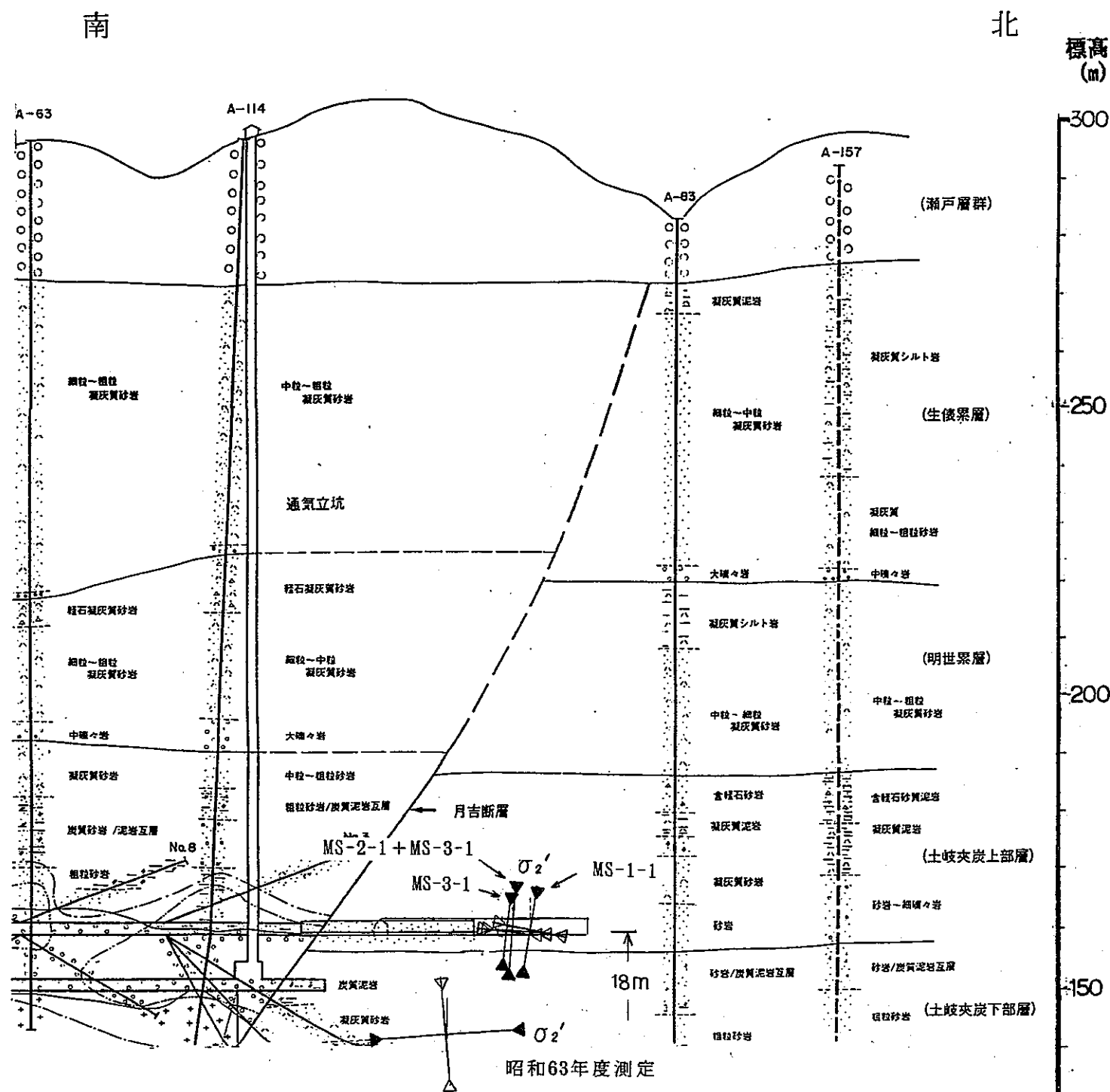


図 7.11 昭和63年度測定結果との比較
(水平面内応力)

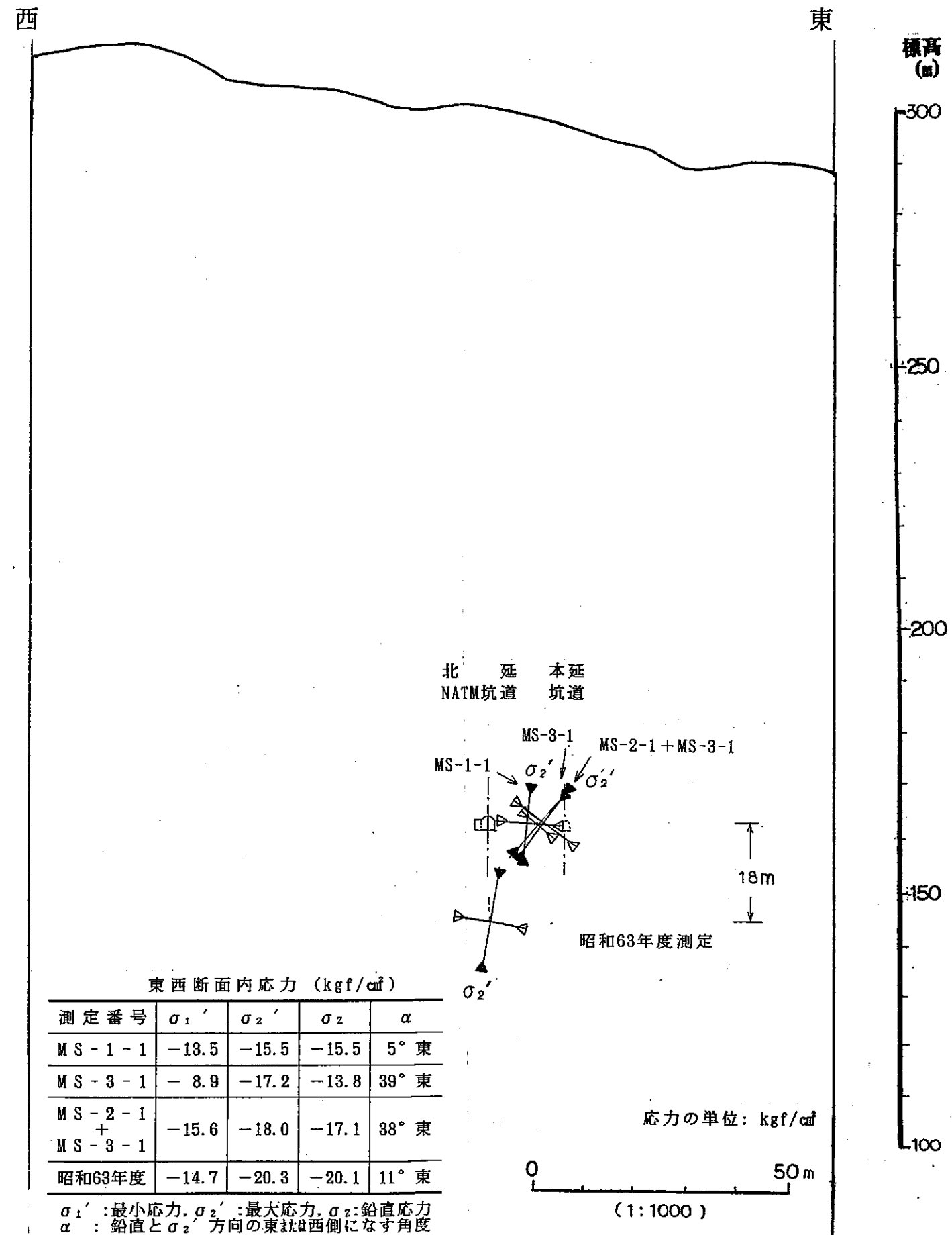


南北断面内応力 (kgf/cm²)

測定番号	σ_1'	σ_2'	σ_z	α
MS-1-1	-13.2	-15.5	-15.5	8° 北
MS-3-1	-11.1	-13.9	-13.8	6° 北
MS-2-1 + MS-3-1	-12.7	-17.1	-17.1	5° 北
昭和63年度	-20.1	-27.7	-20.1	85° 北

σ_1' : 最小応力, σ_2' : 最大応力, σ_z : 鉛直応力
 α : 鉛直と σ_2' 方向の南緯北緯になす角度

図 7.12 昭和63年度測定結果との比較
 (南北断面内応力)



東西断面内応力 (kgf/cm²)

測定番号	σ_1'	σ_2'	σ_z	α
MS-1-1	-13.5	-15.5	-15.5	5° 東
MS-3-1	-8.9	-17.2	-13.8	39° 東
MS-2-1 + MS-3-1	-15.6	-18.0	-17.1	38° 東
昭和63年度	-14.7	-20.3	-20.1	11° 東

σ_1' : 最小応力, σ_2' : 最大応力, σ_z : 鉛直応力
 α : 鉛直と σ_2' 方向の東緯西緯になす角度

図 7.13 昭和63年度測定結果との比較
 (東西断面内応力)

【参 考】

採用した測定結果以外に参考としてMS-2-1で三次元計算ができるように、1 ゲージの重みをCとしたケース (ファイルNo. MS2-1C)、3 ゲージの重みをCとしたケース (ファイルNo. MS-2-1D) およびMS-1-1, MS-2-1, MS-3-1の3点を組み合わせた場合 (ファイルNo. MS-1B+2E+3C) の計算結果を以下に示した。電算機による出力結果は付録に収めた。

表 7.2 初期応力測定参考結果

ファイルNo.	6 応力成分 (kgf/cm ²)	標準偏差 (kgf/cm ²)	三次元主応力 (kgf/cm ²) (方位, 傾斜角)	面 内 応 力 (kgf/cm ²)		
				X-Y (水平) 面	Y-Z(南北) 面	Z-X(東西) 面
MS2-1C (1ゲージ 重みC)	$\sigma_x = -15.8$	3.8	$\sigma_1 = -9.9$	$\sigma_1' = -10.7$	$\sigma_1' = -10.0$	$\sigma_1' = -14.7$
	$\sigma_y = -10.8$	3.1	(N174° W, 22°)			
	$\sigma_z = -14.9$	3.8	$\sigma_2 = -15.5$	$\sigma_2' = -15.9$	$\sigma_2' = -15.7$	$\sigma_2' = -16.0$
	$\tau_{xy} = 0.5$	1.3	(N 30° W, 45°)			
	$\tau_{yz} = 2.0$	1.3	$\sigma_3 = -16.1$	$\theta = 85^\circ$	$\theta = 22^\circ$	$\theta = 24^\circ$
	$\tau_{zx} = 0.5$	1.3	(N 79° E, 37°)			
MS2-1D (3ゲージ 重みC)	$\sigma_x = -15.7$	5.6	$\sigma_1 = -8.2$	$\sigma_1' = -9.7$	$\sigma_1' = -8.3$	$\sigma_1' = -11.9$
	$\sigma_y = -9.8$	5.2	(N174° W, 32°)			
	$\sigma_z = -12.0$	5.2	$\sigma_2 = -13.4$	$\sigma_2' = -15.7$	$\sigma_2' = -13.5$	$\sigma_2' = -15.7$
	$\tau_{xy} = 0.5$	1.8	(N 10° W, 57°)			
	$\tau_{yz} = 2.3$	3.2	$\sigma_3 = -15.8$	$\theta = 85^\circ$	$\theta = 32^\circ$	$\theta = 9^\circ$
	$\tau_{zx} = 0.6$	1.8	(N 92° E, 8°)			
MS-1B+ 2E+3C (MS-2の 1, 3: MS -3の6ゲ ージ C)	$\sigma_x = -15.5$	1.3	$\sigma_1 = -12.9$	$\sigma_1' = -12.9$	$\sigma_1' = -12.9$	$\sigma_1' = -15.0$
	$\sigma_y = -12.9$	1.0	(N176° W, 6°)			
	$\sigma_z = -16.5$	1.1	$\sigma_2 = -15.0$	$\sigma_2' = -15.5$	$\sigma_2' = -16.5$	$\sigma_2' = -17.0$
	$\tau_{xy} = 0.1$	0.4	(N 83° W, 29°)			
	$\tau_{yz} = 0.3$	0.4	$\sigma_3 = -17.0$	$\theta = 88^\circ$	$\theta = 5^\circ$	$\theta = 60^\circ$
	$\tau_{zx} = 0.9$	0.4	(N 83° E, 61°)			

－は圧縮応力

(6 応力成分)

σ_x : X 軸 (東西) 方向の直応力
 σ_y : Y 軸 (南北) "
 σ_z : Z 軸 (鉛直) "
 τ_{xy} : X-Y 面 (水平面) 上の剪断応力
 τ_{yz} : Y-Z 面 (南北断面) "
 τ_{zx} : Z-X 面 (東西断面) "

(三次元主応力)

σ_1 : 最小主応力
 σ_2 : 中間主応力
 σ_3 : 最大主応力

(方向余弦)

l : X 軸
 m : Y 軸
 n : Z 軸

(面内応力)

σ_1' : 面内最小応力
 σ_2' : 面内最大応力
 θ : X-Y 面では+X軸, Y-Z 面では+Y軸, Z-X 面では+Z軸からの σ_1' の角度を左回りを正として表した

8. ま と め

(1)測定番号MS-1-1 (MS-1孔の平均測定深度6.064 mでの測定) について次の①～③の結果が得られた。

①三次元主応力について最小圧縮主応力は $\sigma_1 = -13.1\text{kgf/cm}^2$ 、中間圧縮主応力は $\sigma_2 = -13.7\text{kgf/cm}^2$ 、最大圧縮主応力は $\sigma_3 = -15.5\text{kgf/cm}^2$ である。主応力の方位は σ_1 :N149° W, σ_2 :N121° E, σ_3 :N 31° E である。傾斜角(水平面に対し下向きの角度)は σ_1 : 8°, σ_2 : 0°, σ_3 : 82° である。

②水平面内での最小応力は $\sigma_1' = -13.1\text{kgf/cm}^2$ 、最大応力は $\sigma_2' = -13.7\text{kgf/cm}^2$ で方位は σ_1' が N 31° E(S 31° W), σ_2' がN 59° W (S 59° E)である。最大応力の方位はおおよそ北西—南東であるが、 σ_1' と σ_2' との差応力がわずかに0.6 kgf/cm²であることから、ほぼ等圧状態といえる。

③鉛直応力は $\sigma_z = -15.5\text{kgf/cm}^2$ であり、土被り圧に比べ小さい。

(2)測定番号MS-3-1 (MS-3孔の平均測定深度9.375 mでの測定) について次の①～③の結果が得られた。

①三次元主応力について最小圧縮主応力は $\sigma_1 = -8.9\text{kgf/cm}^2$ 、中間圧縮主応力は $\sigma_2 = -11.1\text{kgf/cm}^2$ 、最大圧縮主応力は $\sigma_3 = -17.2\text{kgf/cm}^2$ である。主応力の方位は σ_1 :N 86° W, σ_2 :N171° W, σ_3 :N 83° E である。傾斜角(水平面に対し下向きの角度)は σ_1 :39°, σ_2 : 5°, σ_3 : 50° である。

②水平面内での最小応力は $\sigma_1' = -11.0\text{kgf/cm}^2$ 、最大応力は $\sigma_2' = -12.4\text{kgf/cm}^2$ で方位は σ_1' が N 17° W(S 17° E), σ_2' がN 73° E (S 73° W)である。最大応力の方位はおおよそ東西であり、MS-1-1とは若干傾向が異なる。

③鉛直応力は $\sigma_z = -13.8\text{kgf/cm}^2$ であり、土被り圧に比べ小さい。

(3)測定番号MS-2-1とMS-3-1の組合せ (MS-2孔の平均測定深度9.900 mでの測定とMS-3孔の平均測定深度 9.375 mでの測定組合せ) について次の①～③の結果が得られた。

①最小圧縮主応力 $\sigma_1 = -12.7\text{kgf/cm}^2$ 、中間圧縮主応力 $\sigma_2 = -15.6\text{kgf/cm}^2$ 、最大圧縮主応力 $\sigma_3 = -18.0\text{kgf/cm}^2$ である。主応力の方位は σ_1 :N178° W, σ_2 :N 84° W, σ_3 :N 85° E である。傾斜角は σ_1 : 6°, σ_2 : 37°, σ_3 : 52° である。

②水平面内での最小応力は $\sigma_1' = -12.7\text{kgf/cm}^2$ 、最大応力は $\sigma_2' = -16.5\text{kgf/cm}^2$ で方位は σ_1' がN-S、 σ_2' がE-Wである。最大応力の方位は東西であり、MS-1-1とは若干傾向が異なる。

③鉛直応力は $\sigma_z = -17.1\text{kgf/cm}^2$ であり、土被り圧に比べ小さい。

(3) MS-1-1 の測定結果と MS-3-1, MS-2-1 + MS-3-1 の組合せの測定結果の違いや、鉛直応力が土被り圧に比べ小さいこと、また、昭和63年度の測定結果と今回の結果の相違は測定地点特有の不均質な岩盤状態（地質、地質構造、剛性の違いなど）が影響している可能性が高い。

(4)今後の課題として、不均質岩盤での三次元応力分布状態を数値解析、室内実験および原位置測定などで十分に実証する必要がある。

〔 謝 辞 〕

この業務を遂行するに当り、動力炉・核燃料開発事業団中部事業所および環境技術開発推進本部の関係各位様より御指導並びに御高配を受け、無事に業務が完成いたしました。ここに、厚く御礼を申し上げます。

〔 参 考 文 献 〕

- 1) 土木学会編, 土木技術者のための岩盤力学: 昭和54年版, (社) 土木学会 (1979)
- 2) 鈴木 光, 岩盤力学と計測, 内田老鶴圃新社 (1973)
- 3) 鈴木 光, 岩盤の計測と解析, 土木工学社 (1982)
- 4) 山口梅太郎・西松裕一, 岩石力学入門: 第2版, 東京大学出版会 (1977)
- 5) 金川 忠・林 正夫・北原義弘, 地圧の計測法と応用: 電力土木No163 (1979)
- 6) 金川 忠・日比野 敏・石田 毅, オーバーコアリング法による3次元地圧計測法—埋設型8成分ゲージの開発—: 電力中央研究所・研究報告385033, (1986)
- 7) ㈱日本パワリック(動燃事業団契約業務報告書: 契約番号02C1266), 応力解放法による岩盤応力の測定(1989)
- 8) 石田 毅・金川 忠, 地殻応力測定結果にみられる岩盤の不均質性の影響: 地震第40巻, PP329-339 (1987)

付 録

1. 地質柱状図およびコア写真	付-1 (58)
2. ひずみ計埋設養生時のひずみ測定結果図および表	付-2 (67)
3. オーバーコアリング時のひずみ測定結果図および表	付-3 (74)
4. オーバーコアリング実績図	付-4 (81)
5. ひずみ感度試験結果図および表	付-5 (85)
6. 8成分ひずみ計試験成績表	付-6 (92)
7. 解析結果(出力データ)	付-7 (96)
8. 作業状況写真	付-8 (103)

1. 地質柱状図およびコア写真

ボーリング柱状図

調査名 応力解放法による初期岩盤応力の測定

ボーリングNo. 00000000001

事業・工事名

シートNo. 1

ボーリング名	MS-1	調査位置	岐阜県土岐市泉町大字河合字睦洞(東濃鉱山北延NATM坑道内)	北緯	
発注機関	動力炉・核燃料開発事業団	調査期間	平成5年12月6日～6年3月18日	東経	
調査業者名	株式会社日本パブリック 関東支社 電話(03-5674-2001)	主任技師	井上 朗	現場代理人	油井 俊二
孔口標高		角	180°上 90°下	方	北 0° 270°西 90°東 180°南 90°西
総掘進長	11.00 m	度	0°	向	北 0° 270°西 90°東 180°南 90°西
		地盤勾配	鉛直 0° 水平 0°	使用機種	THS-70
		エンジン	電動機 11kW 電動機 5.5kW	ポンプ	SP-5 MS-425

標尺	標高	深度	柱状	岩種	色	硬	コア	割れ目	風化	変質	記	コア採取率	岩級	孔内水位	(ルジオン、標準貫入)試験		原位置試験	室内試験	掘進状況									
															(P~Q、N値~深度)図	(N)値			掘進月日	掘進速度	孔径	給送水圧	回転数	送水圧	送水量	排水量		
(m)	(m)	(m)	図	区分	調軟	形状	状態	化質	事	事	最大コア長	(%)	区	(m)	測定月日		()	()	()	()	()	()	()					
		0.10		吹付	灰色						吹き付けコンクリート																	
1		1.35	Ms(s)	砂質泥岩	青灰色	B	IV	c	γ	1	コア外周はやや粗面で、細粒の砂およびシルトより構成される。0.90m付近に20°程度の鏡面が見られる。	84(76) (100)	CH						12/20	50		15	100	3	循環水30	30		
2											2.00m以浅では、コア外周はやや粗面である。2.00m付近および2.30~2.50mは割れ目に顕著な鏡面を有し平滑である。(それぞれ、キレツ角は60°、45°)	88(58) (100)								12/21	75		15	150	3	循環水30	30	
3			Ms	泥岩	青灰色	B	II	b	γ	2	2.20mよりコア上半部は細粒砂岩で、その周囲に塊状の黒雲母の濃集部が見られる。3.80~4.20m間は、油目状の泥岩である。	100(100) (100)	CH															
4		4.40										100(100) (100)	100															
5					灰・帯青灰色	B	I	a	α	1	コア上半部はφ2~15mmの角礫を主体とする細粒砂岩である。下半部は浅部より礫の混入多く、部分的に粗砂を含むが、ほぼ細砂~中砂主体の砂岩である。6.15m付近より、細粒砂岩を挟む。	100(100) (100)	CH							12/22	50	218		15	150	3	循環水30	30
6		6.70	Ss(m)	砂岩		C	II	b	β	2		100(100) (100)	CH							1/8	50		10	100	3	清水30	30	
7												65(100) (100)	CH							1/7	75		10	100	3	循環水30	30	
8					暗灰色	C	II	c	γ	2	全体に、φ2~15mmの角礫と、マトリクスは粗砂を主体とし、7:3程度の割合で構成される。礫質は、大きいものはφ5~15mmの石英・長石であり、稀に沸石を含む。概ね花崗岩起源といえる。7.50mより礫径やや細粒(φ2~4mm)となり、特に8~9mでは、指で簡単に崩れる程に脆い。10.30mから砂岩混じりの礫岩で固結度やや強くなる。	60(67) (100)	CM															
9			Cg	礫岩		C	III	c	δ	3		36(100) (100)	CM															
10												100(100) (100)	100															
11		11.00																		1/10								
12																												
13																												

ボーリング柱状図

調査名 応力解放法による初期岩盤応力の測定

ボーリングNo. 0000000002

事業・工事名

シートNo. 2

ボーリング名	MS-2	調査位置	岐阜県土岐市景町大字河合字膝洞(東濃鉱山北延NATM坑道内)	北緯	
発注機関	動力炉・核燃料開発事業団	調査期間	平成5年12月6日～6年3月18日	東経	
調査業者名	株式会社 日本パブリック 関東支社 電話(03-5674-2001)	主任技師	井上 朗	現場代理人	油井 俊二
孔口標高		角	180°上 90°下 0°	方	北 0° 270°西 180°南 90°東
総掘進長	10.50 m	度	92°	向	北 0° 270°西 180°南 90°東
		使用機種	THS-70	試験機	電動機 11kW ポンプ S P - 5 M S - 4 2 5

標尺	標高	深度	柱状	岩種	色	硬さ	割れ目	風化	変質	記	コア採取率 —x— (%)	岩級	孔内水位(m) / 測定月日	(ルジオン、標準貫入) 試験		原位試験 (N 値)	室内試験 (一軸試験)	掘進状況							
														(P~Q、N値~深度) 図	(N 値)			掘進月日	掘進速度 (cm/時)	孔径 (mm) / 孔壁保護	給圧 (kg/cm ²)	回転数 (rpm)	送水圧 (kg/cm ²)	送水量 (ℓ/分)	排水量 (ℓ/分)
(m)	(m)	(m)	図	区分	調軟	軟状	状態	化質	事	事	0 50 100	分													
1		0.15	Ms(s)	吹付砂質泥岩	灰色	B	III	b	β	1	吹き付けコンクリート。	CH							1/12	75	10	100	3	循環水 30	30
2		1.45	Ms	泥岩	青灰色	B	I	b	α	1	層境界は、鏡面を若干有する35°の割れ目が認められる。	CH							75		10	100	3	循環水 30	30
3							II	β	2	全体に、青灰色の泥岩が主体であるが、コアの上半部は凝岩が採取される。	CH														
4		4.45								3.70mからはコア外周が非常に滑らかな油目状の泥岩となる。								1/13							
5		5.80	Ss(m)	砂岩	青灰色	B	II	a	α	2	コア外周は若干粗面となり、岩相として、φ2~10mmの礫を多く含む。	CH							218						
6								b	β	2	5.30~5.60m間には70°の鏡面の非常に発達した割れ目がある。	CH							75		10	100	3	循環水 30	30
7			Cg	凝岩	帯黒灰、帯青灰色	C	II	c	γ	2	砂岩との境界部は灰色の薄い中粒砂岩を介在し、6.00m付近においてはφ10mm大の礫を主体に構成される。	CH													
8							III	δ	3	6.90mまでは緩化層理状に細粒へ漸移するが、その先は均質な凝岩をマトリクスに持つほぼ均質な凝岩となる。	CM							1/14							
9		8.90								(ここより、岩質は著しく固結度が弱く、7.50~8.35m間は砂凝岩に採取される。)	CL							75		10	100	3	循環水 30	30	
10		9.45	Ss(m)	砂岩	青灰色	B	III	b	β	2	凝岩は石英・長石・黒雲母等が主体であり、花崗岩起源とされる。	CH							1/17						
11		10.50	Cg	凝岩	帯青灰色	C	II	c	γ	2	所々に礫を点状するが、比較的緻密で、コア外周もしっかりした棒状コアとして採取される。	CH							100		10	100	3	清水 30	30
12										ほぼ中粒~細粒を主体とした均質な凝岩であるが、岩質やや脆い。								1/27							
13																									

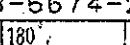
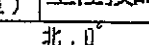
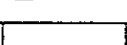
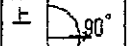
ボーリング柱状図

調査名 応力解放法による初期岩盤応力の測定

ボーリングNo. 0000000003

事業・工事名

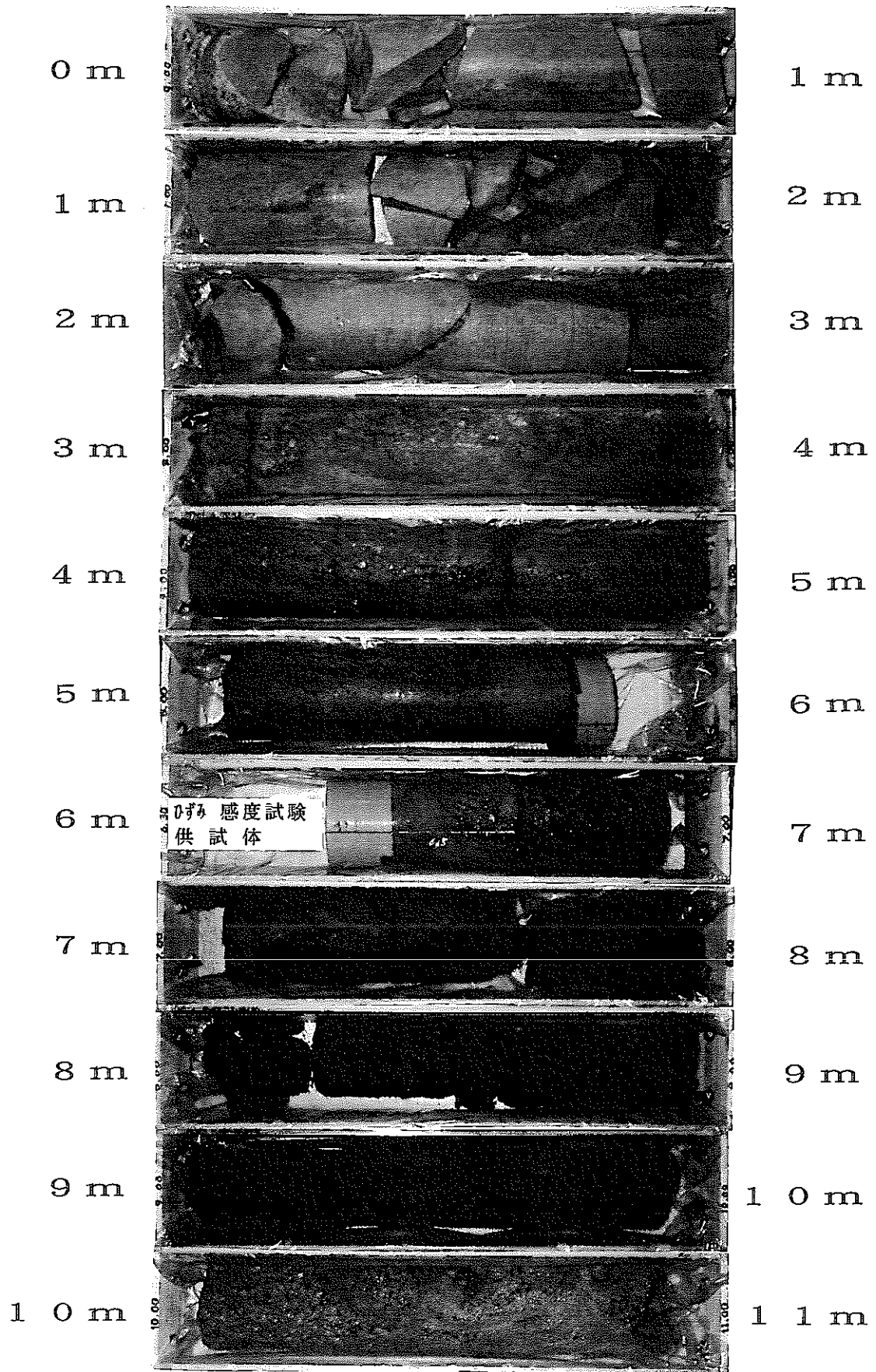
シートNo. 3

ボーリング名	M S - 3		調査位置	岐阜県土岐市泉町大字河合字睦洞〔東濃鉱山N A T M坑道内〕				北緯		
発注機関	動力炉・核燃料開発事業団			調査期間	平成5年12月6日～6年3月18日			東経		
調査業者名	株式会社 日本パブリック 関東支社 電話(03-5674-2001)		主任技師	井上 朗	現代場 代理人	油井 俊二	コア 鑑定者	油井 俊二	ボーリング グ責任者	朝田 秀行
孔口標高		角		方		地盤勾配		使用機種	T H S - 7 0	
総掘進長	10.00 m	度		向	92°	エンジン	電動機 11 k W 電動機 5 . 5 k W	ポンプ	S P - 5 M S - 4 2 5	

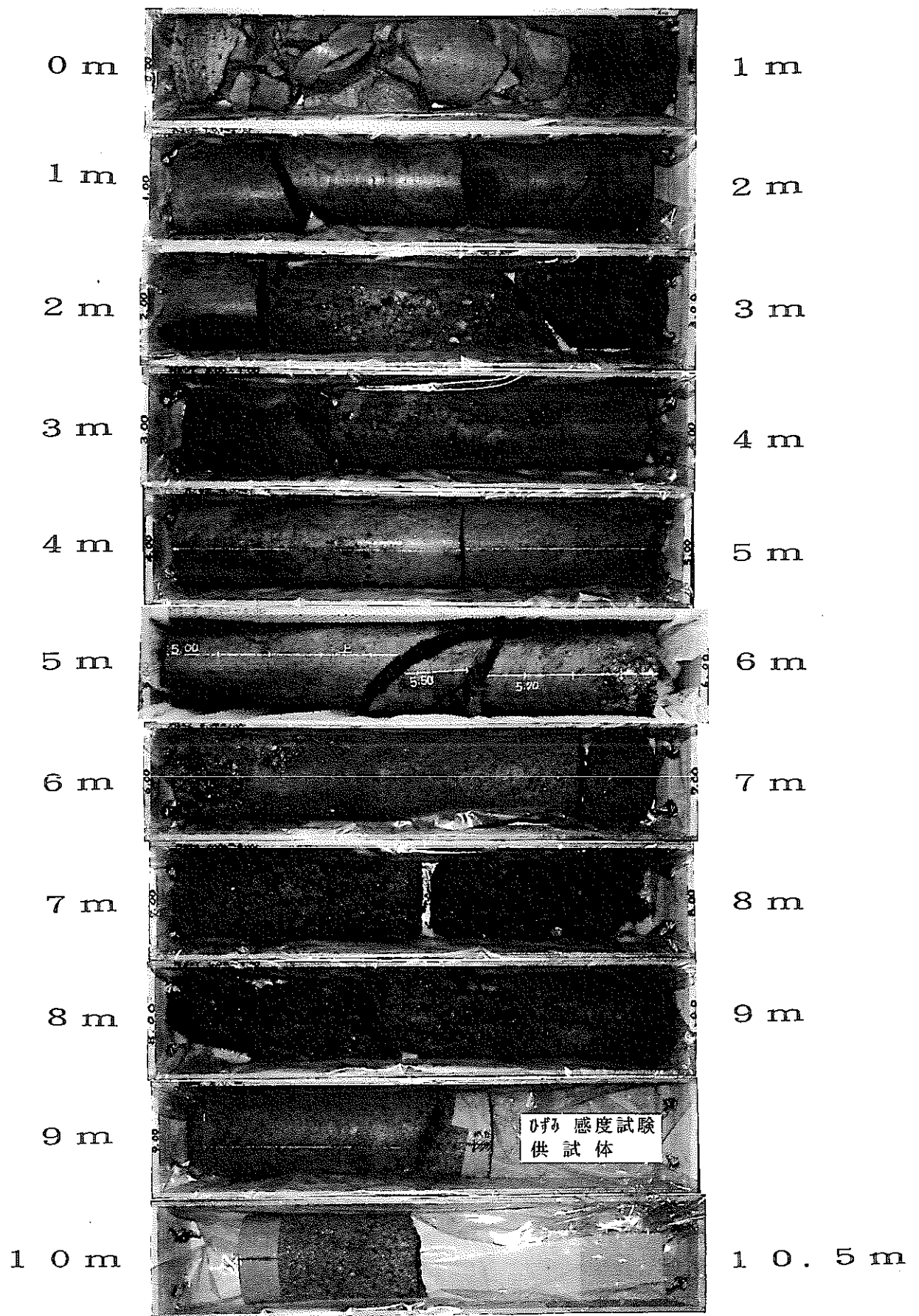
標尺	標高	深度	柱状	岩種	色調	硬軟	割れ目の形状	風化	変質	記	コア採取率 —x— (%) 最大コア長 —●— cm R Q D [%]	岩級	孔内水位 (m) / 測定月日	(ルジオン、標準貫入) 試験		原位置試験 ()	室内試験 (一軸試験)	掘進状況							
														()	()			掘進月日	掘進速度 (m/時)	孔内水位 (m) / 測定月日	給排水量 (m³/分)	送水圧 (kg/cm²)	送水量 (m³/分)	排水量 (m³/分)	
(m)	(m)	(m)	図	分	調	軟	状	態	化	質				()	()	()	()								
1		0.10			吹付	灰色				吹き付けコンクリート。															
2					砂質泥岩	帯青灰色	B	I	a	α	2														
3										全体に長棒状コアとして採取され、コア外周は3.00m付近まではやや粗面となるが、概ね滑らかである。 所々、上部に炭を介在するが、泥岩中にも部分的に炭の濃集部が見られる。 4.20m付近、鏡面顕著に発達する非常に平滑な割れ目で、45°の角度で開口している。															
4		4.60			泥岩	青灰色	B	II	b	α	1														
5		5.20			砂岩	青灰色	B	II	b	β	2														
6		5.70			砂岩	青灰色	B	II	b	β	2														
7		6.10			砂岩	青灰色	B	II	b	β	2														
8					砂岩	青灰色	B	II	b	β	2														
9		8.50			砂岩	青灰色	B	II	b	β	2														
10		10.00			砂岩	青灰色	B	II	b	β	2														
11																									
12																									
13																									

コ ア 写 真

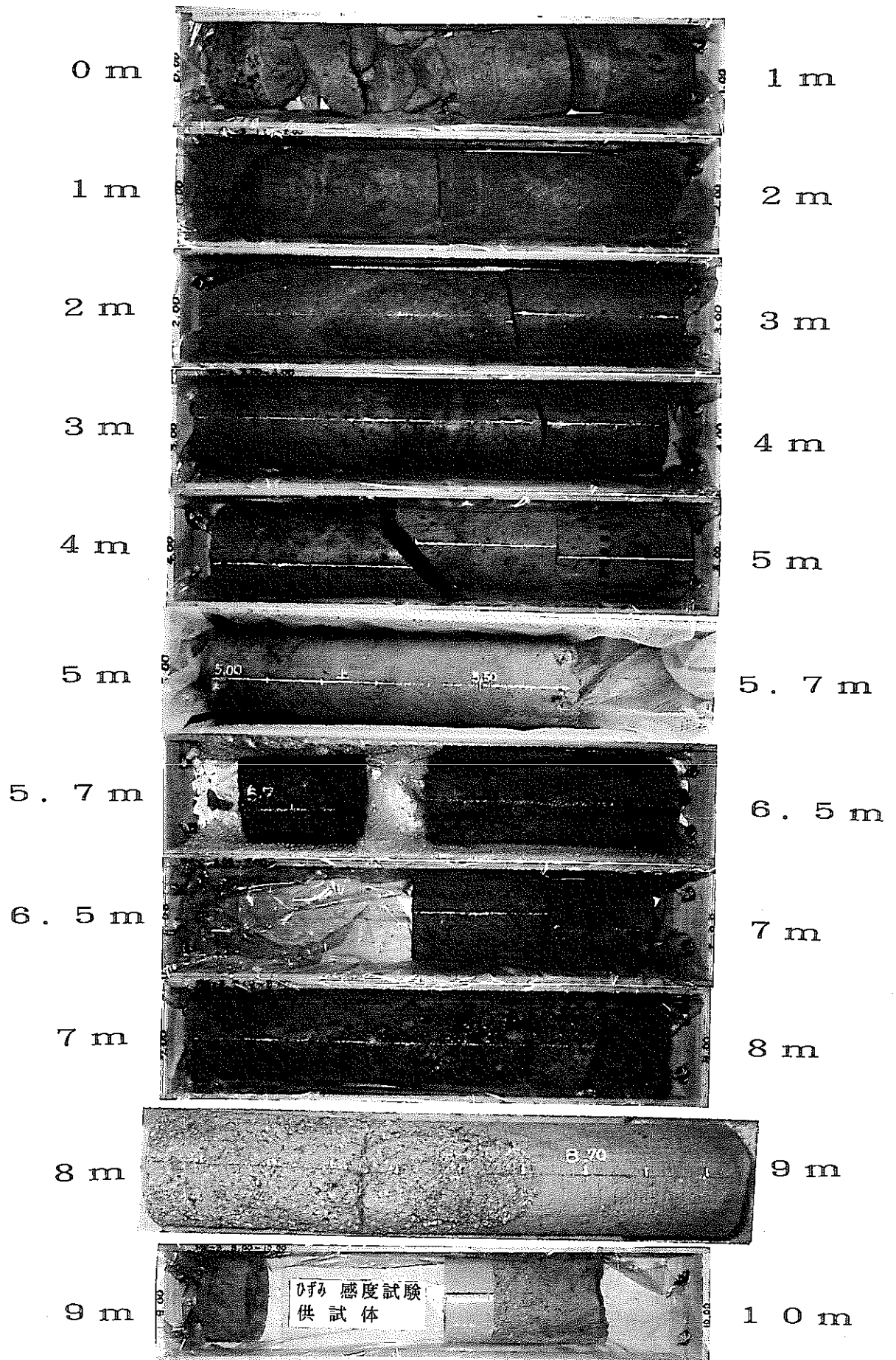
カットボーリング MS - 1 孔

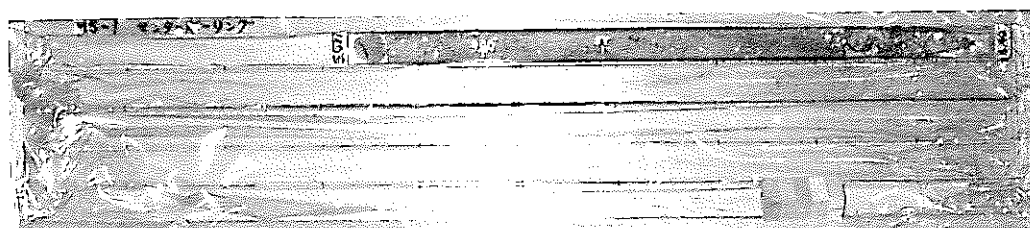


カットボーリング MS-2 孔



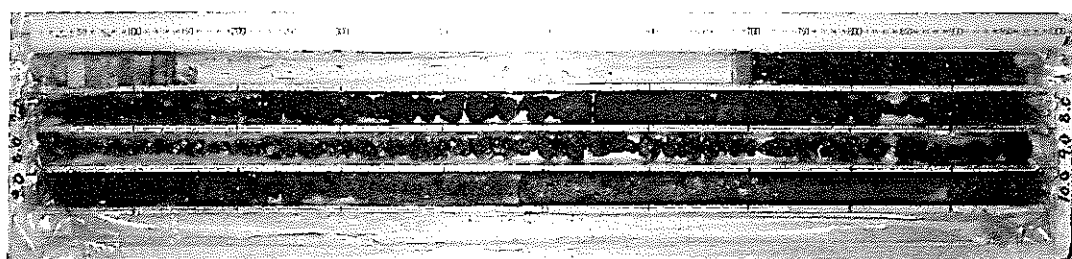
カットボーリング MS-3孔





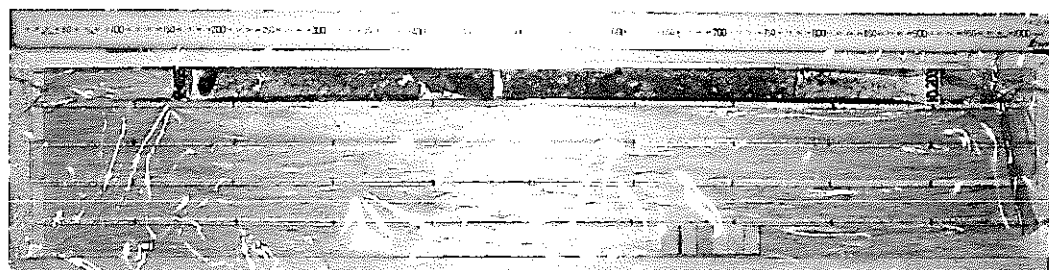
センターボーリング MS-1 孔

コア深度 5.677 ~ 6.400m



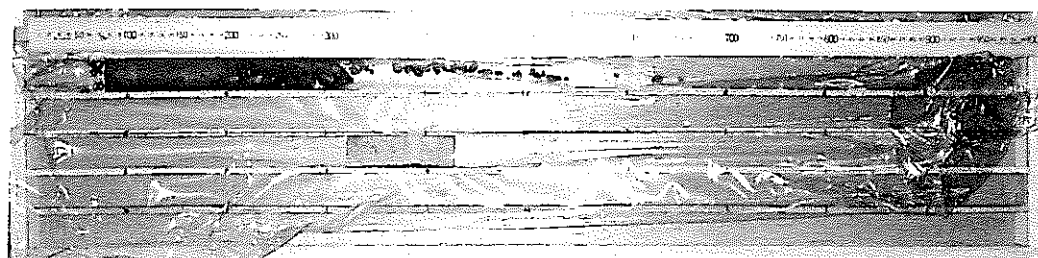
センターボーリング MS-1 孔

コア深度 6.700 ~ 10.000m



センターボーリング MS-2 孔

コア深度 9.455 ~ 10.200m



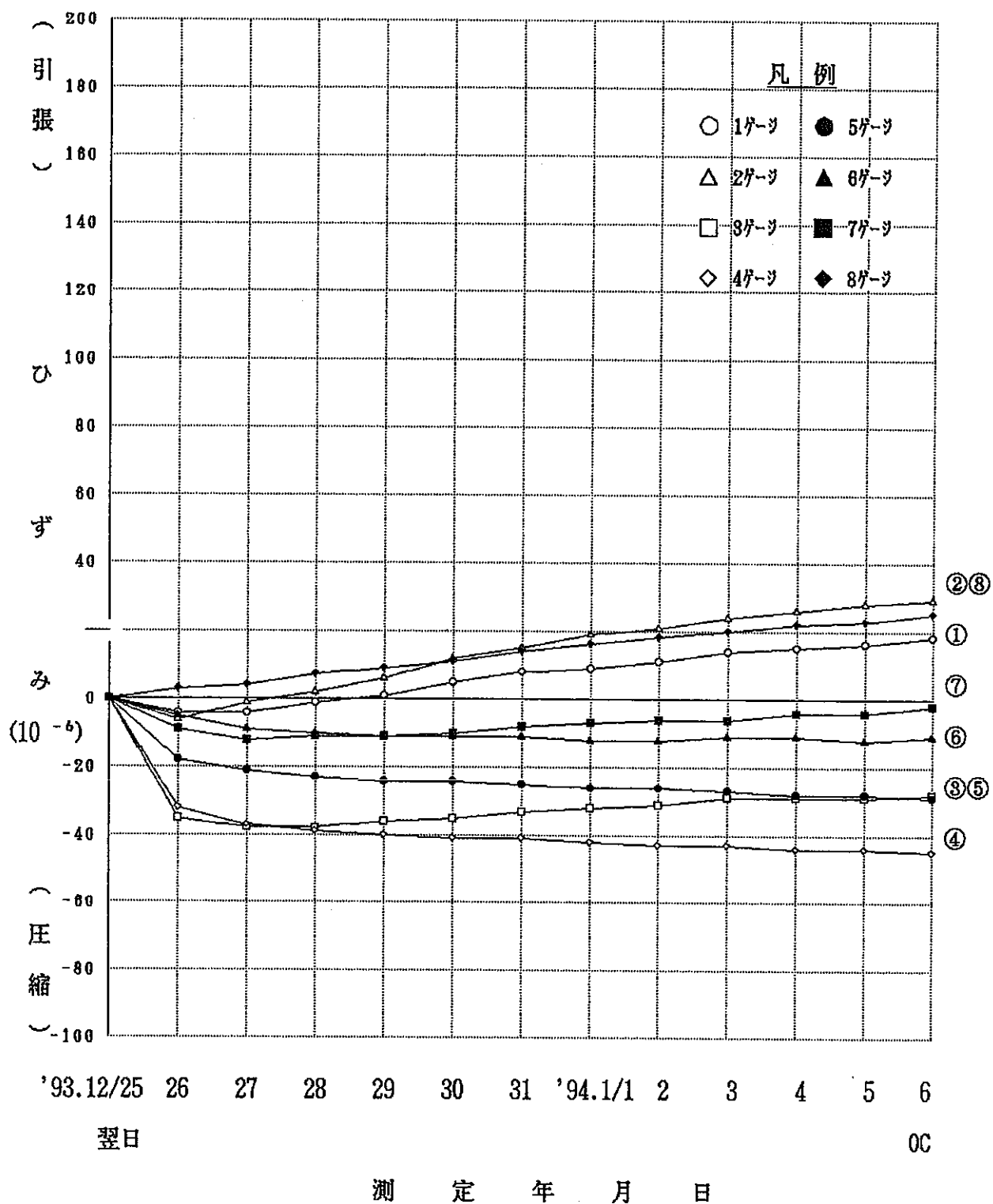
センターボーリング MS-3 孔

コア深度 8.980 ~ 9.700m)

付-1 (6b)

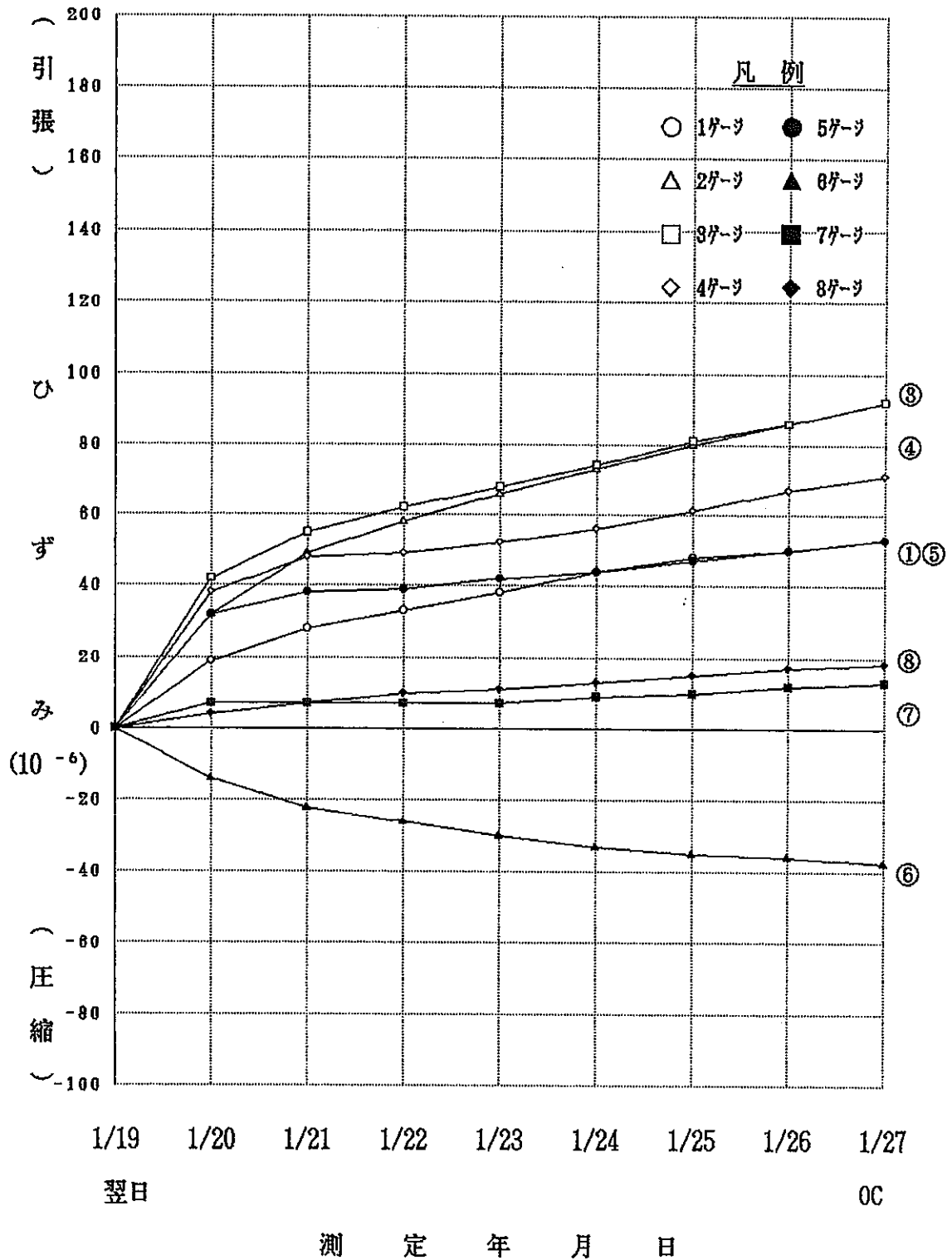
2. ひずみ計埋設養生時のひずみ測定結果図および表

MS-1-1



養生中のひずみ変化 (MS-1-1)

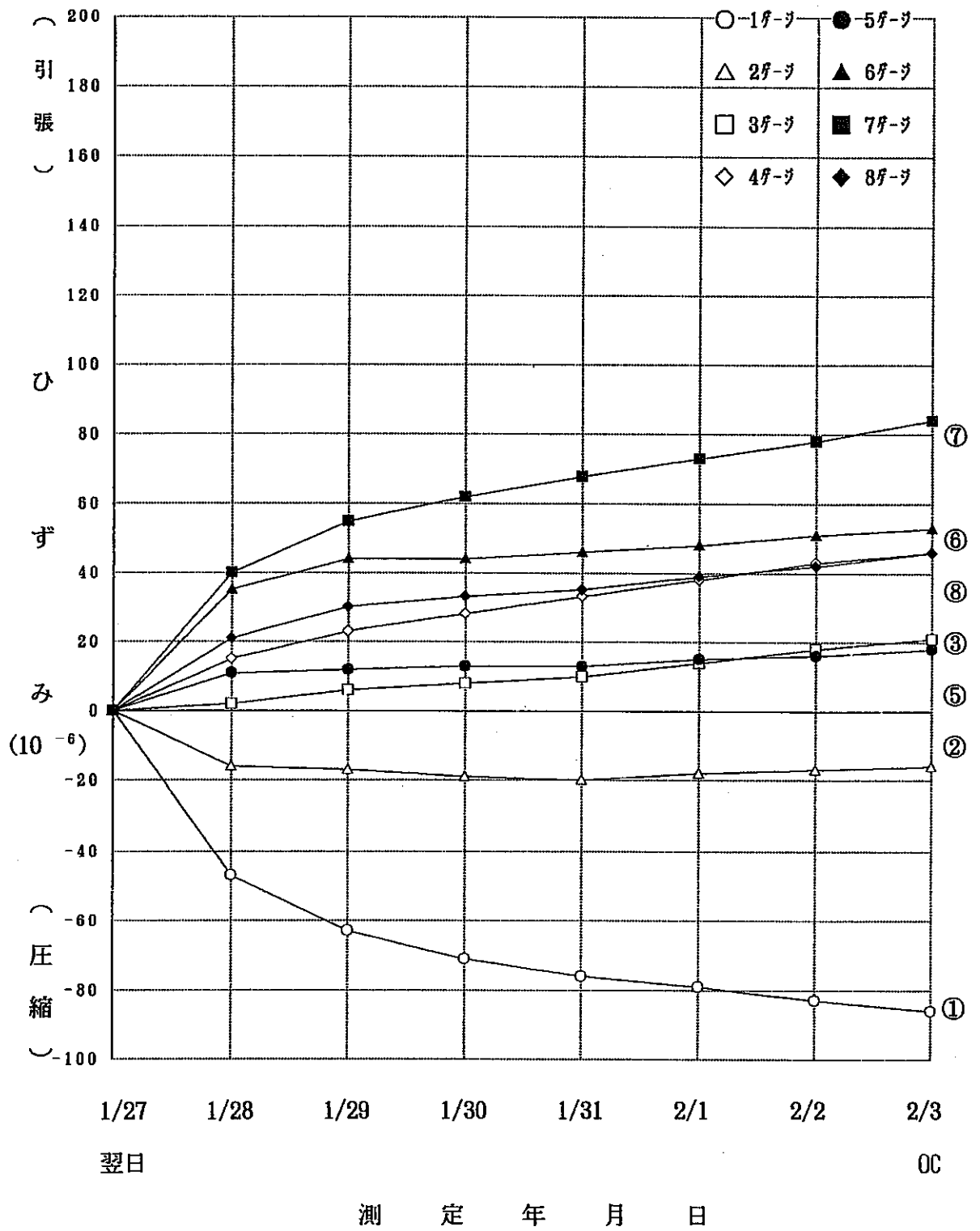
MS-2-1



養生中のひずみ変化 (MS-2-1)

MS-3-1

凡 例



養生中のひずみ変化 (MS-3-1)

養生中のひずみ変化 (MS-1-1)

計器番号 39731001

測定日時		ゲージ番号																備考
		ゲージ 1		ゲージ 2		ゲージ 3		ゲージ 4		ゲージ 5		ゲージ 6		ゲージ 7		ゲージ 8		
		eR	e	eR	e	eR	e	eR	e	eR	e	eR	e	eR	e	eR	e	
1993.12.24	15:12	-64		-107		-64		-91		-443		164		-4		-303		注入前, γ -値 20.0 秒
"	15:22	-71		-112		-73		-100		-543		144		-7		-313		注入10分後
"	15:32	-77		-123		-79		-111		-626		133		-20		-321		" 20分後
"	15:42	-207		-269		-202		-257		-684		63		-79		-402		" 30分後
"	15:52	-499		-599		-480		-582		-1073		-102		-226		-571		" 40分後
"	16:02	-540		-650		-514		-616		-871		-136		-222		-581		注入完了
12.25	9:00	-263	0	-259	0	-249	0	-322	0	-603	0	52	0	-95	0	-366	0	注入翌日(基準値)
12.26	9:00	-267	-4	-265	-6	-284	-35	-354	-32	-621	-18	47	-5	-104	-9	-365	3	" 2日後
12.27	9:00	-267	-4	-260	-1	-287	-38	-359	-37	-624	-21	43	-9	-107	-12	-364	4	" 3日後
12.28	9:00	-264	-1	-257	2	-287	-38	-361	-39	-626	-23	42	-10	-106	-11	-361	7	" 4日後
12.29	9:00	-262	1	-253	6	-285	-36	-362	-40	-627	-24	41	-11	-106	-11	-359	9	" 5日後
12.30	9:00	-253	5	-247	12	-284	-35	-363	-41	-627	-24	41	-11	-105	-10	-357	11	" 6日後
12.31	9:00	-255	8	-244	15	-282	-33	-363	-41	-628	-25	41	-11	-103	-8	-354	14	" 7日後
1994.1.1	9:00	-254	9	-240	19	-281	-32	-364	-42	-629	-26	40	-12	-102	-7	-352	16	" 8日後
1.2	9:00	-252	11	-238	21	-280	-31	-365	-43	-629	-26	40	-12	-101	-6	-350	18	" 9日後
1.3	9:00	-249	14	-235	24	-278	-29	-365	-43	-630	-27	41	-11	-101	-6	-348	20	" 10日後
1.4	9:00	-248	15	-233	26	-278	-29	-366	-44	-631	-28	41	-11	-99	-4	-346	22	" 11日後
1.5	9:00	-247	16	-231	28	-278	-29	-366	-44	-631	-28	40	-12	-99	-4	-345	23	" 12日後
1.6	9:00	-245	18	-230	29	-277	-28	-367	-45	-632	-29	41	-11	-97	-2	-343	25	" 13日後(OC 測定日)

ϵR : 読取値(校正済)

ϵ : 基準読取値からの差(校正済)

- : 圧縮ひずみ

+ : 引張ひずみ

養生中のひずみ変化 (MS-2-1)

計器番号 99731002

測 定 日 時		ゲ ー ジ 番 号																備 考
		ゲージ 1		ゲージ 2		ゲージ 3		ゲージ 4		ゲージ 5		ゲージ 6		ゲージ 7		ゲージ 8		
		εR	ε	εR	ε	εR	ε	εR	ε	εR	ε	εR	ε	εR	ε	εR	ε	
1994.1.18	14:50	-1116		-121		-145		4		-292		-50		-43		-62		注入前, 加圧値 28.0 秒
"	15:00	-1120		-120		-146		4		-292		-52		-45		-64		注入 10 分後
"	15:10	-1120		-125		-152		6		-312		-74		-51		-80		" 20 分後
"	15:20	-1068		-124		-162		-16		-318		-110		-30		-138		" 30 分後
"	15:30	-1352		-131		-196		-49		-330		-222		11		-238		" 40 分後
"	15:40	-1270		-128		-184		-50		-328		-267		-53		-280		" 50 分後
"	15:50	-1011		-174		-255		-60		-456		-369		-301		-505		" 60 分後
"	15:57	-1061		-116		-179		27		-251		-119		-56		-301		注入完了
1.19	9:00	-1016	0	-172	0	-249	0	-98	0	-261	0	-246	0	-109	0	-227	0	注入翌日 (基準値)
1.20	9:00	-997	19	-140	32	-207	42	-60	38	-229	32	-260	-14	-102	7	-223	4	" 2 日後
1.21	9:00	-988	28	-123	49	-194	55	-50	48	-223	38	-268	-22	-102	7	-220	7	" 3 日後
1.22	9:00	-983	33	-114	58	-187	62	-49	49	-222	39	-272	-26	-102	7	-217	10	" 4 日後
1.23	9:00	-973	38	-106	66	-181	68	-46	52	-219	42	-276	-30	-102	7	-216	11	" 5 日後
1.24	9:00	-972	44	-99	73	-175	74	-42	56	-217	44	-279	-33	-100	9	-214	13	" 6 日後
1.25	9:00	-963	48	-92	80	-168	81	-37	61	-214	47	-281	-35	-99	10	-212	15	" 7 日後
1.26	9:00	-966	50	-86	88	-163	86	-31	67	-211	50	-282	-36	-97	12	-210	17	" 8 日後
1.27	9:00	-963	53	-80	92	-157	92	-27	71	-208	53	-284	-38	-96	13	-209	18	" 9 日後(OC 測定日)

εR: 読取値 (校正済)

ε: 基準読取値からの差 (校正済)

- : 圧縮ひずみ

+ : 引張ひずみ

養生中のひずみ変化 (MS-3-1)

計器番号 39731003

測 定 日 時		ゲ ー ジ 番 号																備 考
		ゲージ 1		ゲージ 2		ゲージ 3		ゲージ 4		ゲージ 5		ゲージ 6		ゲージ 7		ゲージ 8		
		eR	ε	eR	ε	eR	ε	eR	ε	eR	ε	eR	ε	eR	ε	eR	ε	
1994.1.28	13:40	54		-89		-147		-68		51		-20		-350		-4		注入前, 70- 値 22.0 秒
"	13:50	46		-100		-155		-75		45		-24		-354		-5		注入 1 0 分後
"	14:00	42		-95		-128		-95		47		-12		-346		42		" 2 0 分後
"	14:10	38		-114		-121		-99		8		-10		-403		51		" 3 0 分後
"	14:20	50		-110		-129		-85		27		1		-383		10		" 4 0 分後
"	14:30	-55		-91		-121		-74		38		5		-369		31		注入完了
1.27	9:00	-152	0	-326	0	-210	0	-148	0	-40	0	-53	0	-399	0	49	0	注入翌日 (基準値)
1.28	9:00	-199	-47	-342	-16	-208	2	-133	15	-29	11	-18	35	-359	40	70	21	" 2 日後
1.29	9:00	-215	-63	-343	-17	-204	6	-125	23	-23	12	-9	44	-344	55	79	30	" 3 日後
1.30	9:00	-223	-71	-345	-19	-202	8	-120	23	-27	13	-9	44	-337	62	82	33	" 4 日後
1.31	9:00	-223	-76	-346	-20	-200	10	-115	33	-27	13	-7	46	-331	68	84	35	" 5 日後
2.01	9:00	-231	-79	-344	-18	-196	14	-110	38	-25	15	-5	48	-326	73	88	39	" 6 日後
2.02	9:00	-235	-83	-343	-17	-192	18	-105	43	-24	16	-2	51	-321	78	91	42	" 7 日後
2.03	9:00	-238	-86	-342	-16	-189	21	-102	46	-22	18	0	53	-315	84	95	46	" 8 日後(OC 測定日)

eR: 読取値 (校正済)

ε: 基準読取値からの差 (校正済)

- : 圧縮ひずみ

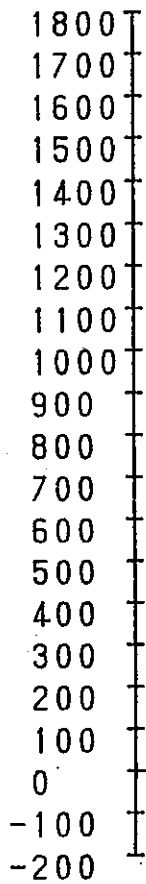
+ : 引張ひずみ

3. オーバーコアリング時のひずみ測定結果図および表

(101-6)

MS-1-1

94/01/06



○ gage 1
879
□ gage 2
977
△ gage 3
1108
× gage 4
1545

④1545

③1108

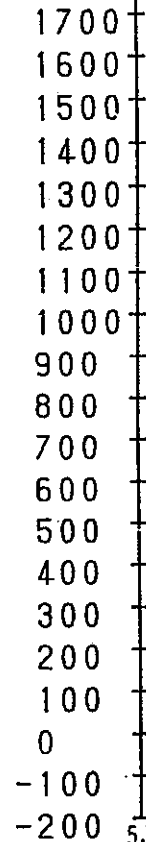
②977

①879

解放ひずみ

STRAIN

(101-6)



○ gage 5
859
□ gage 6
754
△ gage 7
899
× gage 8
647

⑦899

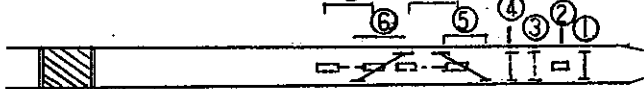
⑤859

⑥754

⑧647

深度 (m)

5.7 6.0 6.5 6.7
SOKUTEN No 10 15 20 25 30 35 40 45 50
測点No

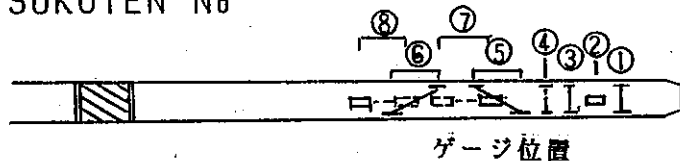
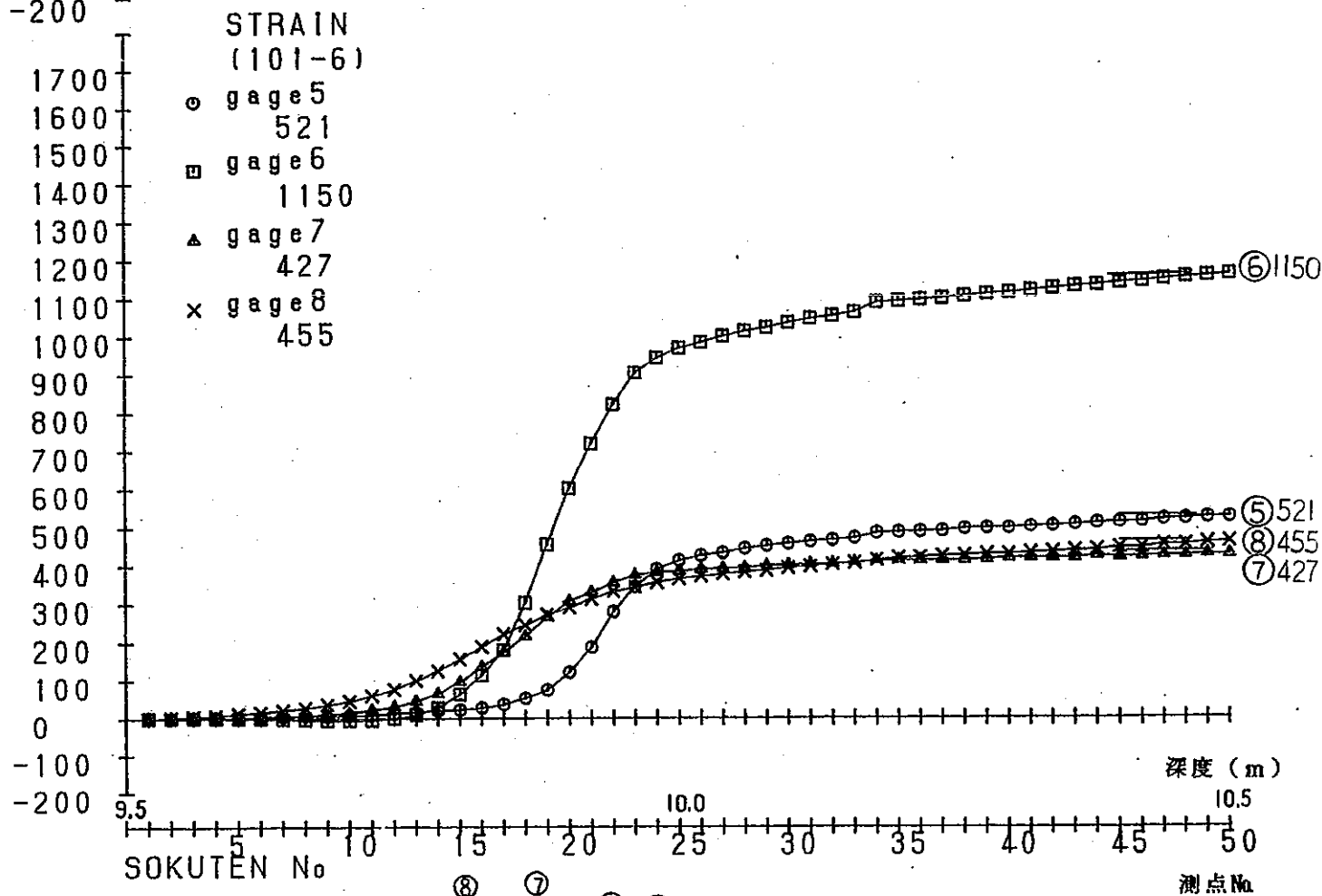
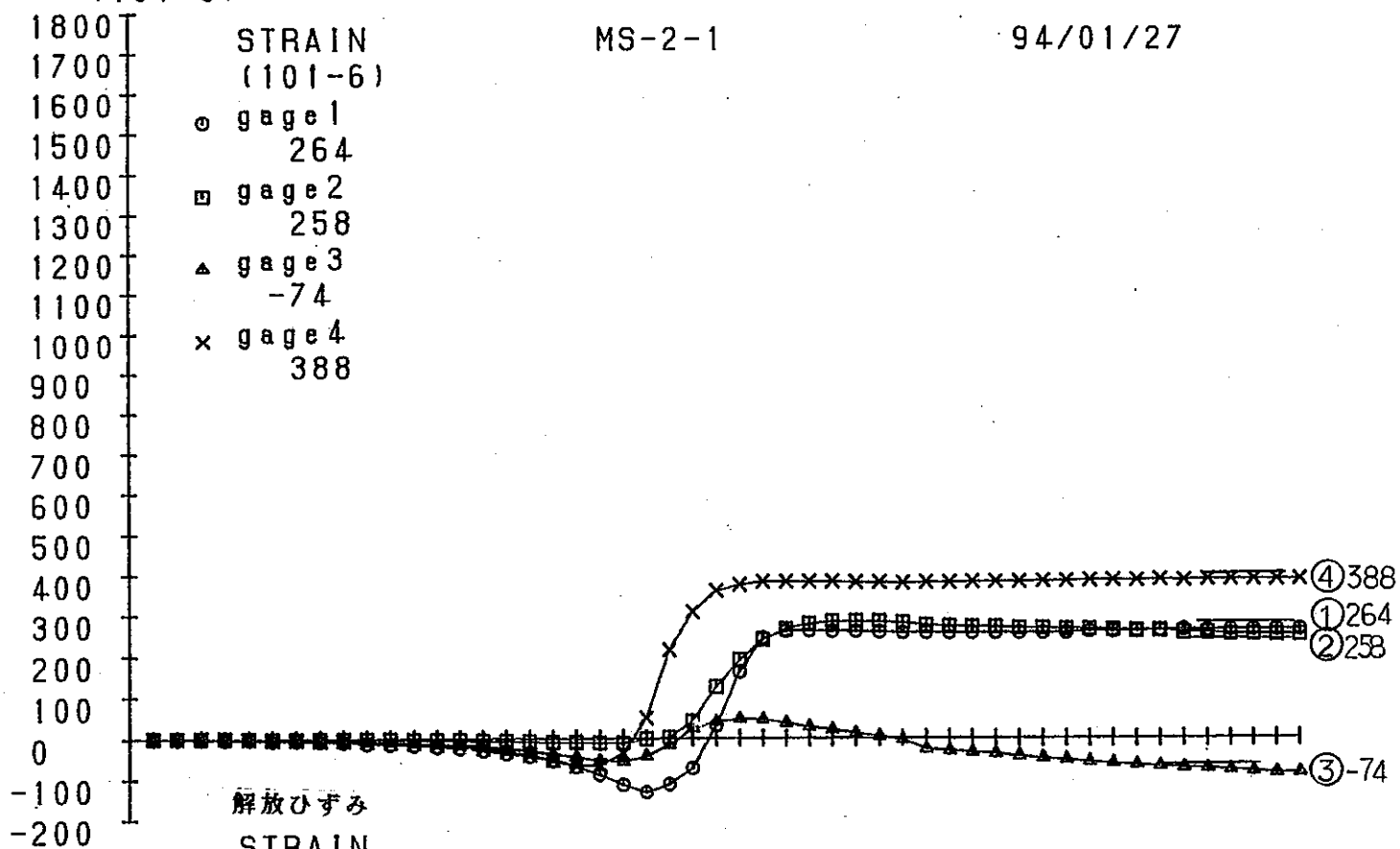


ゲージ位置

(101-6)

MS-2-1

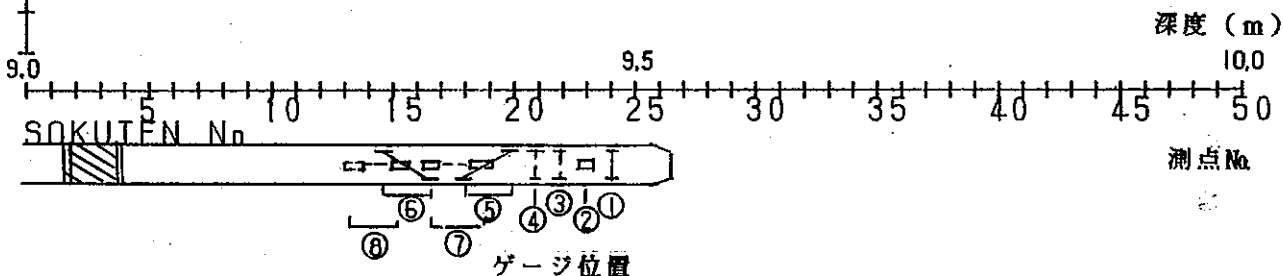
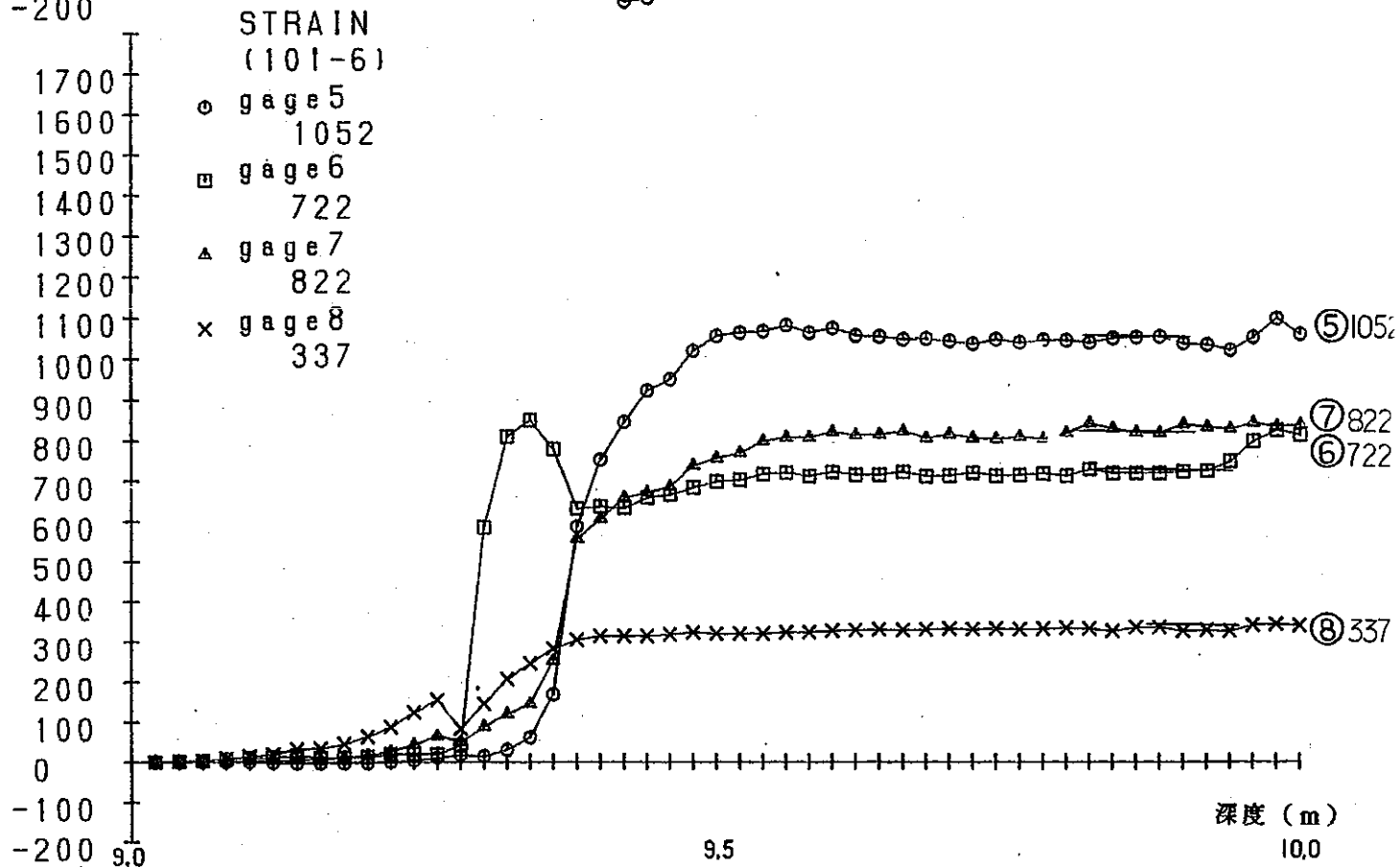
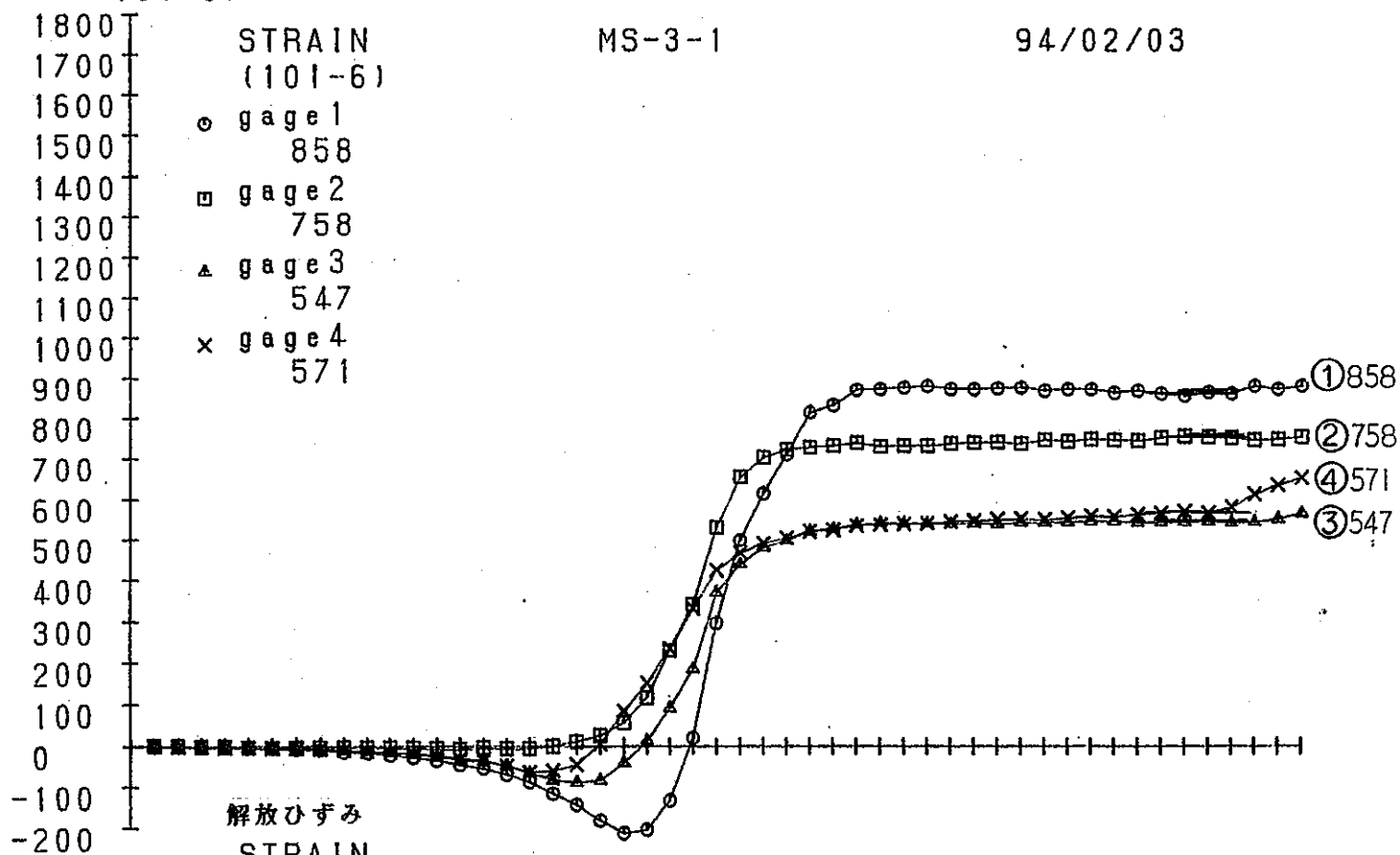
94/01/27



(101-6)

MS-3-1

94/02/03



土岐 地点

オーバーコアリング測定結果

MS-1-1

計器No=001

94/01/06

測点 No.	測点 間隔	掘進長 (cm)	測点深度 (m)	gage1	gage2	ひずみ gage3	変化 (10 ⁻⁶) gage4	gage5	gage6	gage7	gage8	記 事
0	0	0	5.700	0	0	0	0	0	0	0	0	基準値 (0点)
1	2	2	5.720	-1	0	-1	-1	0	0	0	4	
2	2	4	5.740	-1	-1	-1	-1	1	0	1	7	
3	2	6	5.760	-2	-1	-3	-2	1	0	2	10	
4	2	8	5.780	-3	-2	-4	-3	1	-2	3	12	
5	2	10	5.800	-4	-3	-5	-5	1	-3	4	16	
6	2	12	5.820	-4	-4	-8	-6	2	-6	5	21	ストローク交換
7	2	14	5.840	-6	-5	-10	-8	1	-9	9	29	
8	2	16	5.860	-8	-6	-13	-10	1	-13	13	39	
9	2	18	5.880	-9	-6	-16	-13	2	-17	19	53	
10	2	20	5.900	-13	-8	-21	-18	2	-17	31	76	
11	2	22	5.920	-17	-9	-27	-23	4	-14	46	101	
12	2	24	5.940	-23	-10	-35	-30	5	-5	72	132	
13	2	26	5.960	-29	-10	-45	-39	6	15	106	165	
14	2	28	5.980	-38	-13	-57	-49	15	56	146	198	
15	2	30	6.000	-51	-13	-72	-60	34	118	197	241	
16	2	32	6.020	-68	-13	-93	-69	69	207	256	290	
17	2	34	6.040	-92	-10	-113	-59	123	313	339	338	
18	2	36	6.060	-118	-1	-121	0	181	399	417	365	
19	2	38	6.080	-152	22	-76	123	263	469	496	387	
20	2	40	6.100	-169	75	33	301	330	505	552	401	
21	2	42	6.120	-155	185	206	565	397	534	598	418	
22	2	44	6.140	-62	350	427	832	460	551	636	436	
23	2	46	6.160	115	562	630	1042	496	560	670	454	
24	2	48	6.180	361	737	782	1168	533	567	699	471	
25	2	50	6.200	538	830	856	1225	557	573	711	483	
26	2	52	6.220	614	868	888	1258	575	574	725	491	
27	2	54	6.240	669	886	905	1294	597	582	737	501	
28	2	56	6.260	697	895	913	1320	612	589	746	509	
29	2	58	6.280	715	903	922	1340	625	593	759	524	
30	2	60	6.300	728	906	929	1355	638	597	768	533	
31	2	62	6.320	739	913	938	1373	652	606	776	546	ストローク交換
32	2	64	6.340	757	924	956	1406	682	622	805	566	
33	2	66	6.360	765	926	962	1417	693	627	810	573	
34	2	68	6.380	771	930	970	1427	704	632	816	580	
35	2	70	6.400	779	936	978	1439	717	642	826	587	
36	2	72	6.420	784	941	986	1449	729	651	830	596	
37	2	74	6.440	793	944	997	1459	742	656	840	602	
38	2	76	6.460	800	947	1007	1468	755	668	846	611	
39	2	78	6.480	809	951	1019	1475	770	678	851	620	
40	2	80	6.500	817	956	1029	1486	778	694	860	618	
41	2	82	6.520	824	960	1038	1493	786	701	861	624	
42	2	84	6.540	832	965	1049	1500	795	710	869	625	
43	2	86	6.560	840	968	1059	1508	805	717	873	629	
44	2	88	6.580	851	970	1067	1518	818	726	883	629	
45	2	90	6.600	858	973	1082	1527	829	737	885	636	
46	2	92	6.620	867	974	1091	1534	840	740	895	636	
47	2	94	6.640	875	976	1102	1544	852	750	899	640	
48	2	96	6.660	879	977	1108	1545	859	754	899	647	
49	2	98	6.680	886	978	1116	1550	865	762	898	647	
50	2	100	6.700	894	979	1123	1559	878	768	909	647	

土岐 地点

オーバーコアリング測定結果

MS-2-1

計器No=002

94/01/27

測点 No.	測点 間隔	掘進長 (cm)	測点深度 (m)	gage1	gage2	ひずみ gage3	変化 gage4	(10 ⁻⁶) gage5	gage6	gage7	gage8	記	事
0	0	0	9.500	0	0	0	0	0	0	0	0		基準値 (0点)
1	2	2	9.520	0	0	0	0	0	0	0	1		
2	2	4	9.540	0	0	-1	0	1	0	1	3		
3	2	6	9.560	-1	0	0	0	2	0	2	6		
4	2	8	9.580	-2	0	-1	0	2	0	2	9		
5	2	10	9.600	-3	0	-1	-1	3	0	4	14		
6	2	12	9.620	-4	-1	-2	-2	5	0	5	18		
7	2	14	9.640	-5	-1	-3	-2	6	-1	8	23		
8	2	16	9.660	-6	-1	-4	-4	8	-2	9	29		ストローク交換
9	2	18	9.680	-9	-1	-5	-4	7	-4	12	37		
10	2	20	9.700	-11	-1	-6	-6	9	-4	16	46		
11	2	22	9.720	-13	-1	-8	-8	10	-4	22	60		
12	2	24	9.740	-16	-2	-10	-10	13	0	31	77		
13	2	26	9.760	-19	-2	-13	-13	17	10	46	100		
14	2	28	9.780	-23	-3	-16	-17	21	28	66	127		
15	2	30	9.800	-28	-4	-20	-22	23	64	98	158		
16	2	32	9.820	-35	-5	-25	-30	29	115	137	190		
17	2	34	9.840	-43	-6	-30	-40	37	181	175	223		
18	2	36	9.860	-54	-8	-38	-52	53	304	217	246		
19	2	38	9.880	-68	-9	-45	-67	75	457	269	273		
20	2	40	9.900	-88	-10	-54	-65	123	602	309	292		
21	2	42	9.920	-114	-10	-55	-36	188	720	332	313		
22	2	44	9.940	-131	-1	-43	50	281	822	358	333		
23	2	46	9.960	-111	2	-15	216	347	907	378	345		
24	2	48	9.980	-71	42	25	309	392	947	384	358		
25	2	50	10.000	32	126	41	360	415	971	387	367		
26	2	52	10.020	163	192	49	376	428	987	391	373		
27	2	54	10.040	245	241	46	382	435	1003	393	379		
28	2	56	10.060	260	267	37	383	446	1015	396	384		
29	2	58	10.080	263	279	28	383	453	1025	400	389		
30	2	60	10.100	261	284	20	382	459	1038	403	396		
31	2	62	10.120	260	284	12	380	464	1048	404	399		
32	2	64	10.140	259	284	5	380	468	1056	406	404		
33	2	66	10.160	258	281	-2	379	473	1065	410	408		ストローク交換
34	2	68	10.180	257	275	-26	380	486	1090	413	416		
35	2	70	10.200	257	273	-30	381	488	1093	416	420		
36	2	72	10.220	257	272	-34	382	490	1097	415	422		
37	2	74	10.240	257	271	-38	382	491	1101	416	426		
38	2	76	10.260	257	269	-43	383	497	1106	416	428		
39	2	78	10.280	258	268	-48	384	499	1111	417	431		
40	2	80	10.300	258	267	-52	385	499	1116	420	432		
41	2	82	10.320	260	266	-57	386	503	1121	420	435		
42	2	84	10.340	261	265	-61	387	505	1127	421	437		
43	2	86	10.360	261	263	-65	387	508	1132	420	441		
44	2	88	10.380	263	262	-69	388	511	1136	426	443		
45	2	90	10.400	264	258	-72	387	514	1140	423	448		
46	2	92	10.420	263	258	-74	388	516	1145	424	449		
47	2	94	10.440	264	254	-77	388	521	1150	427	455		
48	2	96	10.460	265	254	-81	388	523	1155	427	456		
49	2	98	10.480	265	252	-84	389	526	1159	430	461		
50	2	100	10.500	264	251	-85	389	527	1163	429	463		

土岐 地点

オーバーコアリング測定結果

MS-3-1

計器No=003

94/02/03

測点 No.	測点 間隔	掘進長 (cm)	測点深度 (m)	gage1	gage2	ひずみ gage3	変化 gage4	(10 ⁻⁶) gage5	gage6	gage7	gage8	記	事
0	0	0	9.000	0	0	0	0	0	0	0	0		基準値(0点)
1	2	2	9.020	0	0	0	0	0	0	0	0		
2	2	4	9.040	0	0	-1	-1	0	2	0	2		
3	2	6	9.060	-1	-1	-2	-1	0	5	1	5		
4	2	8	9.080	-2	-1	-2	-2	0	8	2	10		
5	2	10	9.100	-3	-2	-3	-3	0	11	4	15		
6	2	12	9.120	-5	-2	-5	-4	-1	14	4	21		ストローク交換
7	2	14	9.140	-7	-2	-6	-5	-2	18	6	34		
8	2	16	9.160	-9	-2	-7	-6	-2	11	8	35		
9	2	18	9.180	-13	-2	-9	-9	-2	12	13	46		
10	2	20	9.200	-16	-2	-11	-11	-2	14	18	64		
11	2	22	9.220	-21	-2	-15	-14	0	20	28	89		
12	2	24	9.240	-26	-3	-19	-18	5	22	44	125		
13	2	26	9.260	-34	-5	-24	-23	12	21	67	155		
14	2	28	9.280	-44	-6	-33	-30	19	42	51	85		
15	2	30	9.300	-53	-3	-36	-35	15	589	90	146		
16	2	32	9.320	-68	-4	-47	-48	31	811	121	209		
17	2	34	9.340	-87	-5	-64	-62	62	851	146	246		
18	2	36	9.360	-115	0	-82	-60	170	781	253	284		
19	2	38	9.380	-143	11	-89	-45	590	633	559	306		
20	2	40	9.400	-181	27	-82	6	756	639	608	316		
21	2	42	9.420	-211	58	-40	84	848	635	661	315		
22	2	44	9.440	-203	117	14	152	924	660	674	316		
23	2	46	9.460	-131	231	92	236	951	668	688	319		
24	2	48	9.480	20	343	187	334	1020	686	740	325		
25	2	50	9.500	299	533	372	427	1057	700	759	320		
26	2	52	9.520	500	656	441	470	1065	704	772	320		
27	2	54	9.540	616	705	482	493	1069	719	800	321		
28	2	56	9.560	712	725	501	507	1082	723	810	324		
29	2	58	9.580	815	730	523	523	1065	714	810	325		
30	2	60	9.600	834	733	529	526	1075	725	823	328		
31	2	62	9.620	871	740	539	538	1057	718	816	330		ストローク交換
32	2	64	9.640	873	732	542	539	1055	718	818	331		
33	2	66	9.660	878	733	543	541	1049	724	824	330		
34	2	68	9.680	881	734	543	543	1050	713	808	332		
35	2	70	9.700	874	739	541	547	1044	716	817	333		
36	2	72	9.720	874	741	542	548	1038	722	809	332		
37	2	74	9.740	875	743	541	551	1049	716	807	334		
38	2	76	9.760	877	739	544	553	1040	718	812	332		
39	2	78	9.780	870	748	545	552	1047	721	806	334		
40	2	80	9.800	874	745	547	555	1047	716	821	336		
41	2	82	9.820	873	750	548	560	1040	731	844	333		
42	2	84	9.840	865	748	548	559	1052	723	832	329		
43	2	86	9.860	870	747	545	565	1053	722	822	337		
44	2	88	9.880	862	754	546	568	1056	722	820	337		
45	2	90	9.900	858	758	547	571	1039	727	843	329		
46	2	92	9.920	867	755	548	569	1035	728	836	330		
47	2	94	9.940	863	753	544	583	1022	752	832	329		
48	2	96	9.960	881	748	547	613	1053	800	846	342		
49	2	98	9.980	874	750	553	636	1099	828	838	344		
50	2	100	10.000	880	755	566	653	1060	816	840	340		

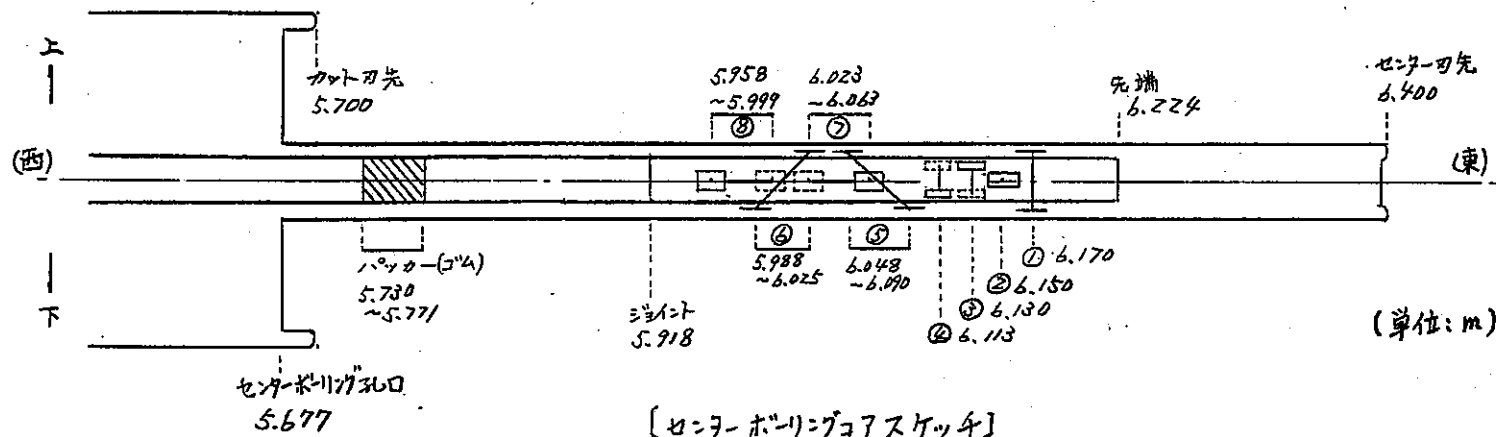
4. オーバーコアリング実績図

MS-1-1 ヴすみ計埋設図 (S=1/500)

計器No.: 001
埋設日: 1993.12.24
O.C.日: 1994.1.6

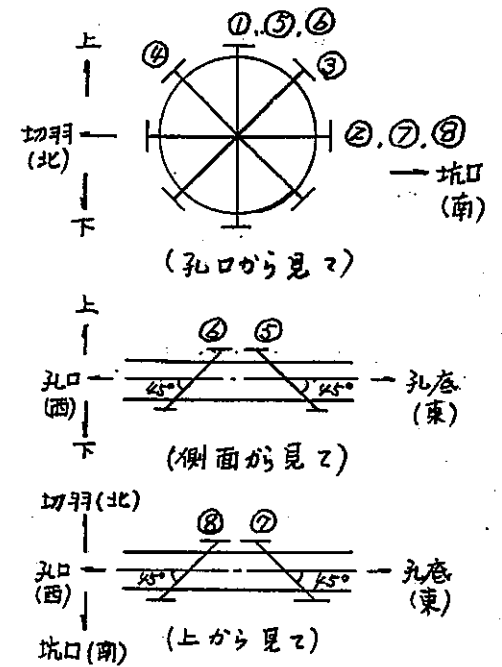
[ゲージ方向]

[すみ計埋設位置]



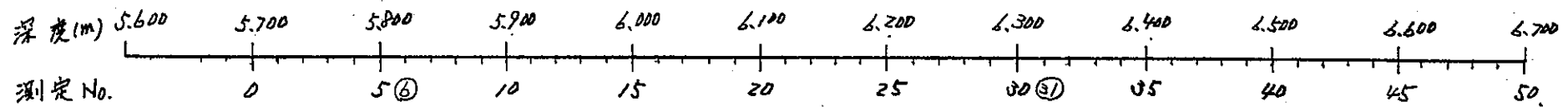
[センターボリ=ブコアスケッチ]

(単位: m)



砂岩(棒状)

礫状砂岩(岩片状)



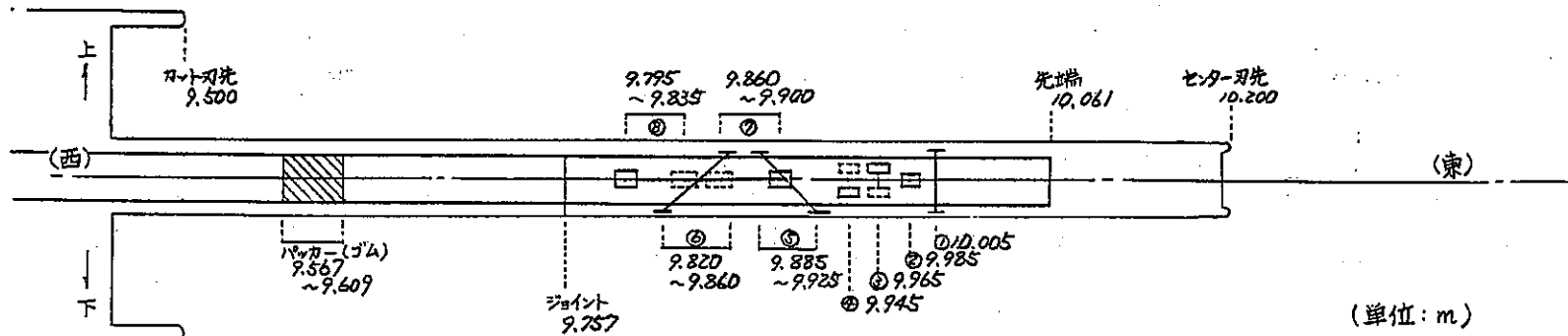
ストロ
交換

ストロ
交換

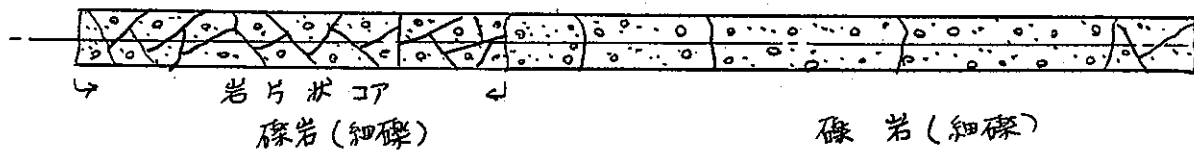
MS-Z-1 ひずみ計埋設図 (S=1/500)

計器No: 002
埋設日: 1994.1.18
O.C日:

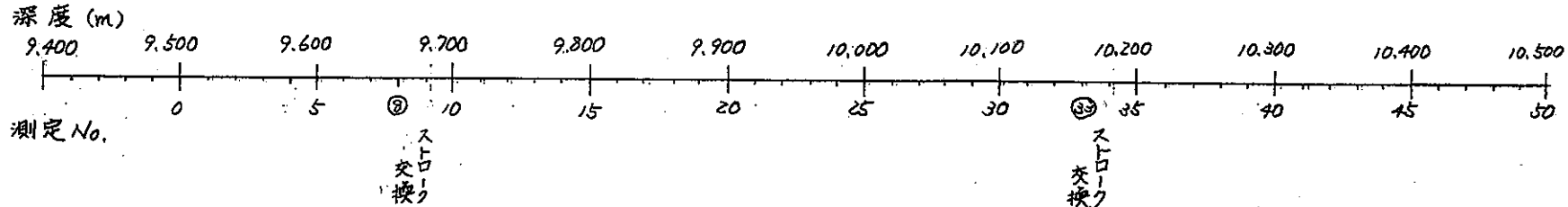
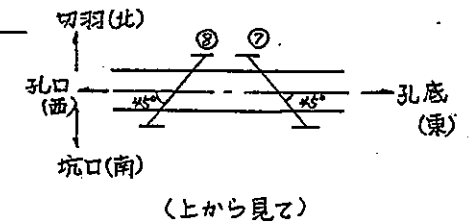
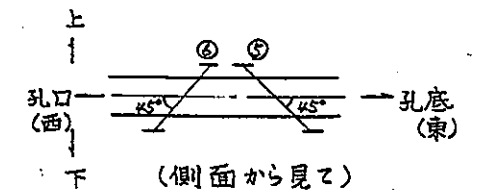
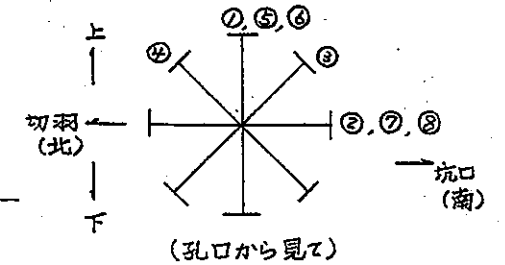
〔ひずみ計埋設位置〕



〔センターボーリングコアスケッチ〕



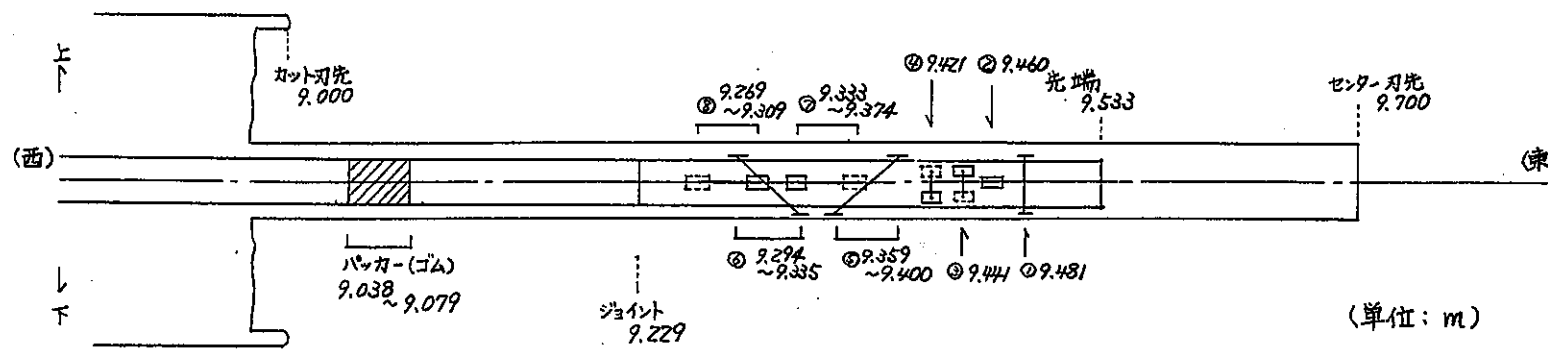
〔ゲージ方向〕



MS-3-1 ひずみ計埋設図 (S=1/500)

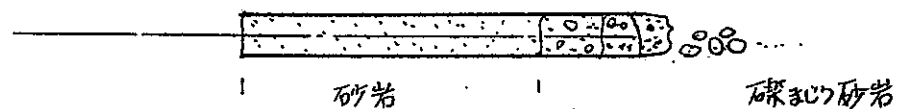
計器No. 003
埋設日: 1994. 7. 25
O.C日: . 2. 3

〔ひずみ計埋設位置〕

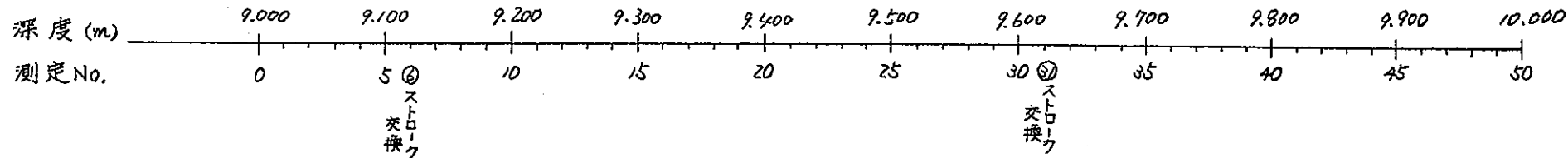
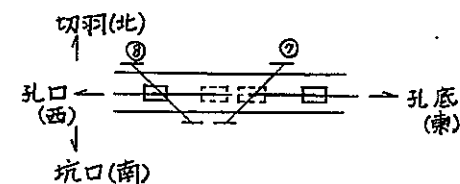
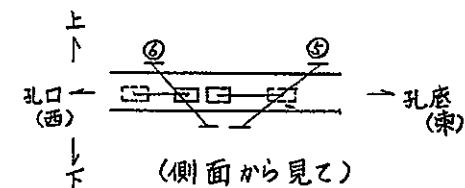
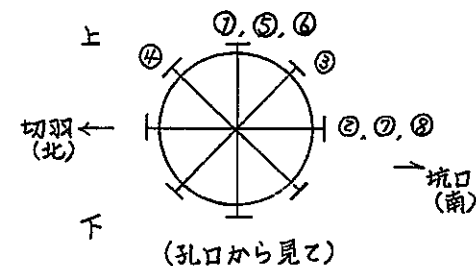


(単位: m)

〔センターボーリングコアスケッチ〕



(ゲージ方向)

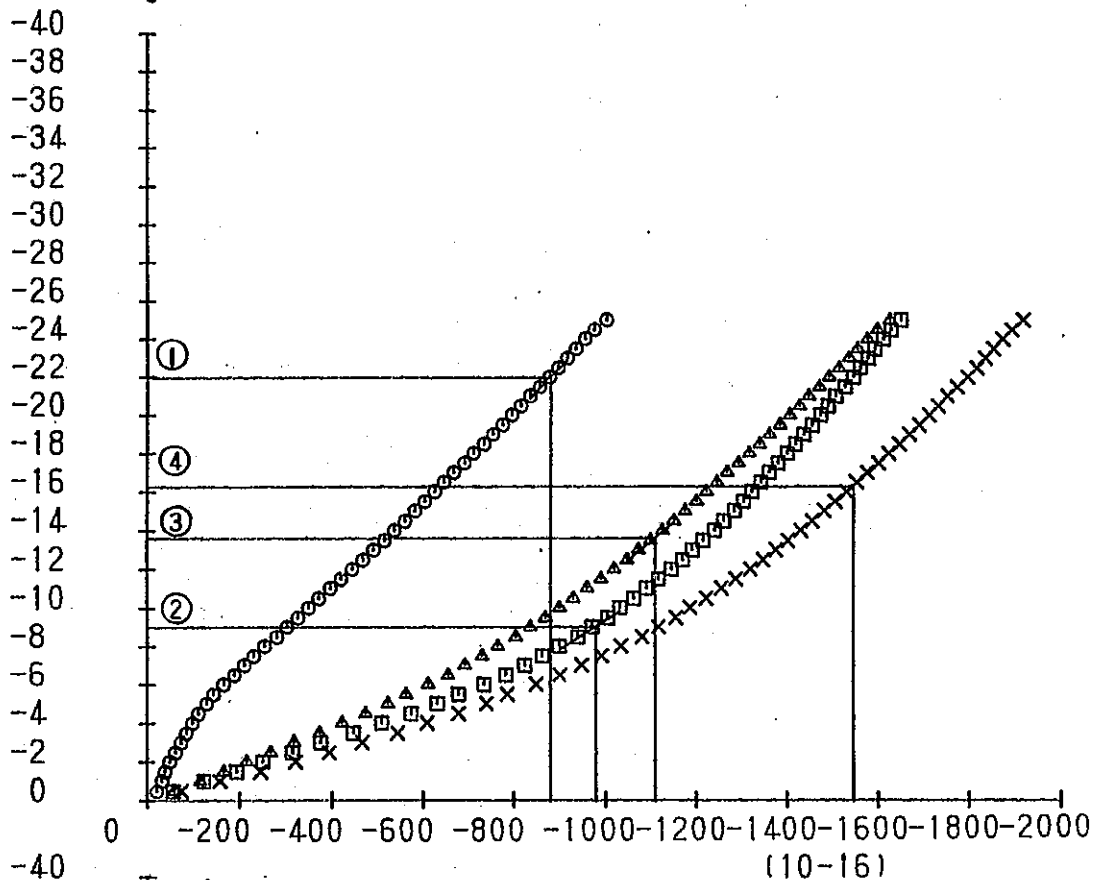


5. ひずみ感度試験結果図および表

STRESS
(kgf/cm²)

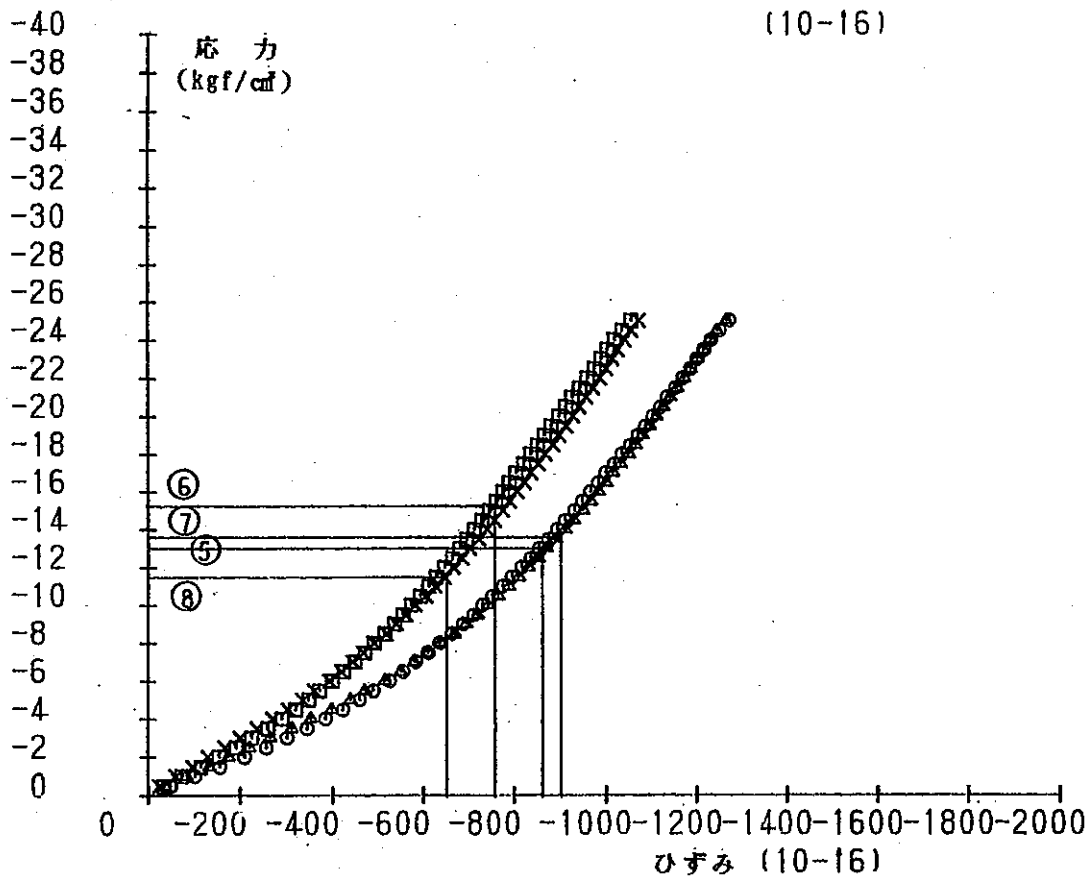
MS-1-1T

94/01/07



STRESS
(kgf/cm²)

- gage 1
22.1
- gage 2
9.1
- △ gage 3
13.7
- × gage 4
16.4



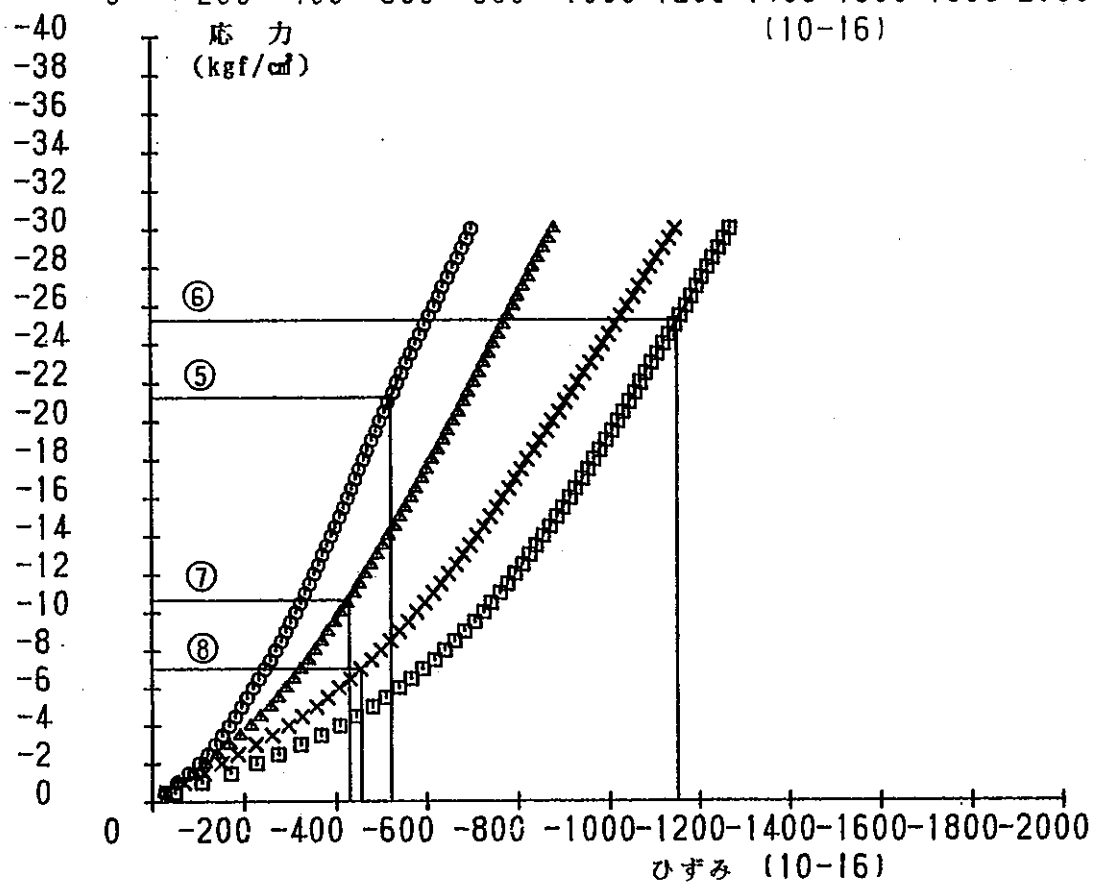
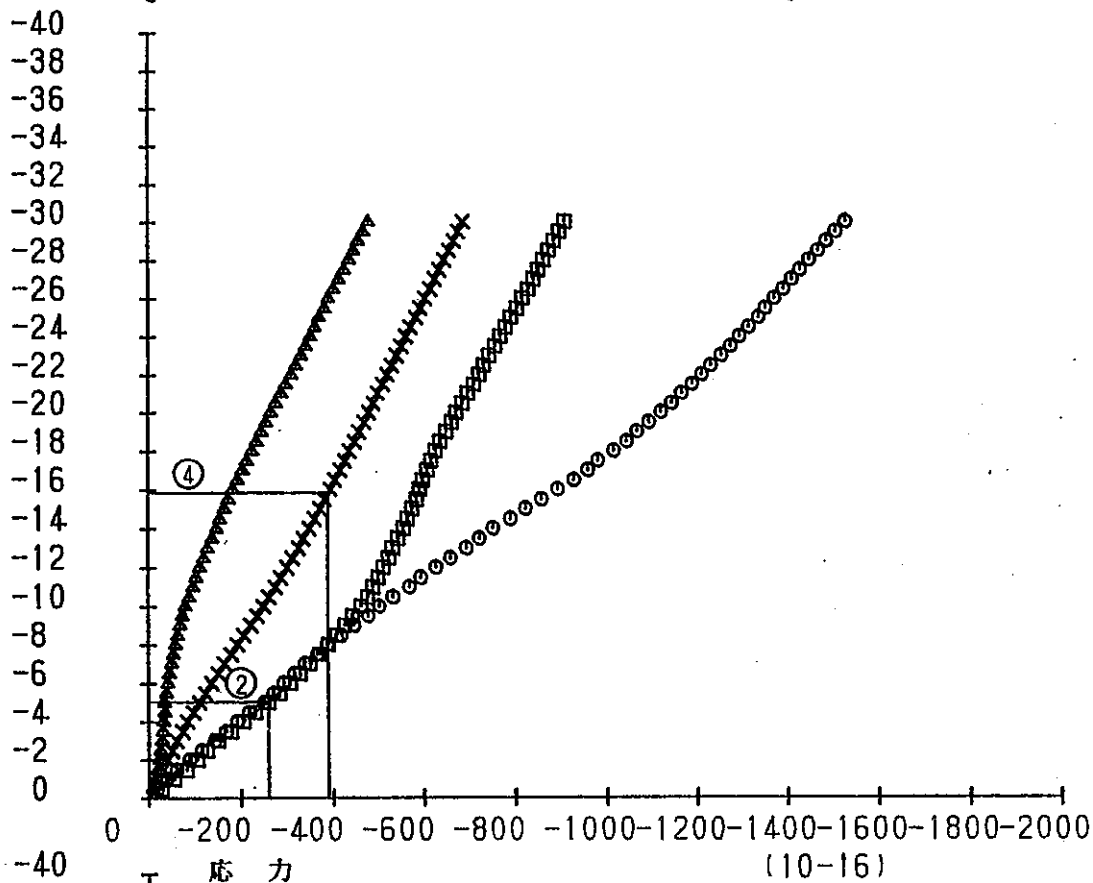
STRESS
(kgf/cm²)

- gage 5
13.2
- gage 6
15.4
- △ gage 7
13.7
- × gage 8
11.6

STRESS
(kgf/cm²)

MS-2-1T

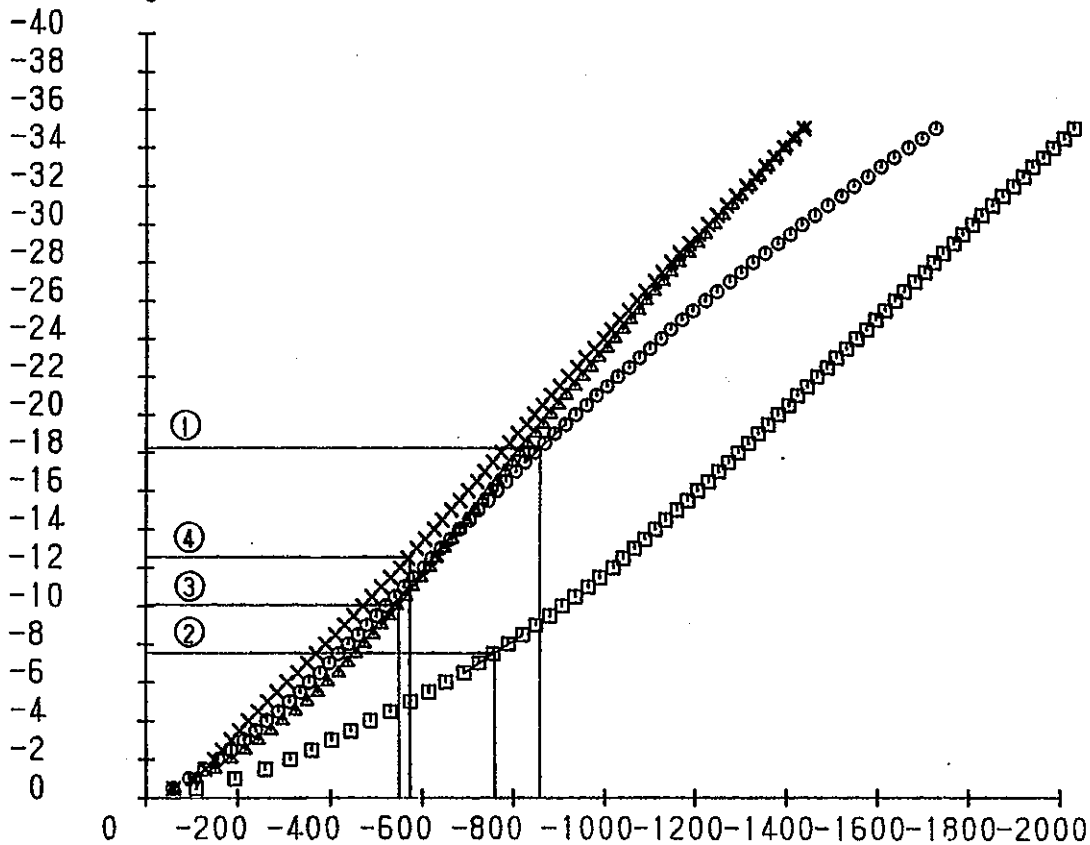
94/01/28



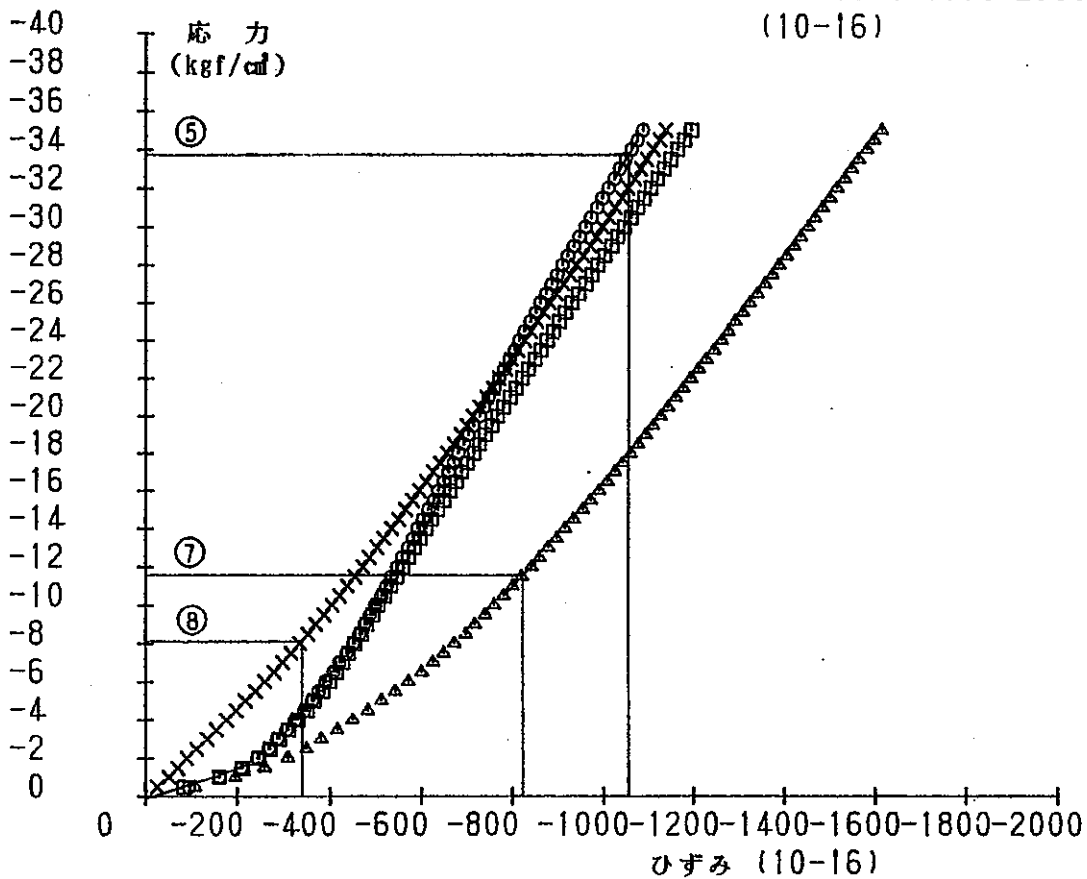
STRESS
(kgf/cm²)

MS-3-1T

94/02/04



STRESS
(kgf/cm²)
○ gage1
18.3
□ gage2
7.5
△ gage3
10.1
× gage4
12.6



STRESS
(kgf/cm²)
○ gage5
33.7
□ gage6
—
△ gage7
11.6
× gage8
8.1

MS-1-1T

計器NO=001

94/01/07

測点 No.	圧力 (kg/cm ²)	gage1	gage2	gage3	ひき 変 化 (10 ⁻⁶)	gage4	gage5	gage6	gage7	gage8	配 管	事 件
0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
1	0.5	-19	-55	-56	-71	-46	-32	-34	-34	-23		
2	1.0	-31	-121	-112	-156	-89	-71	-81	-81	-57		
3	1.5	-38	-192	-165	-244	-155	-113	-131	-131	-85		
4	2.0	-48	-250	-215	-319	-207	-152	-173	-173	-128		
5	2.5	-59	-312	-266	-393	-254	-189	-217	-217	-164		
6	3.0	-71	-375	-316	-468	-299	-223	-262	-262	-198		
7	3.5	-82	-446	-371	-543	-343	-257	-310	-310	-235		
8	4.0	-96	-507	-421	-607	-383	-288	-351	-351	-277		
9	4.5	-110	-573	-472	-678	-421	-317	-386	-386	-301		
10	5.0	-127	-630	-521	-738	-458	-346	-438	-438	-333		
11	5.5	-143	-676	-561	-785	-488	-370	-469	-469	-357		
12	6.0	-165	-733	-610	-847	-522	-398	-513	-513	-391		
13	6.5	-187	-781	-652	-900	-553	-423	-548	-548	-418		
14	7.0	-209	-822	-680	-946	-581	-447	-578	-578	-443		
15	7.5	-230	-861	-727	-990	-608	-469	-607	-607	-466		
16	8.0	-253	-897	-762	-1031	-633	-490	-634	-634	-489		
17	8.5	-279	-938	-802	-1077	-660	-513	-666	-666	-518		
18	9.0	-301	-970	-835	-1115	-684	-534	-691	-691	-537		
19	9.5	-324	-1002	-867	-1152	-707	-553	-716	-716	-559		
20	10.0	-347	-1030	-897	-1185	-728	-571	-739	-739	-580		
21	10.5	-370	-1060	-928	-1220	-750	-581	-763	-763	-602		
22	11.0	-395	-1088	-958	-1253	-772	-609	-786	-786	-622		
23	11.5	-418	-1115	-987	-1285	-793	-626	-808	-808	-643		
24	12.0	-442	-1142	-1016	-1315	-814	-644	-830	-830	-663		
25	12.5	-466	-1167	-1044	-1345	-834	-661	-851	-851	-682		
26	13.0	-489	-1190	-1070	-1373	-853	-677	-870	-870	-700		
27	13.5	-512	-1213	-1096	-1400	-872	-693	-890	-890	-719		
28	14.0	-535	-1237	-1122	-1428	-892	-710	-910	-910	-737		
29	14.5	-557	-1258	-1148	-1453	-910	-726	-928	-928	-754		
30	15.0	-580	-1281	-1173	-1479	-929	-742	-947	-947	-772		
31	15.5	-601	-1301	-1197	-1503	-946	-757	-964	-964	-788		
32	16.0	-622	-1320	-1220	-1527	-966	-773	-981	-981	-804		
33	16.5	-643	-1339	-1243	-1550	-981	-788	-997	-997	-820		
34	17.0	-664	-1357	-1265	-1572	-997	-802	-1012	-1012	-834		
35	17.5	-687	-1378	-1290	-1597	-1016	-819	-1030	-1030	-851		
36	18.0	-708	-1397	-1312	-1619	-1032	-834	-1047	-1047	-866		
37	18.5	-731	-1416	-1336	-1642	-1051	-850	-1063	-1063	-882		
38	19.0	-751	-1434	-1358	-1664	-1067	-865	-1078	-1078	-896		
39	19.5	-772	-1453	-1381	-1686	-1084	-880	-1094	-1094	-911		
40	20.0	-793	-1471	-1402	-1708	-1101	-896	-1110	-1110	-926		
41	20.5	-813	-1488	-1424	-1728	-1117	-911	-1125	-1125	-940		
42	21.0	-832	-1505	-1444	-1747	-1133	-925	-1139	-1139	-954		
43	21.5	-854	-1524	-1467	-1770	-1151	-941	-1155	-1155	-969		
44	22.0	-876	-1542	-1487	-1792	-1168	-957	-1171	-1171	-984		
45	22.5	-895	-1558	-1511	-1812	-1184	-972	-1185	-1185	-997		
46	23.0	-914	-1575	-1532	-1831	-1200	-987	-1200	-1200	-1011		
47	23.5	-933	-1590	-1551	-1849	-1214	-1001	-1213	-1213	-1023		
48	24.0	-952	-1608	-1572	-1870	-1230	-1016	-1228	-1228	-1038		
49	24.5	-973	-1625	-1594	-1890	-1248	-1032	-1243	-1243	-1052		
50	25.0	-999	-1646	-1621	-1915	-1270	-1053	-1262	-1262	-1070		
51	24.5	-1001	-1639	-1620	-1911	-1273	-1056	-1260	-1260	-1068		
52	24.0	-998	-1628	-1616	-1904	-1272	-1055	-1254	-1254	-1062		
53	23.5	-990	-1612	-1606	-1889	-1268	-1051	-1243	-1243	-1050		
54	23.0	-985	-1604	-1599	-1882	-1264	-1047	-1238	-1238	-1045		
55	22.5	-979	-1593	-1592	-1872	-1261	-1044	-1231	-1231	-1037		
56	22.0	-971	-1581	-1583	-1862	-1257	-1040	-1222	-1222	-1029		
57	21.5	-964	-1568	-1575	-1849	-1252	-1036	-1213	-1213	-1019		
58	21.0	-956	-1554	-1566	-1837	-1248	-1032	-1203	-1203	-1009		
59	20.5	-946	-1539	-1555	-1823	-1242	-1027	-1192	-1192	-997		
60	20.0	-939	-1527	-1546	-1812	-1237	-1022	-1183	-1183	-989		
61	19.5	-929	-1511	-1534	-1797	-1230	-1016	-1171	-1171	-976		
62	19.0	-919	-1498	-1525	-1785	-1224	-1011	-1161	-1161	-966		
63	18.5	-909	-1482	-1513	-1770	-1217	-1004	-1150	-1150	-954		
64	18.0	-899	-1468	-1502	-1756	-1209	-997	-1138	-1138	-943		
65	17.5	-889	-1453	-1490	-1743	-1202	-991	-1128	-1128	-932		
66	17.0	-879	-1439	-1479	-1729	-1195	-984	-1117	-1117	-922		
67	16.5	-865	-1420	-1463	-1711	-1185	-976	-1102	-1102	-906		
68	16.0	-855	-1405	-1452	-1696	-1177	-969	-1090	-1090	-894		
69	15.5	-844	-1390	-1440	-1682	-1169	-961	-1079	-1079	-883		
70	15.0	-833	-1374	-1426	-1666	-1160	-953	-1066	-1066	-871		
71	14.5	-821	-1358	-1413	-1651	-1151	-945	-1054	-1054	-859		
72	14.0	-806	-1339	-1398	-1633	-1141	-938	-1036	-1036	-843		
73	13.5	-795	-1322	-1384	-1617	-1131	-927	-1026	-1026	-830		
74	13.0	-781	-1304	-1368	-1599	-1120	-918	-1011	-1011	-815		
75	12.5	-767	-1285	-1351	-1580	-1108	-907	-995	-995	-800		
76	12.0	-752	-1267	-1336	-1563	-1098	-898	-981	-981	-785		
77	11.5	-741	-1250	-1321	-1547	-1087	-889	-968	-968	-772		
78	11.0	-728	-1232	-1306	-1530	-1076	-878	-954	-954	-758		
79	10.5	-714	-1210	-1288	-1510	-1063	-868	-937	-937	-742		
80	10.0	-700	-1193	-1271	-1493	-1051	-857	-924	-924	-727		
81	9.5	-687	-1173	-1255	-1474	-1039	-845	-908	-908	-712		
82	9.0	-670	-1148	-1234	-1451	-1024	-833	-889	-889	-693		
83	8.5	-652	-1123	-1212	-1426	-1008	-819	-869	-869	-674		
84	8.0	-637	-1101	-1193	-1405	-994	-806	-852	-852	-657		
85	7.5	-617	-1076	-1170	-1379	-977	-791	-831	-831	-637		
86	7.0	-598	-1051	-1148	-1352	-961	-776	-811	-811	-617		
87	6.5	-576	-1021	-1121	-1320	-941	-760	-787	-787	-593		
88	6.0	-556	-995	-1098	-1292	-924	-744	-767	-767	-575		
89	5.5	-532	-961	-1068	-1254	-901	-725	-741	-741	-550		
90	5.0	-507	-930	-1039	-1218	-879	-706	-717	-717	-528		
91	4.5	-481	-894	-1006	-1174	-854	-686	-691	-691	-503		
92	4.0	-446	-853	-972	-1129	-827	-663	-663	-663	-476		
93	3.5	-414	-812	-929	-1069	-793	-636	-628	-628	-442		
94	3.0	-378	-765	-886	-996	-759	-609	-588	-588	-410		
95	2.5	-343	-707	-837	-914	-721	-578	-548	-548	-375		
96	2.0	-310	-646	-784	-830	-681	-546	-503	-503	-342		
97	1.5	-285	-567	-724	-731	-637	-509	-452	-452	-306		
98	1.0	-267	-473	-655	-617	-587	-470	-393	-393	-266		
99	0.5	-250	-358	-574	-482	-531	-425	-315	-315	-218		
100	0.0	-216	-217	-466	-304	-457	-365	-208	-208	-162		

付-5 (90)

測点 No.	応力 (kgf/cm ²)	gage1	gage2	gage3	gage4	gage5 (10 ⁻⁶)	gage6	gage7	gage8	記
0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0.5	-66	-108	-59	-57	-83	-81	-106	-26	
2	1.0	-83	-193	-108	-97	-160	-159	-106	-68	
3	1.5	-126	-268	-149	-127	-208	-211	-268	-87	
4	2.0	-156	-311	-184	-148	-242	-246	-307	-110	
5	2.5	-185	-358	-215	-165	-266	-270	-347	-132	
6	3.0	-212	-401	-242	-184	-284	-290	-380	-153	
7	3.5	-236	-443	-270	-203	-304	-310	-414	-174	
8	4.0	-261	-486	-295	-221	-323	-329	-447	-196	
9	4.5	-286	-530	-322	-242	-342	-349	-481	-216	
10	5.0	-308	-572	-347	-262	-368	-365	-511	-237	
11	5.5	-332	-612	-371	-283	-375	-382	-541	-257	
12	6.0	-352	-649	-392	-304	-390	-397	-566	-277	
13	6.5	-378	-689	-416	-327	-406	-413	-597	-296	
14	7.0	-396	-723	-436	-347	-426	-426	-623	-314	
15	7.5	-416	-755	-454	-367	-446	-440	-646	-332	
16	8.0	-438	-788	-473	-388	-468	-453	-670	-351	
17	8.5	-459	-820	-492	-410	-482	-467	-694	-368	
18	9.0	-477	-848	-510	-430	-474	-479	-715	-386	
19	9.5	-500	-880	-527	-450	-485	-482	-738	-402	
20	10.0	-519	-906	-544	-470	-498	-504	-758	-420	
21	10.5	-540	-935	-562	-490	-511	-518	-779	-436	
22	11.0	-559	-962	-578	-510	-522	-531	-799	-452	
23	11.5	-579	-988	-596	-529	-533	-544	-819	-470	
24	12.0	-602	-1018	-615	-551	-546	-558	-841	-485	
25	12.5	-620	-1040	-629	-567	-556	-568	-858	-501	
26	13.0	-640	-1084	-646	-586	-569	-582	-878	-516	
27	13.5	-659	-1087	-662	-605	-579	-594	-896	-532	
28	14.0	-680	-1111	-679	-624	-590	-608	-915	-547	
29	14.5	-701	-1134	-695	-641	-601	-620	-933	-563	
30	15.0	-721	-1159	-713	-661	-612	-633	-952	-578	
31	15.5	-742	-1182	-730	-680	-624	-646	-970	-598	
32	16.0	-763	-1204	-746	-698	-634	-660	-988	-608	
33	16.5	-783	-1227	-763	-717	-646	-673	-1006	-623	
34	17.0	-805	-1250	-779	-734	-656	-685	-1023	-637	
35	17.5	-825	-1271	-796	-752	-667	-698	-1040	-652	
36	18.0	-846	-1293	-812	-771	-678	-712	-1057	-667	
37	18.5	-868	-1315	-829	-790	-689	-725	-1074	-682	
38	19.0	-890	-1336	-847	-808	-700	-738	-1091	-696	
39	19.5	-913	-1358	-864	-827	-711	-752	-1108	-710	
40	20.0	-935	-1380	-881	-845	-724	-765	-1125	-725	
41	20.5	-957	-1402	-898	-863	-735	-778	-1141	-739	
42	21.0	-979	-1422	-915	-881	-745	-792	-1157	-754	
43	21.5	-1003	-1444	-932	-900	-757	-806	-1175	-768	
44	22.0	-1028	-1466	-950	-918	-768	-819	-1191	-782	
45	22.5	-1051	-1488	-968	-938	-779	-833	-1208	-806	
46	23.0	-1074	-1508	-985	-955	-791	-847	-1224	-824	
47	23.5	-1098	-1530	-1003	-975	-802	-861	-1241	-838	
48	24.0	-1122	-1551	-1020	-994	-813	-874	-1257	-852	
49	24.5	-1145	-1572	-1037	-1011	-824	-888	-1272	-867	
50	25.0	-1169	-1593	-1055	-1030	-837	-901	-1288	-882	
51	25.5	-1193	-1613	-1073	-1049	-849	-915	-1304	-896	
52	26.0	-1218	-1634	-1096	-1067	-860	-928	-1320	-910	
53	26.5	-1244	-1655	-1108	-1086	-872	-943	-1336	-924	
54	27.0	-1272	-1678	-1128	-1107	-884	-957	-1353	-938	
55	27.5	-1297	-1698	-1145	-1125	-896	-971	-1369	-952	
56	28.0	-1323	-1719	-1163	-1145	-907	-984	-1385	-967	
57	28.5	-1349	-1740	-1182	-1163	-919	-998	-1401	-981	
58	29.0	-1377	-1763	-1202	-1184	-932	-1014	-1417	-995	
59	29.5	-1404	-1783	-1220	-1204	-944	-1028	-1433	-1009	
60	30.0	-1431	-1805	-1239	-1224	-957	-1043	-1449	-1023	
61	30.5	-1460	-1825	-1257	-1244	-970	-1058	-1466	-1038	
62	31.0	-1488	-1848	-1277	-1264	-983	-1072	-1481	-1047	
63	31.5	-1517	-1870	-1296	-1286	-995	-1088	-1497	-1056	
64	32.0	-1544	-1892	-1316	-1307	-1008	-1103	-1513	-1066	
65	32.5	-1574	-1914	-1336	-1328	-1021	-1117	-1529	-1079	
66	33.0	-1602	-1935	-1355	-1349	-1033	-1132	-1545	-1083	
67	33.5	-1631	-1957	-1374	-1370	-1046	-1147	-1560	-1093	
68	34.0	-1662	-1980	-1394	-1391	-1059	-1163	-1577	-1107	
69	34.5	-1693	-2002	-1414	-1413	-1072	-1178	-1593	-1122	
70	35.0	-1723	-2025	-1435	-1434	-1085	-1193	-1609	-1136	
71	34.5	-1716	-2018	-1430	-1427	-1078	-1188	-1604	-1130	
72	34.0	-1707	-2011	-1423	-1421	-1074	-1182	-1598	-1124	
73	33.5	-1697	-2002	-1415	-1412	-1067	-1176	-1593	-1118	
74	33.0	-1685	-1992	-1407	-1402	-1061	-1169	-1587	-1111	
75	32.5	-1671	-1982	-1397	-1391	-1053	-1161	-1578	-1103	
76	32.0	-1658	-1972	-1388	-1382	-1046	-1154	-1572	-1097	
77	31.5	-1643	-1959	-1377	-1369	-1038	-1144	-1563	-1088	
78	31.0	-1629	-1947	-1366	-1358	-1030	-1136	-1554	-1080	
79	30.5	-1614	-1936	-1356	-1346	-1021	-1127	-1546	-1071	
80	30.0	-1599	-1923	-1345	-1334	-1013	-1119	-1537	-1062	
81	29.5	-1583	-1912	-1334	-1322	-1005	-1110	-1528	-1054	
82	29.0	-1568	-1899	-1324	-1310	-997	-1100	-1519	-1045	
83	28.5	-1551	-1886	-1312	-1297	-988	-1091	-1510	-1036	
84	28.0	-1535	-1873	-1300	-1284	-978	-1082	-1500	-1027	
85	27.5	-1518	-1859	-1289	-1271	-970	-1071	-1490	-1017	
86	27.0	-1501	-1845	-1276	-1259	-961	-1061	-1478	-1007	
87	26.5	-1486	-1833	-1265	-1247	-953	-1052	-1471	-999	
88	26.0	-1469	-1818	-1252	-1233	-943	-1042	-1460	-988	
89	25.5	-1451	-1805	-1240	-1220	-934	-1032	-1450	-978	
90	25.0	-1434	-1791	-1228	-1207	-925	-1022	-1439	-968	
91	24.5	-1417	-1777	-1216	-1194	-916	-1011	-1429	-959	
92	24.0	-1399	-1763	-1204	-1181	-907	-1001	-1419	-949	
93	23.5	-1380	-1747	-1191	-1166	-897	-990	-1407	-939	
94	23.0	-1361	-1733	-1178	-1153	-888	-979	-1396	-928	
95	22.5	-1343	-1717	-1166	-1139	-878	-968	-1385	-917	
96	22.0	-1325	-1703	-1152	-1125	-868	-957	-1374	-907	
97	21.5	-1305	-1687	-1138	-1111	-858	-946	-1361	-896	
98	21.0	-1287	-1672	-1126	-1097	-849	-935	-1350	-886	
99	20.5	-1268	-1656	-1113	-1083	-839	-923	-1338	-874	
100	20.0	-1247	-1641	-1098	-1068	-828	-911	-1325	-862	
101	19.5	-1227	-1624	-1085	-1053	-819	-899	-1313	-851	
102	19.0	-1208	-1608	-1072	-1039	-808	-888	-1302	-839	
103	18.5	-1188	-1592	-1058	-1024	-799	-876	-1289	-828	
104	18.0	-1167	-1576	-1044	-1010	-789	-864	-1276	-816	
105	17.5	-1145	-1558	-1029	-994	-778	-852	-1263	-803	
106	17.0	-1125	-1541	-1016	-979	-768	-840	-1250	-791	
107	16.5	-1103	-1524	-1002	-965	-757	-827	-1238	-779	
108	16.0	-1081	-1507	-987	-949	-746	-815	-1222	-767	
109	15.5	-1059	-1489	-971	-933	-736	-801	-1209	-753	
110	15.0	-1037	-1471	-957	-918	-724	-789	-1195	-740	
111	14.5	-1014	-1456	-943	-903	-714	-776	-1180	-727	
112	14.0	-991	-1436	-928	-888	-703	-763	-1166	-714	
113	13.5	-968	-1418	-913	-872	-693	-750	-1152	-701	
114	13.0	-946	-1399	-898	-856	-682	-737	-1138	-688	
115	12.5	-922	-1382	-883	-840	-670	-724	-1123	-674	
116	12.0	-897	-1362	-867	-823	-655	-710	-1107	-660	
117	11.5	-871	-1343	-851	-807	-648	-696	-1091	-646	
118	11.0	-849	-1321	-832	-789	-634	-680	-1071	-627	
119	10.5	-818	-1303	-817	-772	-624	-668	-1059	-615	
120	10.0	-791	-1282	-799	-754	-611	-654	-1041	-600	
121	9.5	-763	-1261	-782	-736	-599	-638	-1023	-584	
122	9.0	-736	-1240	-764	-718	-587	-625	-1006	-569	
123	8.5	-708	-1220	-747	-701	-575	-610	-988	-554	
124	8.0	-677	-1198	-728	-682	-562	-595	-969	-537	
125	7.5	-649	-1175	-710	-664	-550	-579	-950	-520	
126	7.0	-617	-1151	-689	-644	-537	-564	-930	-502	
127	6.5	-586	-1127	-669	-625	-524	-548	-910	-486	
128	6.0	-556	-1103	-648	-605	-511	-533	-890	-469	
129	5.5	-521	-1074	-625	-584	-498	-516	-867	-449	
130	5.0	-488	-1047	-601	-563	-484	-500	-846	-432	
131	4.5	-450	-1015	-575	-539	-460	-483	-821	-411	
132	4.0	-413	-982	-549	-516	-436	-466	-796	-390	
133	3.5	-375	-946	-522	-493	-422	-448	-771	-370	
134	3.0	-334	-906	-468	-466	-				

6. 8成分ひずみ計試験成績表

検査成績表

1. 品 名 多軸ひずみ計
 2. 型 名 BSH-44D-TX
 3. 製造番号 397310001
 4. 製造年月 1993. 11
 5. 検査月日 1993. 11. 27
 6. 温 度 23 °C
 7. 湿 度 50 %

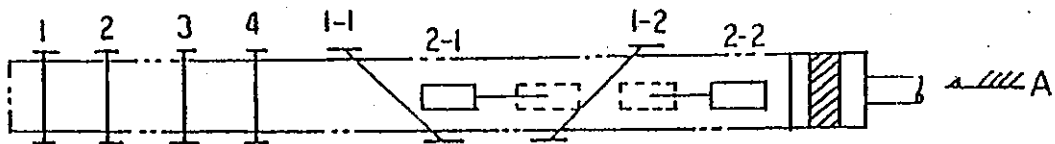
A) 校正値 (機械的ひずみ $\pm 1000 \times 10^{-6}$ 当り).

No.	出力電圧感度	インパル値	入力抵抗	出力抵抗	校正係数
単位	$\times 10^{-6} \text{ } \varepsilon$	$\times 10^{-6} \text{ } \varepsilon$	Ω	Ω	$\times 10^{-6} / \times 10^{-6} \text{ } \varepsilon$
1	3475	-146	361.6	361.7	0.576
2	3476	-240	361.7	361.6	0.575
3	3482	-216	361.6	361.5	0.574
4	3484	-164	361.4	361.3	0.574
1-1	4925	-224	362.1	362.0	0.406
1-2	4926	-118	362.5	362.4	0.406
2-1	4927	-244	361.5	361.7	0.406
2-2	4928	-932	361.6	361.7	0.406

B) 計器配置

$$\text{校正係数} = \frac{\text{機械的ひずみ}}{\text{出力電圧感度}}$$

$$\text{倍率} = \frac{1}{\text{校正係数}}$$



C) 温度ゲージ (KTG-7-50-A7)

+ $620 \times 10^{-6} \text{ } \varepsilon$ at 20°C 温度係数 $3.90 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$ 抵抗(ゲージのみ) $49.80 \pm 0.05 \text{ } \Omega / 0^{\circ}\text{C}$ 抵抗(ケーブル含む) $59.72 \text{ } \Omega$ at 20°C

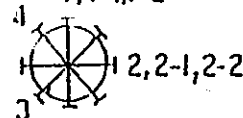
ケーブル長さ 30 m

D) 標点距離

1, 2, 3, 4 ----- 40mm

1-1, 1-2, 2-1, 2-2 ---- 56.5mm

1, 1-1, 1-2



A矢視



株式会社

井

和

電

業

検査者	責任者

検査成績表

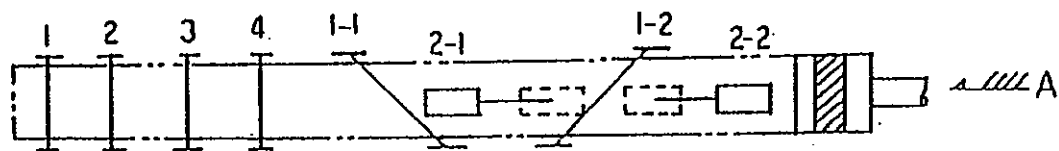
1. 品名 多軸ひずみ計
 2. 型名 BSH-4404TX
 3. 製造番号 397310002
 4. 製造年月 1993.11
 5. 検査月日 1993.11.27
 6. 温度 23℃
 7. 湿度 50%

A) 校正値 (機械的ひずみ $\pm 1000 \times 10^{-6}$ 当り)

No.	出力電圧感度	ゼロ値	入力抵抗	出力抵抗	校正係数
単位	$\times 10^{-6} \text{ V}$	$\times 10^{-6} \text{ V}$	Ω	Ω	$\times 10^{-6} / \times 10^{-6} \text{ V}$
1	3492	-242	361.3	361.4	0.573
2	3493	-219	363.1	363.0	0.573
3	3494	-318	361.8	361.7	0.572
4	3497	-19	361.4	361.3	0.572
1-1	4940	-628	361.2	361.2	0.405
1-2	4944	-450	361.9	361.8	0.405
2-1	4945	-241	361.2	361.4	0.404
2-2	4946	-235	361.0	361.1	0.404

B) 計器配置

$$\text{校正係数} = \frac{\text{機械的ひずみ}}{\text{出力電圧感度}} \quad \text{倍率} = \frac{1}{\text{校正係数}}$$

C) 温度 γ - γ (KTG-7-50-A7)

$$+ 520 \times 10^{-6} \text{ V at } 20^\circ\text{C}$$

$$\text{温度係数 } 3.90 \times 10^{-3} / ^\circ\text{C}$$

$$\text{抵抗}(\gamma-\gamma \text{ のみ}) 49.80 \pm 0.05 \Omega / ^\circ\text{C}$$

$$\text{抵抗}(\gamma-\gamma \text{ 含む}) 59.55 \Omega \text{ at } 20^\circ\text{C}$$

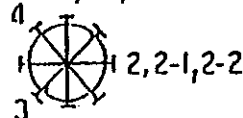
$$\text{ケーブル長さ } 30 \text{ m}$$

D) 標点距離

$$1, 2, 3, 4 \text{ ----- } 40 \text{ mm}$$

$$1-1, 1-2, 2-1, 2-2 \text{ ---- } 56.5 \text{ mm}$$

$$1, 1-1, 1-2$$



検査者	責任者

A 矢視

株式会社 井和電業

検査成績表

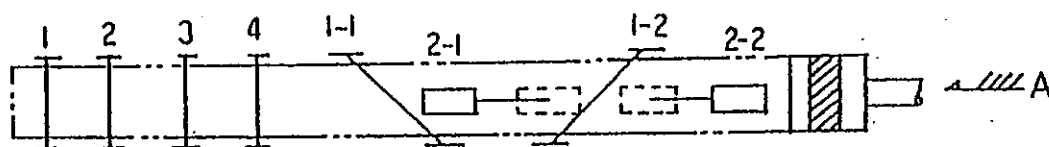
1. 品名 多軸ひずみ計
 2. 型名 BSH-44D-TX
 3. 製造番号 397310003
 4. 製造年月 1993.11
 5. 検査月日 1993.11.27
 6. 温度 23℃
 7. 湿度 50%

A) 校正値 (機械的ひずみ $\pm 1000 \times 10^{-6}$ 当り)

No.	出力電圧感度	ケーブル値	入力抵抗	出力抵抗	校正係数
単位	$\times 10^{-6} \varepsilon$	$\times 10^{-6} \varepsilon$	Ω	Ω	$\times 10^{-6} / \times 10^{-6} \varepsilon$
1	3504	-14	362.5	362.5	0.571
2	3506	-181	362.1	362.1	0.570
3	3509	-251	362.3	362.3	0.570
4	3511	-175	361.7	362.1	0.570
1-1	4961	102	361.9	362.0	0.403
1-2	4964	-146	361.7	361.9	0.403
2-1	4974	-849	362.1	362.4	0.402
2-2	4974	119	361.9	362.0	0.402

B) 計器配置

$$\text{校正係数} = \frac{\text{機械的ひずみ}}{\text{出力電圧感度}} \quad \text{倍率} = \frac{1}{\text{校正係数}}$$



C) 温度ゲージ (KTG-7-50-A7)

+ $380 \times 10^{-6} \varepsilon$ at 20°C

温度係数 $3.90 \times 10^{-3} / ^\circ\text{C}$

抵抗(ゲージのみ) $49.80 \pm 0.05 \Omega / 0^\circ\text{C}$

抵抗(ケーブル含む) 59.92Ω at 20°C

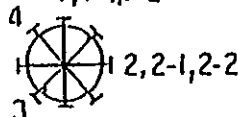
ケーブル長さ 30 m

D) 標点距離

1, 2, 3, 4 ----- 40mm

1-1, 1-2, 2-1, 2-2 ---- 56.5mm

1, 1-1, 1-2



A 矢視



株式会社

井 和 電 業

検査者	責任者

7. 解析結果（出力データ）

TOKI-H5 OC MS-2E+3C (Tape TOKI H5 MS SERIES #11)

MS2-1E	H= 0.0	V= -2.0	T=180.0
MS3-1C	H= 0.0	V= -2.0	T= 0.0

—— ファイル内の8成分ひずみ計の方向

使用データファイル名
Geo-stress Components

	(Stress)	(HENSA)
Sig-X	-16.521	1.8
Sig-Y	-12.732	1.4
Sig-Z	-17.095	1.6
Tau-XY	0.020	0.5
Tau-YZ	0.403	0.6
Tau-ZX	1.178	0.6

X, Y, Zの各軸方向の直応力とせん断応力(6応力成分)

Released Strain (HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	405 (121)	233 (104)	64 (92)	237 (104)
YZ-men	64 (92)	224 (108)	457 (105)	297 (95)
ZX-men	457 (105)	325 (121)	405 (121)	537 (103)
SZ-men	233 (104)	244 (116)	457 (105)	446 (97)
TZ-men	237 (104)	396 (104)	457 (105)	298 (108)

各面内におけるみかけのひずみ
面の名前最初の文字の軸から反時計回りに45° ずつ出力

Normal Stress

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-16.5	-14.6	-12.7	-14.6
YZ-men	-12.7	-14.5	-17.1	-15.3
ZX-men	-17.1	-15.6	-16.5	-18.0
SZ-men	-14.6	-14.7	-17.1	-17.0
TZ-men	-14.6	-16.4	-17.1	-15.3

各面内における応力
面の名前最初の文字の軸から反時計回りに45° ずつ出力

	L	M	N	H=	V=	三次元主応力, σ_1 : 最小主応力, σ_2 : 中間主応力, σ_3 : 最大主応力 L, M, N : 方向余弦 H : +X軸から反時計回りに表した角度, V : 傾斜角	
SIG-1=	-12.7	(0.036	0.994	0.101)	H= 87.9		V= 5.8
SIG-2=	-15.6	(0.790	-0.090	0.606)	H= -6.5		V= 37.3
SIG-3=	-18.0	(-0.612	-0.058	0.789)	H= 185.4		V= 52.1

三次元主応力, σ_1 : 最小主応力, σ_2 : 中間主応力, σ_3 : 最大主応力
L, M, N: 方向余弦
H: +X軸から反時計回りに表した角度, V: 傾斜角

	(Stress)
SIG-S	-14.607
SIG-T	-14.646
SIG-Z	-17.095
TAU-ST	1.894
TAU-TZ	-0.548
TAU-ZS	1.118

S, T, Zの各軸方向の直応力と剪断応力

SIG-1	SIG-2	TEATA	
-12.7	-16.5	89.7	(X-Y PLANE)
-12.7	-17.1	5.2	(Y-Z PLANE)
-15.6	-18.0	51.8	(Z-X PLANE)
-14.5	-17.2	-12.1	(T-Z PLANE)
-14.2	-17.5	69.0	(Z-S PLANE)

角面内応力 σ_1' : 最小面内応力, σ_2' : 最大面内応力
 θ : 最小面内応力の方向を面の名前最初の文字の軸から反時計回りに表した角度

MS-1-1

MS1-1B H= 0.0 V= -2.0 T=180.0

Geo-stress Components

	(Stress)	(HNSA)
Sig-X	-13.529	1.4
Sig-Y	-13.281	1.1
Sig-Z	-15.466	1.1
Tau-XY	0.244	0.4
Tau-YZ	0.292	0.4
Tau-ZX	0.177	0.4

Released Strain (HNSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	231 (91)	198 (81)	209 (71)	242 (31)
YZ-men	209 (71)	281 (73)	405 (71)	333 (73)
ZX-men	405 (71)	302 (80)	231 (91)	334 (81)
SZ-men	198 (81)	272 (76)	405 (71)	332 (77)
TZ-men	242 (81)	316 (77)	405 (71)	331 (76)

Normal Stress

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-13.5	-13.2	-13.3	-13.6
YZ-men	-13.3	-14.1	-15.5	-14.7
ZX-men	-15.5	-14.3	-13.5	-14.7
SZ-men	-13.2	-14.0	-15.5	-14.6
TZ-men	-13.6	-14.5	-15.5	-14.6

		L	M	N	H=	V=
SIG-1=	-13.1	(0.517	0.844	0.142)	58.5	8.2
SIG-2=	-13.7	(-0.853	0.522	0.001)	148.5	0.0
SIG-3=	-15.5	(-0.074	-0.121	0.990)	238.3	81.8

	(Stress)
SIG-S	-13.161
SIG-T	-13.648
SIG-Z	-15.466
TAU-ST	0.124
TAU-TZ	0.081
TAU-ZS	0.332

SIG-1	SIG-2	FEATA	
-13.1	-13.7	58.5	(X-Y PLANE)
-13.2	-15.5	7.5	(Y-Z PLANE)
-13.5	-15.5	84.3	(Z-X PLANE)
-13.6	-15.5	2.5	(T-Z PLANE)
-13.1	-15.5	82.0	(Z-S PLANE)

MS-2-1 + MS-3-1

TOKI-H5 OC MS-2E+3C (Tape TOKI H5 MS SERIES #11)

MS2-1E	H= 0.0	V= -2.0	T=180.0
MS3-1C	H= 0.0	V= -2.0	T= 0.0

Geo-stress Components

	(Stress)	(HENSA)
Sig-X	-16.521	1.8
Sig-Y	-12.732	1.4
Sig-Z	-17.095	1.6
Tau-XY	0.020	0.5
Tau-YZ	0.403	0.6
Tau-ZX	1.178	0.6

Released Strain (HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	405 (121)	233 (104)	64 (92)	237 (104)
YZ-men	64 (92)	224 (108)	457 (105)	297 (95)
ZX-men	457 (105)	325 (121)	405 (121)	537 (103)
SZ-men	233 (104)	244 (116)	457 (105)	446 (97)
TZ-men	237 (104)	396 (104)	457 (105)	298 (108)

Normal Stress

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-16.5	-14.6	-12.7	-14.6
YZ-men	-12.7	-14.5	-17.1	-15.3
ZX-men	-17.1	-15.6	-16.5	-18.0
SZ-men	-14.6	-14.7	-17.1	-17.0
TZ-men	-14.6	-16.4	-17.1	-15.3

		L	M	N	H=	V=
SIG-1=	-12.7	(0.036	0.994	0.101)	87.9	5.8
SIG-2=	-15.6	(0.790	-0.090	0.606)	-6.5	37.3
SIG-3=	-18.0	(-0.612	-0.058	0.789)	185.4	52.1

	(Stress)
SIG-S	-14.607
SIG-T	-14.646
SIG-Z	-17.095
TAU-ST	1.894
TAU-TZ	-0.548
TAU-ZS	1.118

SIG-1	SIG-2	TEATA	
-12.7	-16.5	89.7	(X-Y PLANE)
-12.7	-17.1	5.2	(Y-Z PLANE)
-15.6	-18.0	51.8	(Z-X PLANE)
-14.5	-17.2	-12.1	(T-Z PLANE)
-14.2	-17.5	69.0	(Z-S PLANE)

TOKI-H5 OC MS-2-1C (Tape TOKI H5 MS SERIES #11)

MS2-1C H= 0.0 V= -2.0 T=180.0

Geo-stress Components

	(Stress)	(HNSA)
Sig-X	-15.817	3.8
Sig-Y	-10.756	3.1
Sig-Z	-14.948	3.8
Tau-XY	0.470	1.3
Tau-YZ	1.985	1.3
Tau-ZX	0.476	1.3

Released Strain (HNSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	455 (256)	185 (228)	-1 (204)	269 (228)
YZ-men	-1 (204)	9 (228)	376 (256)	366 (228)
ZX-men	376 (256)	373 (242)	455 (256)	458 (242)
SZ-men	185 (228)	124 (235)	376 (256)	437 (234)
TZ-men	269 (228)	227 (234)	376 (256)	419 (235)

Normal Stress

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-15.8	-12.8	-10.8	-13.8
YZ-men	-10.8	-10.9	-14.9	-14.8
ZX-men	-14.9	-14.9	-15.8	-15.9
SZ-men	-12.8	-12.1	-14.9	-15.6
TZ-men	-13.8	-13.3	-14.9	-15.4

		L	M	N	H=	V=
SIG-1=	-9.9	(0.103	0.922	0.372)	83.6	21.9
SIG-2=	-15.5	(0.606	-0.355	0.712)	-30.4	45.4
SIG-3=	-16.1	(-0.789	-0.152	0.596)	190.9	36.6

	(Stress)
SIG-S	-12.817
SIG-T	-13.756
SIG-Z	-14.948
TAU-ST	2.531
TAU-TZ	1.067
TAU-ZS	1.740

SIG-1	SIG-2	TEATA	
-10.7	-15.9	84.7	(X-Y PLANE)
-10.0	-15.7	21.7	(Y-Z PLANE)
-14.7	-16.0	23.8	(Z-X PLANE)
-13.1	-15.6	30.4	(T-Z PLANE)
-11.8	-15.9	60.7	(Z-S PLANE)

TOKI-H5 OC MS-3-1C (Tape TOKI H5 MS SERIES #11)

MS3-1C H= 0.0 V= -2.0 T= 0.0

Geo-stress Components

	(Stress)	(HNSA)
Sig-X	-12.249	1.2
Sig-Y	-11.145	0.7
Sig-Z	-13.830	0.8
Tau-XY	-0.379	0.2
Tau-YZ	0.291	0.2
Tau-ZX	4.055	0.5

Released Strain (HNSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	234 (80)	218 (62)	134 (45)	150 (62)
YZ-men	134 (45)	229 (51)	376 (56)	282 (51)
ZX-men	376 (56)	-60 (90)	234 (80)	670 (51)
SZ-men	218 (62)	21 (74)	376 (56)	574 (48)
TZ-men	150 (62)	503 (48)	376 (56)	24 (74)

Normal Stress

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-12.2	-12.1	-11.1	-11.3
YZ-men	-11.1	-12.2	-13.8	-12.8
ZX-men	-13.8	-9.0	-12.2	-17.1
SZ-men	-12.1	-9.9	-13.8	-16.0
TZ-men	-11.3	-15.2	-13.8	-9.9

		L	M	N		
SIG-1=	-8.9	(0.773	-0.048	0.633)	H=	-3.6
SIG-2=	-11.1	(-0.011	0.996	0.090)	H=	90.7
SIG-3=	-17.2	(-0.635	-0.077	0.769)	H=	186.9
					V=	39.3
					V=	5.2
					V=	50.3

	(Stress)
SIG-S	-12.076
SIG-T	-11.318
SIG-Z	-13.830
TAU-ST	0.552
TAU-TZ	-2.661
TAU-ZS	3.073

SIG-1	SIG-2	TEATA	
-11.0	-12.4	-72.8	(X-Y PLANE)
-11.1	-13.9	6.1	(Y-Z PLANE)
-8.9	-17.2	50.5	(Z-X PLANE)
-9.6	-15.5	-32.4	(T-Z PLANE)
-9.8	-16.1	53.0	(Z-S PLANE)

TOKI-H5 OC MS-1B+2E+3C(Tape TOKI H5 MS SERIES #11)

MS1-1B	H= 0.0	V= -2.0	T=180.0
MS2-1E	H= 0.0	V= -2.0	T=180.0
MS3-1C	H= 0.0	V= -2.0	T= 0.0

Geo-stress Components

	(Stress)	(HNSA)
Sig-X	-15.467	1.3
Sig-Y	-12.929	1.0
Sig-Z	-16.507	1.1
Tau-XY	0.093	0.4
Tau-YZ	0.321	0.4
Tau-ZX	0.870	0.4

Released Strain (HNSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	344 (86)	222 (75)	116 (66)	238 (75)
YZ-men	116 (66)	248 (74)	438 (72)	306 (69)
ZX-men	438 (72)	313 (82)	344 (86)	469 (75)
SZ-men	222 (75)	254 (78)	438 (72)	406 (71)
TZ-men	238 (75)	373 (74)	438 (72)	303 (75)

Normal Stress

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-15.5	-14.1	-12.9	-14.3
YZ-men	-12.9	-14.4	-15.5	-15.0
ZX-men	-16.5	-15.1	-15.5	-16.9
SZ-men	-14.1	-14.5	-16.5	-16.1
TZ-men	-14.3	-15.8	-16.5	-15.0

		L	M	N	H=	V=
SIG-1=	-12.9	(0.071	0.992	0.105)	85.9	6.0
SIG-2=	-15.0	(0.871	-0.113	0.479)	-7.4	28.6
SIG-3=	-17.0	(-0.487	-0.057	0.872)	186.7	60.7

	(Stress)
SIG-S	-14.105
SIG-T	-14.291
SIG-Z	-16.507
TAU-ST	1.269
TAU-TZ	-0.388
TAU-ZS	0.842

SIG-1	SIG-2	TEATA	
-12.9	-15.5	87.9	(X-Y PLANE)
-12.9	-16.5	5.1	(Y-Z PLANE)
-15.0	-17.0	60.4	(Z-X PLANE)
-14.2	-16.6	-9.6	(T-Z PLANE)
-13.8	-16.8	72.5	(Z-S PLANE)

8. 作 業 状 況 写 真

仮設状況

写真 1 ボーリングマシン設置状況
(アンカーで固定)



写真 2
試験坑道 (北延 NATM 坑道)
全 景

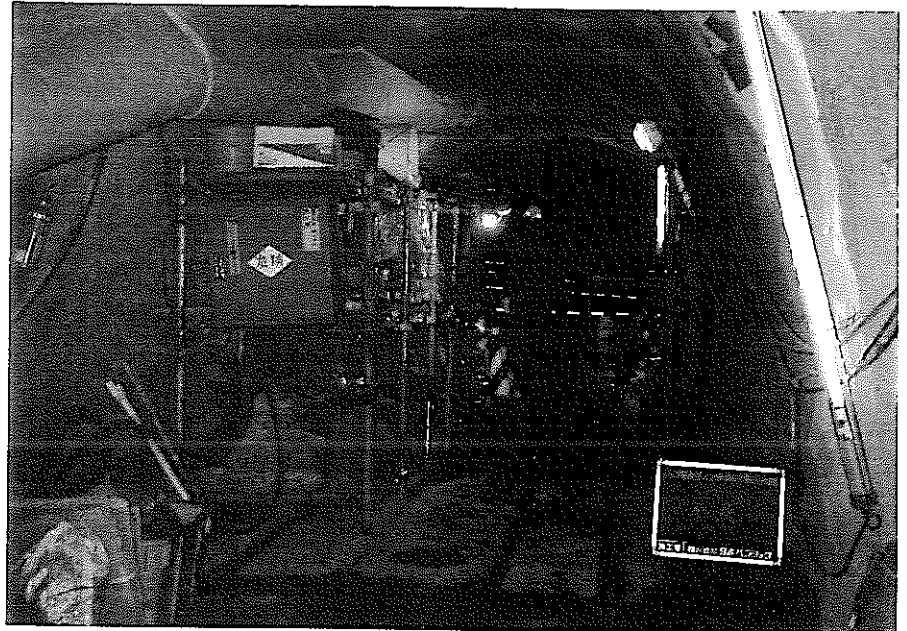


写真 3
試験坑道 (北延 NATM 坑道)
全 景

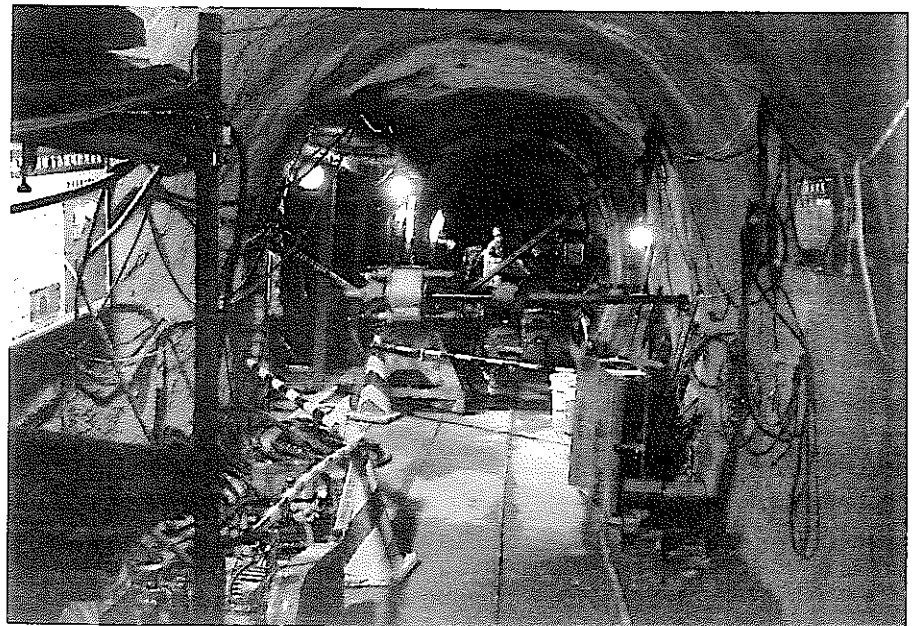




写真4 削孔状況 (MS-1孔)



写真5 削孔状況 (MS-2孔)

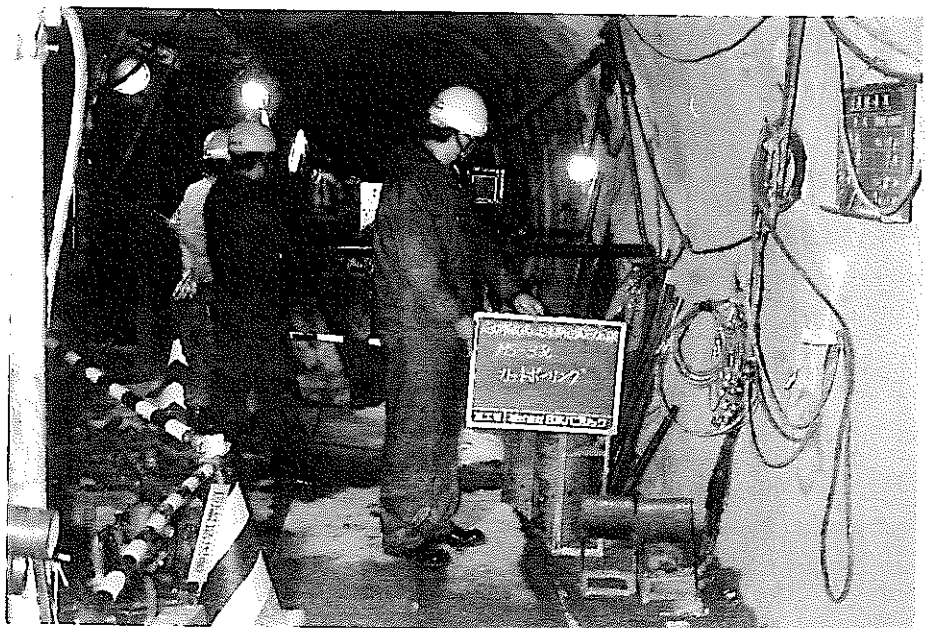


写真6 削孔状況 (MS-3孔)

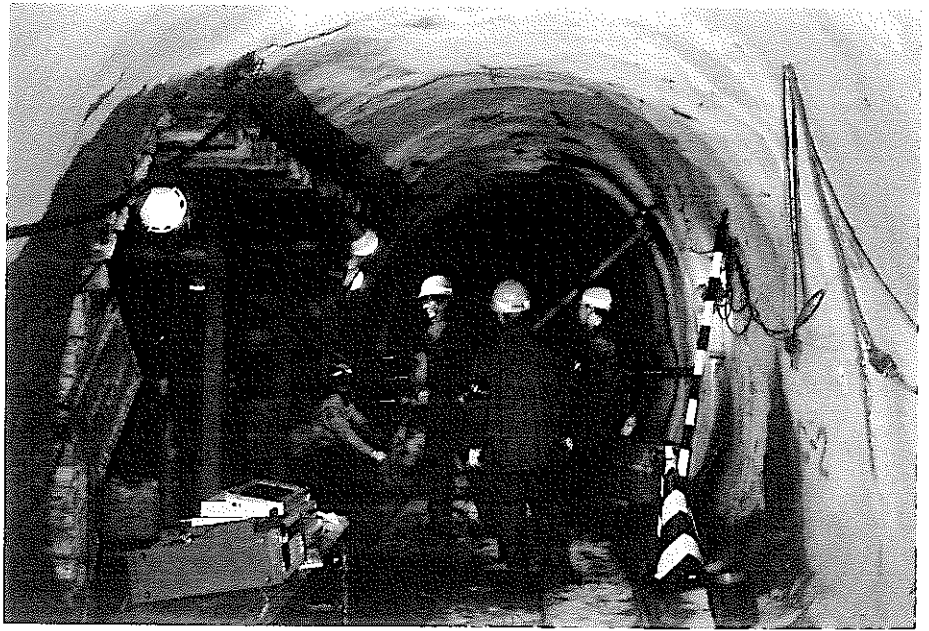


写真7 削孔状況 (MS-1孔)

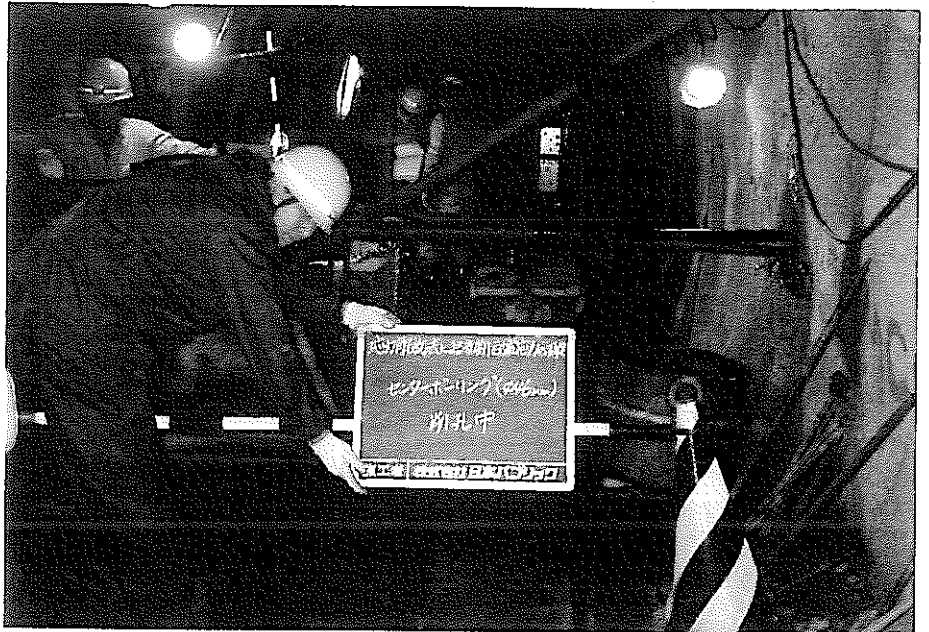


写真8 削孔状況 (MS-2孔)

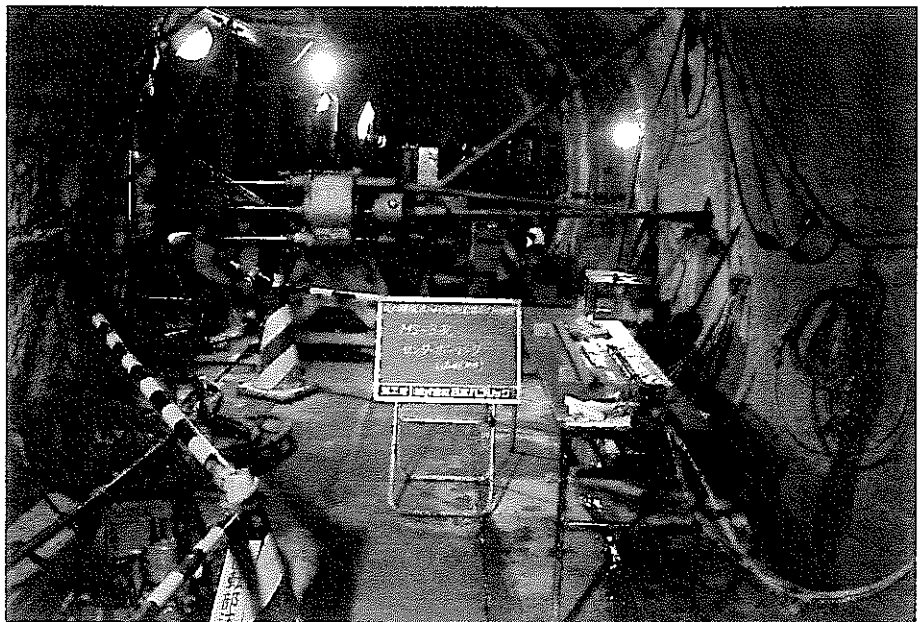


写真9 削孔状況 (MS-3孔)



写真 10 センターリングコア と 8 成分ひずみ計 (MS-1孔)



写真 11 センターリングコア と 8 成分ひずみ計 (MS-2孔)

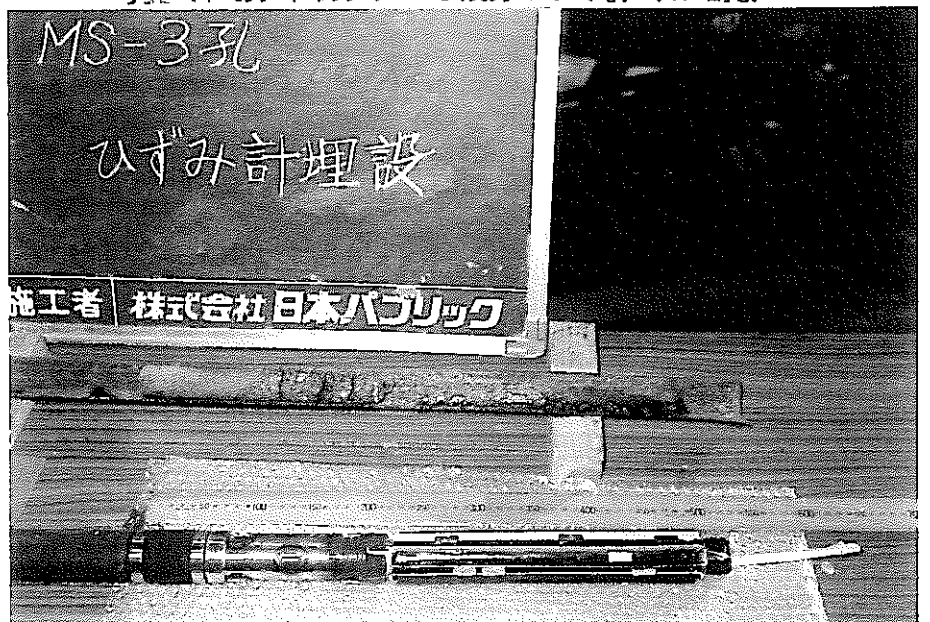


写真 12 センターリングコア と 8 成分ひずみ計 (MS-3孔)



写真 13 8 成分ひずみ計埋設状況 (挿入状況)

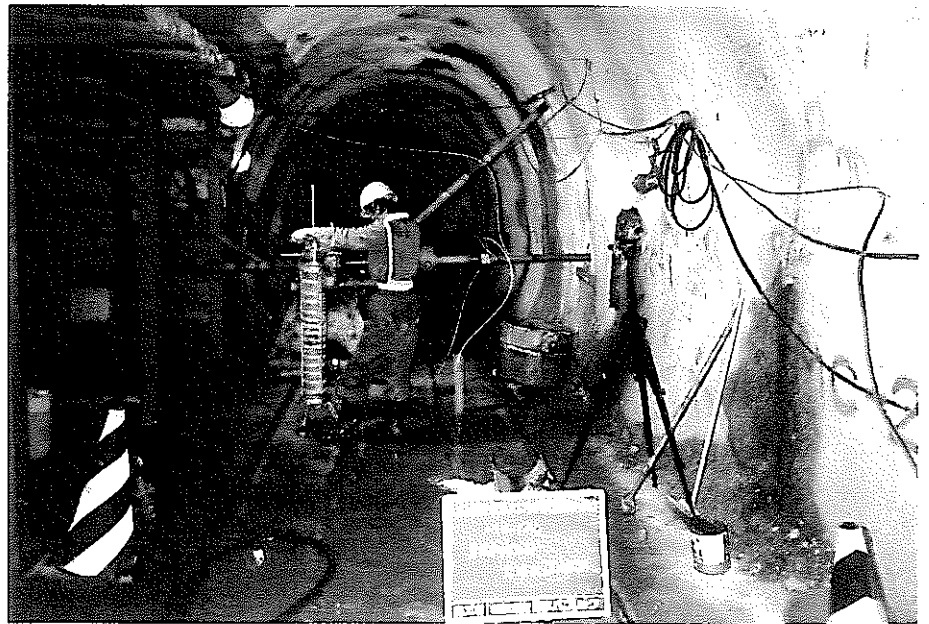


写真 14 充填材注入状況

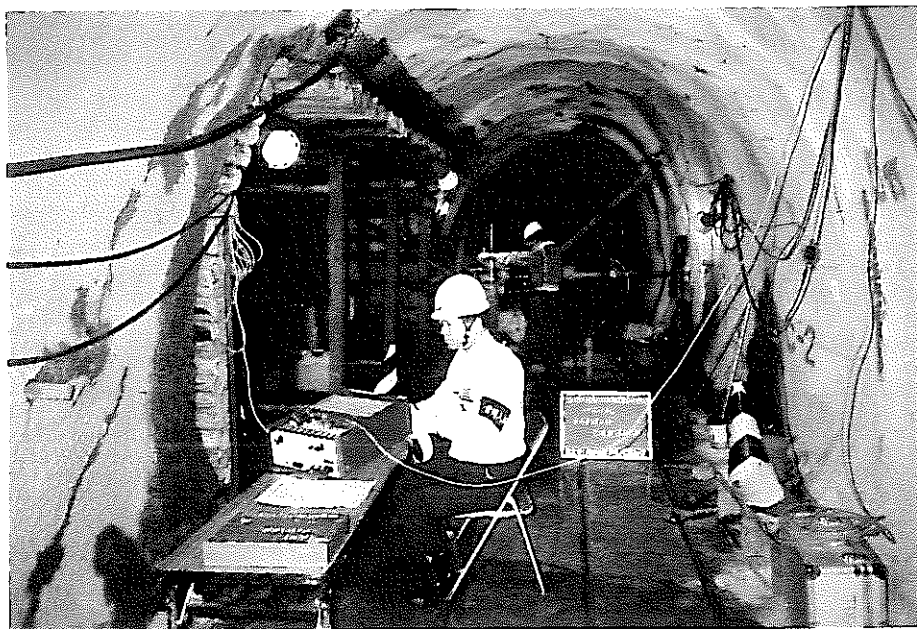


写真 15 充填材注入監視状況 (MS-1孔)

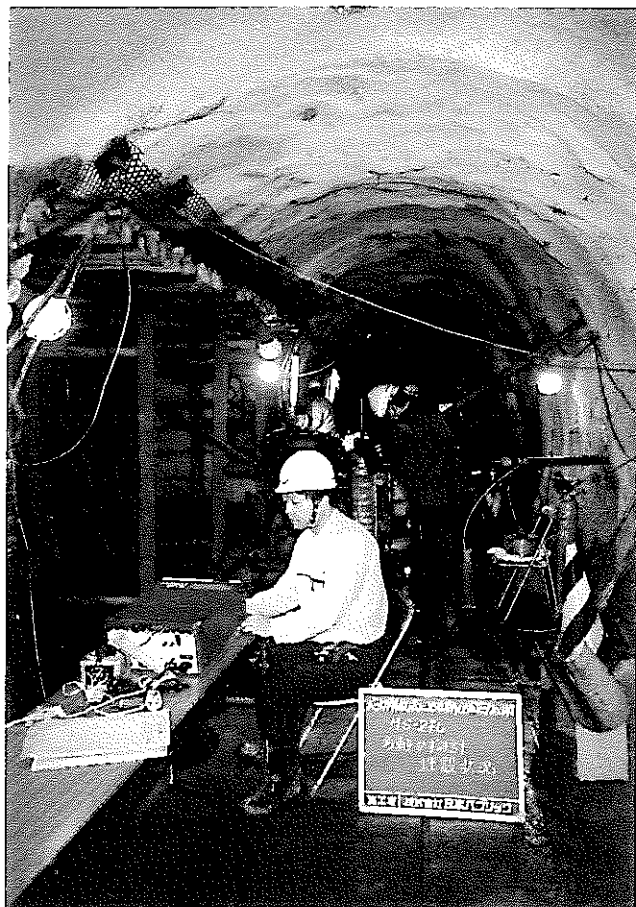


写真 16 充填材注入監視状況 (MS-2孔)



写真 17 充填材注入監視状況 (MS-3孔)

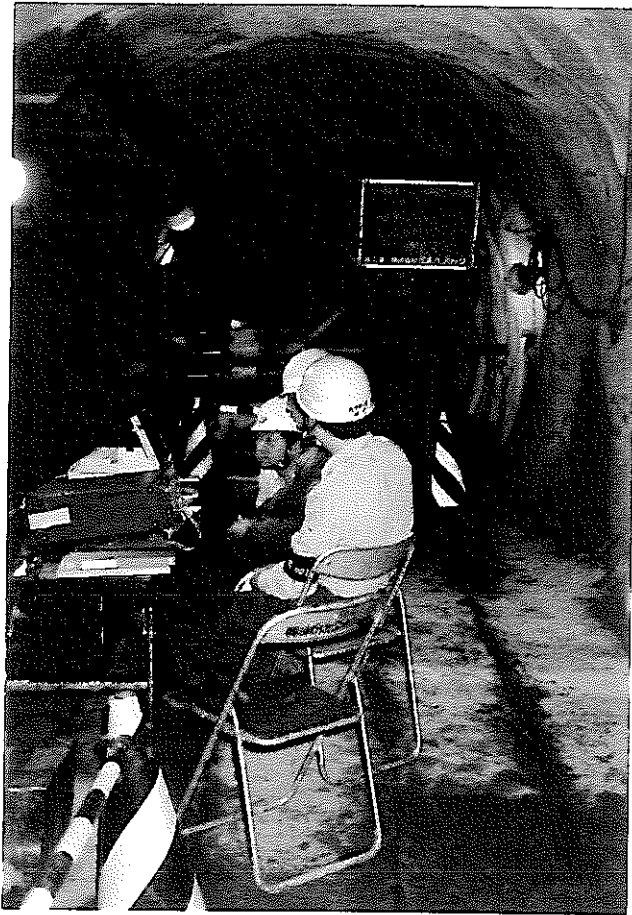


写真 18 オーバーコアリング測定状況
(MS-1孔)



写真 19 オーバーコアリング測定状況
(MS-2孔)

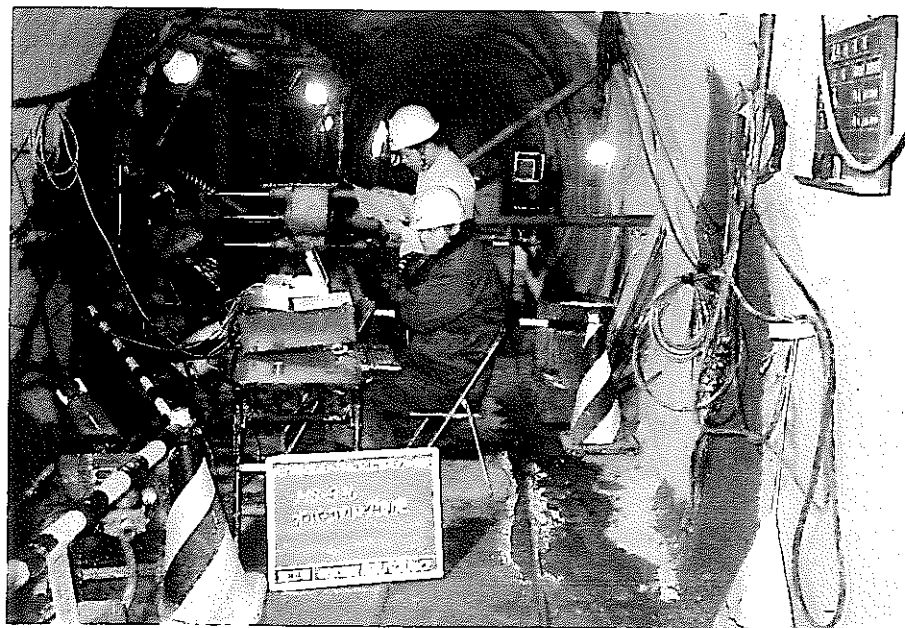


写真 20 オーバーコアリング測定状況 (MS-3孔)

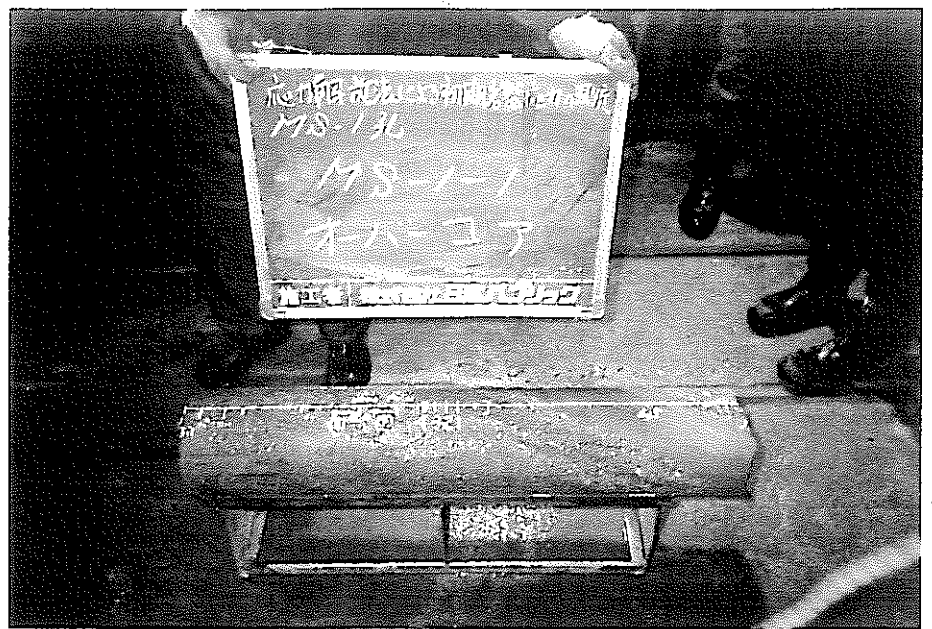


写真 21 回収したオーバーコア (MS-1孔)



写真 22 回収したオーバーコア (MS-2孔)



写真 23 回収したオーバーコア (MS-3孔)

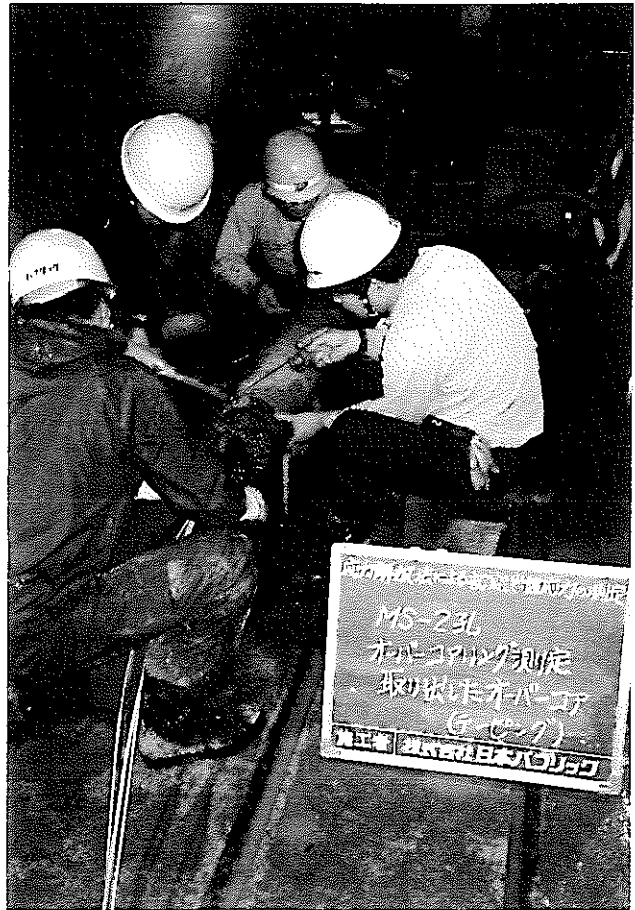


写真 24 オーバーコアのテーピング

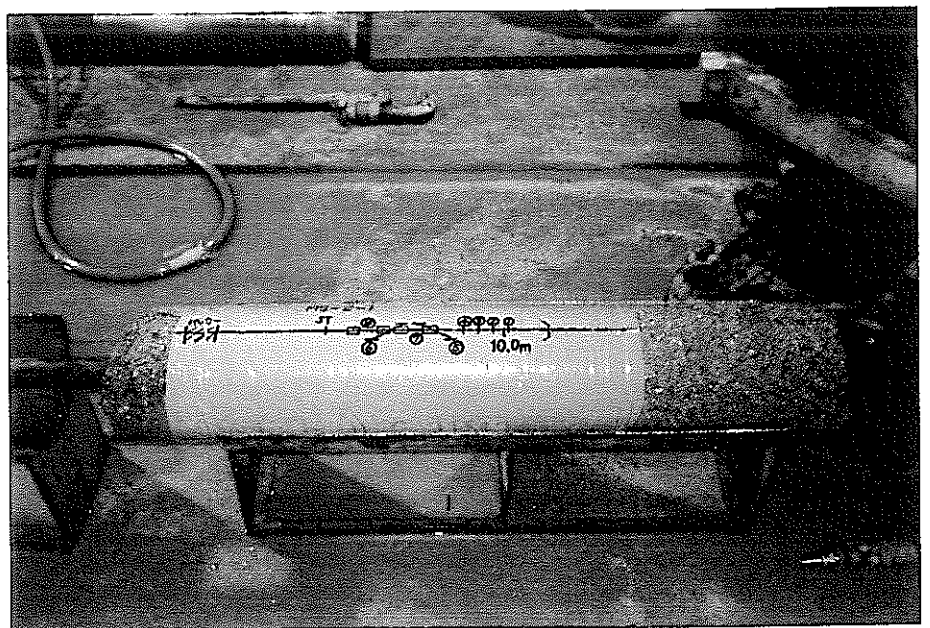


写真 25 テーピングを終了したオーバーコア

写真 26 供試体（オーバーコア）のキャッピング（焼石膏の流し込み）

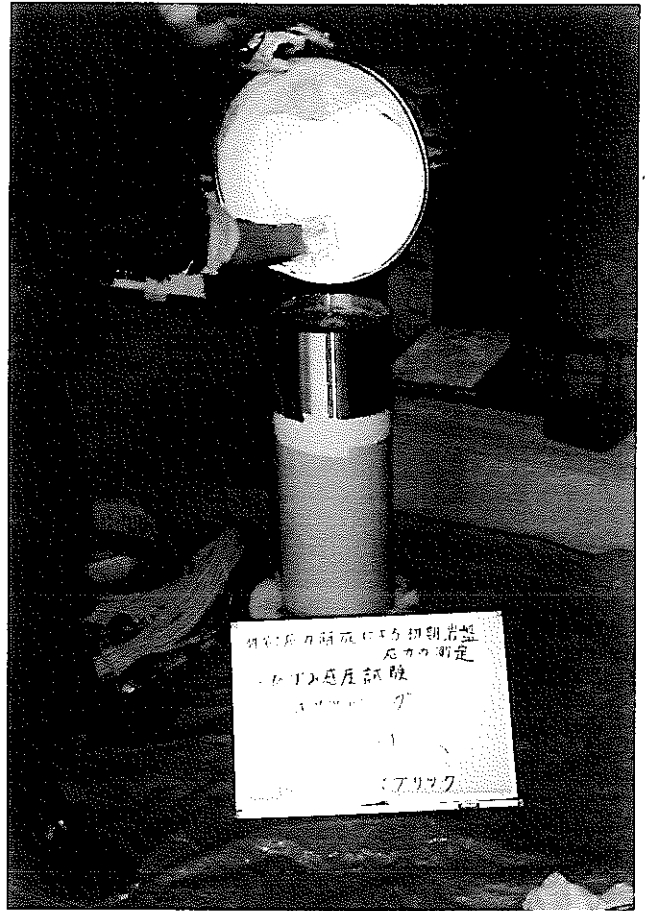


写真 27 供試体のキャッピング（端面整形状況）





写真 28 試験装置の上に設置した供試体

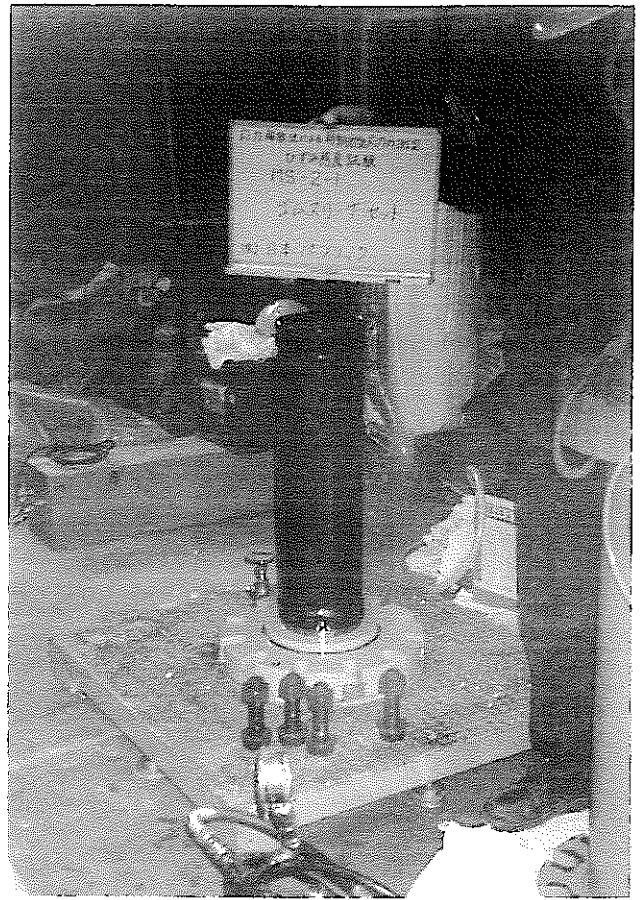


写真 29 ゴムスリーブの装着

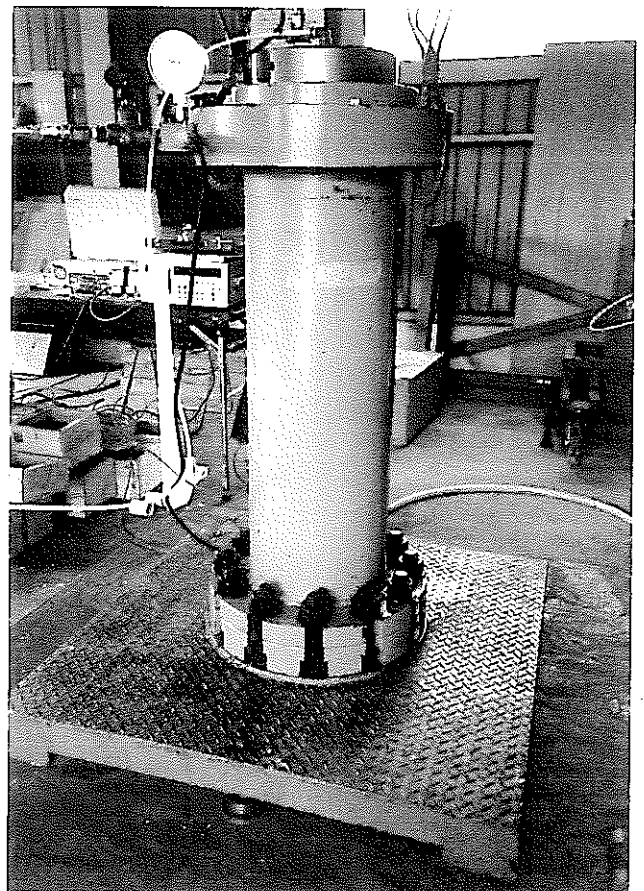


写真 30 三軸セルのセット

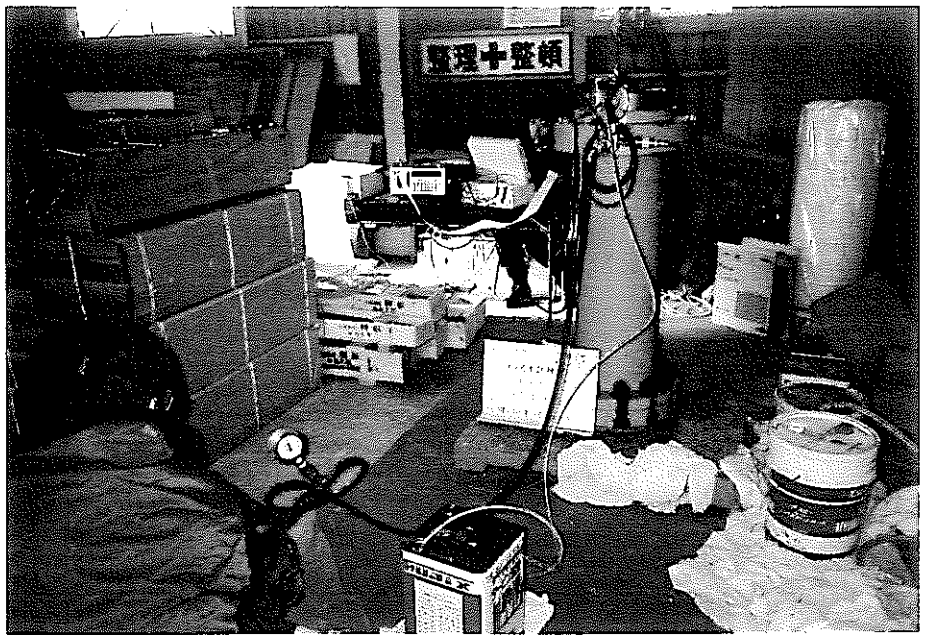


写真 31 ひずみ感度試験状況 (MS-1孔)

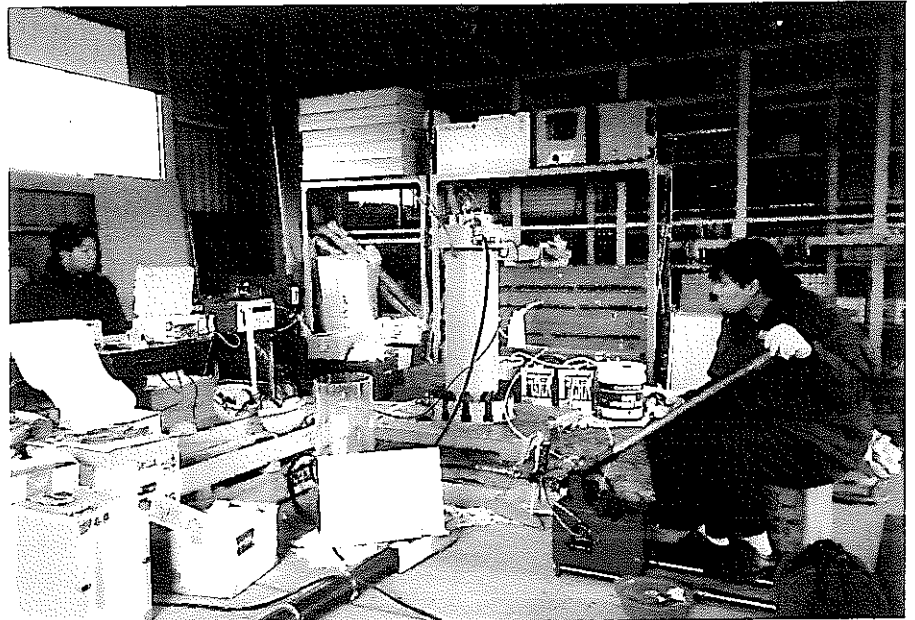


写真 32 ひずみ感度試験状況 (MS-2孔)

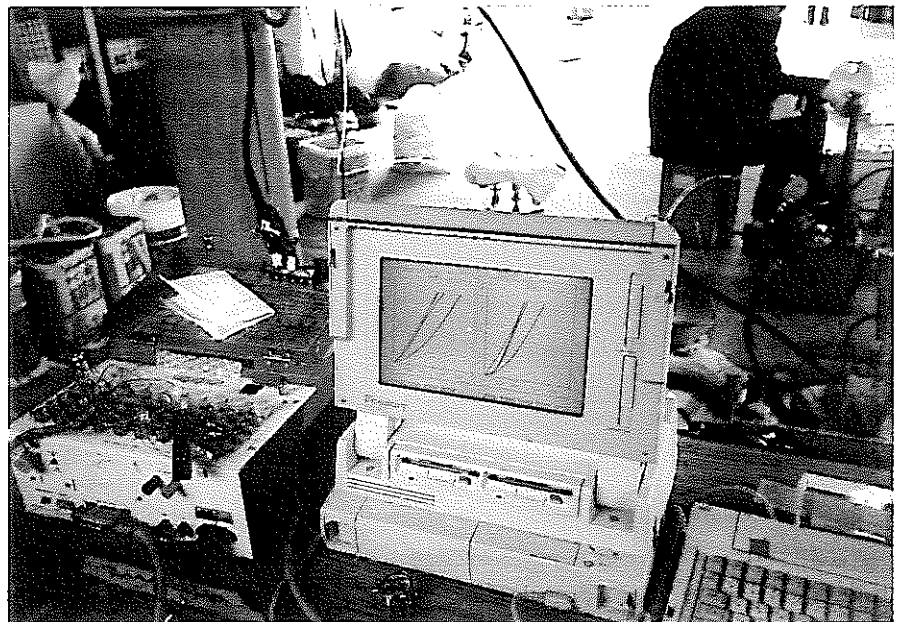


写真 33 ひずみ感度試験状況 (MS-3孔)

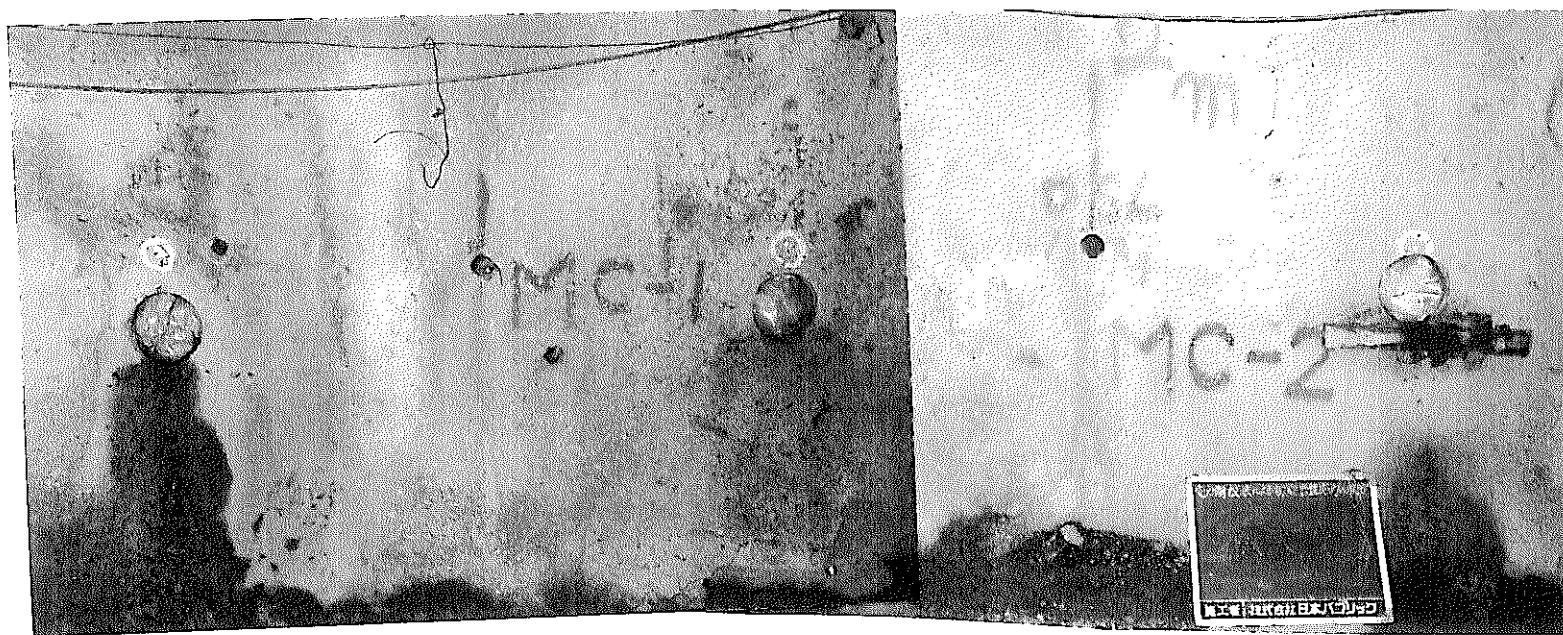


写真 34 作業終了後の坑壁状況（左からMS-1孔, MS-2 孔, MS-3 孔）