

# 試験坑道および計測坑道における坑道断面形状測定

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務報告書)

1997年3月

株式会社 大林組

# 試験坑道および計測坑道における坑道断面形状測定

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務報告書)

1997年3月

株式会社 大林組

## 試験坑道および計測坑道における坑道断面形状測定 (平成8年度)

栗原雄二\* 宮崎裕光\*\* 田中達也\*  
佐々木哲男\* 小松雄一\*

### 要 旨

本報告は、釜石鉱山 250m レベル坑道で実施されている「釜石鉱山における掘削影響領域の評価に関する研究」の一環として掘削が計画・実施された試験坑道および計測坑道における断面形状の計測結果を示すものである。

計測は、掘削後約 14 ヶ月経過した計測坑道での 4 断面と、掘削後約 10 日経過した試験坑道全長について 1m 程度の間隔で 37 断面を対象に実施した。

計測坑道の測定結果と平成 7 年度に実施したほぼ同一地点での断面形状測定結果との比較により、坑道天盤を主として、坑道断面が拡大していることが分かった。

試験坑道の測定結果から、全長の掘削仕上がり形状を把握し、余堀り量を算出し、工法の違いが仕上がり形状に及ぼす影響を定量的に検討した。また、上述の「釜石鉱山における掘削影響領域の評価に関する研究」の調査の一部として試験坑道周辺に削孔されている試錐孔を含む 8 断面について、3 次元測定器を用いた位置評定を行い、坑道の壁面形状と試錐孔の配置を算出した。

---

本報告書は、株式会社 大林組が動力炉・核燃料開発事業団の委託により実施した研究の成果である。

契約番号：080C0375

\* : 株式会社 大林組 土木技術本部設計第二部

\*\* : 株式会社 大林組 土木技術本部技術第二部

# 目次

1. はじめに .....	1
2. 目的 .....	1
3. 実施内容 .....	1
3.1 計測システム .....	1
3.2 断面形状計測地点 .....	3
3.3 計測方法 .....	6
4. 計測結果 .....	10
4.1 計測坑道における計測結果 .....	10
4.2 試験坑道における計測結果 .....	13
5. まとめ .....	28

## 1. はじめに

釜石鉱山で実施中の掘削影響領域の評価に関する研究の一環として、釜石鉱山 250 m レベル坑道において計測坑道、試験坑道の 2 本の新規坑道の掘削を計画・実施している。平成 7 年度は、試験坑道の掘削および調査・試験のための準備として計測坑道の掘削・試錐孔の掘削、および予備試験を実施した。その際、計測坑道の掘削仕上がり形状の把握のため、断面形状測定を行った。

本計測は、平成 8 年度に掘削された試験坑道、および掘削後約 14 ヶ月程度経過した計測坑道を対象とした断面形状の測定により、掘削影響領域の評価に関する研究に資する基礎データの収集を行うものである。

## 2. 目的

断面形状計測は、平成 7 年度に計測を実施した計測坑道の再計測と平成 8 年度に新規に掘削された試験坑道の計測に分類される。計測の目的を以下に示す。

- ① 計測坑道の再計測により平成 7 年度に得られた断面形状との比較を行い、時間経過に伴う浮き石の発生等による形状の変化を調べる。
- ② 試験坑道の計測により坑道全長断面の掘削の仕上がり形状を把握する。  
また、それらの結果により、坑道周辺に配置された試錐孔と坑道壁面との 3 次元的位置評定を行う。

## 3. 実施内容

### 3.1 計測システム

断面計測システムは、ミカサ（株）製の DISTOMAT Wild DIOR 3002 を用いた。本計測システムの仕様を表 3.1.3 に示す。本システムは、ノンプリズム型の光波距離計およびそれを回転させる機能を有する測定器、これらを制御するパソコン（NEC-PC9801 NS/A）からなり、光波距離計から出されるビーム光が直接掘削面を照射することにより、壁面までの距離を測定する。光波距離計は測定器により設定された一定の角度で回転し、各点で測定したデータをパソコンに自動入力する。また、パソコン上のディスプレイには、一定間隔で測定されたデータから、即座に設置した断面の形状が表示される。断面測定器の機械高および、計測地点の位置評定には（株）ソキア製の 3 次元ステーションシステム（通称マンモス）を用いた。

表3.1.3 断面形状測定器仕様

<b>距離の測定</b>	
標準偏差の	3mm + 1 ppm
トラッキング・モード	10mm + 1 ppm
<b>四つの測定モード：</b>	
通常の測定	<input type="checkbox"/> DIST 3.5秒
迅速な測定	<input type="checkbox"/> DI 0.8秒
繰返しモード	<input type="checkbox"/> DIL 3.5秒間隔
トラッキング	<input type="checkbox"/> TRK 0.3秒間隔
	但し、初回の測定0.8秒
測定	全自動
信号の減衰	全自動
光束の遮断	測定結果に影響なし

**測距範囲**  
(ウイルド社製円形プリズムを使用した場合の値)

プリズムの素子数	気 象 条 件		
	不 良 <sup>1)</sup>	普 通 <sup>2)</sup>	良 好
1	約2.0km	約6.0km	約9.0km
3	約2.3km	約7.0km	約11.0km
7	約2.6km	約8.0km	約13.0km
11	約2.7km	約9.0km	約14.0km

- 1)不良：もやがひどく、視界が約3km程度。または、日射しが非常に強く、かげろうがひどいとき。
- 2)普通：軽いもやで、視界が約15km程度。または、日射しが適度で、かげろうがわずかなとき。
- 3)良好：もやがなく、視界が約30km程度。または、曇っていて、かげろうも出ていない。

**表示部** 7桁のLOD(液晶)表示、照明つき。測定値の全桁を表示

<b>表示値</b>	斜距離 $\sphericalangle$ 水平距離 $\sphericalangle$ 高低差 $\sphericalangle$ 杭打ち(So)値との差 $\triangle$ $\sphericalangle$ と $\triangle$ $\sphericalangle$
全ての測定モード <input type="checkbox"/> DIST <input type="checkbox"/> DI <input type="checkbox"/> DIL <input type="checkbox"/> TRK	
<input type="checkbox"/> DIL 繰返しモード	相加平均値 測定回数 最終測定値の標準偏差

距離の測定単位	メートル	フィート
有効な最小単位	0.001m	0.01ft
最小表示：選択可能	小数点以下0~4、小数点以下0~4	
m→ftへの変換定数	3937÷1200	

<b>換 算</b>	鉛直角の入力または高さの入力		
入力する角度単位	360° 400gon	6300milまたは6400mil	
入力角度の最小単位	1°~1' 1gon~0.0001gon	1mil~0.001m	
加算定数	不揮発性メモリーに永久保持		
スケール補正			
気象補正			
加算定数(mm)	-99mm~+99mm	1mmステップ	
スケール補正(ppm)	-999ppm~+999ppm	1ppmステップ	
気象補正の入力：			
気温(℃)	-99℃~+99℃	1℃ステップ	
気圧(mb)	550mb~1050mb	1mbステップ	
相対湿度	0%~99%	1%ステップ	
初期値	電源をONにしたとき60%		

<b>測定ビーム</b>	
放射源	GA-AL-ASレーザー・ダイオード
搬送波	0.900μm 赤外光
測定周波数	15MHz
測定原理	タイム・パルス

**使用レーザーの分類**  
国際電子委員会規格 クラス I、レーザー製品、安全無害

**光束の散開** 2' 36" (100mで75mm)  
(光の密度が中心部の半分の範囲)

<b>温度範囲</b>	
操作時	-20℃~+50℃
保存時	-40℃~+70℃

<b>電 源</b>	
電 圧	12 VDC
充電式NiCdバッテリーを使用：	
ミニバッテリー0.5Ah	約500回測定可能
小型バッテリー2Ah	約2000回測定可能
大型バッテリー7Ah	約7000回測定可能
電子式セオドライトと組み合わせた場合は、本体から電源の供給を受ける	

**傾斜範囲**  
DI3000+セオドライト 約±30°  
DI3000+架台 -70°~天頂

<b>重 量</b>	
DI3000	1.7kg

### 3.2 断面形状計測地点

計測の対象とする坑道は、釜石鉱山 250m レベル内に位置する掘削影響評価研究サイトの計測坑道、試験坑道である。両坑道の配置図を図 3.2.1 に示す。図中右側が、坑道全長約 29m の計測坑道、左側が平成 8 年度に掘削された全長約 38m の試験坑道であり、KDD1 などのアルファベット表示は、掘削影響評価に関する研究の一環として削孔された試錐孔名である。計測坑道から試験坑道へは、a～f, d', f' の合計 8 断面に両坑道を横切る方向に合計 18 本の試錐孔が削孔されている。各断面の試錐孔配置断面図を図 3.2.2 に示している。図中の計測坑道および試験坑道は計画断面である。

計測断面数は計測坑道が 4 断面、試験坑道が 37 断面の合計 41 断面である。計測坑道および試験坑道の計測位置を以下に示す。

#### ①計測坑道の測定位置

- ・ 既存坑道坑口部から、9 m、10 m、19 m、20 m地点の合計 4 断面。

#### ②試験坑道の測定位置

- ・ 計測坑道からの調査の試錐孔が配置されている a～f, d', f' 断面に相当する合計 8 断面。表 3.2.1 に詳細な計測位置を示す。ここで a 断面は、岩盤内変位計防護のための鋼板が壁面に設置されていたため、切羽方向に 0.5m 計測点を移動した。
- ・ 計測坑道坑口部から切羽まで、概略 1 m 間隔の合計 29 断面。

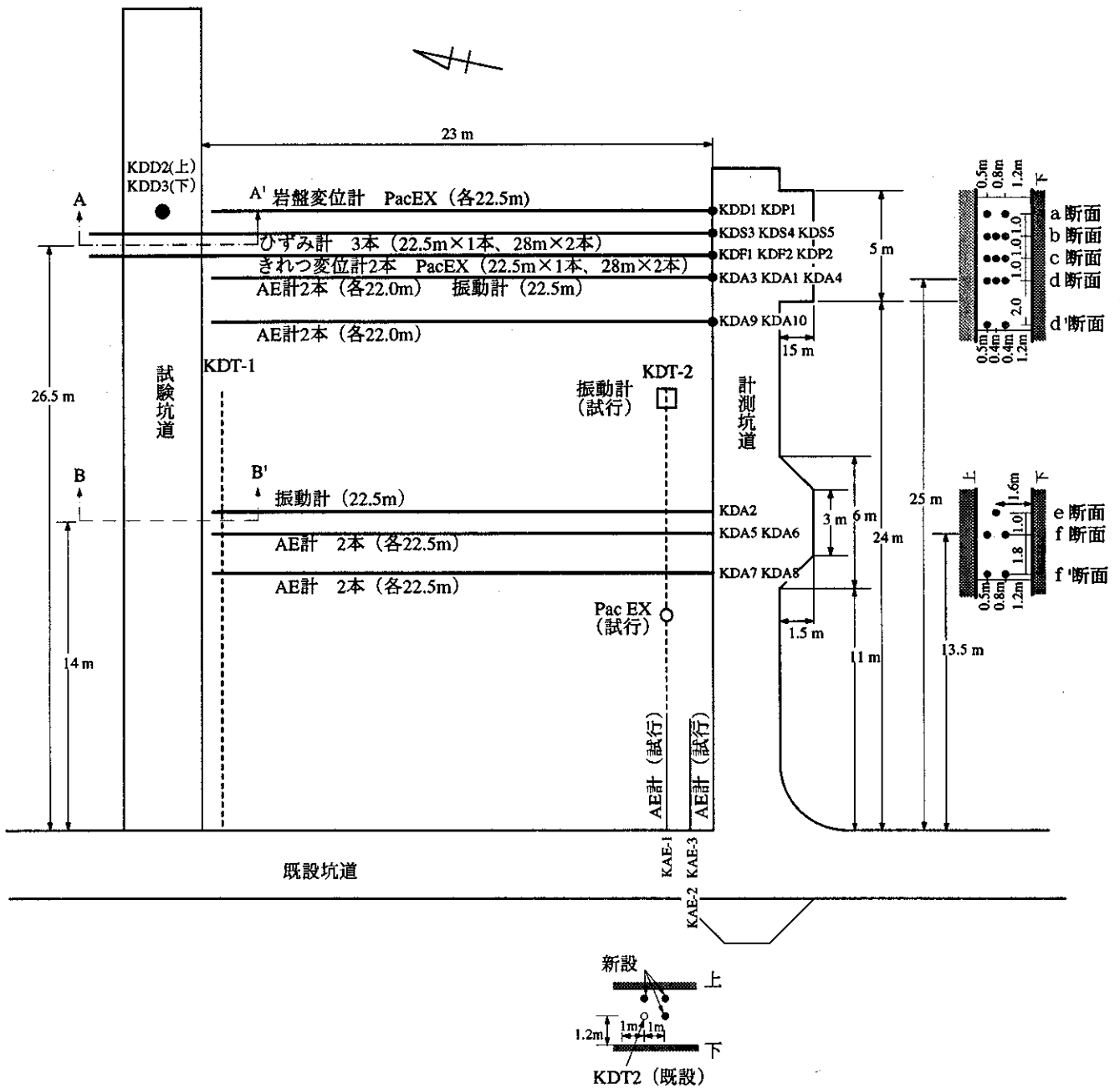


図3.2.1 試錐孔配置図



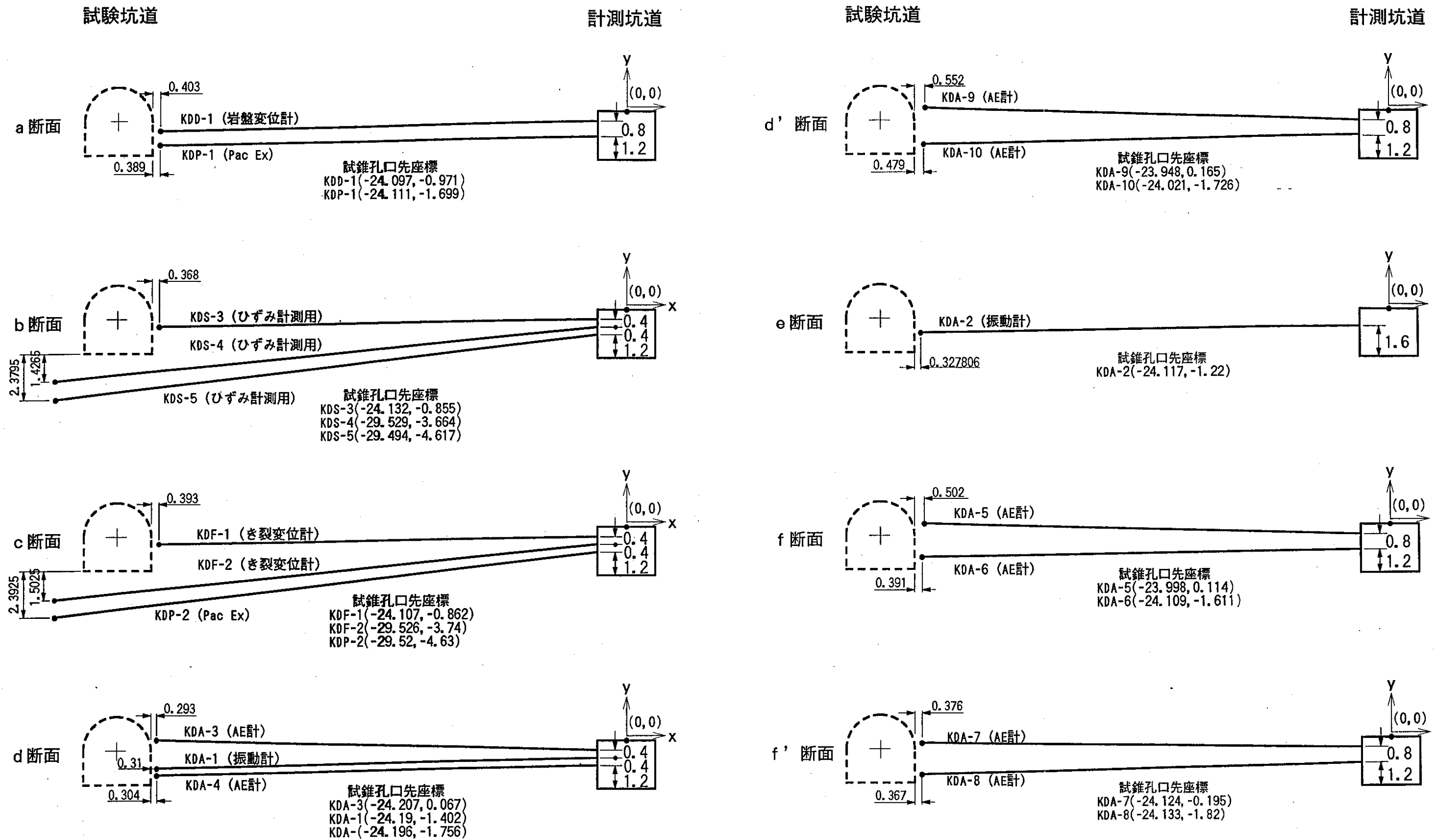


図3.2.2 各断面における試錐孔の配置

表 3. 2. 1 8断面の断面形状計測位置

測定断面	計測地点 (m) *	センターからの距離 (m)	備考
a	28. 75	30. 25	破碎帯位置に相当するため、計測点を切り羽方向に 50. 00cm 移動
b	27. 32	28. 82	試錐孔の口先位置より算出
c	26. 24	27. 74	"
d	21. 01	26. 51	"
d'	22. 94	24. 46	"
e	15. 60	16. 10	"
f	13. 67	15. 17	"
f'	12. 00	13. 50	"

\*計測地点は、各断面内に並ぶ各試錐孔口先の座標の平均値

### 3. 3 計測方法

断面形状の測定方法の概略図を図 3. 3. 1 に、断面測定器およびマンモスを用いた計測状況を写真 3. 3. 1 に示す。測定手順は以下のようになる。

- ① 坑口付近にセンターを落とし、トランシット（マンモス）を据える。
- ② 計測する坑道のセンターライン、断面測定器の機械高をトランシットにより視準し、計測位置に断面測定器を据える。
- ③ 設計計画断面、測点、断面測定器の機械高、回転ピッチ等をパソコンに入力し、測定を開始する。

ここで、計測坑道の対象 4 断面については、坑口部からの距離を坑道底盤に設置したテープにより評定した。

また、試験坑道の a~f, d', f' の合計 8 断面については、平成 7 年度に実施された孔曲がり測定による各断面に位置する試錐孔の口先部の測量結果から、上記の表 3. 2. 1 に示す断面測定位置を算出し、3次元測定器（マンモス）による前後 1cm の精度で位置評定を行った。

試験坑道の残る 27 点については、坑口 0m 地点から坑口底盤に設置したテープにより、上記測定点を含めて、概略 1 m 間隔となるよう設定した。

計測器設置から撤去までの断面形状の計測時間は、今回実施したような小断

面の坑道の場合、1断面につき15分程度である。また、マンモスによる計測位置の評定の時間は、1断面につき15分程度であり、合計30分程度となる。

計測は、試験坑道掘削終了後、10日間経過後の平成9年3月4～6日にかけて実施した。

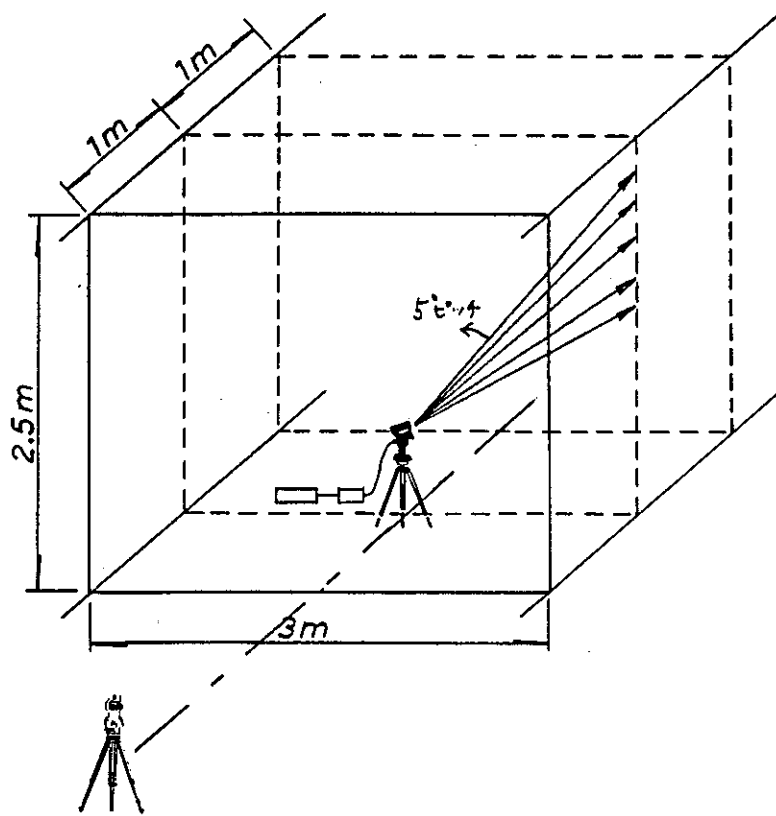
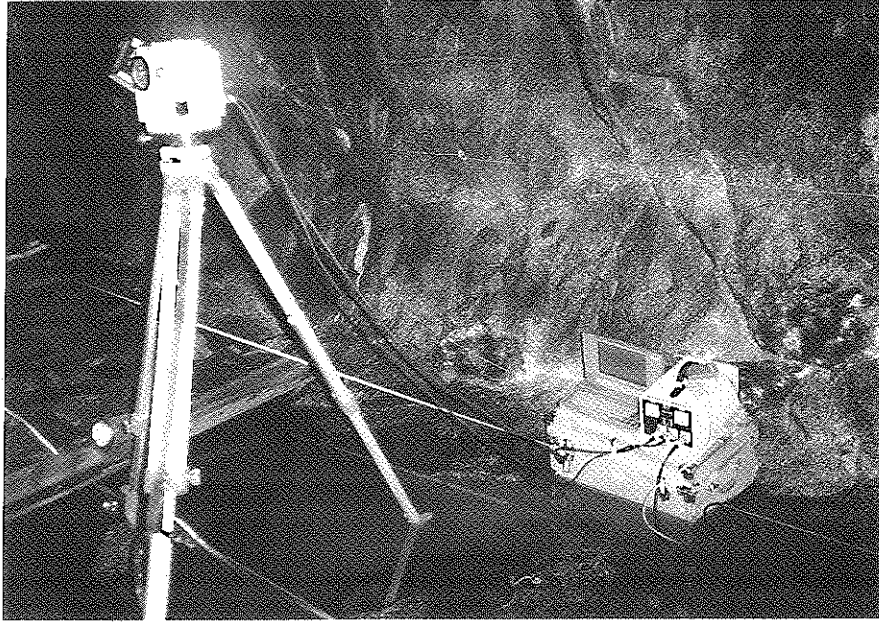
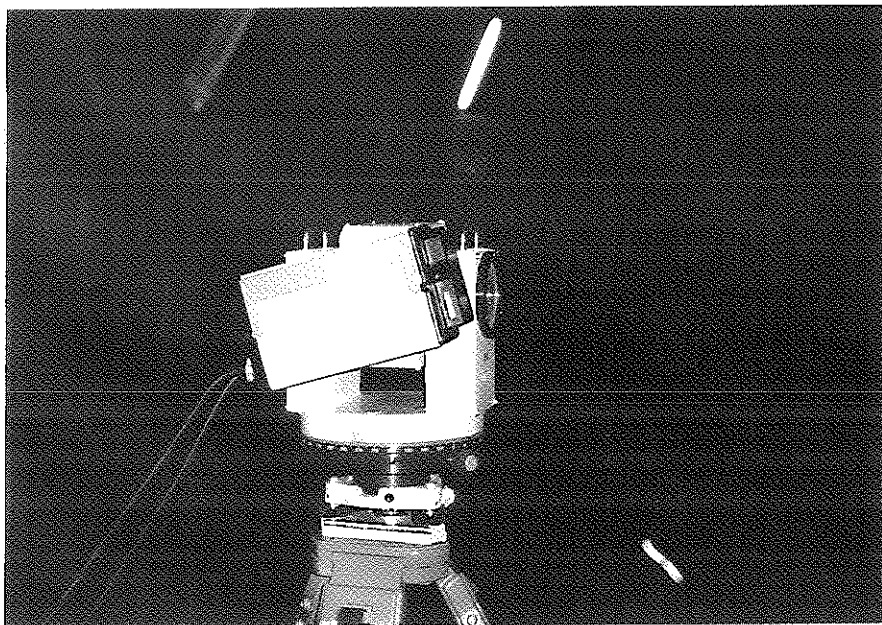


图3.3.1 断面形状测定方法



(a) 計測状況

(左：回転する光波距離計と測定器、右：測定制御およびデータ収集用パソコン)



(b) 光波距離計

写真 3. 3. 1 断面形状測定 of 測定状況

## 4. 計測結果

### 4.1 計測坑道における計測結果

計測坑道の断面形状測定結果を図 4.1.1 に示す。図中、左側に平成 7 年度における断面形状計測結果を、右側に本年度のほぼ同一地点での計測結果を示している。また、矩形（縦 2.5 m×横 3.0m）の断面は計画断面を、周辺の曲線は断面の形状をそれぞれ表している。左右両図の比較から、空洞壁面の特に天盤部が拡大していることが分かる。原因としては、掘削後の時間経過に伴う再配分応力などによる浮き石等の発生が考えられる。しかしながら、計測結果からも分かるように、断面形状計測を実施した 8~9m、19~20m の両区間は割れ目等の配置により、壁面が切羽方向へ傾斜した形状となる。前述のように計測坑道の計測点は、テープによる評定のため、昨年度との測定定点のずれが形状の変化となった可能性もある。

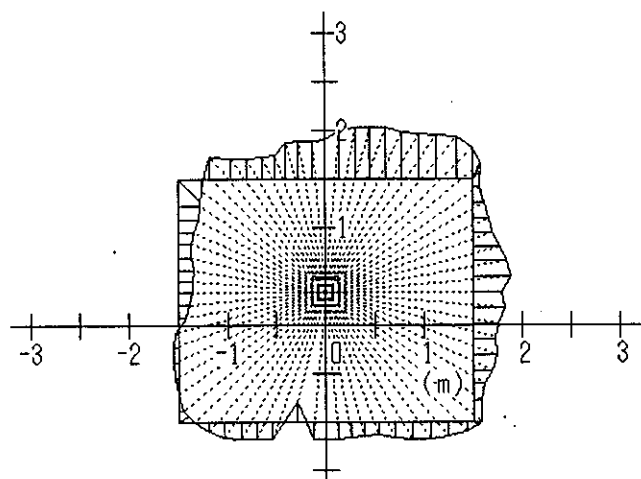
計画断面と計測により得られた断面積の差から換算した概算の余堀り面積を平成 7 年度と本年度について比較することにより、拡大した面積を算出した。結果を表 4.1.1 に示す。

表 4.1.1 本年度と平成 7 年度の余堀りと拡大した面積の算出結果

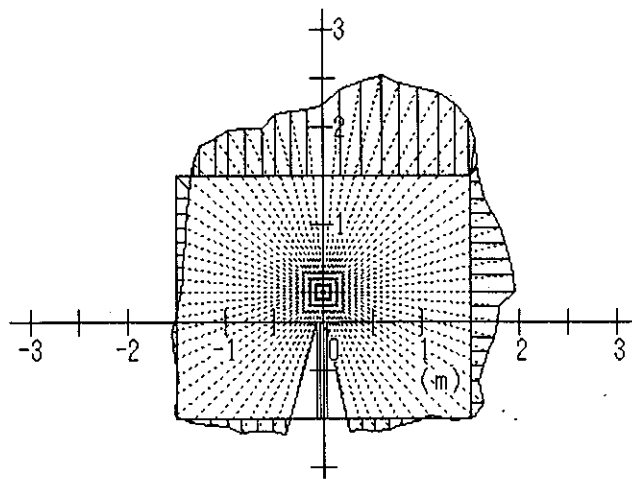
計測位置 (m)	本年度余堀り (m <sup>2</sup> )	平成 7 年度余堀り (m <sup>2</sup> )	拡大した面積 (m <sup>2</sup> )	最大拡大幅 (m)と位置	備考
9	2.84	2.01	0.83	0.48 天盤	普通発破区間
10	3.01	1.79	1.22	0.53 天盤	普通発破区間
19	1.50	0.97	0.53	0.34 天盤	SB 区間
20	1.49	1.04	0.45	0.28 天盤	SB 区間

本年度の余堀り面積は、平成 7 年度の計測結果と同様に SB 区間の方が、普通発破区間の方が小さい値となる。また、拡大した面積、拡大幅についても、SB 区間は普通発破区間と比較して小さい値となっている。

平成7年度

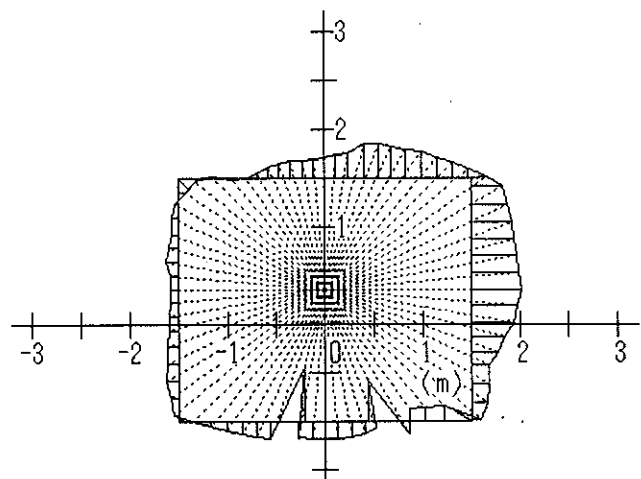


平成8年度

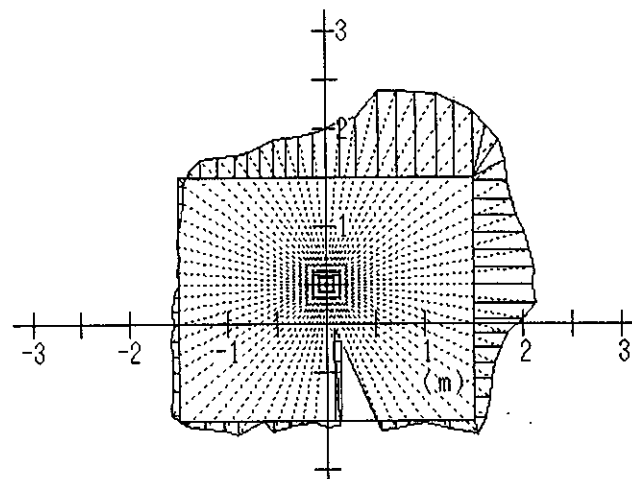


8 (m)

平成7年度



平成8年度

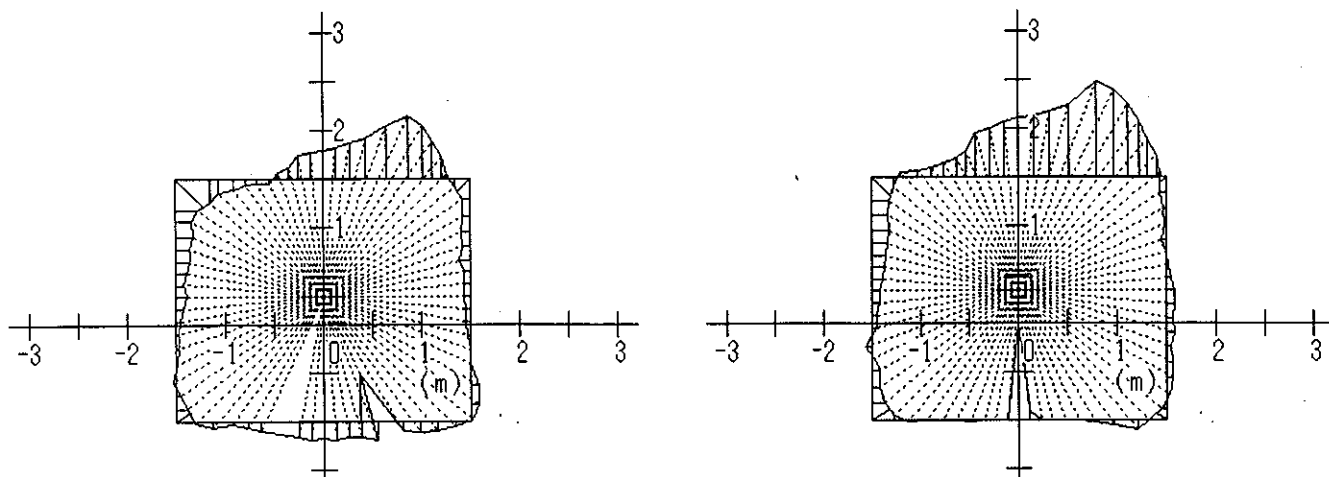


9 (m)

図4.1.1 計測坑道の断面形状計測結果 (その1)

平成7年度

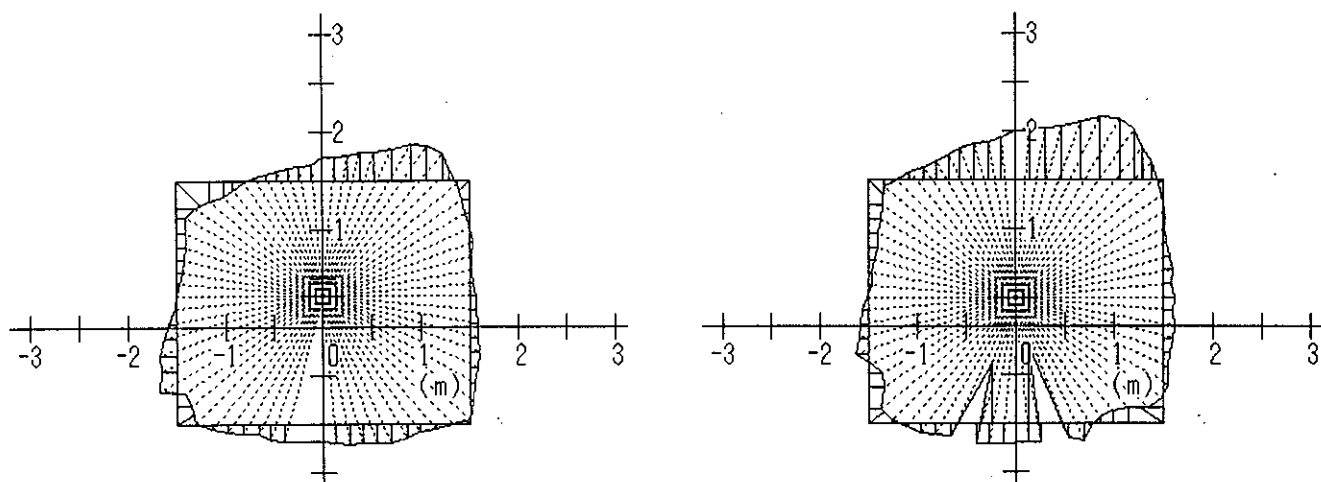
平成8年度



19 (m)

平成7年度

平成8年度



20 (m)

図4.1.1 計測坑道の断面形状計測結果 (その2)



#### 4.2 試験坑道における計測結果

試験坑道の断面形状計測結果を図 4.2.1 に示す。試験坑道の坑口部となる 0 (m) 地点は拡幅されているため、1 (m) 地点からの計測とした。また、坑道全掘削長が 37.7m と計画長である 37.0m より延長されていたため、最終計測断面を 37 (m) 地点とし、合計 37 断面の測定を実施した。図中、詳細な計測位置と a～f, d', f' の断面が記載されている結果は、計測坑道からの試錐孔の口先部が壁面近傍に位置している地点での形状である。

計測結果より、坑口部の拡幅が 1～2 (m) 地点にも及んでいることが分かる。また、25 (m) 地点以降の断面形状は計画断面の底盤より徐々に上部に位置する結果となり、坑道掘削において切羽方向に上向きのエレベーションがつけられていることが分かる。計画断面の底盤は、坑口部既存坑道の底盤レベルを基準として固定している。仕上がり断面の概略のエレベーションを把握するため、0 (m) 地点から 5 (m) 間隔に底盤中央部のレベルを取り出し、各区間のエレベーションを算出した。算出結果をまとめて、表 4.2.1 に示す。

表 4.2.1 試験坑道底盤中央部のレベルと切羽方向の斜度の算出結果

測定地点 (m)	底盤レベル (cm) *1	斜度*2
0	-224.8	—
5	-208.6	0-5m: 3.2%
10	-195.0	5-10m: 2.7%
15	-184.9	10-15m: 2.0%
20	-178.2	15-20m: 1.3%
25.01 (d 断面)	-161.9	20-25m: 3.3%
30	-157.4	25-30m: 0.9%
35	-141.3	30-35m: 3.2%
平均値	—	2.4%

\*1: 計測坑道断面 SL からの距離

\*2: 切羽方向上向きをプラス

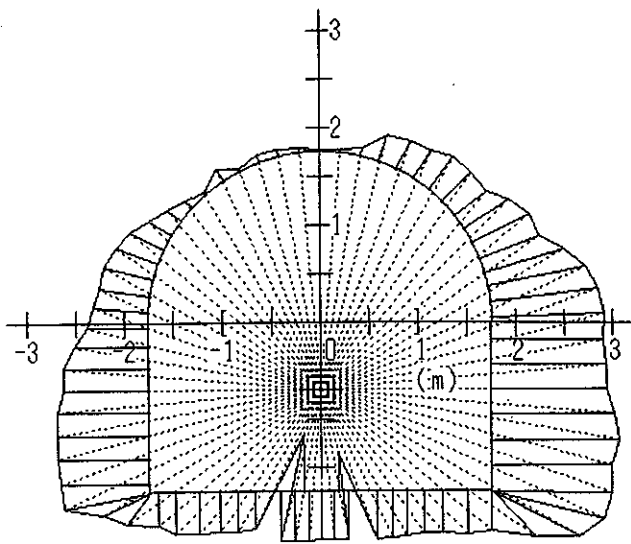
算出結果より、試験坑道は切羽方向に 2.4% 程度の斜度をもって掘削されていることが分かる。

掘削工法の違いによる余掘り量の比較を目的として、計画時の標準断面積と

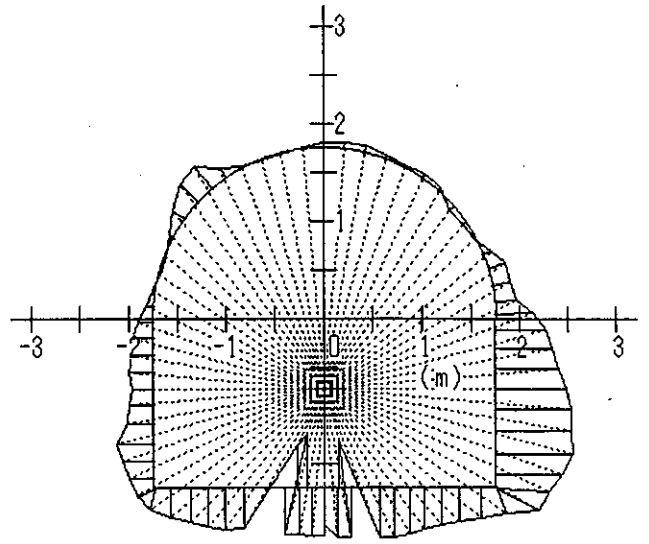
掘削後の仕上がり断面積を算出した。算出結果を図 4. 2. 2 に示す。図上(a)は仕上がり断面積と標準全断面積の比較であり、計測を実施した全断面について示している。また、図下(b)は試験坑道を切り羽方向に見て右側半断面と左側半断面の仕上がり断面積と標準半断面積との比較を示している。図上(a)より、試験坑道坑口より 19m までの普通 (CB) 発破区間と 19m 以降のスム-スプ ラスティング (SB) 発破区間では、CB 区間の余堀り量 (仕上がり全断面積 - 標準断面積) が SB 区間と比較して大きい結果となる。図中には両区間の仕上がり断面積の平均値を示しており、それぞれ  $12.48\text{m}^2$ 、 $11.98\text{m}^2$  となる。両余堀り量の比較を行うと、CB 区間が  $1.55\text{m}^2$ 、SB 区間が  $1.05\text{m}^2$  であり、SB 区間では 32% 程度の減少となる。

一方、図下(b)より、左側半断面積が 15~24m 区間で、右側半断面積が 28~32m 区間で余堀り量が大きくなるのが分かる。これらの余堀り量の増減と試験坑道の地質の不均質性との関連性の評価を、図 4. 2. 3 に示す試験坑道の坑道壁面の割れ目スケッチにより行った。図より、坑道中央部に連続的に分布する NW 系の割れ目が 15~24m 区間で天盤左側に、24~32m 区間で右側側壁に分布することが分かる。それぞれの区間の余堀り量が大きい部分は、図 4. 2. 1 に示した断面形状測定結果から天盤左側と右側側壁部と NW 系割れ目の分布位置となり、概略一致している。これにより、NW 系割れ目の分布位置の影響が余堀り量の変化に大きく影響していることが分かる。

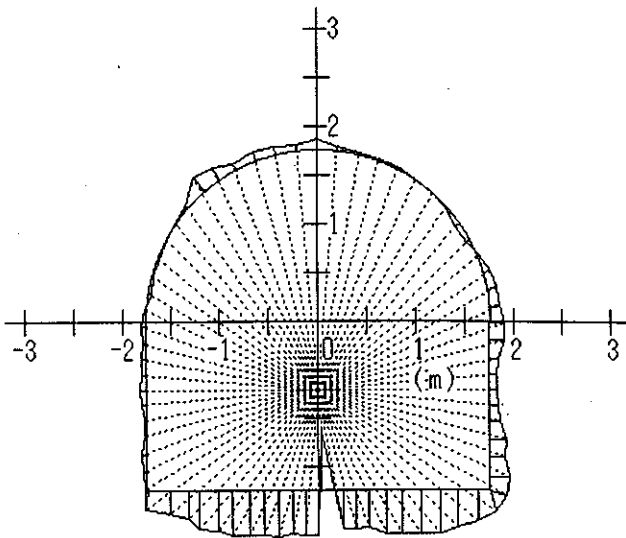
断面形状計測結果を踏まえた、試錐孔と試験坑道の配置断面図を図 4. 2. 4 に整理して示す。



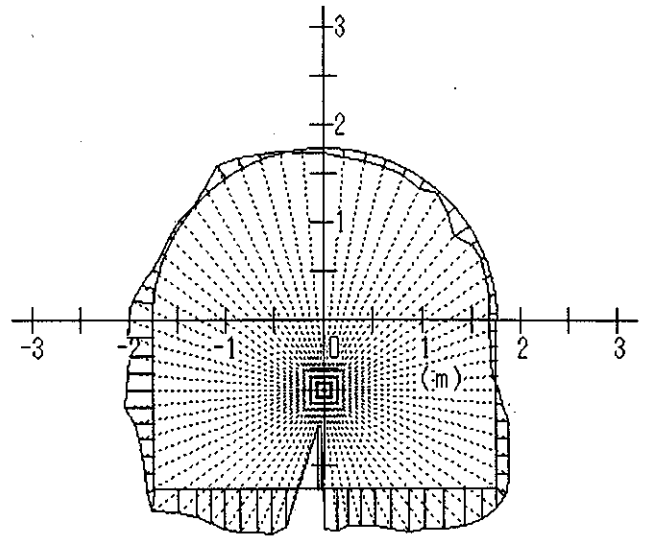
1 (m)



2 (m)

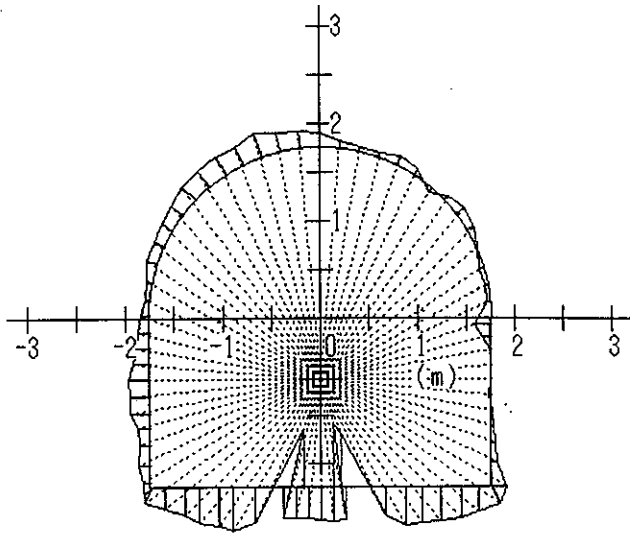


3 (m)

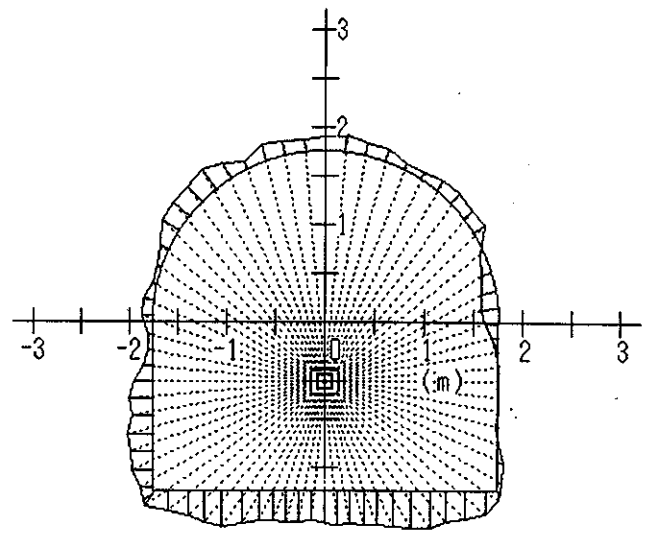


4 (m)

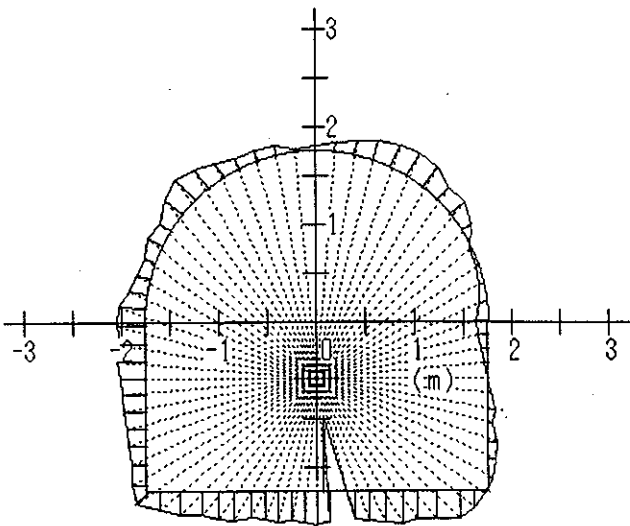
図4.2.1 試験坑道の断面形状計測結果 (その1)



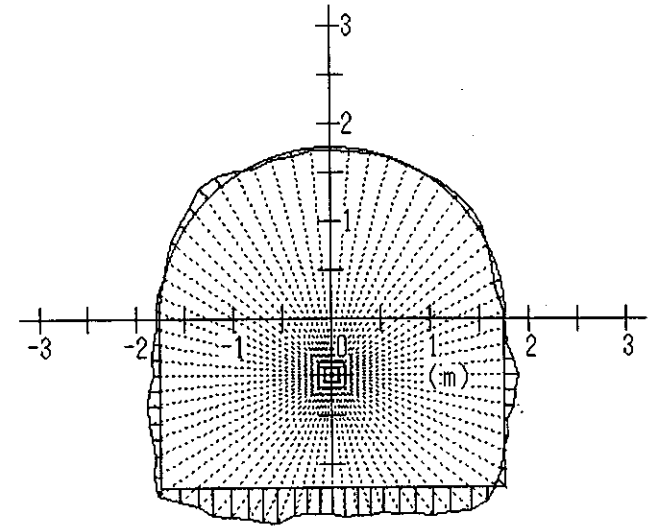
5 (m)



6 (m)

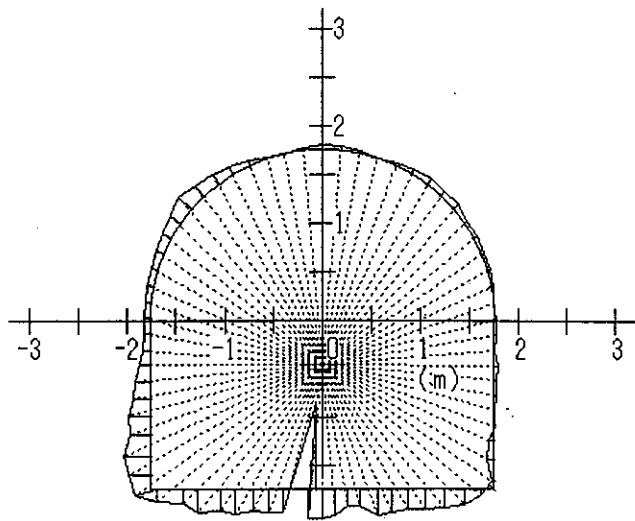


7 (m)

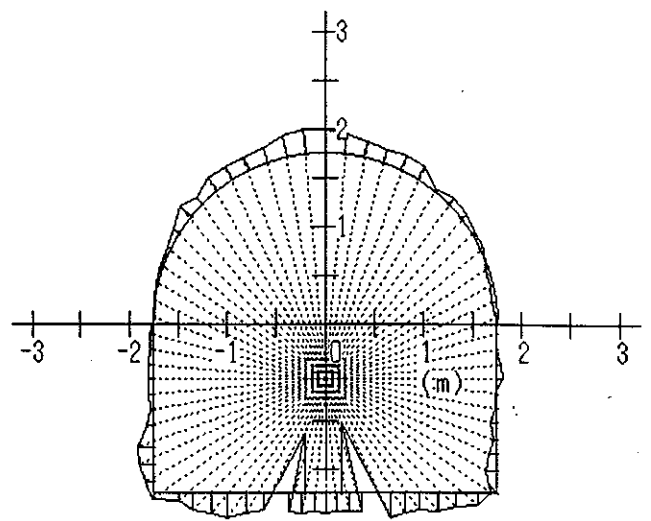


8 (m)

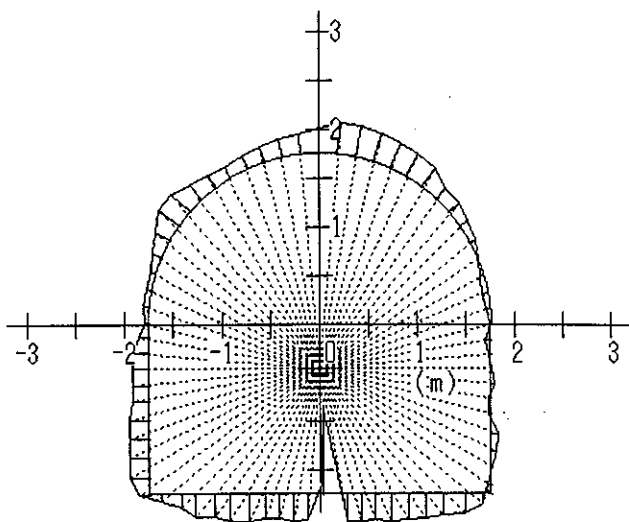
図4.2.1 試験坑道の断面形状計測結果 (その2)



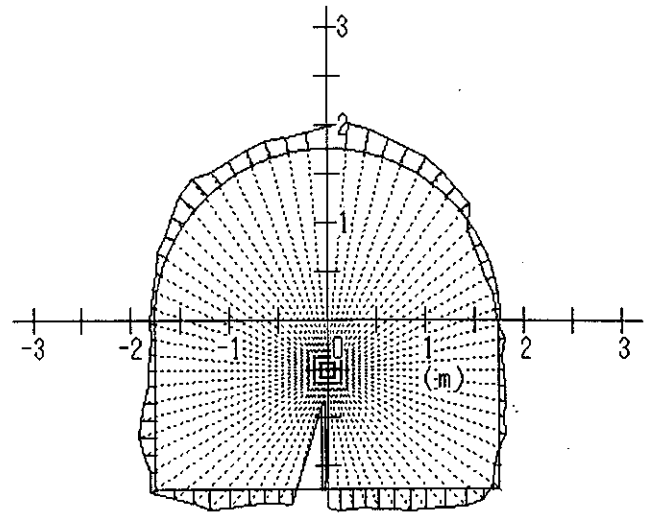
9 (m)



10 (m)

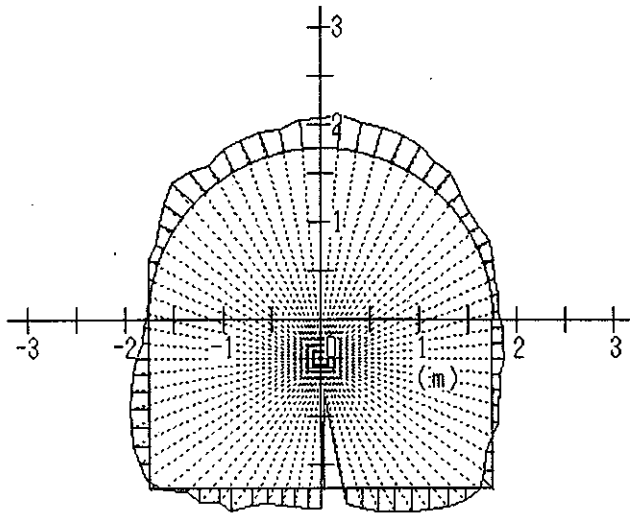


11 (m)

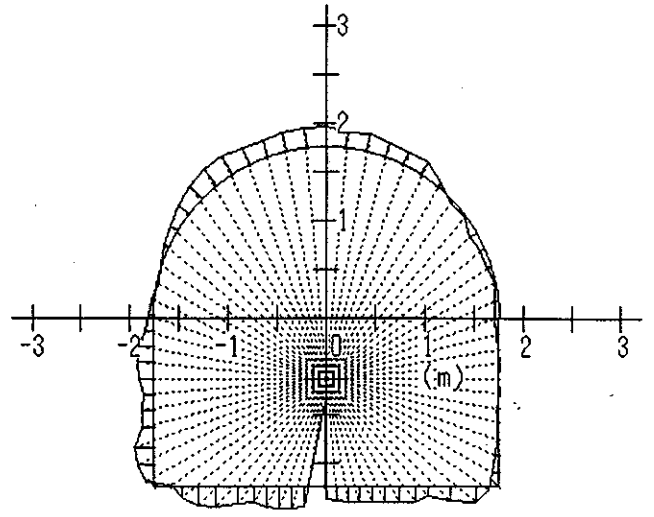


12.00m (f'断面)

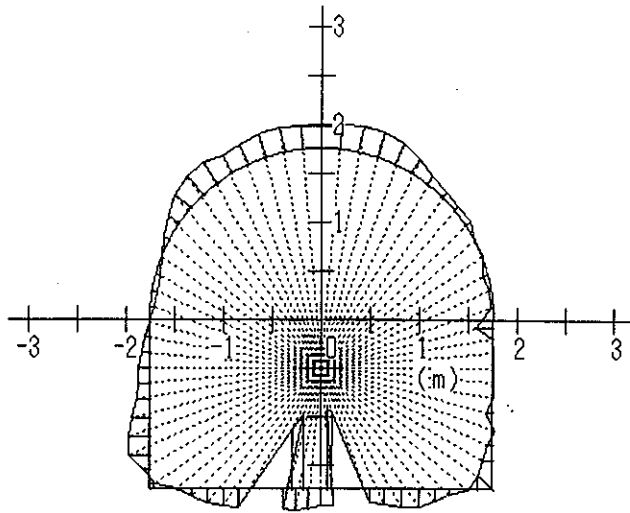
図4.2.1 試験坑道の断面形状計測結果 (その3)



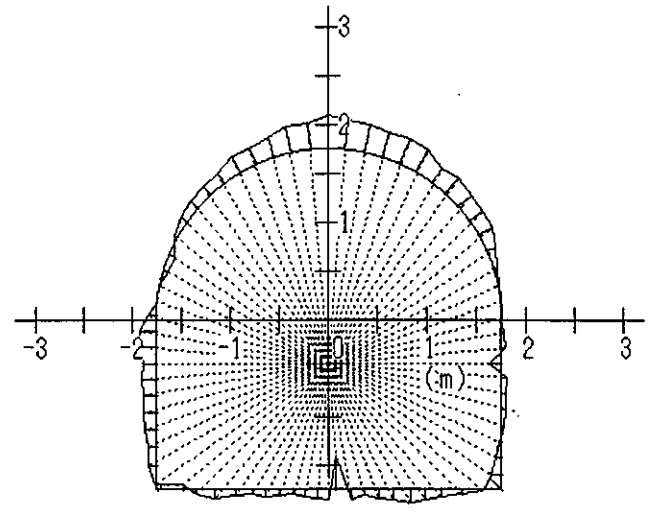
13 (m)



13.67m (f 断面)

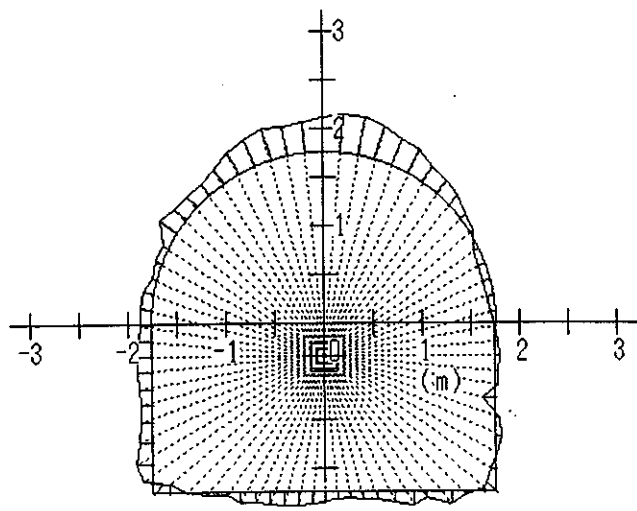


14.60m (e 断面)

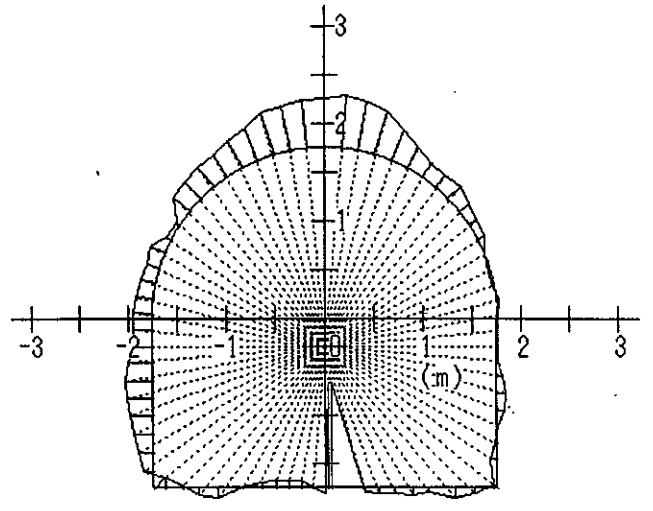


15 (m)

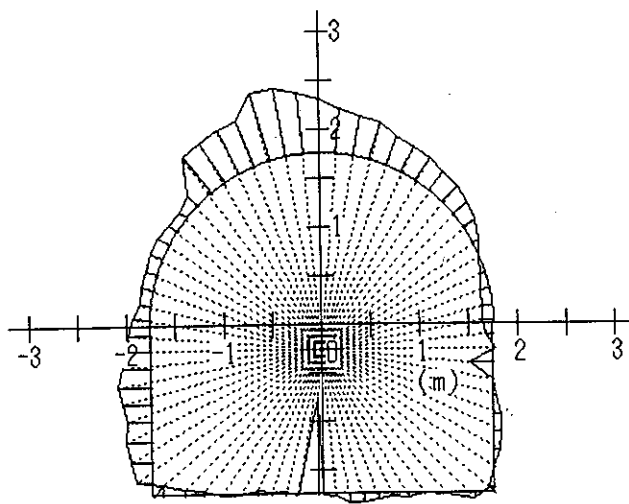
図4.2.1 試験坑道の断面形状計測結果 (その4)



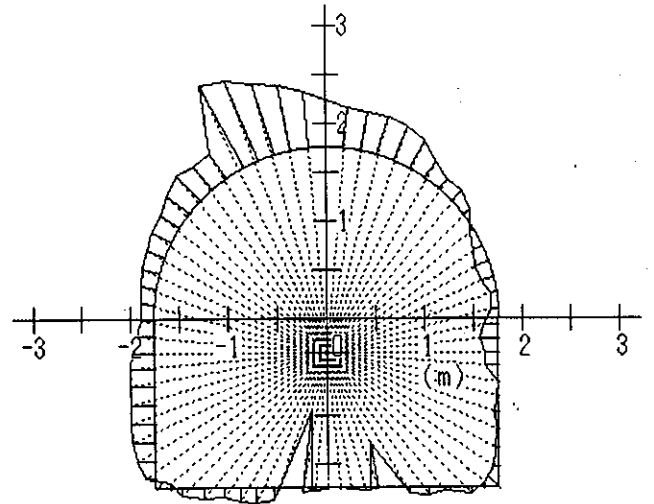
16 (m)



17 (m)

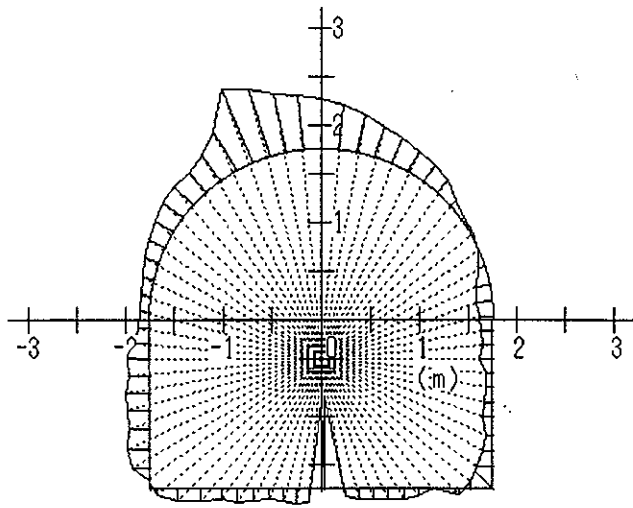


18 (m)

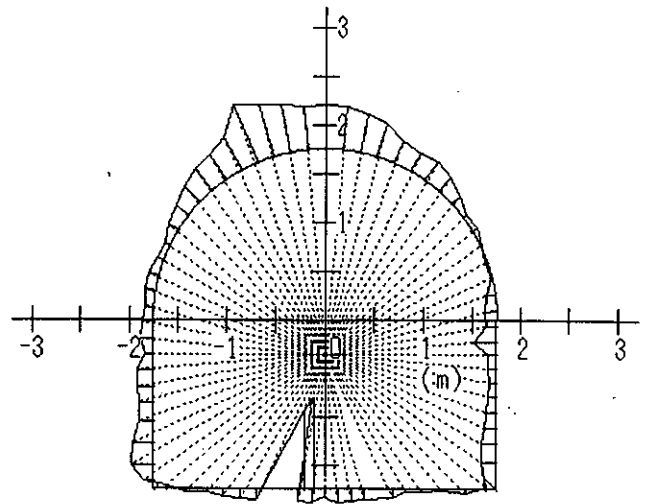


19 (m)

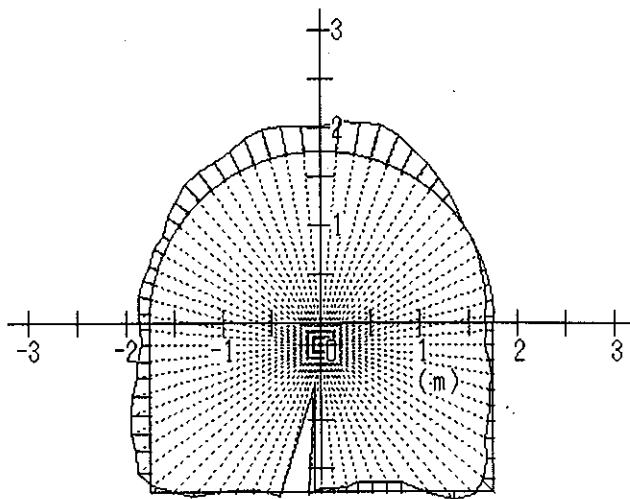
図4.2.1 試験坑道の断面形状計測結果 (その5)



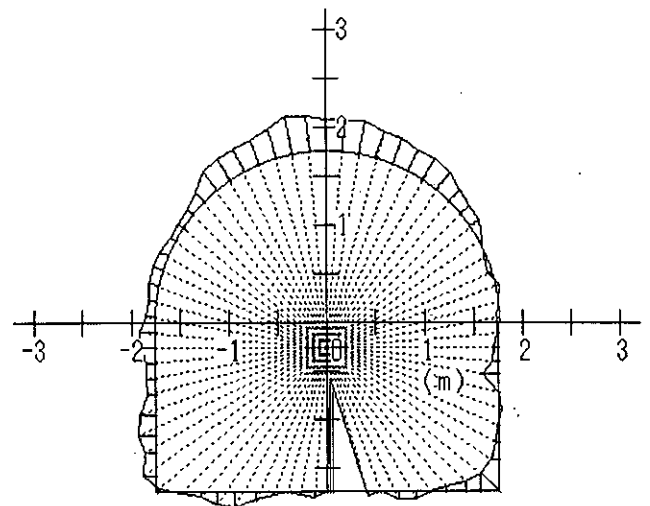
20 (m)



21 (m)



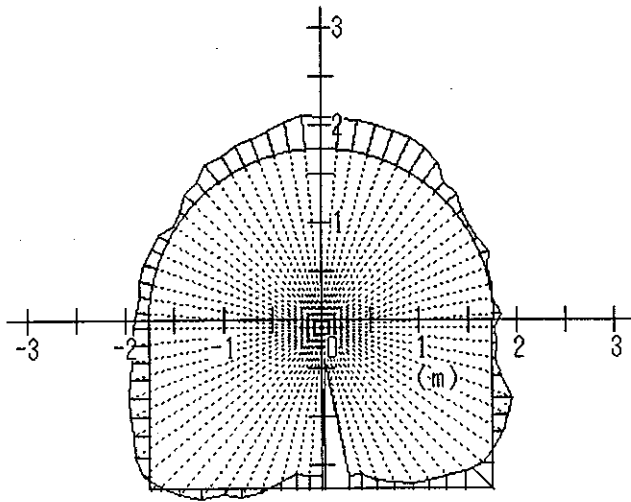
22 (m)



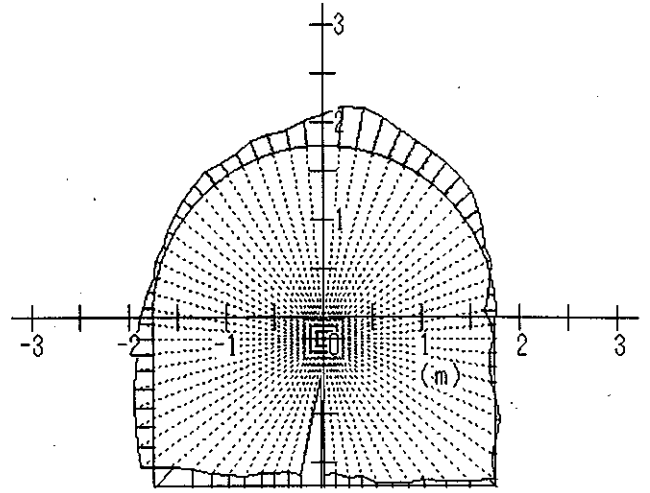
22.96m (d'断面)

図4.2.1 試験坑道の断面形状計測結果 (その6)

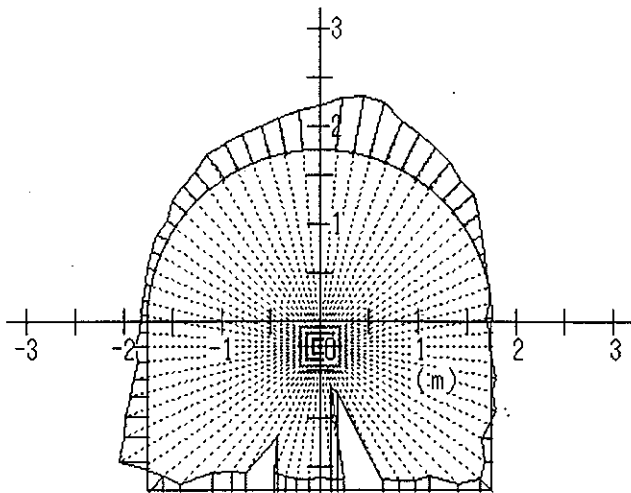




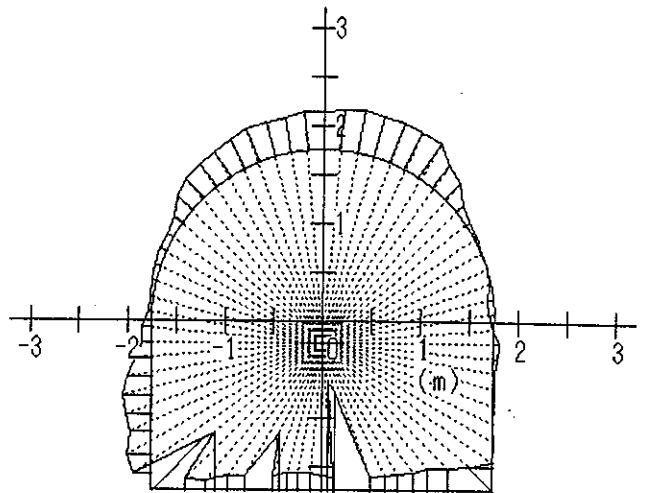
24 (m)



25.01m (d断面)

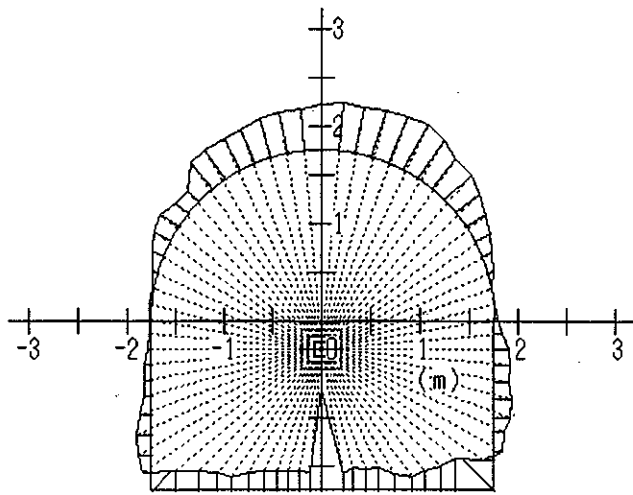


26.24m (c断面)

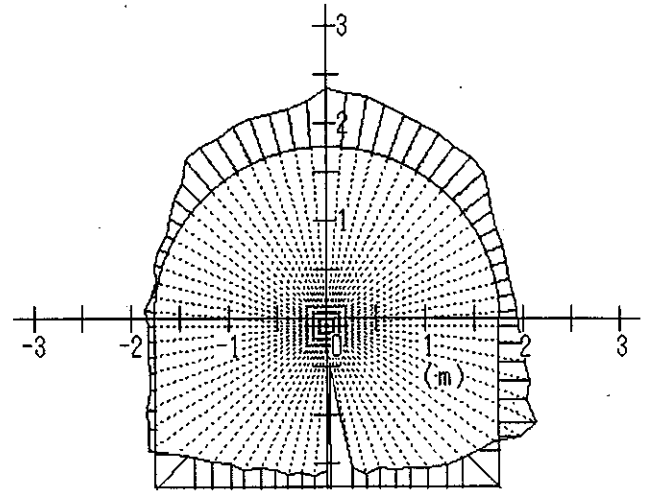


27.32m (b断面)

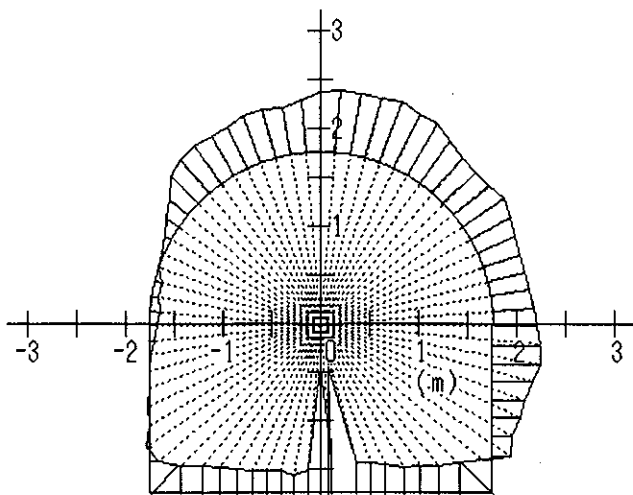
図4.2.1 試験坑道の断面形状計測結果 (その7)



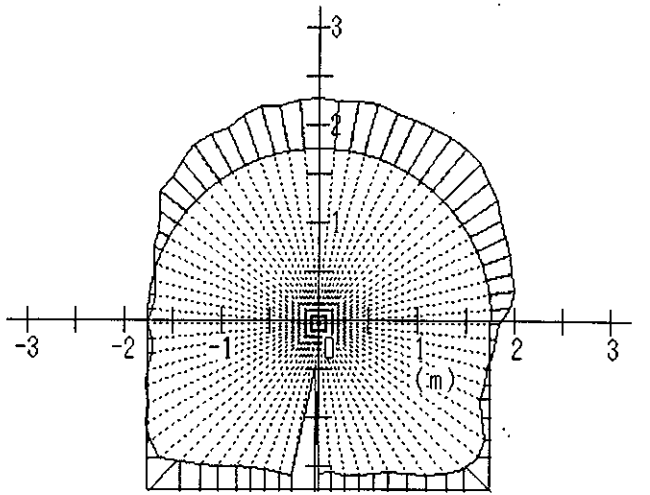
28.75m (a 断面)



30 (m)

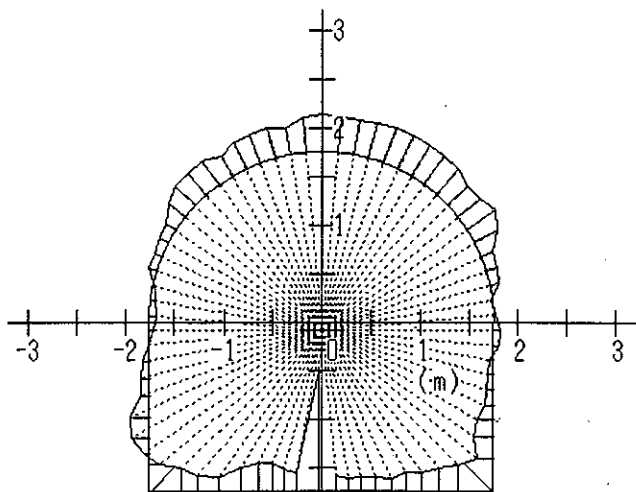


31 (m)

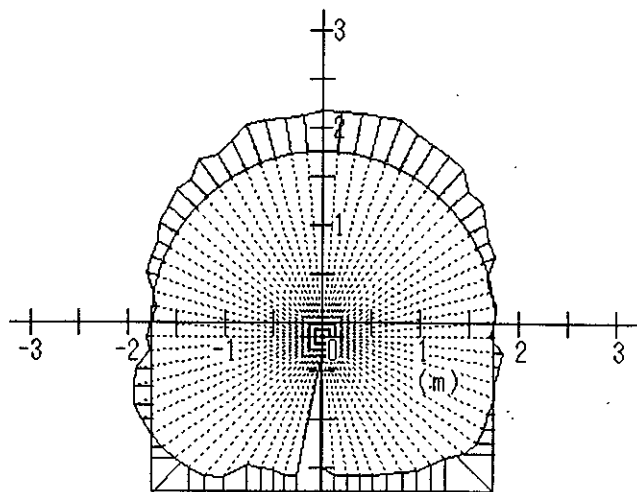


32 (m)

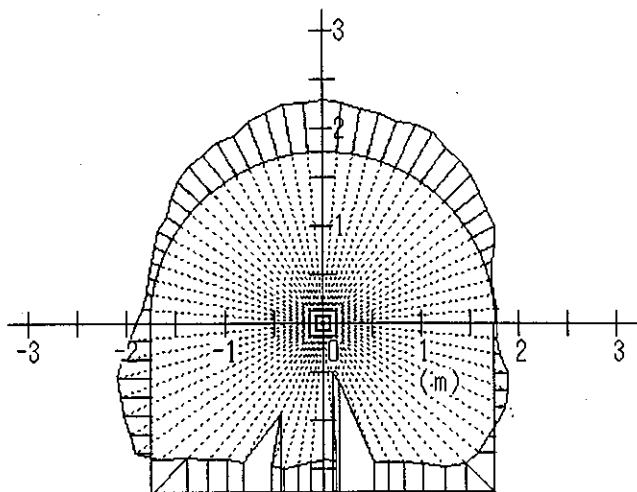
図4.2.1 試験坑道の断面形状計測結果 (その8)



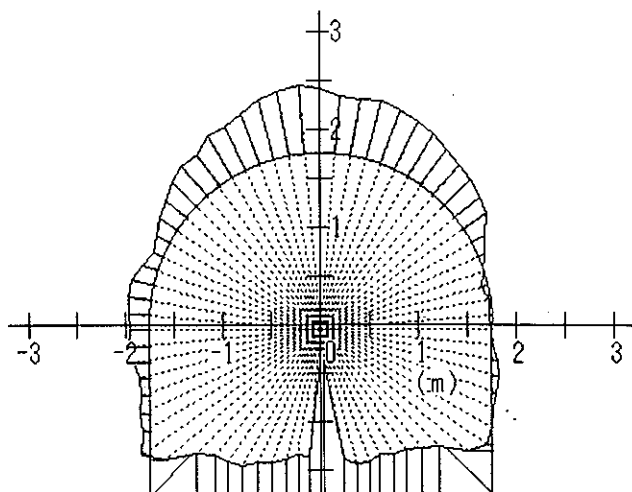
33 (m)



34 (m)

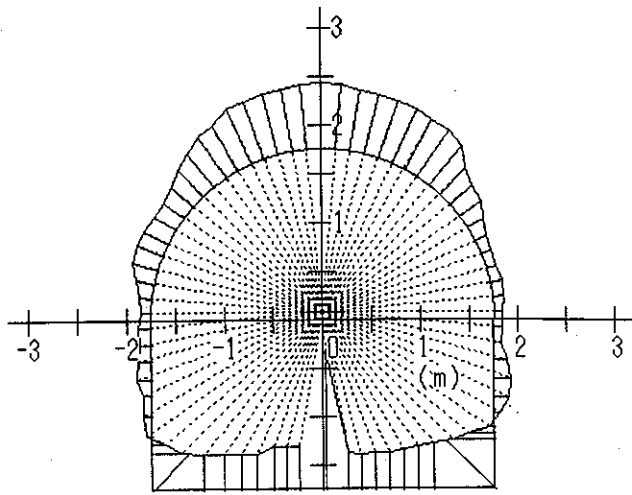


35 (m)



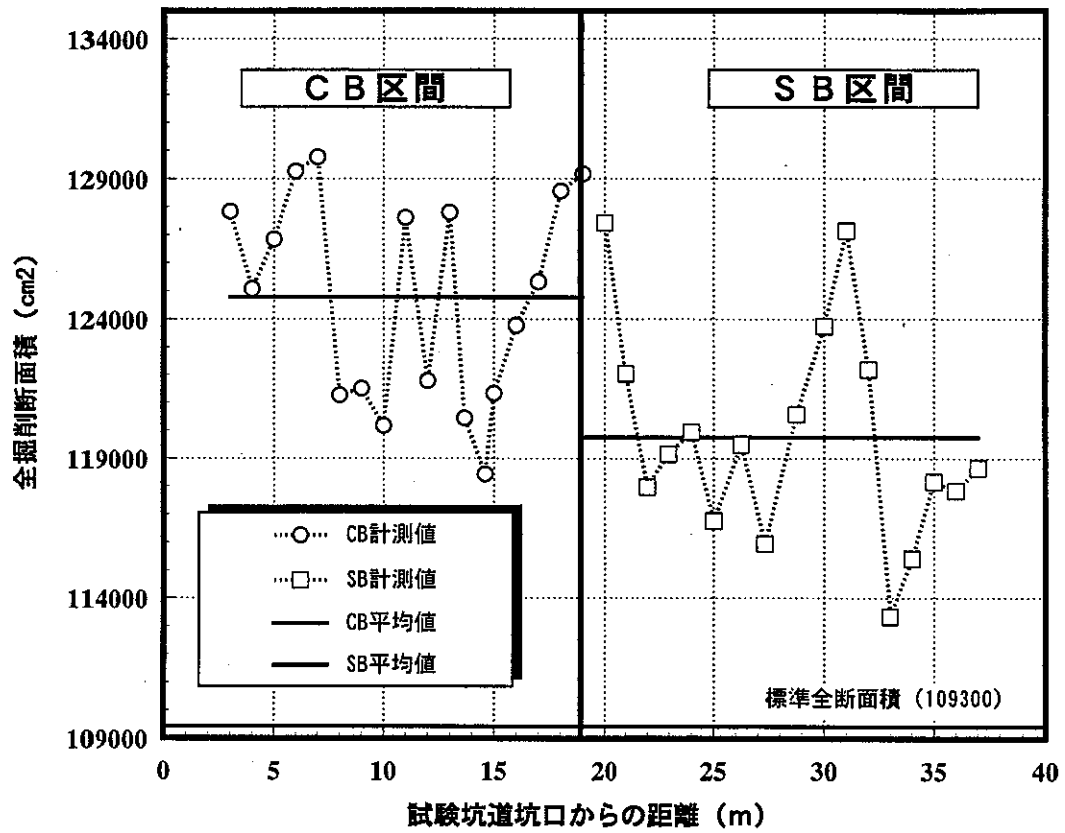
36 (m)

図4.2.1 試験坑道の断面形状計測結果 (その9)

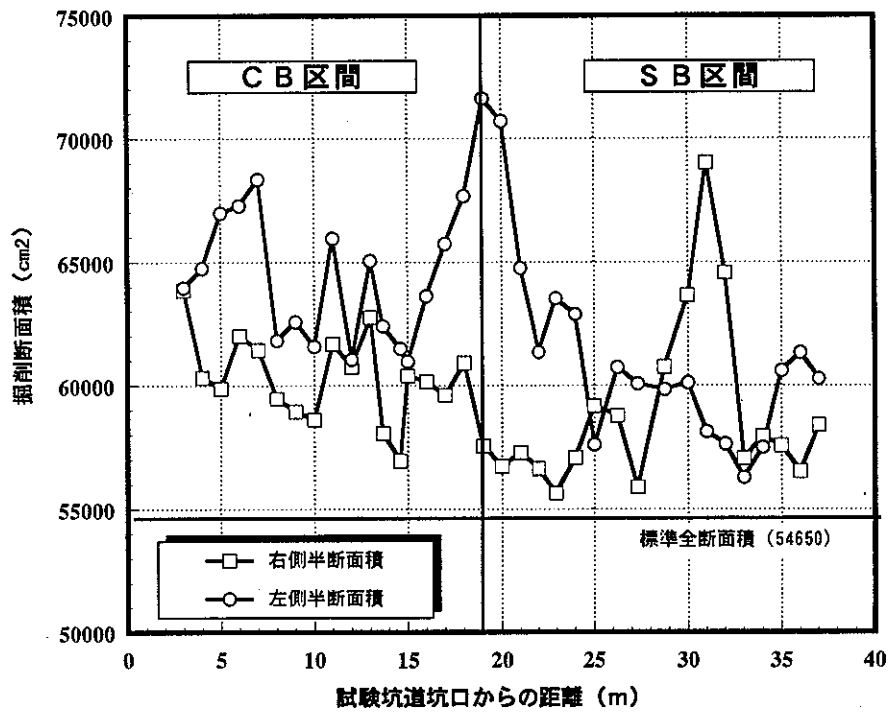


37 (m)

図4.2.1 試験坑道の断面形状計測結果 (その10)



(a) 仕上がり全断面積と標準全断面積の比較



(b) 仕上がり右側半断面積、左側半断面積と標準半断面積の比較

図 4. 2. 2 算出した試験坑道の仕上がり断面積と計画時標準断面積の比較

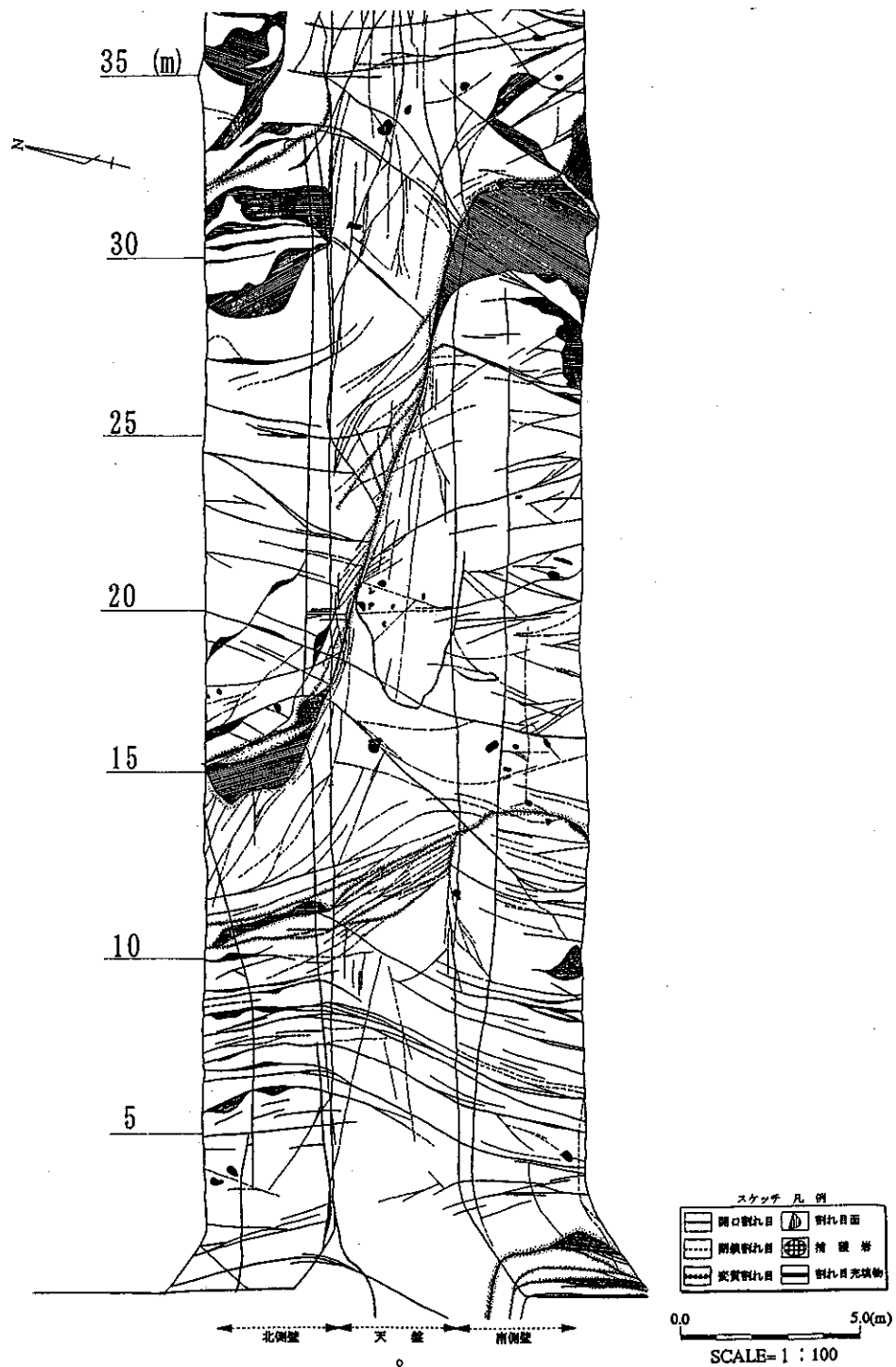


図 4. 2. 3 試験坑道 坑道壁面割れ目スケッチ図

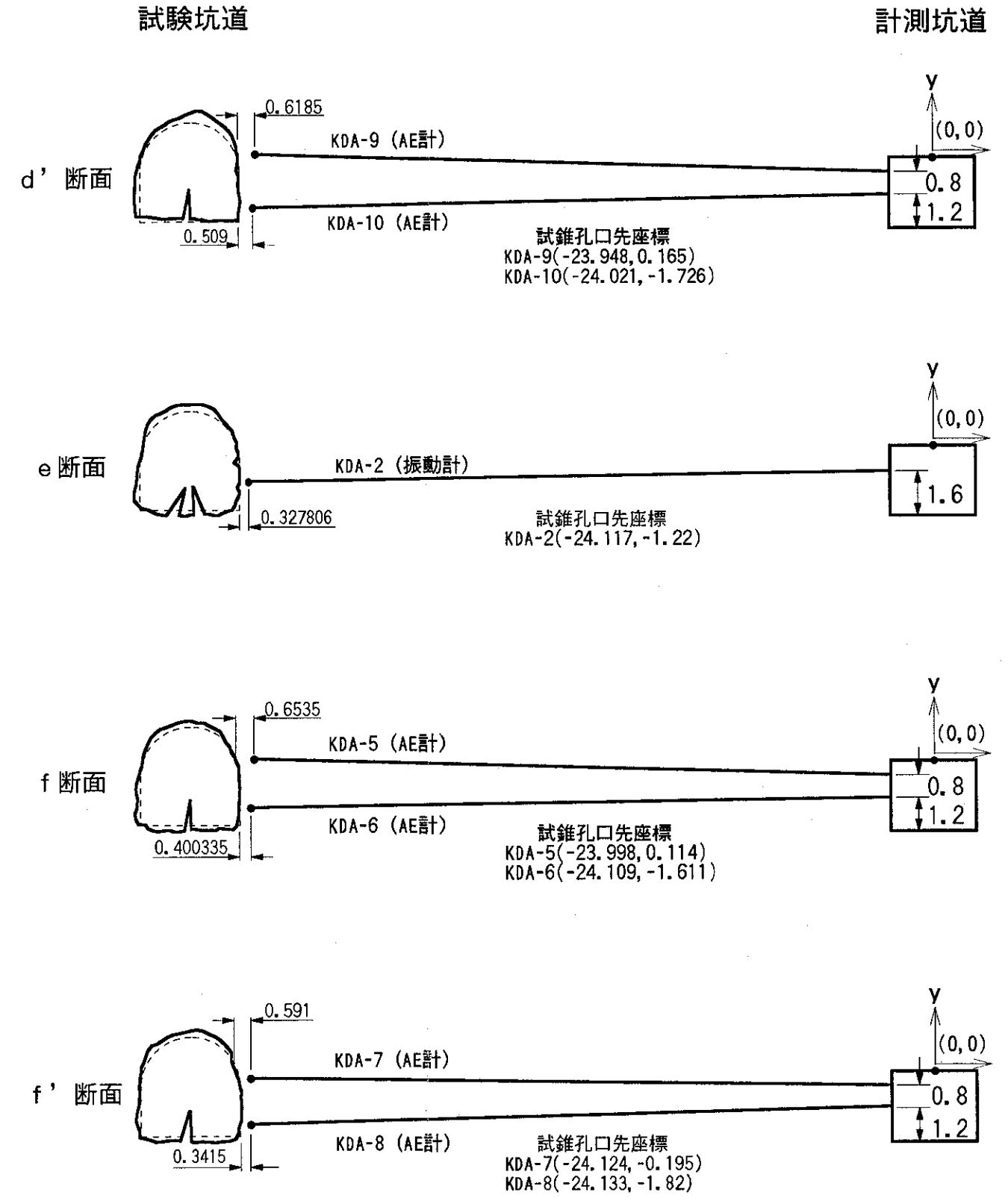
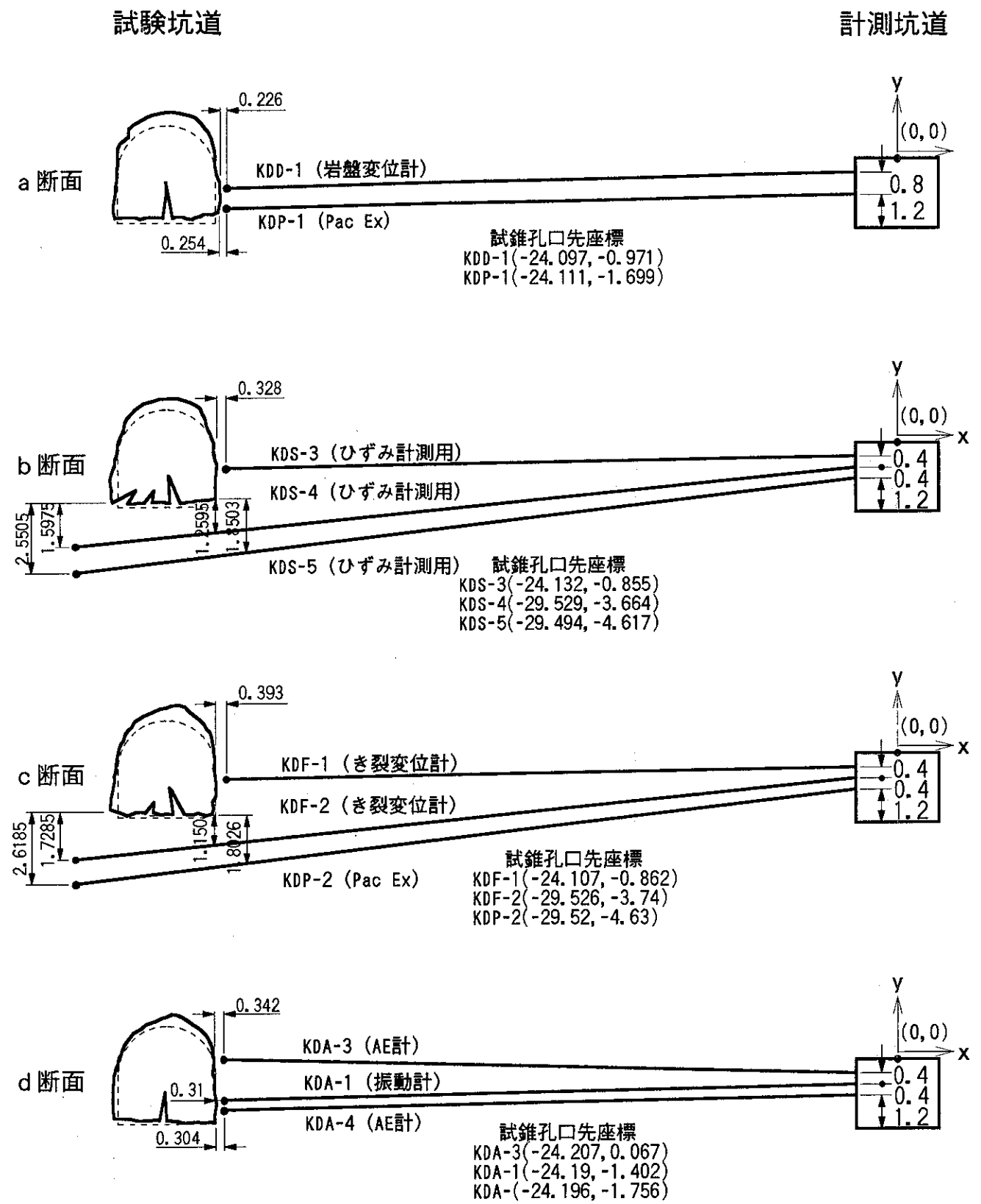


図4.2.4 計測結果に基づく試験坑道と試錐孔の配置

## 5. まとめ

釜石鉱山 250m レベルの掘削影響評価の研究サイトに位置する計測坑道および試験坑道の断面形状計測を実施した。計測データの整理により得られた結果を以下にまとめる。

- ・ 計測坑道における4地点の計測結果と平成7年度に実施したほぼ同一地点での結果と比較により、掘削から約14ヶ月の期間に、坑道の形状が拡大した可能性があることが分かった。
- ・ 上記、計測坑道の拡大の程度は、スムーズ・ブラスティング(SB)区間の方が普通発破区間より小さく、最大幅はSB区間で35cm程度、普通発破区間で55cm程度となる。
- ・ 試験坑道における約1m間隔の計測結果から、坑道は切羽方向に上向きに2.4%程度のエレベーションをもって掘削されていることが分かった。
- ・ 試験坑道の断面計測結果に基づく余堀り量の比較結果から、スムーズブラスティング掘削区間では普通発破区間と比較して32%程度の余堀り量の減少が認められた。
- ・ 試験坑道の断面計測結果に基づく余堀り量の比較結果から、試験坑道中央部(17~30m)に連続的に分布するNW系の割れ目が、余堀り量に大きく影響していることが分かった。
- ・ 試験坑道の断面計測データの整理、および計測位置の正確な評定により、坑道周辺に試錐孔が配置されるa~f, d', f'の8断面における断面形状と試錐孔の位置を示した。