

PNC TJ 7592 97-001

# 坑道掘削後の応力状態の検討

(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 日本パブリック

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒509-51 岐阜県土岐市泉町定林寺 959-31

動力炉・核燃料開発事業団

東濃地科学センター

地質環境研究室

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to : Laboratory of geological environment. Tono Geosciense Center. Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation 953-31, Jorinji, Izumi-machi, Toki-si, Gifu-ken 509-51, Japan

- 動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation) 1997

# 坑道掘削後の応力状態の検討

(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 日本パブリック

公開資料  
PNC TJ7592 97-001

1997年3月

## 坑道掘削後の応力状態の検討

板本昌治\*

### 要旨

地下に空洞を施工した場合、空洞周辺の岩盤に種々の影響が生じることは良く知られており、中でも岩盤のひずみや応力場に与える影響は、空洞の設計・施工を行う上で重要かつ不可欠な問題である。

動力炉・核燃料開発事業団では東濃鉱山北延N A T M坑道において、坑道の機械掘削による影響評価試験の事前・事後調査の一環として、1994年に初期応力状態を、翌1995年～1996年に掘削前・中・後の連続したひずみ挙動や応力変化および二次応力の測定・解析を応力解放法(電中研式8成分ひずみ計埋設法)により実施した。しかしながら、1996年の測定に伴って実施したひずみ感度試験で特異なひずみ挙動が確認され、その原因として掘削の衝撃によるマイクロクラックの発生等が考えられた。

この報告書では新たな仮定に基づき、1996年報告書で測定された解放ひずみに含まれる掘削影響の補正を行って算出した二次応力および初期応力について同報告書と比較し検討を加えた。

---

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——08C1565

事業団担当部課室および担当者：東濃地科学センター 地質環境研究室 坪田浩二

\* 株式会社 日本パブリック 関東支社 技術部

An Investigation on the Stress States after the Underground Excavation  
Masaharu ITAMOTO\*

A b s t r a c t

It is well known that various effects will be caused around an underground opening by an excavation. In these effects, the evaluation of strain and stress behaviors in the disturbed zone is of especially importance for the design and construction of a drift.

At Tono Mine of the Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation, as a part of the serial research on the evaluation of the effects around an underground opening due to machine excavation, a measurement of in-situ stress(1994), stress and strain behaviors before , during and after the excavating works(1995~1996) was carried out by the stress relief method (8-element gauge type , developed by Central Research of Electric Power Industry). However, in the strain sensitivity tests conducted in 1996, there were some defects due to the micro cracks induced by blasting.

In this report, based on the new assumptions, compared the secondary stress and initial stress calculated from the relief strains which were revised by the influence of excavation from that reported at 1996, to those described in this paper, and an investigation on the stress after an underground excavation were carried out.

---

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

PNC Liaison —Tono Geoscience Center

Koji TUBOTA

\* Nippon Public Co., Ltd. Kanto Branch

目 次

	ページ
<b>1. 概 要</b>	<b>1</b>
1.1 件 名	1
1.2 目 的	1
1.3 実 施 期 間	1
1.4 内 容 及 び 数 量	1
<b>2. 検 討 方 法</b>	<b>2</b>
2.1 経 緯 と 概 要	2
2.2 応 力 状 態 の 検 討	4
<b>3. 解 析 方 法</b>	<b>6</b>
3.1 概 要	6
3.2 測 定 値 の 前 処 理	7
3.3 座 標 系 の 設 定	9
3.4 応 力 の 算 出	9
3.5 面内ひずみ分布図による測定ひずみの検討	11
<b>4. 解析のための前処理</b>	<b>12</b>
4.1 検 討 ケ ー ス	12
4.2 補正解放ひずみと見掛けひずみの算出	24
4.3 基準座標系の設定	29
4.4 面内ひずみ分布とデータの重み付け	30
<b>5. 初期応力と二次応力の算出</b>	<b>36</b>
5.1 初 期 応 力	36
5.2 二 次 応 力	49

6. 算出結果に対する比較検討	60
6.1 初期応力	60
6.2 二次応力	66
6.3 比較検討のまとめ	71
7. 坑道掘削に伴う岩盤ひずみおよび岩盤応力の変化	75
8. まとめ	81

・卷末資料

電算出力データ

## 1. 概 要

### 1.1 件 名

坑道掘削後の応力状態の検討（契約番号：08C1565）

### 1.2 目 的

東濃鉱山の北延N A T M坑道では、機械による掘削影響評価研究を実施している。この研究の一環として、平成7年度に、坑道掘削中の岩盤の連続ひずみ測定と掘削後の応力測定を実施した。この測定の中で実施したひずみ感度試験において、応力-ひずみ線図が通常とは異なる挙動を示したために、いくつかの仮説を設定して二次応力を算出した。

今回の検討においては、上記の仮説に加えて新たな仮説を設定し、坑道掘削後の応力状態を検討する。

### 1.3 実施期間

自 平成9年 2月 7日

至 平成9年 3月 14日

### 1.4 内容及び数量

(1) 応力状態の検討 1式

(2) 報告書の作成 5部

## 2. 検討方法

### 2.1 経緯と概要

1996年度に実施した「坑道掘削に伴う岩盤のひずみ測定および岩盤の応力測定：PNC ZJ 7592 96-001」（以下96年報告書とする）では、北延NATM坑道を機械（ブームヘッダー）を用いて掘削しそれに伴う岩盤のひずみ変化を連続的に測定した。測定は図2.1に示すように既存ボーリング孔のMS-1～3に埋設型8成分ひずみ計（以下ひずみ計と言う）を埋設しデータロガーにより自動計測した。ひずみ計は、掘削する坑道壁からの距離が0.5 m、1.0 m、1.5 mとなるように埋設した。また、坑道掘削後に行ったオーバーコアリング測定およびひずみ感度試験の結果から、ひずみ値を応力値に換算し三次元的に応力解析を行った。本来、ひずみ感度試験で得られる応力-ひずみ曲線は線形（硬岩の場合よくみられる）ないし、下に凸となる形状（軟岩の場合よくみられる）を示すことが多い。しかしながら、この時行ったひずみ感度試験において図2.2に示すようにひずみ計ゲージが加圧初期段階で引張側の挙動を示したり、応力-ひずみ曲線が上に凸となる挙動を示すなど通常とは異なる挙動を示した。

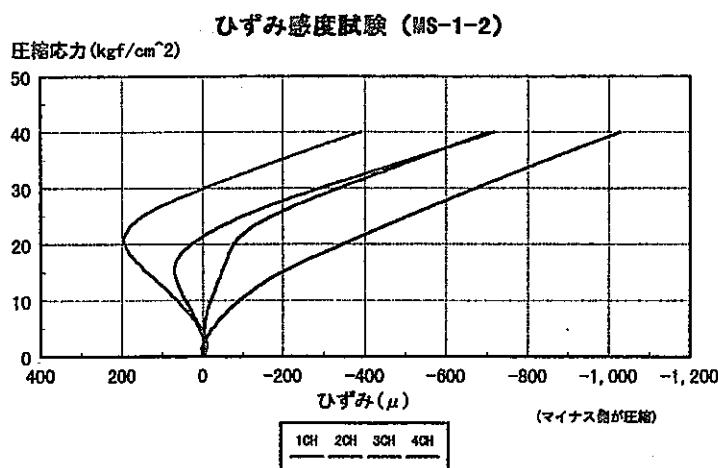


図2.2 特異な挙動を示したひずみ感度試験結果例

このような特異な形状を示した理由として、坑道掘削時の衝撃によりマイクロクラックが発生し、ひずみ感度試験で加圧した時に開口したクラックが閉じようとするためその周辺のゲージ付近で引張ひずみが発生したものと考えられる。このクラックはある程度の加圧段階で密着した後は引張ひずみが圧縮ひずみに転じるものと思われる。

このようにひずみ感度試験で得られた応力-ひずみ曲線が特異な形状をしたため以下に示す方法でひずみ感度係数の設定を行った。

イ) 解放ひずみ値における割線勾配による値

( 水 平 面 図 )

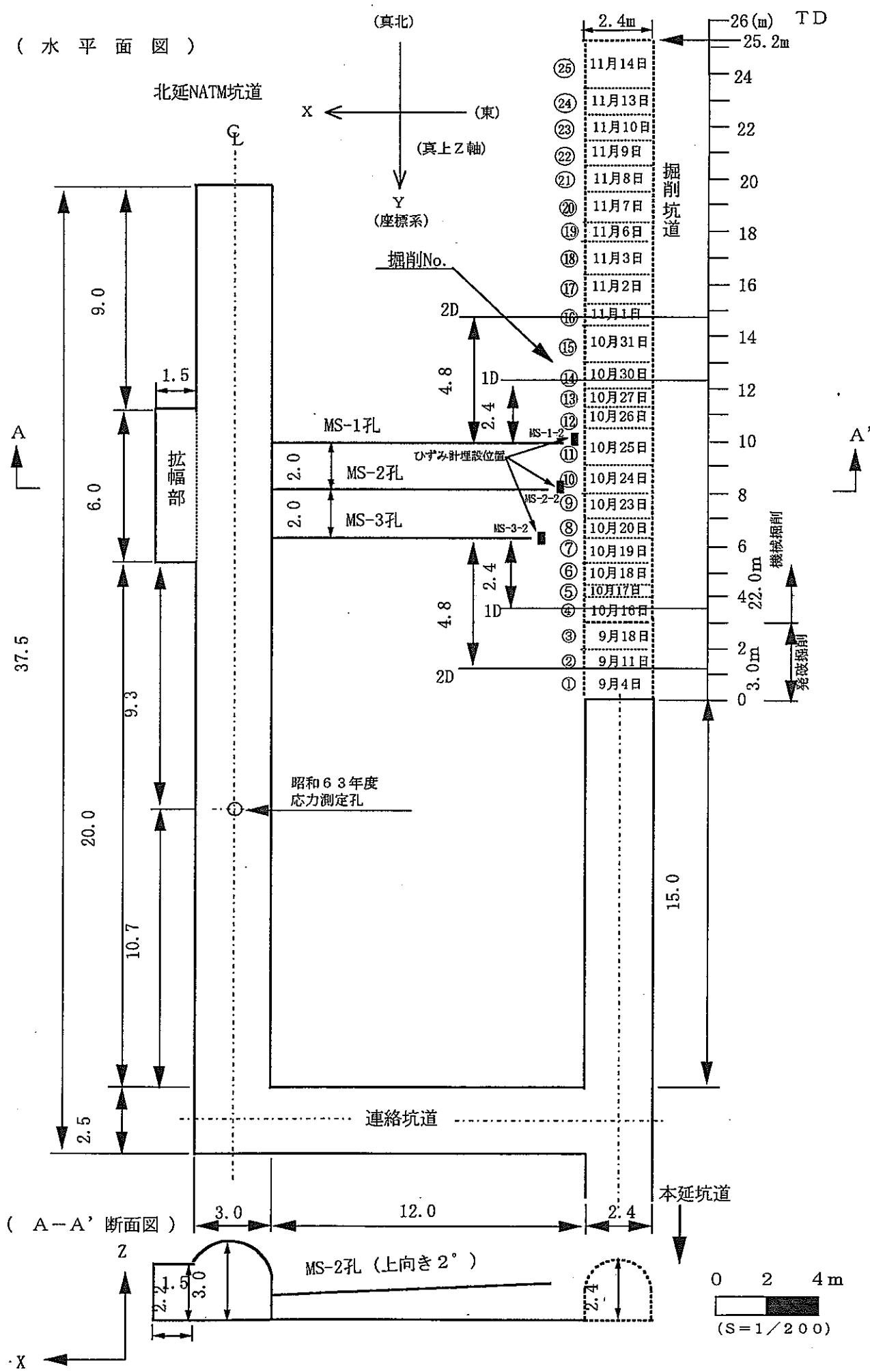


図 2.1 掘削坑道および測定孔位置

口) 解放ひずみ値付近における接線勾配による値

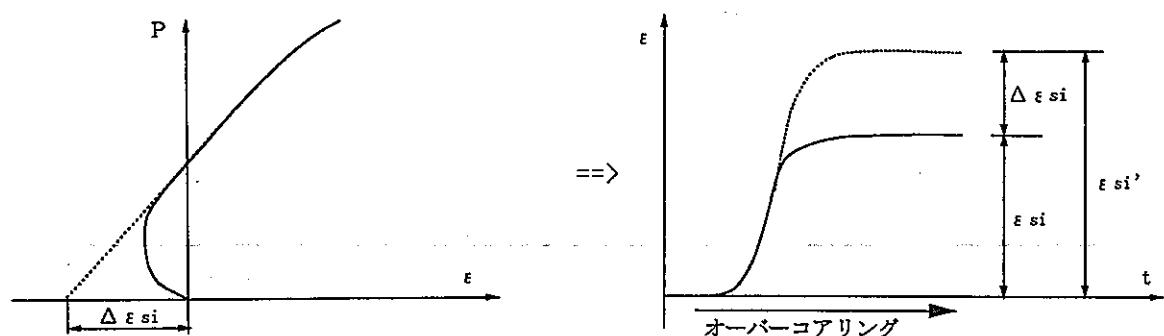
ハ) 被り圧相当 (2.45MPa 程度) 付近における接線勾配による値

以上 3 種類のひずみ感度係数を検討した結果、イ) 、 口) による方法で求めたひずみ感度係数はバラツキが大きく、ハ) による方法で求めた同係数は比較的安定しており平均的な値を示した。経験的にみてひずみ感度係数がこれ程大きくバラツクことはないので、ハ) による方法で求められたひずみ感度係数を用い坑道掘削中の応力変化、二次応力および初期応力を算出した。いくつかの仮説を設定して二次応力を算出した。また、この時の解放ひずみはオーバーコアリングによる測定値をそのまま用いた。

今回の検討では、次項で説明するように解放ひずみの補正を行い検討した。

## 2.2 解放ひずみの補正

通常の初期応力を測定する場合、図2.3に示すように  $\varepsilon_{pi}$  が解放ひずみとして計測される。しかしながら、空洞等の掘削を行った場合には、その周辺岩盤に応力再配分が起こり例えば  $\Delta \varepsilon_{ni}$  のひずみ変化が発生する。この後オーバーコアリング測定を行えば、理論的には  $\varepsilon_{pi} + \Delta \varepsilon_{ni} = \varepsilon_{si}'$  が二次応力に相当する解放ひずみとして計測される。しかしながら、1996年に行った測定では  $\varepsilon_{si}$  分の解放ひずみしか得られなかった。そこで、同年に行なったひずみ感度試験で得られた応力-ひずみ曲線を用いて、外挿法により不足分の解放ひずみ  $\Delta \varepsilon_{si}$  を求め測定された解放ひずみ  $\varepsilon_{si}$  に加え補正解放ひずみ  $\varepsilon_{si}'$  とした。



ひずみ感度試験の応力-ひずみ曲線から外挿法により不足分解放ひずみ  $\Delta \varepsilon_{si}$  を求め、オーバーコアリングで測定された解放ひずみ  $\varepsilon_{si}$  に加え補正解放ひずみ  $\varepsilon_{si}'$  を求める。

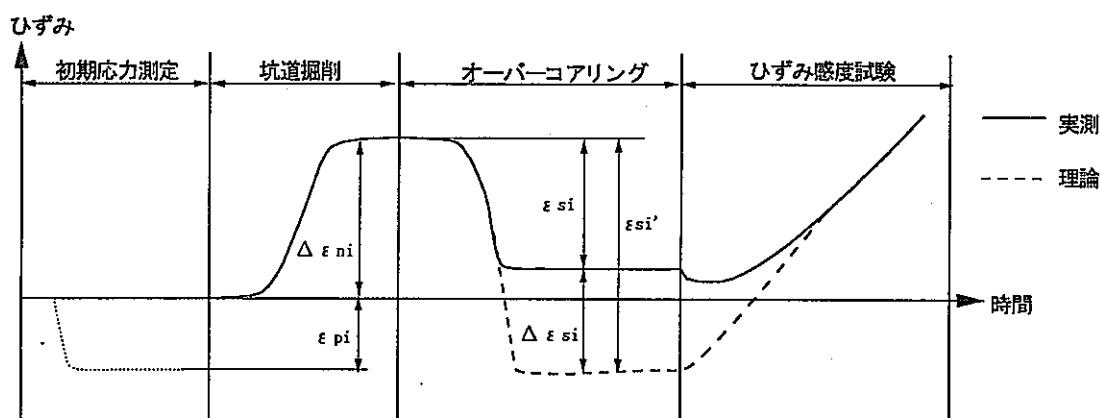


図2.3 不足ひずみ補正の概念図

### 3. 解析方法

#### 3.1 概要

解析方法の概要は図3.1のフローに示した。

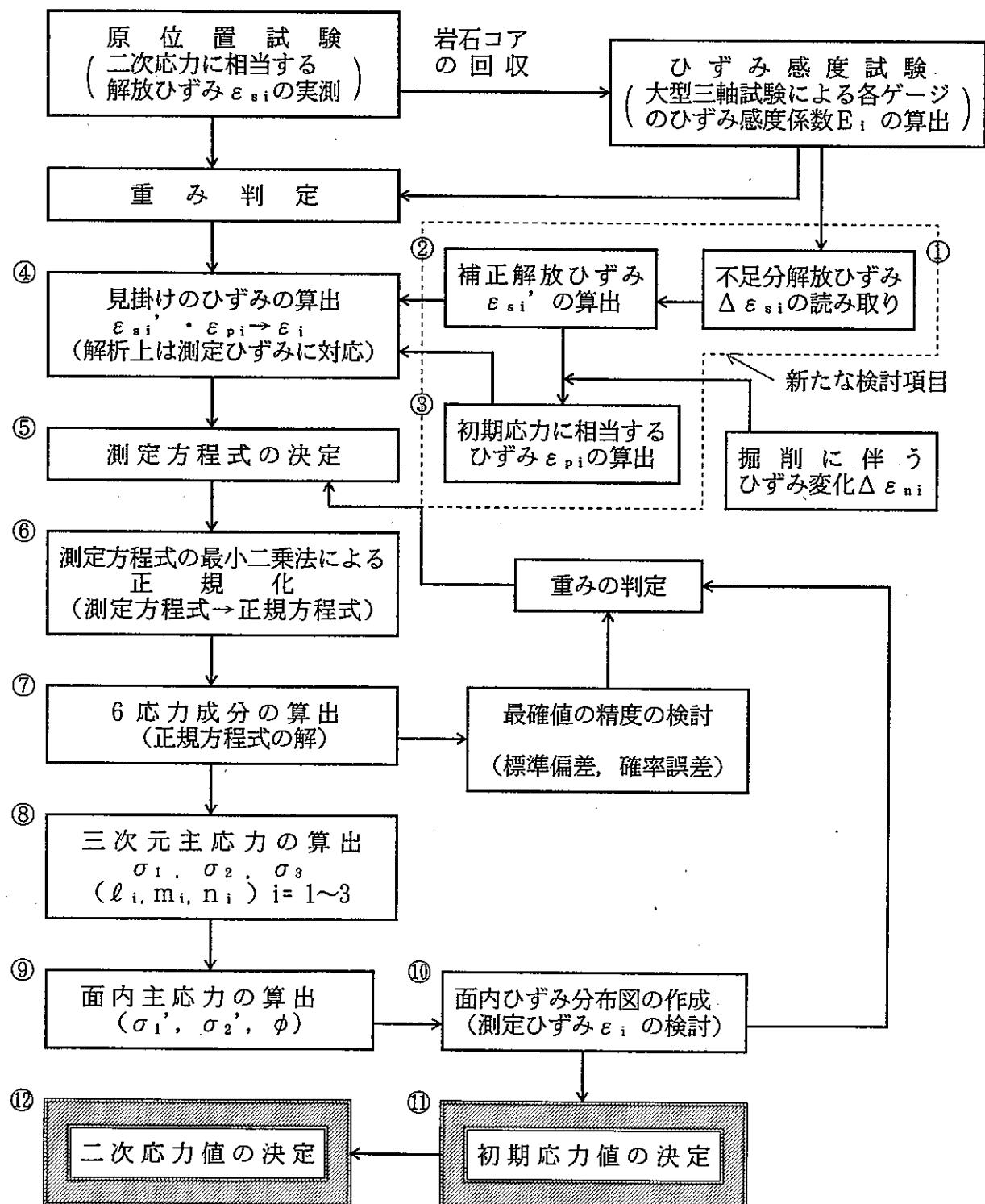


図3.1 応力算出のフロー

- ① ひずみ感度試験の圧力-ひずみ線図を用い、外挿法により不足分解放ひずみ  $\Delta \varepsilon_{si}$  (図2.3参照) を読み取る。
- ② オーバーコアリングにより測定された解放ひずみ  $\varepsilon_{si}$  に  $\Delta \varepsilon_{si}$  を加え、これを補正解放ひずみ  $\varepsilon'_{si}$  とする(図2.3参照)。 $\varepsilon'_{si}$  は二次応力に対応するひずみである。
- ③ 掘削に伴うひずみ変化  $\Delta \varepsilon_{ni}$  を  $\varepsilon'_{si}$  に加え、初期応力に対応するひずみ  $\varepsilon_{pi}$  を算出する。
- ④ ひずみ感度係数  $E_i$  を用い、二次応力および初期応力に相当する見掛けひずみ  $\varepsilon_i$  を算出した。なお、ひずみ感度係数は既往報告書による係数と今回新たに設定した係数を用い比較検討した。
- ⑤ 測定ひずみの測定方向毎に測定方程式を立てた。
- ⑥ 通常は求める応力成分(未知数6個)より多いひずみ成分(測定値、1台のひずみ計で8成分)を測定するので、測定方程式を最小二乗法により正規化した。
- ⑦ この正規方程式を解き最確値としての6応力成分を求めた。標準偏差を用い最確値の精度について検討し、重み判定の参考とした。
- ⑧ この6応力成分から三次元主応力を算出した。
- ⑨ 任意の平面内における面内主応力を算出した。
- ⑩ 初期応力の算出結果よりひずみ分布図を作成し、各ゲージの初期応力に対応するひずみ  $\varepsilon_i$  との整合性を検討する。整合的でないデータがある場合、そのデータの重みを下げ⑤に戻り再び初期応力を算出する。
- ⑪ 初期応力を決定する。
- ⑫ 初期応力の算出で決定した重みを二次応力に対応するひずみ  $\varepsilon'_{si}$  に適用し、同様の解析方法で二次応力を算出する。

### 3.2 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した。

#### 3.2.1 測定値の重み付け

後述するひずみ分布との整合性を検討し、他の値と大きく異なる値については重みを下げた。

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、C=0とした。

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（ひずみ分布から外れた値）

### 3.2.2 ひずみ感度係数 ( $E_i$ ) の算出

解放ひずみ ( $\varepsilon_{si}$ ) とそれに対応する三軸等方応力 ( $\sigma_{ci}$ ) から、ひずみ感度係数 ( $E_i$ ) を求めた。ひずみ感度係数は  $\varepsilon_{si}$  と  $\sigma_{ci}$  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、(3-1)式で求める。 $\nu_{co}$  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（複合部材のポアソン比）で、原位置の岩盤のポアソン比とは意味が異なる。

$$E_i = - (1 - 2 \nu_{co}) \cdot \frac{\sigma_{ci}}{\varepsilon_{si}} \quad \dots \dots \quad (3-1)$$

なお、ひずみ感度係数は、既往報告書で求めた係数と今回新たに解放ひずみ補正で使用した応力-ひずみ線図の直線勾配より設定した係数の2種類を用い比較検討した。ただし、ひずみ感度係数の算出にあたっては既往報告書同様、

$$\nu_{co} = 0.35$$

を用いた。

### 3.2.3 見掛けひずみ ( $\varepsilon_i$ ) 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 ( $\varepsilon_{si}$ ) 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  $\varepsilon_{si}$  に対応する見掛けひずみ  $\varepsilon_i$  を近似的に (3-2) 式により求める。

$$\varepsilon_i = \frac{E_i}{E_0} \cdot \varepsilon_{si} \quad \dots \dots \quad (3-2)$$

以後の解析では便宜上、 $\varepsilon_i$  を測定ひずみとして扱い、弾性論により応力を算出する。また、初期応力に対応するひずみ  $\varepsilon_{pi}$  についても同様に見掛けひずみを算出する。なお、見掛けひずみ算出にあたっては既往報告書同様、

$$E_0 = 1,471 \text{ MPa} (15,000 \text{ kgf/cm}^2)$$

を用いた。

### 3.3 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（ボーリング孔基準座標系：孔口側をX軸プラス側、掘削坑道切羽側をY軸マイナス側）を設定した。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った。

### 3.4 応力の算出

#### 3.4.1 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。

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

ここに、

$$\{\varepsilon\} = \varepsilon_i \text{ 測定ひずみ}$$

[B] = 方向を表すマトリックス（弾性係数、ポアソン効果に対応する値および各測定値の重みも含む）

$$\{\sigma\} = \begin{bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{zx} \end{bmatrix} = 6 \text{ 応力成分}$$

また、応力の符号は引張を正、圧縮を負とした。

#### 3.4.2 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(3-3)式の両辺に  $[B]^T$  ( $[B]$  の転置マトリックス) を乗じればよい。

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

(3-4)式を  $\{\sigma\}$  について整理すると

$$\{\sigma\} = ([B]^T [B])^{-1} [B]^T \{\varepsilon\} \quad \dots \dots \quad (3-5)$$

この(3-5)式が正規方程式である。(3-5)式を解くことにより  $\{\sigma\}$  の最確値が求まる。

#### 3.4.3 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3.2に示す微小四面体においてX、YおよびZの方向の力の釣合いを考えて整理しマトリック

スで表すと次式となる。

$$\sigma_i \begin{bmatrix} \ell \\ m \\ n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{yx} & \tau_{zx} \\ \tau_{xy} & \sigma_y & \tau_{zy} \\ \tau_{xz} & \tau_{yz} & \sigma_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ell \\ m \\ n \end{bmatrix} \quad \dots \dots \dots (3-6)$$

ここに  $\ell$ 、 $m$ 、 $n$  は方向余弦

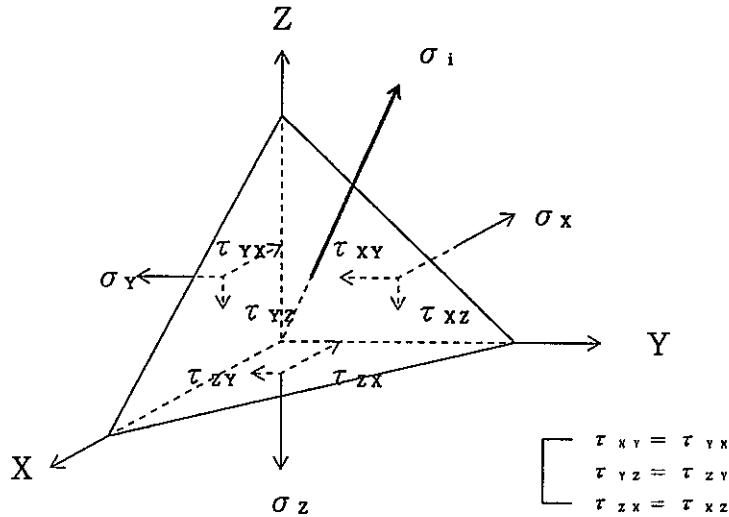


図 3.2 微小四面体の各面に作用する応力成分

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

$$\begin{bmatrix} (\sigma_i - \sigma_x) & -\tau_{xy} & -\tau_{zx} \\ -\tau_{xy} & (\sigma_i - \sigma_y) & -\tau_{yz} \\ -\tau_{zx} & -\tau_{yz} & (\sigma_i - \sigma_z) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ell \\ m \\ n \end{bmatrix} = 0 \quad \dots \dots \dots (3-7)$$

となる。

ここで (3-7) 式を次式のように置く。

$$[S] \{L\} = 0 \quad \dots \dots \dots (3-8)$$

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

$$[S] = 0 \quad \dots \dots \dots (3-9)$$

である。

従って (3-9) 式から、3つの主応力値が求まる。また、主応力の方向は (3-8) 式と (3-9) 式で得られた3主応力値を (3-6) 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。

### 3.4.4 面内主応力の値と方向

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 ( $\sigma_h$ ,  $\sigma_v$ および $\tau_{hv}$ ) よりモールの応力円を利用して容易に面内の主応力 ( $\sigma_1'$ ,  $\sigma_2'$ ) 求めることができる。すなわち、

$$\begin{aligned} \sigma_1' &= \frac{\sigma_h + \sigma_v}{2} \pm \sqrt{\frac{(\sigma_h - \sigma_v)^2}{4} + \tau_{hv}^2} \\ \sigma_2' &= \dots \quad (3-10) \end{aligned}$$

ただし、 $|\sigma_1'| < |\sigma_2'|$  (圧縮応力は負、引張応力は正)

また、その方向  $\phi$  は次式で与えられる。

$$\phi = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{2\tau_{hv}}{\sigma_h - \sigma_v} \quad \dots \quad (3-11)$$

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

### 3.5 面内ひずみ分布図による測定ひずみの検討

一平面内の主応力に対応する主ひずみから、平面内のひずみを算出し、面内ひずみ分布図を作成する。作成したひずみ分布図にその面内での測定ひずみをプロットし、測定精度についてひずみ分布と比較検討を行う。

面内ひずみ分布図の直ひずみ  $\epsilon \theta$  はモールの応力円で求めた主応力  $\sigma_1'$ ,  $\sigma_2'$  に対応する主ひずみ  $\epsilon_1$ ,  $\epsilon_2$  から次の式により算出する。

$$\epsilon \theta = \frac{1}{2} (\epsilon_1 + \epsilon_2) + \frac{1}{2} (\epsilon_1 - \epsilon_2) \cos 2\theta \quad \dots \quad (3-12)$$

ただし、 $\theta$  は最大主ひずみ  $\epsilon_1$  からの角度 (反時計回りを正)

## 4. 解析のための前処理

### 4.1 検討ケース

今回の解析を行うにあたり、いくつかの検討ケースを設定した。各検討ケースを表4.1に示した。

#### (1) 試算 1

##### a) 補正ひずみの算出

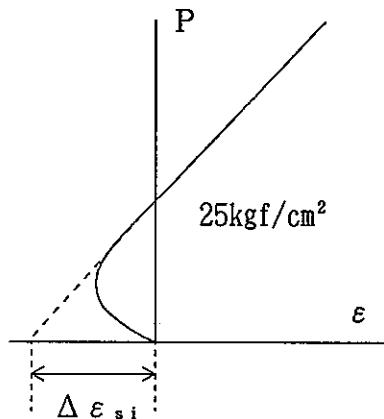
ひずみ感度試験で得られた応力-ひずみ線図について、被り圧(2.45MPa)相当附近で最小二乗法にて直線近似させ、ひずみ軸との交点より求めた。

各測点における最小二乗法を施した応力の範囲は以下の通りである。

MS-1-2 2.35 ~ 2.55MPa (24.00~26.00 kgf/cm<sup>2</sup>)

MS-2-2 2.26 ~ 2.45MPa (23.00~25.00 kgf/cm<sup>2</sup>)

MS-3-2 2.26 ~ 2.45MPa (23.00~25.00 kgf/cm<sup>2</sup>)



なお、MS-1-2測点とMS-2-2測点およびMS-3-2測点で応力の範囲が異なるのは、ひずみ感度試験時のMS-2-2測点およびMS-3-2測点で載荷最高圧が2.45MPa であったためである。

##### b) ひずみ感度係数

既存報告書における被り圧相当付近での勾配より求めたものを使用する。ただし、MS-1-2で求めたひずみ感度係数は応力-ひずみ曲線が引張挙動から圧縮挙動に転じ概ね直線となった箇所でひずみ感度係数の勾配を求めたため、各ゲージで計算に使用した応力範囲が異なる (2.26~2.79MPa)。これに対し、補正ひずみ算出に当たっては一律2.35~2.55MPa の応力範囲で求めた。

表4.1 検討ケース一覧

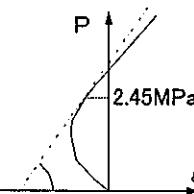
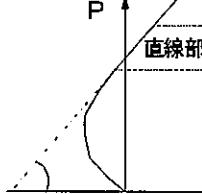
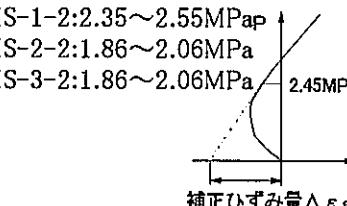
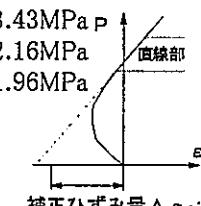
	試算1	試算2	試算3	試算4
ひずみ感度係数の求め方	応力-ひずみ曲線の被り圧(2.45MPa)付近で最小自乗法による直線勾配から求めた。 	同 左	応力-ひずみ曲線の直線部で最小自乗法による直線勾配から求めた。 	同 左
補正ひずみの求め方	応力-ひずみ曲線の被り圧(2.45MPa)付近で最小自乗法により直線近似させひずみ軸との切片で求めた。各測点での最小自乗法を施した応力の範囲は以下の通り。 MS-1-2:2.35~2.55MPa MS-2-2:1.86~2.06MPa MS-3-2:1.86~2.06MPa 	応力-ひずみ曲線の直線部で最小自乗法により直線近似させひずみ軸との切片で求めた。各測点での最小自乗法を施した応力の範囲は以下の通り。 MS-1-2:2.94~3.43MPa MS-2-2:1.67~2.16MPa MS-3-2:1.47~1.96MPa 	同 左	同 左
各データの重み付けについて	補正解放ひずみと坑道掘削に伴うひずみ変化(どちらも見掛けひずみによる)から初期応力を算出しひずみ分布を作成した。なお、このひずみ分布を作成するに当たっては全てのデータ(8ゲージ×3測点)を用いた。ひずみ分布から定性的に離れた各測点の各ゲージによるデータ(初期応力に相当する見掛けひずみ)について重みを下げ最終的な初期応力を算出した。	同 左	同 左	試算1で初期応力を算定した結果、MS-1-2測点の応力値が他測点の初期応力値と比較して大きな値となつた。このため同測点単独で初期応力を算出し(この時の重みは8ゲージともにA)ひずみ分布を作成した。このひずみ分布から定性的に離れた同測点のデータ(初期応力に相当する見掛けひずみ)について重みを下げ最終的なMS-1-2測点の初期応力を算定した。なお、他測点については試算3と同じ。

表4.2 試算1で用いたひずみ感度係数

ゲージ No.	ひずみ感度係数 (MPa)		
	MS-1-2	MS-2-2	MS-3-2
①	929.38	1255.15	1022.15
②	962.52	1055.29	863.38
③	1000.47	1361.75	1303.11
④	965.66	1016.95	809.44
⑤	1113.45	1910.73	1131.88
⑥	1262.12	1330.47	1177.88
⑦	1793.24	1129.04	1020.97
⑧	2059.40	1415.39	961.35

(1996年既往報告書による。)

### c) 重み付けに対する基本的考え方

試算1では、前述のように補正した解放ひずみと坑道掘削に伴うひずみ変化（どちらも見掛けひずみによる）から初期応力分のひずみ量（一般的な解放ひずみに相当する）を求め、全ゲージのデータ（8ゲージ×3孔=24データ）を用いて初期応力を算出した。その後、求めた初期応力から各面内（X-Y, Y-Z, Z-X面）のひずみ分布を作成し、これに各ゲージの初期応力に相当するひずみ（見掛けひずみ）をプロットし平均的なひずみ分布と各ゲージの測定値（見掛けひずみ）との整合性を検討した。その結果、平均的な分布と定性的にかけ離れたデータについては重みを下げ、残りのデータについて再び初期応力を算出しこれを決定値とした。

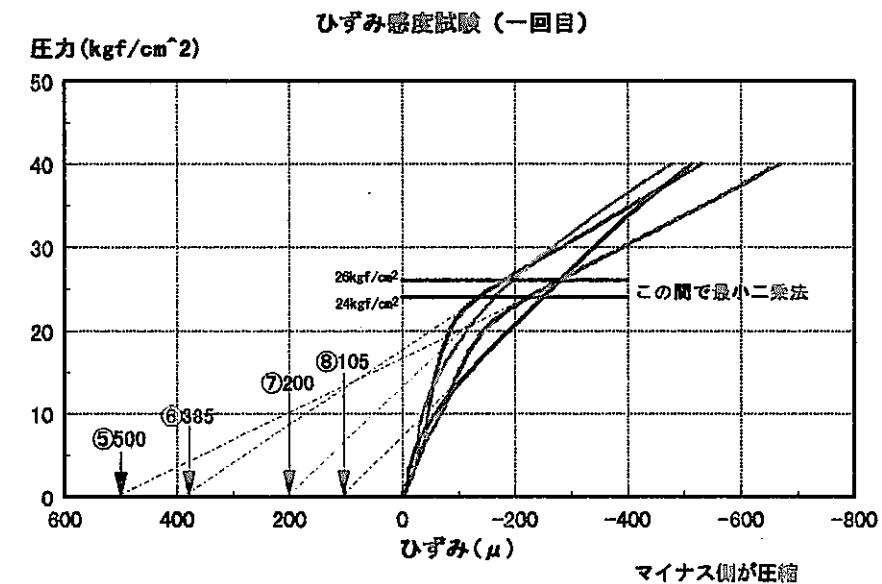
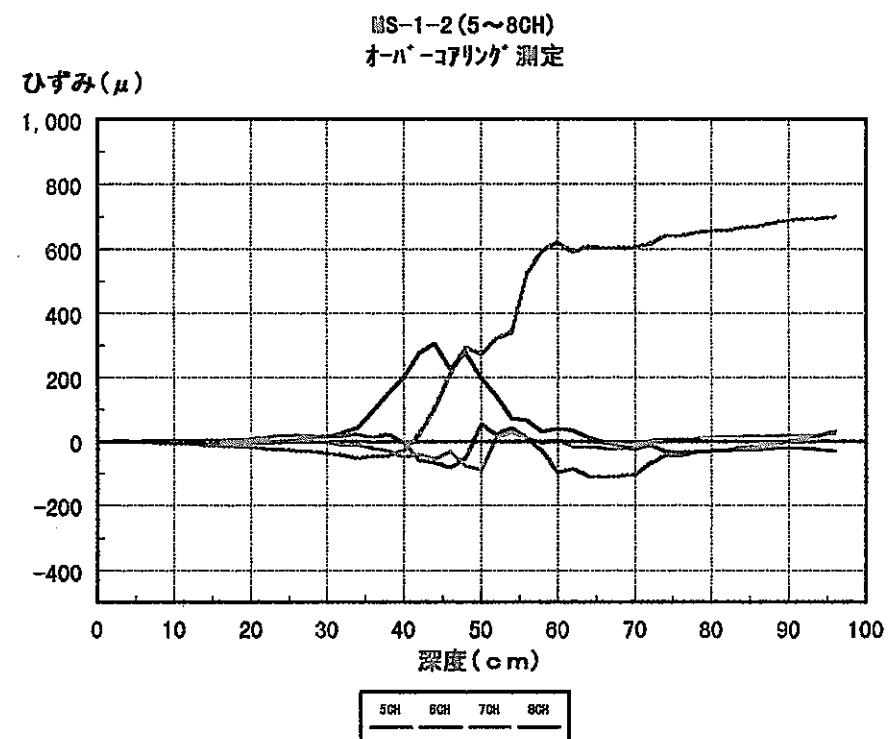
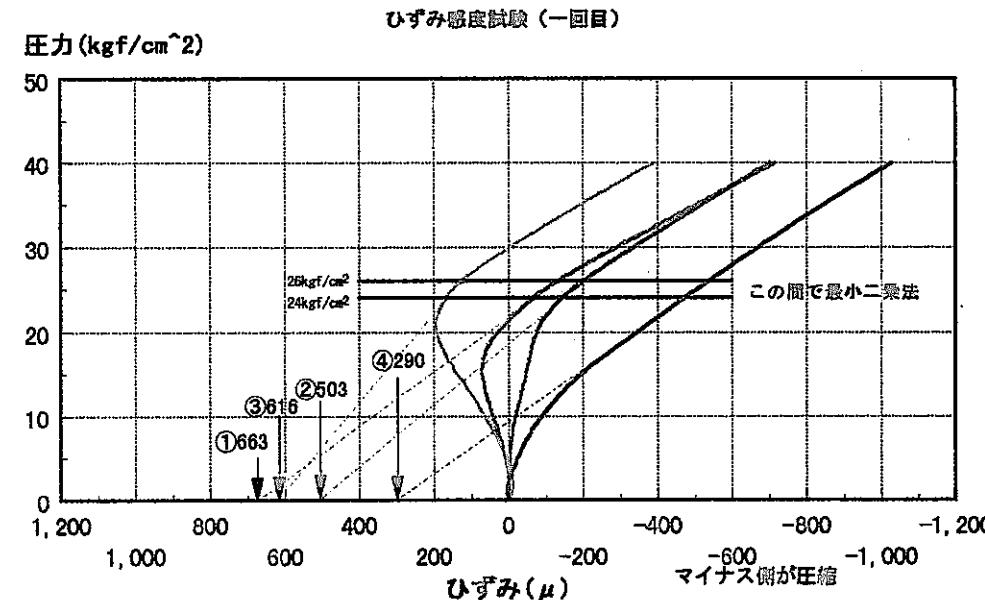
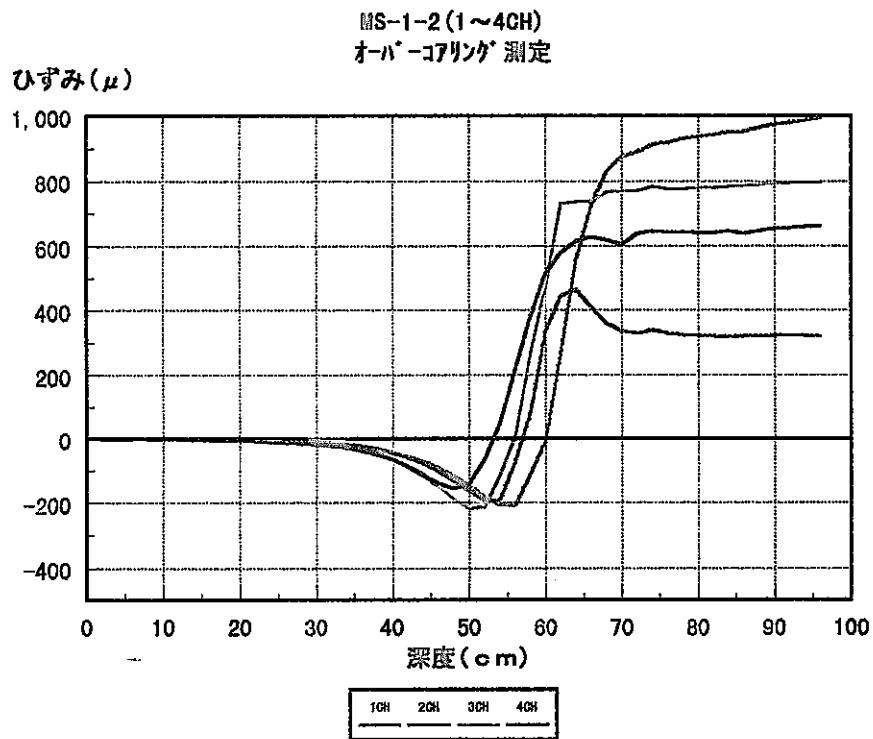


図4.1 不足分解放ひずみの補正 (MS-1-2) [試算1]

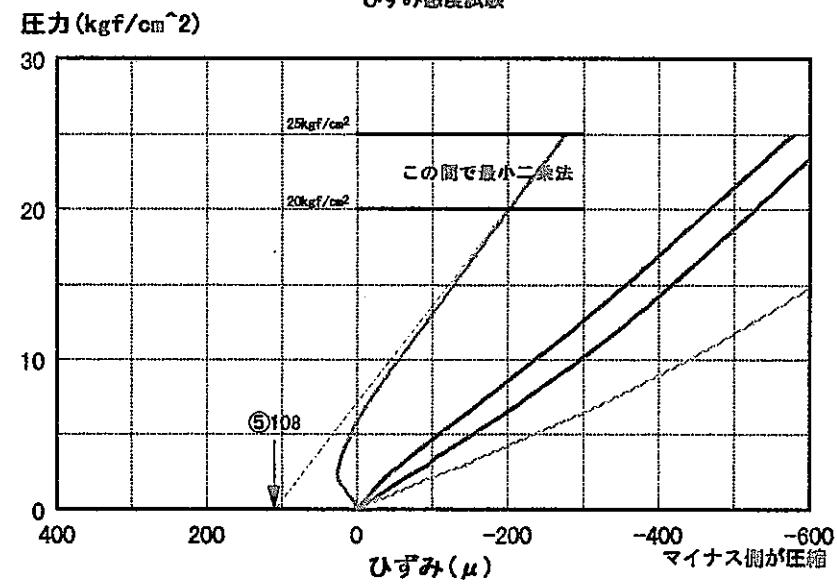
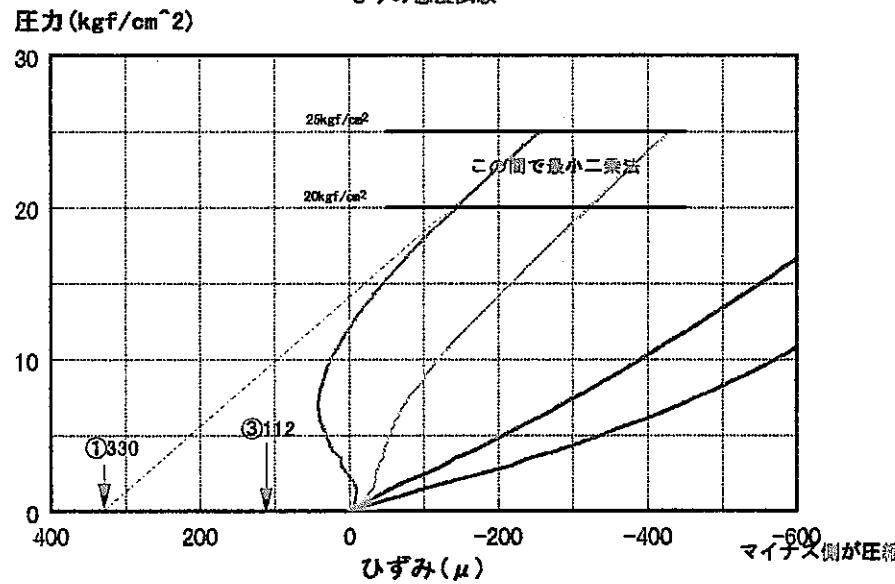
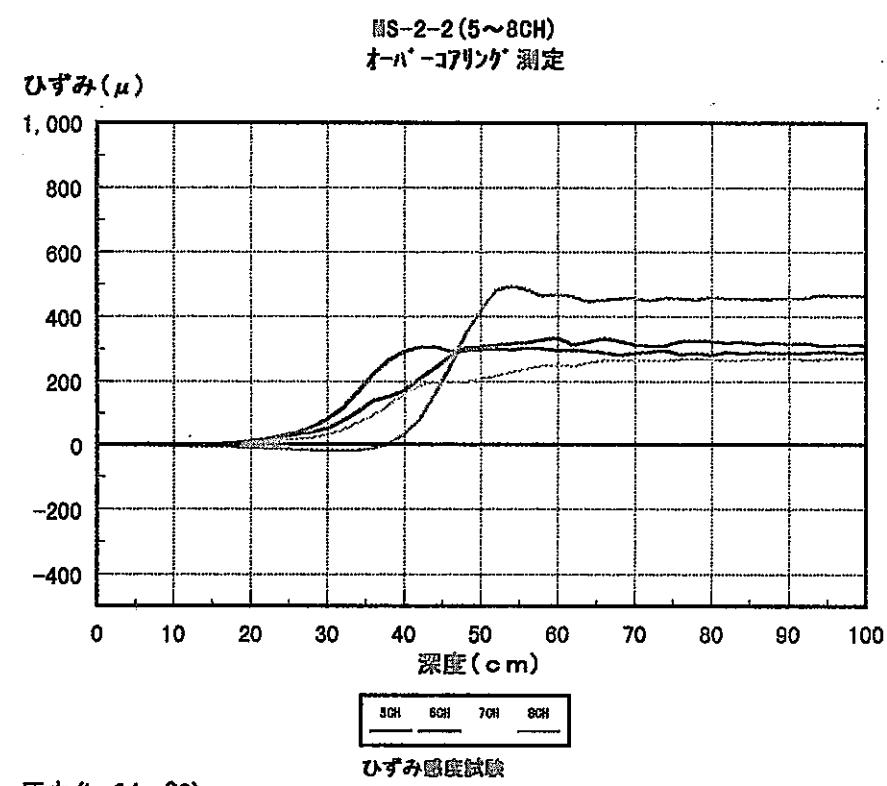
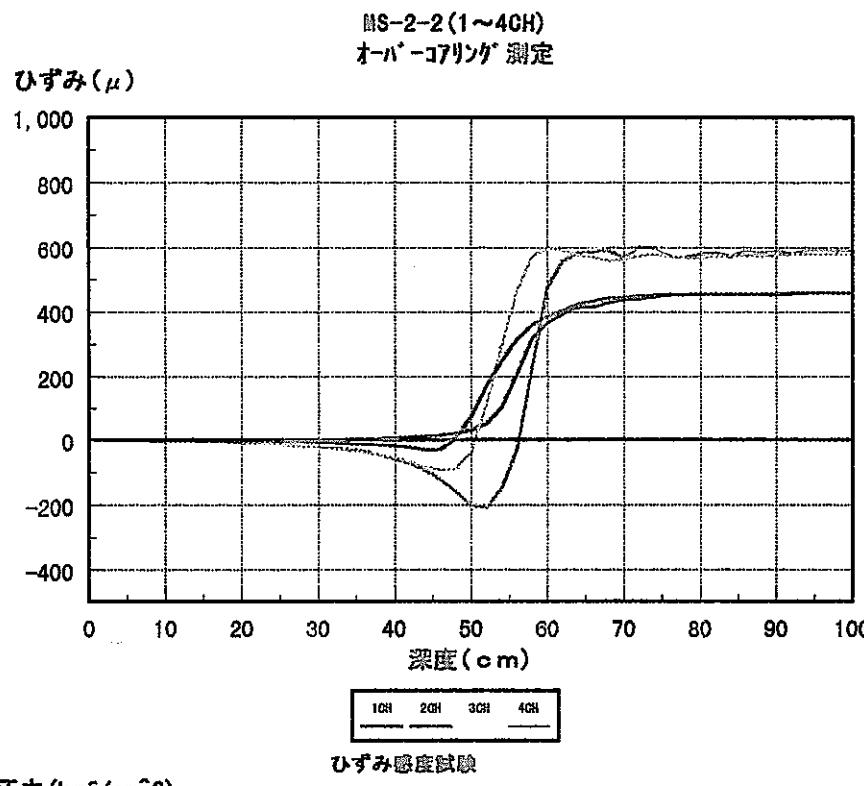


図4-9 不足公算計測の結果 (MS-2-2) 「合計 17」

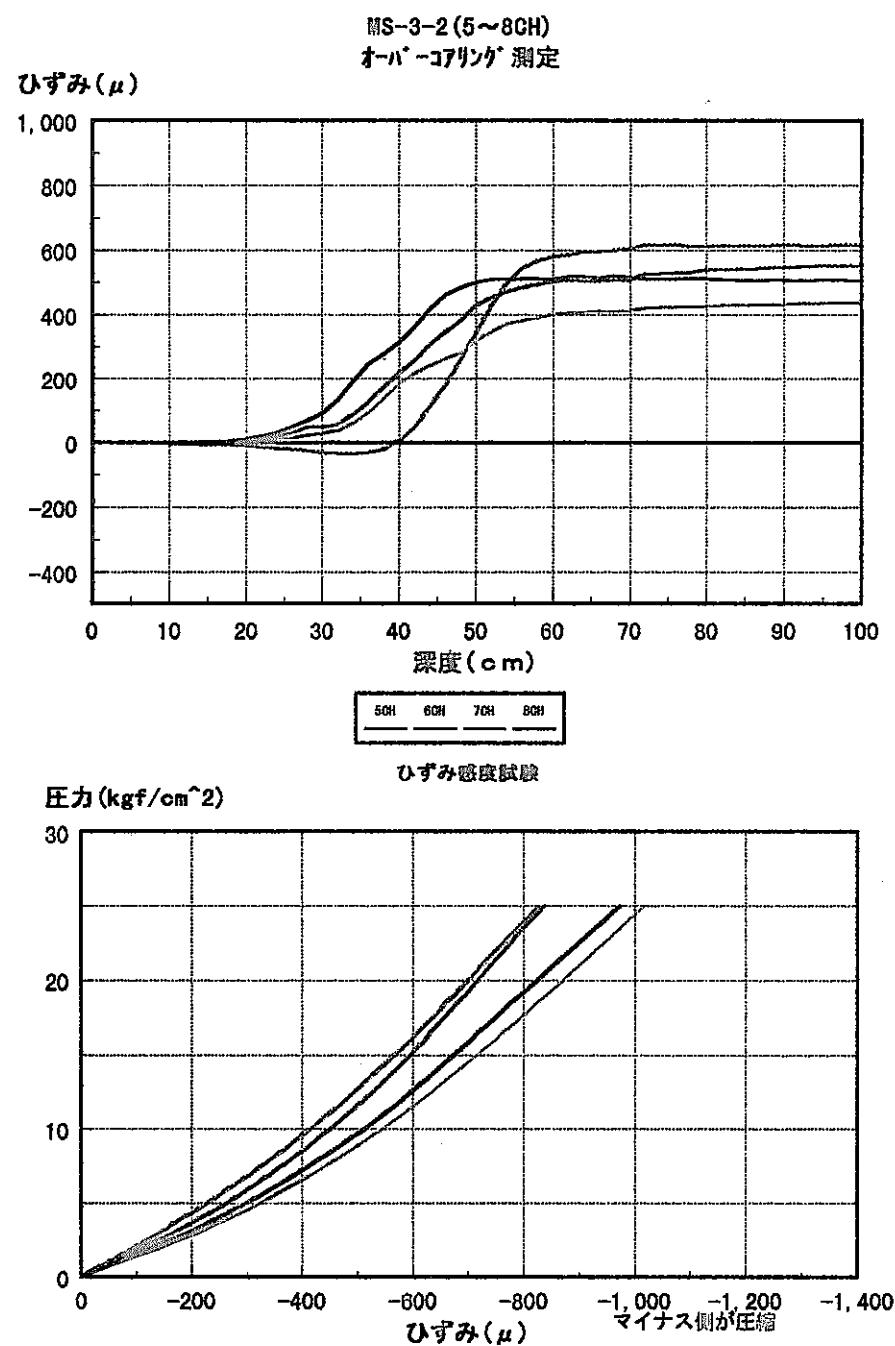
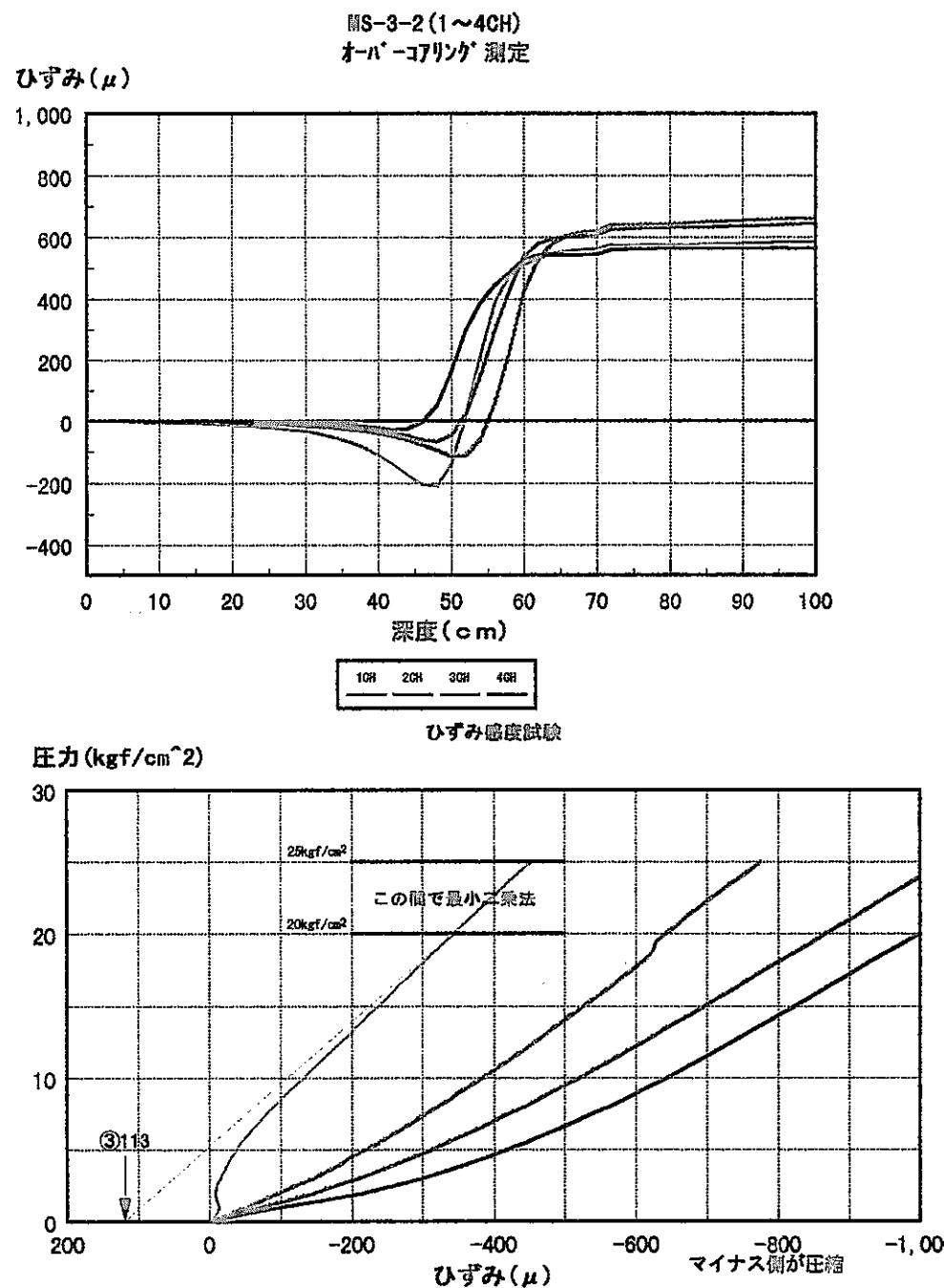


図4-3 不足分鉛前ひずみの検定 (MS-3-2) 「試験 17」

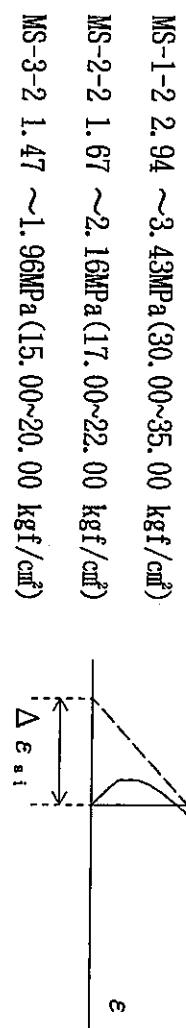
## (2) 試算 2

## a ) 不足分ひずみの算出

ひずみ感度試験で得られた応力-ひずみ線図において、ほぼ直線となる様な区間で最小二乗法により直線近似させひずみ軸との

切片より求めた。

各測点における最小二乗法を施した応力の範囲は以下の通りである。



## b ) ひずみ感度係数

試算 1 の値（既往報告書、被り圧相当付近の勾配によるもの）を使用した。

## c ) 重み付けに対する基本的考え方

試算 2 では試算 1 同様に、前述のように補正した解放ひずみと坑道掘削に伴うひずみ変化（どちらも見掛けひずみによる）から初期応力分のひずみ量（一般的な解放ひずみに相当する）を求め、全ゲージのデータ（8 ゲージ × 3 孔 = 24 データ）を用いて初期応力を算出した。その後、求めた初期応力から各面内 (X-Y, Y-Z, Z-X 面) のひずみ分布を作成し、これに各ゲージの初期応力に相当するひずみ（見掛けひずみ）をプロットし平均的なひずみ分布と各ゲージの測定値（見掛けひずみ）との整合性を検討した。その結果、平均的な分布と定性的にかけ離れたデータについては重みを下げ、残りのデータについて再び初期応力を算出しこれを決定値とした。

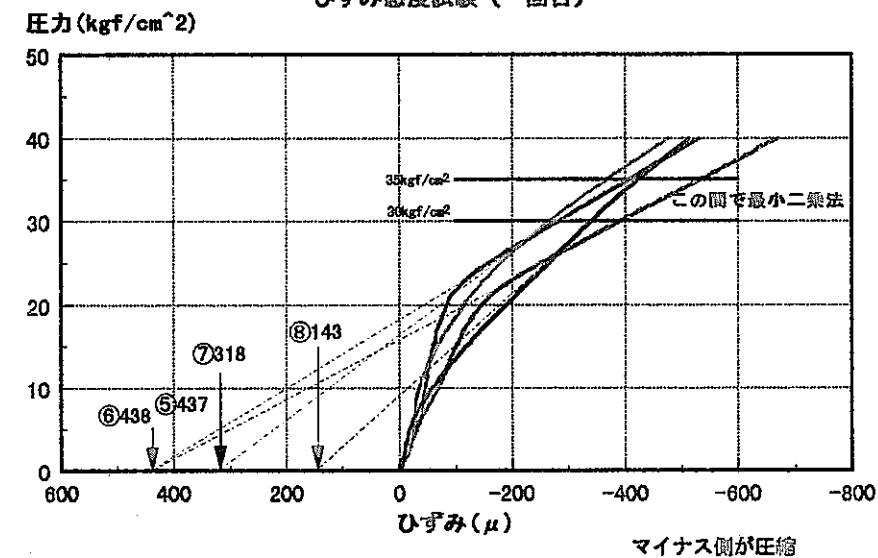
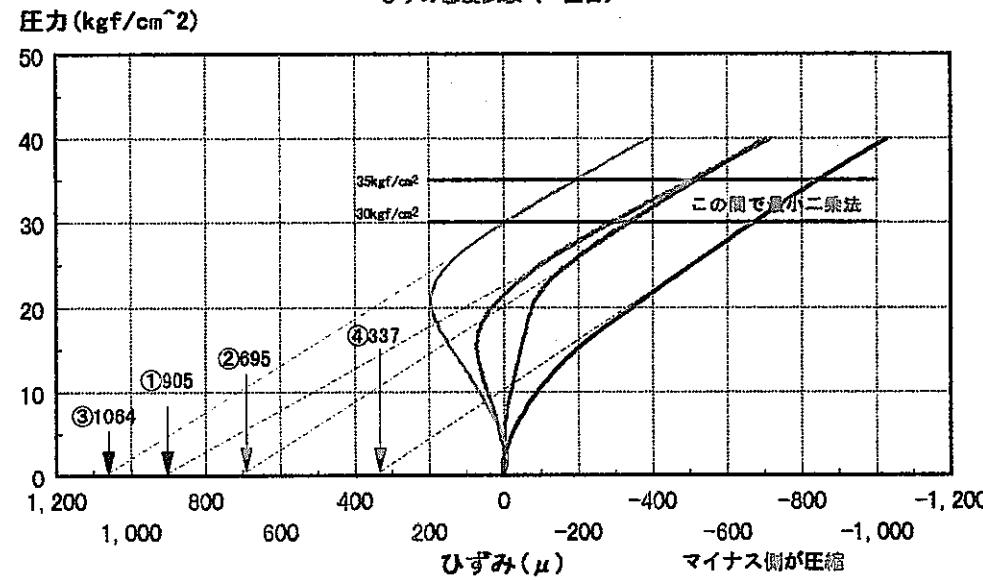
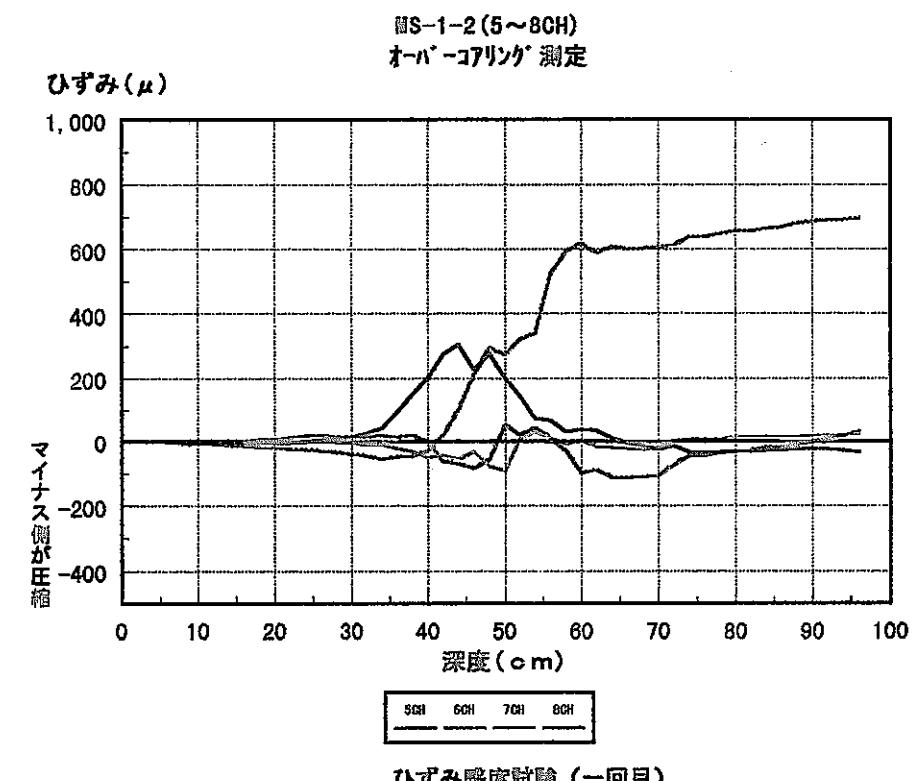
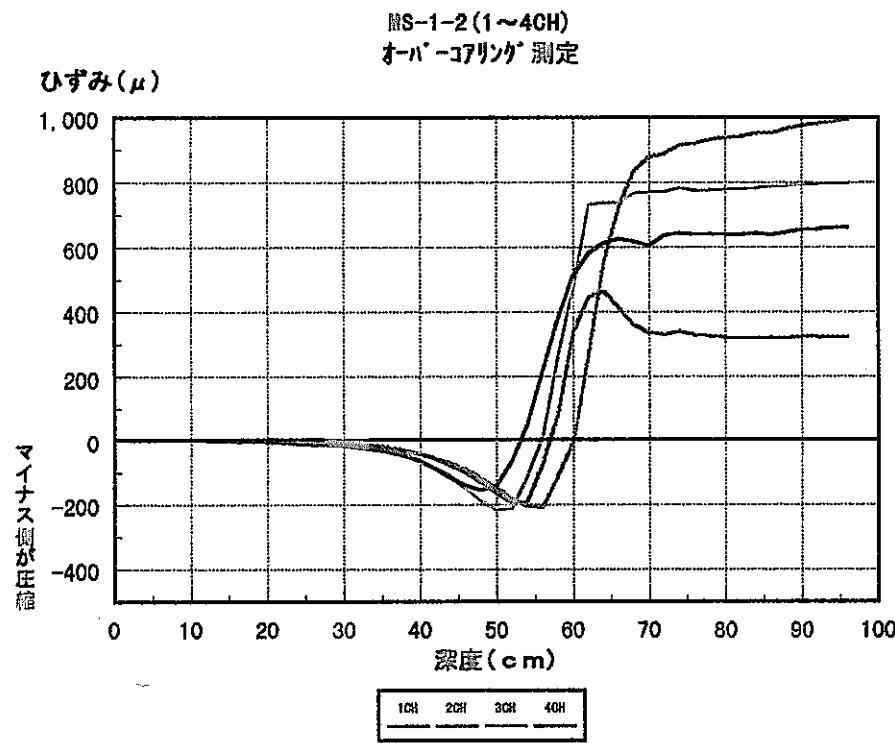


図4.4 不足分解放ひずみの補正 (MS-1-2) [試算2]

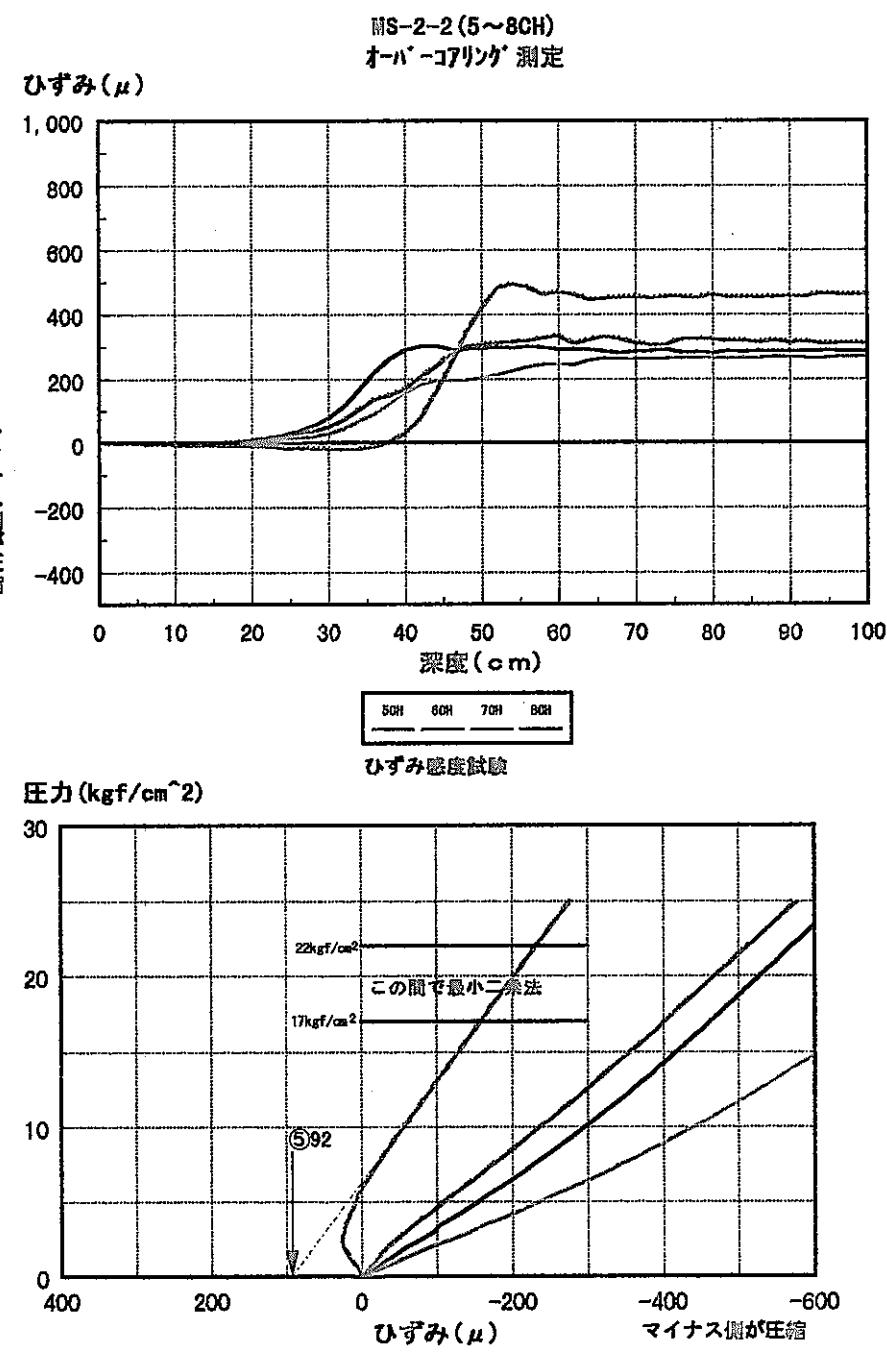
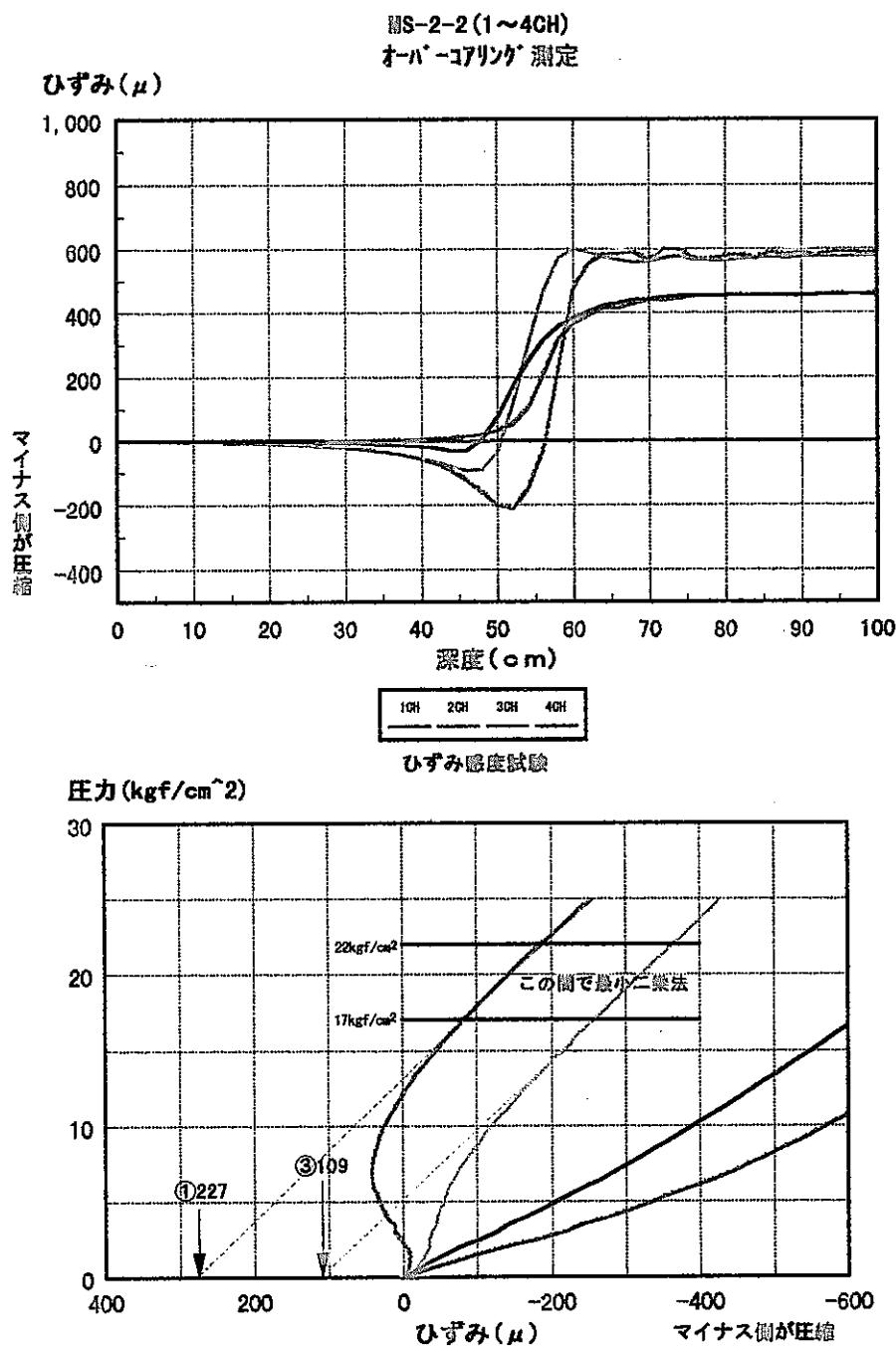
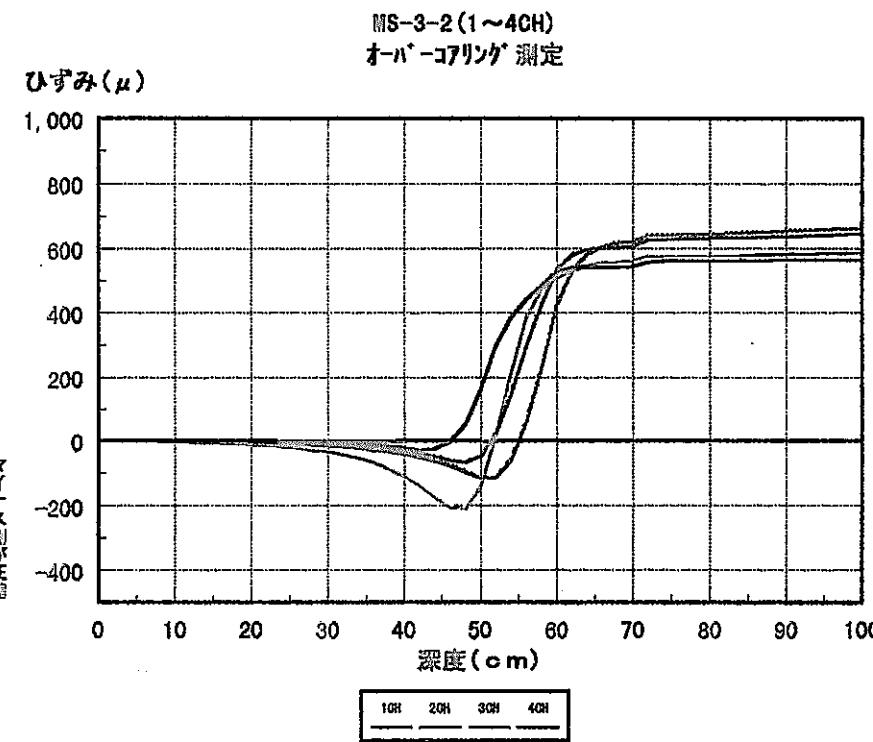


図4.5 不足分解放ひずみの補正 (MS-2-2) [試算2]

マイナス側が圧縮



— 21 —

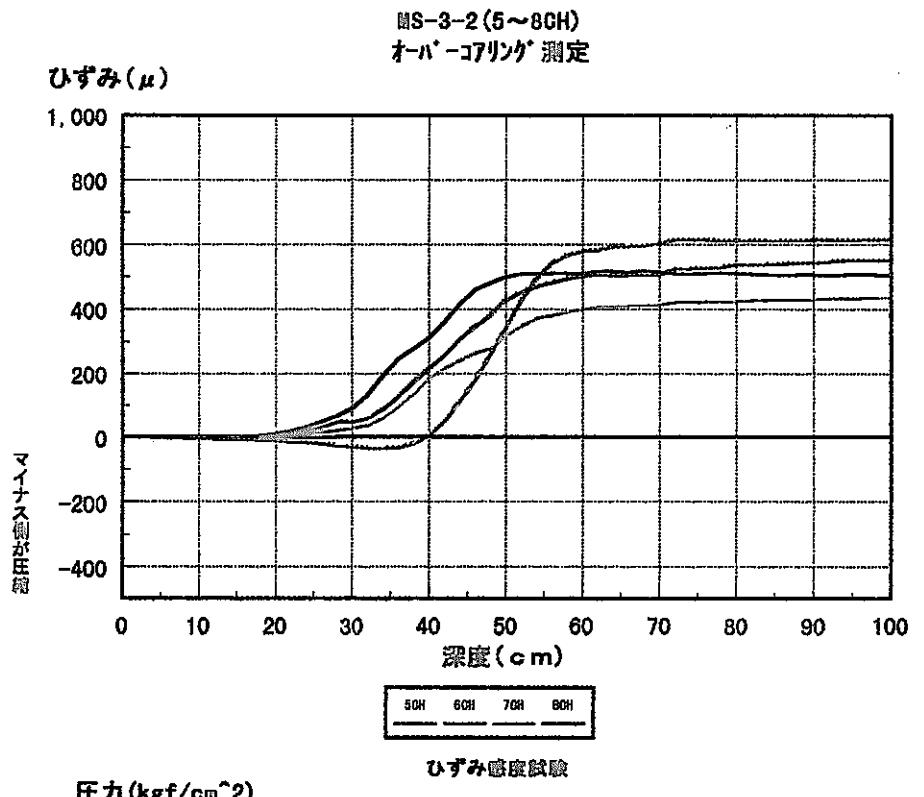
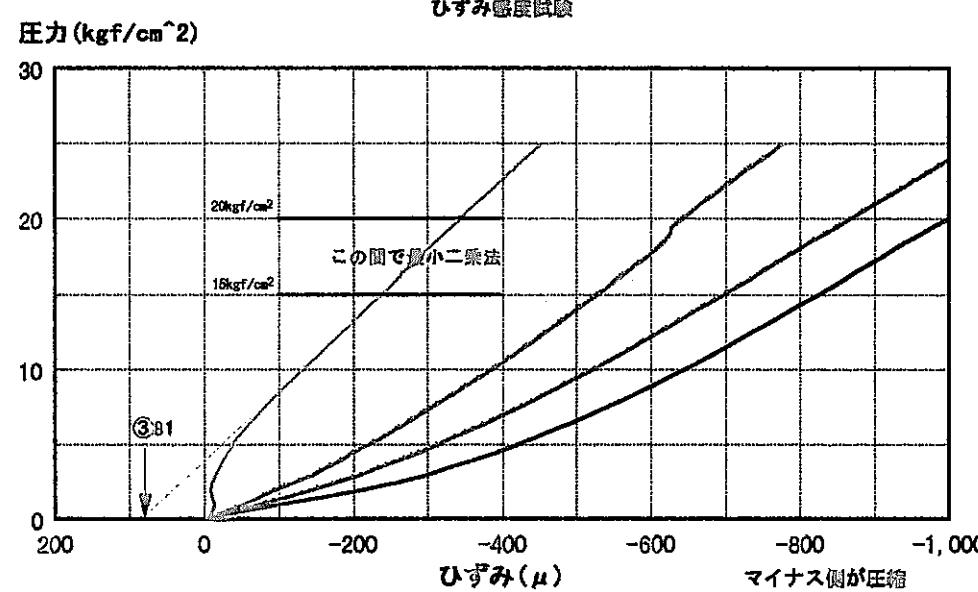


図4.6 不足分解放ひずみの補正(MS-3-2) [試算2]

### (3) 試算 3

#### a) 不足分ひずみの算出

試算 2 と同様の方法で求めた。

#### b) ひずみ感度係数

不足分ひずみを求めた直線近似式の勾配より求めた。

各測点のひずみ感度係数は表 4. 3 に示した。

表 4. 3 試算 3 で用いたひずみ感度係数

ゲージ No.	ひずみ感度係数 (MPa)		
	MS-1-2	MS-2-2	MS-3-2
①	754.48	1400.60	1249.59
②	876.97	1023.93	861.93
③	829.45	1368.62	1389.11
④	916.03	986.48	841.53
⑤	1093.62	1999.82	1107.22
⑥	1250.26	1328.35	1204.39
⑦	1546.75	1030.96	948.20
⑧	1891.66	1361.69	982.79

#### c) 重み付けに対する基本的考え方

試算 3 では試算 1 および 2 同様に、前述のように補正した解放ひずみと坑道掘削に伴うひずみ変化（どちらも見掛けひずみによる）から初期応力分のひずみ量（一般的な解放ひずみに相当する）を求め、全ゲージのデータ（8 ゲージ×3 孔=24 データ）を用いて初期応力を算出した。その後、求めた初期応力から各面内 (X-Y, Y-Z, Z-X 面) のひずみ分布を作成し、これに各ゲージの初期応力に相当するひずみ（見掛けひずみ）をプロットし平均的なひずみ分布と各ゲージの測定値（見掛けひずみ）との整合性を検討した。その結果、平均的な分布と定性的にかけ離れたデータについては重みを下げ、残りのデータについて再び初期応力を算出しこれを決定値とした。

#### (4) 試算 4

##### a) 不足分ひずみの算出

試算 2、3 同様の方法で求めた。

##### b) ひずみ感度係数

試算 3 (表 4.3) と同様の値を用いた。

##### c) 重み付けに対する基本的考え方

試算 3 では、前述のように補正した解放ひずみと坑道掘削に伴うひずみ変化（どちらも見掛けひずみによる）から初期応力分のひずみ量（一般的な解放ひずみに相当する）を求め、各測点について 8 ゲージのデータを用いてそれぞれの測点の初期応力を算出した。その後、求めた各測点の初期応力から各面内 (X-Y, Y-Z, Z-X 面) のひずみ分布を作成し、これに各測点の各ゲージにおける初期応力に相当するひずみ（見掛けひずみ）をプロットし平均的なひずみ分布と測定値（見掛けひずみ）との整合性を検討した。その結果、平均的な分布と定性的にかけ離れたデータについて重みを下げ、残りのデータについて再び各測点で初期応力を算出しこれを決定値とした。従って、各測点における初期応力は異なる。

#### 4.2 補正解放ひずみと見掛けひずみの算出

4.1項で述べた方法により不足分のひずみを算出し、1996年3月報告書で行ったオーバーコアリングの解放ひずみを補正した。この解放ひずみは二次応力に対応するひずみである。算出した補正解放ひずみについて、対応する等方応力（ひずみ感度試験で補正解放ひずみを0に戻すために必要な圧縮応力）、ひずみ感度係数および見掛けひずみを各試算毎で求め表4.4～4.6に示した。なお、ひずみ感度係数および見掛けひずみ算出にあたっては既往報告書同様、

$$\nu_{co} = 0.35$$

$$E_0 = 1,471 \text{ MPa} (15,000 \text{ kgf/cm}^2)$$

を用いた。

表4.4 ひずみ感度係数と見掛けひずみ

## MS-1-2

試算1

ゲージNo.	解放ひずみ ( $\mu$ )	補正分 ひずみ ( $\mu$ )	補正解放 ひずみ ( $\mu$ )	等方応力 (MPa)	ひずみ感度 係数 (MPa)	二次応力に 対応する見 掛けひずみ ( $\mu$ )	掘削に伴う 見掛けひずみ ( $\mu$ )	初期応力に 対応する見 掛けひずみ ( $\mu$ )
①	975	663	1638	-5.07	929.38	1035	-1128	-93
②	324	503	827	-2.65	962.52	541	108	649
③	794	616	1410	-4.70	1000.47	959	-732	227
④	655	290	945	-3.04	965.66	620	-352	268
⑤	687	400	1087	-4.03	1113.45	823	-585	238
⑥	1	385	386	-1.62	1262.12	331	236	567
⑦	21	200	221	-1.32	1793.24	269	-69	200
⑧	-20	105	85	-0.58	2059.40	119	800	919

## MS-2-2

ゲージNo.	解放ひずみ ( $\mu$ )	補正分 ひずみ ( $\mu$ )	補正解放 ひずみ ( $\mu$ )	等方応力 (MPa)	ひずみ感度 係数 (MPa)	二次応力に 対応する見 掛けひずみ ( $\mu$ )	掘削に伴う 見掛けひずみ ( $\mu$ )	初期応力に 対応する見 掛けひずみ ( $\mu$ )
①	593	330	923	-3.86	1255.15	788	-762	26
②	460	0	460	-1.62	1055.29	330	105	435
③	579	112	691	-3.14	1361.75	640	-547	93
④	460	0	460	-1.56	1016.95	318	-85	233
⑤	465	108	573	-3.65	1910.73	744	-423	321
⑥	314	0	314	-1.39	1330.47	284	-41	243
⑦	271	0	271	-1.02	1129.04	208	227	435
⑧	291	0	291	-1.37	1415.39	280	256	536

## MS-3-2

ゲージNo.	解放ひずみ ( $\mu$ )	補正分 ひずみ ( $\mu$ )	補正解放 ひずみ ( $\mu$ )	等方応力 (MPa)	ひずみ感度 係数 (MPa)	二次応力に 対応する見 掛けひずみ ( $\mu$ )	掘削に伴う 見掛けひずみ ( $\mu$ )	初期応力に 対応する見 掛けひずみ ( $\mu$ )
①	662	0	662	-2.26	1022.15	460	-195	265
②	644	0	644	-1.85	863.38	378	-91	287
③	587	113	700	-3.04	1303.11	620	-406	214
④	567	0	567	-1.53	809.44	312	43	355
⑤	616	0	616	-2.32	1131.88	474	-198	276
⑥	552	0	552	-2.17	1177.88	442	-42	400
⑦	438	0	438	-1.49	1020.97	304	55	359
⑧	508	0	508	-1.63	961.35	332	91	423

$$E_0 = 1,471 \text{ MPa} \quad \nu_{co} = 0.35$$

表4.5 ひずみ感度係数と見掛けひずみ [試算2]

## MS-1-2

試算2

ゲージNo.	解放ひずみ (μ)	補正分 ひずみ (μ)	補正解放 ひずみ (μ)	等方応力 (MPa)	ひずみ感度 係数 (MPa)	二次応力に 対応する見 掛けひずみ (μ)	掘削に伴う 見掛けひずみ (μ)	初期応力に 対応する見 掛けひずみ (μ)
①	975	905	1880	-5.82	929.38	1188	-1128	60
②	324	695	1019	-3.27	962.52	667	108	775
③	794	1064	1858	-6.20	1000.47	1264	-732	532
④	655	337	992	-3.19	965.66	651	-352	299
⑤	687	437	1124	-4.17	1113.45	851	-585	266
⑥	1	438	439	-1.85	1262.12	377	236	613
⑦	21	318	339	-2.03	1793.24	413	-69	344
⑧	-20	143	123	-0.84	2059.40	172	800	972

## MS-2-2

ゲージNo.	解放ひずみ (μ)	補正分 ひずみ (μ)	補正解放 ひずみ (μ)	等方応力 (MPa)	ひずみ感度 係数 (MPa)	二次応力に 対応する見 掛けひずみ (μ)	掘削に伴う 見掛けひずみ (μ)	初期応力に 対応する見 掛けひずみ (μ)
①	593	277	870	-3.64	1255.15	742	-762	-20
②	460	0	460	-1.62	1055.29	330	105	435
③	579	109	688	-3.12	1361.75	637	-547	90
④	460	0	460	-1.56	1016.95	318	-85	233
⑤	465	92	557	-3.55	1910.73	724	-423	301
⑥	314	0	314	-1.39	1330.47	284	-41	243
⑦	271	0	271	-1.02	1129.04	208	227	435
⑧	291	0	291	-1.37	1415.39	280	256	536

## MS-3-2

ゲージNo.	解放ひずみ (μ)	補正分 ひずみ (μ)	補正解放 ひずみ (μ)	等方応力 (MPa)	ひずみ感度 係数 (MPa)	二次応力に 対応する見 掛けひずみ (μ)	掘削に伴う 見掛けひずみ (μ)	初期応力に 対応する見 掛けひずみ (μ)
①	662	0	662	-2.26	1022.15	460	-195	265
②	644	0	644	-1.85	863.38	378	-91	287
③	587	81	668	-2.90	1303.11	592	-406	186
④	567	0	567	-1.53	809.44	312	43	355
⑤	616	0	616	-2.32	1131.88	474	-198	276
⑥	552	0	552	-2.17	1177.88	442	-42	400
⑦	438	0	438	-1.49	1020.97	304	55	359
⑧	508	0	508	-1.63	961.35	332	91	423

$$E_0 = 1,471 \text{ MPa} \quad \nu_{co} = 0.35$$

表4.6 ひずみ感度係数と見掛けひずみ [試算3]

## MS-1-2

試算3

ゲージNo.	解放ひずみ ( $\mu$ )	補正分 ひずみ ( $\mu$ )	補正解放 ひずみ ( $\mu$ )	等方応力 (MPa)	ひずみ感度 係数 (MPa)	二次応力に 対応する見 掛けひずみ ( $\mu$ )	掘削に伴う 見掛けひずみ ( $\mu$ )	初期応力に 対応する見 掛けひずみ ( $\mu$ )
①	975	905	1880	-4.73	754.48	964	-916	48
②	324	695	1019	-2.98	876.97	607	98	706
③	794	1064	1858	-5.14	829.45	1048	-607	441
④	655	337	992	-3.03	916.03	618	-334	284
⑤	687	437	1124	-4.10	1093.62	836	-575	261
⑥	1	438	439	-1.83	1250.26	373	234	607
⑦	21	318	339	-1.75	1546.75	356	-60	297
⑧	-20	143	123	-0.78	1891.66	158	735	893

## MS-2-2

ゲージNo.	解放ひずみ ( $\mu$ )	補正分 ひずみ ( $\mu$ )	補正解放 ひずみ ( $\mu$ )	等方応力 (MPa)	ひずみ感度 係数 (MPa)	二次応力に 対応する見 掛けひずみ ( $\mu$ )	掘削に伴う 見掛けひずみ ( $\mu$ )	初期応力に 対応する見 掛けひずみ ( $\mu$ )
①	593	277	870	-4.06	1400.60	828	-851	-22
②	460	0	460	-1.57	1023.93	320	102	422
③	579	109	688	-3.14	1368.62	640	-550	90
④	460	0	460	-1.51	986.48	308	-83	226
⑤	465	92	557	-3.71	1999.82	757	-443	314
⑥	314	0	314	-1.39	1328.35	284	-41	243
⑦	271	0	271	-0.93	1030.96	190	207	397
⑧	291	0	291	-1.32	1361.69	269	247	516

## MS-3-2

ゲージNo.	解放ひずみ ( $\mu$ )	補正分 ひずみ ( $\mu$ )	補正解放 ひずみ ( $\mu$ )	等方応力 (MPa)	ひずみ感度 係数 (MPa)	二次応力に 対応する見 掛けひずみ ( $\mu$ )	掘削に伴う 見掛けひずみ ( $\mu$ )	初期応力に 対応する見 掛けひずみ ( $\mu$ )
①	662	0	662	-2.76	1249.59	562	-239	324
②	644	0	644	-1.85	861.93	377	-91	286
③	587	81	668	-3.09	1389.11	631	-433	198
④	567	0	567	-1.59	841.53	324	45	369
⑤	616	0	616	-2.27	1107.22	464	-193	270
⑥	552	0	552	-2.22	1204.39	452	-43	409
⑦	438	0	438	-1.38	948.20	282	51	334
⑧	508	0	508	-1.66	982.79	339	93	432

$$E_0 = 1,471 \text{ MPa} \quad \nu_{co} = 0.35$$

表4.7 ひずみ感度係数と見掛けひずみ [試算4]

## MS-1-2

試算4

ゲージNo.	解放ひずみ (μ)	補正分 ひずみ (μ)	補正解放 ひずみ (μ)	等方応力 (MPa)	ひずみ感度 係数 (MPa)	二次応力に 対応する見 掛けひずみ (μ)	掘削に伴う 見掛けひずみ (μ)	初期応力に 対応する見 掛けひずみ (μ)
①	975	905	1880	-4.73	754.48	964	-916	48
②	324	695	1019	-2.98	876.97	607	98	706
③	794	1064	1858	-5.14	829.45	1048	-607	441
④	655	337	992	-3.03	916.03	618	-334	284
⑤	687	437	1124	-4.10	1093.62	836	-575	261
⑥	1	438	439	-1.83	1250.26	373	234	607
⑦	21	318	339	-1.75	1546.75	356	-60	297
⑧	-20	143	123	-0.78	1891.66	158	735	893

## MS-2-2

ゲージNo.	解放ひずみ (μ)	補正分 ひずみ (μ)	補正解放 ひずみ (μ)	等方応力 (MPa)	ひずみ感度 係数 (MPa)	二次応力に 対応する見 掛けひずみ (μ)	掘削に伴う 見掛けひずみ (μ)	初期応力に 対応する見 掛けひずみ (μ)
①	593	277	870	-4.06	1400.60	828	-851	-22
②	460	0	460	-1.57	1023.93	320	102	422
③	579	109	688	-3.14	1368.62	640	-550	90
④	460	0	460	-1.51	986.48	308	-83	226
⑤	465	92	557	-3.71	1999.82	757	-443	314
⑥	314	0	314	-1.39	1328.35	284	-41	243
⑦	271	0	271	-0.93	1030.96	190	207	397
⑧	291	0	291	-1.32	1361.69	269	247	516

## MS-3-2

ゲージNo.	解放ひずみ (μ)	補正分 ひずみ (μ)	補正解放 ひずみ (μ)	等方応力 (MPa)	ひずみ感度 係数 (MPa)	二次応力に 対応する見 掛けひずみ (μ)	掘削に伴う 見掛けひずみ (μ)	初期応力に 対応する見 掛けひずみ (μ)
①	662	0	662	-2.76	1249.59	562	-239	324
②	644	0	644	-1.85	861.93	377	-91	286
③	587	81	668	-3.09	1389.11	631	-433	198
④	567	0	567	-1.59	841.53	324	45	369
⑤	616	0	616	-2.27	1107.22	464	-193	270
⑥	552	0	552	-2.22	1204.39	452	-43	409
⑦	438	0	438	-1.38	948.20	282	51	334
⑧	508	0	508	-1.66	982.79	339	93	432

$$E_0 = 1,471 \text{ MPa} \quad \nu_{co} = 0.35$$

#### 4.3 基準座標系の設定

解析で用いた基準座標系は既往報告書と同様にボーリング孔の方向を基準としたものであり、以下のように設定した。基準座標系とゲージの方向は図4.7に示した。

##### [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。

従って、この座標系を方位に対応させるならば、

X軸プラス側：西方向

Y軸プラス側：南方向

Z軸プラス側：鉛直上方向

となる。

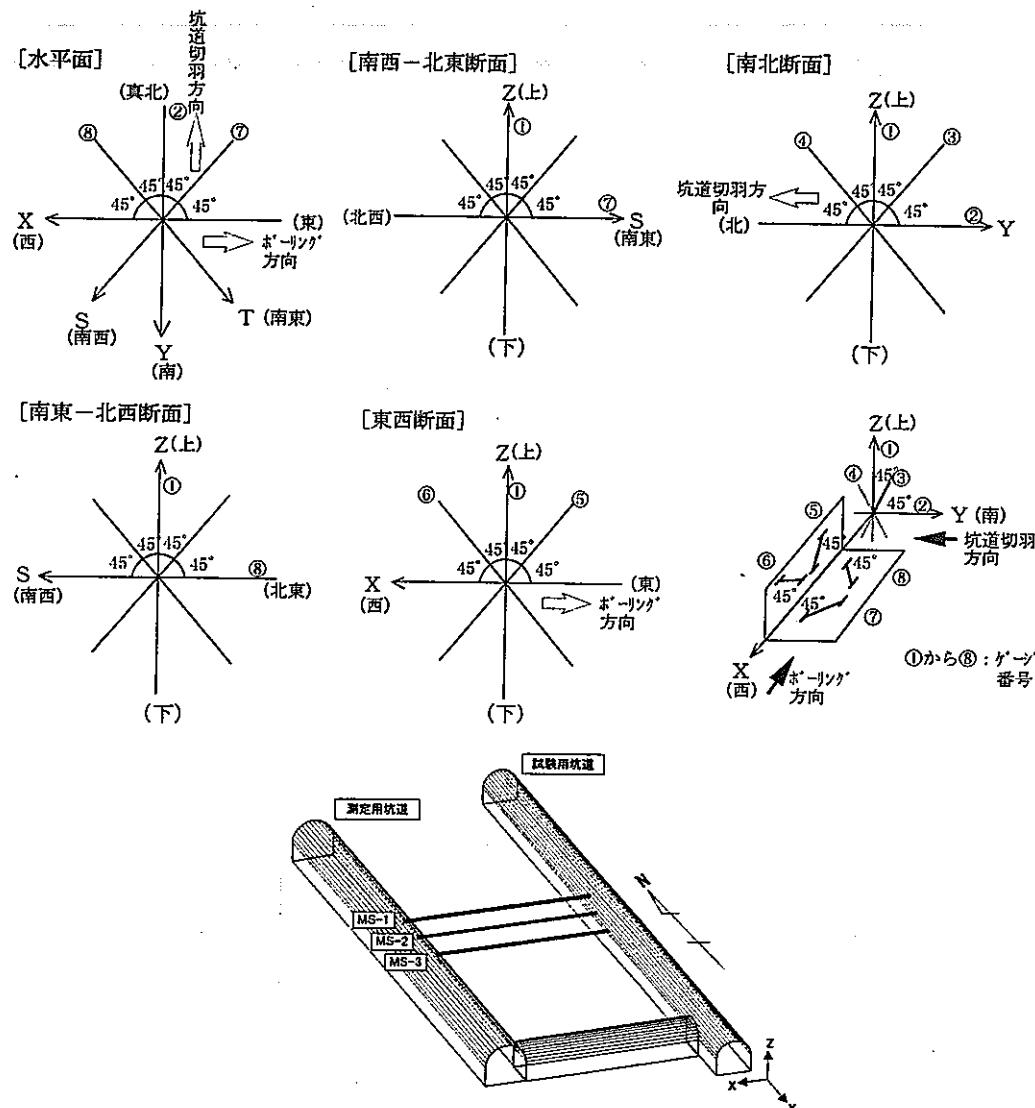


図4.7 基準座標系の設定とゲージの方向

#### 4.4 面内ひずみ分布とデータの重み付け

今回の補正した解放ひずみデータは、ひずみ感度試験測定時の特異な挙動を補正したものであり測定状態による重み付けは行わない。しかしながら、測定状態以外の原因によるバラツキ（各地点における応力状態のバラツキ）がデータに含まれていると考えられる。しかしながら補正した解放ひずみは二次応力に対応するひずみで、異なる測点における同方向のゲージであっても、測定位置は孔壁からの距離が異なるため比較することができない。そこで、試算1～3ではこのバラツキを検討するため以下に示す処理を行った。

- ① 各ゲージの補正解放ひずみに坑道掘削時のひずみ変化を加え初期応力に対応するひずみを算出した。算出されたひずみは、初期応力を求めるために行うオーバーコアリング測定で得られる解放ひずみに相当する。
- ② 算出されたひずみに、各試算によるひずみ感度係数を用いて見掛けひずみ（解析上の測定ひずみにあたる）を求める。
- ③ 全測点による全ゲージの見掛けひずみ（3孔×8ゲージ=24データ）を用いて平均的な初期応力を求める。
- ④ 求めた初期応力から、各面内（X-Y, Y-Z, Z-X面）のひずみ分布図を作成する。ここに描かれるひずみ分布曲線は、全データによる平均的なひずみ分布を示している。
- ⑤ ひずみ分布図に各ゲージの測定値（初期応力に対応する見掛けひずみ）をプロットし平均値（ひずみ分布曲線）と測定値との比較を行う。この結果、平均値から定性的にかけ離れた測定値については重みを下げる。

この様に重み付けを行ったデータを用い再び各測点で初期応力を算出した（実際に全測点の初期応力が算出できるのは試算1のみ）。その結果、MS-1-2測点による初期応力が他の測点による初期応力に比べ大きな値となったため、試算4ではMS-1-2測点のみで同様の方法によりひずみ分布図を作成し、各ゲージの測定値について検討し重み付けを行った。

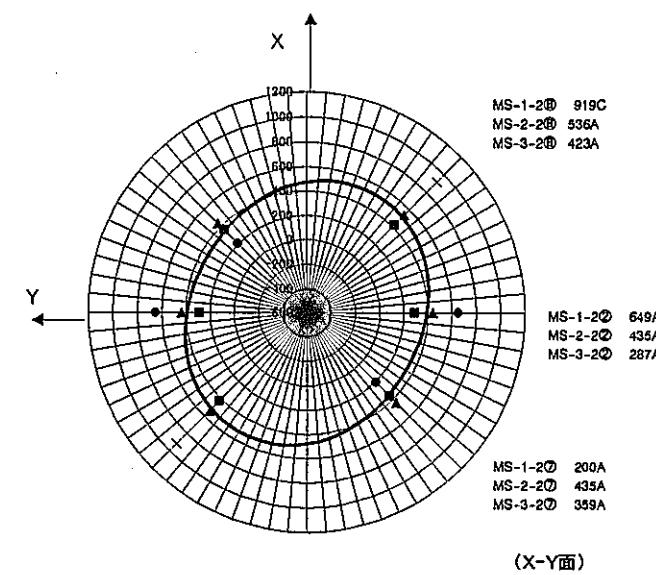
各試算におけるデータの重み付けの結果を表4.8にまとめる。また、各試算による面内ひずみ分布は図4.8～4.11に示した。なお、この図のひずみ分布の算出にあたっては重み“C”としたデータは用いていない。

このようにして判定した重み付けを初期応力あるいは二次応力に対応するひずみデータに適用し、初期応力および二次応力を算出した。

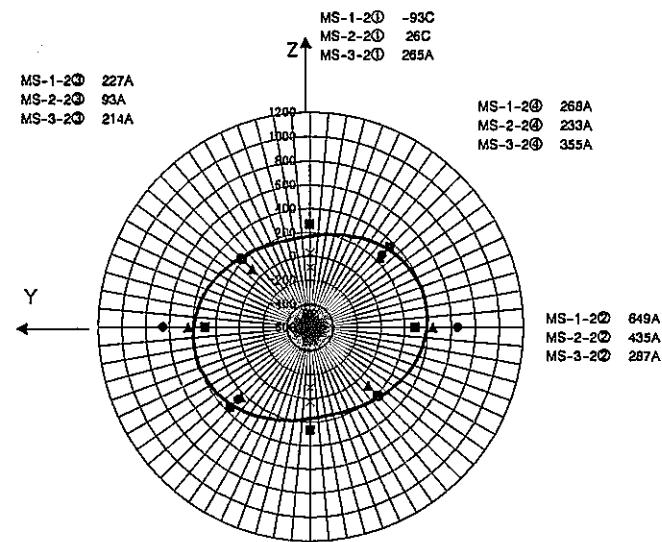
表4.8 各試算におけるデータの重み付け

測点No.	重 み				
	ゲージ No.	試算 1	試算 2	試算 3	試算 4
MS-1-2	①*	C	C	C	A
	②*	A	C	C	A
	③*	A	C	C	A
	④*	A	A	A	A
	⑤*	A	A	A	A
	⑥*	A	C	C	C
	⑦*	A	A	A	A
	⑧*	C	C	C	A
MS-2-2	①*	C	C	C	C
	②	A	A	A	A
	③*	A	A	A	A
	④	A	A	A	A
	⑤*	A	A	A	A
	⑥	A	A	A	A
	⑦	A	A	A	A
	⑧	A	A	A	A
MS-3-2	①	A	A	A	A
	②	A	A	A	A
	③*	A	A	A	A
	④	A	A	A	A
	⑤	A	A	A	A
	⑥	A	A	A	A
	⑦	A	A	A	A
	⑧	A	A	A	A

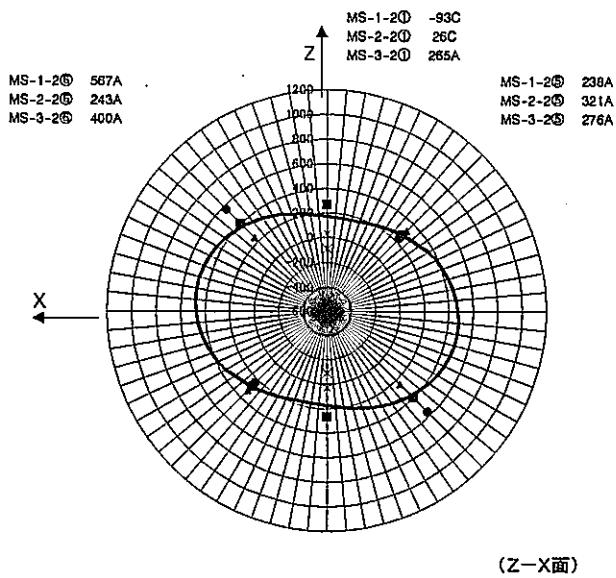
(\*解放ひずみの補正を行ったゲージ)



(X-Y面)



(Y-Z面)



(Z-X面)

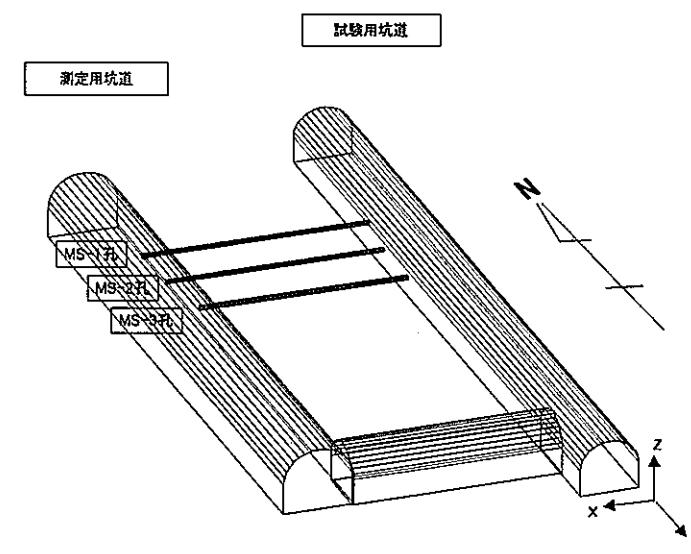


図4.8 初期応力の面内ひずみ分布[試算1]

—ひずみ分布計算値  
 ● MS-1-2 測定値  
 ▲ MS-2-2 測定値  
 ■ MS-3-2 測定値  
 × 葉却データ

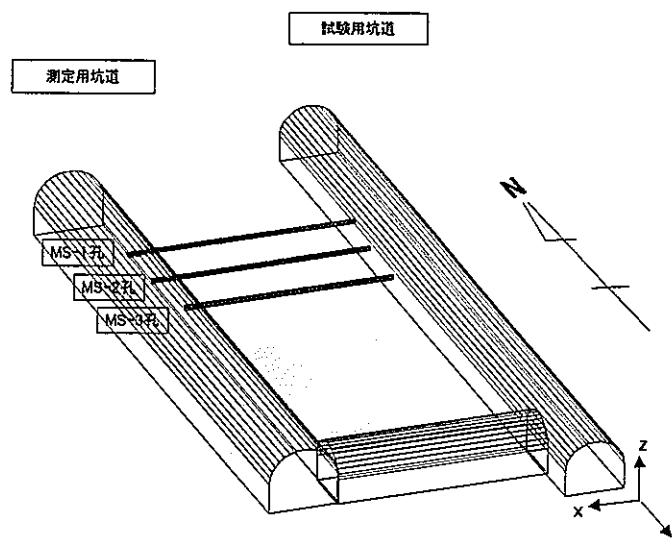
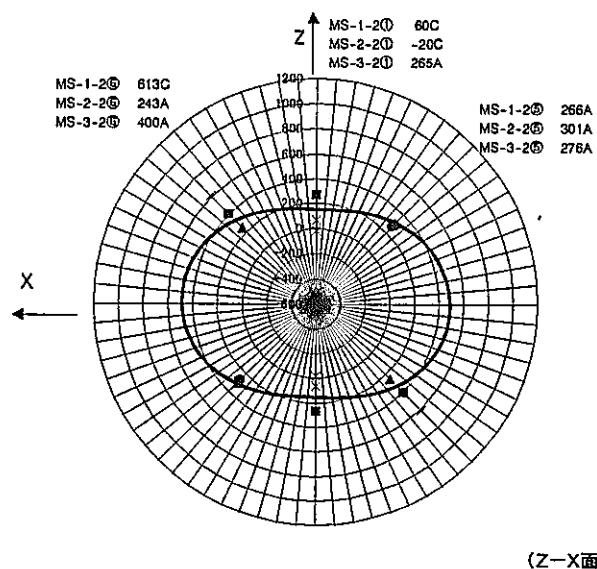
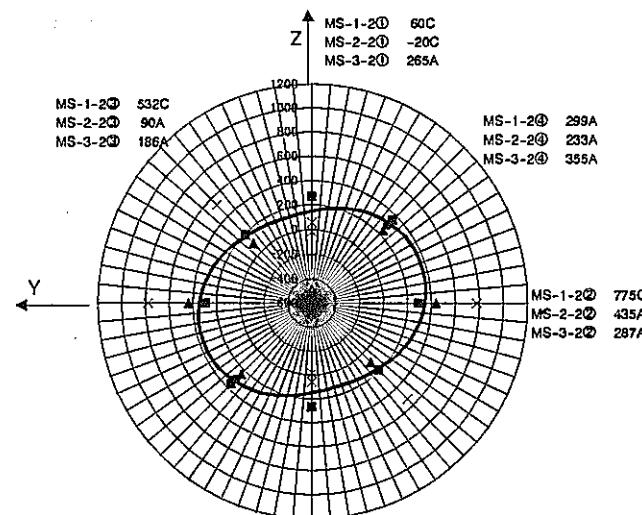
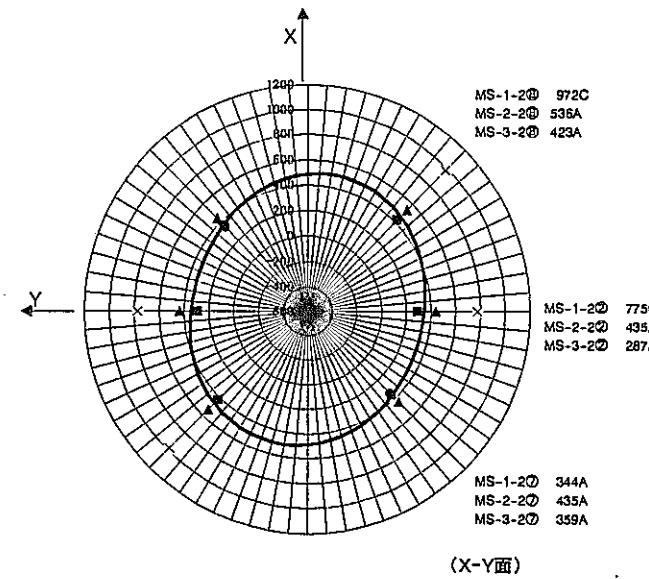
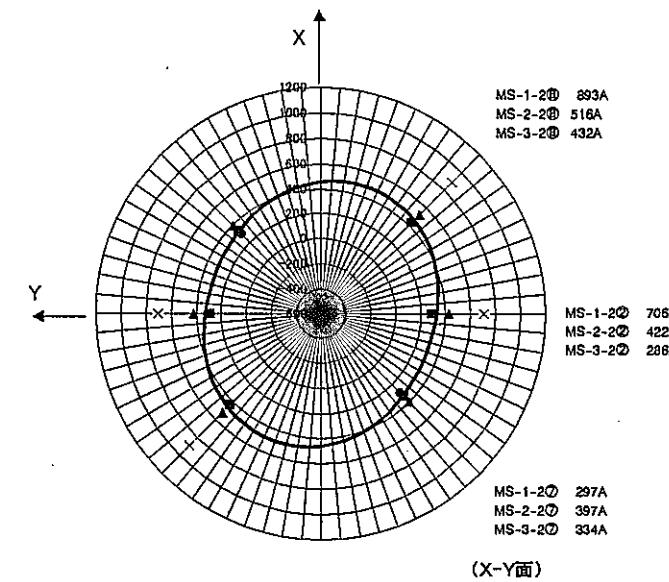
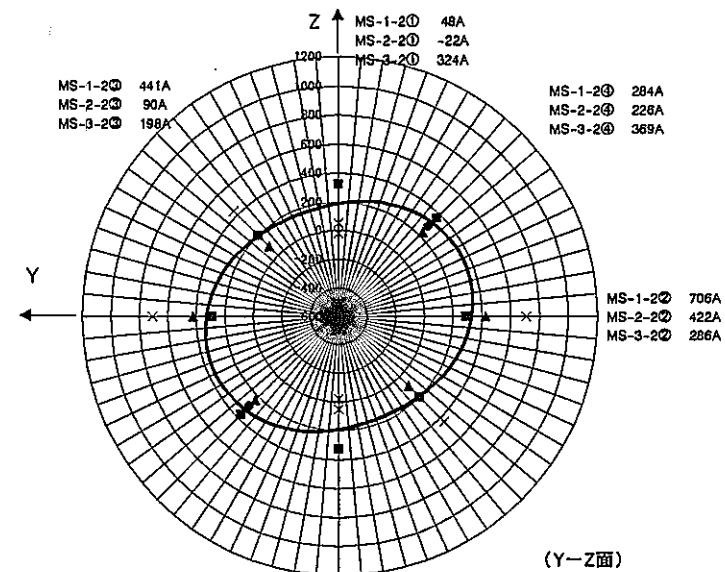


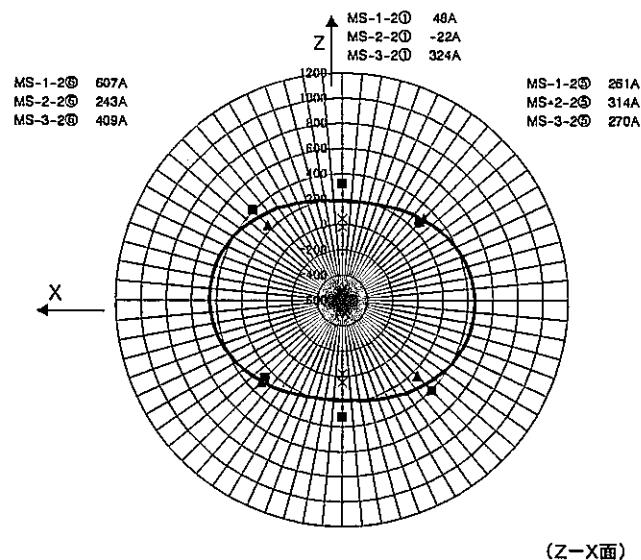
図4.9 初期応力の面内ひずみ分布[試算2]



(X-Y面)



(Y-Z面)



(Z-X面)

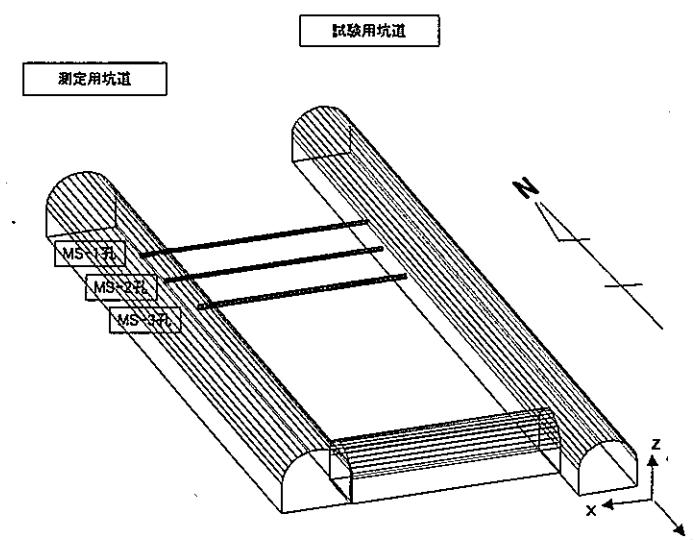
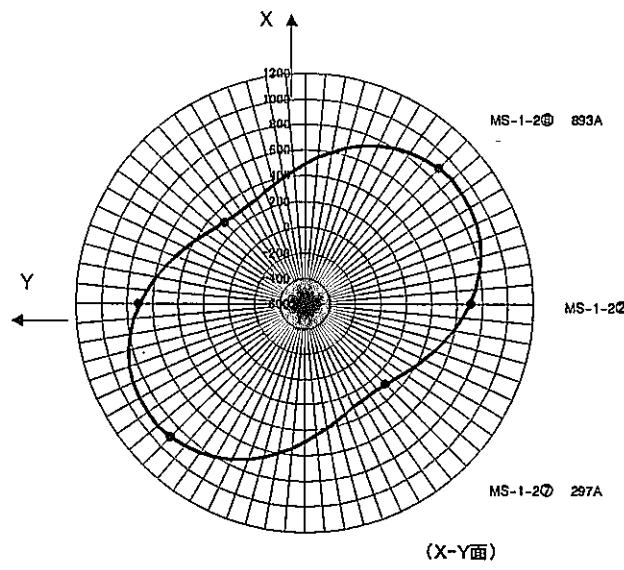
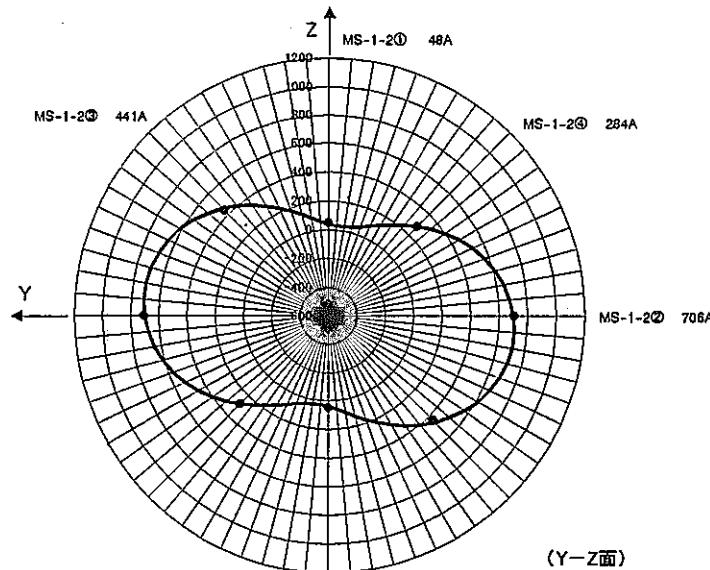


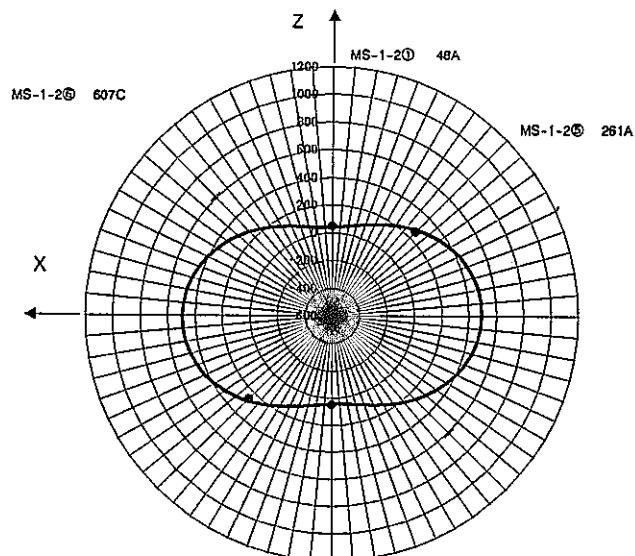
図4.10 初期応力の面内ひずみ分布[試算3]



(X-Y面)



(Y-Z面)



(Z-X面)

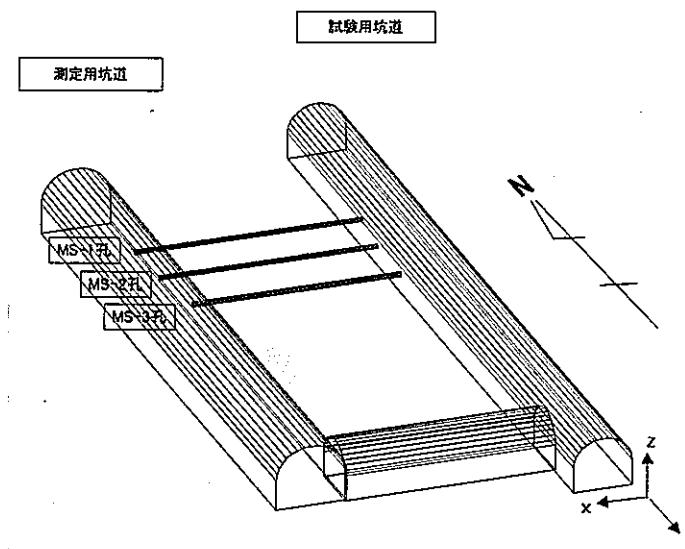


図4.11 初期応力の面内ひずみ分布[試算4]

## 5. 初期応力と二次応力の算出

### 5.1 初期応力

各試算による初期応力の算出結果（逆算による推定値）は表5.1～5.4および図5.1～5.4に示した。応力値の符号は圧縮を負・引張を正とした。これらの図で「総合」としているのは、全測点の重みAと判断されたデータを全て用いて算出した平均的な初期応力である。

試算2および3のMS-1-2測点では、重みを“C”と判定したデータが多く、計算は不能となった。また、試算4ではMS-1-2測点の重み付けを同測点のみによるデータを用いて判定したことと、同測点の初期応力値が他測点に比較し大きくなることから、全測点の平均的（総合）な初期応力は求めなかった。

また、既往の1994年3月報告書および1996年3月報告書（以下それぞれ94年報告書および96年報告書とする）による算出結果を表5.5～5.6および図5.5～5.6に示した。96年報告書によるMS-1-2, MS-2-2 測点の算定結果はデータの重みは考慮していない。なお、94年報告書による結果は、MS-1-1, MS-2-1 およびMS-3-1測点でオーバーコアリングの測定結果により直接的に初期応力を算出したものである。ただし、MS-2-1測点は重み付けCとしたデータが多く、単独では初期応力が算出できないので、MS-3-1測点のデータと合わせて解析を行っている。

表5.1 逆算による推定初期応力〔試算1〕

測 点 番 号		MS-1-2	MS-2-2	MS-3-2	総合	
項 目		推定初期応力				
総データ数(解放ひずみの個)		6	7	8	21	
弾性係数E(MPa)		1,471				
ポアソン比ν		0.35				
6 応 力 成 分	σX(MPa)	-2.90	-1.84	-1.78	-1.83	
	σY(MPa)	-2.56	-1.64	-1.62	-1.74	
	σZ(MPa)	-1.67	-1.15	-1.56	-1.50	
	τXY(MPa)	0.66	0.06	0.04	0.09	
	τYZ(MPa)	0.00	0.07	0.08	0.06	
	τZX(MPa)	-0.14	0.07	-0.06	-0.06	
三次元 主 応 力	σ1(MPa)	-1.65	-1.13	-1.50	-1.48	
	σ2(MPa)	-2.07	-1.65	-1.64	-1.69	
	σ3(MPa)	-3.42	-1.86	-1.80	-1.89	
	σ1 方位角H1(°)	216.0	55.6	102.2	123.8	
	傾斜角V1(°)	77.8	79.3	57.6	78.0	
	σ2 方位角H2(°)	53.4	256.9	242.9	237.1	
	傾斜角V2(°)	11.7	9.9	26.2	4.8	
	σ3 方位角H3(°)	-37.4	166.2	-18.0	-32.0	
	傾斜角V3(°)	3.5	3.8	17.7	11.0	
面 内 応 力	X-Y (水平面)	σX(MPa)	-2.90	-1.84	-1.78	-1.83
		σY(MPa)	-2.56	-1.64	-1.62	-1.74
		τXY(MPa)	0.66	0.06	0.04	0.09
		σ1'(MPa)	-2.05	-1.63	-1.61	-1.69
		σ2'(MPa)	-3.41	-1.85	-1.78	-1.88
		θ(°)	52.9	75.2	78.0	59.4
	Y-Z (南北断面)	σY(MPa)	-2.56	-1.64	-1.62	-1.74
		σZ(MPa)	-1.67	-1.15	-1.56	-1.50
		τYZ(MPa)	0.00	0.07	0.08	0.06
		σ1'(MPa)	-1.67	-1.14	-1.50	-1.48
		σ2'(MPa)	-2.56	-1.66	-1.67	-1.75
		θ(°)	-89.8	81.8	55.8	77.7
	Z-X (東西断面)	σZ(MPa)	-1.67	-1.15	-1.56	-1.50
		σX(MPa)	-2.90	-1.84	-1.78	-1.83
		τZX(MPa)	-0.14	0.07	-0.06	-0.06
		σ1'(MPa)	-1.66	-1.14	-1.54	-1.49
		σ2'(MPa)	-2.92	-1.84	-1.79	-1.83
		θ(°)	-6.2	5.4	-14.3	-9.4

### 座標系

X軸：東西軸（西をプラス）

Y軸：南北軸（南をプラス）

Z軸：鉛直軸（上をプラス）

### 三次元主応力

σ1：最小主応力

σ2：中間主応力

σ3：最大主応力

H：方位角(X軸から水平面内で半時計回りの角度)

V：傾斜角(水平面からの立上り角度)

### 面内応力

σ1'：最小主応力

σ2'：最大主応力

θ：各面最初の文字から次の文字への(X-Y面ならXからYへの) σ1の角度

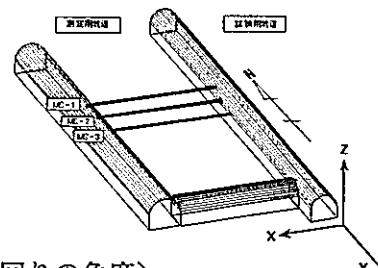


表5.2 逆算による推定初期応力[試算2]

測点番号		MS-1-2	MS-2-2	MS-3-2	総合
項目		推定初期応力			
総データ数(解放ひずみの個)		3	7	8	18
弾性係数E(MPa)		1,471			
ポアソン比ν		0.35			
6 応 力 成 分	σX(MPa)	計算不能	-1.82	-1.78	-1.77
	σY(MPa)		-1.63	-1.60	-1.62
	σZ(MPa)		-1.12	-1.54	-1.41
	τXY(MPa)		0.06	0.04	0.05
	τYZ(MPa)		0.08	0.09	0.08
	τZX(MPa)		0.06	-0.06	-0.01
三次元 主 応 力	σ1(MPa)		-1.10	-1.47	-1.38
	σ2(MPa)		-1.63	-1.64	-1.62
	σ3(MPa)		-1.83	-1.80	-1.79
	σ1 方位角H1(°)		59.3	99.3	87.8
	傾斜角V1(°)		79.9	55.4	71.7
	σ2 方位角H2(°)		255.6	241.8	248.6
	傾斜角V2(°)		9.7	28.7	17.4
	σ3 方位角H3(°)		165.2	-18.2	-19.6
	傾斜角V3(°)		-2.8	17.6	5.6
面内 応 力	σX(MPa)		-1.82	-1.78	-1.77
	σY(MPa)		-1.63	-1.60	-1.62
	τXY(MPa)		0.06	0.04	0.05
	σ1'(MPa)		-1.62	-1.59	-1.60
	σ2'(MPa)		-1.83	-1.78	-1.78
	θ(°)		74.5	78.8	78.0
	σY(MPa)		-1.63	-1.60	-1.62
	σZ(MPa)		-1.12	-1.54	-1.41
	τYZ(MPa)		0.08	0.09	0.08
	σ1'(MPa)		-1.11	-1.47	-1.38
	σ2'(MPa)		-1.64	-1.67	-1.65
	θ(°)		81.9	54.1	71.9
Z-X (東西断面)	σZ(MPa)		-1.12	-1.54	-1.41
	σX(MPa)		-1.82	-1.78	-1.77
	τZX(MPa)		0.06	-0.06	-0.01
	σ1'(MPa)		-1.11	-1.53	-1.41
	σ2'(MPa)		-1.82	-1.78	-1.78
	θ(°)		4.6	-13.4	-2.0

## 座標系

X軸：東西軸（西をプラス）

Y軸：南北軸（南をプラス）

Z軸：鉛直軸（上をプラス）

## 三次元主応力

 $\sigma_1$ ：最小主応力 $\sigma_2$ ：中間主応力 $\sigma_3$ ：最大主応力

H：方位角(X軸から水平面内で半時計回りの角度)

V：傾斜角(水平面からの立上り角度)

## 面内応力

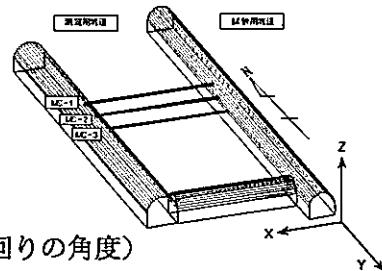
 $\sigma_1'$ ：最小主応力 $\sigma_2'$ ：最大主応力 $\theta$ ：各面最初の文字から次の文字への(X-Y面ならXからYへの)  $\sigma_1'$  の

表5.3 逆算による推定初期応力[試算3]

測 点 番 号		MS-1-2	MS-2-2	MS-3-2	総合
項 目		測定初期応力			
総データ数(解放ひずみの個)		3	7	8	18
弾性係数E(MPa)		1,471			
ボアソン比ν		0.35			
6 応 力 成 分	σX(MPa)	計算不能	-1.76	-1.76	-1.73
	σY(MPa)		-1.58	-1.62	-1.59
	σZ(MPa)		-1.12	-1.61	-1.44
	τXY(MPa)		0.07	0.06	0.07
	τYZ(MPa)		0.07	0.09	0.07
	τZX(MPa)		0.06	-0.07	-0.02
三 次 元 主 応 力	σ1(MPa)		-1.10	-1.52	-1.41
	σ2(MPa)		-1.57	-1.64	-1.58
	σ3(MPa)		-1.78	-1.82	-1.77
	σ1	方位角H1(°)	56.6	95.1	85.4
		傾斜角V1(°)	78.8	48.0	68.1
	σ2	方位角H2(°)	253.7	227.6	242.2
面 内 応 力		傾斜角V2(°)	10.7	31.3	20.2
	σ3	方位角H3(°)	163.2	-26.0	-24.9
		傾斜角V3(°)	3.3	24.9	7.9
	X-Y (水平面)	σX(MPa)	-1.76	-1.76	-1.73
		σY(MPa)	-1.58	-1.62	-1.59
		τXY(MPa)	0.07	0.06	0.07
		σ1'(MPa)	-1.56	-1.60	-1.56
		σ2'(MPa)	-1.78	-1.78	-1.76
		θ(°)	72.4	71.9	67.9
Y-Z (南北断面)	σY(MPa)		-1.58	-1.62	-1.59
		σZ(MPa)	-1.12	-1.61	-1.44
		τYZ(MPa)	0.07	0.09	0.07
	σ1'	(MPa)	-1.11	-1.52	-1.41
		σ2'(MPa)	-1.59	-1.71	-1.62
		θ(°)	81.4	46.6	68.9
Z-X (東西断面)	σZ(MPa)		-1.12	-1.61	-1.44
		σX(MPa)	-1.76	-1.76	-1.73
		τZX(MPa)	0.06	-0.07	-0.02
	σ1'	(MPa)	-1.12	-1.58	-1.43
		σ2'(MPa)	-1.77	-1.79	-1.73
		θ(°)	5.4	-20.8	-3.4

### 座 標 系

X軸：東西軸（西をプラス）

Y軸：南北軸（南をプラス）

Z軸：鉛直軸（上をプラス）

### 三次元主応力

σ1：最小主応力

σ2：中間主応力

σ3：最大主応力

H：方位角(X軸から水平面内で半時計回りの角度)

V：傾斜角(水平面からの立上り角度)

### 面 内 応 力

σ1'：最小主応力

σ2'：最大主応力

θ：各面最初の文字から次の文字への(X-Y面ならXからYへの) σ1' の

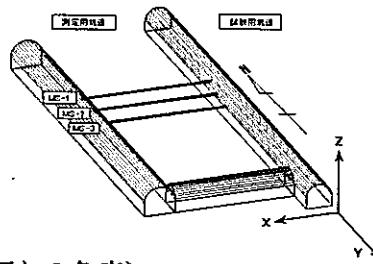


表5.4 逆算による推定初期応力〔試算4〕

測点番号		MS-1-2	MS-2-2	MS-3-2	
項目		推定初期応力			
総データ数(解放ひずみの個)		7	7	8	
弾性係数E(MPa)		1,471			
ポアソン比ν		0.35			
6 応 力 成 分	σX(MPa)	-2.10	-1.76	-1.76	
	σY(MPa)	-2.33	-1.58	-1.62	
	σZ(MPa)	-1.61	-1.12	-1.61	
	τXY(MPa)	0.32	0.07	0.06	
	τYZ(MPa)	-0.10	0.07	0.09	
	τZX(MPa)	0.01	0.06	-0.07	
三次 元 主 応 力	σ1(MPa)	-1.60	-1.10	-1.52	
	σ2(MPa)	-1.88	-1.57	-1.64	
	σ3(MPa)	-2.56	-1.78	-1.82	
	σ1 方位角H1(°)	243.5	56.6	95.1	
	傾斜角V1(°)	79.3	78.8	48.1	
	σ2 方位角H2(°)	34.1	253.7	227.6	
	傾斜角V2(°)	9.3	10.7	31.3	
	σ3 方位角H3(°)	125.0	163.2	-26.0	
	傾斜角V3(°)	5.2	3.3	24.9	
面内 応 力	X-Y (水平面)	σX(MPa)	-2.10	-1.76	-1.76
		σY(MPa)	-2.33	-1.58	-1.62
		τXY(MPa)	0.32	0.07	0.06
		σ1'(MPa)	-1.87	-1.56	-1.60
		σ2'(MPa)	-2.55	-1.78	-1.78
		θ(°)	35.3	72.4	71.9
	Y-Z (南北断面)	σY(MPa)	-2.33	-1.58	-1.62
		σZ(MPa)	-1.61	-1.12	-1.61
		τYZ(MPa)	-0.10	0.07	0.09
		σ1'(MPa)	-1.60	-1.11	-1.52
		σ2'(MPa)	-2.33	-1.59	-1.71
		θ(°)	-82.3	81.4	46.6
	Z-X (東西断面)	σZ(MPa)	-1.61	-1.12	-1.61
		σX(MPa)	-2.10	-1.76	-1.76
		τZX(MPa)	0.01	0.06	-0.07
		σ1'(MPa)	-1.61	-1.12	-1.58
		σ2'(MPa)	-2.10	-1.77	-1.79
		θ(°)	1.4	5.4	-20.8

座標系

X軸: 東西軸(西をプラス)  
Y軸: 南北軸(南をプラス)  
Z軸: 鉛直軸(上をプラス)

※MS-2-2, MS-3-2は試算3と同じ

三次元主応力

σ1: 最小主応力  
σ2: 中間主応力  
σ3: 最大主応力

H: 方位角(X軸から水平面内で半時計回りの角度)

V: 傾斜角(水平面からの立上り角度)

面内応力

σ1': 最小主応力  
σ2': 最大主応力

θ: 各面最初の文字から次の文字への(X-Y面ならXからYへの) σ1' の

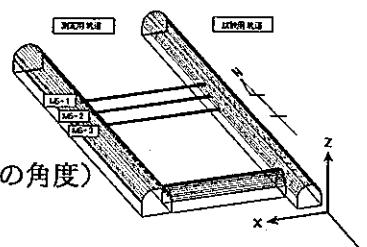


表5.5 逆算による推定初期応力[96年3月報告書]

測点番号		MS-1-2	MS-2-2	MS-3-2
項目		推定初期応力		
総データ数(解放ひずみの個)		8	8	7
弾性係数E(MPa)			1,471	
ポアソン比ν			0.35	
6 応 力 成 分	σX(MPa)	-1.06	-1.67	-1.77
	σY(MPa)	-0.80	-1.47	-1.56
	σZ(MPa)	0.02	-0.77	-1.50
	τXY(MPa)	0.45	0.06	0.04
	τYZ(MPa)	0.13	0.13	0.13
	τZX(MPa)	-0.13	0.00	-0.06
三次元主応力	σ1(MPa)	0.05	-0.75	-1.40
	σ2(MPa)	-0.46	-1.48	-1.63
	σ3(MPa)	-1.42	-1.69	-1.80
	σ1 方位角H1(°)	118.5	87.2	95.6
	傾斜角V1(°)	82.2	79.7	52.3
	σ2 方位角H2(°)	232.6	252.2	240.2
	傾斜角V2(°)	3.2	9.9	32.2
	σ3 方位角H3(°)	-37.0	-17.3	-18.4
	傾斜角V3(°)	7.2	-2.6	17.5
面内応力	X-Y (水平面)	σX(MPa)	-1.06	-1.67
		σY(MPa)	-0.80	-1.47
		τXY(MPa)	0.45	0.06
		σ1'(MPa)	-0.46	-1.46
		σ2'(MPa)	-1.39	-1.69
		θ(°)	53.7	74.6
	Y-Z (南北断面)	σY(MPa)	-0.80	-1.47
		σZ(MPa)	0.02	-0.77
		τYZ(MPa)	0.13	0.13
		σ1'(MPa)	0.04	-0.75
		σ2'(MPa)	-0.81	-1.50
		θ(°)	81.2	79.9
	Z-X (東西断面)	σZ(MPa)	0.02	-0.77
		σX(MPa)	-1.06	-1.67
		τZX(MPa)	-0.13	0.00
		σ1'(MPa)	0.04	-0.77
		σ2'(MPa)	-1.08	-1.67
		θ(°)	-6.6	-0.2

座標系

X軸:東西軸(西をプラス)

Y軸:南北軸(南をプラス)

Z軸:鉛直軸(上をプラス)

※MS-1-2およびMS-2-2は重みを考慮していない

三次元主応力

σ1:最小主応力

σ2:中間主応力

σ3:最大主応力

方位角(X軸から水平面内で半時計回りの角度)

V:傾斜角(水平面からの立上り角度)

面内応力

σ1':最小主応力

σ2':最大主応力

θ:各面最初の文字から次の文字への(X-Y面ならXからYへの) σ1の角

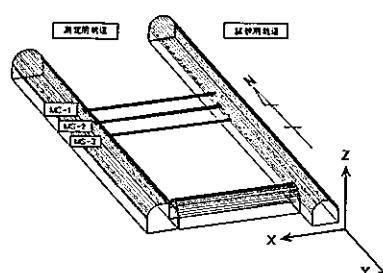


表5.6 測定初期応力[94年3月報告書]

測点番号		MS-1-1	S-2-1+MS-3-	MS-3-1	(総合)		
項目		測定初期応力					
総データ数(解放ひずみの個)		8	13	7	28		
弾性係数E(MPa)		1,471					
ポアソン比ν		0.35					
6 応 力 成 分	$\sigma X(MPa)$	-1.33	-1.62	-1.20	-1.52		
	$\sigma Y(MPa)$	-1.30	-1.25	-1.09	-1.27		
	$\sigma Z(MPa)$	-1.52	-1.68	-1.36	-1.62		
	$\tau XY(MPa)$	0.02	0.00	-0.04	0.01		
	$\tau YZ(MPa)$	0.03	0.04	0.03	0.03		
	$\tau ZX(MPa)$	0.02	0.12	0.40	0.09		
三次元 主 応 力	$\sigma 1(MPa)$	-1.28	-1.25	-0.87	-1.27		
	$\sigma 2(MPa)$	-1.34	-1.53	-1.09	-1.47		
	$\sigma 3(MPa)$	-1.52	-1.77	-1.69	-1.67		
	$\sigma 1$ 方位角H1(°)	58.5	87.9	-3.6	85.9		
	傾斜角V1(°)	8.2	5.8	39.3	6.0		
	$\sigma 2$ 方位角H2(°)	148.5	-6.5	90.7	-7.4		
	傾斜角V2(°)	0.0	37.3	5.2	28.6		
	$\sigma 3$ 方位角H3(°)	238.8	185.4	186.9	186.7		
	傾斜角V3(°)	81.8	52.1	50.3	60.7		
面内 応 力	X-Y (水平面)		$\sigma X(MPa)$	-1.33	-1.62	-1.20	-1.52
			$\sigma Y(MPa)$	-1.30	-1.25	-1.09	-1.27
			$\tau XY(MPa)$	0.02	0.00	-0.04	0.01
			$\sigma 1'(MPa)$	-1.28	-1.25	-1.08	-1.27
			$\sigma 2'(MPa)$	-1.34	-1.62	-1.22	-1.52
			$\theta(^{\circ})$	58.5	89.7	-72.8	87.9
	Y-Z (南北断面)		$\sigma Y(MPa)$	-1.30	-1.25	-1.09	-1.27
			$\sigma Z(MPa)$	-1.52	-1.68	-1.36	-1.62
			$\tau YZ(MPa)$	0.03	0.04	0.03	0.03
			$\sigma 1'(MPa)$	-1.29	-1.25	-1.09	-1.27
			$\sigma 2'(MPa)$	-1.52	-1.68	-1.36	-1.62
			$\theta(^{\circ})$	7.5	5.2	6.1	5.1
	Z-X (東西断面)		$\sigma Z(MPa)$	-1.52	-1.68	-1.36	-1.62
			$\sigma X(MPa)$	-1.33	-1.62	-1.20	-1.52
			$\tau ZX(MPa)$	0.02	0.12	0.40	0.09
			$\sigma 1'(MPa)$	-1.32	-1.53	-0.87	-1.47
			$\sigma 2'(MPa)$	-1.52	-1.77	-1.69	-1.67
			$\theta(^{\circ})$	84.8	51.8	50.5	60.4

## 座標系

X軸:東西軸(西をプラス)

Y軸:南北軸(南をプラス)

Z軸:鉛直軸(上をプラス)

※総合は初期応力測定参考結果より

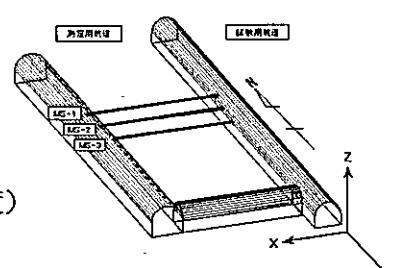
## 三次元主応力

 $\sigma_1'$ :最小主応力 $\sigma_2'$ :中間主応力 $\sigma_3'$ :最大主応力

方位角(X軸から水平面内で半時計回りの角度)

V:傾斜角(水平面からの立上り角度)

## 面内応力

 $\sigma 1'$ :最小主応力 $\sigma 2'$ :最大主応力 $\theta$ :各面最初の文字から次の文字への(X-Y面ならXからYへの)  $\sigma 1$ の角

初期応力 試算1	面 内 応 力 (MPa)			3次元主応力(MPa)		6応力成分 (MPa)
	X-Y面	Y-Z面	Z-X面	X-Y面	シユミットネット 下半球投影	
MS-1-2						$\sigma_x = -2.90$ $\sigma_y = -2.56$ $\sigma_z = -1.67$ $\tau_{xy} = 0.66$ $\tau_{yz} = 0.00$ $\tau_{zx} = -0.14$
MS-2-2						$\sigma_x = -1.84$ $\sigma_y = -1.64$ $\sigma_z = -1.15$ $\tau_{xy} = 0.06$ $\tau_{yz} = 0.07$ $\tau_{zx} = 0.07$
MS-3-2						$\sigma_x = -1.78$ $\sigma_y = -1.62$ $\sigma_z = -1.56$ $\tau_{xy} = 0.04$ $\tau_{yz} = 0.08$ $\tau_{zx} = -0.06$
総 合						$\sigma_x = -1.83$ $\sigma_y = -1.74$ $\sigma_z = -1.50$ $\tau_{xy} = 0.09$ $\tau_{yz} = 0.06$ $\tau_{zx} = -0.06$

〔座標系〕  
X軸: ポーリング孔軸(孔口側をプラス)  
Y軸: 坑道軸(坑口側をプラス)  
Z軸: 鉛直軸(上側をプラス)

〔面内応力〕  
 $\sigma_1'$ : 面内最小応力  
 $\sigma_2'$ : 面内最大応力  
 $\theta$ :  $\sigma_1'$ の角度で各面内名最初の文字から次の文字へを正とする(X-Y面ならX軸からY軸方向への角度を正とする)

〔三次元主応力〕  
 $\sigma_1$ : 最小主応力  
 $\sigma_2$ : 中間主応力  
 $\sigma_3$ : 最大主応力  
H: 水平面内でX軸から反時計回りを正とする各主応力の角度  
V: 各主応力の水平面からの立ち上がり角度

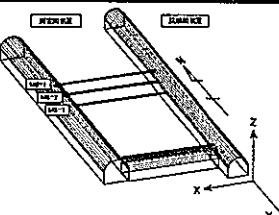


図5.1 推定初期応力解析結果[試算1]

初期応力 試算2	面内応力(MPa)			三次元主応力(MPa)		6応力成分 (MPa)
	X-Y面	Y-Z面	Z-X面	X-Y面	シュミットネット下半球投影	
MS-1-2 (計算不能)						$\sigma_X$
MS-2-2	 $\theta = 74.5^\circ$ , $\sigma_2' = -1.83$ , $\sigma_1' = -1.62$	 $\theta = 81.9^\circ$ , $\sigma_2' = -1.64$ , $\sigma_1' = -1.11$	 $\theta = 4.6^\circ$ , $\sigma_2' = -1.82$ , $\sigma_1' = -1.11$	 $\sigma_1 = -1.10$ , $H = 59.3^\circ$ , $V = 79.9^\circ$ $\sigma_3 = -1.83$ , $H = 165.2^\circ$ , $V = 2.8^\circ$ , $\sigma_2 = -1.63$ , $H = 255.6^\circ$ , $V = 9.7^\circ$		$\sigma_X = -1.82$ $\sigma_Y = -1.63$ $\sigma_Z = -1.12$ $\tau_{XY} = 0.06$ $\tau_{YZ} = 0.08$ $\tau_{ZX} = 0.06$
MS-3-2	 $\theta = 78.8^\circ$ , $\sigma_2' = -1.78$ , $\sigma_1' = -1.59$	 $\theta = 54.1^\circ$ , $\sigma_1' = -1.47$ , $\sigma_2' = -1.67$	 $\theta = -13.4^\circ$ , $\sigma_1' = -1.53$ , $\sigma_2' = -1.78$	 $\sigma_3 = -1.80$ , $H = -18.2^\circ$ , $V = 17.6^\circ$ $\sigma_1 = -1.47$ , $H = 99.3^\circ$ , $V = 55.4^\circ$ , $\sigma_2 = -1.64$ , $H = 241.8^\circ$ , $V = 28.7^\circ$		$\sigma_X = -1.78$ $\sigma_Y = -1.60$ $\sigma_Z = -1.54$ $\tau_{XY} = 0.04$ $\tau_{YZ} = 0.09$ $\tau_{ZX} = -0.06$
総合	 $\theta = 73.0^\circ$ , $\sigma_2' = -1.78$ , $\sigma_1' = -1.60$	 $\theta = 71.9^\circ$ , $\sigma_2' = -1.65$ , $\sigma_1' = -1.38$	 $\theta = -2.0^\circ$ , $\sigma_2' = -1.78$ , $\sigma_1' = -1.41$	 $\sigma_3 = -1.79$ , $H = -19.6^\circ$ , $V = 5.6^\circ$ $\sigma_1 = -1.38$ , $H = 87.8^\circ$ , $V = 71.7^\circ$ , $\sigma_2 = -1.62$ , $H = 248.6^\circ$ , $V = 17.4^\circ$		$\sigma_X = -1.77$ $\sigma_Y = -1.62$ $\sigma_Z = -1.41$ $\tau_{XY} = 0.05$ $\tau_{YZ} = 0.08$ $\tau_{ZX} = -0.01$

## [ 座標系 ]

X 軸:東西軸(西をプラス)  
Y 軸:南北軸(南をプラス)  
Z 軸:鉛直軸(上をプラス)

## [ 面内応力 ]

$\sigma_1'$ :面内最小応力  
 $\sigma_2'$ :面内最大応力  
 $\theta$ :各面内最初の文字から次の文字への(X-Y面ではX軸からY軸への)  $\sigma_1'$ の角度

## [ 三次元主応力 ]

$\sigma_1$ :最小主応力  
 $\sigma_2$ :中間主応力  
 $\sigma_3$ :最大主応力  
H:水平面内でX軸からの反時計回りの角度  
V:水平面からの立ち上り角度

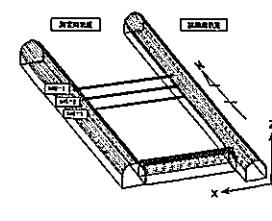


図5.2 推定初期応力解析結果〔試算2〕

初期応力 試算3	面内応力(MPa)			三次元主応力(MPa)		6応力成分 (MPa)
	X-Y面	Y-Z面	Z-X面	X-Y面	シュミットネット下半球投影	
MS-1-2 (計算不能)						$\sigma_X$ $\sigma_Y$ $\sigma_Z$ $\tau_{XY}$ $\tau_{YZ}$ $\tau_{ZX}$
MS-2-2						$\sigma_X = -1.76$ $\sigma_Y = -1.58$ $\sigma_Z = -1.12$ $\tau_{XY} = 0.07$ $\tau_{YZ} = 0.07$ $\tau_{ZX} = 0.06$
MS-3-2						$\sigma_X = -1.76$ $\sigma_Y = -1.62$ $\sigma_Z = -1.61$ $\tau_{XY} = 0.06$ $\tau_{YZ} = 0.09$ $\tau_{ZX} = -0.07$
総合						$\sigma_X = -1.73$ $\sigma_Y = -1.59$ $\sigma_Z = -1.44$ $\tau_{XY} = 0.07$ $\tau_{YZ} = 0.07$ $\tau_{ZX} = -0.02$

[ 座標系 ]  
 X 軸:東西軸(西をプラス)  
 Y 軸:南北軸(南をプラス)  
 Z 軸:鉛直軸(上をプラス)

[ 面内応力 ]  
 $\sigma_1'$ :面内最小応力  
 $\sigma_2'$ :面内最大応力  
 $\theta$ :各面内最初の文字から次の文字への(X-Y面ではX軸からY軸への)  $\sigma_1'$  の角度

[ 三次元主応力 ]  
 $\sigma_1$ :最小主応力  
 $\sigma_2$ :中間主応力  
 $\sigma_3$ :最大主応力  
 H:水平面内でX軸からの反時計回りの角度  
 V:水平面からの立ち上り角度

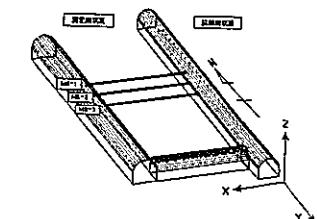


図5.3 推定初期応力解析結果〔試算3〕

初期応力 試算4	面 内 応 力 (MPa)			三 次 元 主 応 力 (MPa)		6 応 力 成 分 (MPa)
	X-Y 面	Y-Z 面	Z-X 面	X-Y 面	シ ュ ミ ッ ツ ネ ッ ツ 下半球 投影	
MS-1-2						$\sigma_X = -2.10$ $\sigma_Y = -2.33$ $\sigma_Z = -1.61$ $\tau_{XY} = 0.32$ $\tau_{YZ} = -0.10$ $\tau_{ZX} = 0.01$
MS-2-2						$\sigma_X = -1.76$ $\sigma_Y = -1.58$ $\sigma_Z = -1.12$ $\tau_{XY} = 0.07$ $\tau_{YZ} = 0.07$ $\tau_{ZX} = 0.06$
MS-3-2						$\sigma_X = -1.76$ $\sigma_Y = -1.62$ $\sigma_Z = -1.61$ $\tau_{XY} = 0.06$ $\tau_{YZ} = 0.09$ $\tau_{ZX} = -0.07$

## 〔 座標系 〕

X 軸:東西軸(西をプラス)  
Y 軸:南北軸(南をプラス)  
Z 軸:鉛直軸(上をプラス)

## 〔 面内応力 〕

$\sigma_1'$ :面内最小応力  
 $\sigma_2'$ :面内最大応力  
 $\theta$ :各面内最初の文字から次の文字への(X-Y 面ではX 軸からY 軸への)  $\sigma_1'$ の角度

## 〔 三 次 元 主 応 力 〕

$\sigma_1$ :最小主応力  
 $\sigma_2$ :中間主応力  
 $\sigma_3$ :最大主応力  
H:水平面内でX 軸からの反時計回りの角度  
V:水平面からの立ち上り角度

※MS-2-2,MS-3-2は試算3と同じ

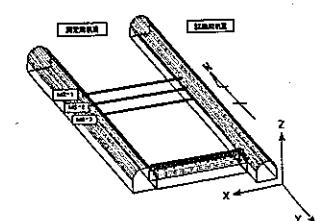


図5.4 推定初期応力解析結果〔 試算4 〕

初期応力 既往96年	面内応力(MPa)			三次元主応力(MPa)		6応力成分 (MPa)
	X-Y面	Y-Z面	Z-X面	X-Y面	シュミットネット下半球投影	
MS-1-2						$\sigma_x$ -1.06 $\sigma_y$ -0.80 $\sigma_z$ 0.02 $\tau_{xy}$ 0.45 $\tau_{yz}$ 0.13 $\tau_{zx}$ -0.13
MS-2-2						$\sigma_x$ -1.67 $\sigma_y$ -1.47 $\sigma_z$ -0.77 $\tau_{xy}$ 0.06 $\tau_{yz}$ 0.13 $\tau_{zx}$ -0.00
MS-3-2						$\sigma_x$ -1.77 $\sigma_y$ -1.56 $\sigma_z$ -1.50 $\tau_{xy}$ 0.04 $\tau_{yz}$ 0.13 $\tau_{zx}$ -0.06

[座標系]  
X軸:東西軸(西をプラス)  
Y軸:南北軸(南をプラス)  
Z軸:鉛直軸(上をプラス)

[面内応力]  
 $\sigma_1'$ :面内最小応力  
 $\sigma_2'$ :面内最大応力  
 $\theta$ :各面内最初の文字から次の文字への(X-Y面ではX軸からY軸への)  $\sigma_1'$ の角度

[三次元主応力]  
 $\sigma_1$ :最小主応力  
 $\sigma_2$ :中間主応力  
 $\sigma_3$ :最大主応力  
H:水平面内でX軸からの反時計回りの角度  
V:水平面からの立ち上り角度

※MS-1-2およびMS-2-2は重みを考慮していない

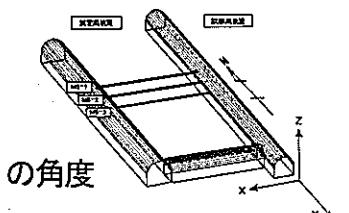
図5.5 推定初期応力解析結果[96年3月報告書]

初期応力 既往94年	面内応力(MPa)			三次元主応力(MPa)		6応力成分 (MPa)
	X-Y面	Y-Z面	Z-X面	X-Y面	シュミットネット下半球投影	
MS-1-1						$\sigma_X = -1.33$ $\sigma_Y = -1.30$ $\sigma_Z = -1.52$ $\tau_{XY} = 0.02$ $\tau_{YZ} = 0.03$ $\tau_{ZX} = 0.02$
MS-2-1 +MS-3-1						$\sigma_X = -1.62$ $\sigma_Y = -1.25$ $\sigma_Z = -1.68$ $\tau_{XY} = 0.00$ $\tau_{YZ} = 0.04$ $\tau_{ZX} = 0.12$
MS-3-1						$\sigma_X = -1.20$ $\sigma_Y = -1.09$ $\sigma_Z = -1.36$ $\tau_{XY} = -0.04$ $\tau_{YZ} = 0.03$ $\tau_{ZX} = 0.40$
(総合)						$\sigma_X = -1.52$ $\sigma_Y = -1.27$ $\sigma_Z = -1.62$ $\tau_{XY} = 0.01$ $\tau_{YZ} = 0.03$ $\tau_{ZX} = 0.09$

[座標系]  
X軸:東西軸(西をプラス)  
Y軸:南北軸(南をプラス)  
Z軸:鉛直軸(上をプラス)

[面内応力]  
 $\sigma_1'$ :面内最小応力  
 $\sigma_2'$ :面内最大応力  
 $\theta$ :各面内最初の文字から次の文字への(X-Y面ではX軸からY軸への)  $\sigma_1'$ の角度

[三次元主応力]  
 $\sigma_1$ :最小主応力  
 $\sigma_2$ :中間主応力  
 $\sigma_3$ :最大主応力  
H:水平面内でX軸からの反時計回りの角度  
V:水平面からの立ち上り角度



※総合は初期応力測定参考結果より

図5.6 測定初期応力解析結果[94年3月報告書]

## 5.2 二 次 応 力

今回算出した二次応力と96年報告書の二次応力結果との違いは、解放ひずみの補正だけではなく解析手法に以下の違いがある。

### [96年報告書]

MS-1-2測点：MS-3-2測点で算出した初期応力値に各測点における坑道掘削時の応力  
MS-2-2測点　　変化を引いて間接的に算出した。

MS-3-2測点：オーバーコアリングによる解放ひずみ（二次応力に対応する）を用いて直接的に算出した。

重み付け　：応力値からの逆算によるMS-1-2およびMS-2-2測点では重み付けは適用していないが、MS-3-2測点については③ゲージがひずみ感度試験で特異な挙動を示したので解析には用いていない。

### [今回報告書]

各測点：96年報告書のオーバーコアリングによる解放ひずみを補正し、各測点で直接的に求めた。

重み付け　：初期応力による平均的なひずみ分布から定性的にかけ離れたゲージのデータ（初期応力に対応する見掛けひずみ）については解析に用いていない。

今回行なった各試算による二次応力の算出結果は表5.7～5.10および図5.8～図5.10に示した。また、既往報告書（96年3月）による算出結果を表5.11および図5.11に示した。応力値の符号は圧縮を負・引張を正とした。

各試算のデータの重みは初期応力の算出で用いた重みを適用した。このため、試算2および3のMS-1-2測点では、重みを“C”と判定したデータが多く、計算は不能となつた。

表5.7 オーバーコアリングによる測定二次応力〔試算1〕

測点番号		MS-1-2	MS-2-2	MS-3-2	
項目		測定二次応力			
総データ数(解放ひずみの個数)		6	7	8	
弾性係数E(MPa)			1,471		
ポアソン比ν			0.35		
6 応 力 成 分	$\sigma_X$ (MPa)	-2.26	-1.86	-1.91	
	$\sigma_Y$ (MPa)	-2.74	-1.91	-1.95	
	$\sigma_Z$ (MPa)	-3.30	-2.41	-2.11	
	$\tau_{XY}$ (MPa)	0.06	0.03	0.01	
	$\tau_{YZ}$ (MPa)	-0.19	-0.18	-0.17	
	$\tau_{ZX}$ (MPa)	0.23	0.23	0.01	
三次 元 主 応 力	$\sigma_1$ (MPa)	-2.22	-1.77	-1.84	
	$\sigma_2$ (MPa)	-2.69	-1.87	-1.91	
	$\sigma_3$ (MPa)	-3.41	-2.55	-2.22	
	$\sigma_1'$ 方位角H1(°)	2.1	-18.6	267.5	
	傾斜角V1(°)	11.7	23.4	32.0	
	$\sigma_2'$ 方位角H2(°)	268.6	248.0	0.7	
	傾斜角V2(°)	16.4	8.1	3.0	
	$\sigma_3'$ 方位角H3(°)	126.0	140.1	94.8	
	傾斜角V3(°)	69.7	65.2	57.8	
面内 応 力	X-Y (水平面)	$\sigma_X$ (MPa)	-2.26	-1.86	-1.91
		$\sigma_Y$ (MPa)	-2.74	-1.91	-1.95
		$\tau_{XY}$ (MPa)	0.06	0.03	0.01
		$\sigma_1'$ (MPa)	-2.26	-1.84	-1.91
		$\sigma_2'$ (MPa)	-2.76	-1.93	-1.95
		$\theta$ (°)	6.8	27.6	12.8
	Y-Z (南北断面)	$\sigma_Y$ (MPa)	-2.74	-1.91	-1.95
		$\sigma_Z$ (MPa)	-3.30	-2.41	-2.11
		$\tau_{YZ}$ (MPa)	-0.19	-0.18	-0.17
		$\sigma_1'$ (MPa)	-2.69	-1.85	-1.84
		$\sigma_2'$ (MPa)	-3.36	-2.46	-2.22
		$\theta$ (°)	-16.9	-17.6	-32.1
	Z-X (東西断面)	$\sigma_Z$ (MPa)	-3.30	-2.41	-2.11
		$\sigma_X$ (MPa)	-2.26	-1.86	-1.91
		$\tau_{ZX}$ (MPa)	0.23	0.23	0.01
		$\sigma_1'$ (MPa)	-2.22	-1.78	-1.91
		$\sigma_2'$ (MPa)	-3.35	-2.49	-2.11
		$\theta$ (°)	77.8	69.7	86.9

### 座標系

X軸：東西軸（西をプラス）

Y軸：南北軸（南をプラス）

Z軸：鉛直軸（上をプラス）

### 三次元主応力

$\sigma_1$ ：最小主応力

$\sigma_2$ ：中間主応力

$\sigma_3$ ：最大主応力

H：方位角(X軸から水平面内で半時計回りの角度)

V：傾斜角(水平面からの立上り角度)

### 面内応力

$\sigma_1'$ ：最小主応力

$\sigma_2'$ ：最大主応力

$\theta$ ：各面最初の文字から次の文字への(X-Y面ならXからYへの)  $\sigma_1$ の角度

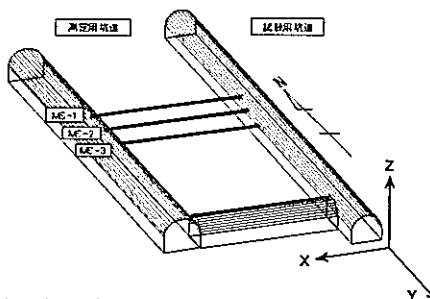


表5.8 オーバーコアリングによる測定二次応力[試算2]

測点番号		MS-1-2	MS-2-2	MS-3-2	
項目		測定二次応力			
総データ数(解放ひずみの個数)		3	7	8	
弾性係数E(MPa)		1,471			
ボアソン比ν		0.35			
6 応 力 成 分	$\sigma X(\text{MPa})$	計算不能	-1.84	-1.91	
	$\sigma Y(\text{MPa})$		-1.90	-1.93	
	$\sigma Z(\text{MPa})$		-2.38	-2.10	
	$\tau XY(\text{MPa})$		0.03	0.01	
	$\tau YZ(\text{MPa})$		-0.18	-0.15	
	$\tau ZX(\text{MPa})$		0.22	0.01	
三次 元 主 応 力	$\sigma 1(\text{MPa})$		-1.76	-1.84	
	$\sigma 2(\text{MPa})$		-1.85	-1.91	
	$\sigma 3(\text{MPa})$		-2.51	-2.19	
	$\sigma 1$ 方位角H1(°)		-16.9	267.2	
	傾斜角V1(°)		22.7	30.9	
	$\sigma 2$ 方位角H2(°)		249.3	-1.8	
面 内 応 力	傾斜角V2(°)		9.2	4.0	
	$\sigma 3$ 方位角H3(°)		138.7	95.8	
	傾斜角V3(°)		65.3	58.8	
	$\sigma X(\text{MPa})$		-1.84	-1.91	
	$\sigma Y(\text{MPa})$		-1.90	-1.93	
	$\tau XY(\text{MPa})$		0.03	0.01	
X-Y (水平面)	$\sigma 1'(\text{MPa})$		-1.82	-1.90	
	$\sigma 2'(\text{MPa})$		-1.91	-1.94	
	$\theta(^{\circ})$		24.8	19.9	
	$\sigma Y(\text{MPa})$		-1.90	-1.93	
	$\sigma Z(\text{MPa})$		-2.38	-2.10	
	$\tau YZ(\text{MPa})$		-0.18	-0.15	
Y-Z (南北断面)	$\sigma 1'(\text{MPa})$		-1.84	-1.84	
	$\sigma 2'(\text{MPa})$		-2.44	-2.19	
	$\theta(^{\circ})$		-17.9	-31.0	
	$\sigma Z(\text{MPa})$		-2.38	-2.10	
	$\sigma X(\text{MPa})$		-1.84	-1.91	
	$\tau ZX(\text{MPa})$		0.22	0.01	
Z-X (東西断面)	$\sigma 1'(\text{MPa})$		-1.77	-1.91	
	$\sigma 2'(\text{MPa})$		-2.46	-2.10	
	$\theta(^{\circ})$		70.2	86.5	

### 座標系

X軸: 東西軸(西をプラス)

Y軸: 南北軸(南をプラス)

Z軸: 鉛直軸(上をプラス)

### 三次元主応力

$\sigma 1$ : 最小主応力

$\sigma 2'$ : 中間主応力

$\sigma 3$ : 最大主応力

H: 方位角(X軸から水平面内で半時計回りの角度)

V: 傾斜角(水平面からの立上り角度)

### 面内応力

$\sigma 1'$ : 最小主応力

$\sigma 2'$ : 最大主応力

$\theta$ : 各面最初の文字から次の文字への(X-Y面ならXからYへの)  $\sigma 1'$  の角

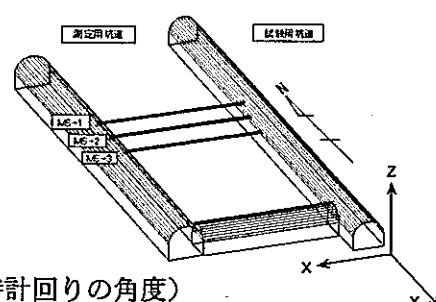


表5.9 オーバーコアリングによる測定二次応力[試算3]

測点番号		MS-1-2	MS-2-2	MS-3-2
項目		測定二次応力		
総データ数(解放ひずみの個)		3	7	8
弾性係数E(MPa)			1,471	
ポアソン比ν			0.35	
6 応 力 成 分	σX(MPa)	計算不能	-1.84	-1.90
	σY(MPa)		-1.88	-1.97
	σZ(MPa)		-2.41	-2.22
	τXY(MPa)		0.04	0.03
	τYZ(MPa)		-0.18	-0.17
	τZX(MPa)		0.24	0.00
三次 元 主 応 力	σ1(MPa)		-1.75	-1.87
	σ2(MPa)		-1.83	-1.92
	σ3(MPa)		-2.55	-2.30
	σ1 方位角H1(°)		-19.5	228.4
	傾斜角V1(°)		23.3	20.1
	σ2 方位角H2(°)		247.0	-33.1
	傾斜角V2(°)		7.5	17.0
	σ3 方位角H3(°)		140.5	92.4
	傾斜角V3(°)		65.4	62.8
面 内 応 力	σX(MPa)		-1.84	-1.90
	σY(MPa)		-1.88	-1.97
	τXY(MPa)		0.04	0.03
	σ1'(MPa)		-1.82	-1.89
	σ2'(MPa)		-1.90	-1.98
	θ(°)		32.1	17.2
	σY(MPa)		-1.88	-1.97
	σZ(MPa)		-2.41	-2.22
	τYZ(MPa)		-0.18	-0.17
	σ1'(MPa)		-1.82	-1.88
	σ2'(MPa)		-2.47	-2.30
	θ(°)		-17.2	-27.2
	σZ(MPa)		-2.41	-2.22
	σX(MPa)		-1.84	-1.90
	τZX(MPa)		0.24	0.00

### 座標系

X軸：東西軸(西をプラス)

Y軸：南北軸(南をプラス)

Z軸：鉛直軸(上をプラス)

### 三次元主応力

σ1：最小主応力

σ2：中間主応力

σ3：最大主応力

H：方位角(X軸から水平面内で半時計回りの角度)

V：傾斜角(水平面からの立上り角度)

### 面内応力

σ1'：最小主応力

σ2'：最大主応力

θ：各面最初の文字から次の文字への(X-Y面ならXからYへの) σ1' の角

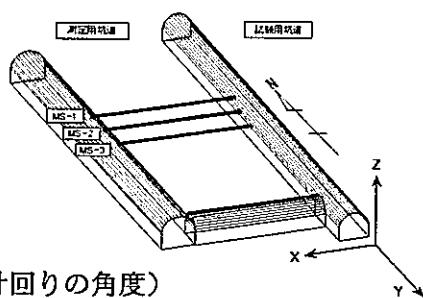


表5.10 オーバーコアリングによる測定二次応力[試算4]

測点番号		MS-1-2	MS-2-2	MS-3-2	
項目		測定二次応力			
総データ数(解放ひずみの個)		3	7	8	
弾性係数E(MPa)		1,471			
ポアソン比ν		0.35			
6 応 力 成 分	$\sigma X(MPa)$	-1.75	-1.84	-1.90	
	$\sigma Y(MPa)$	-2.60	-1.88	-1.97	
	$\sigma Z(MPa)$	-3.01	-2.41	-2.22	
	$\tau XY(MPa)$	-0.12	0.04	0.03	
	$\tau YZ(MPa)$	-0.23	-0.18	-0.17	
	$\tau ZX(MPa)$	0.39	0.24	0.00	
三次元主応力	$\sigma 1(MPa)$	-1.61	-1.75	-1.87	
	$\sigma 2(MPa)$	-2.57	-1.83	-1.92	
	$\sigma 3(MPa)$	-3.19	-2.55	-2.30	
	$\sigma 1$ 方位角H1(°)	-10.8	-19.5	228.4	
	傾斜角V1(°)	17.0	23.3	20.1	
	$\sigma 2$ 方位角H2(°)	254.6	247.0	-33.1	
	傾斜角V2(°)	14.7	7.5	17.0	
	$\sigma 3$ 方位角H3(°)	125.9	140.5	92.4	
	傾斜角V3(°)	67.2	65.4	62.8	
面内応力	X-Y (水平面)	$\sigma X(MPa)$	-1.75	-1.84	-1.90
		$\sigma Y(MPa)$	-2.60	-1.88	-1.97
		$\tau XY(MPa)$	-0.12	0.04	0.03
		$\sigma 1'(MPa)$	-1.74	-1.82	-1.89
		$\sigma 2'(MPa)$	-2.61	-1.90	-1.98
		$\theta(^{\circ})$	-7.7	32.1	17.2
	Y-Z (南北断面)	$\sigma Y(MPa)$	-2.60	-1.88	-1.97
		$\sigma Z(MPa)$	-3.01	-2.41	-2.22
		$\tau YZ(MPa)$	-0.23	-0.18	-0.17
		$\sigma 1'(MPa)$	-2.49	-1.82	-1.88
		$\sigma 2'(MPa)$	-3.12	-2.47	-2.30
		$\theta(^{\circ})$	-23.9	-17.2	-27.2
	Z-X (東西断面)	$\sigma Z(MPa)$	-3.01	-2.41	-2.22
		$\sigma X(MPa)$	-1.75	-1.84	-1.90
		$\tau ZX(MPa)$	0.39	0.24	0.00
		$\sigma 1'(MPa)$	-1.64	-1.76	-1.90
		$\sigma 2'(MPa)$	-3.13	-2.50	-2.22
		$\theta(^{\circ})$	73.9	69.9	-89.3

※MS-2-2, MS-3-2は試算3と同じ

### 座標系

X軸: 東西軸(西をプラス)

Y軸: 南北軸(南をプラス)

Z軸: 鉛直軸(上をプラス)

### 三次元主応力

$\sigma 1$ : 最小主応力

$\sigma 2$ : 中間主応力

$\sigma 3$ : 最大主応力

H: 方位角(X軸から水平面内で半時計回りの角度)

V: 傾斜角(水平面からの立上り角度)

### 面内応力

$\sigma 1'$ : 最小主応力

$\sigma 2'$ : 最大主応力

$\theta$ : 各面最初の文字から次の文字への(X-Y面ならXからYへの)  $\sigma 1'$  の角

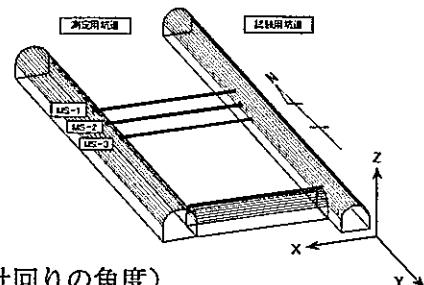


表5.11 逆算による推定初期応力[96年3月報告書]

測点番号		MS-1-2	MS-2-2	MS-3-2		
項目		推定二次応力		測定二次応力		
総データ数(解放ひずみの個)		-		7		
弾性係数E(MPa)		1,471				
ポアソン比ν		0.35				
6 応 力 成 分	σX(MPa)	-1.39	-1.80	-1.91		
	σY(MPa)	-1.91	-1.82	-1.90		
	σZ(MPa)	-3.17	-2.75	-2.06		
	τXY(MPa)	-0.44	0.01	0.01		
	τYZ(MPa)	-0.06	-0.12	-0.12		
	τZX(MPa)	0.32	0.11	0.01		
三次 元 主 応 力	σ1(MPa)	-1.09	-1.78	-1.83		
	σ2(MPa)	-2.16	-1.80	-1.90		
	σ3(MPa)	-3.23	-2.78	-2.12		
	σ1 方位角H1(°)	-28.8	2.3	266.3		
	傾斜角V1(°)	8.5	6.1	27.4		
	σ2 方位角H2(°)	62.0	-88.6	-1.3		
	傾斜角V2(°)	5.2	7.7	5.3		
	σ3 方位角H3(°)	183.4	130.2	99.2		
	傾斜角V3(°)	80.0	80.2	62.0		
面 内 応 力	X-Y (水平面)		σX(MPa)	-1.39	-1.80	-1.91
	σY(MPa)	-1.91	-1.82	-1.90		
	τXY(MPa)	-0.44	0.01	0.01		
	σ1'(MPa)	-1.14	-1.78	-1.89		
	σ2'(MPa)	-2.17	-1.82	-1.91		
	θ(°)	-29.6	23.8	59.6		
	Y-Z (南北断面)		σY(MPa)	-1.91	-1.82	-1.90
	σZ(MPa)	-3.17	-2.75	-2.06		
	τYZ(MPa)	-0.06	-0.12	-0.12		
	σ1'(MPa)	-1.91	-1.78	-1.83		
	σ2'(MPa)	-3.18	-2.77	-2.12		
	θ(°)	-2.9	-7.5	-27.6		
	Z-X (東西断面)		σZ(MPa)	-3.17	-2.75	-2.06
	σX(MPa)	-1.39	-1.80	-1.91		
	τZX(MPa)	0.32	0.11	0.01		
	σ1'(MPa)	-1.33	-1.78	-1.90		
	σ2'(MPa)	-3.23	-2.77	-2.06		
	θ(°)	80.1	83.5	85.3		

\*MS-1-2およびMS-2-2はMS-3-2の初期応力結果に  
掘削に伴う応力変化分を加え逆算した値

### 座標系

X軸：東西軸(西をプラス)

Y軸：南北軸(南をプラス)

Z軸：鉛直軸(上をプラス)

### 三次元主応力

σ1：最小主応力

σ2：中間主応力

σ3：最大主応力

H：方位角(X軸から水平面内で半時計回りの角度)

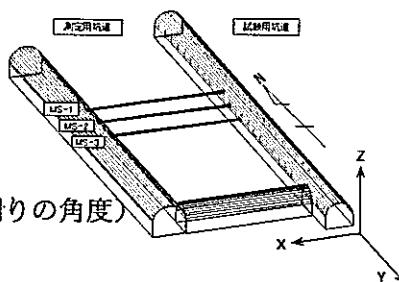
V：傾斜角(水平面からの立上り角度)

### 面内応力

σ1'：最小主応力

σ2'：最大主応力

θ：各面最初の文字から次の文字への(X-Y面ならXからYへの) σ1の角



二次応力 試算1	面 内 応 力 (MPa)			3次元主応力(MPa)		6応力成分 (MPa)
	X-Y面	Y-Z面	Z-X面	X-Y面	シユミットネット 下半球投影	
MS-1-2						$\sigma_x = -2.26$ $\sigma_y = -2.74$ $\sigma_z = -3.30$ $\tau_{xy} = 0.06$ $\tau_{yz} = -0.19$ $\tau_{zx} = 0.23$
MS-2-2						$\sigma_x = -1.86$ $\sigma_y = -1.91$ $\sigma_z = -2.41$ $\tau_{xy} = 0.03$ $\tau_{yz} = -0.18$ $\tau_{zx} = 0.23$
MS-3-2						$\sigma_x = -1.91$ $\sigma_y = -1.95$ $\sigma_z = -2.11$ $\tau_{xy} = 0.01$ $\tau_{yz} = -0.17$ $\tau_{zx} = 0.01$

〔座標系〕  
X軸:ボーリング孔軸(孔口側をプラス)  
Y軸:坑道軸(坑口側をプラス)  
Z軸:鉛直軸(上側をプラス)

〔面内応力〕  
 $\sigma_1'$ :面内最小応力  
 $\sigma_2'$ :面内最大応力  
 $\theta$ : $\sigma_1'$ の角度で各面内名最初の文字から次の文字へを正とする(X-Y面ならX軸からY軸方向への角度を正とする)  
〔三次元主応力〕  
 $\sigma_1$ :最小主応力  
 $\sigma_2$ :中間主応力  
 $\sigma_3$ :最大主応力  
H:水平面内でX軸から反時計回りを正とする各主応力の角度  
V:各主応力の水平面からの立ち上がり角度

〔座標系〕  
X軸:ボーリング孔軸(孔口側をプラス)  
Y軸:坑道軸(坑口側をプラス)  
Z軸:鉛直軸(上側をプラス)

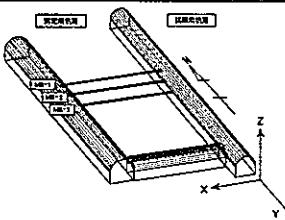


図5.7 測定二次応力解析結果[試算1]

二次応力 試算2	面内応力(MPa)			三次元主応力(MPa)		6応力成分 (MPa)
	X-Y面	Y-Z面	Z-X面	X-Y面	シユミットネット下半球投影	
MS-1-2 (計算不能)						$\sigma_X$
MS-2-2						$\sigma_X$ -1.84 $\sigma_Y$ -1.90 $\sigma_Z$ -2.38 $\tau_{XY}$ 0.03 $\tau_{YZ}$ -0.18 $\tau_{ZX}$ 0.22
MS-3-2						$\sigma_X$ -1.91 $\sigma_Y$ -1.93 $\sigma_Z$ -2.10 $\tau_{XY}$ 0.01 $\tau_{YZ}$ -0.15 $\tau_{ZX}$ 0.01

[座標系]

X軸:東西軸(西をプラス)  
Y軸:南北軸(南をプラス)  
Z軸:鉛直軸(上をプラス)

[面内応力]

$\sigma_1'$ :面内最小応力  
 $\sigma_2'$ :面内最大応力  
 $\theta$ :各面内最初の文字から次の文字への(X-Y面ではX軸からY軸への)  $\sigma_1'$ の角度

[三次元主応力]

$\sigma_1$ :最小主応力  
 $\sigma_2$ :中間主応力  
 $\sigma_3$ :最大主応力  
H:水平面内でX軸からの反時計回りの角度  
V:水平面からの立ち上り角度

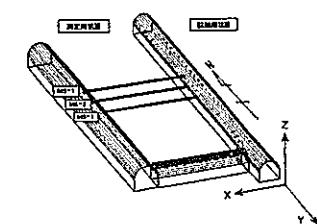


図5.8 測定二次応力解析結果〔試算2〕

二次応力 試算3	面内応力(MPa)			三次元主応力(MPa)		6応力成分 (MPa)
	X-Y面	Y-Z面	Z-X面	X-Y面	シュミットネット下半球投影	
MS-1-2 (計算不能)						$\sigma_X$
MS-2-2						$\sigma_X = -1.84$ $\sigma_Y = -1.88$ $\sigma_Z = -2.41$ $\tau_{XY} = 0.04$ $\tau_{YZ} = -0.18$ $\tau_{ZX} = 0.24$
MS-3-2						$\sigma_X = -1.90$ $\sigma_Y = -1.97$ $\sigma_Z = -2.22$ $\tau_{XY} = 0.03$ $\tau_{YZ} = -0.17$ $\tau_{ZX} = -0.00$

[ 座標系 ]

X 軸:東西軸(西をプラス)  
Y 軸:南北軸(南をプラス)  
Z 軸:鉛直軸(上をプラス)

[ 面内応力 ]

$\sigma_1'$ :面内最小応力  
 $\sigma_2'$ :面内最大応力  
 $\theta$ :各面内最初の文字から次の文字への(X-Y面ではX軸からY軸への)  $\sigma_1'$ の角度

[ 三次元主応力 ]

$\sigma_1$ :最小主応力  
 $\sigma_2$ :中間主応力  
 $\sigma_3$ :最大主応力  
H:水平面内でX軸からの反時計回りの角度  
V:水平面からの立ち上り角度

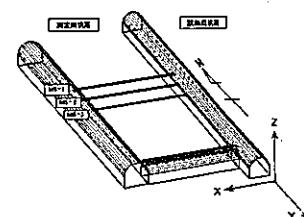


図5.9 測定二次応力解析結果[ 試算3 ]

二次応力 試算4	面内応力(MPa)			三次元主応力(MPa)		6応力成分 (MPa)
	X-Y面	Y-Z面	Z-X面	X-Y面	シユミットネット下半球投影	
MS-1-2						$\sigma_X = -1.75$ $\sigma_Y = -2.60$ $\sigma_Z = -3.01$ $\tau_{XY} = -0.12$ $\tau_{YZ} = -0.23$ $\tau_{ZX} = 0.39$
MS-2-2						$\sigma_X = -1.84$ $\sigma_Y = -1.88$ $\sigma_Z = -2.41$ $\tau_{XY} = 0.04$ $\tau_{YZ} = -0.18$ $\tau_{ZX} = 0.24$
MS-3-2						$\sigma_X = -1.90$ $\sigma_Y = -1.97$ $\sigma_Z = -2.22$ $\tau_{XY} = 0.03$ $\tau_{YZ} = -0.17$ $\tau_{ZX} = -0.00$

## [ 座標系 ]

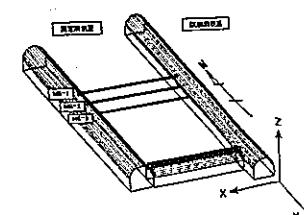
X 軸:東西軸(西をプラス)  
Y 軸:南北軸(南をプラス)  
Z 軸:鉛直軸(上をプラス)

## [ 面内応力 ]

$\sigma_1'$ :面内最小応力  
 $\sigma_2'$ :面内最大応力  
 $\theta$ :各面内最初の文字から次の文字への(X-Y面ではX軸からY軸への)  $\sigma_1'$ の角度

## [ 三次元主応力 ]

$\sigma_1$ :最小主応力  
 $\sigma_2$ :中間主応力  
 $\sigma_3$ :最大主応力  
H:水平面内でX軸からの反時計回りの角度  
V:水平面からの立ち上り角度



※MS-2-2,MS-3-2は試算3と同じ

図5.10 測定二次応力解析結果〔試算4〕

二次応力 既往96年	面内応力(MPa)			三次元主応力(MPa)		6応力成分 (MPa)
	X-Y面	Y-Z面	Z-X面	X-Y面	シュミットネット下半球投影	
MS-1-2				$\sigma_2 = -2.16$ $H = 62.0^\circ$ $V = 5.2^\circ$ $\sigma_1 = -1.09$ $H = -28.8^\circ$ $V = 8.5^\circ$ $\sigma_3 = -3.23$ $H = 183.4^\circ$ $V = 80.0^\circ$		$\sigma_X = -1.39$ $\sigma_Y = -1.91$ $\sigma_Z = -3.17$ $\tau_{XY} = -0.44$ $\tau_{YZ} = -0.06$ $\tau_{ZX} = 0.32$
MS-2-2				$\sigma_1 = -1.78$ $H = 2.3^\circ$ $V = 6.1^\circ$ $\sigma_2 = -1.80$ $H = -88.6^\circ$ $V = 7.7^\circ$ $\sigma_3 = -2.78$ $H = 130.2^\circ$ $V = 80.2^\circ$		$\sigma_X = -1.80$ $\sigma_Y = -1.82$ $\sigma_Z = -2.75$ $\tau_{XY} = 0.01$ $\tau_{YZ} = -0.12$ $\tau_{ZX} = 0.11$
MS-3-2				$\sigma_2 = -1.90$ $H = 1.3^\circ$ $V = 5.3^\circ$ $\sigma_1 = -1.83$ $H = 266.3^\circ$ $V = 27.4^\circ$ $\sigma_3 = -2.12$ $H = 99.2^\circ$ $V = 62.0^\circ$		$\sigma_X = -1.91$ $\sigma_Y = -1.90$ $\sigma_Z = -2.06$ $\tau_{XY} = 0.01$ $\tau_{YZ} = -0.12$ $\tau_{ZX} = 0.01$

## [座標系]

X軸:東西軸(西をプラス)  
Y軸:南北軸(南をプラス)  
Z軸:鉛直軸(上をプラス)

## [面内応力]

$\sigma_1$ :面内最小応力  
 $\sigma_2$ :面内最大応力  
 $\theta$ :各面内最初の文字から次の文字への(X-Y面ではX軸からY軸への)  $\sigma_1'$ の角度

## [三次元主応力]

$\sigma_1$ :最小主応力  
 $\sigma_2$ :中間主応力  
 $\sigma_3$ :最大主応力  
 $H$ :水平面内でX軸からの反時計回りの角度  
 $V$ :水平面からの立ち上り角度

※MS-1-2,MS-2-2はMS-3-2の初期応力結果に  
掘削に伴う応力変化を加え逆算により推定

図5.11 測定二次応力解析結果[96年3月報告書]

## 6. 算出結果に対する比較検討

### 6.1 初期応力

各試算および既往報告書による初期応力の算出結果を比較するために図6.1～6.3を作成した。

図6.1は主応力の方向を比較するため、シュミットネットに三次元主応力の方向を投影（下半球投影）したものである。

この図によると、試算1～試算4（ただし、MS-2-2とMS-3-2の試算3と試算4は同じ値を用いている）および96年3月報告書の結果は概ね一致し、以下のことが言える。

- (1) 最大主応力 $\sigma_3$ の方向は概ね東一西から北西一南東方向で、水平面からの立ち上がりの角度は低くほぼ水平に近い。
- (2) 中間主応力 $\sigma_2$ の方向は概ね北東一南西方向で、水平面からの立ち上がり角度は $\sigma_3$ 同様に低く10～30°程度である。
- (3) 最小主応力 $\sigma_1$ は、水平面からの立ち上がり角度が60～80°と急である。
- (4) 96年報告書の結果は、MS-1-2およびMS-2-2測点のデータは重みを考慮していないながらも、三次元主応力の方向性はほぼ一致する。（既往報告書では応力値に問題があると判断したため同様の図化は行っておらず、今回の報告書で初めてこの事実が判明した。）しかしながら、これらの結果は94年報告書の結果とを比較すると若干の違いが認められる。

図6.2は三次元主応力と平均応力（ $\sigma_{ave} = (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)/3$ または $(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)/3$ ）の値を比較したものである。この図から以下のことが言える。

- (1) MS-1孔では試算1で平均応力（以下 $\sigma_{ave}$ ）が-2.38MPaと最も大きな値を示し、94年報告書の $\sigma_{ave} = -1.38$ MPaと1MPaの差がある他、他測点と比較しても大きな値であるといえる。また、96年報告書の値はデータの重み付けを行っておらず、最小主応力は引張応力となり $\sigma_{ave}$ も-0.61MPaと小さな値を示した。
- (2) MS-2孔では、今回算出した試算1～3（試算4は試算3と同じ値使用）における $\sigma_1$ の値がいずれも-1.1MPa程度であるのに対し、他測点の今回行なった各試算結果では-1.5MPa前後である。また、 $\sigma_{ave}$ は重み付けを行なっていない96年報告書結果を除き、今回行なった試算1～3および94年結果はともに-1.5MPa程度であり良く一致する。
- (3) MS-3孔では試算1～3（重み付けは全てA、試算4は試算3と同じ値を用いてい

る) および96年報告書の結果(今回補正を行なった③ゲージのデータは重み付けにより使用していない)の $\sigma_{ave}$ が-1.6MPa程度であることや三次元主応力の大きさが概ね一致するのに対し、94年報告書の結果である $\sigma_{ave}$ -1.2MPaと比較すると大きな値となっている。また、三次元主応力の $\sigma_1$ および $\sigma_2$ についても同結果より大きな値といえる。

図6.3は直応力( $\sigma_x$ 、 $\sigma_y$ 、 $\sigma_z$ )と平均側圧比( $k = \sigma_{ave}/\sigma_z$ )を各試算で比較した図である。この図より以下のことが言える。

- (1) MS-1孔では今回行なった各試算および既往結果で大きく異なるものと言える。
- (2) MS-2孔の今回行なった試算1～3(試算4は試算3と同じ値を用いている)では側圧比がいずれも概ね1.5程度で一致するほか、直応力パターンは各試算および96年報告書結果ともに $\sigma_x > \sigma_y > \sigma_z$ となった。しかしながら、96年報告書結果(データの重み付けを考慮していない)の側圧比や94年報告書結果の平均側圧比はそれぞれ2あるいは1程度である他、94年報告書結果の直応力パターンは $\sigma_z > \sigma_x > \sigma_y$ といった違いが認められる。この違いの原因を考察すると、 $\sigma_x$ および $\sigma_y$ の値は各試算および既往結果でそれほど大きく変わらないが、 $\sigma_z$ に着目すると今回行なった試算では1.1MPa程度であるのに対し96年報告書では約0.8MPa、94年報告書では約1.6MPaといった違いがあり、これが平均側圧比や直応力パターンの違いとなって現れているようである。
- (3) MS-3孔の試算1～3(重み付けは全てA、試算4は試算3と同じ値を用いている)および96年報告書の結果(今回補正を行なった③ゲージのデータは重み付けにより使用していない)同士では側圧比および直応力パターン( $\sigma_x > \sigma_y > \sigma_z$ )ともにあまり大きな差異はない。特に、直応力の $\sigma_y$ と $\sigma_z$ の差が各試算および96年報告書結果でいずれも小さい。しかし、94年報告書の結果は応力値および側圧比ともに小さな値となっており、直応力パターンも $\sigma_z > \sigma_x > \sigma_y$ であり同孔における他の結果と異なる。ただし、同報告書における他孔の直応力パターンとは一致する。

初期応力についてまとめると以下のようである。

#### [方向性]

96年報告書データを用いた場合、解放ひずみ補正の有無や補正方法の違いにかかわらず、各測点の解析結果は概ね一致する。ただし、94年報告書結果とは一致しな

い。また、94年報告書の各測点（MS-1-1, 2-1, 3-1）の結果同志でもバラツキが認められる。

#### [応力値]

- (1) MS-1-2測点では、解放ひずみの補正や重み付けを行なっても同測点単独で得られる初期応力結果（試算1と試算4）は他測点の結果（既往結果も含む）と比べ大きな値になり、解析方法（補正方法も含む）の違いによる初期応力値への影響は大きい。従って、この測点に関しては今回設定した補正方法を施しても補えないほど掘削による影響が多くデータに含まれているものと考えられる。また、MS-1-2測点における元々の初期応力状態が、測定域の平均的な応力状態とは異なっている可能性もある。
- (2) MS-2-2測点では、各試算による応力値の違いは小さく、この測点で得られた解放ひずみ自体に含まれる坑道掘削の影響は少ないものと言える。またこのことは、解放ひずみの補正と重み付けを行なえば、比較的信頼性の高い初期応力結果が得られるもと言えよう。
- (3) MS-3-2測点のデータは、③ゲージのひずみ感度試験結果が上に凸となるような応力-ひずみ曲線が得られ、96年報告書ではこのデータを棄却し解析を行なった。今回の報告書では、このデータについて補正を行なって解析を行なった。その結果、これらの初期応力値は概ね一致する値が得られた。つまり、特異なデータを棄却した解析結果と補正した解析結果とで大きな差が生じなかつたことは、今回の補正方法の妥当性を裏付けるものと考える。また、補正の方法やひずみ感度係数の設定方法の違いによる解析結果の差が小さいということは、この測点のデータに対する坑道掘削の影響は弱く、比較的信頼性の高いデータが得られたものと判断できる。

初期応力	試算1	試算2	試算3	試算4	既往結果1 (96年報告書)	既往結果2 (94年報告書)
算定条件	ひずみ感度係数:圧力-ひずみ曲線の被り圧付近(2.45MPa)の接線勾配から求めた。 解放ひずみの補正:圧力-ひずみ曲線の被り圧付近の接線勾配のなす直線とひずみ軸との切片を補正值とした。 データの重み:全測点全てのデータ(見掛けひずみ)を用い初期応力を算出し平均値から外れるデータの重みを下げる。	ひずみ感度係数:試算1と同様。 解放ひずみの補正:圧力-ひずみ曲線の直線部とひずみ軸との切片を補正值とした。 データの重み:全測点全てのデータ(見掛けひずみ)を用い初期応力による面内ひずみ分布を作成し平均的なひずみ分布曲線から外れるデータの重みを下げる。	ひずみ感度係数:圧力-ひずみ曲線の直線部の勾配より求めた。 解放ひずみの補正:試算2および3と同様。 データの重み:全測点全てのデータ(見掛けひずみ)を用い初期応力による面内ひずみ分布を作成し平均的なひずみ分布曲線から外れるデータの重みを下げる。	ひずみ感度係数:試算3と同様。 解放ひずみの補正:試算2および3と同様。 データの重み:MS-1-2測点のみのデータ(見掛けひずみ)を用い初期応力による面内ひずみ分布を作成し平均的なひずみ分布曲線から外れるデータの重みを下げる。 MS-1-2測点単独で解析をするため行った試算。	ひずみ感度係数:試算1および2と同様。 解放ひずみの補正なし。 データの重み:オーバーコアリング、ひずみ感度試験のゲージ挙動および平均的なひずみ分布曲線との比較により判断した。	ひずみ感度係数:応力-ひずみ曲線の割線勾配を用いた。 解放ひずみの補正なし。 データの重み:オーバーコアリング、ひずみ感度試験のゲージ挙動および平均的なひずみ分布曲線との比較により判断した。 直接的に初期応力を測定した。
MS-1-2		重み付けにより棄却データが多いため解析不能	重み付けにより棄却データが多いため解析不能			
MS-2-2						
MS-3-2						
総合						

〔三次元主応力〕

●  $\sigma_1$ :最小主応力●  $\sigma_2$ :中間主応力●  $\sigma_3$ :最大主応力

(※投影法は下半球投影、応力は圧縮を負で表現している。単位:MPa)

図6.1 初期応力の三次元主応力シユミットネット投影比較一覧

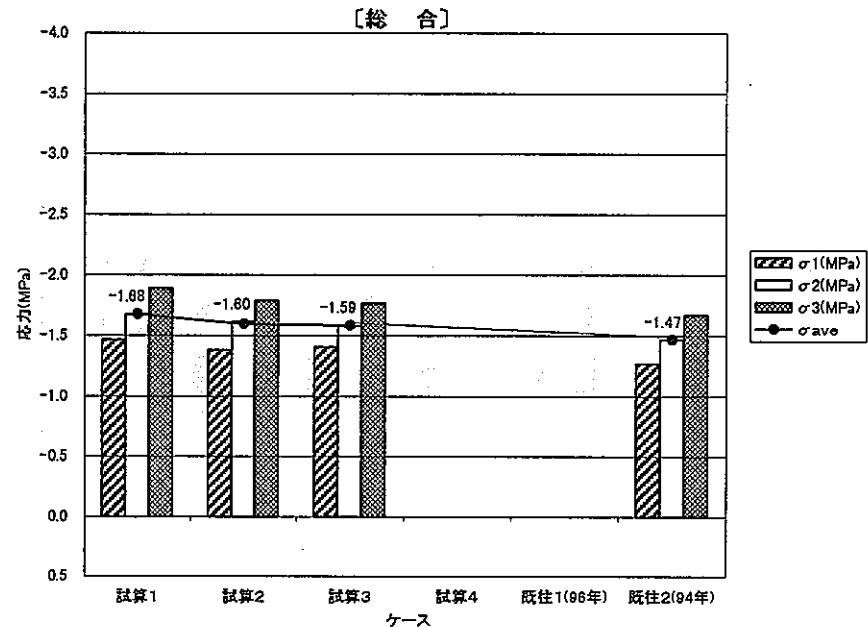
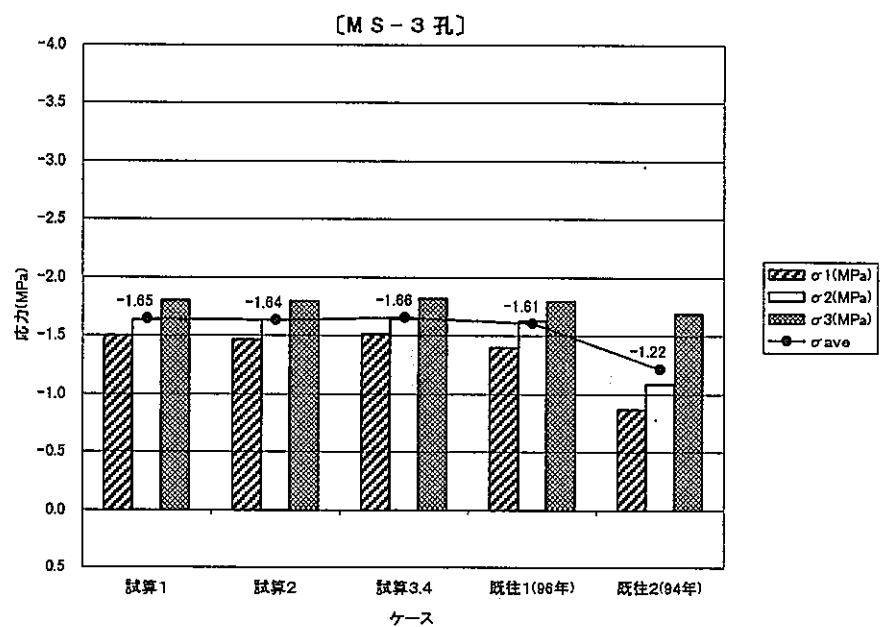
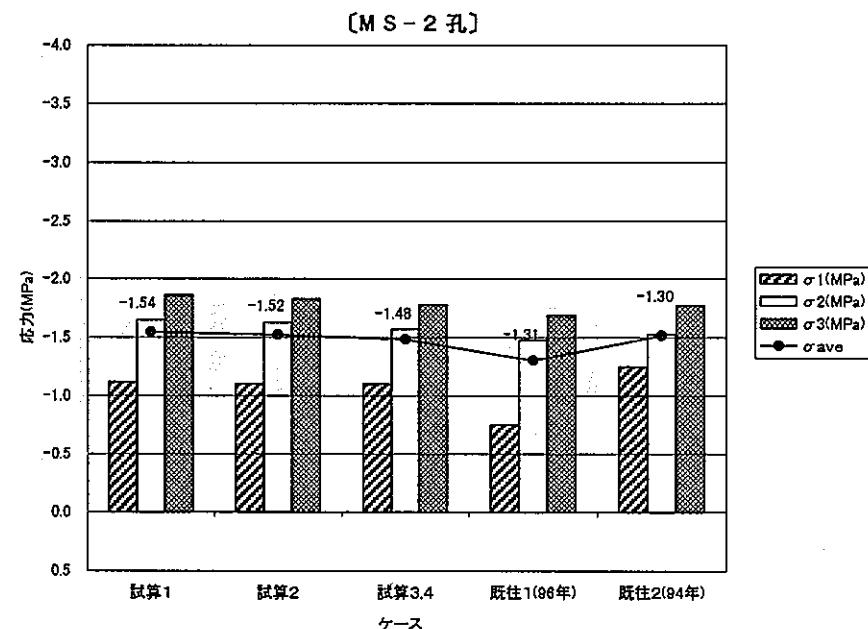
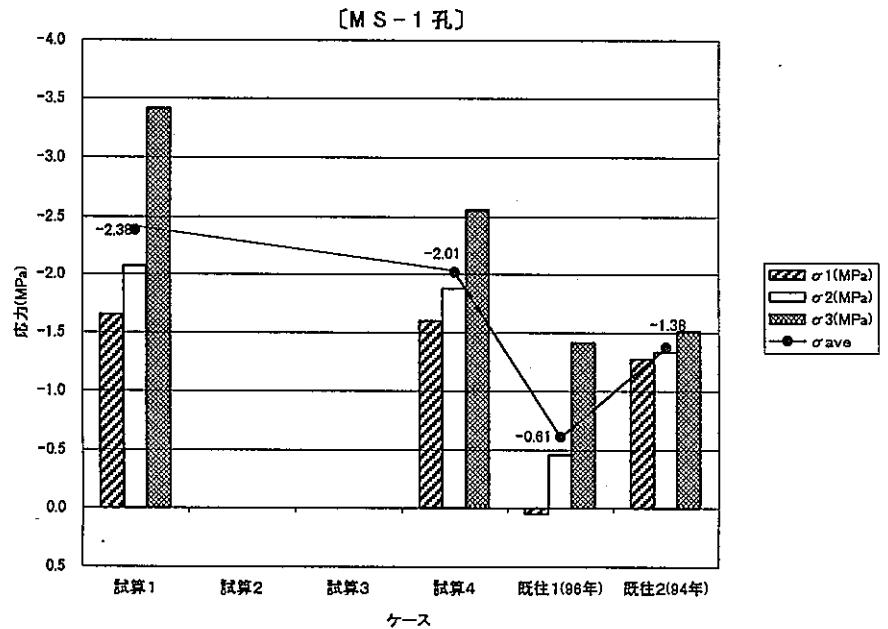


図 6.2 三次元主応力と平均応力の比較一覧[初期応力]

(数字は平均応力  $\sigma_{ave}$ )

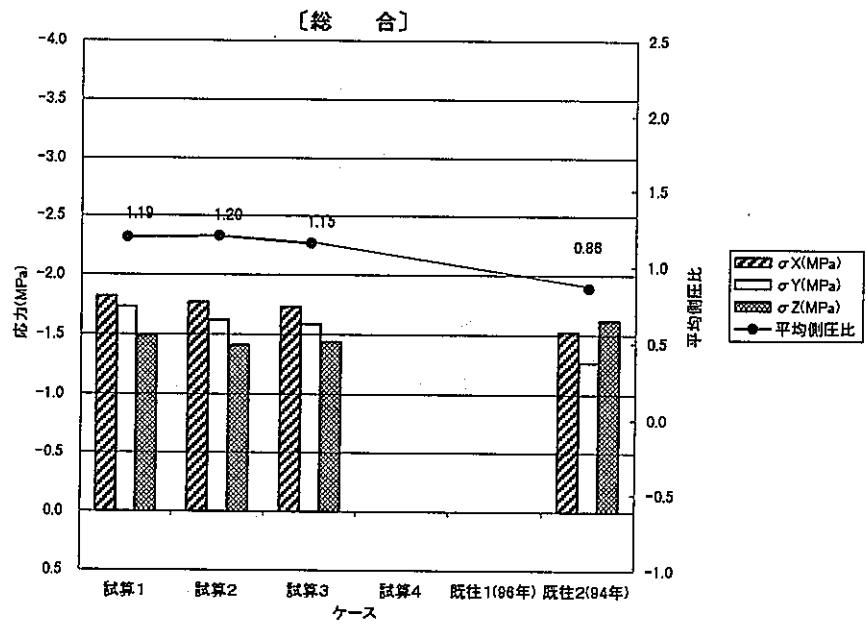
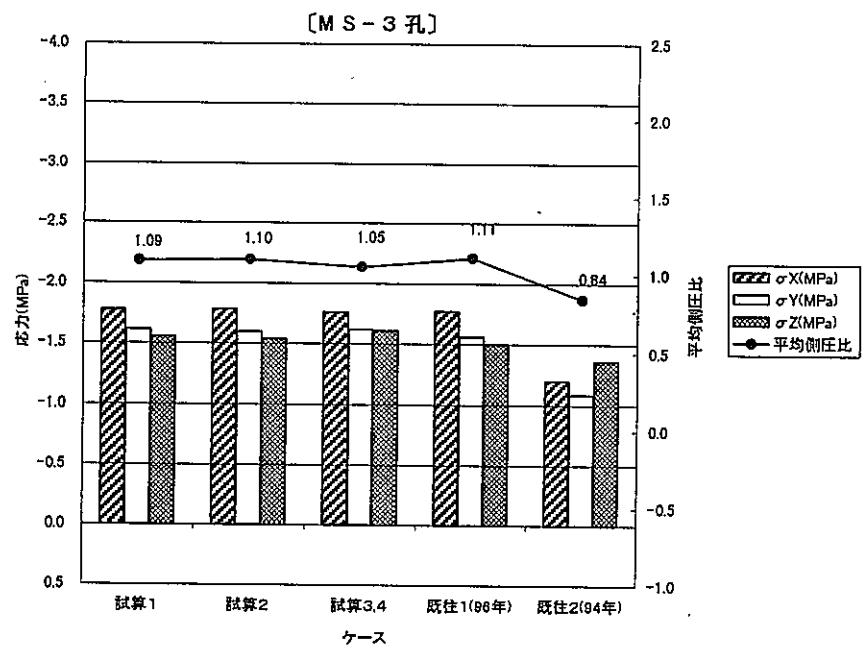
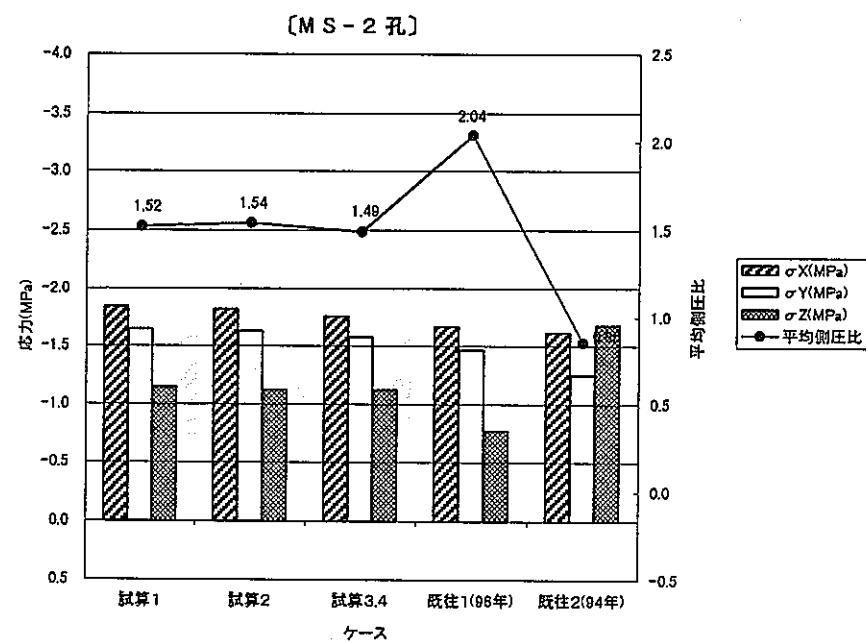
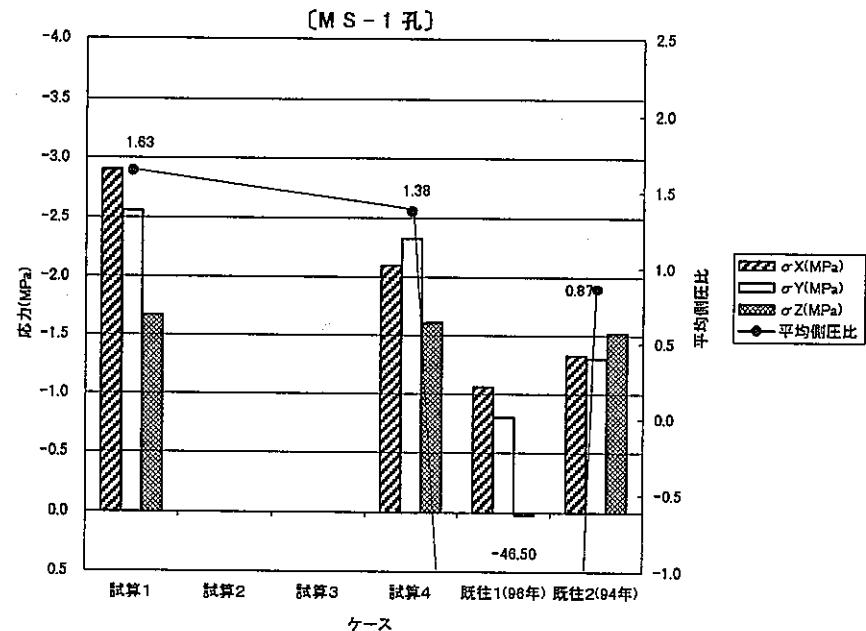


図 6.3 直応力と平均側圧比の比較[初期応力]

(数字は平均側圧比)

## 6.2 二 次 応 力

今回行なった各試算および既往報告書による二次応力の算出結果を比較するために図6.4～6.6を作成した。

図6.4は主応力の方向を比較するため、シュミットネットに三次元主応力の方向を投影（下半球投影）したものである。

この図にから以下のことが言える。

- (1) 最大主応力 $\sigma_3$  の方向はいずれの場合もほぼ鉛直方向である。
- (2) 中間主応力 $\sigma_2$  の方向はMS-1-2およびMS-2-2測点ではほぼ南北方向（坑道縦断方向）MS-3-2測点ではほぼ東西方向（坑道横断方向）であり、水平面からの立ち上がり角度はいずれも水平に近い。
- (3) 最小主応力 $\sigma_1$  の方向は、 $\sigma_2$  のパターンと逆であり角度が60～80°と急である。MS-1-2およびMS-2-2測点ではほぼ東西方向（坑道横断方向）MS-3-2測点ではほぼ南北方向（坑道縦断方向）であり、水平面からの立ち上がり角度はいずれも水平に近い。

図6.5は三次元主応力と平均応力の値を比較したものである。この図では、以下のことが言える。

- (1) MS-1孔では平均応力が解析の手法により-2.2～-2.8 MPaの間で変化するがそれ程大きな違いではない。また、 $\sigma_1$  はそれ程変化しないが、 $\sigma_2$  と特に $\sigma_3$  で大きく変化する。
- (2) MS-2孔では96年報告書の結果が今回行なった4試算に比べ $\sigma_z$  が約0.2MPa、 $\sigma_{ave}$  が約0.1MPa大きい程度であり大きな違いはない。
- (3) MS-3孔ではあまり大きな違いは認められない。
- (4) MS-1孔の96年報告書結果、MS-2孔およびMS-3孔の全ての試算結果で $\sigma_{ave}$  は概ね2 MPa 程度で一致する。

図6.6は直応力（ $\sigma_x$ 、 $\sigma_y$ 、 $\sigma_z$ ）と平均側圧比を各試算で比較した図である。この図から以下のことが言える。

- (1) MS-1孔では $\sigma_z$  の違いは各試算および既往結果でそれ程大きくないが、水平面内の応力である $\sigma_x$  および $\sigma_y$  が他試算と比較し96年報告書結果では小さな値となっており、特に、 $\sigma_x$  は解析手法により最大1 MPa 程度の違いがみられる。このため、試算1および4の側圧比が0.7 程度であるのに対し96年報告書では0.5 程

度と小さい。

- (2) MS-2孔では96年報告書結果の $\sigma_z$ が他試算に比べ0.3MPa程度大きな値となっている。このため同報告書による側圧比が、他試算に比べ若干小さくなっている程度で解析手法の違いによる差異はあまり認められない。
- (3) MA-3孔では試算3および4で $\sigma_z$ が他試算や既往結果に比べ若干大きな値となっているが、あまり大きな差異は認められない。

二次応力についてまとめると以下のようである。

#### [方向性]

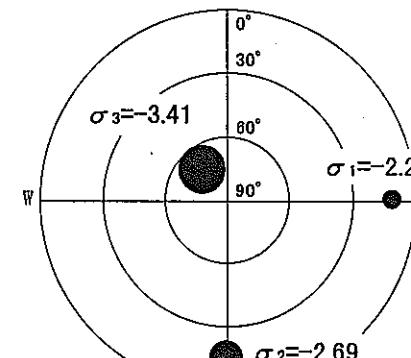
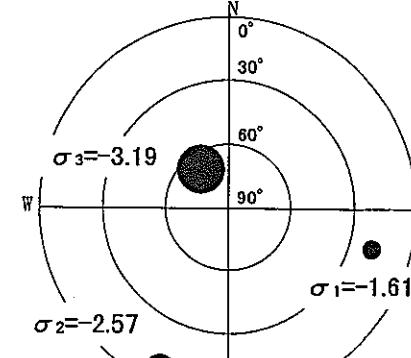
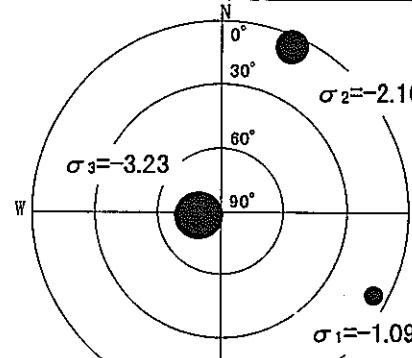
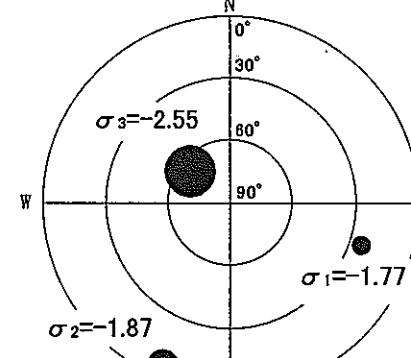
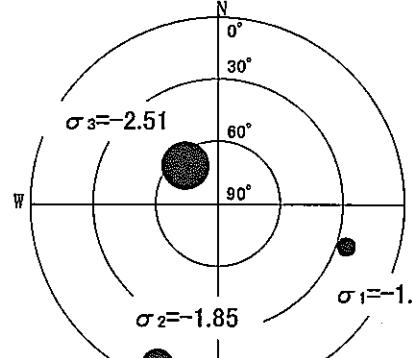
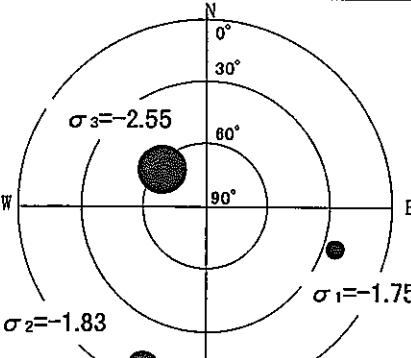
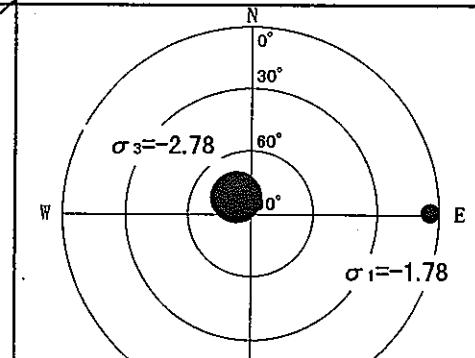
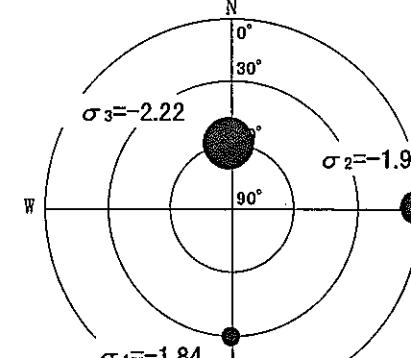
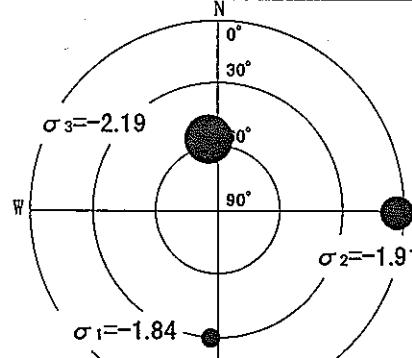
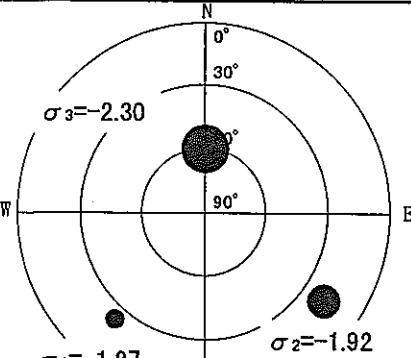
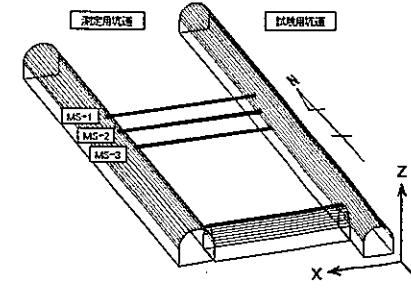
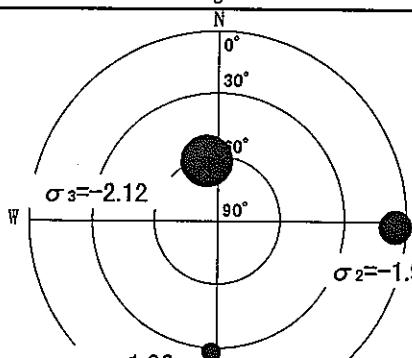
解放ひずみ補正の有無や補正方法の違いにかかわらず、各測点の解析結果は概ね一致する。

#### [応力値]

MS-1-2測点：試算により $\sigma_{ave}$ が0.5 MPa程度異なり、解析方法（補正方法も含む）の違いによる二次応力値への影響は比較的大きいと言える。

MS-2-2測点：解析手法の違いにより若干の差異は認められるがそれ程大きなものではない。

MS-3-2測点：解析手法の違いによる差異はあまり認められない。

二次応力	試算 1	試算 2	試算 3	試算 4	既往結果1 (96年報告書)
算定条件	ひずみ感度係数:圧力-ひずみ曲線の被り圧付近(2.45MPa)の接線勾配から求めた。 解放ひずみの補正:圧力-ひずみ曲線の被り圧付近の接線勾配のなす直線とひずみ軸との切片を補正值とした。 データの重み:全測点全てのデータ(見掛けひずみ)を用い初期応力による面内ひずみ分布を作成し平均的なひずみ分布曲線から外れるデータの重みを下げた。	ひずみ感度係数:試算1と同様。 解放ひずみの補正:圧力-ひずみ曲線の直線部とひずみ軸との切片を補正值とした。 データの重み:全測点全てのデータ(見掛けひずみ)を用い初期応力による面内ひずみ分布を作成し平均的なひずみ分布曲線から外れるデータの重みを下げた。	ひずみ感度係数:圧力-ひずみ曲線の直線部の勾配より求めた。 解放ひずみの補正:試算2と同様。 データの重み:全測点全てのデータ(見掛けひずみ)を用い初期応力による面内ひずみ分布を作成し平均的なひずみ分布曲線から外れるデータの重みを下げた。	ひずみ感度係数:試算3と同様。 解放ひずみの補正:試算2および3と同様。 データの重み:MS-1-2測点のみのデータ(見掛けひずみ)を用い初期応力による面内ひずみ分布を作成し平均的なひずみ分布曲線から外れるデータの重みを下げた。 MS-1-2測点単独で解析をするため行った試算。	ひずみ感度係数:試算1および2と同様。 解放ひずみの補正:なし。 データの重み:オーバーコアリング、ひずみ感度試験のゲージ挙動および平均的なひずみ分布曲線との比較により判断した。
MS-1-2		重み付けにより棄却データが多いため解析不能	重み付けにより棄却データが多いため解析不能		
MS-2-2					
MS-3-2					

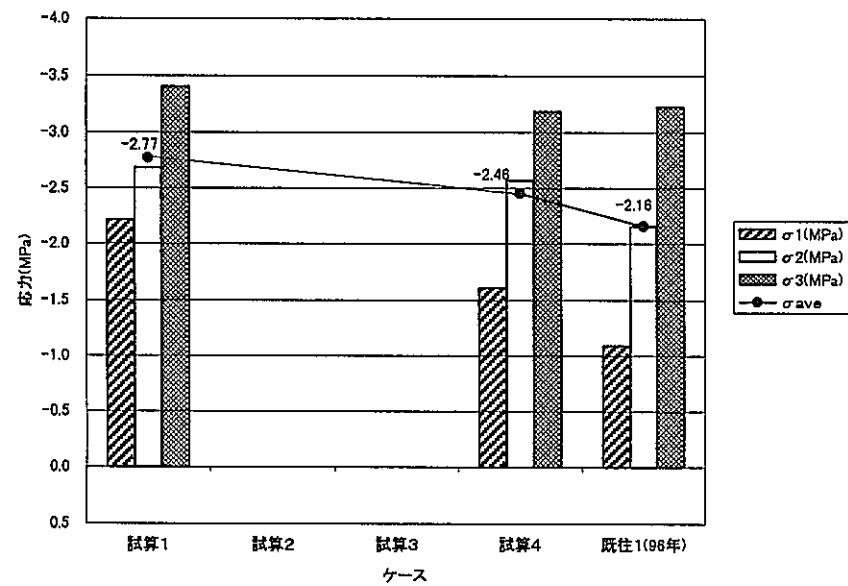
[三次元主応力]

●  $\sigma_1$ :最小主応力●  $\sigma_2$ :中間主応力●  $\sigma_3$ :最大主応力

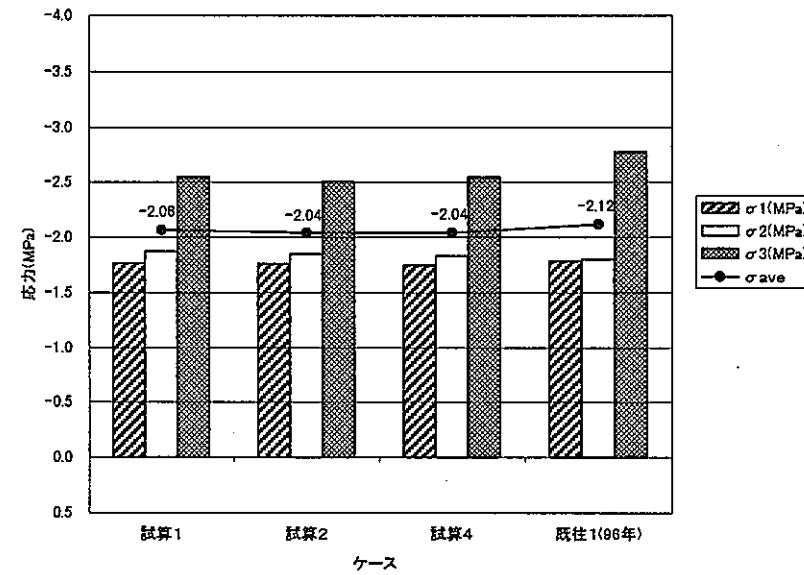
(※投影法は下半球投影、応力は圧縮を負で表現している。単位:MPa)

図6.4 二次応力の三次元主応力シムミットネット投影比較一覧

[MS-1孔]



[MS-2孔]

(数字は平均応力  $\sigma_{ave}$ )

[MS-3孔]

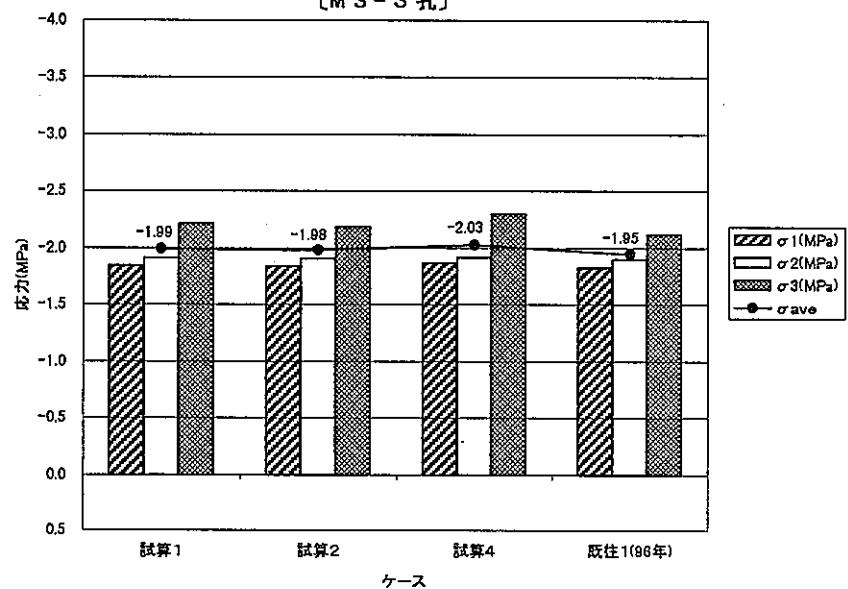


図 6.5 三次元主応力と平均応力の比較一覧[二次応力]

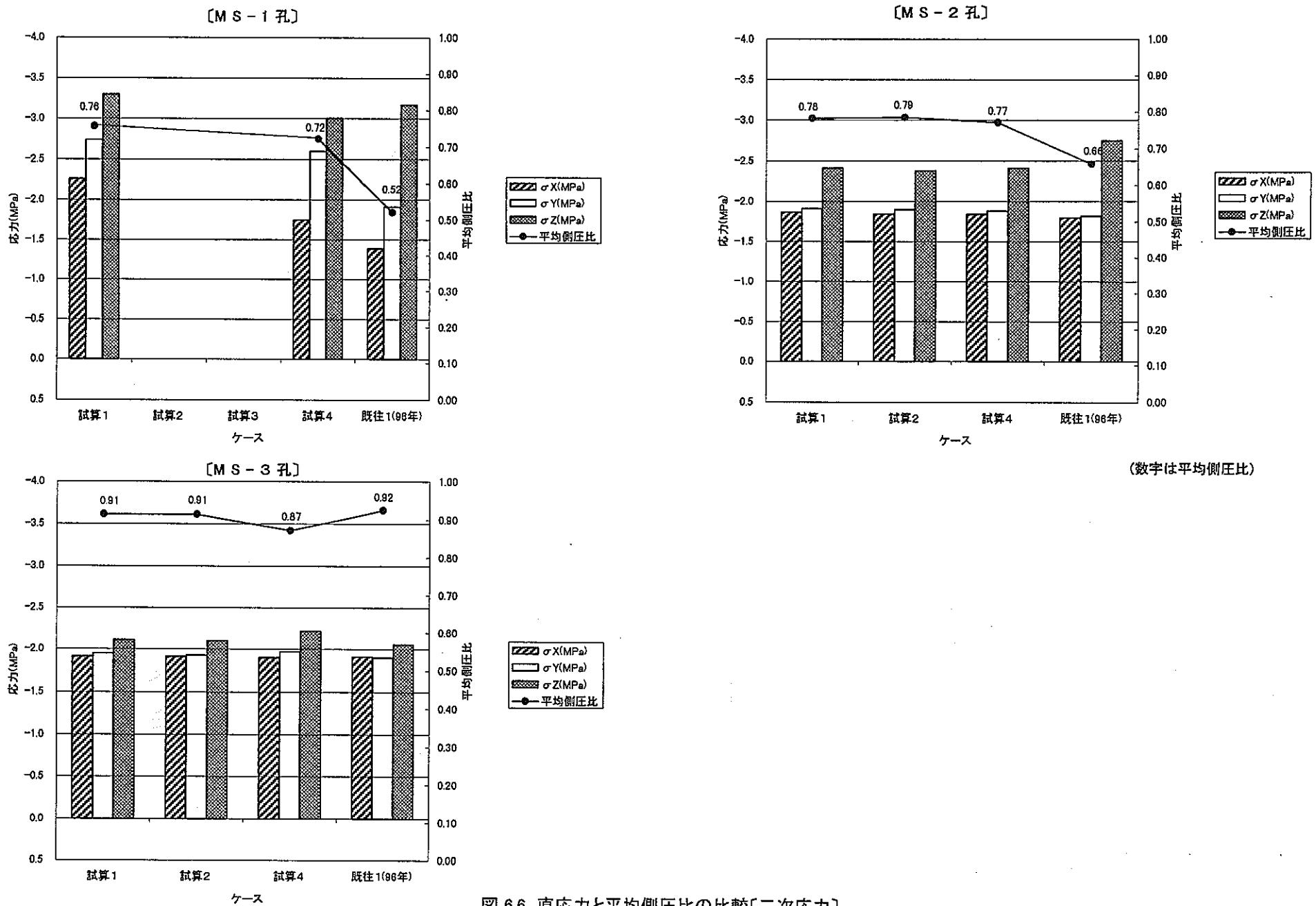


図 6.6 直応力と平均側圧比の比較[二次応力]

### 6.3 比較検討のまとめ

この報告書では、96年報告書による解放ひずみの補正やひずみ感度係数の再設定を行い、初期応力および二次応力について4つの試算を行なった。

初期応力の方向性については、96年報告書結果および今回行なった4試算結果とともに概ね一致する結果となった。一方、応力値についてはMS-1-2測点における試算1、試算4および既往結果どうしを比較するあまり一致せず、また、試算1および試算4の結果は、他測点の試算結果と比較すると大きな値となった。ただし、MS-2-2測点およびMS-3-2測点ではそれほど大きな違いは認められなかった。

このようにMS-2-2測点とMS-3-2測点では解析手法の違い（補正方法やひずみ感度係数の設定方法の違い）による解析結果の違いは大きくなく、同測点で得られたデータが比較的信頼性の高いものであると考えられる。その一方、どの解析手法が最も適しているかの判断が非常に困難である。

ここで各試算で解析した初期応力の標準偏差について着目してみる。表6.1は初期応力における標準偏差の直応力 ( $\sigma_x$ 、 $\sigma_y$ 、 $\sigma_z$ ) 分を平均したものである。まとめたものである。ここで、総合と示しているのは、この地点の平均的な応力状態を見るために、MS-1-2測点～MS-3-2測点の解放ひずみデータ全て（ただし、重みCと判断されたデータについては棄却した）を用いて解析した結果によるものである。MS-1-2測点を除く各測点の標準偏差は同じ値となるとともに、総合の結果では試算2による標準偏差が0.2MPaで最も小さくなつた。従って、標準偏差から判断すれば試算2が最も確かな結果と判断される。

表6.1 各試算における直応力の平均標準偏差  
(初期応力解析結果について)

	標準偏差 (MPa)			
	MS-1-2	MS-2-2	MS-3-2	総合
試算1	2.6	0.1	0.4	0.8
試算2	—	0.1	0.4	0.2
試算3	—	0.1	0.4	0.3
試算4	1.4	—	—	—

94年報告書による初期応力測定結果と96年報告書の測定値から求めた初期応力算定結果とを比較した場合、方向性に若干の違いがみられる他、応力値についても96年報告書の結果は大きな値を示した。方向性の違いは、この地点の初期応力状態が比較的等圧状態に近いため、測定箇所による方向性のバラツキが生じ易いものと考える。また、応力値の違いは、ひずみ感度係数を同試験における応力－ひずみ曲線の接線勾配を用いたか（96年および今回報告書）割線勾配を用いたか（94年報告書）の違いによるところが大きい。

以上述べた様に当地点の初期応力状態は、各測点で若干の違いがある。また、MS-1-2測点で得られたデータは坑道掘削による影響が多く含まれ、今回行なった補正方法により解放ひずみを補正しても信頼性の高い解析結果は得難いものと考える。また、同測点が局所的な応力状態であると言った可能性も否めない。また、坑道掘削による周辺岩盤へのひずみや応力の影響をモデル化するならば、当地点における平均的かつ代表的な初期応力状態を設定し、この初期状態からの変化（掘削中に伴う岩盤ひずみや岩盤応力の変化）を追うべきであろう。

従って、当地点の平均的かつ代表的な初期応力状態としては、応力値の標準偏差が最も小さかった試算2の「総合」による解析結果を当地点の初期応力状態に設定するのが妥当であると考える。また、各地点の二次応力状態はこの初期応力状態に坑道掘削に伴う応力変化分を加味し二次応力状態を再現する方法が妥当と考える。

表6.2は試算2の総合解析で求めた初期応力値（6応力成分）に、96年報告書による各測点における坑道掘削に伴う応力変化量（6応力成分）を加え、それぞれの測点の二次応力（6応力成分）を求めたものである。なお、坑道掘削に伴う応力変化量および同表の二次応力の計算結果の詳細（電算出力）は巻末付録に添付する。

表6.3は試算2の解析結果（総合）による初期応力と表6.2の二次応力をまとめたものである。また、図6.7は表に示す各測点の二次応力の面内応力と三次元主応力について図化しまとめたものである。

表6.2 初期応力から逆算した各測点の二次応力

測点No.	6応力成分	試算2の初期応力	掘削に伴う応力変化量	二次応力
MS-1-2	$\sigma_x$	-1.77	0.38	-1.39
	$\sigma_y$	-1.62	-0.35	-1.97
	$\sigma_z$	-1.41	-1.67	-3.08
	$\tau_{xy}$	0.05	-0.48	-0.43
	$\tau_{yz}$	0.08	-0.19	-0.11
	$\tau_{zx}$	-0.01	0.38	0.36

測点No.	6応力成分	試算2の初期応力	掘削に伴う応力変化量	二次応力
MS-2-2	$\sigma_x$	-1.77	-0.02	-1.79
	$\sigma_y$	-1.62	-0.26	-1.88
	$\sigma_z$	-1.41	-1.25	-2.66
	$\tau_{xy}$	0.05	-0.02	0.03
	$\tau_{yz}$	0.08	-0.25	-0.17
	$\tau_{zx}$	-0.01	0.17	0.15

測点No.	6応力成分	試算2の初期応力	掘削に伴う応力変化量	二次応力
MS-3-2	$\sigma_x$	-1.77	-0.14	-1.91
	$\sigma_y$	-1.62	-0.33	-1.95
	$\sigma_z$	-1.41	-0.56	-1.96
	$\tau_{xy}$	0.05	-0.03	0.03
	$\tau_{yz}$	0.08	-0.24	-0.17
	$\tau_{zx}$	-0.01	0.07	0.06

この表は、試算2で求めた初期応力に掘削に伴う応力変化量を加えて二次応力を逆算したものである。圧縮応力を負で表示。  
(応力の単位: MPa)

表6.3 初期応力(試算2 総合)から逆算した二次応力

測点番号		[試算2]総合	MS-1-2	MS-2-2	MS-3-2	
項目		推定初期応力	推定初期応力			
総データ数(解放ひずみの個数)		18				
弾性係数E(MPa)			1,471			
ポアソン比ν			0.35			
応力成分	σX(MPa)	-1.77	-1.39	-1.79	-1.91	
	σY(MPa)	-1.62	-1.97	-1.88	-1.95	
	σZ(MPa)	-1.41	-3.08	-2.66	-1.96	
	τXY(MPa)	0.05	-0.43	0.03	0.03	
	τYZ(MPa)	0.08	-0.11	-0.17	-0.17	
	τZX(MPa)	-0.01	0.36	0.15	0.06	
三次元主応力	σ1(MPa)	-1.38	-1.09	-1.77	-1.78	
	σ2(MPa)	-1.62	-2.20	-1.84	-1.89	
	σ3(MPa)	-1.79	-3.16	-2.72	-2.14	
	σ1 方位角H1(°)	87.8	-27.1	-0.5	-74.0	
	傾斜角V1(°)	71.7	10.7	9.9	44.9	
	σ2 方位角H2(°)	248.6	68.6	267.4	17.9	
	傾斜角V2(°)	17.4	3.9	11.6	2.3	
	σ3 方位角H3(°)	-19.6	178.3	128.9	110.4	
	傾斜角V3(°)	5.6	78.6	74.7	45.0	
面内応力	X-Y (水平面)	σX(MPa)	-1.77	-1.39	-1.79	-1.91
		σY(MPa)	-1.62	-1.97	-1.88	-1.95
		τXY(MPa)	0.05	-0.43	0.03	0.03
		σ1'(MPa)	-1.60	-1.17	-1.78	-1.89
		σ2'(MPa)	-1.78	-2.20	-1.89	-1.96
		θ(°)	73.0	-27.8	17.2	23.9
	Y-Z (南北断面)	σY(MPa)	-1.62	-1.97	-1.88	-1.95
		σZ(MPa)	-1.41	-3.08	-2.66	-1.96
		τYZ(MPa)	0.08	-0.11	-0.17	-0.17
		σ1'(MPa)	-1.38	-1.96	-1.84	-1.79
		σ2'(MPa)	-1.65	-3.09	-2.70	-2.13
		θ(°)	71.9	-5.8	-12.0	-44.0
	Z-X (東西断面)	σZ(MPa)	-1.41	-3.08	-2.66	-1.96
		σX(MPa)	-1.77	-1.39	-1.79	-1.91
		τZX(MPa)	-0.01	0.36	0.15	0.06
		σ1'(MPa)	-1.41	-1.31	-1.77	-1.87
		σ2'(MPa)	-1.78	-3.16	-2.69	-2.00
		θ(°)	-2.0	78.3	80.1	58.2

※ 二次応力は試算2 総合の初期応力から逆算した推定値

### 座標系

X軸：東西軸(西をプラス)

Y軸：南北軸(南をプラス)

Z軸：鉛直軸(上をプラス)

### 三次元主応力

σ1：最小主応力

σ2：中間主応力

σ3：最大主応力

H：方位角(X軸から水平面内で半時計回りの角度)

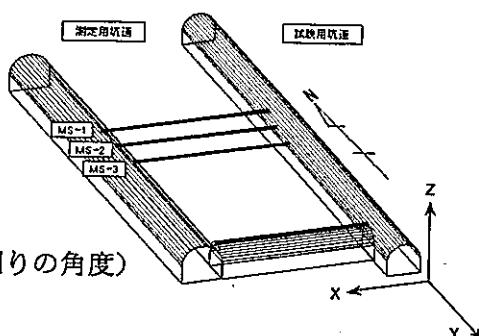
V：傾斜角(水平面からの立上り角度)

### 面内応力

σ1'：最小主応力

σ2'：最大主応力

θ：各面最初の文字から次の文字への(X-Y面ならXからYへの) σ1' の角度



## 7. 坑道掘削に伴う岩盤ひずみおよび岩盤応力の変化

前章で初期応力および二次応力の再検討を行った。その結果、試算の過程で既往報告書（96年3月）によるひずみ感度係数を再設定した。このため、坑道掘削に伴う岩盤ひずみ（見掛けひずみ）および岩盤応力の変化量を再設定したひずみ感度係数を用い計算した。

表7.1は、各掘削段階におけるひずみ変化を計算したものである。この表で補正変化量としているのは、坑道を掘削していない時期にある一定勾配でひずみが変化したものを補正したひずみ量である。経時変化による補正是巻末資料に示した。

この補正したひずみにひずみ感度係数を施し見掛けひずみを算出した。

表7.2は表7.1の見掛けひずみを応力に換算し、その6応力成分をまとめたものである。

図7.1～7.3は、各掘削段階における面内応力の累積変化を各測点でまとめたものである。

既往報告書（96年3月）による結果と比較して値に若干の相違はある（MS-1-2測点で今回結果がやや小さく、MS-2-2およびMS-3-2測点で今回結果がやや大きくなった）ものの、その方向性には大きな違いは認められない。

表7.1 樹削に伴う見掛けひずみ変化  
MS-1-2

日付	時刻	9/4,8時 から過時間	掘削延長 (1Dm)	計器一切 羽距離 (m)	ひずみ変化(μ)							
					1 GAGE	2 GAGE	3 GAGE	4 GAGE	5 GAGE	6 GAGE	7 GAGE	8 GAGE
95/09/04	08:00:00	0.000	0.0	-10.0	-4.2	0	0	0	0	0	0	0
95/09/04	09:56:00	0.081	1.0	-9.0	-3.8	-0	-1	0	0	-1	-1	0
95/09/18	10:00:24	14.084	3.0	-7.0	-2.9	-67	-34	-50	-21	-12	-59	-37
95/10/16	08:00:00	42.000	3.0	-7.0	-2.9	-87	-44	-105	-62	-22	-13	-47
95/10/16	17:00:00	42.375	4.0	-6.0	-2.5	-90	-46	-108	-64	-27	-15	-47
95/10/18	12:00:00	44.167	5.0	-5.0	-2.1	-97	-50	-105	-63	-33	-18	-45
95/10/18	17:00:00	44.375	5.4	-4.6	-1.9	-102	-52	-101	-60	-36	-20	-45
95/10/19	12:00:00	45.167	6.0	-4.0	-1.7	-117	-60	-60	-53	-42	-22	-71
95/10/23	12:00:00	49.167	8.0	-2.0	-0.8	-244	-125	-7	-4	-108	-61	-50
95/10/25	13:00:00	51.208	10.0	0.0	0.0	-948	-436	-252	-150	-741	-418	-305
95/10/26	12:00:00	52.167	11.0	1.0	0.4	-1432	-734	-38	-23	-638	-388	-241
95/10/27	12:00:00	53.167	12.0	2.0	0.8	-1577	-809	9	5	-949	-535	-399
95/10/30	12:00:08	56.167	13.0	3.0	1.3	-1640	-841	78	46	-884	-555	-392
95/11/01	11:00:08	58.125	15.0	5.0	2.1	-1682	-863	79	47	-1011	-570	-341
95/11/04	08:11:08	61.008	17.7	7.7	3.2	-1732	-888	83	50	-1045	-590	-355
* 95/11/14	17:00:08	71.375	25.2	15.2	6.3	-1786	-916	165	98	-1076	-607	-536
96/01/25	09:36:18	148.067	25.2	15.2	6.3	-1827	-937	240	143	-1108	-625	-493
		ひずみ感度係数(NPa)	754.48	876.97	829.45	916.03	1093.62	1250.26	1546.75	1891.66	1250.26	1546.75

MS-2-2

日付	時刻	9/4,8時 から過時間	掘削延長 (1Dm)	計器一切 羽距離 (m)	ひずみ変化(μ)							
					1 GAGE	2 GAGE	3 GAGE	4 GAGE	5 GAGE	6 GAGE	7 GAGE	8 GAGE
95/09/04	08:00:00	0.000	0.0	-8.0	-3.3	0	0	0	0	0	0	0
95/09/04	09:56:00	0.081	1.0	-7.0	-2.9	1	1	0	0	0	0	0
95/09/18	10:00:24	14.084	3.0	-5.0	-2.1	-39	-38	42	29	-34	-32	-18
95/10/16	08:00:00	42.000	3.0	-5.0	-2.1	-50	-47	48	34	-51	-48	-29
95/10/16	16:58:00	42.374	4.0	-4.0	-1.7	-56	-53	49	34	-56	-52	-27
95/10/18	12:00:00	44.167	5.0	-3.0	-1.3	-71	-68	61	43	-65	-60	-20
95/10/18	17:00:00	44.375	5.4	-2.6	-1.1	-86	-82	72	50	-71	-66	-14
95/10/19	12:00:00	45.167	6.0	-2.0	-0.8	-117	-111	81	57	-88	-82	-12
95/10/23	12:00:00	49.167	8.0	0.0	0.0	-375	-357	64	44	-284	-264	-70
95/10/25	13:00:00	51.208	10.0	2.0	0.8	-670	-638	130	90	-446	-415	-95
95/10/26	12:00:00	52.167	11.0	3.0	1.3	-712	-706	148	103	-487	-453	-99
95/10/27	12:00:00	53.167	12.0	4.0	1.7	-778	-741	148	103	-510	-475	-104
95/10/30	12:00:08	56.167	13.0	5.0	2.1	-817	-778	151	105	-537	-500	-107
95/11/01	11:00:08	58.125	15.0	7.0	2.9	-834	-794	149	104	-550	-512	-110
95/11/04	08:11:08	61.008	17.7	9.7	4.0	-858	-817	145	101	-570	-530	-114
* 95/11/14	17:00:08	71.375	25.2	17.2	7.2	-893	-851	147	102	-591	-550	-123
96/01/23	13:38:39	141.235	25.2	17.2	7.2	-918	-874	140	97	-589	-548	-122
		ひずみ感度係数(NPa)	1400.60	1023.93	1388.92	986.48	1999.82	1328.35	1030.96	1361.69	1328.35	1030.96

MS-3-2

日付	時刻	9/4,8時 から過時間	掘削延長 (1Dm)	計器一切 羽距離 (m)	ひずみ変化(μ)							
					1 GAGE	2 GAGE	3 GAGE	4 GAGE	5 GAGE	6 GAGE	7 GAGE	8 GAGE
95/09/04	08:00:00	0.000	0.0	-6.0	-2.5	0	0	0	0	0	0	0
95/09/04	09:56:00	0.081	1.0	-5.0	-2.1	2	2	0	0	15	9	0
95/09/18	10:10:24	14.091	3.0	-3.0	-1.3	9	8	-35	-20	-19	-13	115
95/10/16	08:00:00	42.000	3.0	-3.0	-1.3	8	7	-49	-29	-149	-140	128
95/10/16	17:00:00	42.375	4.0	-2.0	-0.8	-1	-1	-60	-35	-168	-158	132
95/10/18	12:00:00	44.167	5.0	-1.0	-0.4	-19	-16	-71	-41	-197	-186	150
95/10/18	17:00:00	44.375	5.4	-0.6	-0.3	-30	-25	-83	-49	-215	-203	148
95/10/19	12:00:00	45.167	6.0	0.0	0.0	-51	-43	-119	-70	-236	-236	115
95/10/23	12:00:00	49.167	8.0	2.0	0.8	-184	-139	-137	-80	-352	-332	78
95/10/25	13:00:00	51.208	10.0	4.0	1.7	-212	-180	-132	-77	-405	-383	100
95/10/26	12:00:00	52.167	11.0	5.0	2.1	-226	-192	-135	-79	-421	-397	102
95/10/27												

表7.2 坑道掘削に伴う応力の累積変化量(6応力成分)

測点番号	計器一 切羽距離 (D)*	6応力成分 MPa						備 考
		$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma_z$	$\tau_{xy}$	$\tau_{yz}$	$\tau_{zx}$	
MS-1-2	-4.2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	掘削前
	-2.9	-0.199	-0.195	-0.171	0.000	0.014	0.009	発破掘削終了
	-2.1	-0.276	-0.262	-0.236	-0.004	0.015	0.011	
	-0.8	-0.313	-0.231	-0.367	-0.143	-0.008	0.025	
	0.0	0.321	-0.394	-0.701	-0.744	-0.098	0.218	
	0.8	0.415	-0.296	-1.176	-0.425	-0.107	0.329	
	2.1	0.368	-0.307	-1.307	-0.427	-0.110	0.360	
	6.3	0.343	-0.273	-1.407	-0.438	-0.134	0.381	掘削終了

測点番号	計器一 切羽距離 (D)*	6応力成分 MPa						備 考
		$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma_z$	$\tau_{xy}$	$\tau_{yz}$	$\tau_{zx}$	
MS-2-2	-3.3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	掘削前
	-2.1	0.060	0.037	-0.039	-0.017	-0.010	0.040	発破掘削終了
	-0.8	0.034	0.029	-0.166	-0.055	-0.038	0.068	
	0.0	0.126	-0.075	-0.509	-0.117	-0.114	0.089	
	0.8	0.096	-0.148	-0.933	-0.046	-0.190	0.134	
	2.1	-0.033	-0.254	-1.218	-0.036	-0.232	0.164	
	7.2	-0.084	-0.318	-1.365	-0.031	-0.254	0.175	掘削終了

測点番号	計器一 切羽距離 (D)*	6応力成分 MPa						備 考
		$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma_z$	$\tau_{xy}$	$\tau_{yz}$	$\tau_{zx}$	
MS-3-2	-2.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	掘削前
	-1.3	-0.074	-0.065	-0.081	-0.022	-0.097	-0.002	発破掘削終了
	-0.8	-0.113	-0.116	-0.139	-0.033	-0.126	-0.001	
	0.0	-0.079	-0.181	-0.230	-0.078	-0.162	0.035	
	0.8	-0.033	-0.237	-0.380	-0.035	-0.204	0.054	
	2.1	-0.092	-0.293	-0.505	-0.033	-0.247	0.057	
	8.0	-0.136	-0.360	-0.610	-0.032	-0.259	0.065	掘削終了

\* Dは掘削坑道直径でD=2.4m

## MS - 1

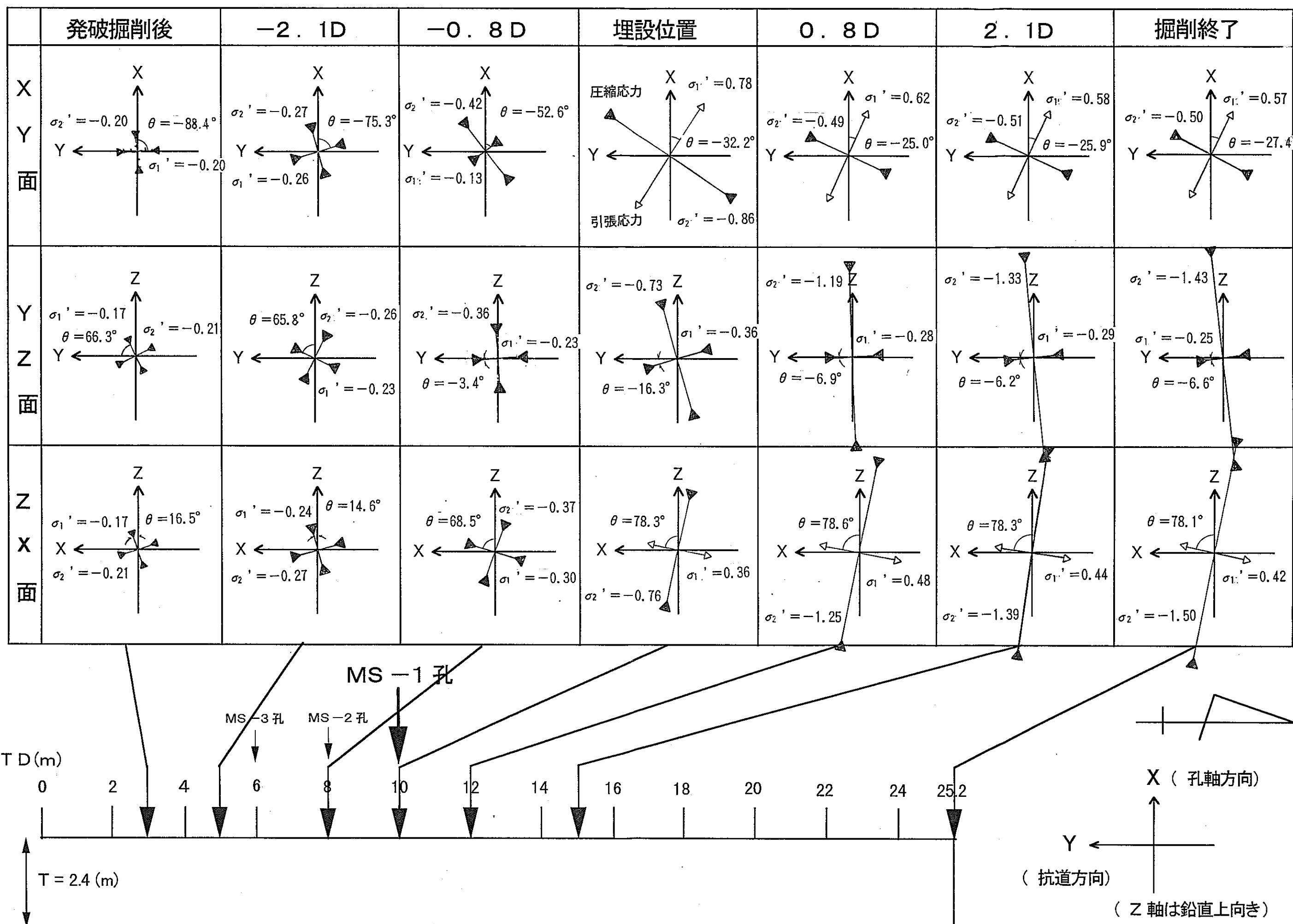


図7.1 坑道掘削に伴う各面内主応力とその方向の変化 [MS - 1 - 2]

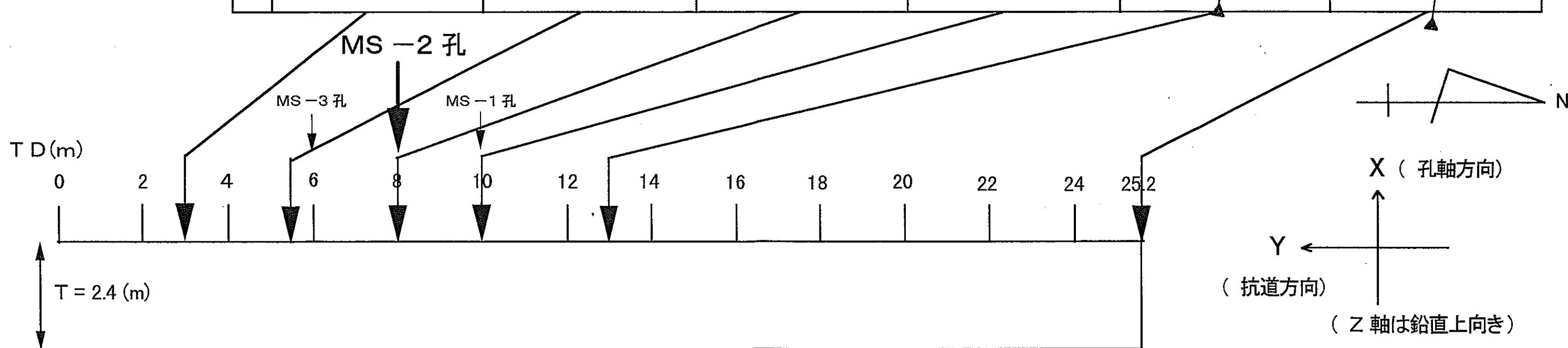
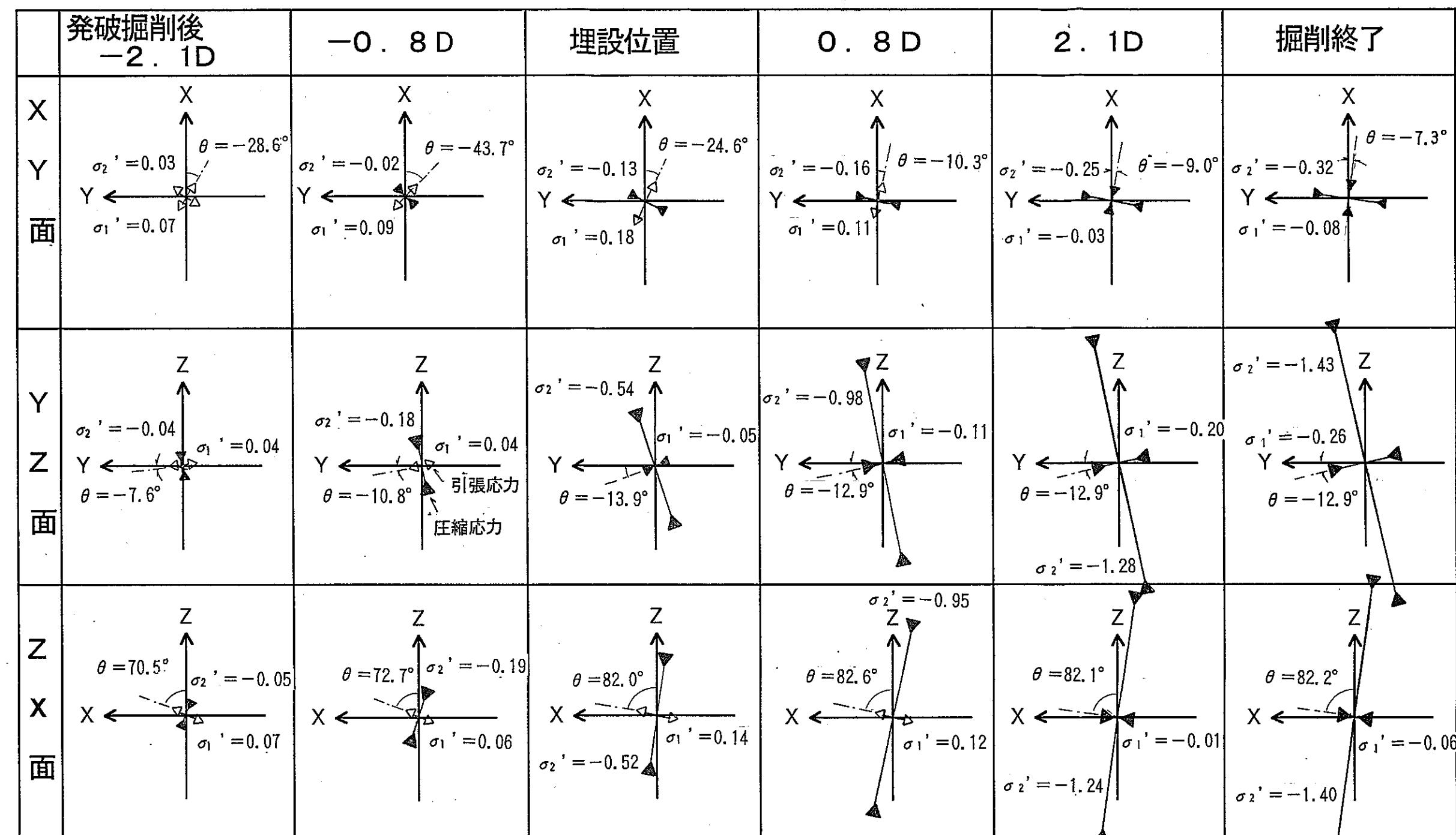


図7.2 坑道掘削に伴う各面内主応力とその方向の変化 [MS-2-2]

## MS - 3

	発破掘削後 -2. 1D	-0. 8 D	埋設位置	0. 8 D	2. 1D	掘削終了
X 面	<p><math>\sigma_2' = -0.09</math> <math>\theta = -49.7^\circ</math>  <math>\sigma_1' = -0.05</math>  <math>\sigma_1' = -0.08</math></p>	<p><math>\sigma_2' = -0.15</math> <math>\theta = -43.5^\circ</math>  <math>\sigma_1' = -0.04</math></p>	<p><math>\sigma_2' = -0.23</math> <math>\theta = -28.3^\circ</math>  <math>\sigma_1' = -0.03</math></p>	<p><math>\sigma_2' = -0.25</math> <math>\theta = -9.5^\circ</math>  <math>\sigma_1' = -0.09</math></p>	<p><math>\sigma_2' = -0.29</math> <math>\theta = -9.0^\circ</math>  <math>\sigma_1' = -0.13</math></p>	<p><math>\sigma_2' = -0.36</math> <math>\theta = -8.0^\circ</math>  <math>\sigma_1' = -0.13</math></p>
Y Z 面	<p><math>\sigma_2' = -0.17</math> <math>\theta = -42.8^\circ</math>  <math>\sigma_1' = 0.02</math>  引張応力  圧縮応力</p>	<p><math>\sigma_2' = -0.25</math> <math>\theta = -42.5^\circ</math>  <math>\sigma_1' = -0.00</math></p>	<p><math>\sigma_2' = -0.37</math> <math>\theta = -40.7^\circ</math>  <math>\sigma_1' = -0.04</math></p>	<p><math>\sigma_2' = -0.53</math> <math>\theta = -35.3^\circ</math>  <math>\sigma_1' = -0.09</math></p>	<p><math>\sigma_2' = -0.67</math> <math>\theta = -33.4^\circ</math>  <math>\sigma_1' = -0.13</math></p>	<p><math>\sigma_2' = -0.77</math> <math>\theta = -32.1^\circ</math>  <math>\sigma_1' = -0.20</math></p>
Z X 面	<p><math>\sigma_2' = -0.08</math> <math>\theta = -75.7^\circ</math>  <math>\sigma_1' = -0.07</math></p>	<p><math>\sigma_2' = -0.14</math> <math>\theta = -88.1^\circ</math>  <math>\sigma_1' = -0.11</math></p>	<p><math>\theta = 77.4^\circ</math> <math>\sigma_2' = -0.24</math>  <math>\sigma_1' = -0.07</math></p>	<p><math>\theta = 81.2^\circ</math> <math>\sigma_2' = -0.39</math>  <math>\sigma_1' = -0.03</math></p>	<p><math>\theta = 82.2^\circ</math> <math>\sigma_2' = -0.51</math>  <math>\sigma_1' = -0.09</math></p>	<p><math>\theta = 82.2^\circ</math> <math>\sigma_2' = -0.62</math>  <math>\sigma_1' = -0.13</math></p>

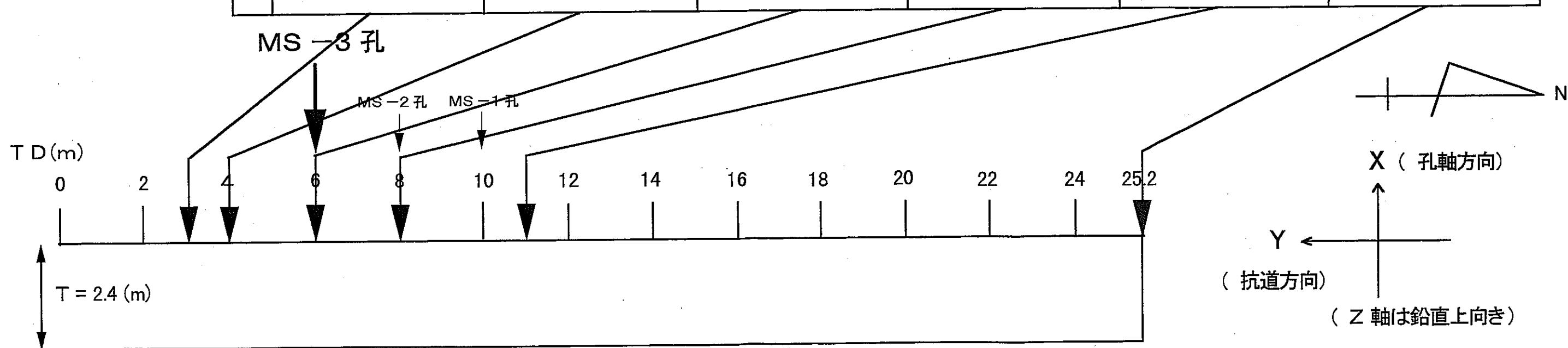


図 7.3 坑道掘削に伴う各面内主応力とその方向の変化 [MS-3-2]

## 8. ま と め

(1) 各試算方法により初期応力および二次応力を算出した結果、MS-1-2測点以外の測点および総合の結果はいずれも方向および値ともに大きな違いはなかった。

(2) 坑道掘削による周辺岩盤のひずみおよび応力変化をモデル化するならば、この地点における平均的な初期応力状態を反映している試算2の総合解析結果が妥当と考える。

その結果は以下に示す。応力値は圧縮を負とし、単位はMPaである。

$$\begin{array}{lllll} \sigma_x = -1.77 & \tau_{xy} = 0.05 & \sigma_1 = -1.38 & \sigma_2 = -1.62 & \sigma_3 = -1.79 \\ \sigma_y = -1.62 & \tau_{yz} = 0.08 & H1 = 87.8^\circ & H2 = 248.6^\circ & H3 = -19.6^\circ \\ \sigma_z = -1.41 & \tau_{zx} = -0.01 & V1 = 71.7^\circ & V2 = 17.4^\circ & V3 = 5.6^\circ \end{array}$$

(3) 求めた初期応力による見掛けひずみから、各測点における掘削に伴う見掛けひずみ変化分を差し引き、これを二次応力に相当するひずみとし、坑道掘削後の二次応力を算出した。結果は以下に示す。応力値は圧縮を正とし単位はMPaである。

### MS-1-2測点

$$\begin{array}{lllll} \sigma_x = -1.39 & \tau_{xy} = -0.43 & \sigma_1 = -1.09 & \sigma_2 = -2.20 & \sigma_3 = -3.16 \\ \sigma_y = -1.97 & \tau_{yz} = -0.11 & H1 = -27.1^\circ & H2 = 63.6^\circ & H3 = 173.3^\circ \\ \sigma_z = -3.08 & \tau_{zx} = 0.36 & V1 = 10.7^\circ & V2 = 3.9^\circ & V3 = 78.6^\circ \end{array}$$

### MS-2-2測点

$$\begin{array}{lllll} \sigma_x = -1.79 & \tau_{xy} = 0.03 & \sigma_1 = -1.77 & \sigma_2 = -1.84 & \sigma_3 = -2.72 \\ \sigma_y = -1.88 & \tau_{yz} = -0.17 & H1 = -0.5^\circ & H2 = 267.4^\circ & H3 = 128.9^\circ \\ \sigma_z = -2.66 & \tau_{zx} = 0.15 & V1 = 9.9^\circ & V2 = 11.6^\circ & V3 = 74.7^\circ \end{array}$$

### MS-3-2測点

$$\begin{array}{lllll} \sigma_x = -1.91 & \tau_{xy} = 0.03 & \sigma_1 = -1.78 & \sigma_2 = -1.89 & \sigma_3 = -2.14 \\ \sigma_y = -1.95 & \tau_{yz} = -0.17 & H1 = -74.0^\circ & H2 = 17.9^\circ & H3 = 110.4^\circ \\ \sigma_z = -1.96 & \tau_{zx} = 0.06 & V1 = 44.9^\circ & V2 = 2.3^\circ & V3 = 45.0^\circ \end{array}$$

(4) ひずみ感度係数を再設定し、坑道掘削に伴う岩盤ひずみおよび岩盤応力の変化を計算した。既往報告書(96年3月)による結果と値において若干の相違が認められる程度で大きな違いはない。

# 卷末資料

電算出力データ

初期応力 MS-1-2 [試算1]

MS1PC H= 0 V=-2 T= 0  
ファイル名 Stress Components

	(Stress)	(HENSA)	
SIG-X	-29.616	35.5	
SIG-Y	-26.059	24.1	
SIG-Z	-17.025	19.3	
TAU-XY	6.715	6.3	
TAU-YZ	-0.007	6.4	
TAU-ZX	-1.392	15.3	

偏差( $\times 10^{-1}$ ) 応力

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	969	205	649	1414
YZ-men	649	243	-164	242
ZX-men	-164	528	969	277
SZ-men	205	109	-164	-69
TZ-men	1414	537	-164	713

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-29.6	-21.1	-26.1	-34.6
YZ-men	-26.1	-21.6	-17	-21.5
ZX-men	-17	-24.7	-29.6	-21.9
SZ-men	-21.1	-20.1	-17	-18.1
TZ-men	-34.6	-24.8	-17	-26.8

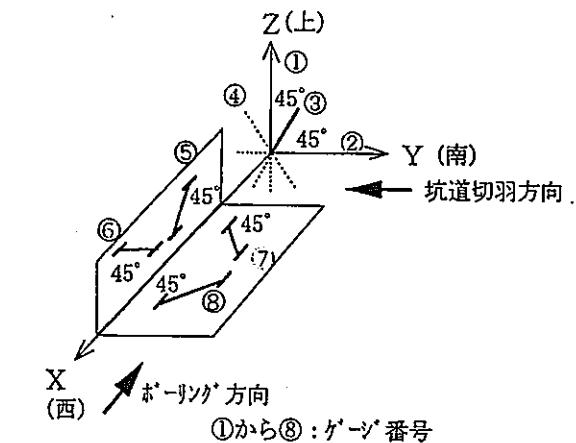
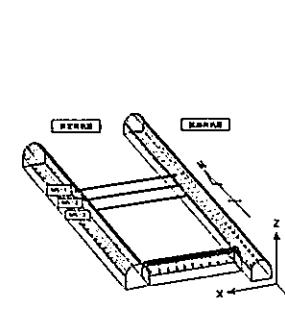
	L	M	N
SIG1	-16.8	-0.1711	-0.1245
SIG2	-21.1	0.5843	0.7858
SIG3	-34.9	0.7933	-0.6057

H= 216.0 V= 77.8  
H= 53.4 V= 11.7  
H= -37.4 V= 3.5

	(Stress)
SIG-S	-21.123
SIG-T	-34.553
SIG-Z	-17.025
TAU-ST	1.778
TAU-TZ	0.980
TAU-ZS	-0.989

SIG-1	SIG-2	TEATER	
-20.9	-34.8	52.9	(X-Y PLANE)
-17.0	-26.1	-89.8	(Y-Z PLANE)
-16.9	-29.8	-6.2	(Z-X PLANE)
-17.0	-34.6	86.9	(T-Z PLANE)
-16.8	-21.3	-12.9	(Z-S PLANE)

ひずみ計の埋設方向 (H: 水平面内での方向角度, V: 傾斜角度, T: 回転角度)



面内ひずみ分布 X-Y面: X軸0°, Y-Z面: Y軸0°, Z-X面: Z軸0°  
Y軸90°, Z軸90°, X軸90°  
で45°毎に出力

面内応力分布 出力の様式は面内ひずみ分布と同様

三次元主応力 SIG1:  $\sigma_1$  最小主応力, SIG2:  $\sigma_2$  中間主応力, SIG3:  $\sigma_3$  最大主応力  
L, M, N: 方向余弦  
H: 主応力の水平面内での方向 X軸を0°とし反時計回りを正とする  
V: 主応力の水平面からの立ち上がり角度 水平0°, 鉛直90°

面内応力 SIG1: 面内最小応力 ( $\sigma_1'$ ), SIG2: 面内最大応力 ( $\sigma_2'$ )  
TEATER: X-Y面: X軸0°, Y-Z面: Y軸0°, Z-X面: Z軸0°  
Y軸90°, Z軸90°, X軸90°  
で  $\sigma_1'$  の角度 ( $\theta$ )

応力・ひずみとともに圧縮を負、引張を正

応力の単位: kgf/cm<sup>2</sup>, ひずみの単位:  $\times 10^{-6}$

初期応力 MS-2-2 [試算1]

MS2PB H= 0 V=-2 T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	-18.765	0.9
SIG-Y	-16.769	0.7
SIG-Z	-11.676	0.9
TAU-XY	0.588	0.3
TAU-YZ	0.758	0.3
TAU-ZX	0.682	0.3

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-587	-445	-408	-550
YZ-men	-408	-110	51	-247
ZX-men	51	-207	-587	-330
SZ-men	-445	-105	51	-289
TZ-men	-550	-245	51	-255

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-18.8	-17.2	-16.8	-18.4
YZ-men	-16.8	-13.5	-11.7	-15
ZX-men	-11.7	-14.5	-18.8	-15.9
SZ-men	-17.2	-13.4	-11.7	-15.5
TZ-men	-18.4	-15	-11.7	-15.1

	L	M	N	H=	V=
SIG1	-11.5	0.1044	0.1526	0.9828	55.6
SIG2	-16.8	-0.2234	-0.9593	0.1727	256.9
SIG3	-19.0	-0.9691	0.2376	0.0661	166.2

(Stress)

SIG-S	-17.179
SIG-T	-18.355
SIG-Z	-11.677
TAU-ST	0.998
TAU-TZ	0.053
TAU-ZS	1.018

SIG-1	SIG-2	TEATER	
-16.6	-18.9	75.2	(X-Y PLANE)
-11.6	-16.9	81.8	(Y-Z PLANE)
-11.6	-18.8	5.4	(Z-X PLANE)
-11.7	-18.4	89.7	(T-Z PLANE)
-11.5	-17.4	10.2	(Z-S PLANE)

初期応力 MS-3-2 [試算1]

MS3PA      H= 0      V=-2      T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	-18.114	3.8
SIG-Y	-16.475	3.0
SIG-Z	-15.874	3.0
TAU-XY	0.383	1.3
TAU-YZ	0.770	1.3
TAU-ZX	-0.612	1.3

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-453	-345	-305	-414
YZ-men	-305	-209	-251	-348
ZX-men	-251	-407	-453	-297
SZ-men	-345	-288	-251	-308
TZ-men	-414	-244	-251	-420

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-18.1	-16.9	-16.5	-17.7
YZ-men	-16.5	-15.4	-15.9	-17
ZX-men	-15.9	-17.6	-18.1	-16.4
SZ-men	-16.9	-16.3	-15.9	-16.5
TZ-men	-17.7	-15.8	-15.9	-17.8

	L	M	N	H=	V=
SIG1	-15.3	-0.1131	0.5233	102.2	57.6
SIG2	-16.7	-0.4086	-0.7988	242.9	26.2
SIG3	-18.4	0.9060	-0.2948	-18.0	17.7

(Stress)

SIG-S	-16.912
SIG-T	-17.677
SIG-Z	-15.874
TAU-ST	0.820
TAU-TZ	0.978
TAU-ZS	0.112

SIG-1	SIG-2	TEATER	
-16.4	-18.2	78.0	(X-Y PLANE)
-15.3	-17.0	55.8	(Y-Z PLANE)
-15.7	-18.3	-14.3	(Z-X PLANE)
-15.4	-18.1	66.5	(T-Z PLANE)
-15.9	-16.9	6.1	(Z-S PLANE)

初期応力 総 合 [試算1]

MS1PC	H= 0	V=-2	T= 0
MS2PB	H= 0	V=-2	T= 0
MS3PA	H= 0	V=-2	T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	-18.645	9.1
SIG-Y	-17.696	7.1
SIG-Z	-15.265	7.7
TAU-XY	0.896	2.8
TAU-YZ	0.565	2.8
TAU-ZX	-0.578	3.1

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-474	-351	-389	-512
YZ-men	-389	-228	-170	-330
ZX-men	-170	-374	-474	-270
SZ-men	-351	-261	-170	-259
TZ-men	-512	-268	-170	-414

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-18.7	-17.3	-17.7	-19.1
YZ-men	-17.7	-15.9	-15.3	-17.1
ZX-men	-15.3	-17.5	-18.7	-16.4
SZ-men	-17.3	-16.3	-15.3	-16.3
TZ-men	-19.1	-16.4	-15.3	-18

	L	M	N		
SIG1 -15.1	-0.1157	0.1729	0.9781	H= 123.8	V= 78.0
SIG2 -17.2	-0.5418	-0.8364	0.0835	H= 237.1	V= 4.8
SIG3 -19.3	0.8325	-0.5203	0.1905	H= -32.0	V= 11.0

(Stress)

SIG-S	-17.274
SIG-T	-19.067
SIG-Z	-15.265
TAU-ST	0.474
TAU-TZ	0.808
TAU-ZS	-0.009

SIG-1	SIG-2	TEATER	
-17.2	-19.2	59.4	(X-Y PLANE)
-15.1	-17.8	77.7	(Y-Z PLANE)
-15.2	-18.7	-9.4	(Z-X PLANE)
-15.1	-19.2	78.6	(T-Z PLANE)
-15.3	-17.3	-0.3	(Z-S PLANE)

## 初期応力 MS-2-2 [試算2]

MS2PB H= 0 V=-2 T= 0

## Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	-18.526	0.9
SIG-Y	-16.635	0.7
SIG-Z	-11.389	0.9
TAU-XY	0.589	0.3
TAU-YZ	0.774	0.3
TAU-ZX	0.573	0.3

## Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	581	443	411	549
YZ-men	411	105	-61	245
ZX-men	-61	209	581	312
SZ-men	443	105	-61	277
TZ-men	549	231	-61	257

## Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-18.5	-17	-16.6	-18.2
YZ-men	-16.6	-13.2	-11.4	-14.8
ZX-men	-11.4	-14.4	-18.5	-15.5
SZ-men	-17	-13.2	-11.4	-15.2
TZ-men	-18.2	-14.6	-11.4	-14.9

	L	M	N	H=	V=
SIG1	-11.2	0.0893	0.1505	0.9846	59.3
SIG2	-16.6	-0.2444	-0.9550	0.1682	255.6
SIG3	-18.7	-0.9655	0.2558	0.0481	165.2
					79.9 9.7 2.8

## (Stress)

SIG-S	-16.992
SIG-T	-18.169
SIG-Z	-11.389
TAU-ST	0.946
TAU-TZ	0.143
TAU-ZS	0.952

SIG-1	SIG-2	TEATER	
-16.5	-18.7	74.5	(X-Y PLANE)
-11.3	-16.7	81.9	(Y-Z PLANE)
-11.3	-18.6	4.6	(Z-X PLANE)
-11.4	-18.2	88.9	(T-Z PLANE)
-11.2	-17.1	9.4	(Z-S PLANE)

初期応力 MS-3-2 [試算2]

MS3PA H= 0 V=-2 T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	-18.101	4.2
SIG-Y	-16.306	3.3
SIG-Z	-15.705	3.3
TAU-XY	0.388	1.4
TAU-YZ	0.926	1.4
TAU-ZX	-0.607	1.4

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	460	344	298	414
YZ-men	298	188	244	355
ZX-men	244	407	460	297
SZ-men	344	274	244	315
TZ-men	414	232	244	427

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-18.1	-16.8	-16.3	-17.6
YZ-men	-16.3	-15.1	-15.7	-16.9
ZX-men	-15.7	-17.5	-18.1	-16.3
SZ-men	-16.8	-16	-15.7	-16.5
TZ-men	-17.6	-15.6	-15.7	-17.7

	L	M	N	H=	V=
SIG1 -15.0	-0.0912	0.5601	0.8234	H= 99.3	V= 55.4
SIG2 -16.7	-0.4140	-0.7734	0.4800	H= 241.8	V= 28.7
SIG3 -18.4	0.9056	-0.2972	0.3027	H= -18.2	V= 17.6

(Stress)

SIG-S	-16.816
SIG-T	-17.592
SIG-Z	-15.705
TAU-ST	0.898
TAU-TZ	1.084
TAU-ZS	0.226

SIG-1	SIG-2	TEATER	
-16.2	-18.2	78.8	(X-Y PLANE)
-15.0	-17.0	54.1	(Y-Z PLANE)
-15.6	-18.2	-13.4	(Z-X PLANE)
-15.2	-18.1	65.6	(T-Z PLANE)
-15.7	-16.9	11.1	(Z-S PLANE)

初期応力 総 合 [試算2]

MS1PB	H= 0	V=-2	T= 0
MS2PB	H= 0	V=-2	T= 0
MS3PA	H= 0	V=-2	T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	-18.063	2.7
SIG-Y	-16.498	2.1
SIG-Z	-14.358	2.3
TAU-XY	0.548	0.9
TAU-YZ	0.789	0.9
TAU-ZX	-0.132	0.9

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	484	365	344	463
YZ-men	344	176	151	318
ZX-men	151	329	484	306
SZ-men	365	216	151	299
TZ-men	463	248	151	366

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-18.1	-16.7	-16.5	-17.8
YZ-men	-16.5	-14.6	-14.4	-16.2
ZX-men	-14.4	-16.4	-18.1	-16.1
SZ-men	-16.7	-15.1	-14.4	-16
TZ-men	-17.8	-15.5	-14.4	-16.8

	L	M	N		
SIG1 -14.1	0.0119	0.3145	0.9492	H= 87.8	V= 71.7
SIG2 -16.5	-0.3480	-0.8884	0.2994	H= 248.6	V= 17.4
SIG3 -18.3	0.9376	-0.3336	0.0981	H= -19.6	V= 5.6

(Stress)

SIG-S	-16.732
SIG-T	-17.829
SIG-Z	-14.358
TAU-ST	0.782
TAU-TZ	0.651
TAU-ZS	0.464

SIG-1	SIG-2	TEATER	
-16.3	-18.2	73.0	(X-Y PLANE)
-14.1	-16.8	71.9	(Y-Z PLANE)
-14.4	-18.1	-2.0	(Z-X PLANE)
-14.2	-17.9	79.8	(T-Z PLANE)
-14.3	-16.8	10.7	(Z-S PLANE)

## 初期応力 MS-2-2 [試算3]

MS2PB H= 0 V=-2 T= 0

## Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	-17.983	1.0
SIG-Y	-16.106	0.8
SIG-Z	-11.421	1.0
TAU-XY	0.687	0.3
TAU-YZ	0.732	0.3
TAU-ZX	0.625	0.3

## Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	557	410	388	534
YZ-men	388	111	-34	243
ZX-men	-34	205	557	318
SZ-men	410	102	-34	275
TZ-men	534	243	-34	257

## Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-18	-16.4	-16.1	-17.7
YZ-men	-16.1	-13	-11.4	-14.5
ZX-men	-11.4	-14.1	-18	-15.3
SZ-men	-16.4	-12.9	-11.4	-14.9
TZ-men	-17.7	-14.5	-11.4	-14.7

	L	M	N		
SIG1	-11.2	0.1073	0.1624	0.9809	H= 56.6 V= 78.8
SIG2	-16.0	-0.2751	-0.9433	0.1858	H= 253.7 V= 10.7
SIG3	-18.2	-0.9555	0.2894	0.0575	H= 163.2 V= 3.3

## (Stress)

SIG-S	-16.357
SIG-T	-17.732
SIG-Z	-11.421
TAU-ST	0.939
TAU-TZ	0.076
TAU-ZS	0.959

SIG-1	SIG-2	TEATER	
-15.9	-18.2	72.4	(X-Y PLANE)
-11.3	-16.2	81.4	(Y-Z PLANE)
-11.4	-18.0	5.4	(Z-X PLANE)
-11.4	-17.7	89.4	(T-Z PLANE)
-11.2	-16.5	10.6	(Z-S PLANE)

初期応力 MS-3-2 [試算3]

MS3PA H= 0 V=-2 T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	-17.991	4.7
SIG-Y	-16.470	3.7
SIG-Z	-16.377	3.7
TAU-XY	0.577	1.5
TAU-YZ	0.930	1.5
TAU-ZX	-0.718	1.5

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	433	313	296	417
YZ-men	296	208	288	376
ZX-men	288	425	433	296
SZ-men	313	287	288	314
TZ-men	417	247	288	457

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-18	-16.7	-16.5	-17.8
YZ-men	-16.5	-15.5	-16.4	-17.4
ZX-men	-16.4	-17.9	-18	-16.5
SZ-men	-16.7	-16.4	-16.4	-16.7
TZ-men	-17.8	-15.9	-16.4	-18.3

	L	M	N	H=	V=
SIG1 -15.5	-0.0591	0.6670	0.7427	H= 95.1	V= 48.0
SIG2 -16.7	-0.5758	-0.6309	0.5200	H= 227.6	V= 31.3
SIG3 -18.6	0.8153	-0.3971	0.4215	H= -26.0	V= 24.9

(Stress)

SIG-S	-16.653
SIG-T	-17.808
SIG-Z	-16.377
TAU-ST	0.760
TAU-TZ	1.165
TAU-ZS	0.150

SIG-1	SIG-2	TEATER	
-16.3	-18.2	71.9	(X-Y PLANE)
-15.5	-17.4	46.6	(Y-Z PLANE)
-16.1	-18.3	-20.8	(Z-X PLANE)
-15.7	-18.5	60.9	(T-Z PLANE)
-16.3	-16.7	23.7	(Z-S PLANE)

初期応力 総 合 [試算 3]

MS1PB	H= 0	V=-2	T= 0
MS2PB	H= 0	V=-2	T= 0
MS3PA	H= 0	V=-2	T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	-17.639	3.2
SIG-Y	-16.214	2.6
SIG-Z	-14.647	2.7
TAU-XY	0.717	1.0
TAU-YZ	0.716	1.0
TAU-ZX	-0.181	1.0

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	456	327	328	456
YZ-men	328	193	187	322
ZX-men	187	338	456	305
SZ-men	327	223	187	291
TZ-men	456	264	187	379

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-17.6	-16.2	-16.2	-17.7
YZ-men	-16.2	-14.7	-14.7	-16.2
ZX-men	-14.7	-16.3	-17.6	-16
SZ-men	-16.2	-15.1	-14.7	-15.8
TZ-men	-17.7	-15.5	-14.7	-16.8

	L	M	N			
SIG1	-14.4	0.0300	0.3712	0.9281	H= 85.4	V= 68.1
SIG2	-16.1	-0.4372	-0.8304	0.3454	H= 242.2	V= 20.2
SIG3	-18.0	0.8987	-0.4163	0.1379	H= -24.9	V= 7.9

(Stress)

SIG-S	-16.210
SIG-T	-17.643
SIG-Z	-14.647
TAU-ST	0.712
TAU-TZ	0.634
TAU-ZS	0.378

SIG-1	SIG-2	TEATER
-15.9	-17.9	67.9 (X-Y PLANE)
-14.4	-16.5	68.9 (Y-Z PLANE)
-14.6	-17.6	-3.4 (Z-X PLANE)
-14.5	-17.8	78.7 (T-Z PLANE)
-14.6	-16.3	12.9 (Z-S PLANE)

初期応力 MS-1-2 [試算4]

MS1P6 H= 0 V=-2 T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	-21.410	18.7
SIG-Y	-23.718	10.6
SIG-Z	-16.409	13.1
TAU-XY	3.279	3.8
TAU-YZ	-0.987	7.4
TAU-ZX	0.119	3.8

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	491	300	699	890
YZ-men	699	459	41	281
ZX-men	41	255	491	277
SZ-men	300	226	41	115
TZ-men	890	536	41	395

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-21.4	-19.3	-23.7	-25.9
YZ-men	-23.7	-21.1	-16.4	-19.1
ZX-men	-16.4	-18.8	-21.4	-19
SZ-men	-19.3	-18.5	-16.4	-17.2
TZ-men	-25.9	-21.9	-16.4	-20.4

	L	M	N	H=	V=
SIG1	-16.3	-0.0831	-0.1664	0.9826	243.5
SIG2	-19.2	0.8170	0.5533	0.1622	34.1
SIG3	-26.1	-0.5706	0.8163	0.0901	125.0

(Stress)

SIG-S	-19.286
SIG-T	-25.843
SIG-Z	-16.409
TAU-ST	-1.154
TAU-TZ	-0.782
TAU-ZS	-0.614

SIG-1	SIG-2	TEATER	
-19.1	-26.0	35.3	(X-Y PLANE)
-16.3	-23.8	-82.3	(Y-Z PLANE)
-16.4	-21.4	1.4	(Z-X PLANE)
-16.3	-25.9	-85.2	(T-Z PLANE)
-16.3	-19.4	-11.6	(Z-S PLANE)

二次応力 MS-1-2 [試算1]

MS1SB H= 0 V=-2 T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	-23.083	20.6
SIG-Y	-27.983	14.0
SIG-Z	-33.684	11.2
TAU-XY	0.595	3.6
TAU-YZ	-1.905	3.7
TAU-ZX	2.369	8.9

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	100	267	541	374
YZ-men	541	969	1054	626
ZX-men	1054	364	100	790
SZ-men	267	631	1054	690
TZ-men	374	986	1054	442

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-23.1	-24.9	-28	-26.1
YZ-men	-28	-32.7	-33.7	-28.9
ZX-men	-33.7	-26	-23.1	-30.8
SZ-men	-24.9	-29	-33.7	-29.6
TZ-men	-26.1	-32.9	-33.7	-26.9

	L	M	N	H=	V=
SIG1	-22.6	0.9786	0.0363	0.2024	2.1 11.7
SIG2	-27.4	-0.0229	-0.9590	0.2825	268.6 16.4
SIG3	-34.8	-0.2044	0.2811	0.9377	126.0 69.7

(Stress)

SIG-S	-24.938
SIG-T	-26.128
SIG-Z	-33.684
TAU-ST	-2.450
TAU-TZ	-3.023
TAU-ZS	0.328

SIG-1	SIG-2	TEATER	
-23.0	-28.1	6.8	(X-Y PLANE)
-27.4	-34.3	-16.9	(Y-Z PLANE)
-22.6	-34.2	77.8	(Z-X PLANE)
-25.1	-34.7	-19.3	(T-Z PLANE)
-24.9	-33.7	87.7	(Z-S PLANE)

二次応力 MS-3-2 [試算1]

MS3SA H= 0 V=-2 T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	-19.491	5.8
SIG-Y	-19.890	4.5
SIG-Z	-21.544	4.5
TAU-XY	0.096	1.9
TAU-YZ	-1.716	1.9
TAU-ZX	0.106	1.9

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-333	-342	-369	-359
YZ-men	-369	-597	-517	-289
ZX-men	-517	-416	-333	-435
SZ-men	-342	-532	-517	-327
TZ-men	-359	-554	-517	-322

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-19.5	-19.6	-19.9	-19.8
YZ-men	-19.9	-22.4	-21.6	-19
ZX-men	-21.6	-20.4	-19.5	-20.6
SZ-men	-19.6	-21.7	-21.6	-19.4
TZ-men	-19.8	-22	-21.6	-19.4

	L	M	N	H=	V=
SIG1 -18.8	-0.0364	-0.8472	0.5300	267.5	32.0
SIG2 -19.5	0.9985	0.0113	0.0530	0.7	3.0
SIG3 -22.6	-0.0449	0.5315	0.8459	94.8	57.8

(Stress)

SIG-S	-19.595
SIG-T	-19.786
SIG-Z	-21.544
TAU-ST	-0.199
TAU-TZ	-1.288
TAU-ZS	-1.138

SIG-1	SIG-2	TEATER
-19.5	-19.9	12.8 (X-Y PLANE)
-18.8	-22.6	-32.1 (Y-Z PLANE)
-19.5	-21.5	86.9 (Z-X PLANE)
-19.1	-22.2	-27.8 (T-Z PLANE)
-19.1	-22.1	-65.4 (Z-S PLANE)

二次応力 MS-2-2 [試算2]

MS2SB H= 0 V=-2 T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	-18.769	10.8
SIG-Y	-19.344	8.6
SIG-Z	-24.286	10.8
TAU-XY	0.338	3.5
TAU-YZ	-1.785	3.5
TAU-ZX	2.258	3.5

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	233	229	285	290
YZ-men	285	668	730	347
ZX-men	730	278	233	685
SZ-men	229	449	730	509
TZ-men	290	767	730	252

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-18.8	-18.7	-19.4	-19.4
YZ-men	-19.4	-23.6	-24.3	-20
ZX-men	-24.3	-19.3	-18.8	-23.8
SZ-men	-18.7	-21.2	-24.3	-21.8
TZ-men	-19.4	-24.7	-24.3	-19

	L	M	N		H=	V=
SIG1	-17.9	0.8828	-0.2676	0.3860	-16.9	22.7
SIG2	-18.9	-0.3493	-0.9233	0.1597	249.3	9.2
SIG3	-25.6	-0.3136	0.2759	0.9086	138.7	65.3

(Stress)

SIG-S	-18.719
SIG-T	-19.395
SIG-Z	-24.286
TAU-ST	-0.288
TAU-TZ	-2.859
TAU-ZS	0.334

SIG-1	SIG-2	TEATER	
-18.6	-19.5	24.8	(X-Y PLANE)
-18.8	-24.9	-17.9	(Y-Z PLANE)
-18.0	-25.1	70.2	(Z-X PLANE)
-18.1	-25.6	-24.7	(T-Z PLANE)
-18.7	-24.3	86.5	(Z-S PLANE)

二次応力 MS-3-2 [試算2]

MS3SA H= 0 V=-2 T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	-19.478	5.3
SIG-Y	-19.721	4.2
SIG-Z	-21.376	4.2
TAU-XY	0.101	1.7
TAU-YZ	-1.560	1.7
TAU-ZX	0.112	1.7

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	340	342	362	360
YZ-men	362	576	511	296
ZX-men	511	415	340	435
SZ-men	342	518	511	334
TZ-men	360	542	511	329

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-19.5	-19.5	-19.7	-19.7
YZ-men	-19.7	-22.1	-21.4	-19
ZX-men	-21.4	-20.3	-19.5	-20.5
SZ-men	-19.5	-21.5	-21.4	-19.4
TZ-men	-19.7	-21.7	-21.4	-19.4

	L	M	N	H=	V=
SIG1	-18.8	-0.0418	-0.8567	0.5141	267.2
SIG2	-19.5	0.9971	-0.0314	0.0697	-1.8
SIG3	-22.3	-0.0520	0.5152	0.8555	95.8
					V= 30.9
					V= 4.0
					V= 58.8

(Stress)

SIG-S	-19.498
SIG-T	-19.701
SIG-Z	-21.376
TAU-ST	-0.122
TAU-TZ	-1.182
TAU-ZS	-1.024

SIG-1	SIG-2	TEATER	
-19.4	-19.8	19.9	(X-Y PLANE)
-18.8	-22.3	-31.0	(Y-Z PLANE)
-19.5	-21.4	86.5	(Z-X PLANE)
-19.1	-22.0	-27.3	(T-Z PLANE)
-19.0	-21.8	-66.4	(Z-S PLANE)

二次応力 MS-2-2 [試算3]

MS2ST H= 0 V=-2 T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	-18.807	11.5
SIG-Y	-19.169	9.1
SIG-Z	-24.594	11.5
TAU-XY	0.374	3.7
TAU-YZ	-1.859	3.8
TAU-ZX	2.432	3.7

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	233	215	265	283
YZ-men	265	677	754	342
ZX-men	754	274	233	712
SZ-men	215	448	754	521
TZ-men	283	791	754	245

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-18.8	-18.6	-19.2	-19.4
YZ-men	-19.2	-23.7	-24.6	-20
ZX-men	-24.6	-19.3	-18.8	-24.1
SZ-men	-18.6	-21.2	-24.6	-22
TZ-men	-19.4	-25	-24.6	-19

	L	M	N	H=	V=
SIG1	-17.8	0.8659	-0.3067	0.3952	-19.5
SIG2	-18.7	-0.3873	-0.9127	0.1304	247.0
SIG3	-26.0	-0.3213	0.2651	0.9091	140.5

(Stress)

SIG-S	-18.614
SIG-T	-19.362
SIG-Z	-24.594
TAU-ST	-0.181
TAU-TZ	-3.034
TAU-ZS	0.405

SIG-1	SIG-2	TEATER	
-18.6	-19.4	32.1	(X-Y PLANE)
-18.6	-25.2	-17.2	(Y-Z PLANE)
-17.9	-25.5	69.9	(Z-X PLANE)
-18.0	-26.0	-24.6	(T-Z PLANE)
-18.6	-24.6	86.0	(Z-S PLANE)

二次応力 MS-3-2 [試算3]

MS3ST H= 0 V=-2 T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	-19.377	5.7
SIG-Y	-20.130	4.4
SIG-Z	-22.593	4.4
TAU-XY	0.257	1.9
TAU-YZ	-1.716	1.9
TAU-ZX	-0.046	1.9

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	295	306	363	352
YZ-men	363	628	585	319
ZX-men	585	444	295	436
SZ-men	306	557	585	333
TZ-men	352	575	585	362

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-19.4	-19.5	-20.1	-20
YZ-men	-20.1	-23.1	-22.6	-19.7
ZX-men	-22.6	-21	-19.4	-20.9
SZ-men	-19.5	-22.3	-22.6	-19.8
TZ-men	-20	-22.5	-22.6	-20.1

	L	M	N	H=	V=
SIG1 -19.1	-0.6237	-0.7022	0.3433	H= 228.4	V= 20.1
SIG2 -19.6	0.8009	-0.5223	0.2930	H= -33.1	V= 17.0
SIG3 -23.5	-0.0188	0.4673	0.8891	H= 92.4	V= 62.8

(Stress)

SIG-S	-19.496
SIG-T	-20.010
SIG-Z	-22.593
TAU-ST	-0.376
TAU-TZ	-1.181
TAU-ZS	-1.245

SIG-1	SIG-2	TEATER	
-19.3	-20.2	17.2	(X-Y PLANE)
-19.2	-23.5	-27.2	(Y-Z PLANE)
-19.4	-22.6	-89.3	(Z-X PLANE)
-19.6	-23.1	-21.2	(T-Z PLANE)
-19.1	-23.0	-70.7	(Z-S PLANE)

## 二次応力 MS-1-2 [試算4]

MS1ST H= 0 V=-2 T= 0

## Stress Components

(Stress) (HENSA)

SIG-X	-17.874	24.4
SIG-Y	-26.475	13.8
SIG-Z	-30.738	17.0
TAU-XY	-1.183	4.9
TAU-YZ	-2.349	9.7
TAU-ZX	4.011	4.9

## Released Strain(HENSA)

0-deg 45-deg 90-deg 135-deg

XY-men	-143	350	631	137
YZ-men	631	1034	1014	611
ZX-men	1014	75	-143	797
SZ-men	350	577	1014	788
TZ-men	137	981	1014	171

## Normal Stress(HENSA)

0-deg 45-deg 90-deg 135-deg

XY-men	-17.9	-23.4	-26.5	-21
YZ-men	-26.5	-31	-30.7	-26.3
ZX-men	-30.7	-20.3	-17.9	-28.3
SZ-men	-23.4	-25.9	-30.7	-28.2
TZ-men	-21	-30.4	-30.7	-21.4

	L	M	N	H=	V=
SIG1	-16.4	0.9396	-0.1785	0.2922	-10.8
SIG2	-26.2	-0.2561	-0.9327	0.2541	254.6
SIG3	-32.5	-0.2271	0.3136	0.9220	14.7
				H= 125.9	V= 67.2

## (Stress)

SIG-S	-23.358
SIG-T	-20.992
SIG-Z	-30.738
TAU-ST	-4.301
TAU-TZ	-4.497
TAU-ZS	1.175

SIG-1	SIG-2	TEATER	
-17.7	-26.6	-7.7	(X-Y PLANE)
-25.4	-31.8	-23.9	(Y-Z PLANE)
-16.7	-31.9	73.9	(Z-X PLANE)
-19.2	-32.5	-21.4	(T-Z PLANE)
-23.2	-30.9	81.0	(Z-S PLANE)

二次応力 MS-1-2 [試算2 総合 初期応力と掘削に伴う応力変化から逆算]

Stress Components

(Stress) (HENSA)

SIG-X	-14.145
SIG-Y	-20.107
SIG-Z	-31.416
TAU-XY	-4.351
TAU-YZ	-1.152
TAU-ZX	3.707

Normal Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
SIG-X	-14.145			
SIG-Y	-20.107			
SIG-Z	-31.416			
TAU-XY	-4.351			
TAU-YZ	-1.152			
TAU-ZX	3.707			

Normal Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
--	-------	--------	--------	---------

	L	M	N	H=	V=	
SIG1	-11.1	0.8747	-0.4478	0.1853	-27.1	10.7
SIG2	-22.4	0.4433	0.8938	0.0677	63.6	3.9
SIG3	-32.2	-0.1959	0.0229	0.9803	173.3	78.6

(Stress)

SIG-1	SIG-2	TEATER
-11.9	-22.4	-27.8
-20.0	-31.5	-5.8
-13.4	-32.2	78.3

二次応力 MS-2-2 [試算2 総合 初期応力と拘束に伴う応力変化から逆算]

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	-18.298	
SIG-Y	-19.168	
SIG-Z	-27.091	
TAU-XY	0.297	
TAU-YZ	-1.770	
TAU-ZX	1.558	

Normal Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
SIG-X	-18.298			
SIG-Y	-19.168			
SIG-Z	-27.091			
TAU-XY	0.297			
TAU-YZ	-1.770			
TAU-ZX	1.558			

Normal Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
--	-------	--------	--------	---------

	L	M	N			
SIG1 -18.0	0.9852	-0.0092	0.1712	H=	-0.5	V= 9.9
SIG2 -18.8	-0.0439	-0.9787	0.2005	H=	267.4	V= 11.6
SIG3 -27.7	-0.1657	0.3050	0.9646	H=	128.9	V= 74.7

(Stress)

SIG-1	SIG-2	TEATER
-18.2	-19.3	17.2
-18.8	-27.5	-12.0
-18.0	-27.4	80.1

二次応力 MS-3-2 [試算2 総合 初期応力と掘削に伴う応力変化から逆算]

Stress Components

(Stress) (HENSA)

SIG-X	-19.440
SIG-Y	-19.913
SIG-Z	-20.029
TAU-XY	0.261
TAU-YZ	-1.697
TAU-ZX	0.587

Normal Strain(HENSA)

0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
SIG-X	-19.440		
SIG-Y	-19.913		
SIG-Z	-20.029		
TAU-XY	0.261		
TAU-YZ	-1.697		
TAU-ZX	0.587		

Normal Strain(HENSA)

0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
-------	--------	--------	---------

	L	M	H		
SIG1 -18.2	0.1953	0.6809	0.7058	II = 74.0	V = 44.9
SIG2 -19.3	0.9507	0.1074	0.0107	II = 17.9	V = 2.3
SIG3 -21.8	-0.2468	0.6623	0.7071	II = 110.1	V = 45.0

(Stress)

SIG-1	SIG-2	TEATER
-19.3	-20.0	23.9
-18.3	-21.7	-44.0
-19.1	-20.4	58.2

坑道掘削に伴う応力変化 MS-1-2 (-2.9D)

ms1c H= 0 V=-2 T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	-2.029	0.5
SIG-Y	-1.993	0.4
SIG-Z	-1.740	0.4
TAU-XY	-0.001	0.2
TAU-YZ	0.139	0.2
TAU-ZX	0.094	0.2

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	48	47	45	47
YZ-men	45	21	22	46
ZX-men	22	27	48	44
SZ-men	47	20	22	49
TZ-men	47	32	22	37

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-2	-2	-2	-2
YZ-men	-2	-1.7	-1.7	-2
ZX-men	-1.7	-1.8	-2	-2
SZ-men	-2	-1.7	-1.7	-2.1
TZ-men	-2	-1.9	-1.7	-1.9

	L	M	N	H=	V=
SIG1	-1.7	0.2265	0.3735	58.8	64.1
SIG2	-2.0	0.7105	-0.6951	-44.4	6.3
SIG3	-2.1	-0.6665	-0.6140	222.7	25.0

(Stress)

SIG-S	-2.012
SIG-T	-2.011
SIG-Z	-1.740
TAU-ST	0.018
TAU-TZ	0.032
TAU-ZS	0.165

SIG-1	SIG-2	TEATER	
-2.0	-2.0	-88.4	(X-Y PLANE)
-1.7	-2.1	66.3	(Y-Z PLANE)
-1.7	-2.1	16.5	(Z-X PLANE)
-1.7	-2.0	83.5	(T-Z PLANE)
-1.7	-2.1	25.2	(Z-S PLANE)

坑道掘削に伴う応力変化 MS-1-2 (-2.1D)

mslf H= 0 V=-2 T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	-2.818	0.7
SIG-Y	-2.674	0.6
SIG-Z	-2.408	0.6
TAU-XY	-0.039	0.2
TAU-YZ	0.151	0.2
TAU-ZX	0.115	0.2

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	69	66	56	59
YZ-men	56	31	32	58
ZX-men	32	41	69	61
SZ-men	66	33	32	66
TZ-men	59	44	32	48

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-2.8	-2.8	-2.7	-2.7
YZ-men	-2.7	-2.4	-2.4	-2.7
ZX-men	-2.4	-2.5	-2.8	-2.7
SZ-men	-2.8	-2.4	-2.4	-2.8
TZ-men	-2.7	-2.5	-2.4	-2.6

	L	M	N	H=	V=
SIG1	-2.3	0.1811	0.3722	0.9103	64.1 65.6
SIG2	-2.7	0.4926	-0.8354	0.2440	59.5 14.1
SIG3	-2.9	-0.8514	-0.4040	0.3344	205.4 19.5

(Stress)

SIG-S	-2.785
SIG-T	-2.707
SIG-Z	-2.408
TAU-ST	0.072
TAU-TZ	0.026
TAU-ZS	0.188

SIG-1	SIG-2	TEATER	
-2.7	-2.8	-75.3	(X-Y PLANE)
-2.3	-2.7	65.8	(Y-Z PLANE)
-2.4	-2.8	14.6	(Z-X PLANE)
-2.4	-2.7	85.2	(T-Z PLANE)
-2.3	-2.9	22.4	(Z-S PLANE)

坑道掘削に伴う応力変化 MS-1-2 (-0.8D)

ms1i H= 0 V=-2 T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	-3.192	4.8
SIG-Y	-2.353	3.8
SIG-Z	-3.742	3.8
TAU-XY	-1.454	1.6
TAU-YZ	-0.083	1.6
TAU-ZX	0.254	1.6

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	71	164	-5	-98
YZ-men	-5	65	120	50
ZX-men	120	73	71	118
SZ-men	164	131	120	153
TZ-men	-98	33	120	-10

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-3.2	-4.2	-2.4	-1.3
YZ-men	-2.4	-3.1	-3.8	-3
ZX-men	-3.8	-3.2	-3.2	-3.7
SZ-men	-4.2	-3.9	-3.8	-4.1
TZ-men	-1.3	-2.8	-3.8	-2.3

	L	M	N	H=	V=
SIG1	-1.2	0.6023	-0.7934	0.0873	-52.8
SIG2	-3.7	0.1565	0.2246	0.9618	55.1
SIG3	-4.3	-0.7827	-0.5657	0.2595	215.9

(Stress)

SIG-S	-4.227
SIG-T	-1.319
SIG-Z	-3.742
TAU-ST	0.420
TAU-TZ	-0.238
TAU-ZS	0.121

SIG-1	SIG-2	TEATER	
-1.3	-4.3	-52.6	(X-Y PLANE)
-2.3	-3.7	-3.4	(Y-Z PLANE)
-3.1	-3.8	68.5	(Z-X PLANE)
-1.3	-3.8	-5.6	(T-Z PLANE)
-3.7	-4.3	13.3	(Z-S PLANE)

坑道掘削に伴う応力変化 MS-1-2 (0.0D)

mslj H= 0 V=-2 T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	3.275	26.6
SIG-Y	-4.022	20.8
SIG-Z	-7.153	20.8
TAU-XY	-7.590	8.7
TAU-YZ	-1.002	8.7
TAU-ZX	2.225	8.7

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-479	532	178	-834
YZ-men	178	409	460	228
ZX-men	460	-210	-479	191
SZ-men	532	418	460	574
TZ-men	-834	18	460	-393

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	3.3	-8	-4	7.2
YZ-men	-4	-6.6	-7.2	-4.6
ZX-men	-7.2	.3	3.3	-4.2
SZ-men	-8	-6.7	-7.2	-8.4
TZ-men	7.2	-2.3	-7.2	2.3

	L	M	N	H=	V=
SIG1	8.4	0.8381	-0.5235	0.1534	-32.0
SIG2	-7.4	0.0005	0.2820	0.9594	89.9
SIG3	-8.9	-0.5455	-0.8040	0.2366	235.9
					V= 13.7

(Stress)

SIG-S	-7.963
SIG-T	7.216
SIG-Z	-7.153
TAU-ST	-3.649
TAU-TZ	-2.282
TAU-ZS	0.865

SIG-1	SIG-2	TEATER	
8.0	-8.8	-32.2	(X-Y PLANE)
-3.7	-7.4	-16.3	(Y-Z PLANE)
3.7	-7.6	78.3	(Z-X PLANE)
7.6	-7.5	-8.8	(T-Z PLANE)
-6.6	-8.5	32.4	(Z-S PLANE)

坑道掘削に伴う応力変化 MS-1-2 (0.8D)

mm H = 0 V = 0 T = 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	4.232	20.5
SIG-Y	-3.018	16.0
SIG-Z	-11.990	16.0
TAU-XY	-4.330	6.7
TAU-YZ	-1.094	6.7
TAU-ZX	3.353	6.7

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-632	84	20	-696
YZ-men	20	522	828	326
ZX-men	828	-204	-632	400
SZ-men	84	312	828	600
TZ-men	-696	349	828	-217

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	4.2	-3.7	-3	4.9
YZ-men	-3	-8.6	-12	-6.4
ZX-men	-12	-5	4.2	-7.2
SZ-men	-3.7	-6.3	-12	-9.5
TZ-men	4.9	-6.7	-12	-4

	L	M	N	H =	V =
SIG1	6.9	0.8936	-0.4101	0.1824	-24.7 10.5
SIG2	-5.0	0.4076	0.9116	0.0530	65.9 3.0
SIG3	-12.7	-0.1880	0.0270	0.9818	171.8 79.1

(Stress)

SIG-S	-3.722
SIG-T	4.937
SIG-Z	-11.990
TAU-ST	-3.625
TAU-TZ	-3.145
TAU-ZS	1.598

SIG-1	SIG-2	TEATER	
6.3	-5.0	-25.0	(X-Y PLANE)
-2.9	-12.1	-6.9	(Y-Z PLANE)
4.9	-12.7	78.6	(Z-X PLANE)
5.5	-12.6	-10.2	(T-Z PLANE)
-3.4	-12.3	79.3	(Z-S PLANE)

坑道掘削に伴う応力変化 MS-1-2 (2.1D)

ms1n H= 0 V=-2 T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	3.750	21.5
SIG-Y	-3.132	16.8
SIG-Z	-13.331	16.8
TAU-XY	-4.358	7.0
TAU-YZ	-1.121	7.0
TAU-ZX	3.669	7.0

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-634	68	-15	-717
YZ-men	-15	545	903	343
ZX-men	903	-196	-634	465
SZ-men	68	323	903	648
TZ-men	-717	398	903	-212

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	3.7	-4.1	-3.1	4.7
YZ-men	-3.1	-9.4	-13.3	-7.1
ZX-men	-13.3	-1.1	3.7	-8.5
SZ-men	-4.1	-6.9	-13.3	-10.5
TZ-men	4.7	-7.7	-13.3	-1

	L	M	N	H=	V=
SIG1	6.6	0.8880	-0.4199	0.1872	-25.3
SIG2	-5.2	0.4158	0.9073	0.0626	65.4
SIG3	-14.1	-0.1962	0.0223	0.9803	173.5
					10.8 3.6 78.6

(Stress)

SIG-S	-4.049
SIG-T	4.668
SIG-Z	-13.331
TAU-ST	-3.441
TAU-TZ	-3.387
TAU-ZS	1.802

SIG-1	SIG-2	TEATER	
5.9	-5.2	-25.9	(X-Y PLANE)
-3.0	-13.5	-6.2	(Y-Z PLANE)
4.5	-14.1	78.3	(Z-X PLANE)
5.3	-13.9	-10.3	(T-Z PLANE)
-3.7	-13.7	79.3	(Z-S PLANE)

坑道掘削に伴う応力変化 MS-1-2 (6.3D, 掘削終了時)

ms1p H= 0 V=-2 T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	3.499	22.4
SIG-Y	-2.785	17.5
SIG-Z	-14.351	17.5
TAU-XY	-4.467	7.3
TAU-YZ	-1.362	7.3
TAU-ZX	3.881	7.3

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-633	52	-68	-752
YZ-men	-68	576	974	330
ZX-men	974	-179	-633	520
SZ-men	52	352	974	673
TZ-men	-752	444	974	-223

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	3.5	-4.1	-2.8	4.8
YZ-men	-2.8	-9.9	-14.4	-7.2
ZX-men	-14.4	-1.6	3.5	-9.3
SZ-men	-4.1	-7.5	-14.4	-11
TZ-men	4.8	-8.5	-14.4	-1.1

	L	M	N	H=	V=
SIG1	6.6	0.8755	-0.4439	0.1909	-26.9
SIG2	-5.1	0.4423	0.8953	0.0536	63.7
SIG3	-15.2	-0.1948	0.0375	0.9801	169.1
					V= 11.0
					V= 3.1
					V= 78.6

(Stress)

SIG-S	-4.110
SIG-T	4.824
SIG-Z	-14.351
TAU-ST	-3.142
TAU-TZ	-3.707
TAU-ZS	1.782

SIG-1	SIG-2	TEATER	
5.8	-5.1	-27.4	(X-Y PLANE)
-2.6	-14.5	-6.6	(Y-Z PLANE)
4.3	-15.2	78.1	(Z-X PLANE)
5.5	-15.0	-10.6	(T-Z PLANE)
-3.8	-14.7	80.3	(Z-S PLANE)

坑道掘削に伴う応力変化 MS-2-2 (-2.1D)

ms2c H= 0 V=-2 T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	0.607	1.7
SIG-Y	0.379	1.3
SIG-Z	-0.398	1.3
TAU-XY	-0.176	0.6
TAU-YZ	-0.105	0.6
TAU-ZX	0.405	0.6

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-41	-15	-20	-46
YZ-men	-20	24	50	5
ZX-men	50	-32	-41	41
SZ-men	-15	-2	50	37
TZ-men	-46	34	50	-31

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	.6	.3	.4	.7
YZ-men	.4	-.1	-.4	.1
ZX-men	-.4	.5	.6	-.3
SZ-men	.3	.2	-.4	-.3
TZ-men	.7	-.2	-.4	.5

	L	M	N		
SIG1	0.0	-0.5610	-0.0312	0.8273	H= 183.2 V= 55.8
SIG2	0.3	0.3941	0.9145	0.0919	H= 66.7 V= 5.3
SIG3	0.8	0.8595	-0.4021	0.3156	H= -25.1 V= 18.4

(Stress)

SIG-S	0.317
SIG-T	0.669
SIG-Z	-0.398
TAU-ST	-0.114
TAU-TZ	-0.361
TAU-ZS	0.212

SIG-1	SIG-2	TEATER	
0.7	0.3	-28.6	(X-Y PLANE)
0.4	-0.4	-7.6	(Y-Z PLANE)
0.7	-0.5	70.5	(Z-X PLANE)
0.8	-0.5	-17.0	(T-Z PLANE)
0.4	-0.5	74.6	(Z-S PLANE)

坑道掘削に伴う応力変化 MS-2-2 (-0.8D)

ms2h H= 0 V=-2 T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	0.346	3.6
SIG-Y	0.294	2.8
SIG-Z	-1.690	2.8
TAU-XY	-0.558	1.2
TAU-YZ	-0.392	1.2
TAU-ZX	0.697	1.2

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-56	-3	-51	-104
YZ-men	-51	74	128	3
ZX-men	128	-27	-56	99
SZ-men	-3	43	128	82
TZ-men	-104	81	128	-57

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	.3	-.2	.3	.9
YZ-men	.3	-1.1	-1.7	-.3
ZX-men	-1.7	0	.3	-1.4
SZ-men	-.2	-.8	-1.7	-1.2
TZ-men	.9	-1.2	-1.7	.4

	L	M	N	H=	V=
SIG1	1.1	0.7233	-0.6354	0.2703	15.7
SIG2	-0.2	0.6360	0.7655	0.0976	5.6
SIG3	-1.9	-0.2690	0.1013	0.9578	73.3

(Stress)

SIG-S	-0.238
SIG-T	0.878
SIG-Z	-1.690
TAU-ST	-0.026
TAU-TZ	-0.770
TAU-ZS	0.216

SIG-1	SIG-2	TEATER	
0.9	-0.2	-43.7	(X-Y PLANE)
0.4	-1.8	-10.8	(Y-Z PLANE)
0.6	-1.9	72.7	(Z-X PLANE)
1.1	-1.9	-15.5	(T-Z PLANE)
-0.2	-1.7	81.6	(Z-S PLANE)

坑道掘削に伴う応力変化 MS-2-2 (0.0D)

ms2 i H= 0 V=-2 T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	1.287	6.4
SIG-Y	-0.769	5.0
SIG-Z	-5.193	5.0
TAU-XY	-1.191	2.1
TAU-YZ	-1.165	2.1
TAU-ZX	0.910	2.1

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-225	-25	-40	-240
YZ-men	-40	264	358	54
ZX-men	358	-15	-225	149
SZ-men	-25	183	358	150
TZ-men	-240	191	358	-73

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	1.3	-.9	-.8	1.4
YZ-men	-.8	-4.2	-5.2	-1.8
ZX-men	-5.2	-1.1	1.3	-2.9
SZ-men	-.9	-3.3	-5.2	-2.9
TZ-men	1.4	-3.3	-5.2	-.4

	L	M	N	H=	V=
SIG1	2.1	0.8785	-0.4422	0.1808	-26.7
SIG2	-1.2	-0.4687	-0.8709	0.1478	241.7
SIG3	-5.5	-0.0922	0.2146	0.9724	113.2

(Stress)

SIG-S	-0.933
SIG-T	1.450
SIG-Z	-5.193
TAU-ST	-1.028
TAU-TZ	-1.467
TAU-ZS	-0.180

SIG-1	SIG-2	TEATER	
1.8	-1.3	-24.6	(X-Y PLANE)
-0.5	-5.5	-13.9	(Y-Z PLANE)
1.4	-5.3	82.0	(Z-X PLANE)
1.8	-5.5	-11.9	(T-Z PLANE)
-0.9	-5.2	-87.7	(Z-S PLANE)

坑道掘削に伴う応力変化 MS-2-2 (0.8D)

ms2j H= 0 V=-2 T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	0.981	8.8
SIG-Y	-1.507	6.9
SIG-Z	-9.512	6.9
TAU-XY	-0.468	2.9
TAU-YZ	-1.935	2.9
TAU-ZX	1.371	2.9

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-323	-168	-99	-253
YZ-men	-99	436	622	88
ZX-men	622	26	-323	273
SZ-men	-168	263	622	191
TZ-men	-253	395	622	-26

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	1	-.7	-1.5	.2
YZ-men	-1.5	-7.5	-9.5	-3.6
ZX-men	-9.5	-2.9	1	-5.6
SZ-men	-.7	-5.5	-9.5	-4.7
TZ-men	.2	-7	-9.5	-2.3

	L	M	N	H=	V=
SIG1	1.4	0.9487	-0.2682	0.1674	-15.8
SIG2	-1.3	-0.2960	-0.9396	0.1720	252.5
SIG3	-10.1	-0.1112	0.2127	0.9708	117.6
					V= 9.6
					V= 9.9
					V= 76.1

(Stress)

SIG-S	-0.731
SIG-T	0.205
SIG-Z	-9.512
TAU-ST	-1.244
TAU-TZ	-2.337
TAU-ZS	-0.399

SIG-1	SIG-2	TEATER	
1.1	-1.6	-10.3	(X-Y PLANE)
-1.1	-10.0	-12.9	(Y-Z PLANE)
1.2	-9.7	82.6	(Z-X PLANE)
0.7	-10.0	-12.8	(T-Z PLANE)
-0.7	-9.5	-87.5	(Z-S PLANE)

坑道掘削に伴う応力変化 MS-2-2 (2.1D)

ms2m H= 0 V=-2 T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	-0.337	10.8
SIG-Y	-2.585	8.4
SIG-Z	-12.416	8.4
TAU-XY	-0.366	3.5
TAU-YZ	-2.366	3.5
TAU-ZX	1.672	3.5

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-328	-193	-125	-259
YZ-men	-125	530	760	104
ZX-men	760	66	-328	367
SZ-men	-193	327	760	239
TZ-men	-259	507	760	-7

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-3	-1.8	-2.6	-1.1
YZ-men	-2.6	-9.9	-12.4	-5.1
ZX-men	-12.4	-4.7	-3	-8.1
SZ-men	-1.8	-7.6	-12.4	-6.6
TZ-men	-1.1	-9.6	-12.4	-3.9

	L	M	N		H	V
B101	0.1	0.9407	0.1976	0.1801	H= 17.0	V= 10.4
B102	2.0	0.3172	0.9138	0.1658	H= 261.2	V= -9.6
B103	13.1	-0.1205	0.2131	0.9696	H= 119.6	V= 76.8

(Stress)

SIG-S	-1.827
SIG-T	-1.095
SIG-Z	-12.416
TAU-ST	-1.124
TAU-TZ	-2.855
TAU-ZS	-0.491

SIG-1	SIG-2	TEATER	
-0.3	-2.6	-9.0	(X-Y PLANE)
-2.0	-13.0	-12.9	(Y-Z PLANE)
-0.1	-12.6	82.1	(Z-X PLANE)
-0.4	-13.1	-13.4	(T-Z PLANE)
-1.8	-12.4	-87.5	(Z-S PLANE)

坑道掘削に伴う応力変化 MS-2-2 (7.2D, 掘削終了時)

mn2p H= 0 V= -2 T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	-0.861	11.6
SIG-Y	-3.245	9.1
SIG-Z	-13.919	9.1
TAU-XY	-0.313	3.8
TAU-YZ	-2.585	3.8
TAU-ZX	1.782	3.8

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-343	-208	-129	-264
YZ-men	-129	585	832	119
ZX-men	832	84	-343	405
SZ-men	-208	363	832	261
TZ-men	-264	562	832	6

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	.9	-2.4	-3.3	-1.8
YZ-men	-3.3	-11.2	-13.9	-6
ZX-men	-13.9	-5.6	-.9	-9.2
SZ-men	-2.4	-8.7	-13.9	-7.6
TZ-men	-1.8	-10.9	-13.9	-4.8

	L	M	N	H=	V=
SIG1	-0.4	0.9470	-0.2683	0.1767	-15.8
SIG2	-2.9	-0.2980	-0.9390	0.1717	252.4
SIG3	-14.7	-0.1198	0.2152	0.9692	119.1
					10.2
					9.9
					75.7

(Stress)

SIG-S	-2.366
SIG-T	-1.740
SIG-Z	-13.919
TAU-ST	-1.192
TAU-TZ	-3.088
TAU-ZS	-0.568

SIG-1	SIG-2	TEATER	
-0.8	-3.3	-7.3	(X-Y PLANE)
-2.7	-14.5	-12.9	(Y-Z PLANE)
-0.6	-14.2	82.2	(Z-X PLANE)
-1.0	-14.7	-13.4	(T-Z PLANE)
-2.3	-13.9	-87.3	(Z-S PLANE)

坑道掘削に伴う応力変化 MS-3-2 (-1.3D)

ms3c H= 0 V=-2 T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	-0.751	2.9
SIG-Y	-0.666	2.2
SIG-Z	-0.821	2.2
TAU-XY	-0.229	0.9
TAU-YZ	-0.987	0.9
TAU-ZX	-0.019	0.9

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	15	32	8	-9
YZ-men	8	104	22	-74
ZX-men	22	20	15	17
SZ-men	32	91	22	-37
TZ-men	-9	68	22	-55

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	.8	.9	.7	.5
YZ-men	.7	.7	.8	.2
ZX-men	.8	.8	.8	.8
SZ-men	.1	.0	.8	.9
TZ-men	.1	.1	.8	0

	L	M	N	H=	V=
SIG1	0.3	0.1522	-0.7343	0.6616	-78.3
SIG2	-0.7	-0.9741	0.0018	0.2262	179.9
SIG3	-1.8	0.1673	0.6789	0.7150	76.2
					41.4 13.1 45.6

(Stress)

SIG-S	-0.938
SIG-T	-0.479
SIG-Z	-0.821
TAU-ST	0.042
TAU-TZ	-0.684
TAU-ZS	-0.711

SIG-1	SIG-2	TEATER	
-0.5	-0.9	-49.7	(X-Y PLANE)
0.2	-1.7	-42.8	(Y-Z PLANE)
-0.7	-0.8	-75.7	(Z-X PLANE)
0.1	-1.4	-38.0	(T-Z PLANE)
-0.2	-1.6	-42.6	(Z-S PLANE)

流体拘束に伴う応力変化 MS-3-2 (-0.8D)

theta=0 φ=0 Ψ=0

Released Component

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	-1.150	3.7
SIG-Y	-1.187	2.9
SIG-Z	-1.413	2.9
TAU-XY	-0.340	1.2
TAU-YZ	-1.289	1.2
TAU-ZX	-0.009	1.2

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	16	48	19	-13
YZ-men	19	146	40	-87
ZX-men	40	39	16	27
SZ-men	48	127	40	-39
TZ-men	-13	95	40	-68

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-1.2	-1.5	-1.2	-1.8
YZ-men	-1.2	-2.6	-1.4	0
ZX-men	-1.4	-1.3	-1.2	-1.3
SZ-men	-1.5	-2.4	-1.4	-1.6
TZ-men	-1.8	-2	-1.4	-1.2

	L	M	N		
SIG1	0.0	0.2036	0.7340	0.6479	H= 74.5 V= 10.4
SIG2	-1.2	-0.9659	-0.0436	0.2553	H= 182.5 V= 11.8
SIG3	-2.6	0.1698	-0.6778	0.7177	H= 76.7 V= 16.9

Stress

SIG-S	-1.508
SIG-T	-0.829
SIG-Z	-1.413
TAU-ST	-0.018
TAU-TZ	-0.905
TAU-ZS	-0.918

SIG-1	SIG-2	TEATER	
-0.8	-1.5	-43.5	(X-Y PLANE)
-0.0	-2.6	-42.5	(Y-Z PLANE)
-1.2	-1.4	-88.1	(Z-X PLANE)
-0.2	-2.1	-36.1	(T-Z PLANE)
-0.5	-2.4	-43.5	(Z-S PLANE)

坑道掘削に伴う応力変化 MS-3-2 (0.0D)

ms3h H= 0 V=-2 T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	-0.802	5.6
SIG-Y	-1.842	4.4
SIG-Z	-2.343	4.4
TAU-XY	-0.791	1.8
TAU-YZ	-1.651	1.8
TAU-ZX	0.358	1.8

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-44	74	50	-69
YZ-men	-50	224	95	-77
ZX-men	95	-7	-44	58
SZ-men	74	167	95	2
TZ-men	-69	111	95	-115

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
X-men	0	+	-1.9	0
Y-men	-1.9	0	-2.4	0
ZX-men	-2.4	-1.2	-0.8	-1.9
SZ-men	-2.1	-0.2	-2.4	-1.3
TZ-men	-0.5	-2.9	-2.4	0

	L	M	N		
SIG1	0.2	0.6265	-0.6152	0.4786	H= -44.5 V= 28.6
SIG2	-1.5	-0.7744	-0.4223	0.4711	H= 208.6 V= 28.1
SIG3	-3.8	0.0877	0.6658	0.7410	H= 82.5 V= 47.8

(Stress)

SIG-S	-2.114
SIG-T	-0.531
SIG-Z	-2.343
TAU-ST	-0.520
TAU-TZ	-1.421
TAU-ZS	-0.914

SIG-1	SIG-2	TEATER	
-0.4	-2.3	-28.3	(X-Y PLANE)
-0.4	-3.8	-40.7	(Y-Z PLANE)
-0.7	-2.4	77.4	(Z-X PLANE)
0.2	-3.1	-28.7	(T-Z PLANE)
-1.3	-3.1	-48.7	(Z-S PLANE)

坑道掘削に伴う応力変化 MS-3-2 (0.8D)

ms3i H= 0 V=-2 T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	-0.336	7.3
SIG-Y	-2.412	5.7
SIG-Z	-3.877	5.7
TAU-XY	-0.356	2.4
TAU-YZ	-2.083	2.4
TAU-ZX	0.550	2.4

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-124	1	63	-63
YZ-men	63	316	194	-59
ZX-men	194	-15	-124	85
SZ-men	1	195	194	0
TZ-men	-63	233	194	-102

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-.3	-1.7	-2.4	-1
YZ-men	-2.4	-5.2	-3.9	-1.1
ZX-men	-3.9	-1.6	-.3	-2.7
SZ-men	-1.7	-3.9	-3.9	-1.7
TZ-men	-1	-4.3	-3.9	-.6

	L	M	N	H=	V=
SIG1	0.1	0.8504	-0.4060	0.3345	-25.5
SIG2	-1.3	-0.5238	-0.7128	0.4664	233.7
SIG3	-5.4	-0.0491	0.5719	0.8189	94.9
					V= 55.0

(Stress)

SIG-S	-1.730
SIG-T	-1.018
SIG-Z	-3.877
TAU-ST	-1.038
TAU-TZ	-1.862
TAU-ZS	-1.084

SIG-1	SIG-2	TEATER	
-0.3	-2.5	-9.5	(X-Y PLANE)
-0.9	-5.4	-35.3	(Y-Z PLANE)
-0.3	-4.0	81.2	(Z-X PLANE)
-0.1	-4.8	-26.2	(T-Z PLANE)
-1.3	-4.3	-67.5	(Z-S PLANE)

坑道掘削に伴う応力変化 MS-3-2 (2.1D)

ms3k H= 0 V=-2 T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	-0.935	8.6
SIG-Y	-2.988	6.7
SIG-Z	-5.152	6.7
TAU-XY	-0.333	2.8
TAU-YZ	-2.518	2.8
TAU-ZX	0.577	2.8

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-128	-5	57	-65
YZ-men	57	381	252	-72
ZX-men	252	10	-128	114
SZ-men	-5	247	252	0
TZ-men	-65	290	252	-104

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	- .9	-2.3	-3	-1.6
YZ-men	-3	-6.6	-5.2	-1.6
ZX-men	-5.2	-2.5	- .9	-3.6
SZ-men	-2.3	-5.1	-5.2	-2.4
TZ-men	-1.6	-5.6	-5.2	-1.2

	L	M	N	H=	V=
SIG1	-0.5	0.8133	-0.4637	0.3515	-29.7
SIG2	-1.8	-0.5796	-0.6987	0.4193	230.3
SIG3	-6.8	-0.0512	0.5447	0.8371	95.4

(Stress)

SIG-S	-2.294
SIG-T	-1.629
SIG-Z	-5.152
TAU-ST	-1.026
TAU-TZ	-2.188
TAU-ZS	-1.373

SIG-1	SIG-2	TEATER	
-0.9	-3.0	-9.0	(X-Y PLANE)
-1.3	-6.8	-33.4	(Y-Z PLANE)
-0.9	-5.2	82.2	(Z-X PLANE)
-0.6	-6.2	-25.6	(T-Z PLANE)
-1.7	-5.7	-68.2	(Z-S PLANE)

坑道掘削に伴う応力変化 MS-3-2 (8.0D, 掘削終了時)

ms3p H= 0 V=-2 T= 0

Stress Components

	(Stress)	(HENSA)
SIG-X	-1.387	9.2
SIG-Y	-3.666	7.2
SIG-Z	-6.222	7.2
TAU-XY	-0.326	3.0
TAU-YZ	-2.646	3.0
TAU-ZX	0.666	3.0

Released Strain(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-138	-6	67	-65
YZ-men	67	420	297	-56
ZX-men	297	19	-138	139
SZ-men	-6	271	297	19
TZ-men	-65	327	297	-95

Normal Stress(HENSA)

	0-deg	45-deg	90-deg	135-deg
XY-men	-1.4	-2.9	-3.7	-2.2
YZ-men	-3.7	-7.6	-6.2	-2.3
ZX-men	-6.2	-3.1	-1.4	-4.5
SZ-men	-2.9	-5.9	-6.2	-3.1
TZ-men	-2.2	-6.6	-6.2	-1.9

	L	M	N	H=	V=
SIG1	-1.0	0.8513	-0.4169	0.3185	-26.1 18.6
SIG2	-2.4	-0.5211	-0.7420	0.4218	234.9 25.0
SIG3	-7.9	-0.0605	0.5251	0.8489	96.6 58.1

(Stress)

SIG-S	-2.852
SIG-T	-2.201
SIG-Z	-6.222
TAU-ST	-1.139
TAU-TZ	-2.342
TAU-ZS	-1.400

SIG-1	SIG-2	TEATER	
-1.3	-3.7	-8.0	(X-Y PLANE)
-2.0	-7.9	-32.1	(Y-Z PLANE)
-1.3	-6.3	82.2	(Z-X PLANE)
-1.1	-7.3	-24.7	(T-Z PLANE)
-2.3	-6.7	-70.3	(Z-S PLANE)