

東濃鉾山における双設坑道の安定解析

平成13年3月

核燃料サイクル開発機構

東濃地科学センター

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

〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4番地49

核燃料サイクル開発機構
技術展開部技術協力課

Inquires about copyright and reproduction should be addressed to :

Technical Cooperation Section,

Technology Management Division,

Japan Nuclear Cycle Development Institute

49-4, Muramatsu, Naka-gun, Ibaraki 319-1194, Japan

©核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute) 2001

東濃鉱山における双設坑道の安定解析

前田信行*、松井裕哉*

要旨

北延 NATM 坑道における双設坑道安定性評価試験に先駆けて、離隔距離（1.5m、3.0m、4.5m、6.0m、7.5m）の異なる双設坑道をモデル化して、二次元解析を行った。それらの結果のうち主応力や主ひずみの分布、安全率の分布から坑道の掘削が周辺岩盤に与える影響と坑道周辺の岩盤の安定性について評価した。

それらの結果をまとめたものを以下に示す。

- 1) 坑道の掘削が周辺岩盤に与える影響の範囲は、坑壁から 3m (1D) 程度であった。
- 2) 双設坑道が周辺岩盤に与える影響は坑道の離隔距離に依存し、それらの坑道間での応力集中は、1.5m (0.5D) では顕著であったが、4.5m (1.5D) ではほとんど見られなかった。
- 3) 調査・計測の対象とする範囲としては、坑壁から 3m 以上は必要である。
- 4) 双設坑道の離隔距離は、3.0m (1D) が推奨される。

An analysis of a twin drift to evaluate stability of the drift at Tono mine

Nobuyuki MAEDA, Hiroya MATSUI

Abstract

Before in situ experiment of a twin drift to evaluate stability at NATM drift, two-dimensional analysis were carried out using a twin drift of different distances of the drifts (1.5m, 3.0m, 4.5m, 6.0m, 7.5m). The influence of excavation to rock mass and stability of the rock mass were evaluated by distribution of principal stress, principal strain and safety factor.

The main conclusions are as follows:

- 1) The influence of excavation to rock mass was appeared within 3m from the wall.
- 2) The influence of excavation of the twin drift to rock mass depend on the distance of the drifts, stress concentration between the drifts was large in case of 1.5m(0.5D) but was very small in case of 4.5m(1.5D).
- 3) Area of the investigation was needed more than 3m from the wall.
- 4) The distance of twin drift was recommended as 3.0m(1.0D).

目 次

| | |
|-------------------------|----|
| 1. はじめに | 1 |
| 2. 目的 | 1 |
| 3. 地質概要 | 1 |
| 4. 解析方法 | 3 |
| 4.1 解析モデル | 3 |
| 4.2 岩盤物性値 | 3 |
| 4.3 境界条件 | 3 |
| 4.4 解析ケース | 3 |
| 4.5 評価方法 | 7 |
| 5. 解析結果 | 8 |
| 5.1 双設-1の解析結果 | 8 |
| 5.2 双設-2の解析結果 | 8 |
| 5.3 双設-3の解析結果 | 8 |
| 5.4 双設-4の解析結果 | 8 |
| 5.5 双設-5の解析結果 | 8 |
| 6. 考察 | 20 |
| 6.1 坑道の掘削が周辺岩盤に与える影響の評価 | 20 |
| 6.2 坑道近傍の岩盤の安定性の評価 | 20 |
| 7. まとめ | 23 |

図表一覧

| | | | |
|---------|------------------------|-------|----|
| 図 3.1 | 東濃鉱山の地質概要 | ----- | 1 |
| 図 3.2 | 北延 NATM 坑道の平面図 | ----- | 2 |
| 表 4.2.1 | 岩盤物性値 | ----- | 3 |
| 表 4.4.1 | 解析ケース | ----- | 3 |
| 図 4.1.1 | 解析モデル (離隔距離 : 0.5D) | ----- | 4 |
| 図 4.1.2 | 解析モデル (離隔距離 : 1.0D) | ----- | 4 |
| 図 4.1.3 | 解析モデル (離隔距離 : 1.5D) | ----- | 5 |
| 図 4.1.4 | 解析モデル (離隔距離 : 2.0D) | ----- | 5 |
| 図 4.1.5 | 解析モデル (離隔距離 : 2.5D) | ----- | 6 |
| 図 4.5.1 | 安全率の定義 | ----- | 7 |
| 図 5.1.1 | 主応力分布 (双設-1 : 0.5D) | ----- | 10 |
| 図 5.1.2 | 主ひずみ分布 (双設-1 : 0.5D) | ----- | 11 |
| 図 5.2.1 | 主応力分布 (双設-2 : 1.0D) | ----- | 12 |
| 図 5.2.2 | 主ひずみ分布 (双設-2 : 1.0D) | ----- | 13 |
| 図 5.3.1 | 主応力分布 (双設-3 : 1.5D) | ----- | 14 |
| 図 5.3.2 | 主ひずみ分布 (双設-3 : 1.5D) | ----- | 15 |
| 図 5.4.1 | 主応力分布 (双設-4 : 2.0D) | ----- | 16 |
| 図 5.4.2 | 主ひずみ分布 (双設-4 : 2.0D) | ----- | 17 |
| 図 5.5.1 | 主応力分布 (双設-5 : 2.5D) | ----- | 18 |
| 図 5.5.2 | 主ひずみ分布 (双設-5 : 2.5D) | ----- | 19 |
| 表 6.2.1 | 岩盤の安定性の評価 | ----- | 20 |
| 図 6.2.1 | 安全率コンター図 (双設-1 : 0.5D) | ----- | 21 |
| 図 6.2.2 | 安全率コンター図 (双設-2 : 1.0D) | ----- | 21 |
| 図 6.2.3 | 安全率コンター図 (双設-3 : 1.5D) | ----- | 21 |
| 図 6.2.4 | 安全率コンター図 (双設-4 : 2.0D) | ----- | 22 |
| 図 6.2.5 | 安全率コンター図 (双設-5 : 2.5D) | ----- | 22 |

1. はじめに

核燃料サイクル開発機構東濃地科学センターでは、地層科学研究の一環として、坑道の掘削が周辺の岩盤に与える影響について研究を実施している。これまでに、東濃鉾山を利用して、第2立坑において立坑掘削影響試験を、北延 NATM 坑道において坑道掘削影響試験を実施した。そして、それらの成果を踏まえて、平成 13 年度から3カ年の計画で、北延 NATM 坑道において双設坑道安定性評価試験を実施する。ここでは、その試験に先駆けて実施した二次元解析の結果について述べる。

2. 目的

北延 NATM 坑道における双設坑道安定性評価試験に先駆けて、離隔距離の異なる双設坑道をモデル化して二次元解析を行い、調査対象範囲や坑道の離隔距離など試験計画を策定するための基礎的な情報を得ることを目的とする。

3. 地質概要

東濃鉾山は、岐阜県土岐市の標高約 300m のなだらかな丘陵地に位置している。周辺の地質は、基盤をなす中生代～古第三紀の花崗岩とそれを被覆する新第三紀の瑞浪層群（明世累層、土岐夾炭累層）と新第三紀～第四紀の瀬戸層群から構成されている。また、この地域には月吉断層（ $N90^{\circ}E60^{\circ}S$ ）と呼ばれる逆断層（地質断層）が存在しており、東濃鉾山の坑道でその断層が確認されている。東濃鉾山の地質概要を図 3.1 に示す。

双設坑道安定性評価試験を実施する北延 NATM 坑道は、東濃鉾山の最奥部にある2本の平行な坑道で、土被りが約 135m である。坑道周辺の地質は土岐夾炭累層であり、細粒砂岩と粗粒砂岩の互層であり、層理面は水平かやや北落ちの傾斜を有している。北延 NATM 坑道の平面図を図 3.2 に示す。

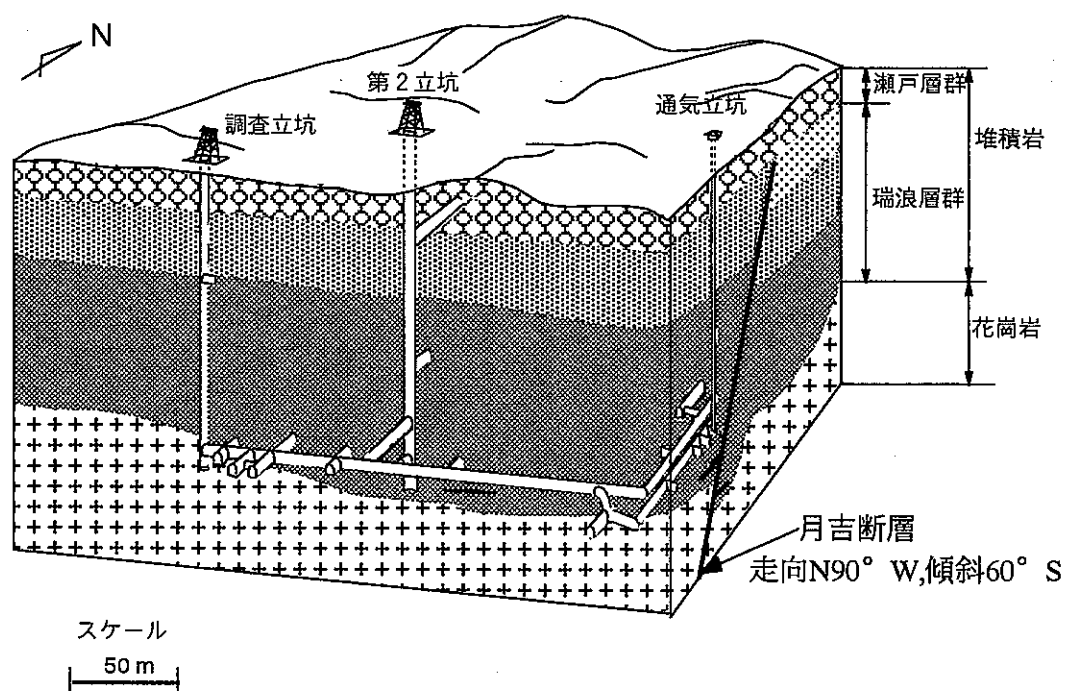


図 3.1 東濃鉾山の地質概要

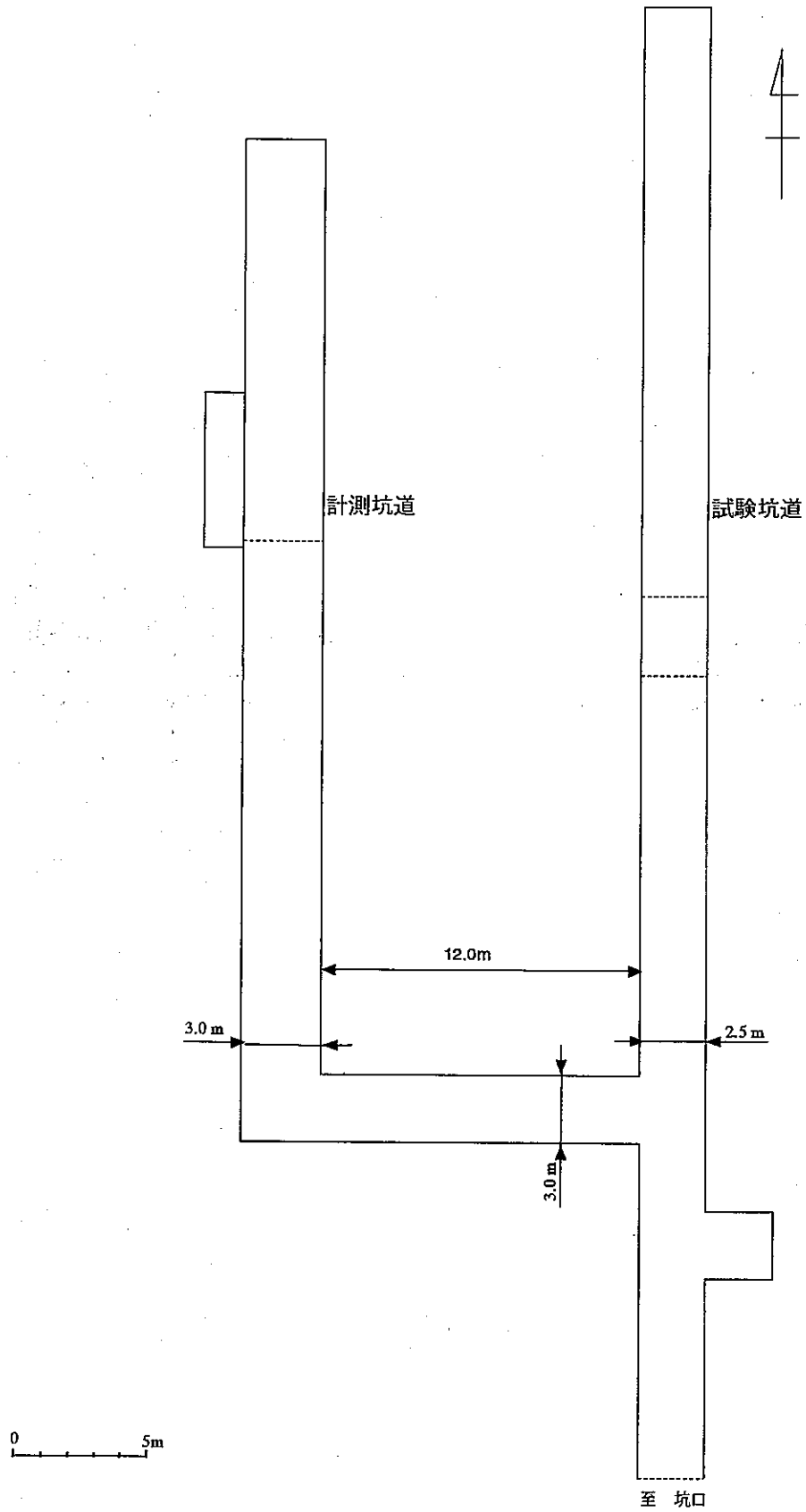


図 3.2 北延 NATM 坑道の平面図

4. 解析方法

北延 NATM 坑道の計測坑道（西側の坑道）と試験坑道（東側の坑道）の間に既存坑道と同規模の坑道を新たに1本掘削することを想定し、近接して坑道を掘削した場合の周辺岩盤への影響を評価するために、二次元弾性解析を実施した。解析断面は NATM 坑道を含む鉛直断面を設定し、平面ひずみ条件とした。解析ケース数は坑道の離隔距離により5ケースを設定した。解析コードは「2D-σ：ソフトブレン社製」を用いた。そして、各解析ケースごとに双設坑道近傍の応力分布やひずみ分布により坑道の掘削が周辺岩盤に与える影響について評価し、安全率の分布により坑道周辺の岩盤の安定性について評価した。

4.1 解析モデル

解析断面は、北延 NATM 坑道と直交する鉛直断面とし、その範囲は鉛直方向 70m、水平方向 80m に設定した。そして、計測坑道を基準として新たに掘削される坑道との離隔距離を、1.5m (0.5D)、3.0m (1.0D)、4.5m (1.5D)、6.0m (2.0D)、7.5m (2.5D) の5種類とし、解析ケースを設定した。解析断面内の地質は、土岐夾炭累層、花崗岩の2つの岩種から構成されるものとし、月吉断層（走向：ほぼ東西、傾斜：約 60° 南落ち）は考慮していない。各解析断面の解析モデルを図 4.1.1～5 に示す。どの解析断面においても要素数は約 900 個、節点数は約 2900 個であった。

4.2 岩盤物性値

それぞれの岩盤物性値は、既存の報告書¹²⁾を参考に設定した。それぞれの岩盤物性値を表 4.2.1 に示す。

表 4.2.1 岩盤物性値

| | 弾性係数 | ポアソン比 | 単位体積重量 | 粘着力 | 内部摩擦角 | 引張強度 |
|--------|----------------------|-------|---------------------|----------------------|-------|----------------------|
| | (tf/m ²) | — | (t/m ³) | (tf/m ²) | (度) | (tf/m ²) |
| 土岐夾炭累層 | 193,800 | 0.3 | 1.94 | 190 | 27 | 80 |
| 花崗岩 | 2,655,000 | 0.38 | 2.6 | 200 | 45 | 2,000 |

4.3 境界条件

境界条件は、各解析ケースにおいて全く同じものを用いた。拘束条件については、解析断面の下端境界面は鉛直方向拘束、両端境界面は水平方向拘束とし、上端境界面は、自由変形境界とした。応力の条件は、北延 NATM 坑道における三次元初期応力測定結果⁹⁾により、鉛直方向応力値は土被り圧（約 2.4MPa）に等しく、東西方向の応力値は鉛直方向応力値に等しいことがわかっているため、上端境界面には土被りと単位体積重量から推定される土被り圧を作用させ、両端境界面には側圧係数(K)を用いて鉛直方向応力値と等しい応力値を作用させた。

4.4 解析ケース

解析ケースは、計測坑道を基準として新たに掘削する坑道の位置（離隔距離）をパラメータとして設定した。解析ケースを表 4.4.1 に示す。

表 4.4.1 解析ケース

| 解析ケース | 坑道の離隔距離 |
|-------|---------------|
| 双設-1 | L=1.5m (0.5D) |
| 双設-2 | L=3.0m (1.0D) |
| 双設-3 | L=4.5m (1.5D) |
| 双設-4 | L=6.0m (2.0D) |
| 双設-5 | L=7.5m (2.5D) |

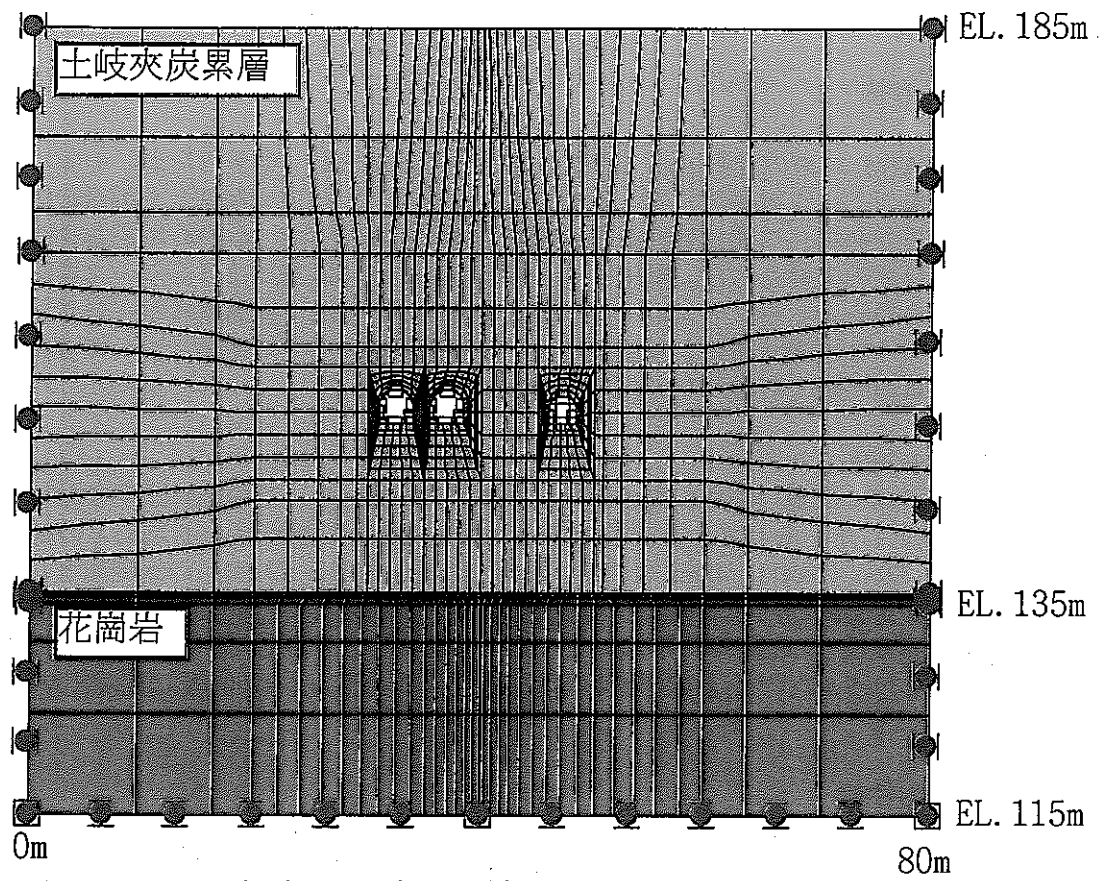


図4.1.1 解析モデル (離隔距離 : 0.5D)

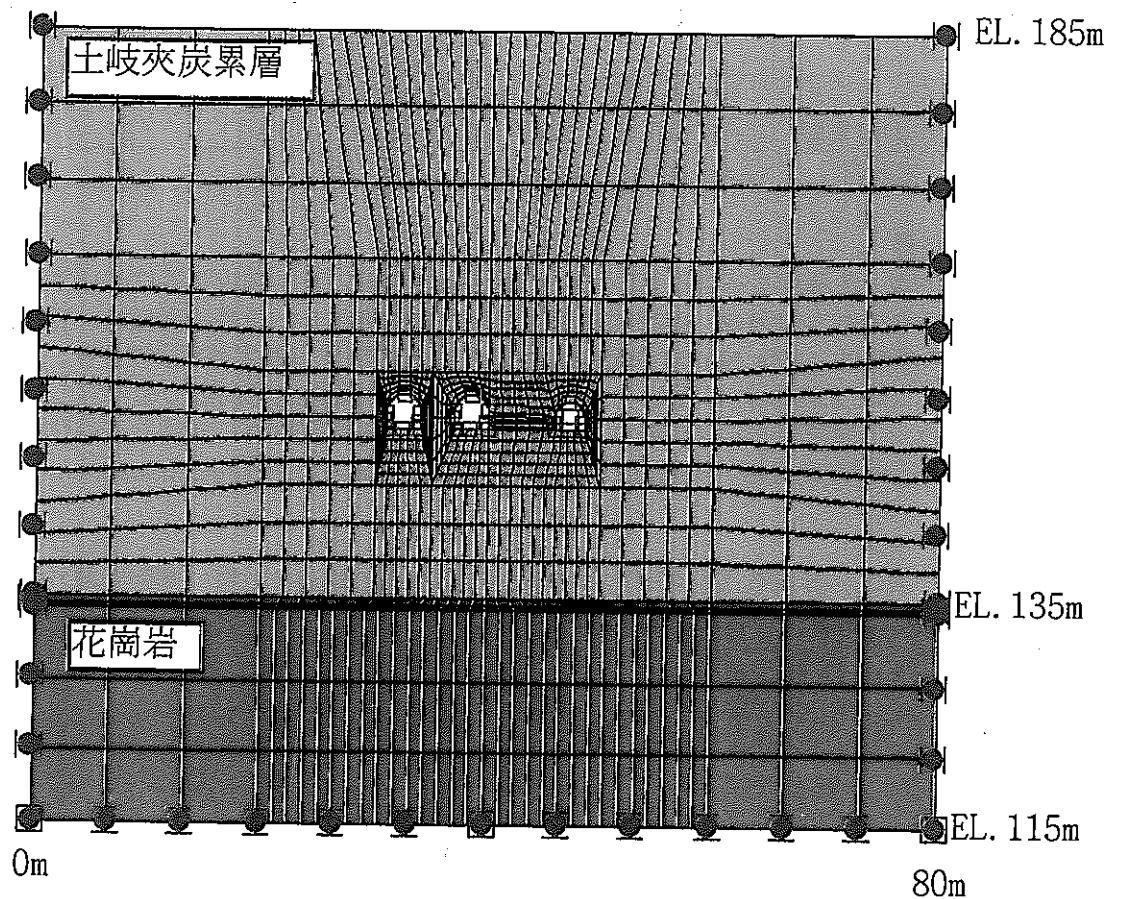


図4.1.2 解析モデル (離隔距離 : 1.0D)

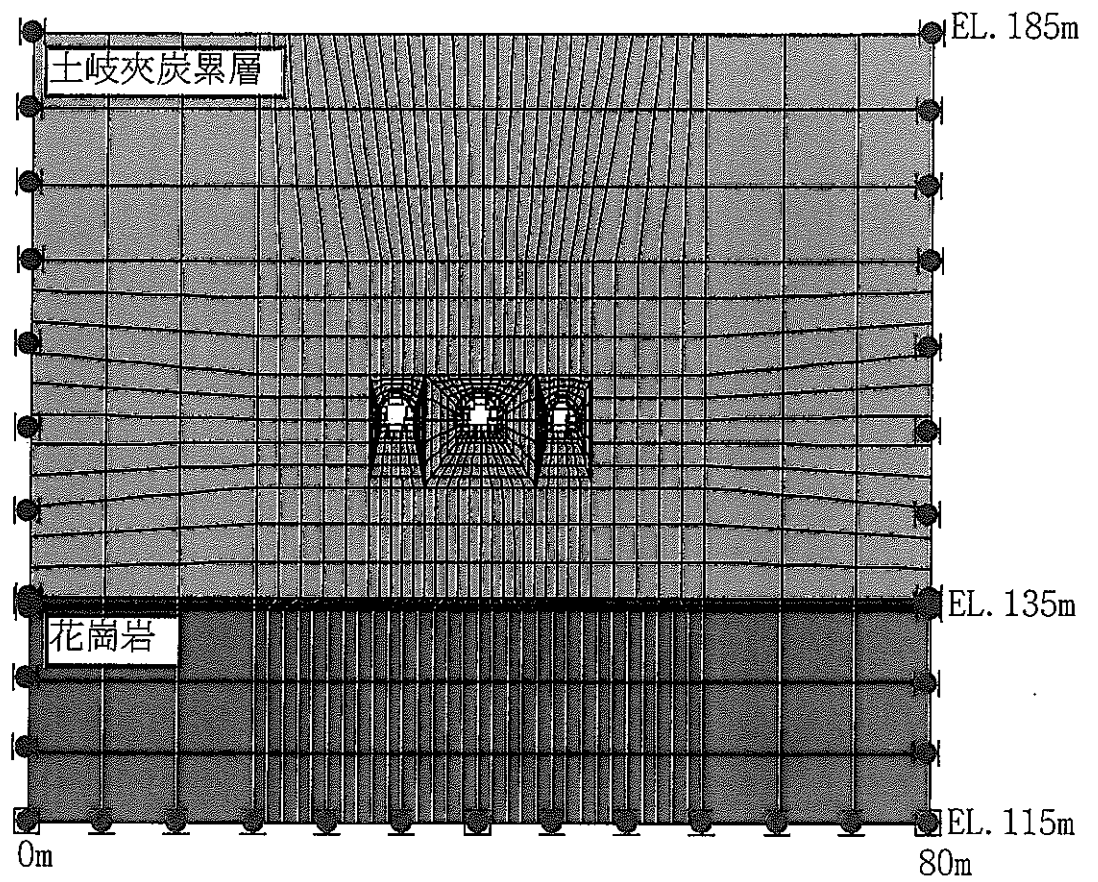


図4.1.3 解析モデル（離隔距離：1.5D）

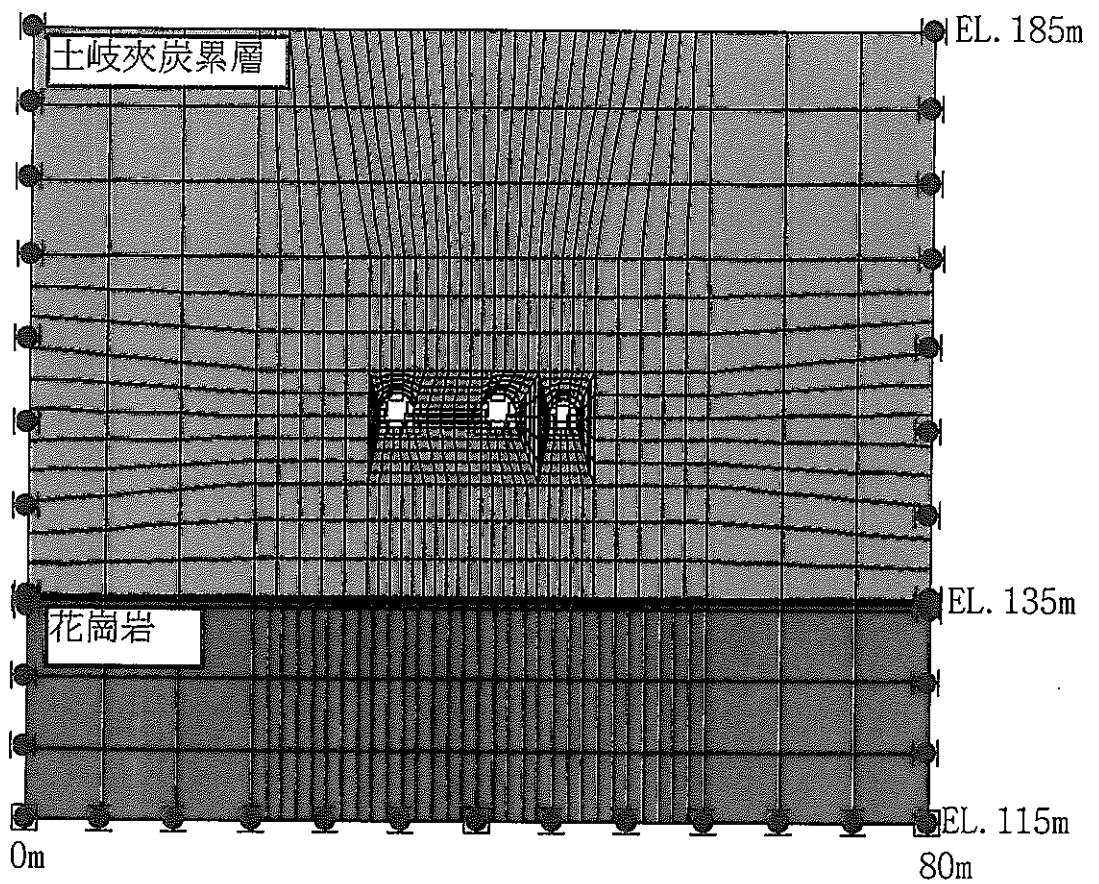


図4.1.4 解析モデル（離隔距離：2.0D）

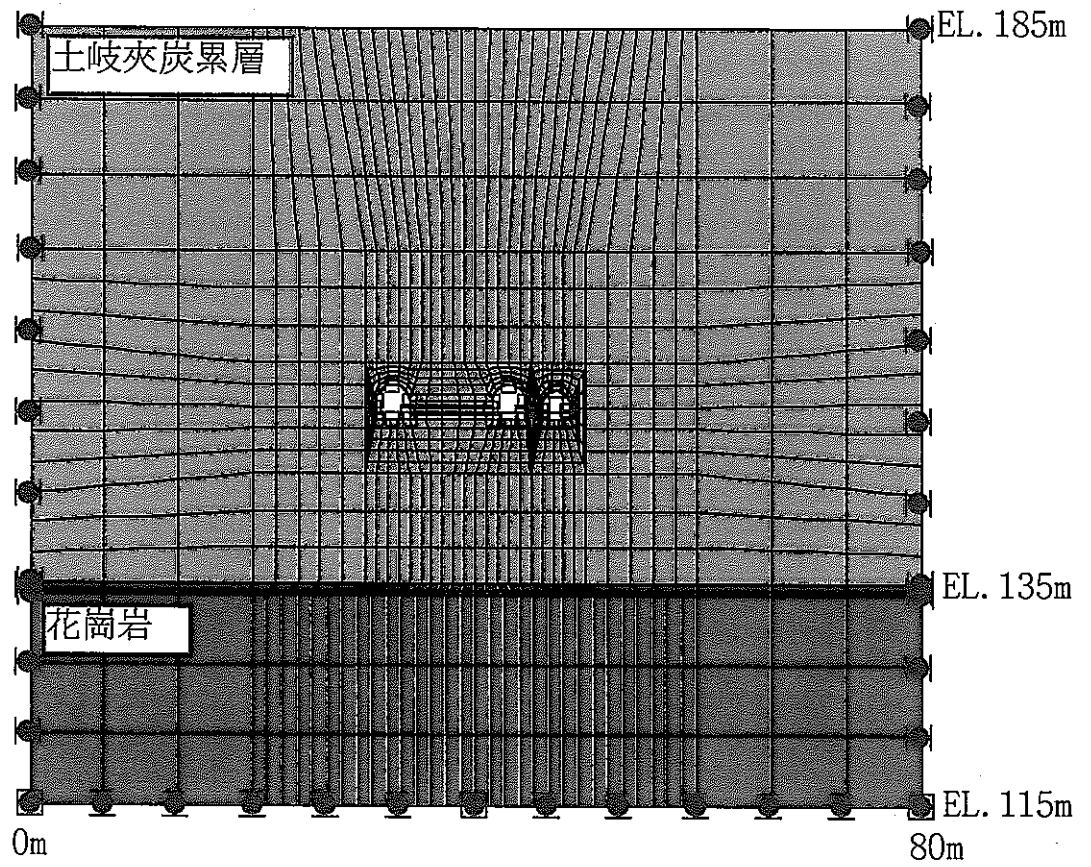


図4.1.5 解析モデル (離隔距離 : 2.5D)

4.5 評価方法

解析結果は、坑道周辺の応力分布とひずみ分布により、単一の坑道および双設坑道が影響を及ぼす範囲およびその程度について評価し、坑道近傍の安全率の分布により岩盤の安定性を評価し、塑性領域が発生する範囲を推定した。そして、それらの結果をもとに、双設坑道の影響を捉えるための調査・計測の対象となる範囲および坑道の安定性が確保されつつ塑性領域が発生するような坑道の離隔距離について検討した。なお、応力とひずみは圧縮を負として表示した。

安全率については、任意の点における安全率を図 4.5.1 の定義に従って、次式で求めることとし、安全率が1以下となる領域を塑性領域として評価した。

$$\text{安全率} = h/r$$

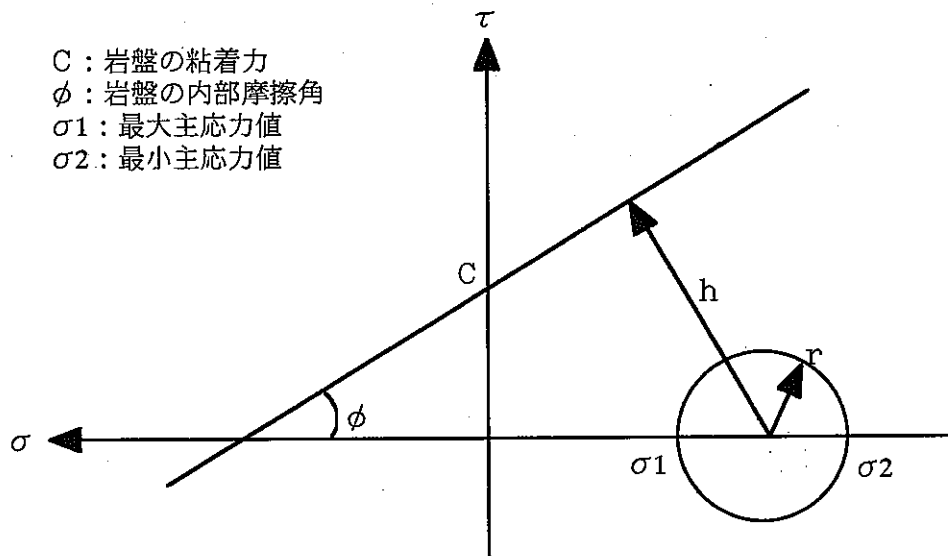


図 4.5.1 安全率の定義

5. 解析結果

坑道の離隔距離が 1.5m (0.5D)、3.0m (1.0D)、4.5m (1.5D)、6.0m (2.0D)、7.5m (2.5D) の場合の解析結果 (双設-1~5) について、坑道周辺の応力分布やひずみ分布などから双設坑道が周辺岩盤に与える影響について評価した。

5.1 双設-1の解析結果

双設-1の解析結果のうち主応力分布を図 5.1.1 に、主ひずみ分布を図 5.1.2 に示す。主応力分布によると、それぞれの坑道の周辺 3.0m 程度の範囲で応力状態の変化が見られた。計測坑道と新規坑道による応力の変化は互いに影響を及ぼしているが、試験坑道の応力変化は新規坑道に影響を与えていないことがわかる。計測坑道と新規坑道の間で応力集中が認められ、圧縮応力はかなり高くなっている。主ひずみ分布によると、主応力分布と同様に、計測坑道と新規坑道の間で圧縮ひずみの顕著な増加が見られた。

これらのことから、坑道の掘削による周辺岩盤への影響は 3m (1D) 程度であり、双設坑道の離隔距離が 1.5m (0.5D) の場合は、それらの坑道の中の岩盤でかなりの応力集中が生じており、その領域が塑性化することはもちろん、岩盤が破壊する可能性があることも予想される。

5.2 双設-2の解析結果

双設-2の解析結果のうち主応力分布を図 5.2.1 に、主ひずみ分布を図 5.2.2 に示す。主応力分布によると、それぞれの坑道の周辺 3.0m 程度の範囲で応力状態の変化が見られた。既存坑道 (計測坑道、試験坑道) と新規坑道による応力の変化は、互いに影響を及ぼしており、その影響度合いは計測坑道の方が大きい。計測坑道と新規坑道の間で応力集中が認められ、圧縮応力が比較的高くなっている。主ひずみ分布によると、主応力分布と同様に、計測坑道と新規坑道の間で圧縮ひずみが多くなっている。

これらのことから、坑道の掘削による周辺岩盤への影響は 3m (1D) 程度であり、双設坑道の離隔距離が 3.0m (1.0D) の場合は、それらの坑道の中の岩盤でかなりの応力集中が生じており、塑性領域が発生する可能性があることが予想される。

5.3 双設-3の解析結果

双設-3の解析結果のうち主応力分布を図 5.3.1 に、主ひずみ分布を図 5.3.2 に示す。主応力分布によると、それぞれの坑道の周辺 3.0m 程度の範囲で応力状態の変化が見られた。それぞれの坑道の離隔距離は 4.5m あり、それぞれの坑道の相互の影響はほとんど見られない。主ひずみ分布でも同様に、それぞれの坑道の相互の影響はほとんど見られない。

これらのことから、坑道の掘削による周辺岩盤への影響は 3m (1D) 程度であり、双設坑道の離隔距離が 4.5m (1.5D) の場合は、坑道周辺の岩盤は安定していることが予想される。

5.4 双設-4の解析結果

双設-4の解析結果のうち主応力分布を図 5.4.1 に、主ひずみ分布を図 5.4.2 に示す。主応力分布によると、それぞれの坑道の周辺 3.0m 程度の範囲で応力状態の変化が見られた。計測坑道と新規坑道の離隔距離は 6.0m あるので、それぞれの坑道の影響は独立しているが、試験坑道と新規坑道の離隔距離は 3.0m であり、それぞれの坑道は互いに影響を及ぼしており、坑道の中の岩盤での圧縮応力が高くなっていることがわかる。主ひずみ分布でも同様に、試験坑道と新規坑道では相互の影響が見られ、坑道の中の岩盤で圧縮ひずみの増加がみられた。

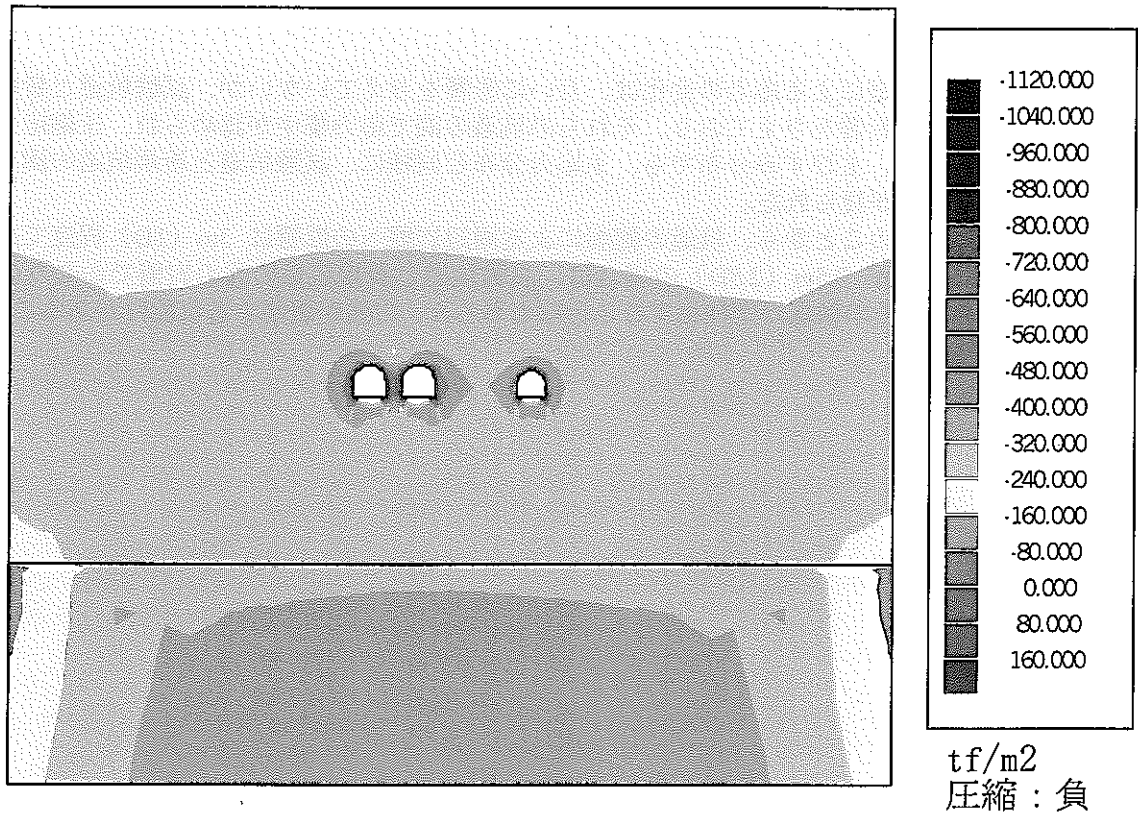
これらのことから、坑道の掘削による周辺岩盤への影響は 3m (1D) 程度であり、双設坑道の離隔距離が 6.0m (2.0D) の場合は、試験坑道と新規坑道の中の岩盤でかなりの応力集中が生じており、塑性領域が発生する可能性があることが予想される。

5.5 双設-5の解析結果

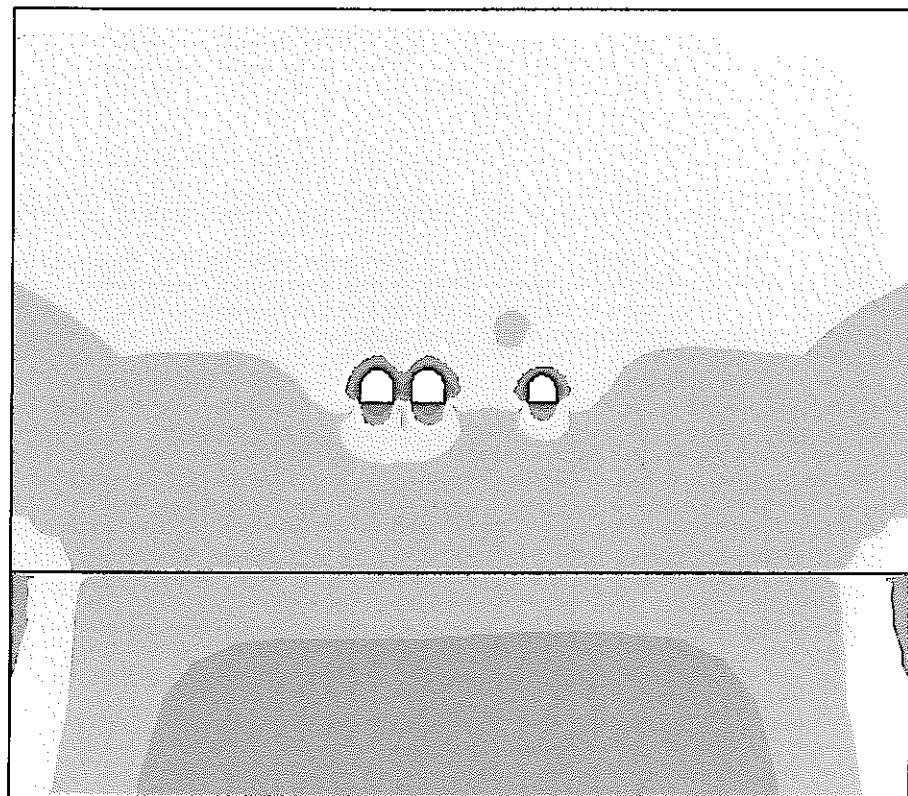
双設-5の解析結果のうち主応力分布を図 5.5.1 に、主ひずみの分布を図 5.5.2 に示す。主応力分布によると、それぞれの坑道の周辺 3.0m 程度の範囲で応力状態の変化が見られた。計測坑道

と新規坑道による応力の変化は、互いに影響を与えていないが、試験坑道と新規坑道の応力変化は互いに影響を与えており、それらの坑道の間で応力集中が認められ、圧縮応力はかなり高くなっている。主ひずみ分布でも、主応力分布と同様に、試験坑道と新規坑道の間で圧縮ひずみの顕著な増加が見られた。

これらのことから、坑道の掘削による周辺岩盤への影響は 3m (1D) 程度であり、双設坑道の離隔距離が 7.5m (2.5D) の場合は、試験坑道と新規坑道の間でかなりの応力集中が生じており、その領域が塑性化することはもちろん、岩盤が破壊する可能性があることが予想される。

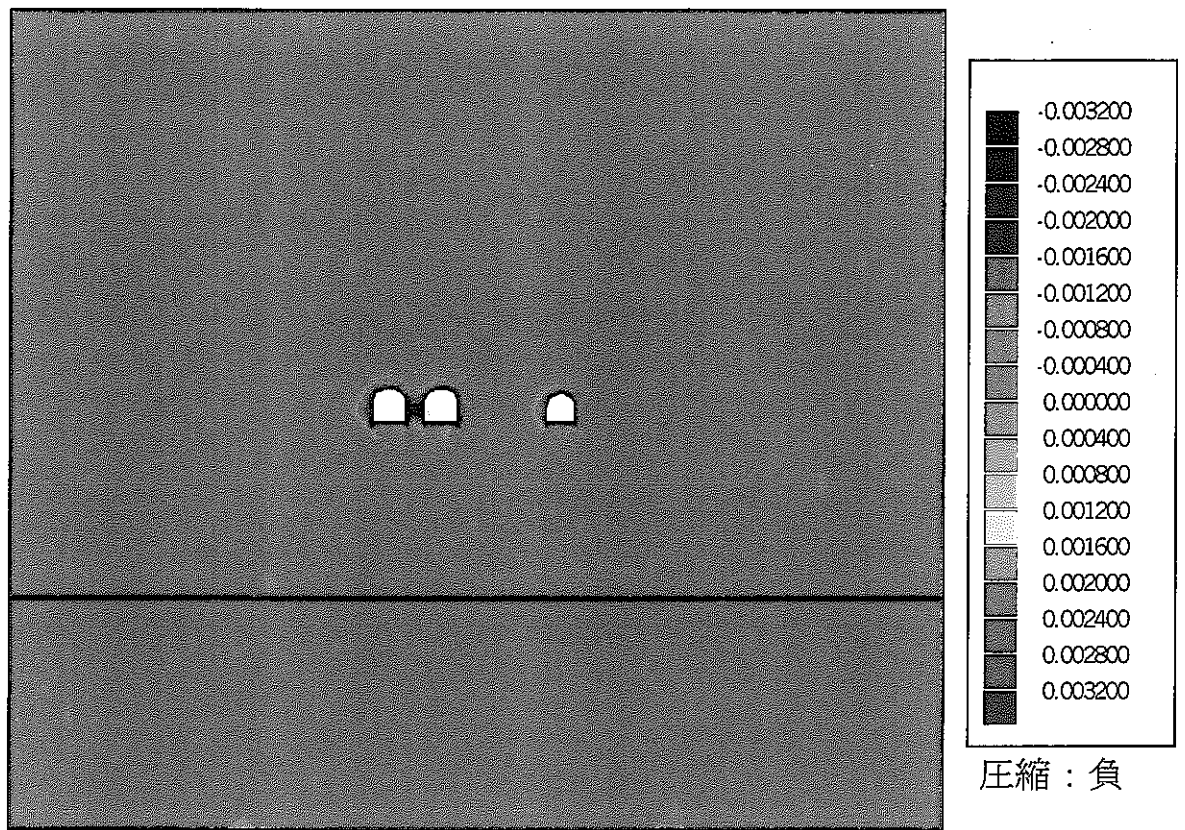


(a)最小主応力分布

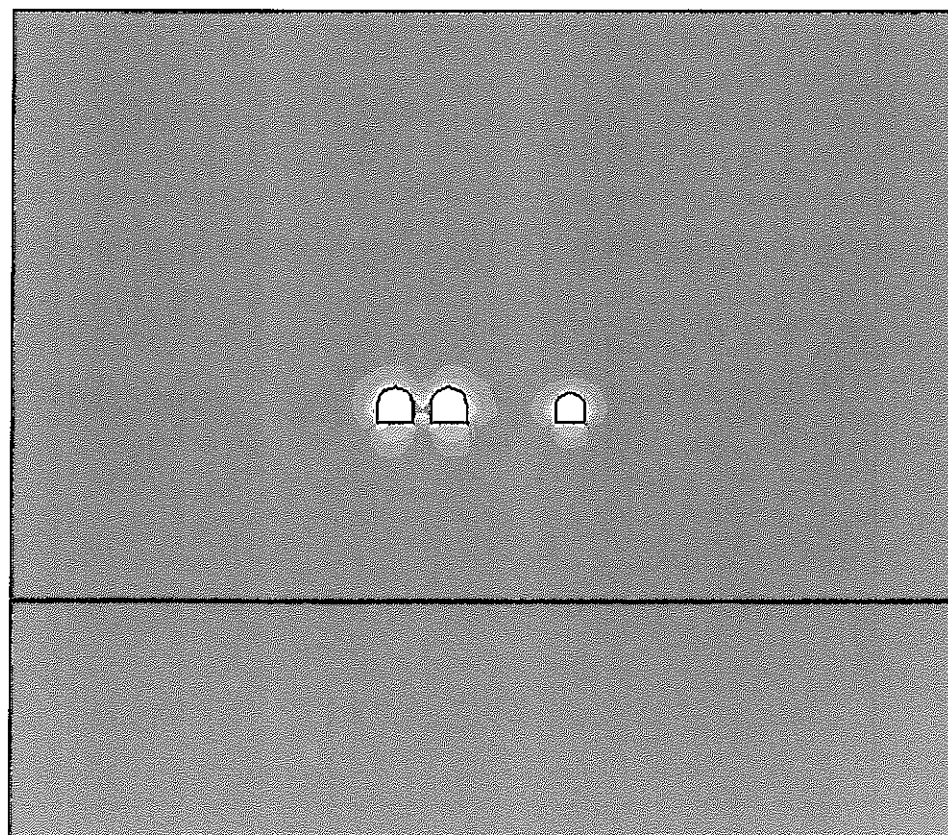


(b)最大主応力分布

図5.1.1 主応力分布 (双設-1 : 0.5D)

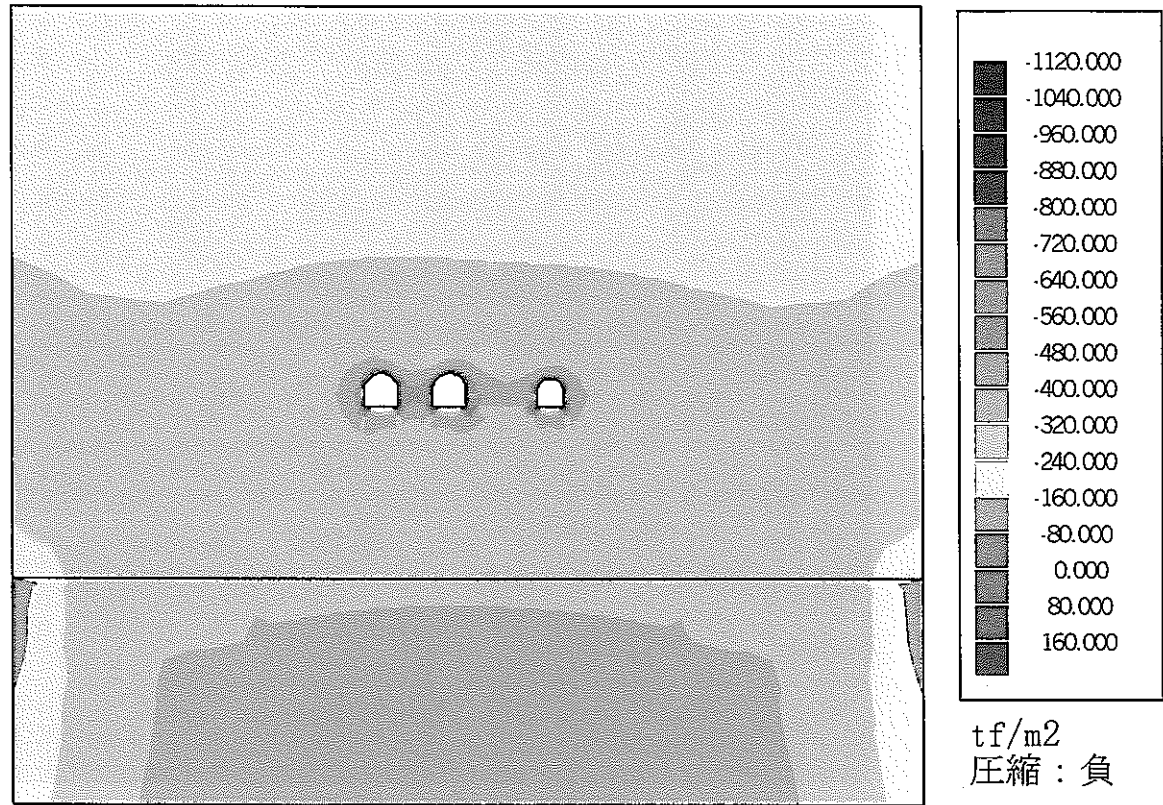


(a)最小主ひずみ分布

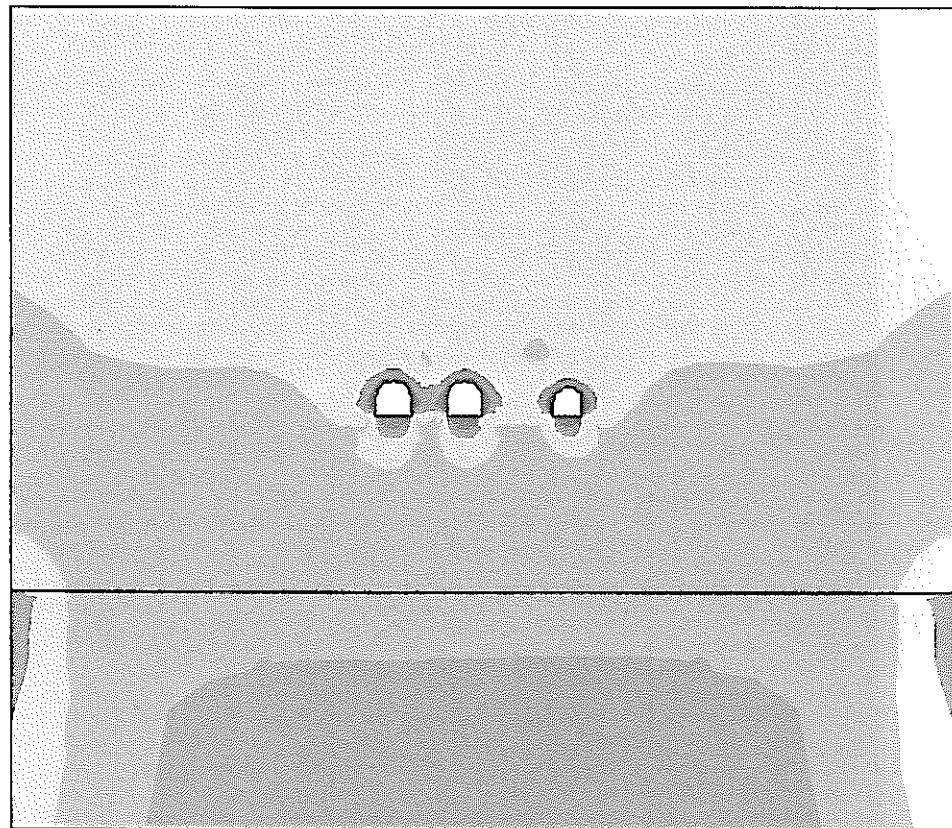


(b)最大主ひずみ分布

図5.1.2 主ひずみ分布 (双設-1 : 0.5D)

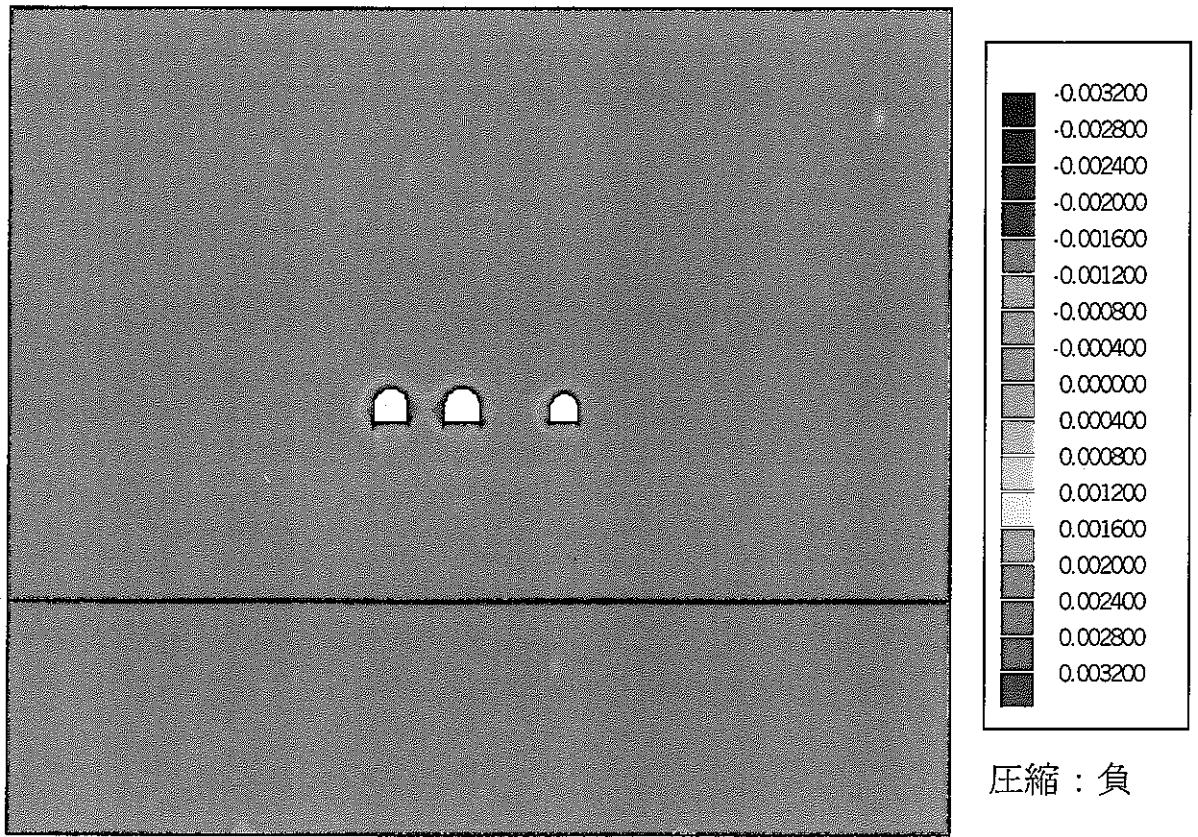


(a)最小主応力分布

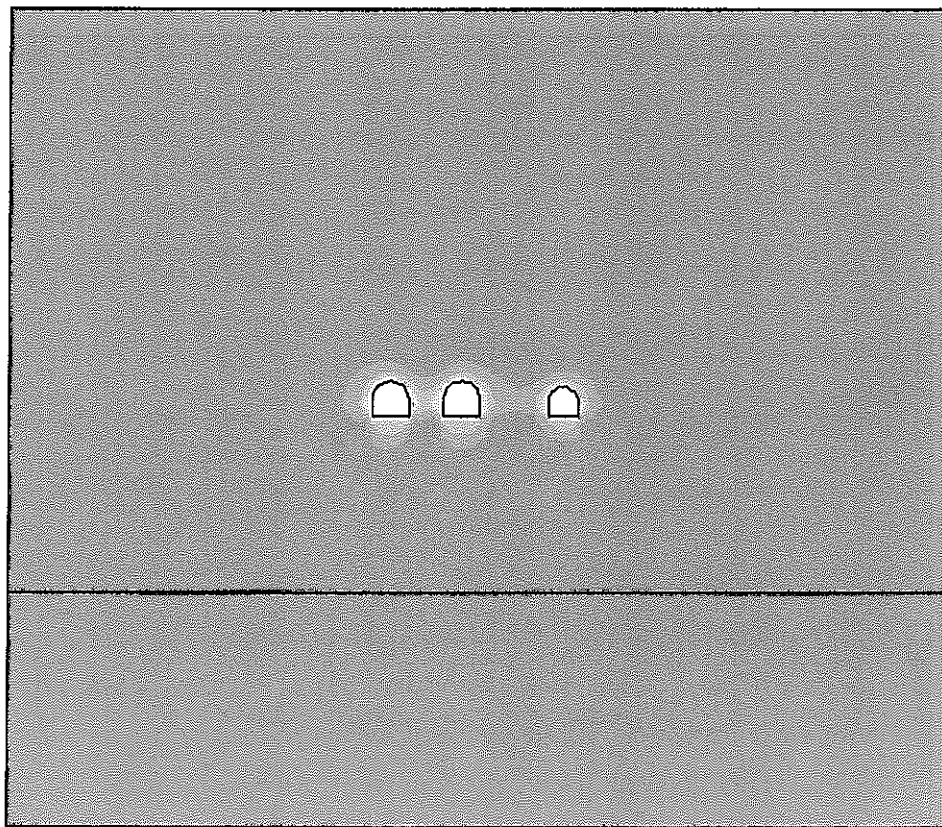


(b)最大主応力分布

図5.2.1 主応力分布 (双設-2 : 1.0D)

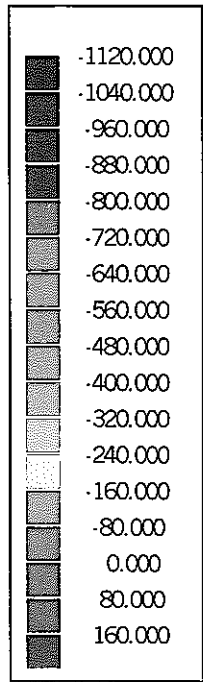
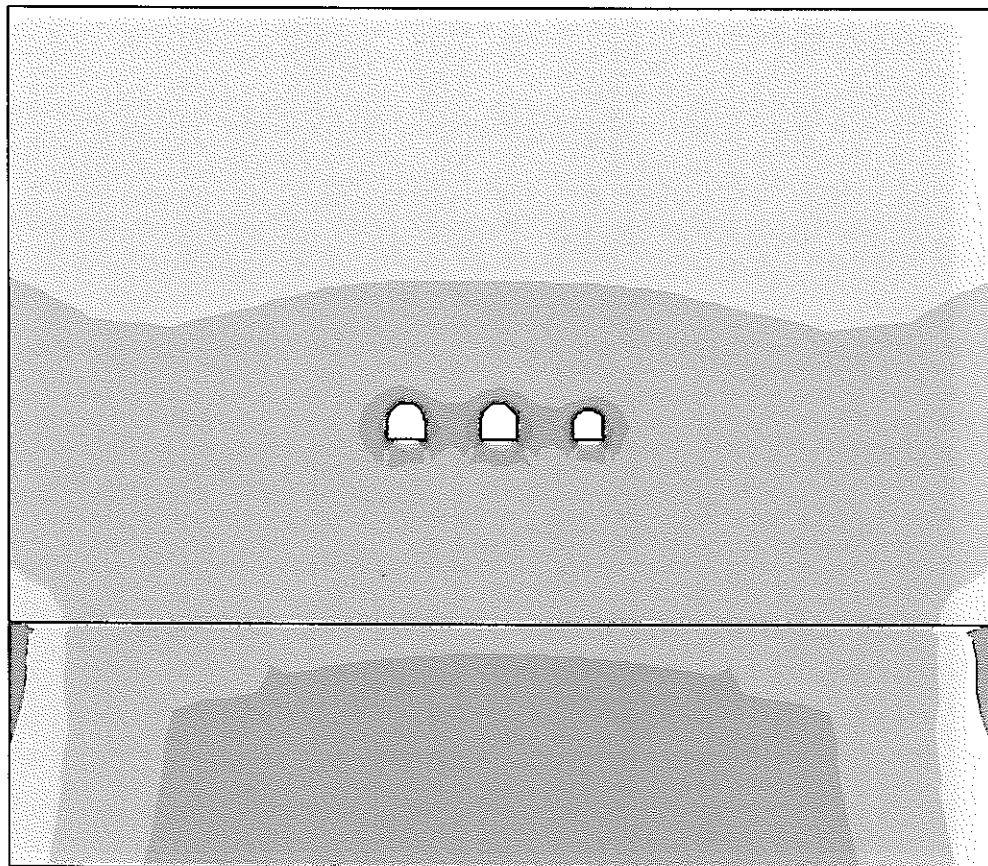


(a)最小主ひずみ分布



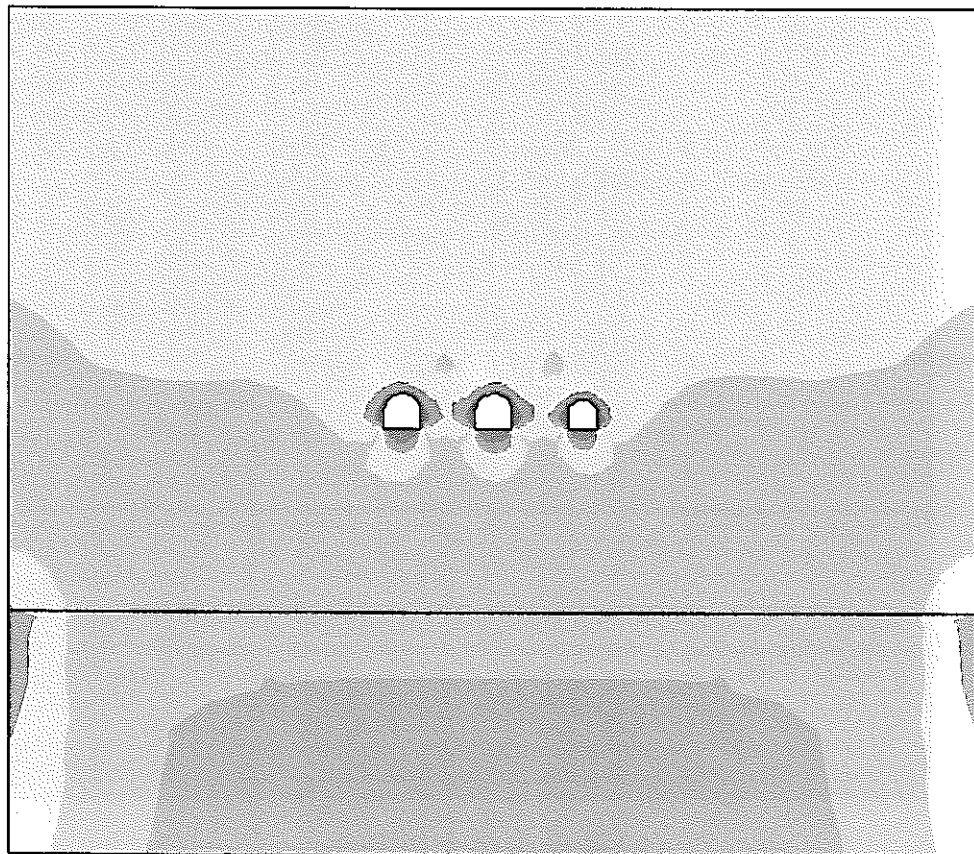
(b)最大主ひずみ分布

図5.2.2 主ひずみ分布 (双設-2 : 1.0D)



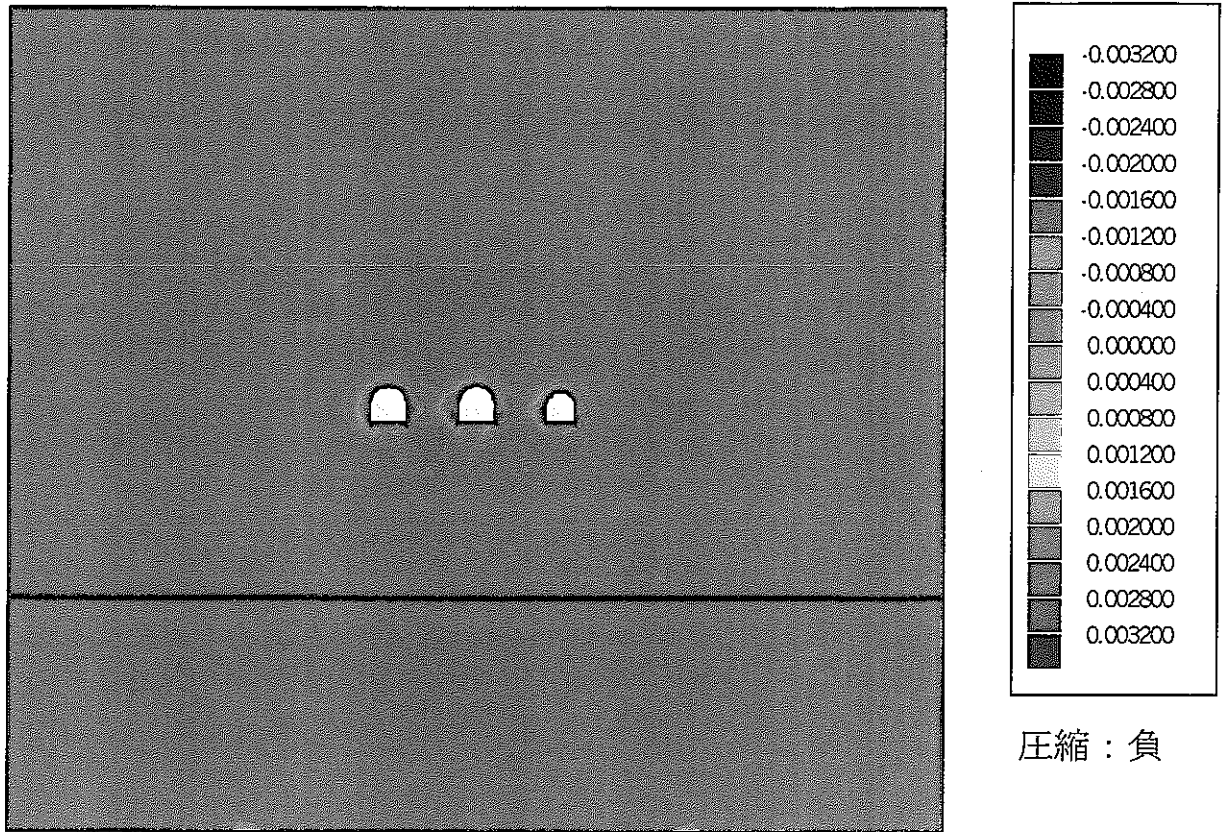
tf/m²
 圧縮：負

(a)最小主応力分布

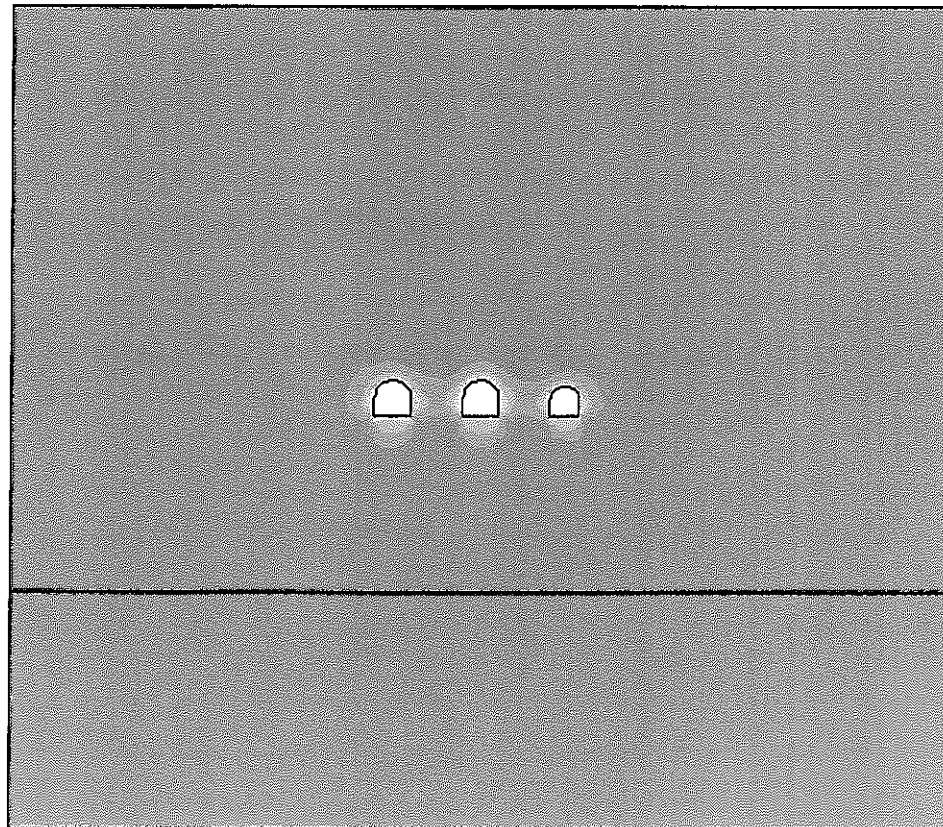


(b)最大主応力分布

図5.3.1 主応力分布 (双設-3 : 1.5D)

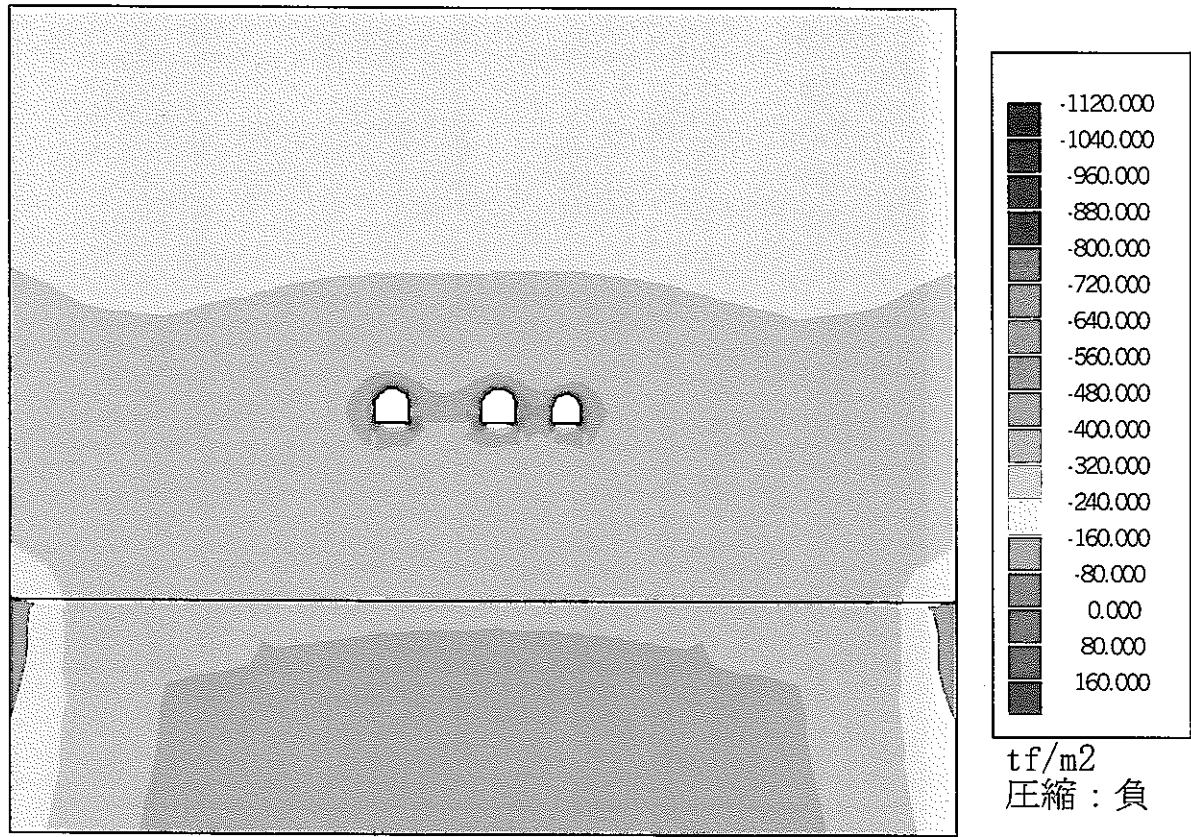


(a)最小主ひずみ分布

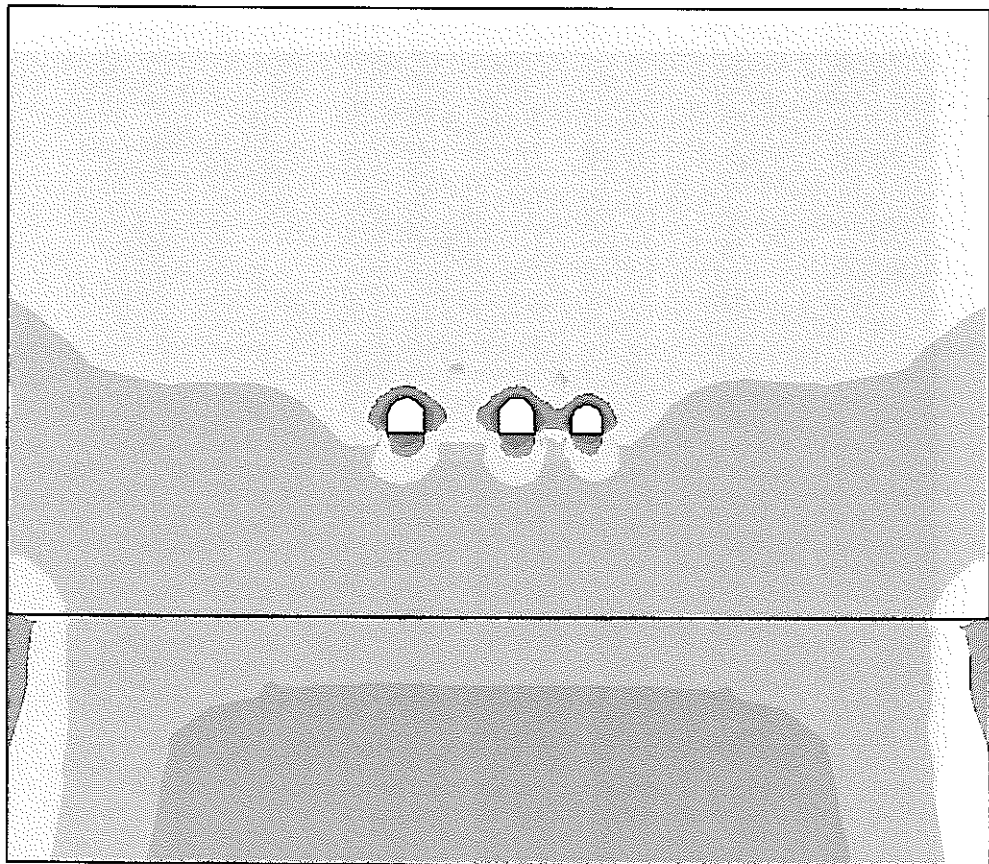


(b)最大主ひずみ分布

図5.3.2 主ひずみ分布 (双設-3 : 1.5D)

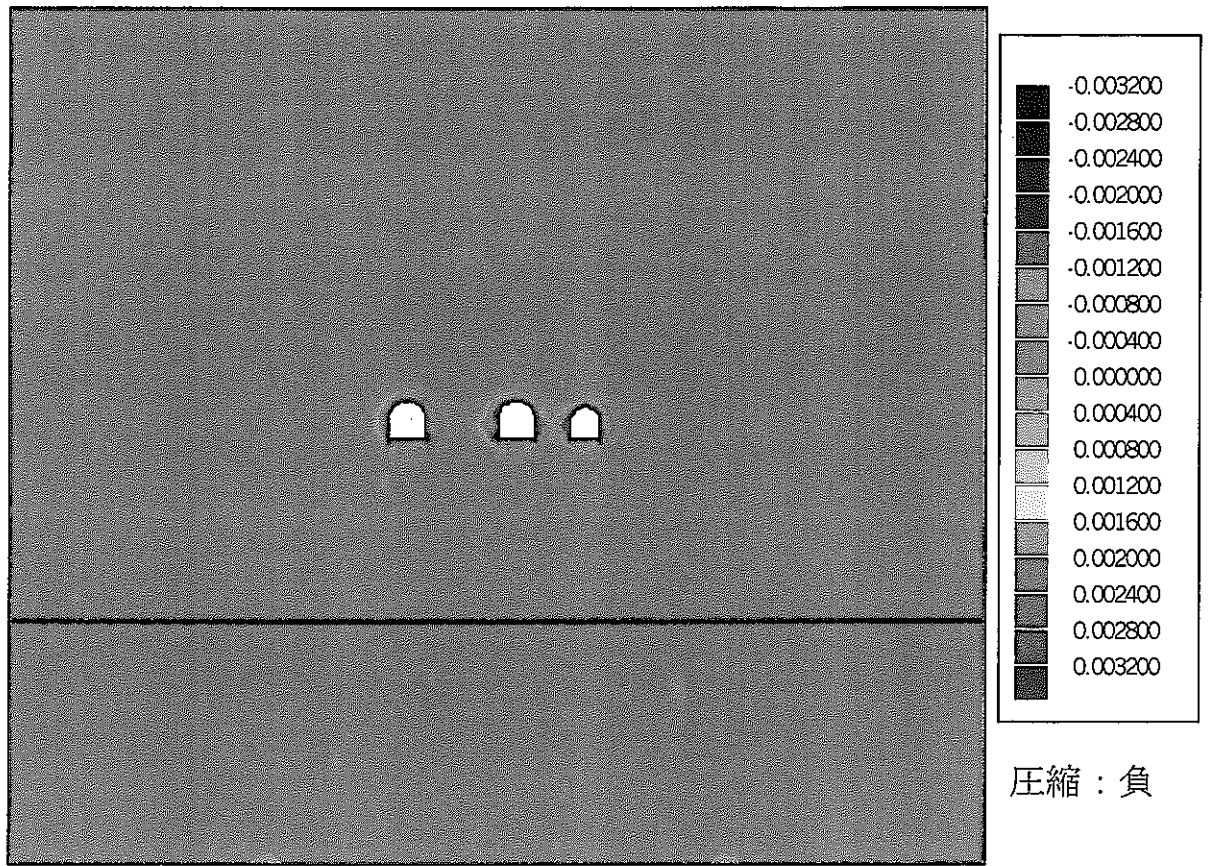


(a)最小主応力分布

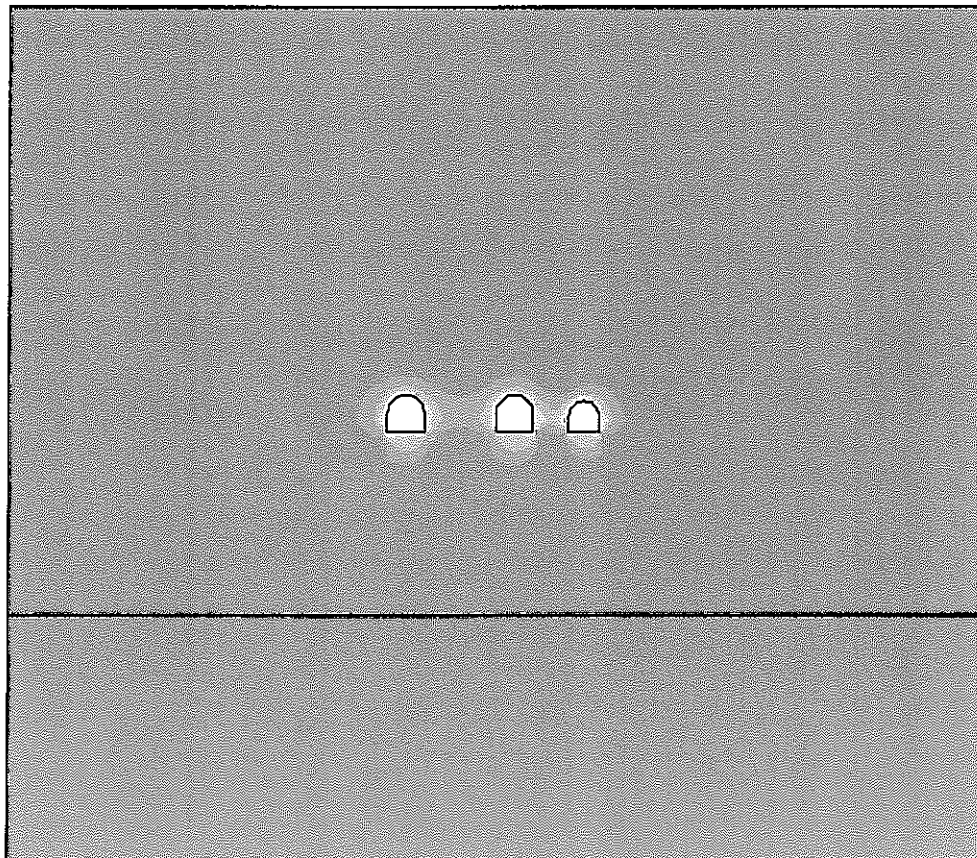


(b)最大主応力分布

図5.4.1 主応力分布 (双設-4 : 2.0D)

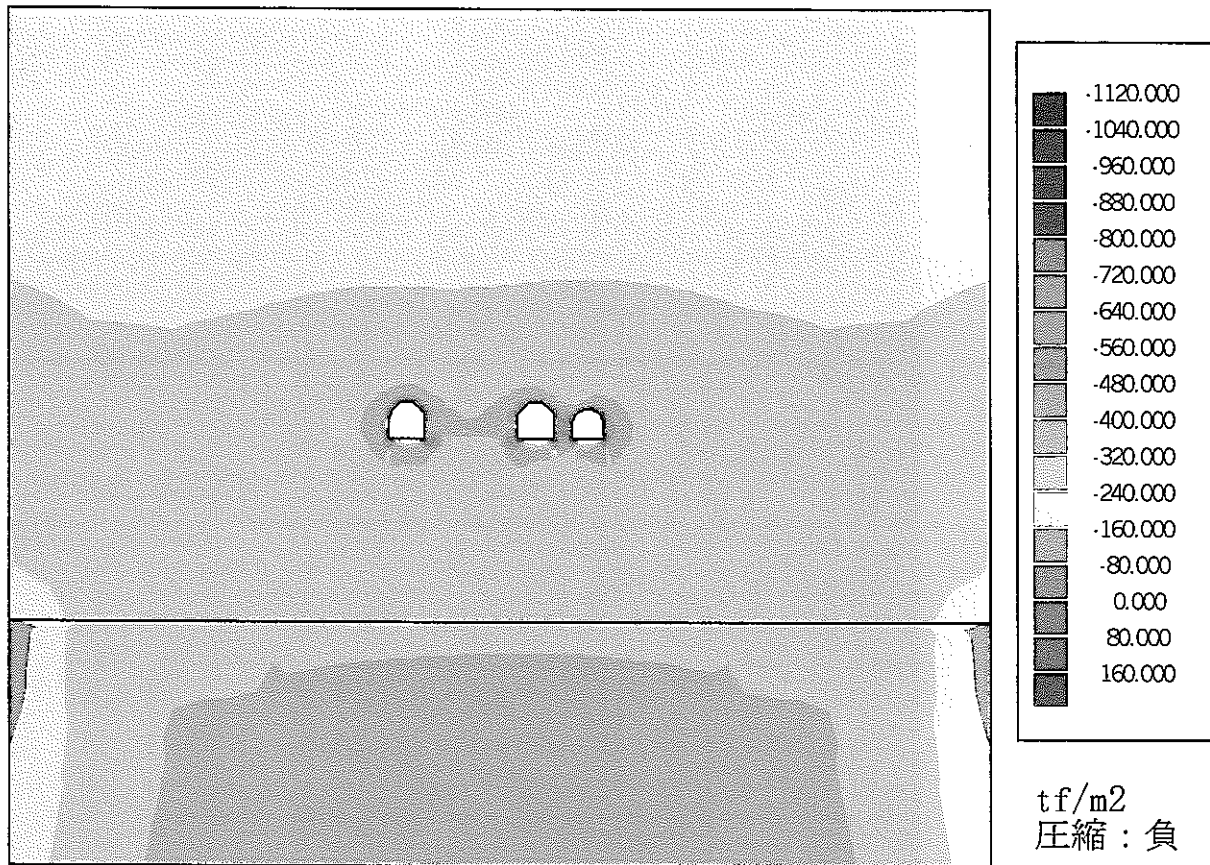


(a)最小主ひずみ分布

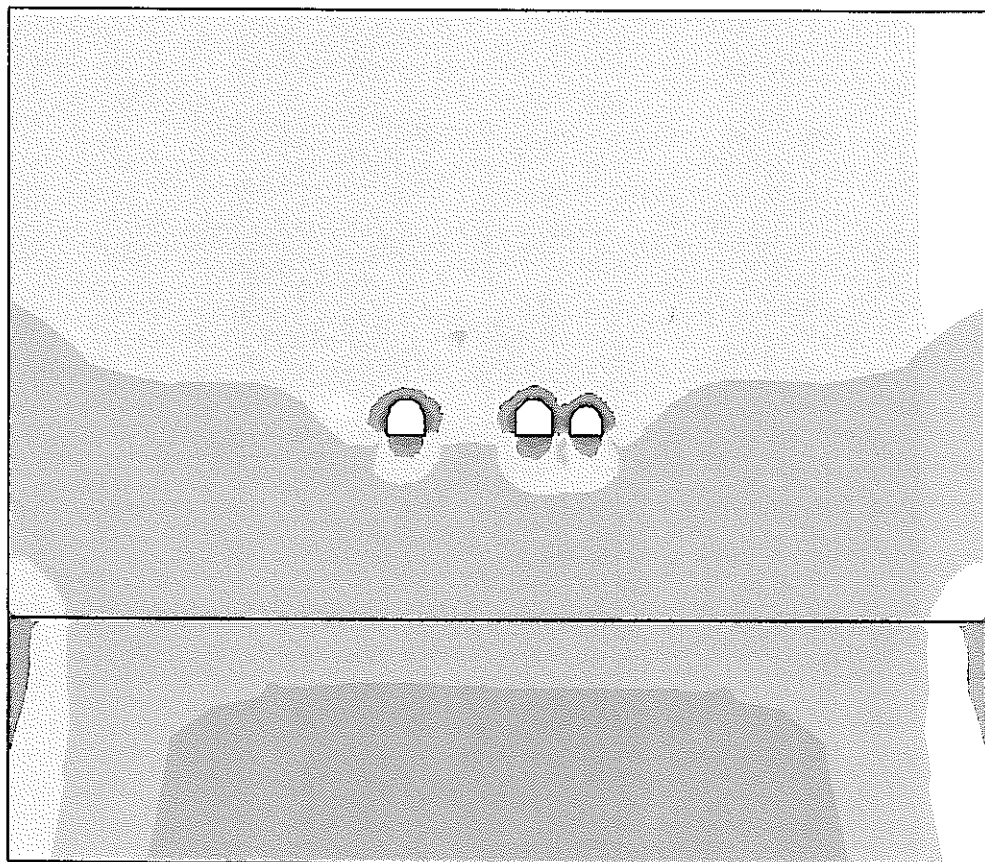


(b)最大主ひずみ分布

図5.4.2 主ひずみ分布 (双設-4 : 2.0D)

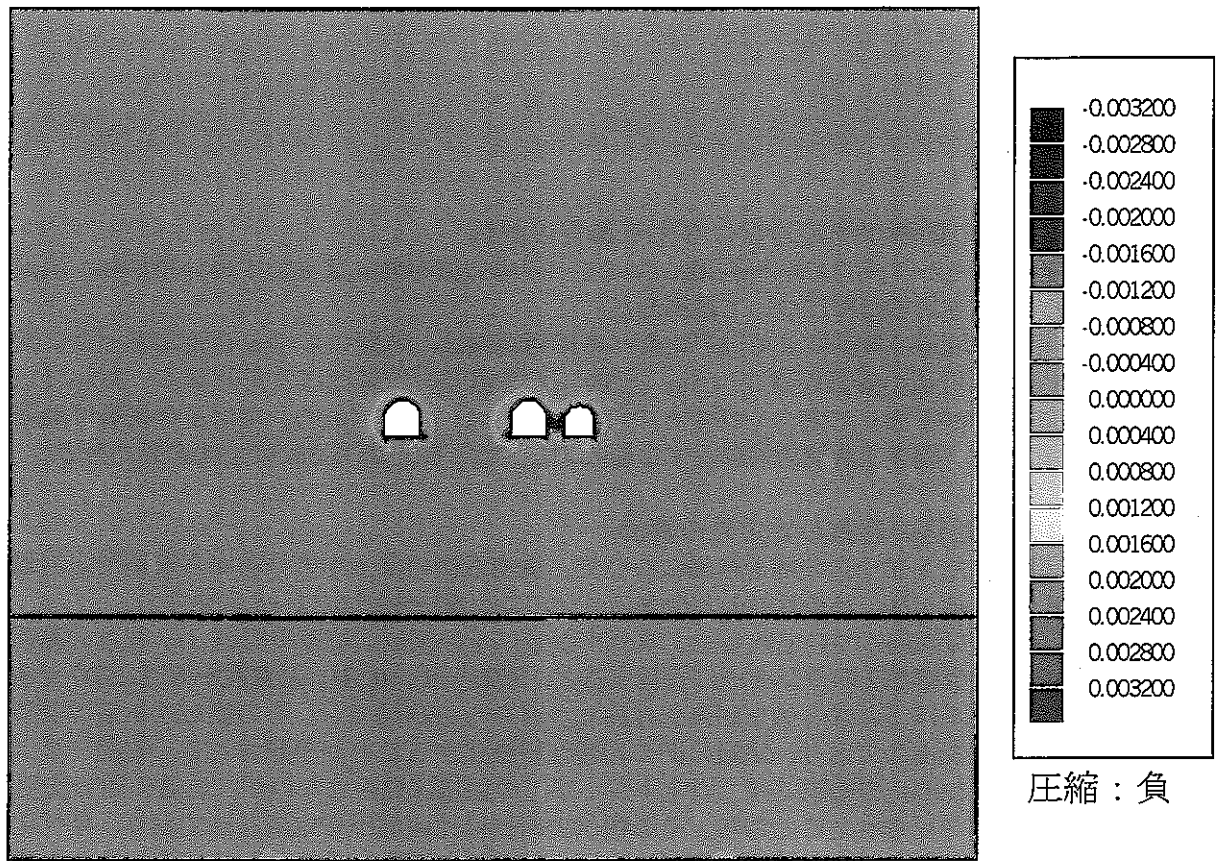


(a)最小主応力分布

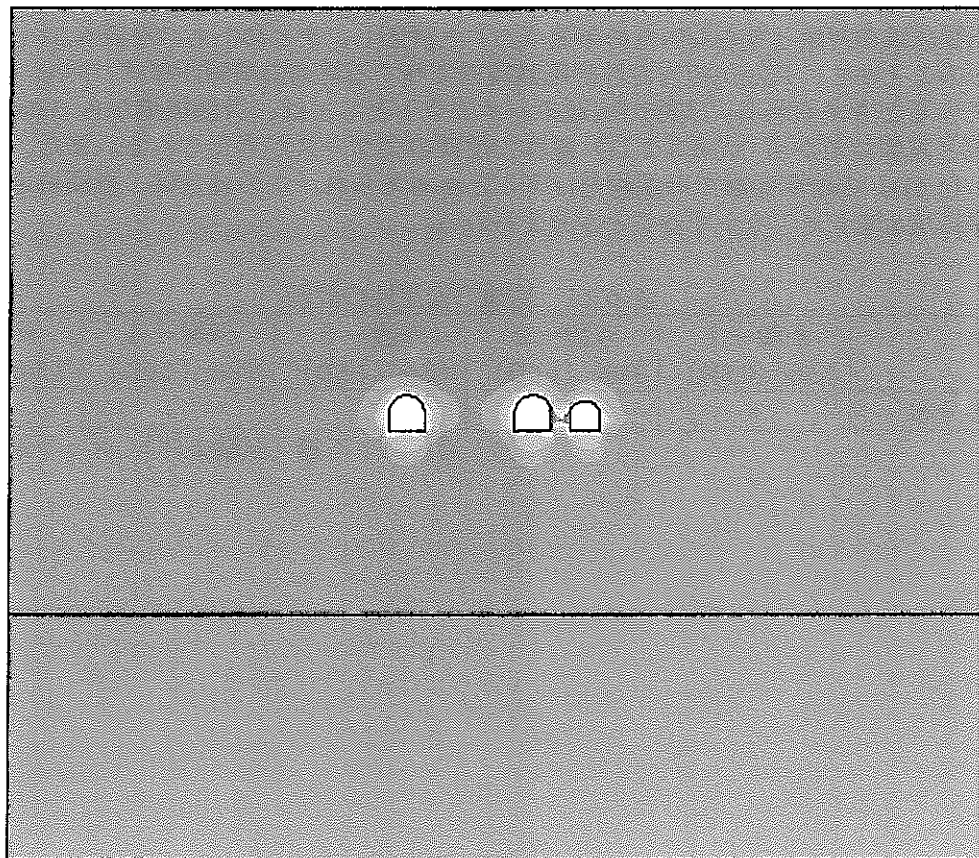


(b)最大主応力分布

図5.5.1 主応力分布 (双設-5 : 2.5D)



(a)最小主ひずみ分布



(b)最大主ひずみ分布

図5.5.2 主ひずみ分布 (双設-5 : 2.5D)

6. 考察

6.1 坑道の掘削が周辺岩盤に与える影響の評価

得られた5ケースの解析結果について、主応力分布および主ひずみ分布から、坑道の掘削が周辺岩盤に与える影響について評価した。

単一の坑道の掘削による周辺岩盤への影響範囲は、坑壁から 3m 程度であった。双設坑道については、坑道の離隔距離が 4.5m (1.5D) では相互の影響はほとんど無く、3.0m (1.0D) では相互の影響が干渉して応力やひずみの集中が見られ、1.5m (0.5D) ではその影響は顕著であった。このため、調査・計測の対象とする範囲としては、坑壁から 3m 以上は必要である。

6.2 坑道近傍の岩盤の安定性の評価

得られた5ケースの解析結果について、坑道近傍の安全率の分布から坑道周辺岩盤の安定性について評価した。坑道近傍の安全率の分布のコンターを図 6.2.1~5 に示す。

全体的な傾向についてみると、安全率が2以下の領域は坑道の周辺 1m 程度の範囲に分布している。安全率が1のコンターに着目すると、双設-1 (0.5D) と双設-5 (2.5D) の結果のみで、安全率が1以下となる領域が確認された。どちらの結果でも、その領域は坑道の間領域のかなりの部分を占めており、坑道間の岩盤が塑性化することが予想される。双設-2 (1.0D) と双設-4 (2.0D) の結果では、安全率が1以下の領域は見られないが、坑道間で安全率が 1.4 程度の領域が見られたことから、その領域の岩盤は比較的不安定になっており、塑性化する可能性があると考えられる。双設-3 (1.5D) の結果によると、それぞれの坑道による影響領域は干渉せず互いに独立している。このことから、坑道間の岩盤は安定していると考えられる。

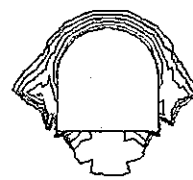
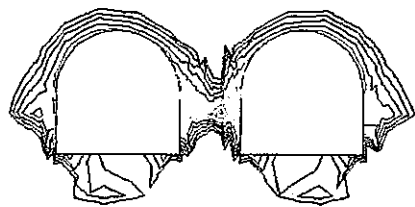
それらの結果を、坑道間の岩盤が破壊する可能性の高いものは安全上問題があるため不適 (×)、岩盤は破壊しないが双設坑道の影響により塑性領域が発生すると認められるものは掘削影響試験の対象となるため適 (○)、坑道間で相互に影響を及ぼさず塑性領域が発生しないものは掘削影響試験の対象とならないため不適 (△) と評価し、まとめたものを表 6.2.1 に示す。

これらのことから、双設坑道安定性評価試験を実施する坑道の離隔距離は、3.0m (1D) が最も適していると考えられる。実際の坑道のレイアウトとしては、計測坑道から 3.0m (1D) 離れた位置と試験坑道から 3.0m (1D) 離れた位置の2ケースが考えられる。また、比較のために 4.5m (1.5D) の離隔距離での試験を行うことも考えられ、この場合は、計測坑道と試験坑道の真ん中に坑道をレイアウトすることが考えられる。

表 6.2.1 岩盤の安定性の評価

| | 双設-1 1.5m (0.5D) | 双設-2 3.0m (1.0D) | 双設-3 4.5m (1.5D) | 双設-4 6.0m (2.0D) | 双設-5 7.5m (2.5D) |
|--------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 安全率の分布 | × | ○ | △ | ○ | × |

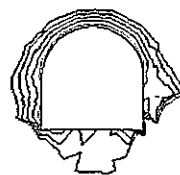
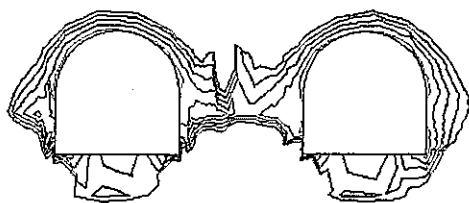
○：適、△：不適 (試験条件)、×：不適 (安全上)



| |
|-----|
| 0.0 |
| 0.2 |
| 0.4 |
| 0.6 |
| 0.8 |
| 1.0 |
| 1.2 |
| 1.4 |
| 1.6 |
| 1.8 |
| 2.0 |

0 3 m

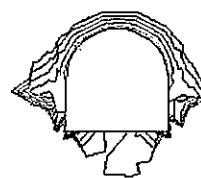
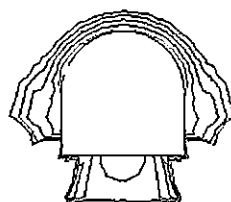
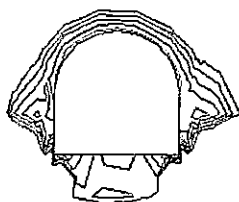
図 6.2.1 安全率コンター図 (双設-1 : 0.5D)



| |
|-----|
| 0.0 |
| 0.2 |
| 0.4 |
| 0.6 |
| 0.8 |
| 1.0 |
| 1.2 |
| 1.4 |
| 1.6 |
| 1.8 |
| 2.0 |

0 3 m

図 6.2.2 安全率コンター図 (双設-2 : 1.0D)



| |
|-----|
| 0.0 |
| 0.2 |
| 0.4 |
| 0.6 |
| 0.8 |
| 1.0 |
| 1.2 |
| 1.4 |
| 1.6 |
| 1.8 |
| 2.0 |

0 3 m

図 6.2.3 安全率コンター図 (双設-3 : 1.5D)

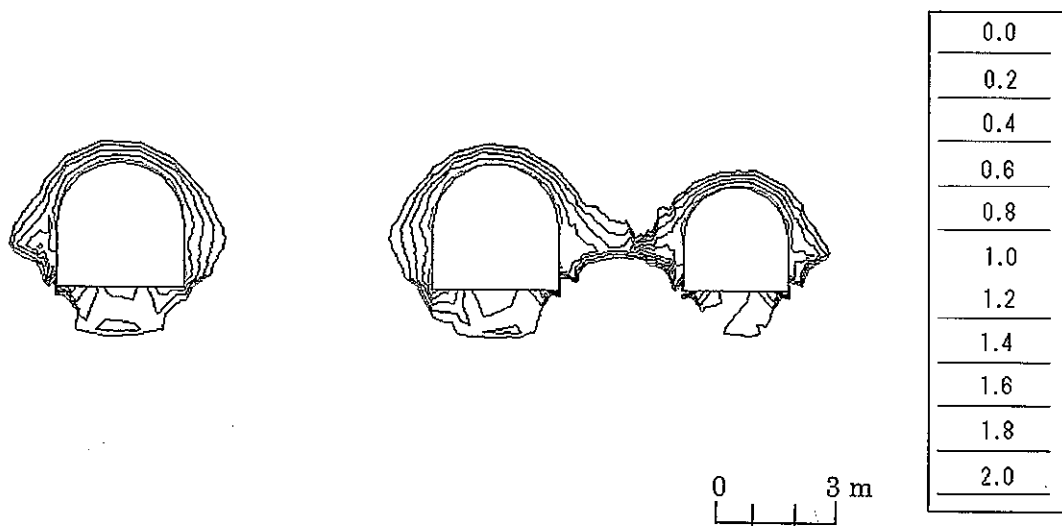


図 6.2.4 安全率コンター図 (双設-4 : 2.0D)

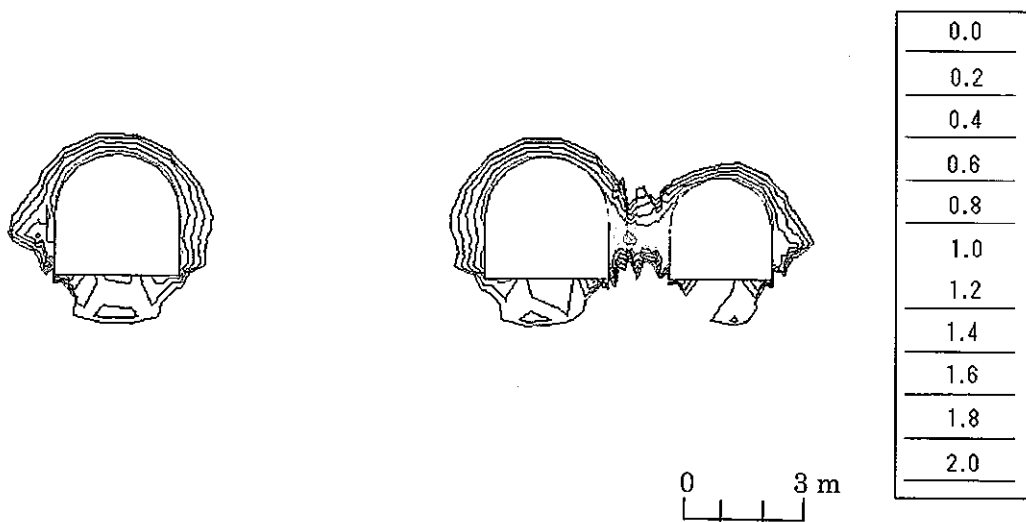


図 6.2.5 安全率コンター図 (双設-5 : 2.5D)

7. まとめ

北延 NATM 坑道における双設坑道安定性評価試験に先駆けて、離隔距離の異なる双設坑道をモデル化して二次元解析を行い、主応力分布や主ひずみ分布などから坑道掘削による周辺岩盤への影響を評価し、坑道近傍の安全率の分布から坑道周辺岩盤の安定性を評価し、調査対象範囲や坑道離隔距離など試験計画を策定するための基礎的な情報を取得した。

双設坑道安定性評価試験の実施計画を策定するにあたっては、本解析結果のみならず、北延 NATM 坑道でこれまでに実施した調査・試験・解析の結果などを参考にする必要がある。

参考文献

- 1) 動力炉・核燃料開発事業団 (1992) : 堆積岩地山における立坑周りの力学的・水理学的な特性変化、PNC TN7410 92-046
- 2) 核燃料サイクル開発機構 (1998) : 立坑掘削予定地点における試錐調査 (MIU-1 号孔)、JNC TJ7440 98-001
- 3) Maeda, N., Sato, T., Matsui, H. and Sugihara, K. (1999) : Estimation of applicability of stress measurement methods and three dimensional stress state In soft sedimentary rock, Proceeding of THE '99 JAPAN-KOREA JOINT SYMPOSIUM ON ROCK ENGINEERING, PP. 277~284