

III-B 91 大阪層群砂礫層における偏平大断面中壁式NATMのFEM解析（第1報）

鴻池組	正会員	○松井 正	嶋村 貞夫
大阪大学工学部	正会員	松井 保	辛 嘉靖
大阪府	正会員	孝石 欣一	藤田 健二

1. はじめに

一般国道（新）170号道路改良工事天野山1号トンネルは、河内長野市に位置し大阪層群最下部の砂礫層を主とする未固結地山に3車線+歩道を有する掘削断面145m²、掘削幅16.1m、偏平率0.68の偏平大断面トンネルを中壁式NATMで施工・計測したものである¹⁾。本論文は、上記トンネルの4分割施工計測断面について行った有限要素解析の概要および変位に関する解析と計測結果の比較について報告するものである。

2. FEM解析の概要

図-1にはFEM解析の対象とした断面の地質およびトンネル概要図を、図-2には解析モデル図をそれぞれ示した。本解析では2次元平面ひずみFEM解析を行った。ただし、トンネルの切羽の進行に伴い三次元的に変化するトンネルおよびその周辺地山の挙動を表現するために、地山掘削による初期応力の解放を過去の実績を参考にして2回に分けて行った。まず、入力した地盤の形状、境界条件、物性値に基づいて、自重による初期応力状態を求める。次に、トンネルの掘削段階順にしたがって解析を行う。すなわち、1回の掘削につきその掘削相当

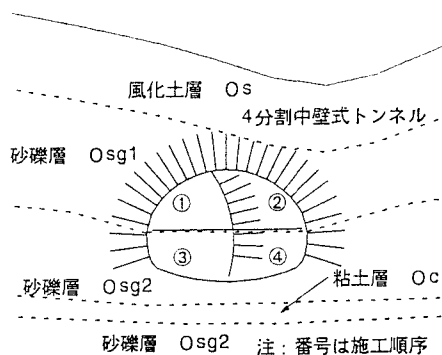


図-1 地質およびトンネル概略図

外力を、掘削直後の素掘りの状態で55%、支保部材を施工した状態で残りの45%を解放し、トンネル壁面に作用させた。本解析では、地盤の材料非線形性を考慮し、地山要素の破壊基準には、Mohr-Coulombの破壊条件を用いている。ここでは、地盤の応力～ひずみの関係は双曲線である²⁾と仮定し、ある状態における接線弾性係数 E_t は次式のように与えられる。

$$E_t = \left\{ 1 - \frac{R_f(1-\sin\phi)(\sigma_1-\sigma_3)}{2C \cdot \cos\phi + 2\sigma_3\sin\phi} \right\}^2 \times K P_a \left(\frac{\sigma_3}{P_a} \right)^n \quad (1)$$

また、軸差応力が前ステップの軸差応力より小さくなる場合、すなわち除荷の挙動を示すときには、除荷弾性係数を次式で与えた。

$$E_{ur} = K_{ur} P_a \left(\frac{\sigma_3}{P_a} \right)^n \quad (2)$$

ここに、

K , K_{ur} , n ; 双曲線パラメータ

P_a ; 大気圧

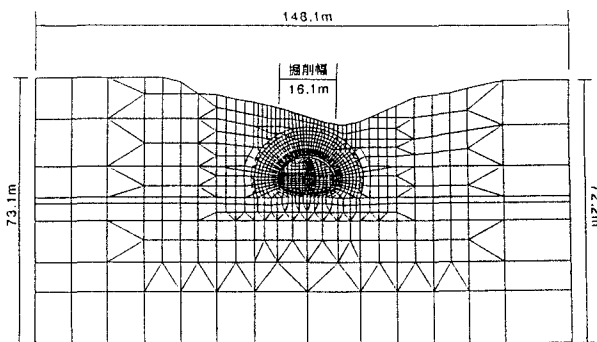


図-2 解析モデル図

各支保部材については塑性化を考慮し、鋼製支保工ははり要素で、ロックボルトと吹付けコンクリートはトラス要素とした。解析に用いた地盤および支保部材の入力条件を表一（a）、（b）に示した。また、地盤とロックボルトの間のすべりは、ジョイント要素を用い

表一（a）地盤の入力条件

	γ (tf/m ³)	ν	c (kgf/cm ²)	ϕ (°)	K	Kur	n	Rf
風化土層 Os	1.90	0.35	0.10	25	400	800	0.5	0.7
砂礫層 Osg1	2.00	0.3	0.00	35	1300	2600	0.5	0.7
砂礫層 Osg2	2.00	0.3	0.00	40	2400	4800	0.5	0.7
粘土層 Oc	1.80	0.35	0.50	25	1200	2400	0.5	0.7

表一（b）支保部材の入力条件

	モデル化	E (kgf/cm ²)	A (m ²)	I (m ⁴)	降伏応力 (kgf/cm ²)
ロックボルト	トラス要素	1.940×10^6	0.624×10^{-3}	—	5.000×10^3
鋼製支保工	はり要素	2.100×10^6	0.922×10^{-2}	0.108×10^{-3}	2.400×10^3
吹付けコンクリート	トラス要素	1.000×10^5	2.000×10^{-1}	—	1.143×10^3

て弾性－完全塑性体としてモデル化した。降伏応力はCoulombの破壊基準から求めた。

3. 解析結果と考察

（1）地表面沈下量

図－3はトンネルセンター付近における地表面沈下量の分布（上半収束値、最終収束値）の解析値と計測値の比較を示している。計測値から最終沈下量の約80%が上半段階掘削収束値で生じていることがわかってしたが、解析値もそのことを良く表現でき、かつ定量的にもほぼ一致している。

（2）トンネル内空変位量

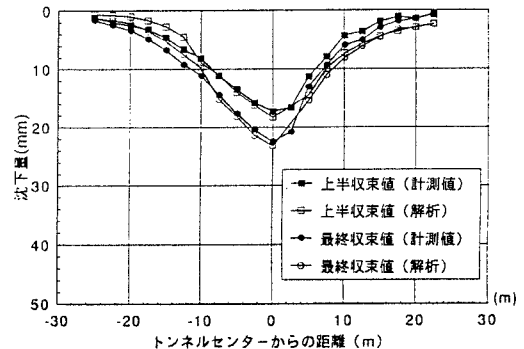
図－4（a）、（b）はそれぞれ上半収束時、最終収束時のトンネルの内空変位量（計測値は天端付近沈下量のみ）の解析値と計測値との比較を示している。解析値と計測値とはほぼ一致している。

4. 結論

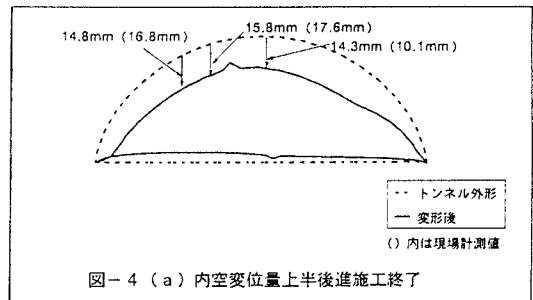
砂礫層が卓越する未固結地山における偏平大断面中壁式NATMの計測結果を対象としてFEM解析を行い、地山の変形量に関して掘削段階毎に定量的に表現できた。今後は、支保部材の挙動についても詳細に検討を進める予定である。

【参考文献】

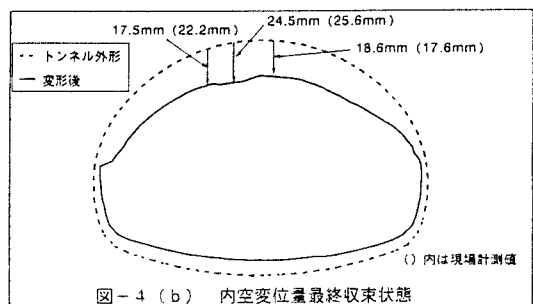
- 1) 藤田ら：大阪層群砂礫層における中壁式NATMの施工と計測，第30回土質工学研究発表会講演概要集，1995
- 2) Duncan, J.M., and Chang, C.Y. (1970), "Nonlinear analysis of stress and strain in soils", J. of Soil Mech. Found. Div., ASCE, Vol.96, No.SM8, pp1629-1653



図－3 地表面沈下分布の解析結果との比較



図－4（a）内空変位量上半後進施工終了



図－4（b）内空変位量最終収束状態