

Ⅲ-B381 膨張性地山における円形導坑の有意性について

住友建設(株)	土木設計部	正会員	岩崎 幸雄
日本道路公団	東京建設局		廣田 政矢
住友建設(株)	東京支店	正会員	高橋 浩
住友建設(株)	土木設計部	正会員	黒川 幸彦
住建機工(株)			奥田 雄大

1. はじめに

上信越自動車道日暮山トンネル東(その1)工事は、全長2,506mのⅡ期線トンネルのうち、東側953mを建設するものである。Ⅱ期線トンネル付近の地質は、Ⅰ期線の施工実績から強い押し出し性(膨張性)が予想されたため、施工方法として円形導坑先進工法が採用されている。

従来、円形先進導坑は過去の実績より経験的に計画されることが多く、解析的な立場から採用を決定した事例は少ない。また、先進導坑の効果の一つである本坑拡張時の作用土圧等の先行解放、いわゆる「いなし効果」についての定性的・定量的な評価はほとんどなされていないのが現状である。

本報告は、非線形FEM解析を用いて、膨張性地山区間に施工された先進円形導坑の有意性について検証及び考察を行ったものである。

2. 解析条件と解析手法

解析断面は、工事区間中最も強い押し出し性が懸念される、安山岩と泥岩の境界付近のEⅡ-k断面(No.1断面)を選定した。(図1参照)

解析に使用した地盤物性値は、①直接逆解析による推定、②地中変位測定結果に基づく推定、③非線形弾性FEM解析による推定、④事前のボーリング調査結果、⑤坑内水平載荷試験、⑥統計実績に基づく推定、の6つの手法により算定した値を総合的に判断し決定した。地盤物性値を表1に示す。

支保工の物性値は、表2に示すとおり一次吹付コンクリートと二次吹付コンクリート+鋼製支保工を考慮した。ここで、二次吹付コンクリート+鋼製支保工の物性値は鋼材換算で設定した。

解析断面のモデル化にあたっては、地山の押し出し性を考慮して、地盤の変形係数の非線形特性を、破壊崩落線へ

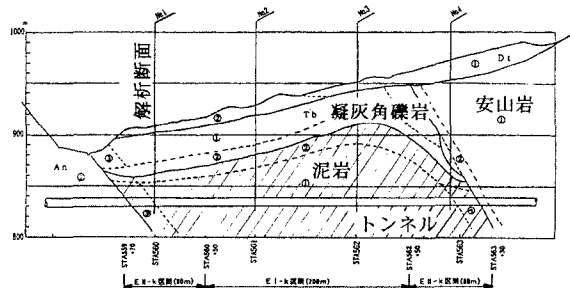


図1 縦断面

表1 地盤物性値

項目	単位	凝灰角礫岩		泥 岩	
		健全部	劣化部	健全部	劣化部
弾 性 係 数 E	kgf/cm ²	50000	2500	1400	1000
ポアソン比 ν		0.35	0.40	0.40	0.45
比重(単位体積重量)	kgf/cm ³	2400	2200	2200	2000
粘 着 力 C	kgf/cm ²	50	5	5	1.5
内部摩擦角 φ	度	20	20	22	20
厚 み	m	1	1	1	1

表2 支保工物性値

材 料 名	弾性係数 E(tf/m ²)	ポアソン比 ν	断面二次モーメント I (m ⁴)	断面積 A(m ²)	せん断有効断面積 Ase(m ²)
一次吹付コンクリート	2.00×10 ⁸	0.17	2.2tf/m ³ (比重)	45° (内部摩擦角)	5.0kgf/cm ² (粘着力)
二次吹付コンクリート +H鋼(H-125)	2.10×10 ⁸	0.30	1.92×10 ⁻⁵	5.08×10 ⁻³	5.08×10 ⁻³
ロックボルト	2.10×10 ⁷	—	—	5.07×10 ⁻⁴	—
二次吹付コンクリート +H鋼(H-250)	2.10×10 ⁸	0.30	1.16×10 ⁻⁴	1.09×10 ⁻²	1.09×10 ⁻²

※拡張部の一次吹付コンクリートの物性値は、円形導坑と同様とする。

キーワード：トンネル、円形導坑、いなし効果、膨張性地山

〒160-8577 東京都新宿区荒木町13番地の4 住友建設(株) TEL 03-3225-5133 FAX 03-3353-5317

の接近度に基づく岩盤の緩みを表した電中研方式で定義している。解析は、二次元有限要素法（FEM）による非線形弾性解析により行った。解析モデルを図2に示す。

解析ケースは、①円形導坑を考慮したもの（Case1）、②円形導坑を考慮しないもの（Case2）の2ケースとした。また、解析ステップは図3に示すように、施工過程を考慮したものとした。掘削解析時の先行応力解放率については、一般に35～40%程度といわれ、支保設置時期・強度発現などの問題から40%とされるケースが多い。しかしながら、先進円形導坑の場合、掘削径に対する一掘進長が相対的に長いことから、本解析においては先行応力解放率を50%に設定した。

3. 解析結果

解析の結果を図4に示すが、図中の数字は円形導坑を考慮した場合（Case1）の考慮しない場合（Case2）に対する比率であり、数値が100%より低ければ円形導坑設置による影響であると考えられる。これより、本坑掘削の上半支保建込時及び下半支保建込時において次のような結果が得られた。①天端沈下量が最大9%程度低減された。②支保工発生応力のうち、軸力及びモーメントが最大11%程度低減された。③地山内応力は、トンネル掘削面付近で7%程度低減されている。④地山の歪み分布状況は大きくなる傾向が見られ、特にトンネル天端付近においてその傾向が著しい。

4. 考察

今回の解析では、円形導坑の影響として、①トンネル支保への負荷軽減、②天端沈下、内空変位量の低減、③地山応力の低減、を検証することが出来た。

これは、円形導坑により地山の応力を先行解放することで、岩盤の緩みが発生し変形係数が低減された結果、本坑掘削段階における応力解放力が低減され、本坑支保工に作用する荷重が小さくなったためと考えられる。これより、「いなし効果」の有意性があるものと判断され、その効果の程度は最大10%であると思われる。

本解析により、FEM解析でのいなし効果の定性的な評価は可能であることがわかったが、定量的な評価については今後の計測結果との比較により検証していきたいと考える。

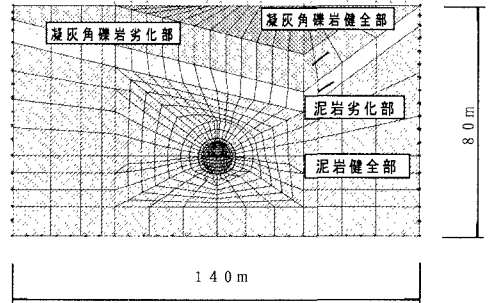


図2 解析モデル

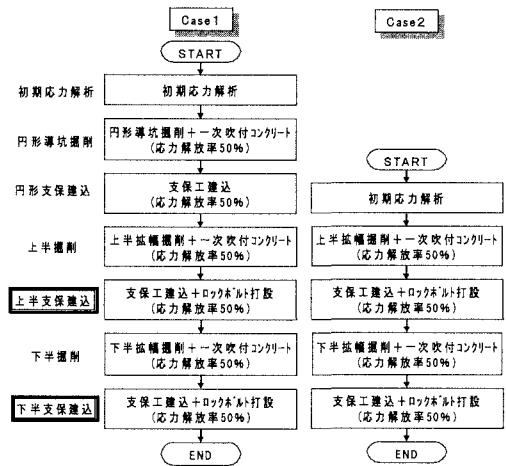


図3 解析ステップ

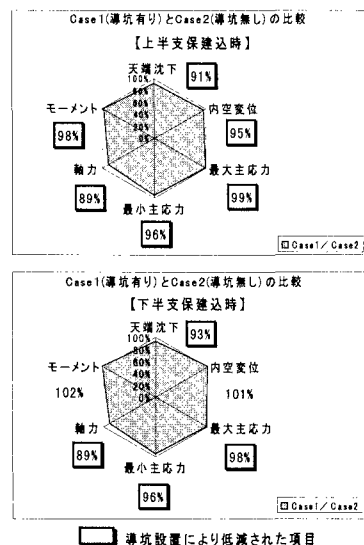


図4 解析結果