

III-434

舞子トンネルにおけるアンブレラ工法を考慮した

3次元FEM解析による沈下抑制工法選定の試み

本四公団	正 三島 功裕
パシフィックコンサルタンツ(株)	倉持 秀明
舞子トンネル南工事JV	伊藤 邦彦
(株)大林組	正 玉井 昭雄
(株)大林組	正 対馬 祥一

1. まえがき

舞子トンネルは、明石海峡大橋との取付部である神戸側陸上部に設けられる延長 3.3kmの3車線の双設トンネルである。本トンネルのうち、南工事区間の大阪層群部においては、地表面沈下を抑制する必要があるため切羽前方の地山に雨傘を細く広げたようなシェル状の改良体（アンブレラアーチ）を造成した後、トンネル掘削を行っている。

現在、上下線とも順調に施工されているものの、今後低土被りかつ2本のトンネルが近接する区間となる。そこで、事前に有効な沈下抑制工法を検討しておくことが必要となることから、アンブレラ工法を考慮した3次元FEM解析を実施し、各種沈下抑制工法の効果の違いを検証した。

2. 解析の概要

(1) 解析条件

沈下抑制工法別の作用効果の把握が目的であることから、解析モデルを簡略化している。解析のための条件を以下に示す。

- ①解析領域は地表に建物の多い区間（土被り約20m）を対象に選定する。
- ②要素の作成作業を容易にするため、単設トンネルの半断面とし、地層および地表面を水平構造とする。
- ③FEM解析は線形弾性解析とする。

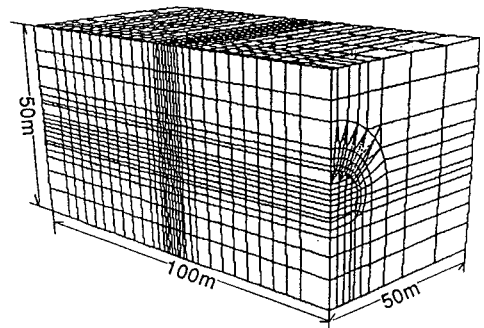


図-1 解析モデル図

(2) 解析ケース

解析ケースとしては、鋼製支保工と吹付コンクリートおよびアンブレラを基本に、小規模で効果的な沈下抑制工法を見いだすべく表-1に示す通りとする。

表-1 解析ケース一覧表

CASE	1	2	3	4	5	6	7	8	備 考
鋼製支保 +吹付けコンクリート	○	○	○	○	○	○	○	○	切羽から1m遅れ
トレビ鋼管	×	○	○	○	○	○	○	○	切羽から8m先行
仮閉合	×	×	×	○	×	×	×	×	切羽から1m遅れ
ウ レ タ ン	足元改良	×	×	○	○	○	○	○	切羽から1m先行
	アーチ改良(120°)	×	×	×	×	○	×	×	切羽から4m先行
	上半改良(180°)	×	×	×	×	×	○	×	切羽から4m先行
超 微 粒 子	アーチ改良(120°)	×	×	×	×	×	○	×	トレビ鋼管打設範囲、切羽8m先行
	側壁改良(180°)	×	×	×	×	×	×	×	側壁改良は切羽から常に4m先行
	アーチ改良(120°) 切羽改良	×	×	×	×	×	×	○	トレビ鋼管打設範囲、切羽8m先行 切羽改良は切羽から常に4m先行

(3) モデル化と解析物性値および解析ステップ

本解析対象をモデル化すると以下のようになる。

- ①地 山・・・ソリッド要素
- ②鋼製支保工・・・ビーム要素
- ③吹付コンクリート・・・シェル要素
- ④トレビ鋼管・・・ビーム要素

これらの諸物性値を表-2に示す。

解析ステップは以下に示す通りとする。

STEP1・・・初期応力解析

STEP2・・・解析境界から44mまで上半掘削

STEP3・・・解析境界から48mまで上半掘削

STEP4・・・解析境界から52mまで上半掘削

STEP5・・・解析境界から100mまで上半掘削

表-2 解析物性値

・土質物性				
	原地山	ウレタン改 良	超微粒 子-1	超微粒 子-2
変形係数E t/m ²	20000	100000	68000	35000
ポアソン比ν	0.3	0.3	0.3	0.3
密 度γt/m ³	2.1	2.2	2.2	2.2
・支保物性				
吹付コンクリート	E=4.0E+4t/m ² 厚さt=20~25cm			
鋼製支保工	E=2.1E+7t/m ² H-250			
トレビ鋼管	E=7.3E+6t/m ² φ114.3(t=6mm)中詰トルナル			

(側圧係数 $K = \nu / (1 - \nu)$)

ここで、5ステップとして簡略化しているが、事前に実施工を反映した28ステップの解析と比較して十分な精度があることを確認している。また、切羽と支保や沈下抑制工法の関係については、表-1の備考で示したような位置関係とする。

3. 解析結果

補助工法の目的が地表面沈下の抑制にあることから、解析結果としては変位に着目して、掘削完了後の各ケースの変位を表-3に示す。

表-3 掘削完了後の変位のまとめ

CASE	1	2	3	4	5	6	7	8
トンネルCL地表面沈下	-16.2	-16.0	-13.5	-12.7	-12.9	-12.3	-12.9	-12.7
トンネルCL天端沈下	-27.0	-26.5	-24.0	-22.5	-21.5	-20.8	-22.1	-21.8
SL脚部水平変位	6.3	6.3	5.6	3.7	5.8	5.5	5.6	5.4
SL脚部鉛直変位	-7.6	-7.7	-2.9	-2.5	-3.1	-3.8	-3.3	-3.0

また、表-3から天端沈下に着目して支保や沈下抑制工の種類による違いを示す図を図-2に示す。これから、

- ・アンブレラ工法（足元改良含む）が沈下抑制に効果的である。
- ・アーチ部の改良については、奥行き方向の施工延長よりも改良体の物性が沈下抑制の支配的要素になる。
- ・SL脚部の水平変位が地山側なため仮閉合の効果が現れにくい。

といったことがわかる。

4. おわりに

足元改良を含むアンブレラ工法が沈下抑制工法として効果的であることや、改良体と改良範囲による効果の違いも把握でき、解析の目的は達成できたといえる。

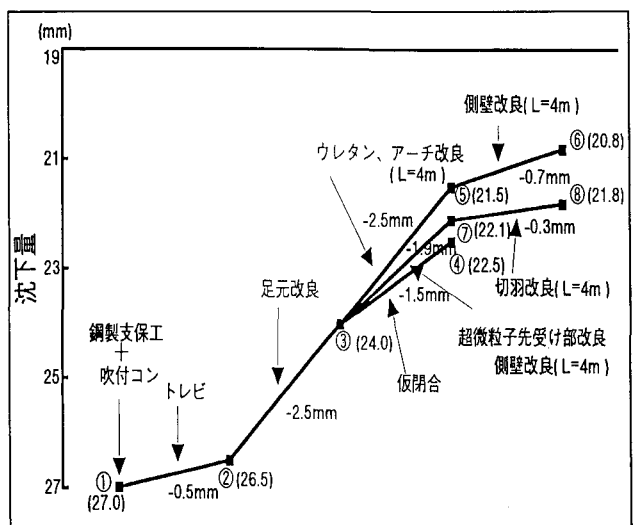


図-2 支保・沈下抑制工法別天端沈下図