

III-280 覆工応力逆解析法の現場への適用

株式会社 浅沼組 正会員 土岐晃生
 株式会社 浅沼組 正会員 ○村上譲二
 近畿大学理工学部 正会員 久武勝保

1. はじめに

近年、多くのトンネル工事現場では日常的に内空変位測定、天端沈下測定などが実施されるようになってきた。久武らは以前にトンネルA計測変位から、簡単に覆工の応力、ひずみ等の力学量を逆解析してトンネルの安全性を検討する手法を提案した¹⁾。その解析方法は、覆工計測変位を生じさせる外力組み合わせは無数にあるが、その中から、覆工に蓄えられるエネルギーが最小である外力組み合わせを見つけだす方法でありシミュレーション結果では、工学上十分な精度が確保されることがすでに判っている。

本報告では、この解析手法を、実際のトンネル建設現場に適用し、その妥当性について検討したのでその結果を述べる。なお解析方法は文献1) に詳しく説明してあるのでここでは省略する。

2. トンネル概要

解析に用いたトンネルは仕上がり内空断面積約 131m²の三車線大断面トンネルであり、現在すでに工事は完成し、供用している。このトンネルの標準断面を図-1に示す。

このトンネルの地質は基盤岩が新生代新第三紀の足柄層群であり、地質的には礫岩に区分され固結度は低い。強風化部は弾性波速度 0.6~1.5km/secで礫や基質の一部が風化粘土化し、粘土質砂礫状を呈し、N値は7~39と小さい値を示す。弱風化部は弾性波速度 2.3~2.8 km/sec でシルト、粘土はほとんど混入されずN値は70以上で測定不能である。

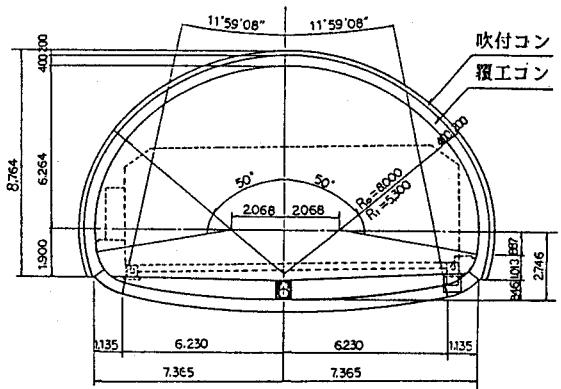


図-1 トンネル標準断面

3. 解析手法の現場への適用

解析手法を実際のトンネル現場に適用し、トンネルA計測値（内空変位測定、沈下測定）から吹き付けコンクリート応力、支保工軸力を推定し、実測値との比較検討を行うこととした。この手法は、各測点の相対変位を入力することにより、応力、変位等の逆解析を行うものであり、そのために通常のA計測値に、2点の沈下測定を加えることにした（図-2参照）。また本トンネルの施工条件を表-1に示す。

表-1 施工条件

トンネル高さ	8.564m
トンネル幅	15.536m
鋼製支保工(H-200)の弾性係数	21000000tf/m ²
支保工間隔	1.0m
吹き付け厚	20cm
ロックボルトの弾性係数	21000000tf/m ²
1断面当たりのロックボルト本数	27本
ロックボルト長	6.0m
1間隔間長	1.0m

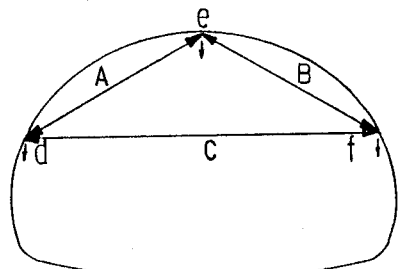


図-2 トンネルA計測

吹き付けコンクリートの弾性係数Eは、経過時間と共に増大するはずであり、本解析では、コンクリートの経時圧縮強度 $\sigma_c(t)$ の実測値から下式を用いて、E値を求めた。その結果を表-2に示す。

図-3は、本解析で用いた覆工の二次元有限要素分割図である。 $E(t) = 1.53 \times 10^4 \times \sqrt{\sigma_c(t)}$

表-2 吹き付けコンクリートの弾性係数

1日	E_1	=	1,601,800	tf/m ²
3日	E_3	=	1,619,200	tf/m ²
5日	E_5	=	1,861,300	tf/m ²
8日	E_8	=	2,029,800	tf/m ²
16日	E_{16}	=	2,243,400	tf/m ²

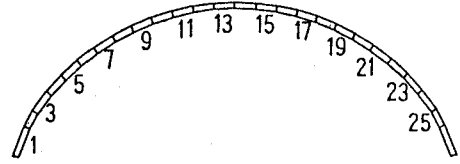


図-3 有限要素分割図

4. 解析結果

表-3 点e, fでの相対変位 (v:鉛直 h:水平)

トンネルの内空変位測定結果、沈下測定結果から、図-2においてd点を基準としたe, f点の相対変位を求めその結果を表-3に示す。

	1 day	3 days	5 days	8 days	16 days
Ue.v	-4.0	3.0	0	-2.0	-2.0
Ue.h	-0.4	-1.0	-4.2	-3.9	-3.1
Uf.v	0	2.0	1.0	4.0	3.0
Uf.h	-3.3	-3.0	-6.0	-4.8	-5.1

次に表-3の相対変位を逆解析して求めた吹き付けコンクリート応力、支保工軸力とB計測にて求められた実測値との比較を図-4、図-5に示す。

(Unit:mm)

なお支保工軸力は各要素重心点のひずみ ϵ_x を逆解析から求め次式から算定した。

$$N = \epsilon_x \times A \times E \quad (A: \text{鋼製支保工の断面積})$$

また、吹き付けコンクリートの接線方向応力 σ_θ については、吹き付けコンクリートの弾性係数が経時的に変化するので、経過日数の弾性係数と相対変位の増分 Δu から応力増分 $\Delta \sigma_\theta$ を求め、次式で求めた。

$$\sigma_\theta(t) = \sigma_\theta_1 + \Delta \sigma_\theta_2 + \dots + \Delta \sigma_\theta(t)$$

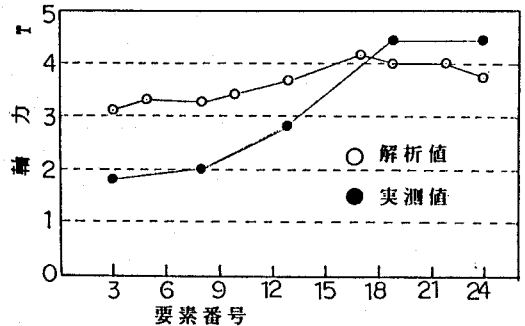
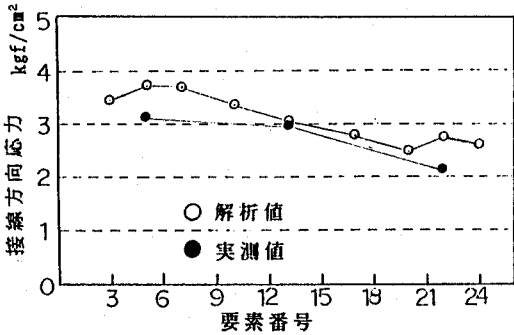


図-4 吹き付けコンクリート応力の実測値と解析値との比較

図-5 支保工軸力の実測値と解析値との比較

5. 結論

上図から明らかなように、支保工軸力、吹き付けコンクリート応力共、解析値は実測値と工学上十分な精度で一致している。このことより、地山の初期応力や力学定数を用いず、覆工内面変位のみから、覆工応力を逆解析する手法の妥当性が確認できた。今後この逆解析が、現場計測と一体として機能することができる施工管理システムの確立へと研究を進めていきたい。

参考文献

1) 久武勝保、伊藤富雄、上久保裕介、村上敏夫：トンネルA計測変位による覆工応力の推定、第22回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、pp.16 ~20, 1990