

# 既設トンネル断面拡大時の地山変位について

建設省土木研究所 正会員 蒲田 浩久  
同 上 正会員 真下 英人

## 1 はじめに

近年、車両の大型化・交通量の増大にともない、トンネル断面を拡大する必要のある既設トンネルが現れてきており、工事実績も増えてきた。

完全通行止め可能なトンネルの工事は特に問題ないが、供用したままの工事は、これまで従来技術の組み合わせにより対応しているものの、建設コストが高い、工期がかかるなどの問題があり、より一層の技術開発が望まれている。また設計面からも、既設覆工の状態や地山の緩み状況など不明な点が多くより合理的、経済的な設計法を確立する必要がある。

本研究は、これらの基礎的研究として既設覆工の存在が拡大時にどのように地山変形に影響するか（地山変位曲線）、またプロテクターなど安全設備を入れる範囲をどの程度にしたら良いかを検討するものである。これらは、切羽進行に従って既設覆工、地山、新設一次支保工など相互作用として評価出来るものであるため三次元解析を行った。

## 2 解析条件と解析モデル

三次元弾性有限要素法を用いて、C クラス支保程度の地山を想定し、土かぶりも 50m 程度の比較的良好い地山について計算を行った。断面の大きさについては、1.5 車線程度で車のすれ違いの困難なトンネル(車線幅 6.0m)を 2 車線歩道付きトンネル程度(車線幅 11.0m)に拡大するケースを考える。表-1 に解析定数、図-1 に解析モデルを示す。なお今回はメカニズム・傾向をつかむため簡略化しロックボルトはモデル化しなかった。

地山	ソリッド要素	弾性係数	Mpa	1,000
		ポアソン比		0.3
		単位体積重量	KN/m3	23
		側圧係数(kz, Kx)		1.0
既設覆工	ソリッド要素	弾性係数	Mpa	22,000
		単位体積重量	KN/m3	23
		ポアソン比		0.2
新設一次覆工	シェル要素	弾性係数(合成)	MPa	10,300
		断面積	m2	0.1
		ポアソン比		0.2

表-1 解析定数

して行くケース (case1)、既設の覆工を取壊さず補強をしてプロテクターとして利用し拡大後に取壊すケース

1)(case2)、及び比較のため新設で施工したケース (case3) について計算を行った。

解析ステップは、step1 初期応力解析 step2 既設トンネル構築 step3 拡大掘削 (1 m掘進) step4 拡大掘削 (1 m掘進 + step3 の掘削部の一次支保施工) とする。その後は step4 を繰り返し所定の位置までの掘削する。

## 3 解析結果と考察

図-2 は、case1~3 の解析から得られた領域中央部 (図-1 A 部) の天端変位の切羽面との距離で整理したものである。縦軸については最大変位量で無次元化 (case1,2 については既設トンネル施工後からの変位量で使用) している。これを見ると case 1, 3 では、掘削面積が異なるにも関わらず先行変位が出始める位置 (1D)、収束距離 (2D) などがほぼ同じであることが分かる。一方 case-2 は、収束距離

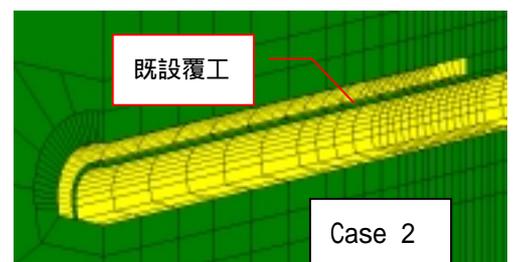
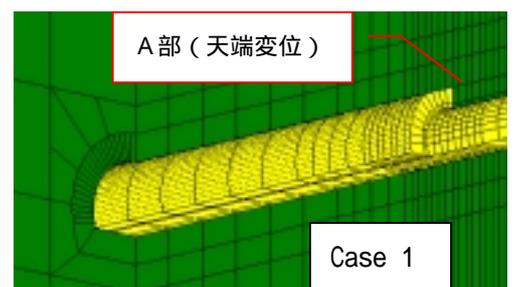


図-1 解析モデル



離はほぼ同じであるが、変位が出始める位置が0.5D程度と小さな値になっている。また図-3は切羽を押し出す方向への変位が発生している範囲を示しているが、case2の方が小さく緩み範囲が小さいことが分かる。

図-4はcase2の既設覆工の変形図及び、図-5は応力分布図( Z)を示している。これらから既設覆工の存在により天端部地山の変形が抑えられ、図-2に示したような先行変位の抑えられた変位曲線になると考えられる。またその結果、既設覆工の切羽部で圧縮応力、引張応力が増加していることが分かる。特に既設覆工側壁部の下部には大きな引張応力が発生している。

さらに図-6は、case2の場合の既設覆工の全要素に発生する主応力の値を縦断方向の断面位置にプロットしたものである。これを見ると掘削の影響で切羽から手前約2.0Dの範囲で特に引張応力の増加、切羽から前方約0.5D程度で圧縮応力、引張応力が増加していることが分かる。なおcase1の場合も切羽面から前方約0.5Dが影響範囲であった。

#### 4 まとめ

解析から得られた知見をまとめると以下ようになる。

既設覆工を同時に取り壊す場合の地山変位曲線は新設のものとは変わらないことが分かった。これは二次元解析で計算する時の応力開放率については新設と同程度の値を用いて良いことを示している。

既設覆工をプロテクターとして利用する場合は、切羽接近による先行ゆるみが小さいことが分かった。これは既設覆工の影響によると考えられる。

掘削による既設覆工への影響範囲は今回の条件では概ね切羽から前方約0.5Dである。また既設覆工をプロテクターとして利用する場合は、さらに切羽から手前約2.0Dが影響範囲となる。

断面拡大を行うようなトンネルは在来工法で施工されており覆工背面に空洞があるケースが多い。しかし大半のケースでは施工前に裏込注入を実施おり、解析モデルと実際とは大きく異ならないと考えられる。ただし緩みの影響、覆工の健全度については考慮していない。また弾性地山という限られた条件での結果であるため定量的な議論にもまだ問題がある。今後これらの点について検討して行きたい。

#### 参考文献

- 1) 例えば 勝間田直之他：供用トンネルを単線から複線へ  
 拡幅 トンネルと地下 1994/2 P15～21

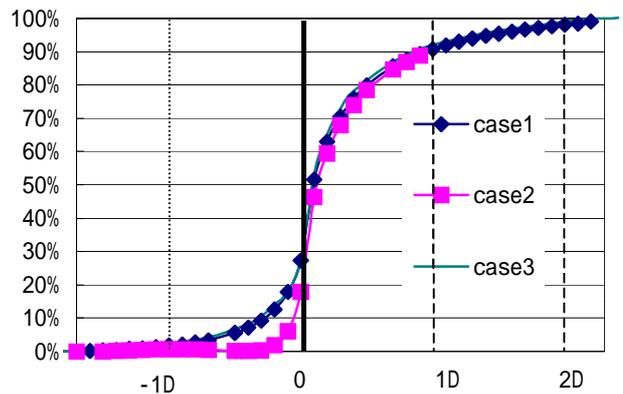


図-2 地山変位曲線

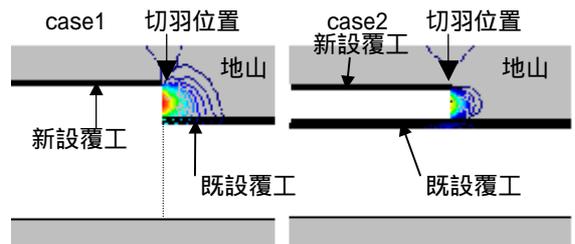


図-3 切羽部 ( Z 押出変位 )

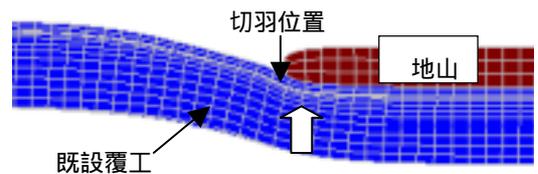


図-4 変形図 ( y )

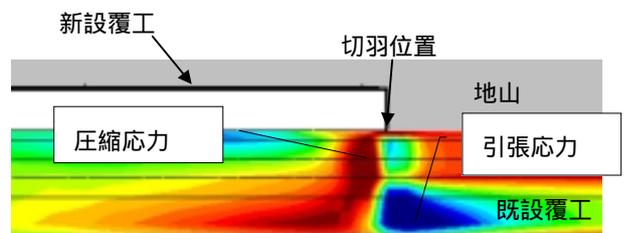


図-5 既設覆工応力分布図 ( z )

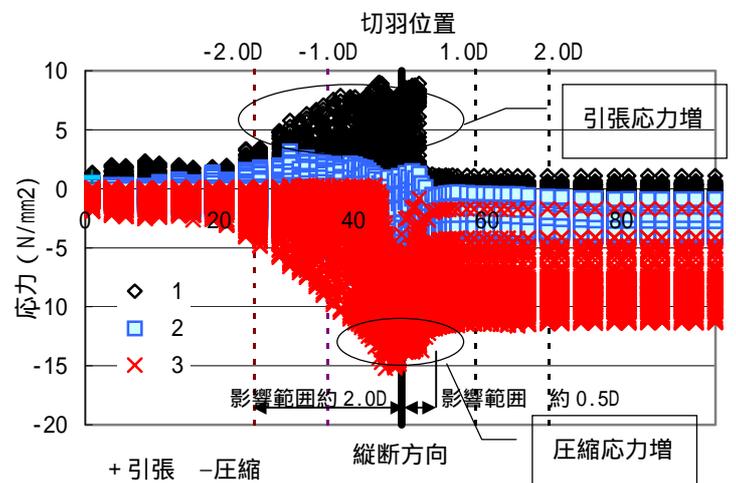


図-6 既設覆工主応力分布図