

Ⅲ－B132

逆解析に基づくトンネル情報化施工の一事例

大成建設 土木設計第一部 正会員 大塚 勇

大成建設 土木設計第一部 正会員 岩野 政浩

1.はじめに

トンネル施工においては、施工時の地山状況の確認とトンネル変形挙動の計測からトンネル施工の安全性を評価する情報化施工が重要な位置をしめる。

今回の検討では、原設計での予測解析と逆解析に基づいてトンネル掘削時に得られる計測データより、実際の地山の状況を再現した上で、その後の掘削予測を実施した場合との比較をもとに逆解析の効用について考察を加えた。

2.解析手法

順解析は、二次元弾性有限要素解析および二次元完全弾塑性有限要素解析により、施工手順を考慮した逐次掘削解析を行った。また、逆解析は地山の塑性化を考慮した弾性逆解析¹⁾および非弾性ひずみを考慮した弾塑性逆解析²⁾により解析を行った。

2.1検討対象

強風化花崗岩を掘進中のTトンネルでは、地山の事前調査などを目的に、本坑掘削に先立ち先進導坑を本坑下半左部に掘削している。検討断面は本坑のA、B計測断面であり、本坑上半掘削に先立ち、水平傾斜計により先行変位が計測されている。逆解析で入力する変位データは、先行変位を考慮した全変位であり、水平傾斜計により求められる先行変位率は54%である。計測工図を図-1に示す。

2.2解析ケースおよび解析用物性値

解析ケースは、原設計時の物性値を使った順解析1ケースと、逆解析を行った後にその解析結果をもとに順解析を実施する解析3ケースの計4ケースである。順解析は、弾性解析を行い、設計段階での予想解析という位置づけである。それに対して、逆解析では、情報化施工の一環として、先進導坑の切羽通過後における段階と本坑上半の切羽通過後の段階で、それぞれ収束した変位データをもとに逆解析を行い、その時点での地山応力状況を再現した後に、次の施工ステップを考慮した掘削順解析を実施した。解析ケースの一覧表を表-1に、物性値を表-2に示す。

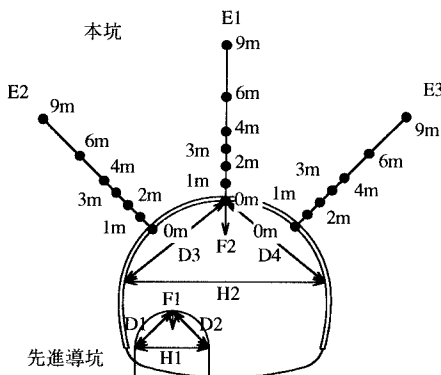


図-1 計測工図

表-1 解析ケース

解析ケース	解析手法	逆解析を行う段階
case1	順解析（弾性解析）	—
case2	逆解析／順解析（弾性解析）	先進導坑切羽通過後
case3	逆解析／順解析（弾性解析）	本坑上半切羽通過後
case4	逆解析／順解析（弾塑性解析）	本坑上半切羽通過後

表-2 解析用物性値

地山（ソリッドによりモデル化）	
弾性係数(kgf/cm ²)	3,000
ポアソン比 ν	0.3
単位堆積重量 ρ (tf/m ³)	2.2
粘着力C(kgf/cm ²)	1.0
内部摩擦角 ϕ (°)	30.0
本坑天端の土被り高さH(m)	34.5
支保（ビーム要素によりモデル化）	
弾性係数(kgf/cm ²)	吹付コンクリート（初期）
	40,000
	吹付コンクリート（硬化後）
H鋼、ロックボルト	220,000
	2,100,000

キーワード：逆解析、情報化施工、変位計測、トンネル

連悪先：〒163-0606 東京都西新宿1-25-1（新宿センタービル） TEL03-5381-5296 FAX03-3345-0490

3.解析結果

3.1逆解析結果

逆解析により求められる初期応力状態および地山の物性値の一覧を表-3に示す。case1の欄には、順解析で設定した値を示している。

case1の順解析では、初期応力解析として自重解析を行っており、側圧係数はポアソン比から求められる値となり、0.43である。一方、逆解析の結果では、側圧係数が1.0程度の値となっており、case3、case4では1.0を越え、現地では大きな側圧が地山に働いていること等が考えられる。

また、原設計で設定している弾性係数 3000kgf/cm^2 に比べて、逆解析で求められる弾性係数は 1000kgf/cm^2 台の値となり、小さめの値となる。検討断面付近で行われた導坑内での平板載荷試験の結果によると、除荷時の弾性係数は 1230kgf/cm^2 であり、逆解析の値に近い値となっている。

3.2解析結果図

図-2に局所安全率分布図を示す。case1における安全率の低い塑性化領域の分布が、他のケースと比較するとかなり異なっている。また、土被りの浅いトンネル掘削時に見られるトンネルアーチから地表面に延びる安全率の低い領域が、特にcase4で顕著に見られ、実際のトンネル周辺における塑性領域の進展状況を表しているものと考えられる。

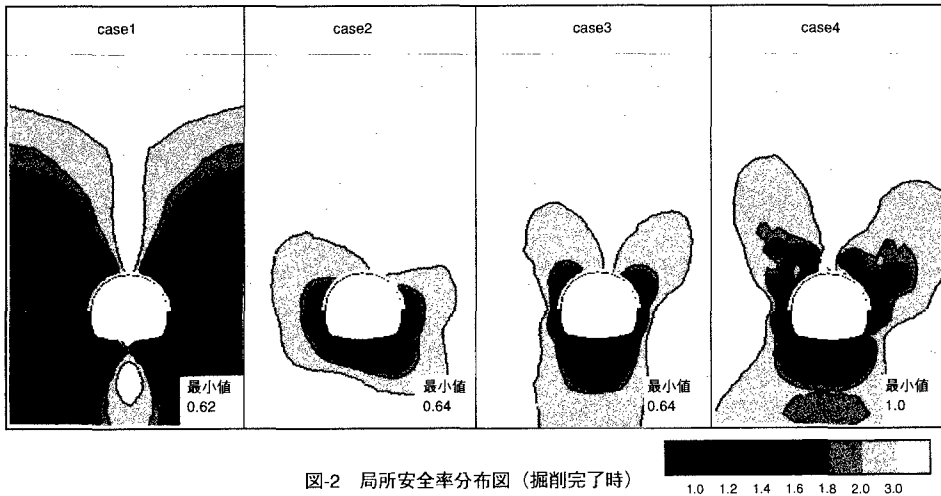


図-2 局所安全率分布図（掘削完了時）

4.おわりに

本解析手法は、現場で比較的容易に計測される変位データにより、現状の地山のひずみ状態、応力状態を求めるだけでなく、その後の施工段階における地山の塑性化の進展や変形挙動を、最新の計測データを使用することにより、精度よく推定するものであり、現場施工へのフィードバックに有効である。

今回の検討結果より、この手法の土砂 NATM への適用性は示されたと思われるが、今後、下半掘削により計測された変位データと比較することにより、本解析手法の妥当性を検証し、情報化施工における設計の高度化に向けて検討を加えている所存である。

参考文献

- 1) 桜井春輔・武内邦文：トンネル掘削時における変位計測結果の逆解析法、土木学会論文報告集、第337号、pp.137-145、1983.9.
- 2) 桜井春輔・芥川真一・徳留修：ノルム最小化に基づく非弾性ひずみの逆解析、土木学会論文集 No.517/III-31、pp.69-74、1996.3.