

道路直下における大断面土砂トンネルの施工（その3）

- 異方性損傷を考慮した逆解析による検討 -

日本道路公団東京建設局 藤村 三喜男
鹿島建設（株） 並川 正、森川 誠司、日比谷 啓介
神戸大学工学部 芥川 真一

1. はじめに

青梅トンネル¹⁾のような土被りの浅い未固結地山のトンネルでは、掘削によって生じる局所的なゆるみ域が発達しやすく、大きな地表沈下が生じやすい。そのため、施工途中で地山に発生しているゆるみ域を逆解析などを用いて精度良く評価し、施工の進行に伴ってそれがどのように進展するか予測することが重要となる。本報文では、奥田ら²⁾や桜井ら³⁾が提案している異方性損傷を考慮した逆解析を用いて、本工事の二段ベンチ掘削終了時における地山状態を検討したので、その概要を報告する。

2. 異方性損傷を考慮した逆解析の概要

本逆解析手法の詳細は文献2)に示されているが、基本的には掘削による地山の非線形挙動は、せん断ひずみの増加に伴うせん断剛性の低下のみに起因するという仮定に基づいて、モビライズド面方向のせん断ひずみに依存した損傷程度を表すパラメータ d とせん断剛性の関係式を、逆定式化法に基づくトンネル逆解析⁴⁾に導入したものである。図-1は、異方性損傷と支保工を同時に考慮した場合の概略解析フローである。逆解析で用いる剛性マトリクスの中に、支保工と地山の弾性係数比および異方性損傷パラメータの二つの未知数が含まれるため、それぞれが収束するまで弾性逆解析を繰り返して計算することになる。

3. 解析モデルと解析結果

解析モデル（二段ベンチ掘削終了時）を図-2に示す。本解析モデルでは、支保工として鋼製支保工・吹付けコンクリート・フットパイル・水平ジェットグラウトなどを考慮している。異方性損傷を考慮する領域は図-1に示す領域としている。表-1に逆解析で得られた地山物性を示す。図-3には、損傷のしやすさを表すパラメータ（図-1参照）と、解析値と計測値との誤差の二乗和の関係を示す。本図から、弾性逆解析（ $d = 0$ ）より異方性損傷を考慮した逆解析の方が、計測値との整合性は向上することが分かる。図-4(a)、(b)は地表沈下とトンネル両側の水平変位に関する解析値と計測値の比較である。異方性損傷を考慮した逆解析の方が、弾性逆解析より計測変位の定性的傾向を若干良好に表現していることが分かるが、両者に顕著な差異はない。図-5(a)、(b)は、両者による最大せん断ひずみ分布の比較である。弾性逆解析よりも異方性損傷を考慮した逆解析の方が、フットパイル側方上部付近でのせん断ひずみの集中域が明瞭に現れており、この部分の地山のせん断剛性が低下している様子が分かる。しかし、そのような領域はごく小さく局所的であることも分かる。以上の結果と文献1)、5)による検討結果を併せて考えると、水平ジェットグラウトなどの対策工の効果により、現状での本工事の地山は、ごく局所的なひずみの集中域を除き、ほぼ弾性状態を保っているものと言える。

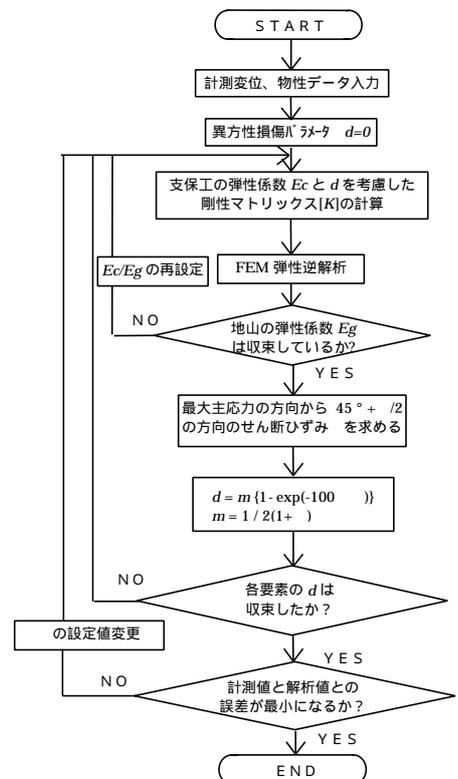


図-1 概略フロー図

キーワード：土砂トンネル、逆解析、異方性損傷パラメータ、地表沈下
〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 TEL(03)5561-2402, FAX(03)5561-2109

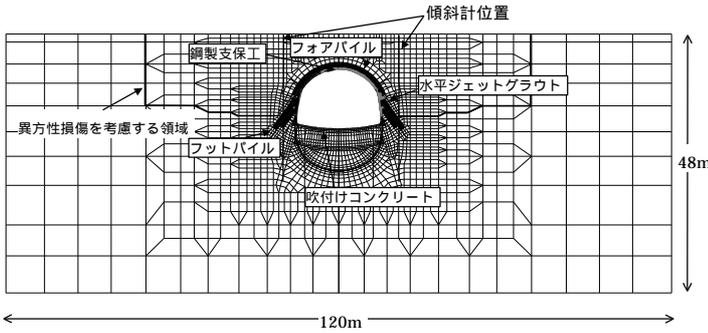


図-2 解析モデル(二段ベンチ掘削時)

表-2 支保工物性値

	密度 (t/m ³)	弾性係数 E(MPa)	ポアソン比	摩擦角 (°)	断面積 A(m ²)	断面二次モーメント I(m ⁴)
地山	2.30	逆解析より求める	0.35	35	-	-
フォアパイル	-	1.00E+03	0.25	-	-	-
フットパイル	-	1.53E+03	0.20	-	-	-
吹き付け短期	-	4.00E+03	0.20	-	-	-
吹き付け長期	-	2.20E+04	0.20	-	-	-
鋼製支保工	-	2.10E+05	-	-	6.35E-03	4.72E-05

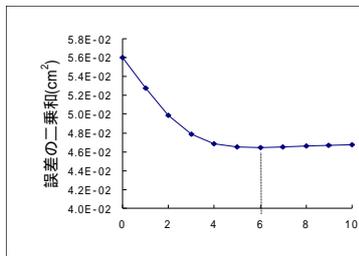


図-3 と誤差の二乗和との関係

表-1 逆解析で得られた地山物性値

	弾性係数 E (MPa)	側圧係数 K	
弾性逆解析	46.6	1.1	-
異方性損傷を考慮した逆解析	57.9	1.1	6

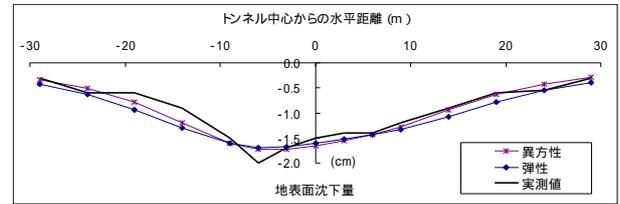


図-4(a) 地表面沈下

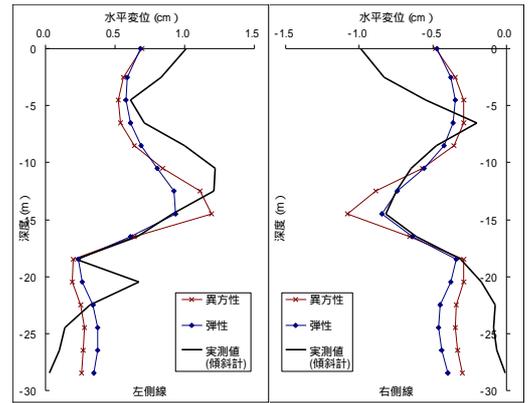


図-4(b) 水平変位

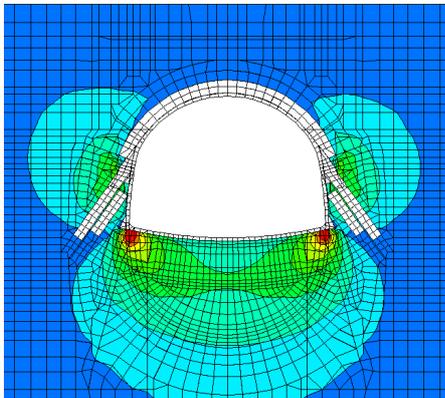


図-5(a) 最大せん断ひずみ (弾性逆解析)

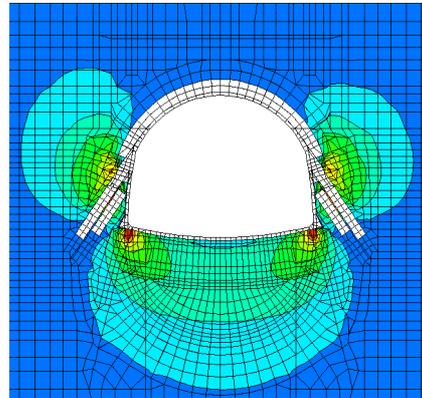
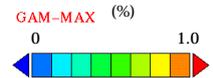


図-5(b) 最大せん断ひずみ (異方性を考慮した逆解析)



4. おわりに

異方性損傷を考慮した逆解析により、青梅トンネルにおける二段ベンチ掘削時の地山の安定性を把握することができた。ただし、あくまでも現時点での評価であるため、今後は以上の逆解析結果に基づいて最終断面掘削時の予測解析を行い、実測データとの対比を行っていく予定である。

参考文献 1)藤村他：道路直下における大断面土砂トンネルの施工（その1），第55回土木学会年講（投稿中），2000. 2)奥田他：土被りの浅い未固結地山トンネルの非線形逆解析，土木学会論文集，No.638，pp383-388，1999. 3)桜井他：土被りの浅い大断面トンネルにおける地山挙動の非線形逆解析，トンネル工学研究発表会論文集，第9巻，pp95-100，1999. 4)桜井他：トンネル掘削時における変位計測結果の逆解析法，土木学会論文集，No.337，pp.113-145，1983. 5)藤村他：道路直下における大断面土砂トンネルの施工（その2），第55回土木学会年講（投稿中），2000.