

土被りの浅い NATM トンネルにおける変形挙動の分析と沈下予測の検討

神戸大学 正会員 芥川 真一^{*)}、堂場 直樹^{*)}

学生員 ○横田 泰宏^{*)}、李 在浩^{*)}

鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 北川 隆^{**)}、磯谷 篤実^{***)}

パシフィックコンサルタンツ 正会員 松長 剛^{****)}

1.はじめに

本研究では、土被りの浅い NATM トンネルにおける最終変位量の予測について検討した。実例として、東北新幹線六戸トンネルを対象とし、実際に現場で得られた変位データを数値解析にフィードバックした。この検討を通して、施工前、ならびに施工が始まってからの各段階で、どの程度の精度で最終変位量が予測できるかについて考察した。

2.ひずみ軟化解析の概要

ここで用いたひずみ軟化解析¹⁾は、異方性パラメータ m を低下させるモデルと、地山強度定数 (c, ϕ) を低下させるモデルを組み合わせた解析手法である。異方性パラメータ m は、 D マトリックス（応力・ひずみ関係）におけるせん断剛性を表し、応力状態が破壊基準を越えた時点から下がり始めると定義し、その時の γ を γ_c とした。同様に、地山強度の低下についても、応力状態が破壊基準を超えた時点からその c, ϕ 自体が下がり始め、せん断ひずみの増加に伴って残留値 c_r, ϕ_r に至るものとする。軟化傾向を決めるインデックスには、軟化速度と軟化の割合があるが、解析パターンを最小限にするため、異方性パラメータと地山強度を同じように低下させた。

3.東北新幹線六戸トンネルの概要

対象とする六戸トンネルは、東北新幹線（八戸・新青森間）に位置する延長 3810m の NATM トンネル²⁾である。地質条件は、表層に火山灰層、下部は砂層となっており、全体として地山は軟弱である。また、土被りは平均 10~20m である。検討断面として約 300m 離れている A 断面と B 断面を選定し、2 断面について分析を行った。図 1 に両断面の解析メッシュを示す。A 断面は、4 層の地盤からなり上部

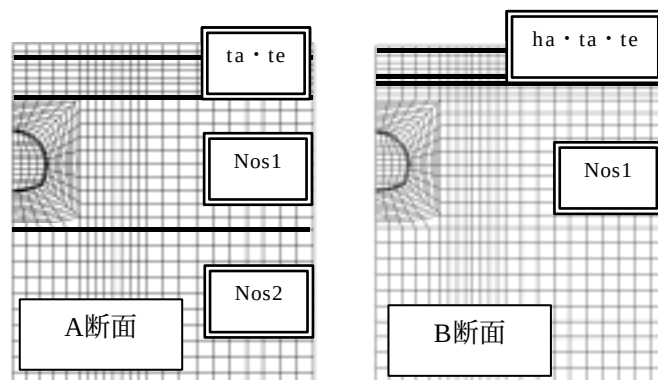


図1 解析に用いたメッシュ

2 層が火山灰層 (ta・te)，下部 2 層が砂層 (Nos1・Nos2) となっている。B 断面は A 断面と地盤条件が若干異なり、上部 3 層が火山灰層 (ha・ta・te)，下部に 1 層の砂層 (Nos1) が存在している。しかし、切羽部の地盤は A 断面と同じ Nos1 層となっており、上部の火山灰層の厚さもほぼ A 断面と等しい地質となっている。

4.変形挙動の分析による解析の問題点と沈下予測手法の検討

ここでは、軟化傾向を決定するインデックスである軟化速度と軟化の割合の異なる軟化パラメータを 9 パターン用意し、ひずみ軟化解析を用い、研究対象の A・B 両断面について変形挙動の分析を行った。その結果、室内試験で得られた物性値をそのまま解析に用いると、ほぼ弾性挙動を示すと考えられる掘削初期段階においても、解析結果と現場変位に大きな差を生じる、ある掘削段階において現場挙動に近い解析結果を生み出すパラメータが、その後の掘削段階において必ずしも良好な結果をもたらさない、という問題点が確認された。

キーワード：NATM トンネル，ひずみ軟化解析，事前予測

連絡先：*)	〒657-8501	神戸市灘区六甲台町 1-1	TEL 078-803-6015	FAX 078-803-1050
**))	〒812-8622	福岡市博多区祇園町 2-1	TEL 092-283-9501	FAX 092-283-9593
***)	〒231-8315	横浜市中区本町 6-50-1	TEL 045-222-9082	FAX 045-222-9102
****)	〒163-0730	新宿区西新宿 2-7-1	TEL 03-3344-1785	FAX 03-3344-1903

これらの問題点に対し、ここでは計測変位と解析結果を上半到達時や下半到達時において段階的に比較し、物性値や側圧比の見直しを行い、現場挙動を解析によってある程度再現できることや、現場挙動に近い解析パターンを1ケースと絞るのではなく、数パターン選出することによって、おおよその非線形性の程度を推定できることなどの知見を得た。

次に、これらの知見を考慮して、施工段階ごとに予測解析を行うことで、予測精度を段階的に向上できるか検討した。つまり、1) 室内試験などから算出した物性値を用いた予測解析、2) 掘削初期段階（上半到達時）の計測データと解析結果の比較により、弾性係数および側圧比を見直す予測解析、3) 非線形挙動が生じた段階（下半到達時）での変位比較により、ある程度の軟化傾向を絞り込んだ後での予測解析、などを順次行った。

これらの解析においては、妥当と思われるパラメータを設定する際に、現場計測結果との比較を通して、最大の変位を生むと考えられる値と、最小の変位を生むと考えられる値をそれぞれ用いた。その結果を図2に示す。図2の(a)を見ると、施工前において情報が限られている段階においてはA・B両断面ともに予測最低値と予測最高値の幅は非常に大きなものとなっていることが分かる。一方、(b)、(c)を見ると、A・B両断面ともに物性値を見直す前や、軟化傾向を推定する前と比べ、予測の幅はさらに狭まり、予測精度が向上することが確認された。

5. まとめ

施工前のトンネル周辺地山に関する情報が限られている段階では、掘削終了時の最終変位を予測することは非常に困難である。しかし、施工の進行とともに、地山特性に関する実際の情報が入手できるため、それらを考慮した解析作業を行うことで、最終変位の予測値、あるいはその誤差を軽減できることが確認された。

今後は、施工前からピンポイントで最終の変位量を算出することが理想であるが、ここで試行したような幅を持たせた段階的な予測についても、実現可能なトンネルの情報管理手法として更に検討を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 芥川, 松本, 長井: 土被りが浅いトンネルの非線形挙動解析に関する一考察, トンネル工学研究論文・報告集第10巻, pp.113-118, 2000.11.
- 2) 北川, 中山, 松長, 芥川, 小西: ひずみ軟化モデルによる地表面沈下予測の適用性に関する研究, トンネル工学研究論文集第14巻 pp.53-60, 2004.11.

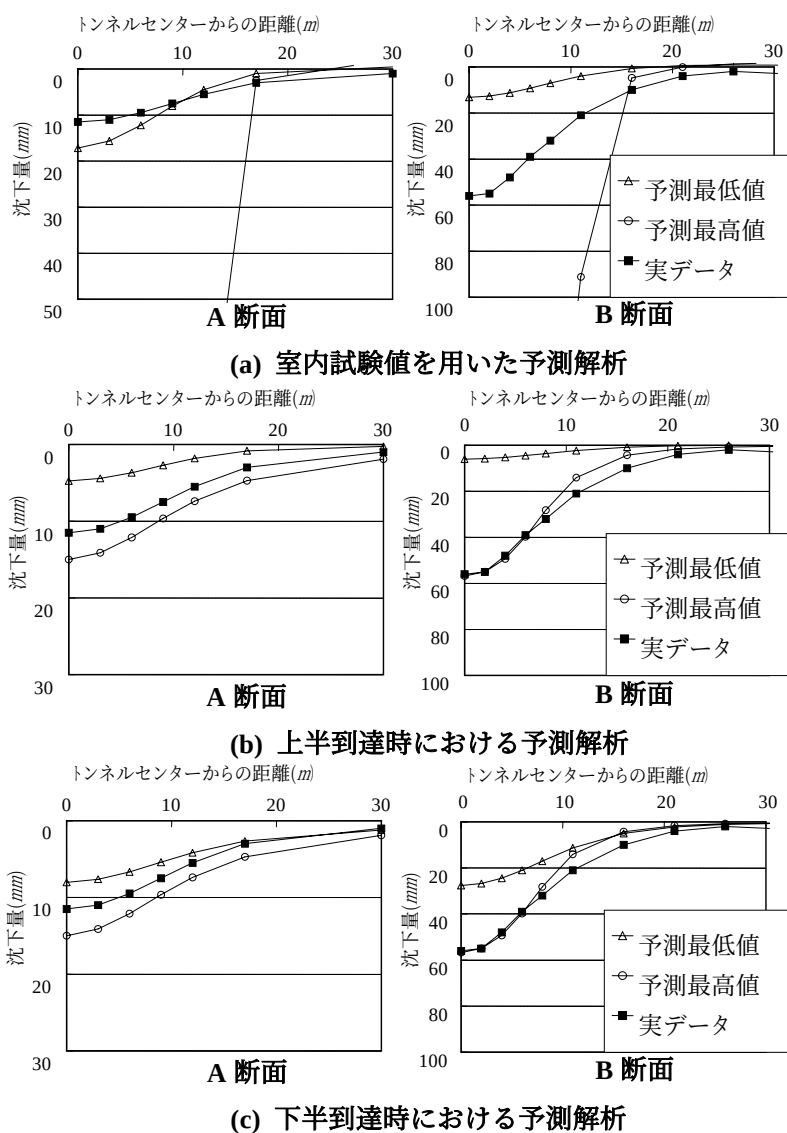


図2 各段階における地表面沈下予測