

三次元数値解析に基づく軟岩地山トンネルの近接施工による相互影響評価に関する研究

長崎大学工学部 正会員 棚橋由彦 蔣 宇静
 長崎大学大学院 学生員○茂山史憲 今長谷秀亮
 パシフィック C 正会員 米田裕樹 持田拓児

1. はじめに

近年、立地条件の悪化は地山条件の良い場所の選定を事実上困難にし、また、交通の高速化や道路建設の増加により、軟岩地山中および既設空間に近接してトンネルを掘削する機会が増加している。その一方、軟岩地山では、トンネル掘削に伴い地山の塑性化によるひずみ軟化挙動、塑性化後のダイレイタンス挙動、トンネル内空への押し出し等を生じるが、その理論的説明が十分になされていないため、実際の設計は一般的に経験に基づいて行われているのが実状である。しかしながら、トンネル全体コストの低減を図るため、合理的な設計が求められている。また、既設空間は供用されていることが多く、施工に伴う既設空間の変状の発生は社会的にも大きな影響を生じることから、相互影響を最小限にするための近接施工設計法の検討が重要な課題となっている。

本研究では、三次元数値解析手法により軟岩地山トンネルの近接施工による相互影響評価を行うことで、トンネル掘削に伴う周辺地山の力学的挙動を的確に把握し、トンネルの合理的かつ経済的な補強設計法の確立を目的とする。

2. 三次元解析モデルの概要

本研究で対象とする軟岩地山において新設道路トンネル(以下新設トンネル)が計画中であるが、既設の人道トンネルおよび車道トンネルとの三段構造となり、特に交差部においてトンネル間の離隔距離が最短で 58cm と非常に小さいため、新設トンネル施工に伴う相互影響が懸念される。そこで、相互影響の評価にあたり、周辺地山挙動の変化を正しく予測し、それを実際の設計施工に反映させるため、実地盤および施工過程を忠実に再現した三次元掘削解析モデルを開発した(図-1)。

モデル化にあたり、地山の物性値は実地盤を忠実に再現した。トンネル交差部における物性値は日本道路公団の地山分類¹⁾D1 クラス程度であり、支保工打設もそれに準じた支保パターンを用いることとする。また、新設トンネル施工過程の表現について、掘削工法は上半先進工法とし、断面形状は扁平断面とする。

解析ケースとして、まず、既設トンネルに対し無対策状態での解析(Case1)を行い、その結果をもとに相互影響を評価する。次に、

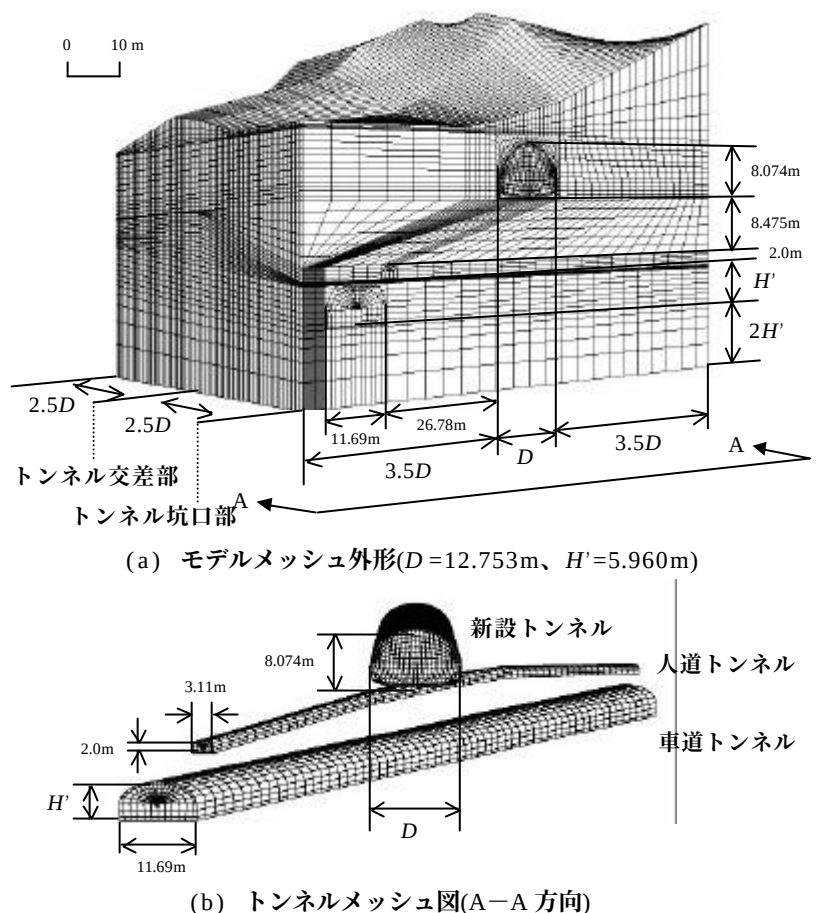


図-1 三次元解析モデル(トンネル坑口：紙面手前、 D ：新設トンネル内空幅、 H' ：車道トンネル内空高)

キーワード：トンネル、三次元数値解析、軟岩、近接施工

連絡先：〒852-8521 長崎市文教町1-14 長崎大学工学部 Tel (095)847-1111 Fax (095)848-3624

Case1 に基づき補強対策を講じた解析(Case2)を行い、その補強対策の有用性を検証することで、より合理的・経済的な近接設計施工の実現を図っていくものとする。

3. 無対策における相互影響評価

新設トンネル施工に伴う相互影響の評価にあたり、岩盤の破壊時の限界ひずみ²⁾より限界内空変位量 0.70(cm)を算出し、これを安定性評価の基準とした。図-2 において人道トンネル天端部の地山変位が限界変位量を上回るトンネル坑口より「22～34m 区間」を補強範囲と提案する。その対策工としては、人道トンネル内空壁面に多数の亀裂が見られることから裏込注入工を行うものとし、加えて、注入材の地山

からの漏洩および図-2 に見られる底盤の盤膨れの防止策として、人道トンネル内空一体に吹付けコンクリートを施工するものとした。なお、吹付け厚は経済性より標準支保パターン¹⁾における最小巻厚の 5cm とした。その施工時期に関して、裏込注入工は新設トンネル掘削前に行い、吹付けコンクリートは早期施工によるコンクリート硬化に起因する応力集中および吹付けコンクリートの破壊を防ぐために、新設トンネル掘削開始後に行う。その適切な施工時期として、図-3 より上半掘削 32m 時点で限界変位量を上回っているためそれより以前に行うものとし、図-4 において上半掘削 20m 以降にその変位量が急激に増加していることから、上半掘削 20m 付近で行うことを提案している。

4. 補強対策効果の検証

図-5 は人道トンネルの地山変位であり、補強対策により天端部の変位が低減されているものの、限界変位量をやや上回っていることから、補強効果が不十分であると判断される。そこで、天端部の変位勾配が補強区間で抑制されていることから、補強区間の延長により早期に変位を収束させることが有効と考える。また、底盤の変位量が Case1 とほぼ同等であることから、吹付けコンクリートはあまり効果を発揮していないと判断され、その打設時期、巻厚などを再度検討する必要がある。

5. 結論

三次元解析手法により軟岩地山トンネルの近接施工による相互影響評価を行うことで、トンネル掘削に伴う周辺地山の力学的挙動を的確に把握し、有効な補強対策の方向性を見出すことができた。

今後は、現場計測との比較により、解析モデルのパラメータ同定を行い、より信頼性の高い解析的評価を合理的設計と施工管理に活かしていく。

〈参考文献〉

- 1) 土木学会編：トンネル標準施工方書(山岳工法編)・同解説，pp.81-83，1996。
- 2) 桜井春輔：トンネル工事における変位計測結果の評価法，土木学会論文報告集，第 317 号，pp.14-21，1982。

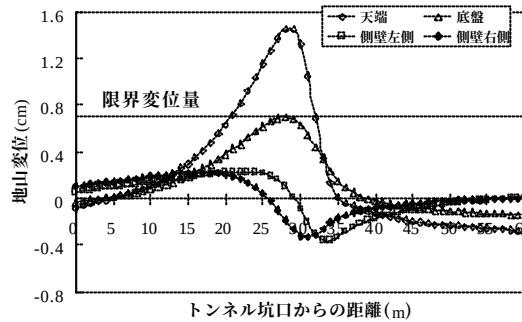


図-2 人道トンネル地山変位(Case1)

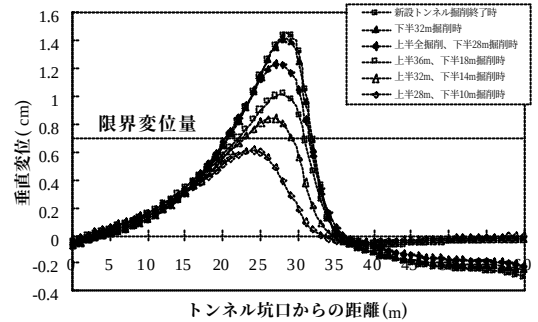


図-3 人道トンネル天端部における地山垂直変位(Case1)

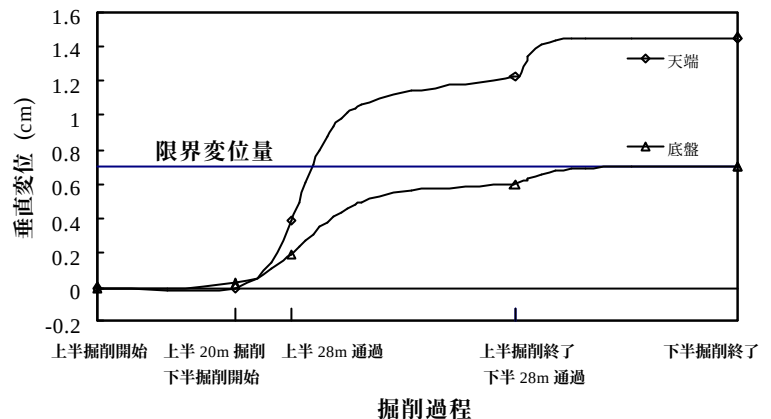


図-4 新設トンネル掘削に伴う人道トンネル地山変位(Case1)

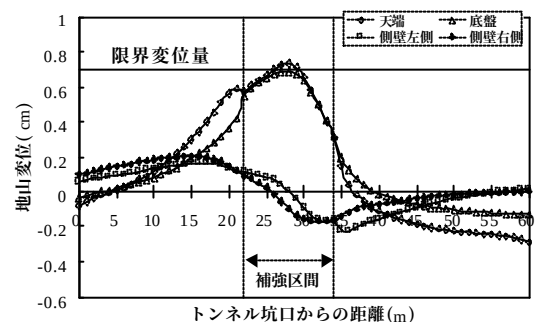


図-5 人道トンネル地山変位(Case2)