

三次元数値解析による軟岩地山トンネルの近接施工による相互影響の評価

長崎大学工学部 正会員 蔣 宇静 棚橋由彦

長崎大学大学院 学生員○茂山史憲

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、NATMなどのトンネル工法の発達により、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。この場合、軟岩地山では、トンネル掘削に伴うひずみ軟化挙動、ダイレイタンス挙動等を生じるが、その理論が十分に解明されていないため実際の設計は一般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経験に依らない理論的かつ定量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、軟岩地山における近接施工を対象に、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するため、三次元解析手法¹⁾による評価に基づきトンネルの合理的かつ経済的な設計を実現することを目的とする。

2. 三次元解析モデルの概要

解析の対象となる現在計画の中の新設道路トンネル(以下新設トンネル)は、既設の人道トンネルおよび車道トンネルとの3段構造となり、特に交差部において新設トンネルと人道トンネルの離隔距離が小さいため、新設トンネル掘削に伴う相互影響が懸念される。

これより三次元解析モデルの作成において、モデル領域はトンネル交差部の相互影響を無視できる程度として作成した(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新設トンネルおよび人道トンネル付近の物性値は日本道路公団の地山分類²⁾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。

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。さらに、新設トンネル施工における逐次掘削過程を再現するため、実際の施工手順に基づき1掘削ステップ長(1.0m)毎に上半を掘削し、20m掘削後、下半を上半に追従する形で順次掘削する。支保工は上半、下半共に1ステップ分遅らせてロックボルトとH型鋼を含めた鋼製吹付けコンクリートの打設を行う。ここで、新設トンネル掘削において、トンネル交差部周辺地山が無補強の場合をCase1とし、

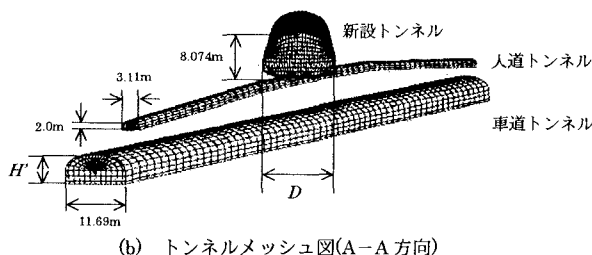
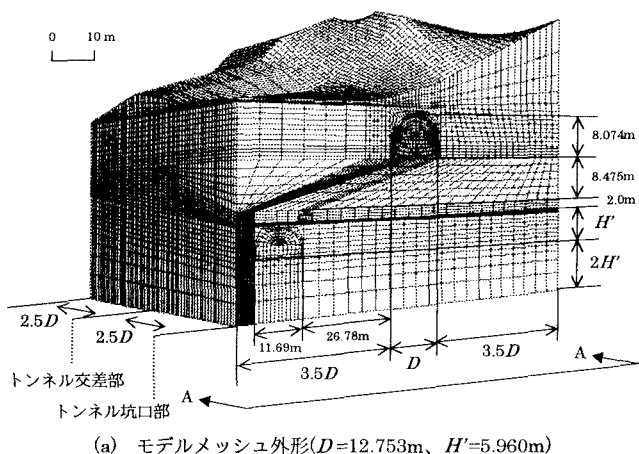


図-1 三次元解析モデル(トンネル坑口:紙面手前、 D :新設トンネル内空幅、 H' :車道トンネル内空高)

表-1 Case1における地山最大変位量

対象	天端	底盤	スプリング ライン
新設トンネル	1.43 (60)	1.87 (35)	0.588 (60)
人道トンネル	-1.44 (28)	0.697 (28)	-0.358 (31)
車道トンネル	-0.310 (31)	0.114 (32)	-0.067 (35)

(単位: cm、トンネル内空方向への変位を正、
括弧内数字はトンネル坑口からの距離, mを表す)

Case1 の解析結果に基づき補強対策を行った場合を
Case2 とする。

3. 解析結果と考察

Case1 における各トンネルの地山最大変位量を表-1
に、交差部の変位ベクトルを図-2 に示す。これより、
人道トンネルおよび車道トンネルは交差部付近で変位量
が最も大きく、共に新設トンネル方向への引張力を受け
ていることが理解できる。ただし、車道トンネルへの影
響はわずかである。また、図-3 は人道トンネル天端部
が最大変位量を生じるトンネル坑口より 28m 地点に上
半および下半が到達した時の地山垂直変位を示したもの
であるが、交差部付近での相互影響が顕著である。補強
対策としては、岩石の一軸圧縮試験に基づく限界変位量
を参考に、図-3 よりトンネル坑口から「22~34m 間」を
補強範囲とし、地山注入および人道トンネルへの吹付け
コンクリート打設を用いるものと提案した。以上の
Case2 による補強対策効果の把握には、Mohr-Coulomb
基準(図-4 参照)に従い引張破壊に対する安全率 F_t の変
化を用いた。ここで、

$$F_t = \frac{\sigma_m - \sigma_t}{\tau_{\max}} \quad (1)$$

であり、粘着力 $c=0.64\text{MPa}$ 、内部摩擦角 $\phi=25^\circ$ 、引
張強度 $\sigma_t=0.20\text{MPa}$ (地山注入区間 1.0MPa)とした。そ
の結果を図-5 に示すが、補強区間において安全率が大
幅に増大しており、補強効果の有益性が認識できる。

4. おわりに

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
提案を行うことができた。今後は実現場計測データとの
比較により、施工管理のためのフィードバックに活かし
ていく予定である。

〈参考文献〉

- 1) 中川光雄, 蔭 宇静, 江崎哲郎: 大変形理論の岩盤挙動および安定性評価への適用, 土木学会論文集, No.575, III-40, pp.93-104, 1997.
- 2) 土木学会編: トンネル標準示方書(山岳工法編)・同解説, pp.81-83, 1996.

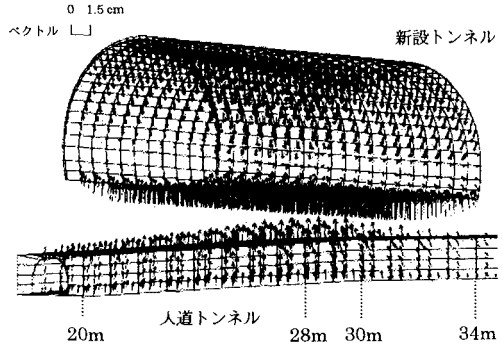


図-2 トンネル交差部の変位ベクトル
(Case1、図中数字はトンネル坑口からの距離)

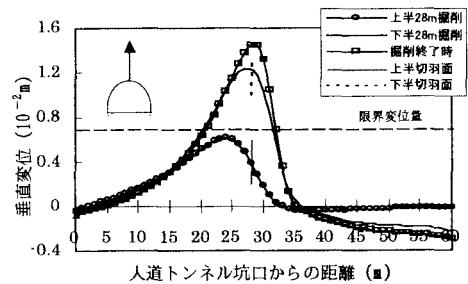


図-3 人道トンネル天端部における
地山垂直変位(Case1)

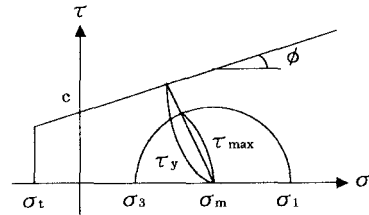


図-4 Mohr-Coulomb 基準に従う安全率の算定

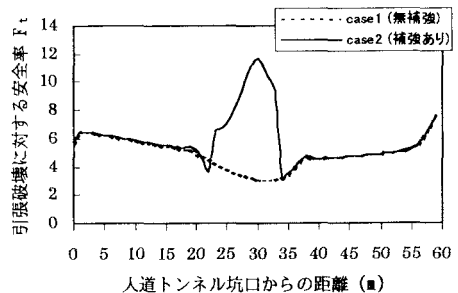


図-5 補強の有無による地山安全率の変化
(人道トンネル天端部)