シールドトンネル掘削時の地盤の応力解放に伴う既設地中構造物への影響

九州大学大学院学校本知史 F 落合英俊 正 安福規之 正 大嶺聖

財団法人地域地盤環境研究所 正 今西肇

<u>1.はじめに</u>

複数のシールドトンネルが近接して施工される状況下において、既設トンネルの設計土圧がゆるみ土圧である場合、新設トンネル掘削時の既設トンネルに作用する土圧増加に伴う断面形状や線形の変化等の影響が懸念される。 著者らは、トンネル掘削時に生じるテールボイドによる地山のゆるみ(応力解放)とトンネル掘削位置との関係に注目し、新設トンネル掘削に伴う既設トンネルに作用する土圧および周辺地盤の変状について、アルミ棒積層体の2次元模型実験を通して検討をこれまで行ってきた¹⁾。今回本研究では実地盤での挙動の把握を念頭に置き、模型実験での不明な点の把握および模型実験の結果との整合性の明確化を目的として、有限要素解析による検討を行った。 2.解析概要

2.1 解析モデルと条件 本研究では、既設地中構造物であるシ ールドトンネルの上部に新設のシールドトンネルが掘削されると いう近接施工を想定した。ここでは、掘削時にテールボイド発生等 による周辺地盤の応力解放が生じるものと仮定した。解析ソフトと して"PLAXIS"を用いている。地盤要素の破壊モデルは弾完全塑性 の Mohr-Coulomb モデルを適用し、表1に示すパラメータを用いて 解析を行った。また図1は、本解析の対象とするモデル地盤の一例

である。解析条件は、模型実験に則し単線の新設、既設両トンネル間の水平、 鉛直近接距離(H_h、H_v)について 15 ケース(水平方向近接率 H_h/d=0、0.40、0.83、 1.33、1.75、鉛直方向近接率 H_v/d=1.6、2.1、2.6 の組み合わせ、d:既設トンネル 径)を設け、内 2 ケースについて報告する。またトンネル掘削時のテールボイド 発生に伴う周辺地盤の応力解放を再現するため、新設既設両トンネル断面積に 対し、各々1.0、3.0%の収縮率を与えている。

<u>2.2</u> 既設トンネル掘削に伴う周辺地盤の挙動 図2は、既設トンネル掘削 前後のモデル地盤断面に生ずるせん断ひずみ分布を示す。また、グラフは a-a'、 に作用する水平土圧および c-c'面に作用する鉛直土圧について、それぞれトン

ネル掘削前後の変化量分布を表してい る。既設トンネル掘削に伴い、トンネル 周辺では側方部から地表面に向かって せん断領域が現れていることが確認さ れる。また、a-a^{*}断面に作用する水平土 圧は、トンネル側方部での土圧増加が初 期土圧の約3倍と顕著に現れている。

さらに、c-c'断面に作用する鉛直土圧 はせん断領域を境に顕著な土圧変化が みられ、特に既設トンネルの側方部 1D ~2D の範囲では水平土圧、鉛直土圧の 両者が初期土圧に対して最大で約2倍

キーワード シールドトンネル、近接施工、応力解放 連絡先 〒812-8581 福岡市東区領崎 6-10-1 カ州大学工会



図1 モデル地盤模式図

表1 各種パラメータ

モデル地盤(砂質土)	
弾性係数 E	$8.00\times10^4 \rm kN/m^2$
粘着力 c	0.500kN/m ²
内部摩擦角∮	30.0 °
ポアソン比 v	0.300
ダイレイタンシー角v	1.00 °
トンネル覆工	
軸剛性 EA	$1.40 \times 10^{7} \text{kN/m}$

11日期1日 EA	$1.40 \times 10^{7} \text{km/m}$	
曲げ剛性 <i>EI</i>	1.43 × 10 ⁵ kNm ² /m	
重量 w	8.40kN/m/m	
ポアソン比 v	0.150	



·連絡先 〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 九州大学工学部地球環境工学科(水工)地盤工学研究室 092-642-3285

土木学会第57回年次学術講演会(平成14年9月)

に増加する傾向がみられた。一方既設トン ネル天端部では応力解放に伴い鉛直土圧 の減少がみられ、模型実験の結果と同様地 盤内にゆるみが生じていることが伺える。 この現象に伴い、ゆるみ領域周縁部のすべ り線上ではせん断力が生ずるため、これに 見合う過剰な土圧がゆるみ領域外に作用 し、トンネル側方部に初期土被り圧以上の 鉛直土圧が作用するものと考えられる。 2.3 新設トンネル掘削に伴う周辺地盤 の挙動前節の過程に続き、さらに新設ト ンネルを掘削した場合の周辺地盤のせん 断ひずみ分布、土圧変化を図3、4に示す。 図3は新設トンネルが既設トンネルの直 上に掘削されるケース(H_h/d=0、H_v/d=1.6)、 図4は新設トンネルが既設トンネルに対 し斜め上方に掘削されるケース(H_b/d=1.75、 H_v/d=1.6)の結果を示す。新設トンネル掘削 に伴い周辺地盤には既設トンネル掘削時 と同様、トンネル側方部から地表面に向け てせん断が生じていることが確認される。 しかしながら図4のような離隔でのせん 断ひずみが図3と比べ顕著に現れている。



また土圧分布において、既設トンネル深さに相当する深さ 15~20m における a-a'断面に作用する水平土圧は、両者とも減少する傾向がみられる。

一方、既設トンネル天端部深さに当たる c-c'断面に作用する鉛直土圧に おいては、既設トンネル天端部に作用する鉛直土圧が前者で変化がほぼゼ ロであるのに対し、後者では大きく増加する傾向がみられる。これは新設 トンネル掘削位置が、前節で述べた過剰な土圧が作用する範囲にあり、土 圧の釣り合いが失われることによって応力の再配分が生じ、上部の土荷重 が新設トンネル側方である既設トンネル上に作用することで起こるもの と考えられる。このとき、トンネルは水平方向から圧縮を受け、鉛直方向 に押し出されるような挙動を示すものと考えられる。





また、既設トンネル天端部に作用する正規化鉛直土圧 P/γz と H_h/d との関係を H_v/d ごとに整理し、模型実験との 比較を示したものが図 5 である。これらの傾向は模型実験においても同様の結果が得られていることから、実験結 果の妥当性も同時に確認されたと考える。

<u>3.結論</u>

シールドトンネルの上下近接施工における既設下部トンネルへの影響を、数値解析により検討した。その結果既 設下部トンネルに作用する土圧の変化は、周辺地盤のゆるみおよびトンネル離隔に大きく依存しており、特に水平、 鉛直両近接距離がともに約1.5Dの位置に新設上部トンネルを掘削した場合、既設下部トンネルに作用する土圧への 影響が最大となる傾向が確認された。また模型実験の結果の妥当性も、同時に明らかとなった。

参考文献 1)杉本ら:シールドトンネルの上下近接施工時の既設下部構造物に対する地山のゆるみの影響、第37回地盤工学研究発表会(投稿中) 2002

-320-