

III-B 168 併設シールドトンネルの影響評価について（その3）

— 併設シールドトンネル挙動の三次元弾性解析 —

早稲田大学 学生員 清水 幸範
 早稲田大学 学生員 舟橋 秀磨
 佐藤工業㈱ 正会員 木村 定雄
 早稲田大学 正会員 小泉 淳

1. はじめに

トンネル相互の離隔距離が小さい併設シールドトンネルにおいて、後続して施工するシールド（後続シールド）が先行して施工したトンネル（先行トンネル）に及ぼす影響は、①ジャッキ推力、泥水圧または泥土圧、裏込め注入圧等の施工時荷重の影響、②テールボイド、土砂の取り込み過多および過少による周辺地盤の緩み等の影響に大別される。従来、併設シールドトンネルの覆工設計では、これらの影響を検討する場合、②の影響に主眼を置き、鉛直土圧の割り増しあるいは側方土圧係数や地盤反力係数の低減で評価するとともに、①の影響は必要に応じて別途考慮するものとしてきた。しかしながら、近年の併設シールドトンネルの施工例によると、シールドの主流が従来の開放型から密閉型に代わってきたために、①の影響が顕著になっている¹⁾。後続シールドの施工時荷重が先行トンネルに及ぼす影響、すなわち先行トンネルに作用する荷重は、その大きさ、分布および作用範囲が併設トンネル相互の離隔距離のみならず先行トンネルの剛性によっても変化するものと考えられる²⁾。筆者らはこのことを念頭に置いて基礎的研究を行ってきた^{3) 4)}。

本報告は、これまでに行ってきた模型実験を対象に、有限要素法による三次元弾性解析（FEM解析）を行い、併設シールドトンネルの挙動について検討を加えたものである。

2. 実験概要

実験は模型地盤に豊浦標準砂を用い、先行トンネルをアクリル板と2種類の剛性の異なるアルミ板でモデル化し、後続シールドの切羽前面圧は中空鋼管の先端に厚さ0.3mmのメンブレンを2枚重ねて設置しこれに水圧を負荷することで泥水圧を評価して行った。また、実験ケースは各剛性ごとに離隔距離0.2D、0.3D、0.5D（D：後続シールド模型直径）の3種類を行った。

3. 解析概要

解析に用いた諸量を表1に示す。作用させた荷重は、切羽前面圧として掘進方向に 0.5 kgf/cm^2 の円等分布荷重とした。実験土槽モデルの端面の拘束条件は全てローラー支床とし、後続シールド模型の挿入部分は節点を半径方向に拘束した。また、先行トンネル模型は板要素ではなくリット要素としてモデル化した。図1～図3に解析モデル図を示す。

表1 解析に用いた諸量

模型地盤の物性値		
地盤材料	豊浦標準砂	
密度	1.47 g/cm ³	
変形係数	77.4 kgf/cm ²	
ポアソン比	0.33	
先行トンネル模型の諸元		
幅	10cm	
厚さ	アルミ:10mm	アクリル:3mm, 1.5mm
ヤング係数	アルミ:700000 kgf/cm ²	
	アクリル:34500 kgf/cm ²	
ポアソン比	アルミ:0.35	アクリル:0.36

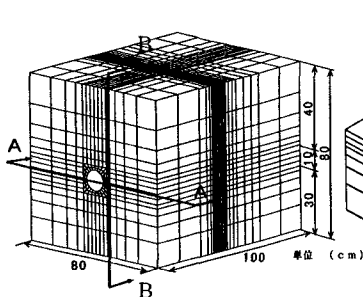


図1 全体

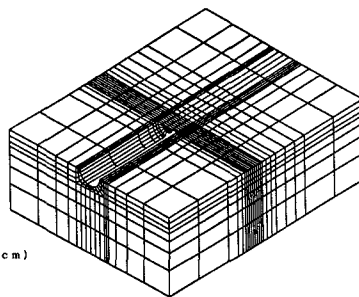


図2 A-A切断面

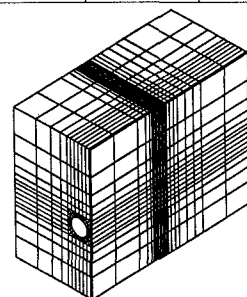


図3 B-B切断面

4. 実験結果と解析結果の比較検討

図4～図6は、各離隔距離におけるアクリル板 ($t=1.5\text{mm}$) で直接計測された土圧の実験値と解析値を示したものである。実験から得られた知見として、離隔距離が小さくなるにつれて①土圧最大値は大きくなる、②土圧分布形状は滑らかな曲線形状から三角形形状になる。③最大土圧の発生位置は後続シールドの切羽側に近づくことが挙げられ、また④後続シールドの切羽前方1.25D以遠では、土圧値の離隔の相異による影響は見られないことがわかる。

解析結果は実験結果とほぼ一致した傾向を示すものの、解析値は実験値と比較して土圧の最大値が小さく、その発生位置はより切羽側に近づいている。これは解析モデルにおいて、地盤を弾性体と仮定したことと、先行トンネル模型と地盤を同一節点としたため、後続シールドの切羽後方の地盤に引張力が発生したことによる考えられる。

図7は土圧の最大値に着目し、それと離隔距離の関係を示したものである。離隔距離が小さくなるほど、また先行トンネル模型の剛性が大きいほど土圧の最大値は大きくなり、この傾向は0.3D以内の離隔距離において特に顕著になる。実験値、解析値ともに同様の傾向を示すことから、模型実験を対象として行った今回のFEM解析は、ある程度実験系を表現できていると推察できる。

5. おわりに

併設シールドトンネルにおいて、後続シールドの切羽前面圧が先行トンネルの縦断方向に与える影響は、その離隔距離が0.3D以内になると特に顕著となる。また、離隔距離が小さくなるにつれて先行トンネルの縦断方向の剛性の影響が作用する土圧の分布形状、大きさに顕著に現れるとともに、最大土圧の発生位置は後続シールド切羽側に近づく傾向があることが模型実験およびFEM解析から確認できた。

今後の課題として、FEM解析において地盤の挙動をより忠実に評価するために、地盤に引張力が働いた場合にその部分で引張力を伝達しないような要素、例えばばね要素等で圧縮の時には作用するが、引張の時には作用しないものを解析モデルに用いて検討を進めていく予定である。

【参考文献】

- 1) 飯田, 伊藤: 並列泥水シールドの超近接施工, 第9回施工体験発表会, p. p. 66~75, 1990. 2
- 2) 木村, 矢田, 小泉: 併設して施工されるシールドトンネルの影響解析, トンネル工学研究発表会・報告集 vol. 1, p. p. 89~94, 1991. 12.
- 3) 舟橋, 大綱, 木村, 小泉: 併設シールドトンネルの影響評価について(その1), 土木学会第50回年次学術講演会, Ⅲ部門, p. p. 1272~1273, 1995. 9.
- 4) 山下, 舟橋, 木村, 小泉: 併設シールドトンネルの影響評価について(その2), 土木学会第50回年次学術講演会, Ⅲ部門, p. p. 1274~1275, 1995. 9.

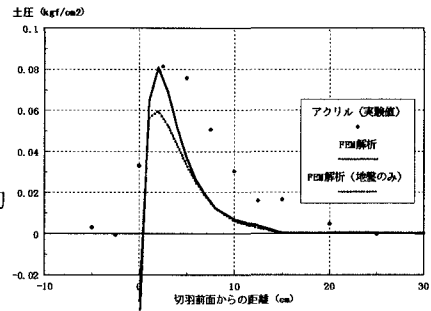


図4 切羽前面からの距離と土圧の関係(離隔距離0.2D)

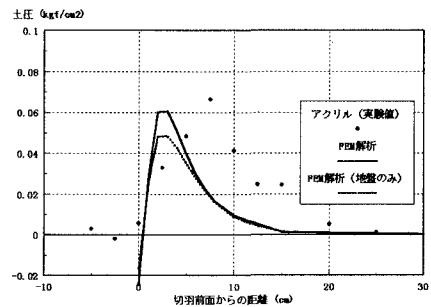


図5 切羽前面からの距離と土圧の関係(離隔距離0.3D)

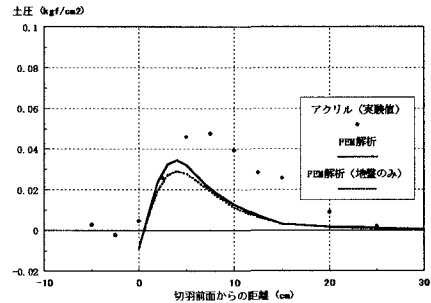


図6 切羽前面からの距離と土圧の関係(離隔距離0.5D)

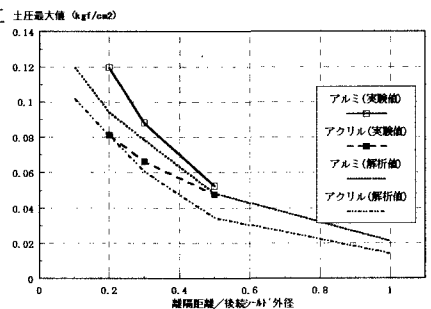


図7 離隔距離と土圧最大値の関係