

早稲田大学 学生員 山下 雄一

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が先行して施工したトンネルに及ぼす影響は、①ジャッキ推力、泥水圧または土圧、裏込め注入圧等の施工時荷重、②テールボイド、土砂の取り込み過多による周辺地盤のゆるみなどに大別される。近年の併設シールドトンネルの施工例をみると、密閉型シールド工法によるものが大部分を占めることから、①の影響が顕著になってきている。筆者らは、①の影響に着目し、切羽圧 (泥水圧) を後続シールドの施工時の荷重の代表としてとりあげ、これが先行トンネルの縦断方向に及ぼす影響について研究を行ってきた。昨年度までの研究より、先行トンネル縦断方向への影響は、はり一ばね系構造モデルによりある程度評価できることがわかった。その際、荷重としては先行トンネルの剛性を無限大 (剛体) と仮定したときに作用する土圧 (伝播応力) を考え、トンネルと周辺地盤との相互作用は適切な地盤ばねで評価する方法が合理的な方法であることを示した^{1), 2)}。

本報告は、それらのうち、先行トンネルの剛性を無限大と仮定した時に作用する切羽圧の伝播応力に関して実験値と有限要素法による解析値を比較することにより検討を加えたものである。

2. 実験の概要

実験は、模型地盤には豊浦標準砂を、先行トンネルには曲げ剛性が無限大とした場合を仮定してアルミ板を用い、後続シールドの切羽圧 (泥水圧) には薄い膜を水压によって膨らますことで評価して行った。実験ケースは、離隔距離 $0.2D$ 、 $0.3D$ 、 $0.5D$ (D : 後続シールド模型の直径) の3種類とした。

3. 解析の概要

解析は模型実験を対象とし、この模型をできるだけ忠実にモデル化した3次元FEMと、これを簡略化した2次元FEMの2通りを行った。荷重は、切羽圧として 0.5 kgf/cm^2 を用いた。解析に用いた諸元を表1に、また、解析モデルを図1、図2に示す。

表1 解析値の諸元

模型地盤の諸元	
密度	1.47 kg/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	10mm
ヤング係数	$7.0 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$
ポアソン比	0.35

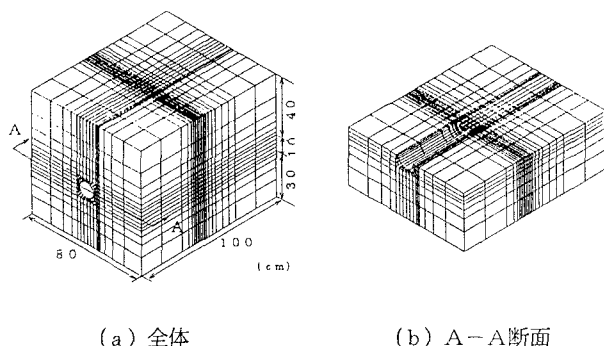
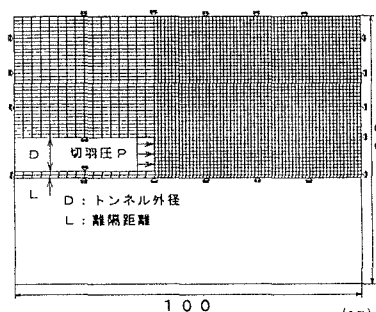


図1 3次元FEMモデル

図2 2次元FEMモデル
(離隔距離 $0.2D$)

4. 解析結果およびその考察

図3は、アルミ板に直交する伝播応力成分の測定値（実験値）と解析値を示したものである（離隔距離0.2D）。この図をみると、2次元FEMによる解析値は3次元FEMのそれよりも狭い範囲に応力が集中し、その値は3割程度大きくくなっている。また、最大値を比較してみると（図4）、離隔距離が小さいときは、実験値は3次元FEMによる解析値よりも多少大きく、2次元FEMによる値とほぼ同程度となっているが、離隔距離が大きくなるにつれて、これとは逆に3次元FEMによる解析値の方に近づいてくるのがわかる。今回の実験では、切羽圧のモデルとして薄い膜を水压で膨らませているが、これにより切羽近傍の地盤は攪乱される³⁾。離隔距離が小さいときは、この攪乱が応力伝播に大きな影響を与えるものと考えられる。3次元FEM解析は実験値をある程度説明できるが十分ではない。

次に、地盤の変化に伴う伝播応力の変化を調べるため、地盤の変形係数とポアソン比をパラメータとし、感度解析を行った。その結果を図5、6に示す。

この結果をみると、伝播応力の値は地盤の変形係数の影響をほとんど受けず、ポアソン比による影響を大きく受けることがわかる。地盤を半無限の一樣地盤と仮定した一般的なブーシネスクの応力伝播式は、地盤の変形係数を含まずポアソン比のみが含まれているが、この感度解析結果はそれを裏付けるものと思われる。

以上より、併設シールドトンネルにおける後続シールドの施工時荷重が先行トンネルの縦断方向に及ぼす影響について以下の知見を得られた。

- ① はりーばね系構造モデル解析に用いる荷重を、FEMを用いて評価する場合、3次元FEM解析はそれをある程度評価できるが、設計上の安全側を考えれば、2次元FEM解析を用いてもよいと考えられる。
- ② 先行トンネルに作用する伝播応力は、地盤の変形係数よりも地盤のポアソン比の影響を強く受ける。

今後、先行トンネルに作用する荷重の評価方法についてさらに検討を加えていく予定である。

【参考文献】

- 1) 清水, 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3), 第51回年次学術講演会, 四国門, 1996. 9
- 2) 山下, 清水, 木村, 小泉: 併設シールドトンネルの影響評価について, トンネル工学研究論文・報告集, Vol. 6, p. 327~332, 1996. 11.
- 3) 垂木, 山本, 太田, 野口: 砂地盤中のトンネル掘削に伴う荷重の再配分, トンネル工学研究論文・報告集, Vol. 2, p. 27~34, 1992. 11

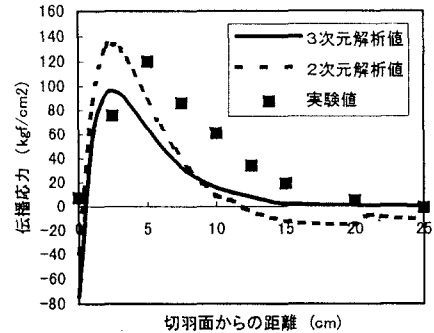


図3 切羽面からの距離と伝播応力の関係

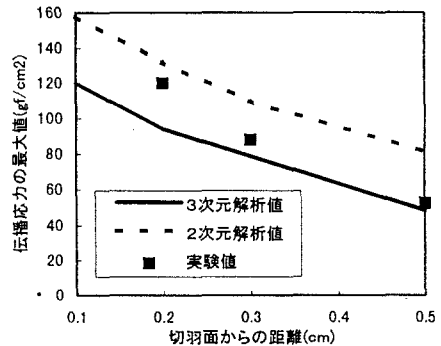


図4 伝播応力の最大値と離隔距離の関係

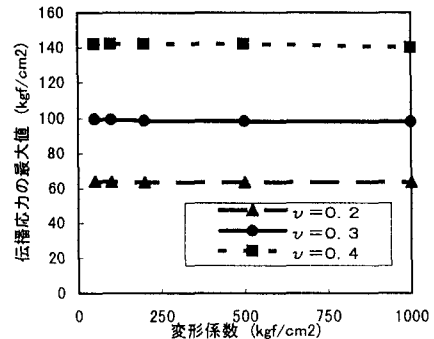


図5 伝播応力の最大値と地盤の変形係数との関係

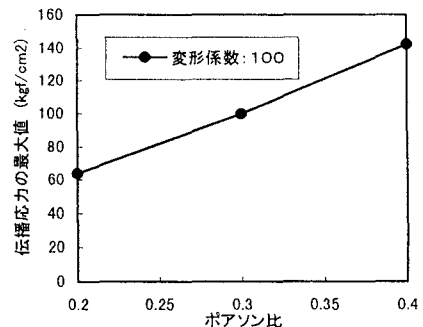


図6 伝播応力の最大値とポアソン比の関係