

III-681

遠心载荷用シールド模型実験装置の開発

西松建設（株） 正会員 野本 寿
同上 正会員 三戸憲二
同上 ○ 正会員 今村眞一郎

宇都宮大学 正会員 上野勝利
広島大学 正会員 日下部 治

1. はじめに

筆者らは、剛な管に作用する土圧の測定、柔な管に発生する応力の測定、テールボイドが柔な管に発生する応力に及ぼす影響についての遠心模型実験を行い、シールドトンネルの覆工に作用する土圧の研究に取り組んできた。この研究の過程で、実際に覆工に作用する土圧を表現するためには、施工過程のモデル化が必要不可欠であることを強く認識するようになり、遠心载荷用シールド模型実験装置の開発に取り組むことになった。本文では、すでに報告した1号機¹⁾に幾つか改良を加えた新しい実験システムとその実験結果について報告する。

2. シールド模型概要

シールド模型全体概要図を図-1に示す。構造は土槽部とシールド部に大別され、シールド部は更にシールド機および覆工をモデル化した3重管部とその駆動部に分けられる。土槽は宇都宮大学所有の遠心载荷装置の寸法上の制約から、内寸法を200mm×200mm×290mmとしている。3重管部の構造を図-2に示す。外管はシールド掘進機を、中管（肉厚1mmのアルミ管）は覆工をモデル化したもので、中管の表裏には土圧計測用ひずみゲージを取り付けている。内管は掘削土砂の排土管で、掘削土の自重が中管に作用することを防止している。なお、当実験では、模型に寸法上の制約があったため、3重管部が80mm土槽に突き出た状態でモデル地盤を作成する。

実験では所定の遠心場に達した後、遠隔操作でシステムを起動し、掘進からテールボイド発生までの一連の操作および計測を、ビームに搭載されたシーケンサで自動制御する。掘削用モーターでカッターおよびスクリュウコンベアを駆動させ、推進用モーターで3重管部を推進させる。掘進が完了すると近接スイッチが働いて、掘削モーターが停止し、推進用モーターに逆転信号が送られ、外管のみが後退を開始する。この時、空圧シリンダーによるストッパーが作動し、中管および内管の後退を防止する。外管が掘進開始位置に戻ると、中管のひずみゲージ部が完全に地盤中に露出するため土圧計測が可能となる（図-3参照）。当実験システムでは、この他、地中に設置する土圧計による土圧計測、移動式レーザー変位計による地表面変位計測を行う。

3. 1号機からの改良点

1号機から得られた知見を基に、新機に加えた改良点を以下に示す。

- 1) 遠心場でのたわみによる各接触面での摩擦抵抗を低減するために、推進部全体を一体化してレール上に載せた。
- 2) 掘進と排土の平衡が保たれる適正な推進速度を自由に選定できるように、回転数の制御範囲が広い薄

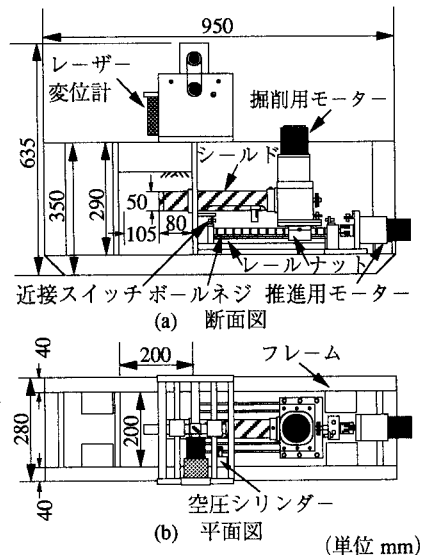


図-1 シールド模型全体概要図

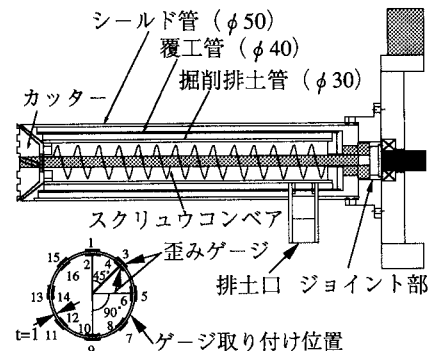


図-2 3重管内部構造図

型ハイパワーDCモーターを推進用に採用した。

- 3) 土砂の流れが円滑化するように、カッター、土砂取り込み口、排土スクリュウの各形状に改良を加えた。
- 4) フレームをジュラルミン製とすることで軽量化を図り、システムの設置空間を可能な限り広くした。

4. 実験結果

遠心実験は、土被り1D ($D=50\text{mm}$) の条件で25Gを3ケース、50Gを1ケース（掘進のみ）行った。試料は気乾状態の豊浦標準砂を使用し、空中落下法で $D_r=70\%$ 程度に調整した。実験結果を以下に述べる。掘進後およびテールボイド発生後の地表面変位量を図-4, 5に示す。掘進後はいずれも地表面変位が小さく、安定した掘削ができていと推測される。また、テールボイド発生後については、IU-1の沈下量が大きい、いずれも沈下トラフ形状が近似している。参考のために、IU-2データのトンネル直上最大沈下量 y_0 を基準にしたPeckの沈下誤差関数曲線²⁾を図-5に実線で示しているが、実験値の沈下トラフ形状と良く合致している。25Gでの3回の実験で得られたクラウン部におけるひずみ計測結果を図-6に、また、25Gでの2回地盤内土圧の計測結果(IU-2, IU-3)を図-7に示す。いずれの結果も同傾向を示し、実験の再現性がある程度確保されており、当実験システムの妥当性が証明されている。ただし、結果の解釈については、後述の問題があり、大型模型による実験が必要である。

5. おわりに

今回の実験では、遠心载荷装置の制約から模型を小型化する必要がある、以下の点で、覆工に作用する土圧を定量的に評価するには不十分な面があった。

- 1) テールボイドがシールド外径に対し10%とプロトタイプ1~2%に比べて著しく大きいこと。
- 2) 3重管部が地盤作成の段階から土槽に80mm突出しており、掘進前の初期応力に影響を与える可能性が高いこと。
- 3) 土槽寸法が小さいため、境界条件が覆工土圧に与える影響が無視できないこと。

このため、現在では、より大型の遠心载荷装置による $\phi 100\text{mm}$ のシールド機寸法で実験に取り組んでいる。

6. 謝辞

本研究を実施するにあたり、貴重な御助言ならびに御指導を頂いた群馬大学工学部 萩原敏行助手に対し心から謝意を表す。

【参考文献】

- 1) 野本 寿, 日下部 治, 萩原敏行, 三戸憲二：遠心模型実験用シールドマシンの試作, 土木学会第46回年次学術講演会, pp.56~57, 1991、
- 2) R.B.Peck : Deep excavations tunneling in soft ground, Proceedings, 7th ICSMFE, Mexico City, pp.225~290, 1969

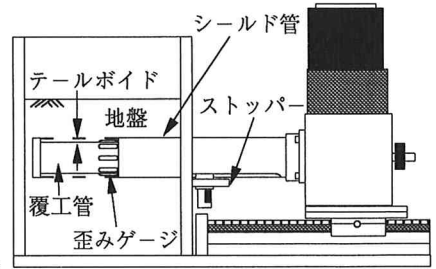


図-3 テールボイドの発生状況

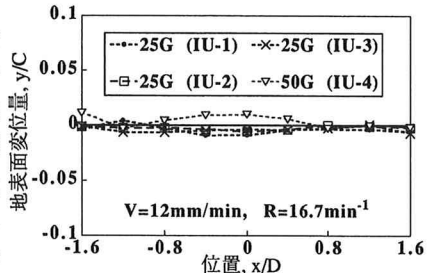


図-4 掘進後の地表面変位量

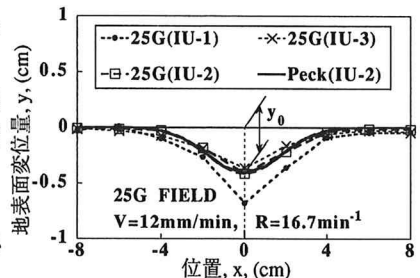


図-5 テールボイド発生後の地表面変位量

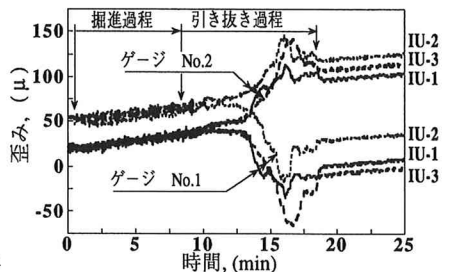


図-6 クラウン部でのひずみ経時変化

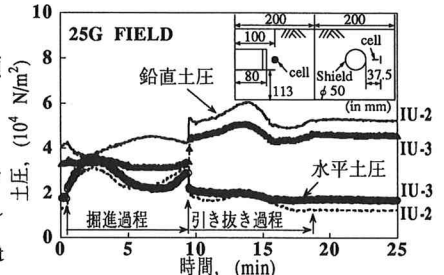


図-7 地盤内土圧の経時変化