シールドトンネル掘進時の施工時荷重を模擬した覆工模型載荷実験　その２

（公財）鉄道総合技術研究所　正会員　○木股　浩孝　　焼田　真司
津野　　究
（株）フジタ　正会員　　吉川　和行

１．はじめに

既設鉄道シールドトンネルのセグメント覆工で観察されるひび割れは，土水圧等の外力に起因するもの以外に，ジャッキ推力などの施工時荷重に起因するものが存在する．シールドトンネルを適切に維持管理するためには，土水圧等の外力に起因したひび割れとこれら施工時荷重に起因したひび割れを区別して考える必要がある．著者らは，シールド掘進時の施工時荷重のうち，マシンテールとセグメントとの競りに着目した簡易な模型実験を行い，発生するひび割れの傾向を確認している[1)]．本報告は，新たに地盤反力の影響を考慮した実験を行ったので結果の一例を報告する．

２．実験概要

図１に，本実験で想定した曲線部掘進時に発生するマシンテールとセグメントとの競り発生概念を示す．曲線内方側では，セグメントリングよりもシールドマシンが曲線の内側を向いていることで競りが発生すると考えられる．

トンネル覆工模型材料は，単線鉄道シールドトンネルの外径のおよそ 1/20 である下水道用鉄筋コンクリート管（外径 360mm，肉厚 30mm）を使用した．トンネル覆工模型は，上記のコンクリート管を高さ 10cm 程度の輪切り状に切断し，6 段に積み重ね作成した（図 2）．

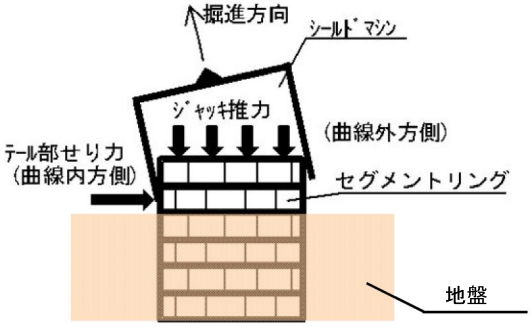


図１ 競り発生概念図

実験に使用した載荷実験装置を図 3 に示す．本装置は，①反力フレーム，②シールドジャッキの推力を模擬した鉛直方向の載荷ジャッキ 4 本，③シールドテールとセグメントとの競りを模擬した水平載荷ジャッキ 1 本，④覆工模型 1～4 段目に設置した模擬地盤からなっている．水平荷重の載荷位置は下から 5 段目のリング中心とした．水平荷重の載荷範囲は，スプリングラインから±45°の合計 90°の範囲とし，シールドテールを模擬した円周状の載荷板を用いた．鉛直荷重は，シールドジャッキ 1 本当たり 20kN とし合計 80 kN で載荷した．模擬地盤は 6 段積み覆工模型を設置した後セメントベントナイトを流し込んで作製し，試験実施時の圧縮強度は 0.84MPa であった．

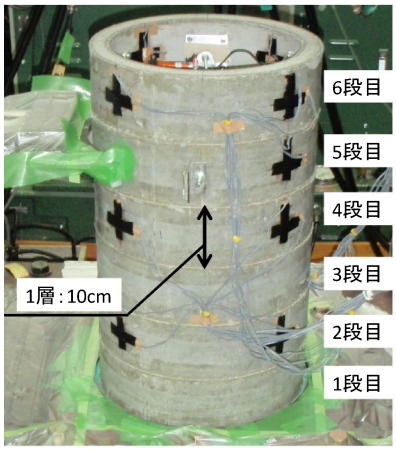


図２ 覆工模型

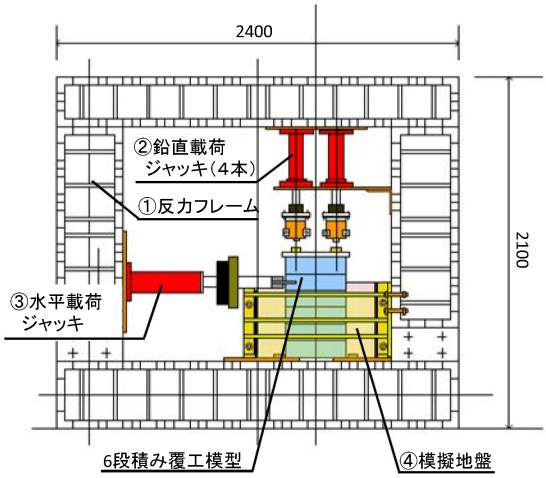


図３ 実験装置

Key　Words：シールドトンネル，維持管理，覆工，施工時荷重，実験，模型
*　〒185-8540　東京都国分寺市光町 2-8-38　Tel.042-573-7266　Fax.042-573-7248

３．実験結果

（1）内空変位の推移状況

図 4 に覆工模型の内空変位の推移状況を示す．水平方向ジャッキの押し込み量の増加に伴い，載荷方向は内空が縮小し，載荷直角方向は内空が拡大していることが分かる．また，水平方向ジャッキにて載荷した 5 段目の変位量は，6 段目と 4 段目と比較して大きくなった．なお，水平ジャッキ変位量に対する内空変位量は，地盤反力を考慮していないケース[1)]の 20%～60%程度であった．これは模擬地盤によって覆工が拘束されたためと考えられる．

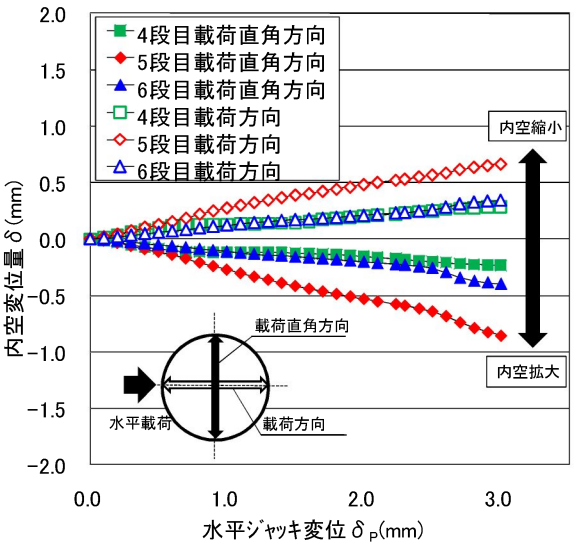
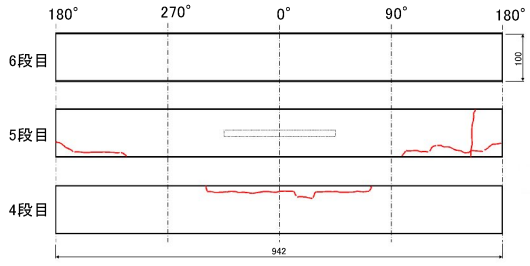
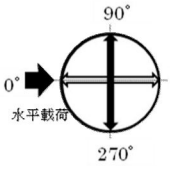


図 4 内空の変位状況

（2）ひび割れ発生状況

図 5 と図 6 に覆工模型内面と外面のひび割れ発生状況を示す．覆工模型には，内面の 180° 付近と外面の 90°，270° 付近にトンネル軸方向（長手方向）のひび割れが発生し，これは曲げによるものと考えられる．ひび割れの発生傾向は，地盤を考慮していないケース[1)]とほぼ同様であり，水平ジャッキ変位量に対するひび割れ量を比較すると，地盤を考慮していないケースの 20%程度であった．なお，リング継手に沿ったひび割れ（はく離含む）は，継手面の不陸の影響によるものと思われる．





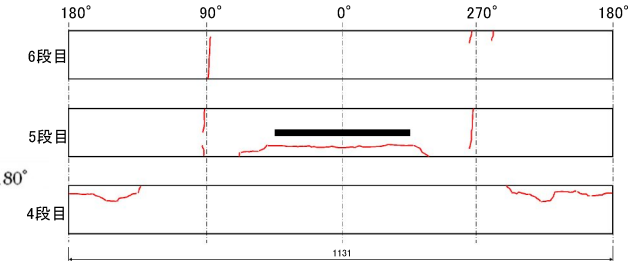


図 5 覆工模型内面のひび割れ展開図

図 6 覆工模型外面のひび割れ展開図

（3）事例と模型実験の結果の比較

実事例で確認されたセグメント内面のひび割れには，「競りに起因し曲線の外側や競った箇所の反対側でトンネル軸方向のひび割れが発生した．」との報告がある[2)]．本実験で覆工内面に発生した曲げひび割れは，180° 付近（競り発生の反対側）のみに発生しており実事例と類似した結果となった．

５．おわりに

本実験は，既設シールドトンネルの効率的な維持管理に資することを目的とし，施工時に発生した競りによる覆工のひび割れ状況を把握するため，地盤反力の影響を考慮した覆工模型載荷実験を行った．本実験により得られた知見を以下に示す．

①シールドテールとセグメントの競りの影響により，覆工内面では競り発生位置逆側でトンネル軸方向に曲げひび割れが発生する．また，外面では競り直角方向に曲げひび割れが発生する．

②シールドテールとセグメントの競りの影響により，競り発生方向の内空が縮小し，競り発生直角方向の内空が拡大する．既設シールドトンネルにおいて同様の変形が見られた場合，施工時に競りの影響を受けた可能性がある．

参考文献

1）村井稔生，焼田真司，津野究，新井泰，吉川和行：シールドトンネル掘進時の施工時荷重を模擬した覆工模型載荷実験，土木学会年次学術講演会講演概要集，2010.

2）土木学会：トンネル・ライブラリー第 17 号シールドトンネルの施工時荷重，土木学会，2006.