

III-38 急曲線・急勾配シールドトンネルの模型実験と数値解析（その1）

（幀） 銭高組 正〇吉田 弘明 正 井田 隆久
五洋建設（幀） 正 山口 和彦 正 川上 治

1. まえがき

地下深部と地上とをアクセスする道路トンネルでは、用地等の制約からトンネル線形が急曲線・急勾配（スパイラル状）になることが考えられる。スパイラル状の施工時は曲線掘進のためのジャッキの偏心片押しによるリング継手の目開き、継手ボルトの破断、また3次元的なねじれの挙動等、トンネル横断面の設計からだけでは、不明確な問題がある。そこで継手部の物性を予め得たスパイラル・トンネル模型による土槽内縦断方向載荷実験を行い、その挙動を測定し、また数値解析による再現が可能であることを確認した。本編その1で模型実験について、またその2で継手部の剛性実験結果、数値解析による模型実験のシミュレーション等について報告する。なお本研究で想定している実トンネルは内径9m、R=40m、勾配10%のスパイラル・トンネルである。

2. 実験概要

模型はセグメント部を塩ビ管、継手部を幅5mmの塩ビ製止水板で製作し、継手は塩ビ管10cm毎に設けた。実験および数値解析上の比較のため勾配10%、勾配無しの模型それぞれに有継手、無継手の4体を作製した。実験土槽と模型の寸法、形状を図-1に示す。また、実験ケースの一覧を表-1に示す。地盤は、砂地盤と粘土地盤を想定した。地盤の材料、強度管理値を表-2に示す。載荷は塩ビ管端面の半断面片押しにより行い、各荷重段階毎に載荷点の変位、荷重、固定端の反力をそれぞれ変位計、ロードセルにより計測した。模型に生じる歪は、図-2に示す塩ビ管内部に一断面につき上、下、内、外に貼った歪ゲージにより16～18断面測定した。模型の変位は、図-3に示す模型内部に貼った視標をCCDカメラにより、1模型3断面につき撮影し、画像処理結果をもとに求めた。各種計測位置（スパイラル・有継手）を図-4に示す。

表-1 実験ケース

ケース	トンネル模型	トンネル勾配	地盤種類
①	継手無	0%	緩詰め砂
②			粘土(0.2)
③		10%	緩詰め砂
④			粘土(1.0)
⑤	継手有	0%	緩詰め砂
⑥			粘土(0.2)
⑦			粘土(1.0)
⑧		10%	緩詰め砂
⑨			粘土(0.2)
⑩			粘土(1.0)

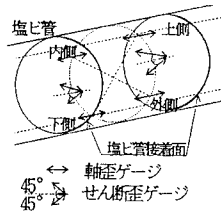


図-2 歪ゲージ

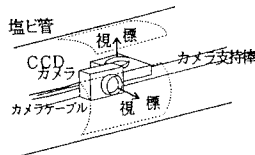


図-3 CCDカメラ

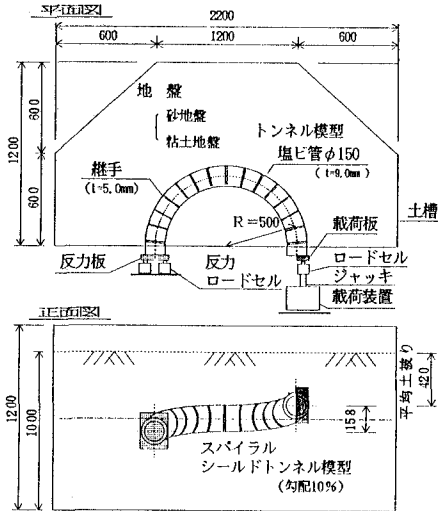


図-1 実験土槽、模型

表-2 地盤材料、強度

	砂地盤	粘土地盤
材料	珪砂7号	土木用粘土、セメント
管理項目	乾燥密度(g/cm³)	一軸圧縮強度(kg/cm²)
管理値	$\gamma = 1.38$	$qu = 0.2, 1.0$

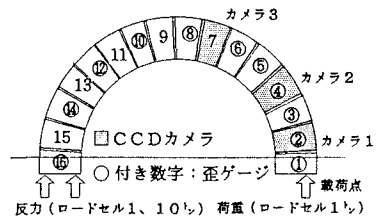


図-4 計測位置

3. 実験結果

3.1 変位 図-5,6に砂地盤における平面とスパイラルモデルの有継手の場合の荷重50~100kg時の変位を示す。平面モデルとスパイラルモデルの傾向的な違いはほとんどない。若干スパイラルの方が大きいのが、これは荷重の偏心位置量の差異による。なお鉛直方向(z)の変位は、両者ともx-yに比べ微少であった。

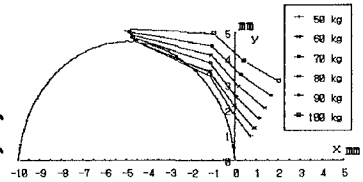


図-5 平面モデル

3.2 縦断方向軸歪および断面力 図-7,8に砂地盤における荷重50~200kg時でのスパイラルモデルの無継手と有継手の縦断方向軸歪分布を示す。無継手の場合はトンネル反力端付近まで歪が発生しているが、有継手の場合は歪量が小さい。これは継手部が変位を吸収し、荷重が伝わらないためと考えられる。

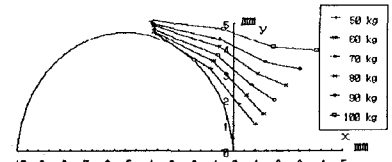


図-6 スパイラルモデル

図-9,10に砂地盤における荷重50~200kg時のスパイラルモデルでの無継手と有継手の上下、左右方向、ねじりの各モーメントを示す。

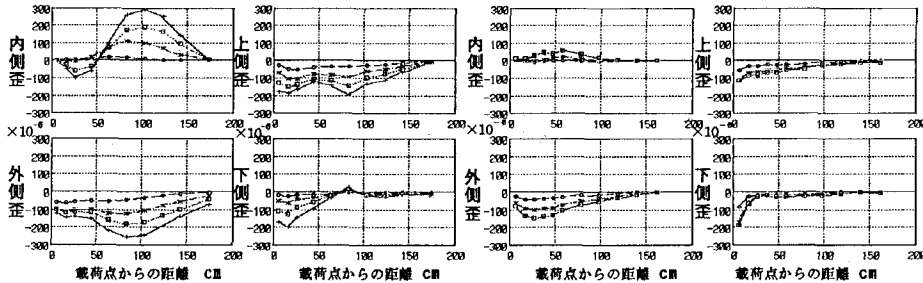


図-7 スパイラルモデル無継手

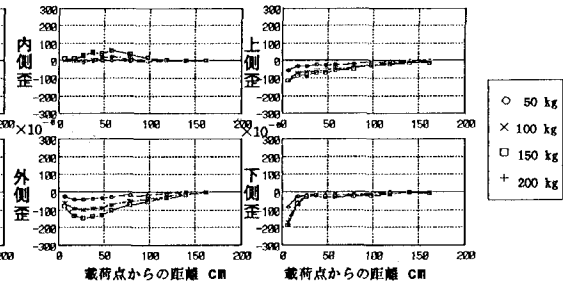


図-8 スパイラルモデル有継手

最大のモーメントは両者とも左右方向で生じているが、荷重100kgでの有継手の場合は無継手の約50%である。また発生位置も後者が試験体長のほぼ中央であるのに対して、前者は載荷点から試験体長の1/4の位置で生じている。上下方向、ねじりについては、両者とも左右方向に比べて小さく、無継手の場合でそれぞれ約40%、30%である。有継手のねじりは、殆ど生じていない。

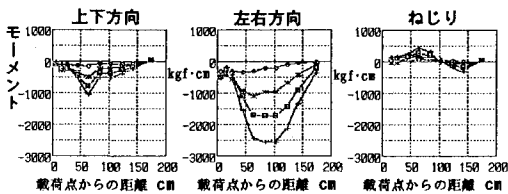


図-9 スパイラル無継手

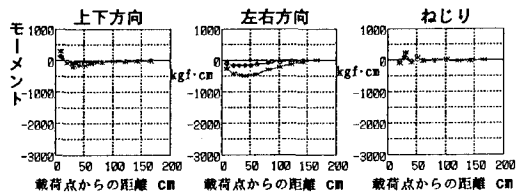


図-10 スパイラル有継手

4. まとめ ①10%勾配のスパイラルモデルの挙動は、平面急曲線トンネルとの有意な差はない。

②シャッキ推力の後方セグメントへの伝達は、リング継手の剛性に左右される。

5. あとがき 模型実験により急曲線・急勾配トンネルの挙動を観測し、継手の剛性、地盤強度がトンネルに与える影響を確認した。なお本研究は、地下総プロ「急曲線・急勾配トンネル」の設計・施工技术に関する研究の一環として建設省土木研究所、(財)先端建設技術センターとの共同研究を行ったものの一部である。最後に御指導いただいた早稲田大学 小泉 淳教授に感謝の意を表します。

参考文献：高松、村上、小泉「二次覆工されたトンネル模型の土中実験について」土木学会第46回年次学術講演会講演概要集Ⅲ、1991