

# (Ⅲ-66) 砂質地盤における円形トンネル上昇時の作用土圧についての研究

千葉工業大学 学生会員 西山 義則 南葉 史郎

千葉工業大学 正会員 小宮 一仁 渡邊 勉 清水 英治

## 1. はじめに

トンネル土圧の発生メカニズムは、地盤内のせん断帯の発生及びトンネル周面と砂質地盤との摩擦の関係に起因するところが多い。本研究は、模型土槽底面に配置したトンネル模型を上昇させた時の、地盤内のせん断帯の発生状況および土圧の変化状況を実験的に調査したものである。実験結果をもとにトンネル周面摩擦の違いが土圧の発生に及ぼす影響について基礎的な考察を行った。

## 2. 実験概要

図1及び図2は、実験装置の概略を示したものである。土槽底面中央部に塩化ビニル製トンネル模型（直径30cm、奥行き30cm）を設置し、土槽（幅150cm、奥行き30cm）上部に設置したふるいから一定の高さ（50cm）で気乾状態の豊浦標準砂を自由落下させた。また、地盤内のせん断帯の発生状況を確認するために墨で黒色に染めた豊浦標準砂を土被り30cmまでは2.0cmの間隔、それ以上は4.0cmの間隔で0.1cmの厚さに敷き詰めて地盤を作製した。トンネル模型及び地盤は平面ひずみ状態にある。トンネル模型周面の土圧計の配置は図2に示すとおりである。トンネルクラウン部からの土被りは30cm、60cm、75cmの3種類とした。砂の質量と体積から計算した地盤の密度は $1.57\text{ g/cm}^3$ である。地盤作製後、トンネル模型を一定の速度（ $0.1\text{ cm/min}$ ）で上昇させ経時的に土圧を計測しながら1分毎に写真撮影を行いせん断帯の発生状況を確認した。トンネル周面に、何も貼らない場合（以下、無貼付）、周面摩擦を低減するためにテフロンシートを貼った場合、サンドペーパーを貼って周面摩擦を大きくした場合について同様の実験を行った。

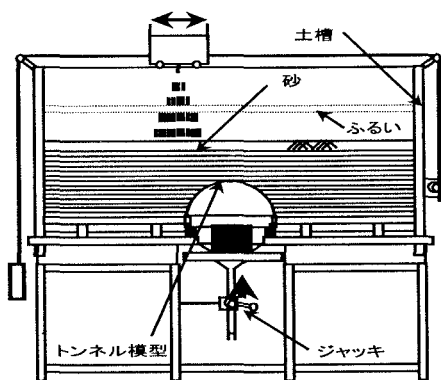


図1 実験装置の概略

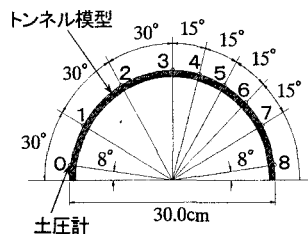


図2 土圧計の配置図

## 3. トンネル周面と地盤との摩擦

トンネル周面と地山との摩擦特性を調べるため図3のような装置を用いて摩擦実験を行った。木製ブロック（ $W5.0 \times L5.0 \times H5.0(\text{cm}) \cdot 67.3\text{g}$ ）の1面に豊浦標準砂を接着し、それを塩化ビニル板・サンドペーパーを貼り付けた板・テフロンシートを貼り付けた板（ $W20.0 \times L30.0$ ）の上に置き、板の一辺を中心として板を傾けた。ブロックが滑り始めたときの角度 $\phi$ （摩擦角）をそれぞれ10回ずつ調べその平均値を示したものが表1である。

（塩化ビニル、サンドペーパー、テフロンシート）

$W20.0 \times L30.0$  (cm)

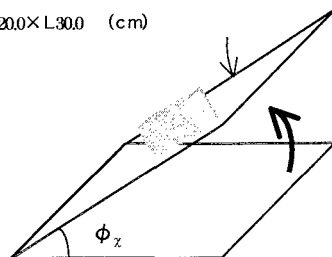


図3 摩擦実験の概略

キーワード：トンネル せん断帯 土圧 周面摩擦

連絡先：〒275-8588 習志野市津田沼 2-17-1 電話：047-478-0449 FAX：047-478-0474

4. 周面摩擦の違いがせん断帯発生と土圧変化に及ぼす影響

図4及び図5は、土被り30cmにおける無貼付、サンドペーパー貼り付け時、テフロンシート貼り付け時の土圧を比較したものである。

図4は、5番土圧計すなわちクラウン部から30°傾いた点の土圧の比較である。サンドペーパー貼り付け時には実験開始後に土圧は急激に増大し、その後緩やかに減少を続け上昇量が1.5cmを越えると土圧は一定値となった。テフロンシート貼り付け時には実験開始後緩やかに土圧が増大し、上昇量1.0cm付近で緩やかなピークをとり、その後徐々に減少し上昇量1.5cmを超えて一定値をとった。また無貼付時には土圧は実験開始後緩やかに増大し、上昇量0.4cmを超えると一定値になった。

図5は、6番土圧計すなわちクラウン部から45°傾いた点の土圧の比較である。サンドペーパー貼り付け時には5番土圧計と同様に、土圧は実験開始後急激に増大し、上昇量1.0cm付近で急激に減少した後緩やかに減少を続けた。テフロンシート貼り付け時には実験開始後土圧が増大し、上昇量0.2cm以上では一定値となった。無貼付時には実験開始後土圧は増大し、上昇量0.5cm付近をピークにして緩やかに減少を続けた。

せん断帯発生位置は、周面摩擦の小さいテフロンシート貼り付け時に5番土圧計と6番土圧計の間にあり、周面摩擦が大きくなるほど、トンネルスプリングライン方向に移った。従来の研究1)により、トンネル土圧はせん断帯発生位置のすぐ内側で大きく出ることが確認されている。図4でテフロンシート貼り付け時の土圧が大きく出ているのは、土圧計測点がせん断帯発生位置の内側にあるためである。

5. まとめ

本研究は、トンネル上昇に伴うトンネル土圧の発生をトンネル周面の摩擦を変えた実験によって検討したものである。

- (1) サンドペーパー貼り付け時すなわち周面摩擦増大時には、無貼付時に比べトンネル上昇実験開始後土圧が急激に増大し、その後減少をする特徴が見られた。
- (2) テフロンシート貼り付け時すなわち周面摩擦低減時には、無貼付時に比べトンネル上昇実験開始後土圧が増大し、土圧のピーク後は緩やかに減少をする特徴が見られた。

これらの結果より、トンネル上昇時の土圧発生には、トンネル周面摩擦が関係しており、これには周面摩擦の違いによってせん断帯発生位置が異なるためである。

参考文献

1) 石塚晃・竹内直芳：第27回関東支部技術研究発表会講演概要集，  
円形トンネル上昇時のせん断帯発生と土圧変化について，p560～561，2000

表1 摩擦実験結果

| 材質 | 塩化ビニル板       | サンドペーパー      | テフロンシート      |
|----|--------------|--------------|--------------|
|    | $\phi_1$ (°) | $\phi_2$ (°) | $\phi_3$ (°) |
| 平均 | 24.8         | 39.4         | 16.4         |

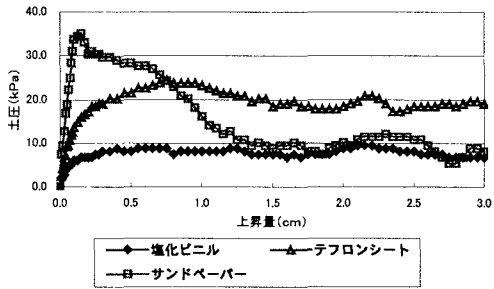


図4 土圧比較（5番土圧計）

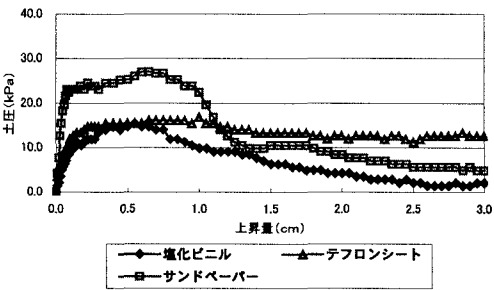


図5 土圧比較（6番土圧計）