

浅い砂地盤の矩形トンネルに作用する側面の周面摩擦について

千葉工業大学 学生会員○真鍋 峻 正会員 遠藤 宗仁
 千葉工業大学 正会員 小宮 一仁
 植村技研工業(株) 非会員 中村 充博

1. はじめに

トンネル内での車両の走行や水位の変化などで地中構造物の総重量が変化すると、周辺地盤に作用する応力が変化し、地盤の変形や安定に影響を及ぼすことが想定される。地中構造物の側面と地盤との間には周面摩擦力が働き、地中構造物の重量の変化に伴う地盤の応力変化には、周面摩擦力の大小が影響すると考えられる。

中塚ら¹⁾は正方形断面の小型模型の底面に設置した土圧計で模型重量の変化による底面土圧の変化を測定し、浅層地盤中の構造物側面に作用する周面摩擦を底面の残留土圧から評価した。しかし、模型が小型であったため作用する土圧が小さく、ばらつきが生じたため精度の確認には至らなかった。

本研究では、トンネル模型を長方形断面として底面の深さを増し、模型に作用する土圧を大きくした。この模型を用い、底面と側面の土圧を測定し、模型の重量を変えた時の残留土圧と側方土圧からそれぞれ周面摩擦力を算出し比較することで、残留土圧から周面摩擦が評価できるか検討した。

2. 模型実験の概要

実験には、幅 1500 mm×高さ 1000 mm×奥行 100 mmの土槽を用いた。地盤材料には乾燥状態の 8 号珪砂を使用した。矩形トンネル模型(以下模型)は、上部が開放された函であり、幅 200 mm×高さ 436 mm×奥行 100 mmである。また、図-1 に示すようにトンネル模型底面に 4 個、両側面に各 2 個、計 8 個の土圧計を設置した。側面の土圧計は地表面より H (深さ)=201 mm, $H=350$ mmに配置した。図-2 は実験手順を示す。

模型と地盤との周面摩擦を変えるために、摩擦係数が異なるテフロンシートおよびサンドペーパーを模型側面に貼り付け実験を行った。摩擦係数は図-3 に示す装置を用いて測定し、8 号珪砂を貼り付けた傾斜板にテフロンシートおよびサンドペーパーを貼り付けた試験片を置き傾斜版を傾け、試験片が滑り出した時の傾斜角 θ の $\tan \theta$ を摩擦係数とした。テフロンシートの摩擦係数は 0.467, サンドペーパーの摩擦係数は 0.708 であった。

3. 実験結果

図-4 及び表-1 はテフロンシートを貼り付けた場合の実験結果の一例である。また図-5 及び表-2 は

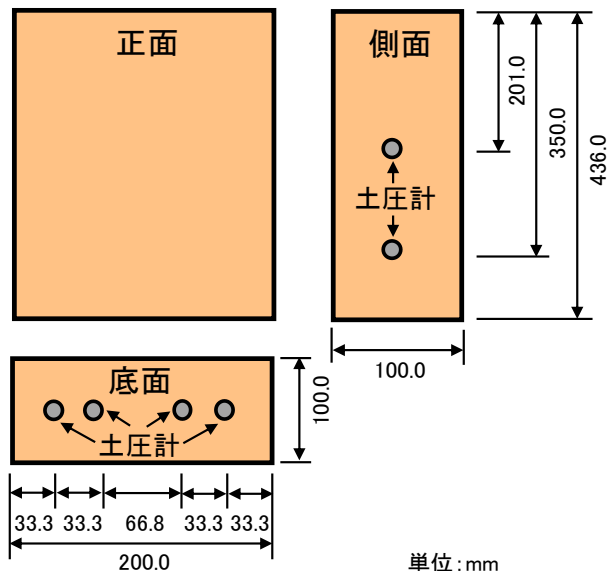


図-1 矩形トンネル模型寸法

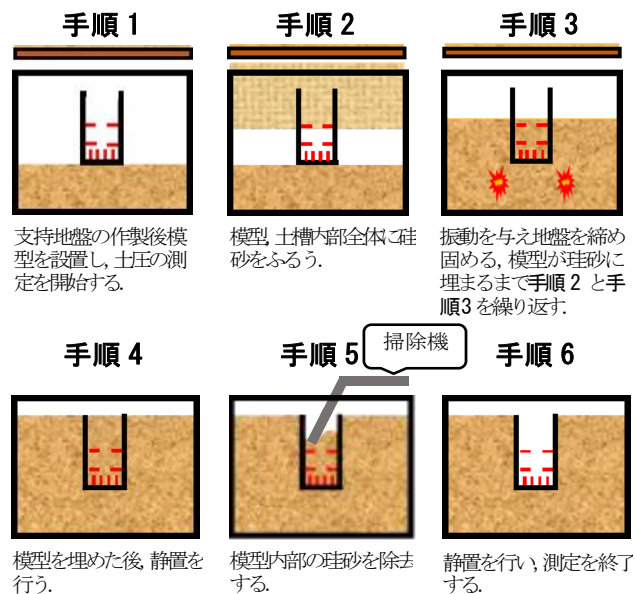


図-2 実験手順

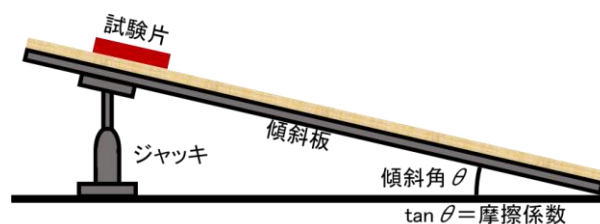


図-3 摩擦係数試験

キーワード 地下構造物, 周面摩擦, 模型実験, 残留土圧, 浅い砂地盤

連絡先 〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1 千葉工業大学 建築都市環境学科 TEL 047-478-0205

サンドペーパーを用いた場合の結果の一例である。

手順1から手順2における珪砂の敷詰めでは、テフロンシートとサンドペーパー両方のケース共に土圧がほぼ同じ傾向で増加した。手順3で振動を与えると、両方のケース共に土圧が増加した。土圧が増加した原因として、振動を与えたことで地盤の密度が大きくなったためであると考えられる。手順4における静置では、底面土圧は一定もしくは緩やかに減少し、側方土圧も同様に増加した。手順5から手順6における珪砂除去後の底面土圧は実験開始時の初期値 0 には戻らず、テフロンシートで 4.18kN/m²、サンドペーパーでは 5.28kN/m²の残留土圧が測定された。側方土圧は増加または減少した。手順6における静置ではいずれの土圧も一定であった。実験時に計測した 8 号珪砂の単位体積重量は、テフロンシートでは 13.58kN/m³、サンドペーパーで 13.40kN/m³であった。

ここで、トンネル模型側面に作用する土圧を静止土圧と仮定し、トンネル模型内の珪砂除去後の H=350mm における側方土圧の測定値を用いて求めた側方土圧の合力 N_t (図-6)に摩擦係数 μ を乗じて算定した周面摩擦力を P_f とした。

$$P_f = \mu \times N_t \quad (1)$$

ここで、 μ ：摩擦係数
 N_t ：側方土圧の合力(図-6)

また、中塚ら¹⁾が提案したトンネル模型内の珪砂除去後のトンネル模型底面の残留土圧がトンネル模型側面の摩擦力和等しいとして算定した周面摩擦力を P_r とした。

$$P_r = \sigma_r \times A \quad (2)$$

ここで、 σ_r ：模型底面の残留土圧平均
 A ：模型底面積

そして、式(1)と式(2)から算定したそれぞれの周面摩擦力の比較を行った。表-3 は周面摩擦力 P_f と P_r の結果である。 P_f と P_r の相対誤差はテフロンシートでは 9%、サンドペーパーでは 11%であった。そのため両方のケースにおいて、 P_f と P_r がほぼ同じであることが確認できた。

4. まとめ

本研究において、浅い砂地盤に埋設された矩形トンネルの重量の変化に伴い作用する周面摩擦力は、底面の残留土圧を用いて評価できることが確認できた。

参考文献

- 1) 中塚里桜・遠藤宗仁・小宮一仁・小山幸則・小玉乃理子：浅い地中構造物と地盤との周面摩擦に関する模型実験，土木学会第 71 回年次学術講演会概要集，Ⅲ—077，pp.153—154，2016。

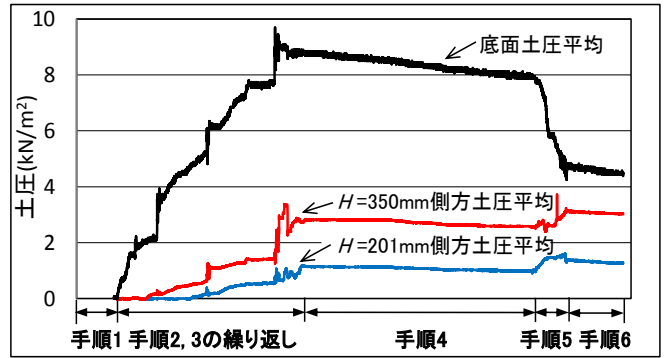


図-4 テフロンシートの場合の土圧挙動

表-1 テフロンシートの場合の平均土圧

	H =201mm 側方土圧 (kN/m ²)	H =350mm 側方土圧 (kN/m ²)	底面土圧 (kN/m ²)
珪砂除去前	1.00	2.58	7.97
珪砂除去後	1.18	2.99	4.18

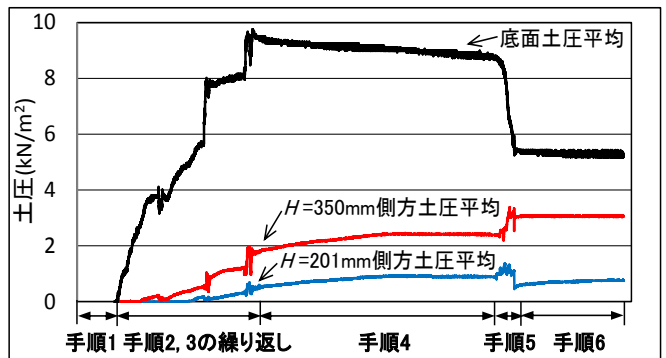


図-5 サンドペーパーの場合の土圧挙動

表-2 サンドペーパーの場合の平均土圧

	H =201mm 側方土圧 (kN/m ²)	H =350mm 側方土圧 (kN/m ²)	底面土圧 (kN/m ²)
珪砂除去前	0.89	2.41	8.79
珪砂除去後	0.75	3.06	5.28

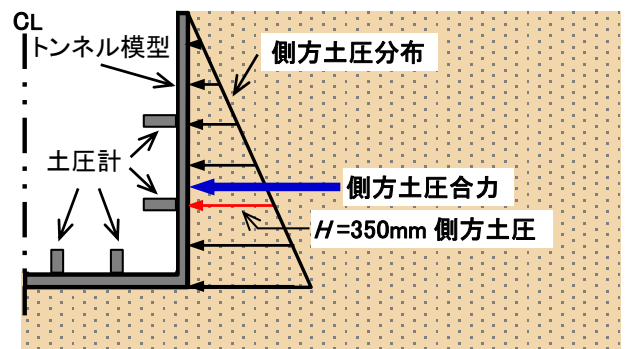


図-6 側方土圧の合力

表-3 周面摩擦力の比較

	P_f (N)	P_r (N)	相対誤差 (%)
テフロンシート	75.7	83.5	9
サンドペーパー	117.7	105.6	11