

トンネル切羽の静的安定性に関する模型実験

近畿大学理工学部 正会員 久武 勝保
 神戸大学工学部 正会員 桜井 春輔
 神戸大学工学部 学生員 川嶋 幾夫
 近畿大学大学院 学生員 ○村口 宜史

1. はじめに

都市域でのトンネル掘削では、土かぶりの浅い砂質土のような未固結な地山が多く、地表面の既設構造物や、既設埋設物に悪影響を与えやすい。よって、地盤沈下や切羽の崩壊を防ぐ必要がある。

本研究では、土かぶりの浅い砂地盤での静的な3次元模型実験を行い、切羽に設置した土留め板にかかる土圧と合力（以下、土留め板合力）を測定し、切羽の安定性を検討する。

2. 模型実験

乾燥砂による2種類の実験方法を以下で述べる。

Tab. 1 実験の種類

実験の種類をTab. 1に示す。ここに、 H/D ：土かぶり比（ H ：地表面と覆工上部までの距離、 D ：土留め板の直径）、 C ：粘着力、 ϕ ：内部摩擦角、 γ ：乾燥砂の単位体積重量である。実験装置は、Fig. 1(a)に示すように前面がアクリル板のボックスに半円筒のトンネル覆工模型を取り付け、その先端内部に土留め板をセットした。砂を一定の高さ（30 cm）から落下・堆積させた。また、砂の崩壊状況を明確に捉えるため、黒砂をアクリル板に接する位置に3 cm間隔で堆積させた。

実験 種類	トンネル覆工(cm)		H/D	C (gf/cm ²)	ϕ	γ (gf/cm ³)
	外径	内径				
A	14	13	1	0	38	1.470
			2			
			3			
			4			
B	27	26	1	0	39	1.621
			2			

2. 1 実験A（土圧測定）

土圧の変化を測定するために土留め板に土圧計を2個取り付け、土留め板が1/6 cm手前に移動するごとに土圧を測定する。

2. 2 実験B（合力測定）

Fig. 1(b)に示すトンネル覆工模型をボックスに取り付け、土留め板合力を力計で、土留め板の移動量をダイヤルゲージで測定する。土留め板を1 mm/minの速さで移動し、土留め板合力を測定する。

3. 実験結果と考察

実験Aの土圧と土留め板の移動距離の関係より、土留め板が移動すると土圧は土かぶり比に関係なくほぼ同じ挙動を示した¹⁾。また、土留め板の微小移動により土圧は急激に減少し、移動距離がトンネル外径の約1～2%で最低値を示し、その後はほぼ一定値に収束する。この時点で覆工上部0.4 Dの領域まで砂が移動している。土留め板移動後の最大土圧と土かぶり比の関係をTab. 2に示す（ P_1 は土留め板下部より10 cmの土圧、 P_2 は3 cmの土圧）。Fig. 2は、Tab. 2の結果を示したものであり、縦軸に土留め板下部からの高さ、横軸に測定土圧を示す。また、Fig. 2中の、解析①と②は、地表面が水平な場合のランキンの主働土圧である。解析①は、覆工上部0.

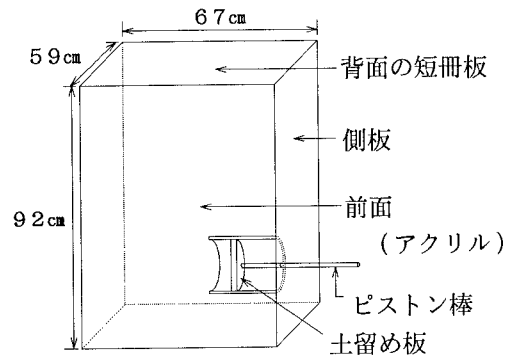


Fig. 1(a) 実験装置全体図

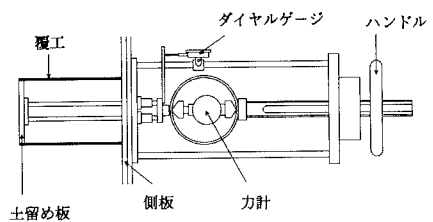


Fig. 1(b) トンネル覆工模型

4 Dを地表面と考え、そこから土圧計までを土かぶりとし、解析②は、上部覆工を地表面と仮定した解析値である。この結果より、解析②の方が実験値とほぼ同じ土圧分布であることがわかる。Fig. 3 (a)、(b)は実験Bの土留め板合力と土留め板の移動量を示す。(a)は土かぶり比1、(b)は2のグラフである。土留め板が移動すると実験Aとほぼ同じ挙動を示した。しかし、移動量が1 mmにも満たないうちに合力が最低値を示し、実験Aと異なっている。また、土留め板を移動させていない時の合力を比べると本来なら(b)は(a)の2倍あるべきだが、実験では、1.5倍程しかなかった。これは、土留め板合力を測定する力計が砂を堆積する段階でひずみ、主働土圧状態に移行する途中であると考えられる。しかしその土圧は土留め板移動後の合力の最低値には影響が少ないと考えられる。Tab. 3に実験と解析による土留め板中心にかかる土圧と土留め板合力を示す。両実験とも解析②の方が実験値により近い値となった。

Tab. 3 土留め板の中心土圧と土留め板合力

実験種類		土留め板の中心にかかる土圧 (gf/cm^2)	土留め板合力 (gf)
A	実験値	2.817	186.86
	解析①	4.095	271.63
	解析②	2.275	150.91
B	実験値	4.410	1170.00
	解析①	8.629	2289.53
	解析②	4.792	1271.99

Tab. 2 実験Aの結果

土圧 (gf/cm ²)		H/D
土圧計の位置		
P1	P2	
1. 3	3. 8	1
1. 0	3. 4	2
1. 4	4. 2	3
1. 3	3. 9	4
1. 3	3. 8	平均

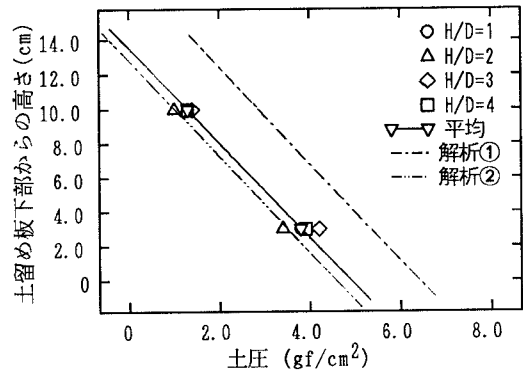


Fig. 2 土留め板に作用する土圧分布

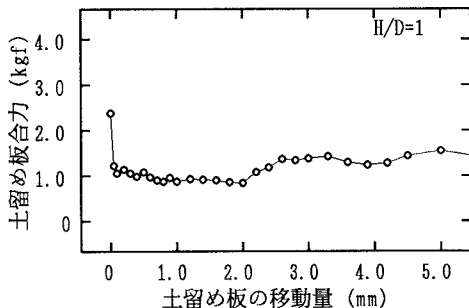


Fig. 3 (a) 土留め板合力と移動量の関係

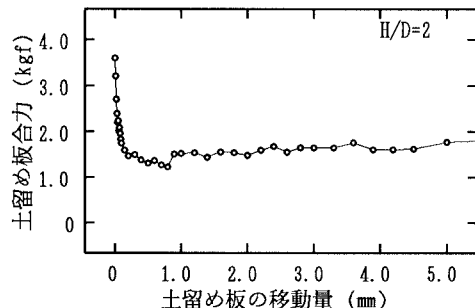


Fig. 3 (b) 土留め板合力と移動量の関係

4. 結論

- 1) 土留め板を微量移動させたとき、土圧は土かぶり比に関係なくほぼ同じ挙動を示した。
- 2) 土留め板の中心土圧と土留め板合力は、解析②の方が実験値により近い値となった。ゆえに乾燥砂の場合、解析②で求められる合力を切羽に加えれば安定を保つ事ができると考えられる。

参考文献

- 1) 久武：トンネル切羽の安定・崩壊挙動に関する基礎的研究，土木学会論文集，No. 517/Ⅲ-31，1995年