

III-B 158

施工過程を考慮したシールド遠心模型実験（その1）

—テールボイド比の違いによる覆工土圧分布—

西松建設土木設計部 正会員 仲松宇大

西松建設技術研究所 正会員 今村眞一郎

西松建設技術研究所 正会員 野本 寿

宇都宮大学工学部 正会員 上野勝利

広島大学工学部 正会員 日下部 治

1. はじめに

筆者ら¹⁾は、シールドトンネル覆工に作用する土圧解明を目的として、施工過程を考慮したシールドトンネルの遠心模型実験を行っている。前報²⁾におけるシールドトンネル覆工土圧計測では施工過程の模擬が不可欠であること、また、トンネル頂部に作用する土圧は、土被り2D（D：トンネル径）以上では緩み土圧となり、Terzaghiの式から得られる緩み土圧と傾向が一致することを確認した。本報告では、テールボイド量 v （ v ：テールボイド量）を変化させたシールド遠心模型実験を行い、テールボイド比（ $=2v/D$ ）の違いによる覆工土圧分布について前報と併せて比較検討したので報告する。

2. 実験概要

実験では、気乾豊浦標準砂を用いて、空中落下法により相対密度70%を目標に模型地盤を作製し、テールボイド比を2種類に変化させた3種類（埋設管・テールボイド・シールド）の実験を行った。なお、詳細の実験方法については、別報^{1), 2)}を参照とされたい。当実験装置では、シールド管部最外管であるシールド管の肉厚（ v ）を1、2mmとし、テールボイド比を2%（以下、 $v=1\text{mm}$ 実験）、4%（ $v=2\text{mm}$ 実験）の2種類模擬できる実験を可能にした。さらに、 $v=1\text{mm}$ 実験での覆工土圧計測は、覆工土圧分布形状を明確にするため、覆工管の周方向に22.5°間隔に設置した計16台の覆工土圧計（受圧面積13×13mm²、容量981kN/m²）³⁾により計測を行うことにした。実験は、中央大学所有の遠心載荷装置（有効半径3.05m、最大容量9.62MN/m²）を使用して、表-1に示す実験条件で各3回（計78ケース）行った。

3. 覆工土圧分布

テールボイド比を変化させた各土被り厚での実験条件で得られた3実験の覆工土圧分布を各土被りの実験での再現性が良いことから2回目で代表して図-1～3に示す。

(1) 埋設管実験

$v=1\text{mm}$ および2mm実験用覆工管を用いた埋設管実験で、各土被り毎にはほぼ同様の計測結果が得られており、覆工土圧計やその配置に問題が無いことが判る。また、覆工土圧は頂部および管底で土圧が集中しており、東田ら⁴⁾の行った埋設管実験と類似した傾向となっている。

(2) テールボイド実験

覆工土圧は $v=1\text{mm}$ および $v=2\text{mm}$ 実験とも、埋設管実験に比べ土被り増に伴う土圧の増加は少なく、管上部半断面では頂部に、管下部半断面では135°と225°の位置に土圧が集中していることが判る。また、 $v=2\text{mm}$ 実験では管底の土圧が0であるのに対し、 $v=1\text{mm}$ ではわずかではあるが157.5°～202.5°の間に10kN/m²程度の土圧を検出しており覆工管と地盤が接触していることが判る。135°と225°の位置で土圧が集中するが、これはテールボイドの発生に伴い管周辺地盤の局所的な破壊が生じ砂粒子が移動、再び安定する位置がこの付近であることを示している。覆工管はテールボイド発生過程終了後、変位可能な様に両端の支持部をフレキシブルな構造としていても関わらず、終了前に支持形態が決まっていることになる。また、テールボイド発生に伴う管底部の砂のリバウンドは1mm程度以内であることも判る。

(3) シールド実験

表-1 実験条件（計78ケース）

実験名		v=1mm実験			v=2mm実験					
テールボイド比		2% (右記の1/2)			4% (裏込め注入未施工相当)					
実験方法	回数	単位体積重量 γ_d (kN/m ³)								
	土被り (mm)	1	2	3	1	2	3			
埋設管	100	15.2	15.2	15.3	15.3	15.2	15.2			
	200	15.2	15.3	15.2	14.9	14.9	14.9			
	300	15.2	15.2	15.2	15.1	15.1	—			
	400	15.2	15.3	15.2	15.2	15.2	—			
テールボイド	100	15.2	15.3	15.3	15.1	15.3	15.3			
	200	15.2	15.2	15.2	15.2	15.1	15.2			
	300	15.2	15.2	—	15.2	15.1	—			
	400	15.2	15.2	—	15.2	15.2	—			
引き抜き速度		15mm/min								
実験名		V=1(1)mm実験			V=1(2)mm実験		V=2mm実験			
シールド	100	15.2	15.2	15.3	15.3	15.3	15.2	15.3	15.3	15.4
	200	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.3
	300	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.1	15.0
	400	15.3	15.2	15.2	15.2	15.3	15.2	15.1	15.0	15.1
施工速度	推進速度	15mm/min			15mm/min		15mm/min			
	カッター 回転数	7.75(rpm)			8.00(rpm)		11.0(rpm)			
遠心加速度		245 (m/s ²) (プロトタイプでシールド径2.5m相当)								
地盤材料 地盤作製法		気乾豊浦砂($\phi' = 42^\circ$, 3軸圧縮試験) 空中落下法								

各実験とも埋設管実験に見られたような土被り増に伴う頂部覆工土圧の増加は認められない。覆工土圧の分布を見ると、実験の再現性も良く同一条件の実験ではほぼ等しい分布を示すが、テールボイド量の条件が異なるとその分布形状は違ったものとなっている。v=2mm実験では管上部半断面では頂部に、下部半断面では225°の位置に土圧が集中している。v=1mm実験は(1)、(2)とも分布に顕著な差はないが、(1)では下部半断面の112.5°および225°の位置の土圧が高く全体的に(2)よりバラツキの程度が大きい。

4. まとめ

1) 埋設管実験では、管頂部および管底への土圧の集中が確認され、過去の実験例とも良い対応を示す。しかし、管剛性が高いこと、重量が大きいことから、覆工土圧としては大きな値となっている。

2) テールボイド実験では、v=1mmおよび2mm実験ともほぼ同程度の覆工土圧分布となっており、埋設管実験と異なり土被り増に伴う土圧の増加は少ない。また、管下部半断面では、135°と225°の位置に土圧が集中する。

3) シールド実験では、v=1mmおよび2mm実験ともテールボイド実験同様緩み土圧の発生が認められた。また、掘進による影響を受け、テールボイド実験とは覆工土圧の分布形状は異なるものとなった。

しかし、テールボイド量の違いによって覆工土圧の分布形状は違ったものとなっており、v=1mm実験では、掘進の影響による側方押し抜け圧の残留が認められる。

今後は、掘削機構を改良すると共にテールボイド量による覆工土圧の違いを明確にし、裏込め注入模擬実験等にも取り組む予定である。

【参考文献】1) 野本ら：施工過程を考慮したシールドトンネルの遠心模型実験，土木学会論文集，第529号/Ⅲ-33，pp.47～56，1995. 2) 野本ら：施工過程を考慮したシールド遠心模型実験（その1）—覆工土圧の計測—，土木学会第50回年次学術講演会，Ⅲ，pp.1310～1311，1995. 3) 今村ら：土圧計測用小型門型ロードセルの設計と遠心模型実験への適用（その2、3），第31回地盤工学研究発表会，1996（投稿中）. 4) 東田ら：遠心模型実験による剛性埋設管の土圧の検討，土木学会論文集，第376号/Ⅲ-6，pp.171～180，1986.

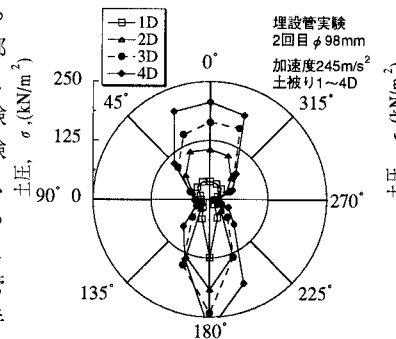


図-1(a) 覆工土圧分布形状(埋設管実験)

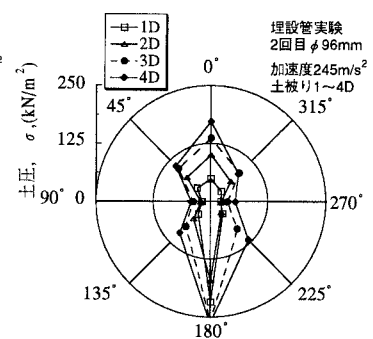


図-1(b) 覆工土圧分布形状(埋設管実験)

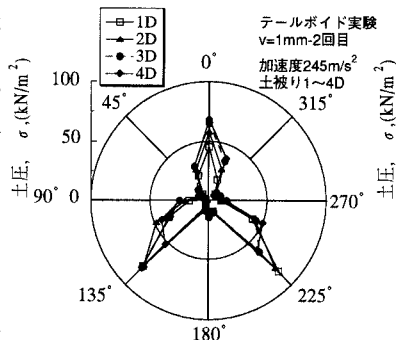


図-2(a) 覆工土圧分布形状(テールボイド実験)

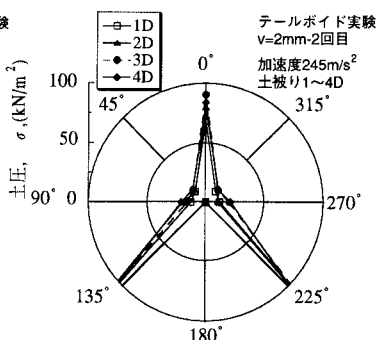


図-2(b) 覆工土圧分布形状(テールボイド実験)

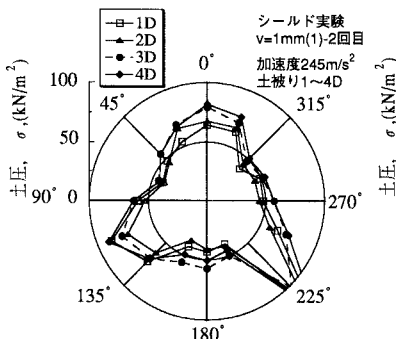


図-3(a) 覆工土圧分布形状(シールド実験)

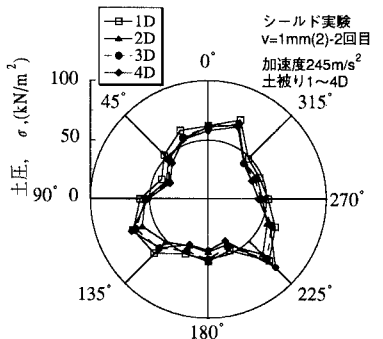


図-3(b) 覆工土圧分布形状(シールド実験)

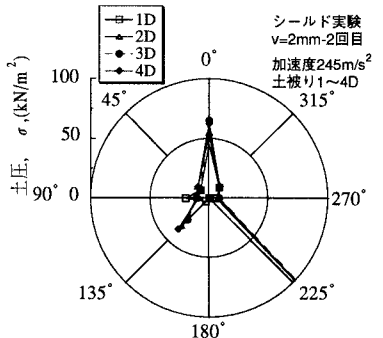


図-3(c) 覆工土圧分布形状(シールド実験)