

Ⅲ-655

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 —

西松建設(株) 正会員 野本 寿

西松建設(株) 正会員 三戸憲二 宇都宮大学 正会員 上野勝利

西松建設(株) 正会員 ○今村眞一郎 広島大学 正会員 日下部 治

1. はじめに

筆者らは、施工過程を考慮したシールドトンネル覆工に作用する土圧に関する研究を行っている。前報¹⁾では、遠心载荷用シールド模型装置を開発し、その施工過程の表現方法の妥当性について報告した。本報では、覆工土圧の定量的評価が直接できる新しい実験装置(2号機)を使用し、施工過程および土被り厚の違いが覆工土圧に与える影響について実験を行ったので報告する。

2. 実験概要

当実験装置は、以下に述べる3種類の実験が可能である。

①埋設管実験—土槽中に覆工管($\phi 96\text{mm}$)を直接埋設し、遠心加速度を上昇させ、所定の遠心場で覆工土圧を計測する。

②テールボイド実験—土槽中にシールド模型($\phi 100\text{mm}$, D)を埋設し、所定の遠心場で最外管であるシールド管(ステンレス製, 肉厚 2mm , δ)のみを引き抜き、テールボイド(テールボイド比, $2\delta/D=4.0\%$)を発生させる。この時、地盤中に残された覆工管に作用する覆工土圧を計測する。

③シールド実験—土槽坑口部よりシールド模型を発進させ、 230mm の距離を掘進後、シールド管を引き抜き、テールボイドを発生させ覆工土圧を計測する。

覆工土圧計測は、図-1に示す覆工管(ジュラルミン製)の周方向に 45° 間隔で設置された一方向ロードセル(受圧面積 $42 \times 10\text{mm}^2$, 容量 491kN/m^2)により計測を行う。また、覆工管は支持方法をフレキシブルな構造であり、地盤との接触が自由になっている。

実験は、中央大学所有の遠心载荷装置(有効半径 3.3m , 最大容量 $9.62\text{MN} \cdot \text{m/s}^2$)を使用し、表-1に示す実験条件で各3回行った。

3. 結果および考察

(1) 3実験の覆工土圧比較

土被り厚 100mm の実験条件で得られた覆工土圧計測結果を図-2(a)~(c)に示す。

埋設管実験では、ほぼ左右対称な分布をしており、管頂(0°)および管底(180°)で応力集中を示す。

テールボイド実験では、ほぼ左右対称な分布をしているが、管下部では、埋設管実験と異なり 135° , 225° の位置に応力が集中している。これは、シールド管の引き抜き速度に比べ砂の変位速度が速いために、引き抜き完了前に、 135° , 225° 付近で覆工管を支持する形を取るためと考えられる。

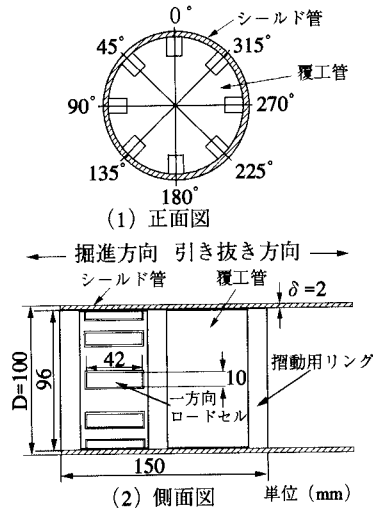


図-1 シールド模型概要

表-1 実験条件

実験方法	埋設管	テールボイド	シールド			
土被り厚(mm)	100	100	100	200	300	400
単位体積重量 $\gamma_d(\text{kN/m}^3)$	15.3	15.1	15.3	15.2	15.2	15.1
	15.2	15.3	15.3	15.2	15.1	15.0
	15.2	15.3	15.4	15.3	15.0	15.1
施工速度		引き抜き速度 15mm/min	推進速度15mm/min カッター回転数11(rpm)			
遠心加速度 (m/s^2)		245 (プロトタイプでシールド径2.5m相当)				
地盤材料 地盤作成法		気乾豊浦砂($\phi' = 42^\circ$, 3軸圧縮試験) 空中落下法				

シールド実験では、左右対称な分布とならず、 225° の位置での応力集中が目立つ。これは、掘削と排土機構の関係から 225° の方向に受働域を発生させる等、周辺土圧に影響を及ぼしていることが原因と考えられる²⁾。

以上、覆工土圧は、施工過程の違いによりその分布形状が大きく左右されることが明確となった。

(2)シールド実験の覆工土圧

シールド実験での土被り比（ C/D ； C ：土被り， D ：シールド直径）とトンネル頂部覆工土圧との関係を図-3に示す。

覆工土圧は、全土被り圧と比べ小さく緩み土圧を示す。また、Terzaghiの緩み土圧式と比較すると、 $\phi' = 42^\circ$ 、 $K_0 = 0.33$ でよく一致するものの、設計で用いられる $K_0 = 1.0$ での値の約2倍近い数値となっている。したがって、条件を変えた実験で、これらの違いを確認する必要があると考えられる。

4.まとめ

本研究で得られた知見を以下に述べる。

- 1) 3実験での覆工土圧の分布形状は明らかに異なり、シールド覆工土圧実験では施工過程の表現が不可欠なことを示唆している。ただし、掘削方法については改良が必要となる。
- 2) 土被りが $2D$ 以上になるとトンネル頂部に作用する土圧は緩み土圧となり、Terzaghiの式から得られる土圧($K_0 = 0.33$)と傾向が一致する。しかし、 K_0 の値によって緩み土圧が大きく異なるため、この点について研究が必要となる。

今後は、テールボイド比および遠心加速度を変化させた実験を進めていく予定である。

【謝辞】 本研究を実施するにあたり、貴重な御助言ならびに御指導を頂いた中央大学 藤井斉昭教授、群馬大学 萩原敏行博士、西松建設（株）藤井利侑氏に対し心から謝意を表す。

【参考文献】

- 1)野本 寿・三戸憲二・今村眞一郎・上野勝利・日下部 治：遠心载荷用シールド模型実験装置の開発，土木学会第49回年次学術講演会概要集，Ⅲ，pp.1352-1353,1994.
- 2)野本 寿・三戸憲二・今村眞一郎・上野勝利・日下部 治：施工過程を考慮したシールド遠心模型実験（その2）－周辺地盤への影響－，土木学会第50回年次学術講演会概要集，Ⅲ，1995（投稿中）。

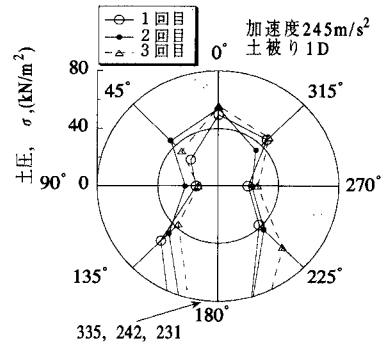


図-2(a) 埋設管実験

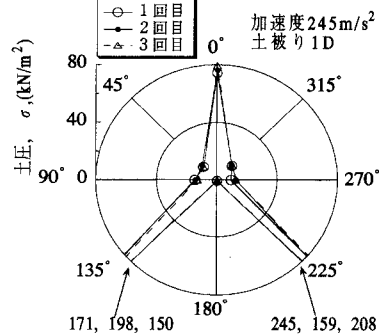


図-2(b) テールボイド実験

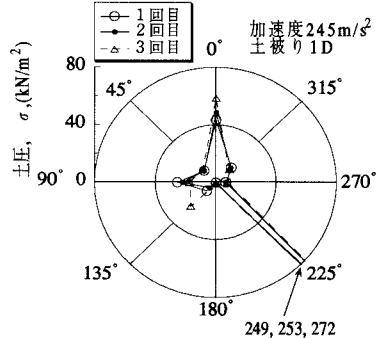


図-2(c) シールド実験

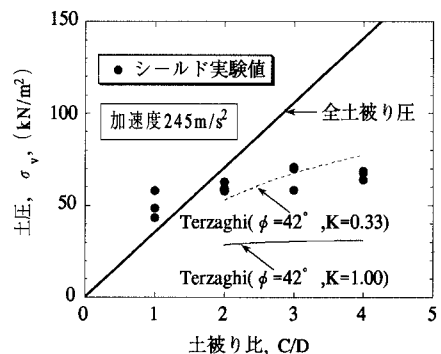


図-3 土被り比とトンネル頂部覆工土圧の関係