

Ⅲ－B126

飽和砂地盤の泥水式シールド工法におけるトンネル土圧について

○早稲田大学 学生会員 増田 雅之
早稲田大学 樋口 賢一郎
西松建設 正会員 細川 勝己
早稲田大学 正会員 赤木 寛一
早稲田大学 名誉会員 森 麟

1.はじめに

実際のシールドトンネルに作用する土圧を測定した結果は、特に硬質地盤では設計土圧よりも小さな値を示すことが多い¹⁾。この要因の1つとして泥水式シールド工法の場合、シールド掘進中にテールボイドにシールド前面より加圧された泥水が回り込み、周辺地山を支承し、1次覆工構築後のトンネル土圧に対して有利に働くということが予想される。したがって、本研究は泥水式シールド工法のトンネル土圧に対するテールボイドへの回りこみ泥水の影響を模型実験を通して調査した。

2.実験装置および地盤と泥水の性状

図1に本研究に用いた実験装置の概略図、図2に土槽寸法および各圧力計の設置位置を示す。また、表1に実験地盤の物性値、表2に使用泥水の性状を示す。表中のケーキ厚とは、濾過試験において濾紙表面に形成される泥土の厚さである。トンネル模型は外管と内管の二重管により構成されており、内管外周面に圧力計を取り付けトンネル土圧を測定した。また、土槽上部の加圧ゴム袋により壁面土圧が 0.3 kgf/cm^2 となるように上載圧を載荷した。使用した泥水は、粘性の高いベントナイト泥水とやや粘性の低い海成粘土泥水の2種類とした。

表1. 実験地盤の物性値

	乾燥密度 度 g/cm^3	間隙比	相対密度%
豊浦標準砂	1.47	0.82	52.8

表2. 使用泥水の性状

	比重	ファンネル粘性sec	濾過水量cc	ケーキ厚mm
ベントナイト泥水	1.063	30.4	16.2	3.1
海成粘土泥水	1.063	20.2	全て濾過	

3.泥水圧を利用した飽和砂地盤内の円形空洞安定化実験

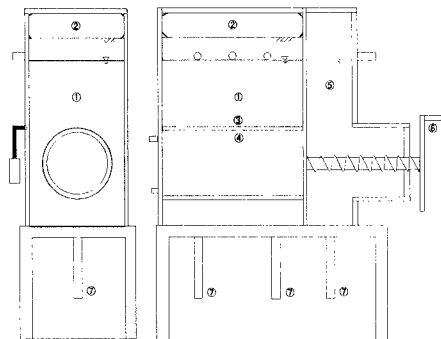
ここでは泥水式シールドトンネルにおいて1次覆工なしで、周辺地盤に泥膜のみが形成されている状態で飽和砂地盤内の円形空洞を安定させることが可能となる泥水などの条件を調査した。

実験では、実験装置の二重管の外管のみを土槽に設置し、外管を引き抜き、土槽壁面の土圧計と水圧計の測定値を計測した。また外管引き抜き後、円形空洞内部の変形状況を観察するために泥水を清水に入れ替え写真を撮影した。

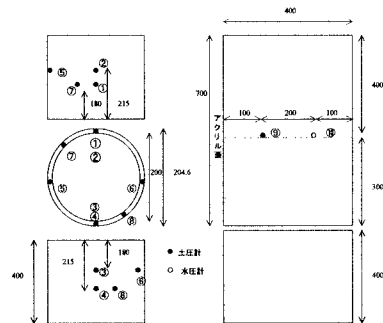
実験結果を表3に示す。泥水式シールドトンネルにおいて通常用いられる(地下水圧 $+0.2 \text{ kgf/cm}^2$)の圧力で清水を地盤に浸透させたとところ地盤が崩壊し、円形空洞は安定しなかった。

(KeyWords)トンネル、土圧、スラリー、浸透

(連絡先)〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 Tel103-5286-3405



①飽和砂②加圧用ゴム袋③トンネル模型外管
④トンネル模型内管⑤泥水タンク⑥手動ハンドル⑦排水管
図1.実験装置概略図



①クラウン 1②クラウン 2③インバート 1
④インバート 2⑤スプリングライン 1
⑥スプリングライン 2⑦アーチ(+45°)
⑧側壁(-45°)⑨壁面土圧⑩地下水圧
図2.土槽寸法、各圧力計の設置位置

表3. 安定化試験の結果

	泥水圧-地下水圧	kgf/cm^2	
使用泥水	0.2	0.1	0
清水	崩壊	安定	崩壊
ベントナイト泥水	安定	安定	崩壊
海成粘土泥水	安定	安定	崩壊

しかし、ベントナイト泥水および海成粘土泥水を用いた場合は(地下水压+0.1kgf/cm²)の場合であっても円形空洞を安定させることが可能であった。これは、空洞内面に形成された泥膜が地盤表面の砂粒子の落下を防ぐことと、泥膜を介して泥水圧が地盤に全面的に伝わり、周辺地山を有効に支保することが原因と考えられる。

また、ベントナイト泥水および海成粘土泥水を(地下水压+0.2kgf/cm²)で加圧した場合の壁面土圧および地下水压の変化を図3、図4に示す。ベントナイト泥水の場合、引き抜き直後に上昇した土圧が引き抜き完了後までほぼ安定しており、また地下水压はほとんど変化しなかった。すなわち、泥膜が速やかに形成され、泥水の浸透はわずかであることがわかる。一方、海成粘土泥水の場合は壁面土圧と地下水压がほぼ同様の増減傾向で変動している。これより海成粘土泥水を用いた場合、泥膜形成が不良であり、泥水の浸透が大きいことが考えられ、このことから壁面土圧の変化は泥水の浸透現象に支配されていると考えられる。なお、経過時間は外管を引き抜き始めた時から測定したものである。

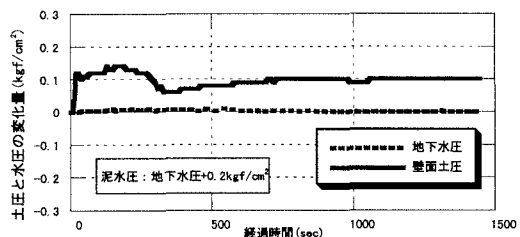


図3. ベントナイト泥水を用いたときの土圧、水压の変化

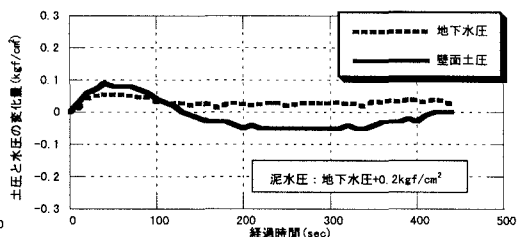


図4. 海成粘土泥水を用いたときの土圧、水压の変化

4. 飽和砂地盤の泥水式シールド工法におけるトンネル土圧実験

ここでは、泥水式シールドトンネルにおけるテールボイドの発生を模擬し、この部分への回り込み泥水が土圧に及ぼす影響を調査した。

実験では土槽内に二重管を設置する。外管の厚さ(2.3mm)がテールボイドに相当する。外管を引き抜き、内管先端から泥水がテールボイドに入り、地盤に浸透し、泥膜が出来る。このときの土圧を計測した。

前節の実験において円形空洞の安定が判明した実験条件の中で最も地盤変形が大きいと思われる海成粘土泥水を(地下水压+0.1kgf/cm²)で加圧した場合について本実験を行った。内管に作用する土圧の変化を調査した結果を図5に示す。これより土圧の増加量はごくわずかであることから、円形空洞の変形はテールボイド以内に収まっていると考えられる。

前節の実験で地盤の崩壊が観察された泥水圧が(地下水压+0kgf/cm²)の場合についての作用土圧を調査した結果を図6、図7に示す。これより、ベントナイト泥水、海成粘土泥水の場合ともに外管の引き抜きから500～600秒経過した時点でスプリングラインの土圧が急激に上昇しており、この時点で地盤の崩壊が生じていることが考えられる。スプリングライン部の土圧だけが上昇するのは、前節の実験において地盤が崩壊する場合にスプリングライン部周辺から崩壊が生じていることが観察されており、このことから説明出来る。

5. まとめ

以上の実験より以下のことが判明した。

- (1) 泥水式シールド工法においてテールボイドへの回り込み泥水が地盤の変形やトンネル土圧に有利に働く。
- (2) 使用する泥水の性状により泥膜形成性能に違いがあり、これが地盤の変形やトンネル土圧に影響を与える。
- (3) 一般の施工条件に当たる(地下水压+0.2kgf/cm²)で泥水加圧し、トンネル完成後は清水の地下水压に戻る条件において行う実験は次回に報告する予定である。

6. 参考文献

- (1) 例えば橋本、長谷：土木学会第49回年次学術講演会概要集Ⅲp.1364～1365

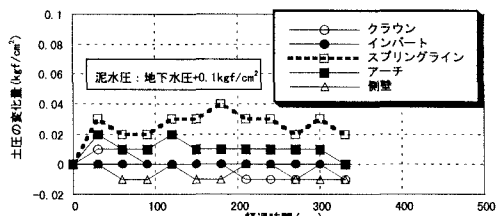


図5. 海成粘土泥水を用いたときの土圧変化

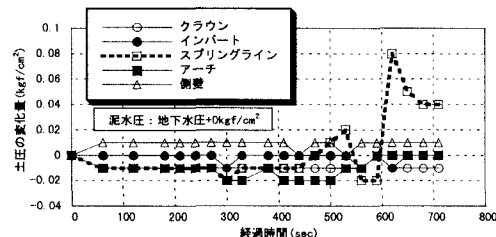


図6. 海成粘土泥水を用いたときの土圧の変化

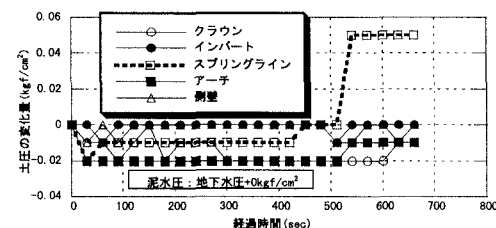


図7. ベントナイト泥水を用いたときの土圧の変化