

Ⅲ-B123

泥水式シールド掘進における取り込み土量と地中変位の関係について

西松建設 正会員 細川 勝己
早稲田大学 学生会員 浜田 大輔
早稲田大学 学生会員 瀬谷 誠
早稲田大学 正会員 赤木 寛一

1. はじめに

泥水式シールド工法は、周辺地盤や既設構造物への影響が小さい工法であり、数多くの実績を残している。しかし、これらの施工時における掘進管理は、現状ではオペレーターの経験に依存する割合が高いと考えられる。本研究は、経験に依存することなく、様々な施工条件に対して適切な掘進管理を可能にするオペレーションシステムの構築を目的としている。シールドオペレーションのパラメーターとなるのは、泥水圧、掘進速度、カッター回転数の3種類であり、本文では飽和砂地盤における泥水式シールド模型の掘進実験を行い、泥水圧、掘進速度、カッター回転数の違いが取り込み土量や地盤変状に及ぼす影響について検討した。

2. 実験概要

図2.1に泥水式シールド模型実験装置の概略を示す。実験装置は、実際の泥水式シールド機を模擬しており、土槽中を掘進させることができる。土槽の寸法は1400×1400×1600mmで、シールド外径は215mmである。また、土槽の上蓋には油圧ジャッキが取り付けられており、地盤を加圧することにより現場に近い応力状態を再現することができる。

実験条件を表2.1に示す。上載圧はすべての実験において土槽底面で1.0kgf/cm²に固定して行った。実験では、シールド機の到達地点に改良体ブロックを置くことによりカッタースリットを閉塞させ取り込み土量を調べた。また、シールド掘進に伴う地中変位、土圧・間隙水圧の変化およびカッター圧力等を計測した。地中変位の計測点を図2.2に示す。地中変位計は厚さ1mmのペリリウム銅にひずみゲージを貼り付けたもので、詳細については文献¹⁾を参照されたい。なお、地盤材料は、珪砂6号(D₅₀ = 0.23mm)であり、透水係数は $k = 5.02 \times 10^{-2}$ cm/sec、乾燥密度は $\rho_d = 1.45$ g/cm³、相対密度は $D_r = 72.3\%$ である。

3. 実験結果と考察

取り込み土量の計測結果を、表3.1～3に示す。ただし、ここでいう取り込み土量とは、シールドが掘進した部分の体積に対する取り込んだ土量の割合のことである。これらの表より、泥水圧が小さいほど取り込み土量は大きくなるのがわかる。また、掘進速度による比較では、掘進速度が小さいほど取り込み土量は大きくなるものの、掘進速度を0.6cm/min

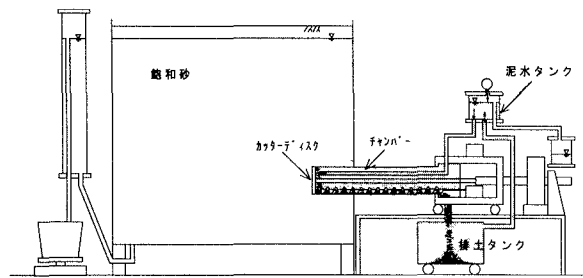


図2.1 泥水式シールド模型実験装置

表2.1 実験条件

地山試料	使用泥水	泥水圧 kgf/cm ²	掘進速度 cm/min	カッター回転数 rpm	地下水圧 kgf/cm ²
珪砂6号	12%ベントナイト	0.1	0.4	1.0	0.1
		0.3	0.6	1.7	
		0.5	1.0	2.5	

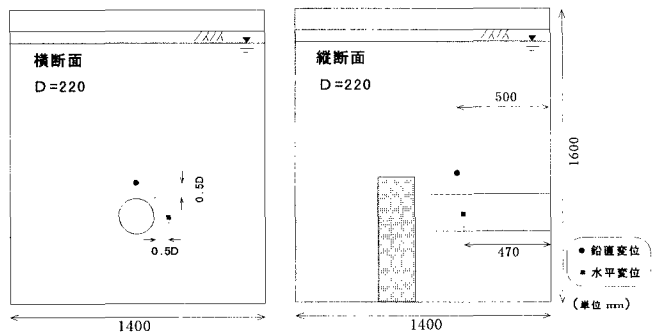


図2.2 地中変位の計測点

シールドトンネル、掘削、砂質地盤、変形

〒242-8520 神奈川県大和市下鶴間 2570-4 TEL 0462-75-1135 FAX 0462-75-6796

から 0.4cm/min に低下させても、その増加量は非常に小さくなっている。そして、掘進速度 0.4cm/min のときでも、泥水圧 0.1kgf/cm² (掘進速度 1.0cm/min) のときに比べ、取り込み土量は小さい。一方、カッター回転数による比較では、カッター回転数が大きいほど取り込み土量が大きくなる傾向を示す。しかし、1.7rpm と 2.5rpm とでは取り込み土量が逆転しており、カッター回転数を 1.7rpm 以上にしても取り込み土量はあまり変化しないといえる。

図 3.1 は、取り込み土量が 100.4% で同等の泥水圧 0.1kgf/cm² (カッター回転数 1.0rpm, 掘進速度 1.0cm/min) とカッター回転数 1.7rpm (泥水圧 0.3kgf/cm², 掘進速度 1.0cm/min) で掘進したときの、シールド頂部 (クラウン) から 0.5D 離れた上部地盤の鉛直変位を比較したものである。また、図 3.2 は図 3.1 と同様に掘進したときの、シールド側部 (スプリングライン) から 0.5D 離れた側部地盤の水平変位を比較したものである。これらの図から、泥水圧 0.1kgf/cm² とカッター回転数 1.7rpm では、ともに地中変位量が非常に小さいものの、地盤変位の傾向は異なることがわかる。泥水圧 0.1kgf/cm² の場合は、鉛直変位の隆起を補う形で側部地盤はトンネル側に引き込まれている。これに対して、カッター回転数 1.7rpm の場合は、切羽到達まではほぼ静止状態が保たれているが、切羽通過後には鉛直、水平ともにやや受働側の変位が生じている。

地盤変状を最小にする取り込み土量が 100% とされていることから²⁾、これを満足する掘削条件で施工することが大切である。しかし、泥水圧 0.1kgf/cm² とカッター回転数 1.7rpm のように、取り込み土量がほぼ 100% でも、地盤変位の傾向は異なる場合があり、周辺地盤や既設構造物への影響を考慮したとき、掘進管理上の注意が必要である。

4. まとめ

取り込み土量が 100% になる状態は、地盤変状が最小限になると考えられる。しかし、掘削条件によっては、取り込み土量がほぼ 100% であるにもかかわらず、地盤変位の傾向は異なる場合があるので、周辺地盤や既設構造物を考慮したとき、掘進管理の上で注意が必要である。

この現象には、スリット開口率やカッタービットの形状・配置も関係していると考えられるので、それらを考慮した上で、泥水圧、掘進速度、カッター回転数の最適な組み合わせを調査し、泥水式シールドの安全な施工と近接施工時の周辺部への影響を考慮した、最適なシールドオペレーションシステムの体系化をすすめてゆく。

参考文献

- 1) 細川・赤木：小型地中変位計のシールド模型実験への適用について、第 53 回土木学会年次学術講演会講演概要集、第 3 部 (B)、pp. 328~329, 1998.
- 2) 栗原・森・田村：泥水式シールドの適正泥水圧に関する実験的研究、土木学会論文集、第 409 号、pp. 37~46, 1989.

表 3.1 取り込み土量の泥水圧による比較

泥水圧	取り込み土量
0.1 (kgf/cm ²)	100.4 %
0.3 (kgf/cm ²)	91.6 %
0.5 (kgf/cm ²)	測定不能

掘進速度 1.0(cm/min) カッター回転数 1.0(rpm)

表 3.2 取り込み土量の掘進速度による比較

掘進速度	取り込み土量
1.0 (cm/min)	91.6 %
0.6 (cm/min)	97.4 %
0.4 (cm/min)	99.2 %

カッター回転数 1.0(rpm) 泥水圧 0.3(kgf/cm²)

表 3.2 取り込み土量の回転数による比較

カッター回転数	取り込み土量
1.0 (rpm)	91.6 %
1.7 (rpm)	100.4 %
2.5 (rpm)	99.4 %

掘進速度 1.0(cm/min) 泥水圧 0.3(kgf/cm²)

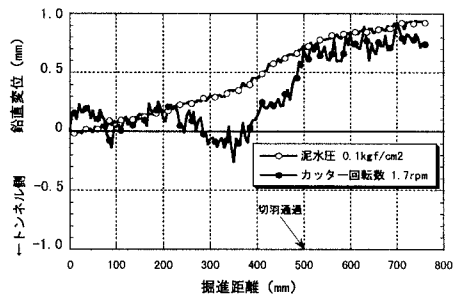


図 3.1 シールド上部 0.5D における鉛直変位

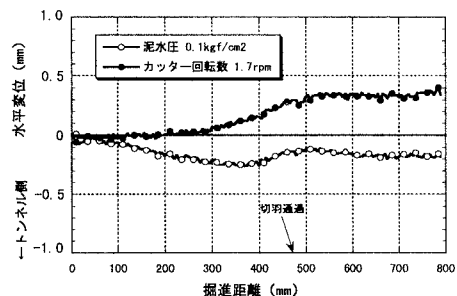


図 3.2 シールド側部 0.5D における水平変位