

III-28 砂質切羽地盤における泥水式シールドによる間隙水圧とその発生メカニズム（その1）

早稲田大学 正会員 森 麟 西松建設(株) 正会員 栗原和夫
早稲田大学大学院 学生員 〇稲垣賢一 西松建設(株) 正会員 森 仁司
早稲田大学大学院 学生員 近藤啓二

1. まえがき

泥水式シールド工法の切羽安定作用は、従来からの考え方では、（泥水圧－地下水圧）を有効泥水圧として切羽に作用させることであったが、シールド掘進により切羽前方の間隙水圧の上昇があると思われるので、実際はどの程度の有効泥水圧が期待できるかは不明である。そこで本研究は、模型泥水式シールド実験により、間隙水圧の発生メカニズムについて調査した。

2. 実験装置及び実験方法

図-1に泥水浸透実験装置の概要図を示す。実験方法は、着色した泥水を所定の圧力で加圧浸透させ、その時の排水流量と泥水浸透距離を測定した。図-2に模型シールド実験装置の概略図を示す。円筒形の模型泥水式シールドは泥水圧・カッター回転数・シールド機掘進速度がそれぞれ調整できるようになっている。実験方法は、シールド機中心位置での地下水圧を0.1kgf/cm²にし、所定の条件下で泥水圧・カッター回転数・シールド機掘進速度・泥水の種類・地盤の種類を変え、土槽に5cm間隔で配置した間隙水圧計の値とシールド掘進により地盤内に発生した地下水の流量から流速を測定した。実験に用いた試料は表-1に示す。

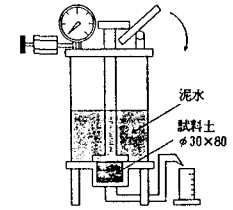


図-1 泥水浸透実験装置

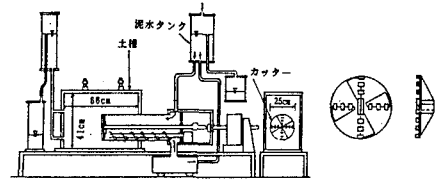


図-2 模型泥水式シールド実験装置

3. 実験結果

3.1 間隙水圧の分布について

12%ベントナイト泥水を用い、標準砂と8号砂について同一条件下でシールド掘進した時に測定した切羽前方の間隙水圧の分布を図-3に示す。標準砂では、切羽前方に泥水浸透ゾーンが生じていて、間隙水圧はこの泥水浸透ゾーン内で設定泥水圧から急激に低下し、泥水浸透ゾーン以遠の間隙水圧上昇は僅かである。8号砂では、泥水浸透ゾーンはなく、切羽前方の間隙水圧は全体的にかなり上昇している。このように同じ泥水を用いた場合、地盤の透水係数によってかなりの相違がある。また、泥水濃度や泥水配合を変えても間隙水圧の分布は変化してくる。以降、泥水浸透ゾーンが発生する場合を(type1)、泥水浸透ゾーンが発生しない場合を(type2)とする。

3.2 間隙水圧の上昇メカニズム

(type1)の場合、切羽前方に泥水浸透ゾーンが発生し、この泥水浸透ゾーン内で間隙水圧が上昇する。したがって、切羽安定上は、この泥水浸透ゾーンの厚さが薄いことが望ましい。泥水浸透ゾーン以遠の間隙水圧は、実測した地下水流量と地盤の透水係数からダルシー則に基づいて求めた間隙水圧とほぼ同等である。(type2)の場合、

表-1 使用した砂質土及び泥水

砂質土	透水係数 cm/sec	泥水	比重 t/m ³	Y. V t/100ft ²
ケイ砂5号	7.34×10^{-2}	12%ベントナイト	1.08	38.0
豊浦標準砂	1.45×10^{-2}	1:3:9泥水	1.19	27.5
ケイ砂7号	6.69×10^{-3}			
ケイ砂8号	1.10×10^{-3}			

※1:3:9泥水=ベントナイト1:粘土3:水9

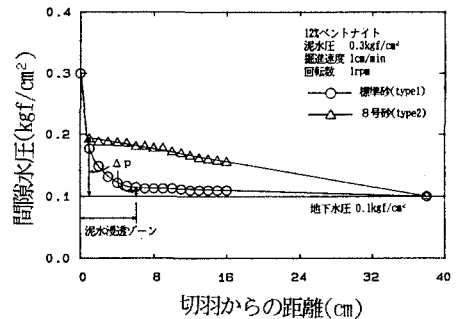


図-3 切羽前方の間隙水圧の分布

泥水が浸透することによって地下水の流れが発生するが、地盤の透水性が小さいために、発生した流速ではダルシー則からみても地盤の間隙水圧が上昇する。したがって、切羽を安定させるには、泥水が浸透することによって発生する地下水の流速を小さくすることが必要である。この実験の状況に近い次元の流れで考えると、間隙水圧の上昇量 Δp はダルシー則により次式のようになる。

$$\Delta p = \frac{v \cdot L}{k \cdot 1000} \quad \text{----- (1)}$$

ここに、 Δp ：間隙水圧の上昇量(kgf/cm²),

v ：地下水の流速(cm/s),

L ：排水距離(cm),

k ：地盤の透水係数(cm/s)

図-3における実測の Δp の値は実験で求めた地下水流速を用いて(1)式で求めた値とほぼ等しい。切羽地盤の発生間隙水圧を下げるには、シールド掘進によって発生する地下水の流速を小さくする必要がある。したがって、現場における切羽地盤の発生間隙水圧の大きさは、現場の地盤状況による地下水の排水距離と透水係数及び地下水流速によって決まることになる。また、このうち発生する地下水流速の大きさは設定泥水圧と泥水特性によって変化する。

3. 3 発生地下水流速と泥水浸透速度について

シールド掘進により地下水に流れが発生するのは、切羽への泥水の浸透と泥水からのろ過水の二つによるものである。泥水浸透実験において、その排水流量と、泥水が地盤に浸透した泥水浸透体積を比較したものが図-4である。この図より、ろ過水量はゼロとみなすことができたので、地下水の流速は切羽からの泥水の浸透により発生し、その切羽面での流速は泥水浸透速度と同一になる。すなわち、（発生地下水流速）＝（泥水浸透速度）となる。泥水が切羽前方に浸透ゾーンを作る場合(type1)は、泥水の真の浸透速度（泥水浸透速度／間隙率）がシールド掘進速度より大きいときに相当する。この場合、時間とともに泥水浸透ゾーンが次第に厚く成長するが、泥水浸透ゾーンの増加とともに泥水自身の浸透抵抗が増加するので、泥水浸透速度は減少し、（泥水浸透速度）＝（シールド掘進速度）になった時に泥水浸透ゾーンの伸びは止まり定常状態になる（図-5）。この時の発生地下水流速はシールド掘進速度と等しい。また、泥水の真の浸透速度がシールド掘進速度より小さい時はその浸透分が必ず数十秒毎のインターバルでカッターにより切削され、切羽面前方には泥水の浸透は生じない(type2)。この場合の地下水の発生流速は泥水浸透速度と同一になる。

4. まとめ

泥水式シールドの砂質切羽地盤における発生間隙水圧の大きさは、地下水の排水距離と地盤の透水係数及び発生地下水流速によって決まる。このうち、発生地下水流速は(type1)の場合はシールド掘進速度と等しく(type2)の場合は泥水の切羽地盤への浸透速度と同一になる。

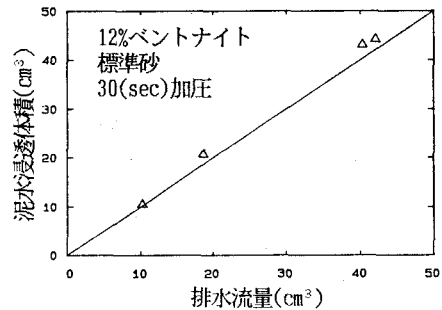


図-4 排水流量と泥水浸透体積の関係

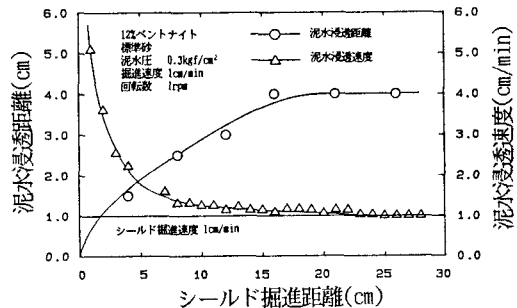


図-5 泥水浸透速度と泥水浸透距離の関係