

Ⅲ-666

粘性流体と透水係数に関する実験的研究 — 泥水シールド工法における切羽安定管理への一考察 —

戸田建設 正会員 佐藤 郁
香取 康友
中川 誠
大隈 隆継

1.はじめに

泥水シールド工法における泥水による切羽の安定機構は一般に次の3要因の相互作用によるものであると言われている。¹⁾

1. 泥水の液圧による切羽に作用する土圧及び間隙水圧への抵抗
2. 不透水性のマッドケーキ（泥膜）の形成による切羽面への泥水圧の伝達
3. 切羽面の地盤への泥水の浸透による地山の粘着性の増加

しかし、これまでの研究²⁾³⁾によって「逸泥状態に至らない泥水の連続的な浸透」によって切羽の安定が確保され、その泥水の管理指標に「粘性」が必要であることが予想された。

そこで今回、泥水の粘性のみに着目し、粘土粒子の影響による泥膜効果、目詰り効果を除いた粘性流体の粘性と透水の関連について実験を行い、ビンガム流体と体心立方格子モデル地盤によって解析、検証を行った。

2.粘性特性

今回、泥水シールドで通常用いられている増粘剤を清水に溶解させた溶液（以後「粘性水」と呼ぶ）によって透水試験を行った。実験に先立ち、回転粘度計（ファン社製 VG メーター）によって、ずり速度、ずり応力を測定し（以後「粘性試験」という）、増粘剤の粘性特性を調査した。4種類の増粘剤に

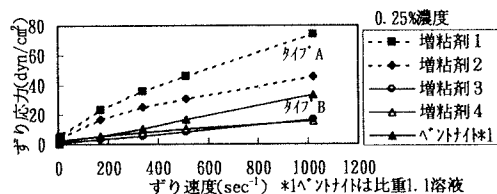


図-1 粘性試験結果

ついて重量%濃度で0.25%から1.25%まで0.25%間隔で5段階で行った。その結果、単鎖状高分子（糖類をもたない）に代表されるずり速度の増加によって粘性係数が減少する（ビンガム流体）タイプA（増粘剤1,2）とCMCを代表とするセルロース系高分子に代表されるずり速度とずり応力が比例する（ニュートン流体）タイプB（増粘剤3,4）に別けられた。図-1にタイプA、タイプBの代表例を示す。

3.粘性水による透水特性

3号、5号、6号珪砂による地盤供試体を用い、粘性水による定水位透水試験（JST T311 図-2 参照）を行った。タイプBの増粘剤は地盤供試体上面に不透水性の被膜を形成し定常的な透水状態に至らず、測定不能であった。一方タイプAの増粘剤は、時間によって透水量がわずかに減少するものの、工学上無視できる程度であり、定常状態に達する

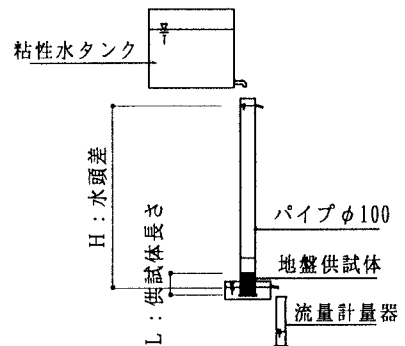


図-2 定水位透水試験器

ことがわかった。従って、タイプ A の増粘剤によって透水試験を行った。増粘剤の種類としてはタイプ A の中でも増粘効果が高い増粘剤 1 を使用した。

透水試験の結果、「粘性水の透水係数は濃度と地盤供試体と同じであれば、動水勾配に関係なくほぼ一定である。」ことが確かめられた（図-3 参照）。つまり、「液体の粘性特性を変えることによって、地盤のみかけの透水係数を変化させることができる。」ことがわかった。

4. 地盤モデルによる検証

前節で示したように、タイプ A の粘性水はビンガム流体に属するため、ずり速度によって粘性係数が異なる。一方、シールド工事で通常用いられる泥水もビンガム流体であるため、粘性係数ではなく、塑性粘度と降伏値による透水係数の評価が必要である。直径 $D_{50}(=2r)$ の球による体心立方格子最密構造（図-4 参照）に地盤をモデル化し検討を行った。平均流速 v_a は形状係数 C 、降伏値 τ_y 、塑性粘土 μ_B 代表半径 R 、比例定数 a を用いて、

$$v_a = C \frac{R \tau_y}{\mu_B} \cdot \frac{(1-a)}{4a}$$

と表され、直径 D の供試体中の流管数 N も

$$N = \frac{\pi}{4} D^2 / (2r)^2$$

と表され、流量が算出される。この流量から算出された透水係数と実験の透水係数を比較により検証を行った。

検証の結果、図-5 に示す様に実験値とほぼ一致した。

5. 結論

今回の実験と検討により、「対象地盤の水の透水係数と地盤モデルにより等価な粒径が想定され、対象とするビンガム流体の塑性粘度と降伏値によってビンガム流体によるみかけの透水係数が想定される。」ことが示された。

参考文献

1. 土質工学会講習会等委員会，シールド工法と土質，土質工学会，pp87-104, 1981
2. 森 仁司，栗原和夫他，泥水シールドによる砂質切羽地盤の間隙水圧とその発生メカニズム，土木学会論文集，NO.430.III-15, pp115-124, 1994
3. 長谷川昌弘，藤原雅博他，砂地盤における泥水式シールド工法の適正泥水性状に関する実験的研究，土木学会論文集，NO.486.VI-22, pp95-104, 1994

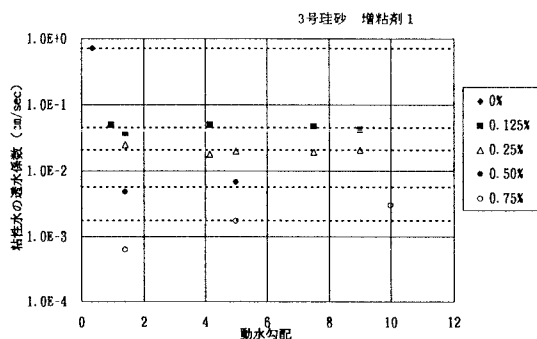


図-3 透水試験結果

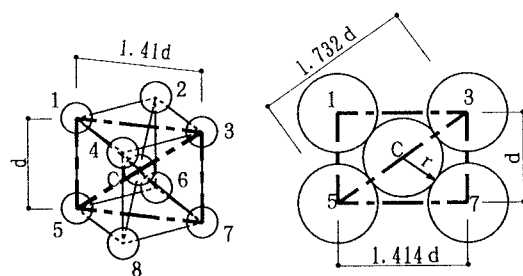


図-4 体心立方格子地盤モデル

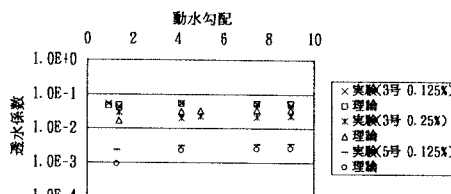


図-5 検証結果