

Ⅲ - 652

軟弱粘性土地盤の切羽安定泥水圧検討のための遠心模型実験

清水建設 技術研究所 正会員 後藤 茂 ○杉山 博一
清水建設 土木東京支店 正会員 池田 昭栄 後藤 徹
早稲田大学 正会員 森 麟

1. 研究の目的

筆者らは軟弱粘性土地盤における泥水式シールドの切羽安定泥水圧について研究を行っている^{1),2)}。今回は遠心載荷装置を用いて泥水圧が過小な場合の地盤のシールド側への呼び込みに関して検討したので報告する。

2. 実験装置概要

図-1に遠心実験土槽の概要図を示す。本装置は模型地盤を入れる土槽部分（幅55cm×高さ45cm×奥行き20cm）と圧力泥水を満たした泥水室とから成っており、泥水室は土槽底盤に接合されている。土槽部と泥水室の間は開口（幅7.5cm×奥行き20cm）が設けられており、常時は遮蔽板により開口を閉じておき遮蔽板自体が地盤を支持している。計測装置は泥水圧を計測するための水圧計と、切羽付近の土の変形量を計測するため二重管と差圧計を組み合わせた体積変化計を取り付け、泥水室内の泥水量の変化を計測している。また泥水の圧力は二重管内に空圧を作用させることにより調節している。

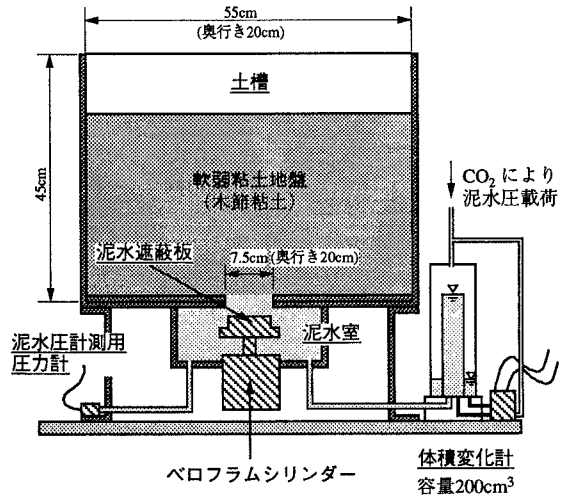


図-1.遠心実験土槽の概要

図-2に遠心力載荷装置を示す。この載荷装置のプラットフォームに土槽を載せ、高速回転させることにより模型地盤に大きな加速度を作用させることができ、小型の模型でも実地盤に近い応力状態の実験ができる。今回の実験では約30Gの加速度を作用させたので模型地盤の高さは約27cmであるが実地盤の8.1mに相当する応力状態になる。



図-2.遠心力載荷装置

3. 実験条件と実験方法

実験地盤には木節粘土を用いた。これを木節粘土：水＝8：5の比率で真空状態で練り混ぜたものを土槽に入れ、所定の先行圧密荷重(1.0、1.5、2.0kgf/cm²の3種類)で7～10日間一様に圧密して作成した。

模型粘土地盤の物性を表-1に示す。また泥水は豊順（浅間印）ベントナイトを使用し、10%濃度のものを作製した。泥水の物性を表-2に示す。

実験は土槽を遠心載荷装置に載せて遠心加速度を作用させた後に泥水室内の泥水圧を模型地盤底部の全土圧まで上昇させる。泥水圧が所定の値になった後に開口部を開き泥水により地盤を支持させ、その後泥水圧を徐々に低下させながら地盤の変形状態を計測した。

4. 実験結果および考察

図-3は実験中の泥水圧の経時変化である。図に示した計測値は圧力計が示した値であり、切羽位置の泥水圧は水頭分（ ρGh ）を差し引いて求めている。また図-4は実験中の体積変化計のデータより求めた泥水室内の泥水量の変化を示している。この図では最初に作用させている泥水圧が高すぎると泥水が地盤内に流出しているが、粘性土であるため泥水の浸透はほとんどないと考えられるので、泥水圧により地盤が押し上げられたのか、もしくは割裂が生じたと思われる。泥水圧を徐々に

表-1. 模型地盤諸物性

	圧密荷重(kgf/cm ²)		
	1.0	1.5	2.0
湿潤密度(g/cm ³)	1.85~1.90	1.90~1.92	1.91~1.94
乾燥密度(g/cm ³)	1.39~1.43	1.45~1.49	1.46~1.53
含水比(%)	32.0~34.0	30.0~31.5	28.0~30.5
間隙比	0.86~0.91	0.81~0.84	0.75~0.80
一軸圧縮強さ(kgf/cm ²)	0.20~0.22	0.37~0.40	0.55~0.62

表-2. ベントナイト泥水物性

濃度(%)	10.0
比重	1.05~1.06
ファンネル粘性(sec)	29~33

に除荷して行くと地盤が泥水室側に変形してくるため体積変化計内の泥水量が増加している。図-5は図-3の切羽位置泥水圧と図-4の泥水流入量との関係を全実験結果について示している。この図より泥水圧がある値以上では泥水の流出が見られるが、それ以下になると地盤がタンク側へ変形しはじめ、最終的には泥水圧で地盤を押さえることができない状態になっている。また、先行圧密荷重が大きいほど、つまり地盤の強度が大きいほど泥水圧が低くなっても地盤を保持できる傾向が見られた。

森らの研究³⁾によれば、ブラインドシールドにおけるチャンパー圧と取込土量の関係において、主働破壊、受働破壊を生じるのは以下の式が成り立つときとしている。

$$\frac{|\gamma H - F|}{C_u} = 4 \sim 5$$

ただし、 γH ：切羽土圧、 F ：取り込み抵抗、 C_u ：土の粘着力

またブロムスの式は森らの式と各項の定義が多少違うものの考え方の基本は同じであり、これを同じ式とみなすと左辺の値が6以下であれば主働破壊は生じないとしている⁴⁾。

以上の研究結果を今回行った実験結果と比較したものが図-6である。ただし取り込み抵抗 F としては地盤が保持できなくなる時点の泥水圧を用いた。図から今回の実験は応力が低い範囲では森らの結果やブロムスの提案に近い結果であることが明らかになった。ただし強度の大きい地盤に関しては上式の関係からはずれる傾向が見られ、さらに検討が必要であると思われる。

5.まとめ

軟弱粘性土地盤における切羽安定泥水圧の下限値を求めるため遠心実験を行い、以下のことが明らかになった。

- ①遠心模型実験により地盤強度と土圧と泥水圧の関係を実験的に検討できるようになった。
- ②粘性土地盤において、開口部付近で生じる主働破壊は応力の低い範囲では地盤応力、取り込み抵抗（泥水圧）と地盤強度の間に森らが示した式が適用できることを確認した。

本研究で行った遠心模型実験はこれまでの模型実験で問題となった地盤と土槽とのフリクションを軽減できる利点がある上に、実際の地盤の応力条件とはほぼ等しい状態で実験することができるため、今後は地盤強度および土圧が大きい範囲での実験を行ってさらに検討して行く予定である。また自重圧密させた正規圧密粘土地盤や砂質土地盤での実験も予定している。さらに土圧、間隙水圧を計測することにより、切羽安定のメカニズムを明らかにしてゆくつもりである。

参考文献 1),2)後藤ら：泥水式シールドの切羽安定泥水圧に関する研究（その1、その2）、土木学会第49回年次学術講演会、III部門、pp1290-1293、3)森、秋葉：密閉式シールドにおける粘性土切羽地盤の破壊条件と取り込み土量の支配条件、トンネルと地下、VOL.15 no.8 pp613-617、1984 4)栗原：現場で役立つシールド工事、出版科学総合研究所、pp128

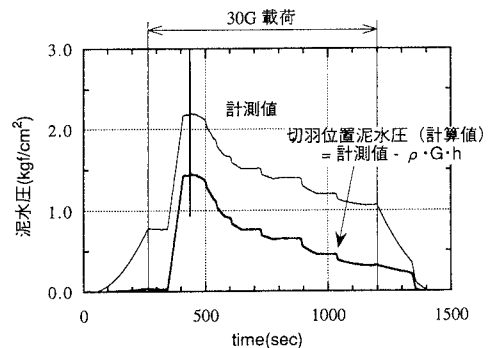


図-3. 泥水圧の経時変化

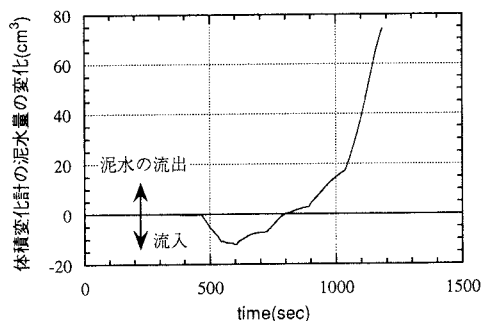


図-4. 体積変化計内の泥水量の経時変化

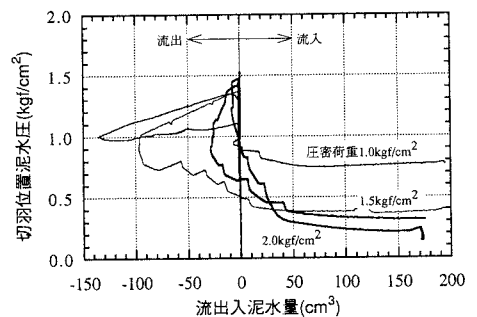


図-5. 切羽位置泥水圧と流出入泥水量の関係

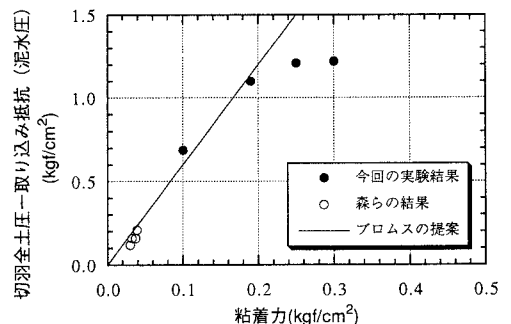


図-6. 主働破壊が生じるときの地盤応力、取り込み抵抗（泥水圧）と地盤強度との関係