

III-651

泥水式シールドの切羽安定泥水圧に関する研究（その2）

泥水圧下限値検討のための中空部に泥水圧を作用させたピストンの貫入実験

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 岡崎 雅好 四方 弘章
早稲田大学 正会員 森 麟

1. はじめに

泥水式シールドの最適泥水圧の問題は非常に関心も高く、様々な方法による検討がなされている。泥水圧が過剰に高くなった場合に生じる割裂現象に関する研究は地盤の破壊現象として関心も高く、そのメカニズムについても多くの研究が行われているが、泥水圧が低すぎる場合に生じる現象のメカニズムについてはあまり検討されていない。そこでシールドチャンバーを模擬したピストンに泥水圧を作用させながら実験地盤に強制貫入し、ピストンチャンバー部に流入してくる土の体積を計測し、土が流入し始める時の面圧と泥水圧の関係を求めることにより、泥水圧の下限値に関する検討を試みた。

2. 実験装置および条件

図-1に実験装置の模式図を示す。装置は模型地盤を入れるφ252×h300mm（容量15.0ℓ）の容器の上部に載荷用のペロフラムシリンダーが設けてあり、ロッドを介してピストンを模型地盤に貫入することができる。ピストンを貫入した時に生じる地盤の上方向の変形は、変位拘束板を用いて制御してある。ただし、実験開始時では変位を拘束するための荷重は作用させていない。貫入するピストンは外径60mmの円筒形であり、内部は径50mmの中空になっており、下端に径34mmの開口を設けた板が取り付けられてある。したがって開口率は32.1%になる。

実験地盤は木節粘土を水で練り混ぜ、圧密荷重2kgf/cm²で2週間圧密したものを使用した。試料の配合および圧密後の物性を表-1に示す。また、使用した泥水は豊順バントナイトの10%濃度泥水で、比重が1.07、ファンネル粘性は30秒前後である。

計測項目はピストン荷重、ピストン貫入量（変位）とピストンチャンバー部に流入する土の量である。ただし、チャンバーに流入してくる土量はチャンバーから排出される泥水量を差圧式体積変化計で計測することにより求めた。

3. 実験方法

はじめに2～3mmほど模型地盤にピストンを貫入させた後、空気が残らないように十分泥水を通してチャンバーを泥水で満たし、所定の泥水圧をかける。

実験は泥水圧を一定にしてピストン荷重を増加させる方法（ピストン荷重増加型実験）と、一定のピストン荷重のもとで泥水圧を除荷する方法（泥水圧除荷型実験）の2種類を行った。ピストン荷重増加型の実験は、ピストン荷重を4kgfごとに増加させそのまま90秒間保持し、その間のピストン貫入量（変位）およびチャンバー内への土の流入量を計測した。泥水圧除荷型の実験は、所定のピストン荷重を載荷した状態で泥水圧を0.1kgf/cm²づつ減少させ、ピストン荷重増加型実験と同様に作用泥水圧を90秒間保持し、その間のピストン貫入量、チャンバー内への土の流入量を計測している。

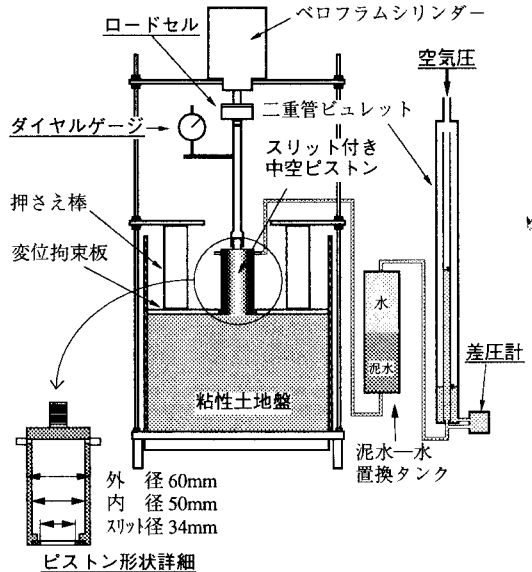


図-1 実験装置模式図

表-1 地盤材料諸物性

木節粘土物性	
土粒子の密度 ρ_s	2.632 (g/cm ³)
粒度	粒径加積曲線参照
液性限界 wL	32.8 (%)
塑性限界 wp	14.5 (%)
地盤材料配合	
木節粘土：水	14400：9000 (g)
圧密粘土物性	
先行圧密荷重	2.0 (kgf/cm ²)
湿潤密度 ρ_t	2.02～2.06 (g/cm ³)
乾燥密度 ρ_d	1.65～1.70 (g/cm ³)
間隙比 e	0.55～0.62
含水比 w	21.3～22.4 (%)
飽和度 Sr	96.0～100 (%)
一軸圧縮強度 qu	0.45～0.60 (kgf/cm ²)

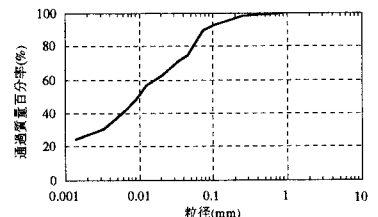


図-2 木節粘土の粒径加積曲線

4. 実験結果および考察

図-3はピストン荷重増加型実験で計測したピストン荷重、ピストン貫入量と土の流入量の経時変化である。ピストン荷重の増加に伴いピストン貫入量、土の流入量が大きくなっている。この実験では、ある程度貫入量が大きくなったところで泥水圧を上昇させ、同様にピストン荷重を段階的に増加させることを繰り返すことによって、一つの地盤で数種類の泥水圧のもとで実験を行っている。模型地盤は5回作成しているため、実験の繰り返し回数は5回である。

図-4は実験結果から算出した土の取込率と圧力差の関係の例である。横軸の圧力差は、面板圧（ピストン荷重から泥水圧による反力を差し引いたものを接地面積で除した値）と泥水圧の差であり、縦軸の土の取込率は、ピストン変位にピストン開口部面積を乗じた容積に対する土の流入量である。プロットした点は90秒後のピストン貫入量と土の流入量の値から計算した取込率である。ただし約90秒間の荷重の保持により取込率はほぼ一定の値に落ち着いている。図-4より、各泥水圧での取込率の変化を見た場合、泥水圧が高いほど面板圧と泥水圧の差が大きくなっても土の流入量が少なく、それだけ切羽の保持効果が高い。図-5は図-4において、土の取込率が0%以上になるときの圧力差を泥水圧との関係で示したものである。値にはばらつきがあるが、両者には直線的な関係が見られる。圧力差は土に作用しているせん断力の一種であり、その値と作用泥水圧との間にこのような関係があることは妥当と考えられる。

図-6は泥水圧除荷型実験において各除荷ステップでの90秒後のピストン貫入量、土の流入量をプロットしたものである。泥水圧が 0.4 kgf/cm^2 以下になると、ピストン貫入量、土の流入量ともに増加している。図-7は土の流入量と圧力差の関係を示したものである。ピストン荷重を一定に保持しているが、泥水圧を除荷しているために泥水圧による地盤からの反力が小さくなる分だけ計算上では面板圧が大きくなっている。前述の図-4が一定泥水圧で面板圧を変化させた状態を示しているのに対し、この図では泥水圧を変化させている違いがあるが、両者とも圧力差がある値以上になると取込率または流入量が急増する傾向が見られる。泥水圧が 0.4 kgf/cm^2 、圧力差が 3.0 kgf/cm^2 となったところから土の流入量が増加しているのが分かる。

今回の実験ではピストン荷重増加型の実験と泥水圧除荷型の実験で、ピストンチャンバーに土が流入し始める圧力差が異なった。両者の地盤の破壊形態を比較すると、ピストン貫入型実験ではピストンを強制貫入しているために、ピストンのスリット周辺では受働破壊的な状態になっていると思われる、一方泥水圧除荷型の実験では地盤を支えている泥水圧を徐々に除荷しているため、主働破壊的な状態になっていると考えられる。このような地盤の破壊形態の違いから差が生じた可能性があり、地盤内部の応力状態を計測することによりさらに詳細な検討が行えると思われる。

5. あとがき

ピストン荷重増加型実験と泥水圧除荷型実験を行ったところ、両者とも圧力差（面板圧と泥水圧の差）がある値以上になると、土の流入が始まることが確認された。また、ピストン荷重増加型実験では土の流入が始まる圧力差と泥水圧との間に直線的な関係が見られた。今後は圧力差が地盤の応力状態に与える影響を明らかにするため、土圧、水圧などを計測できる装置で実験を行う予定である。

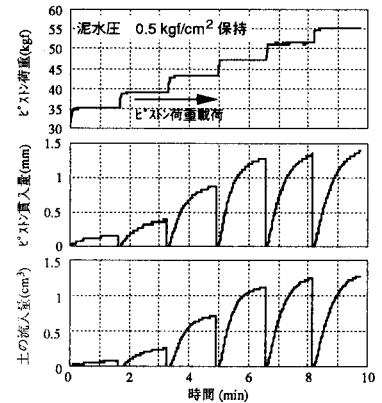


図-3 ピストン荷重増加型実験の経時変化（例）

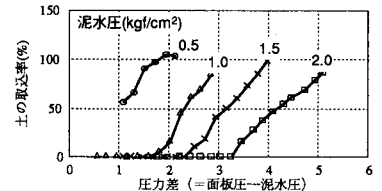


図-4 ピストン荷重増加型実験の圧力差と取込率の関係（例）

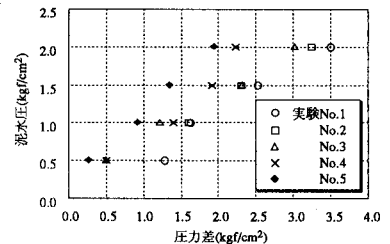


図-5 土の流入が始まるときの圧力差と泥水圧の関係

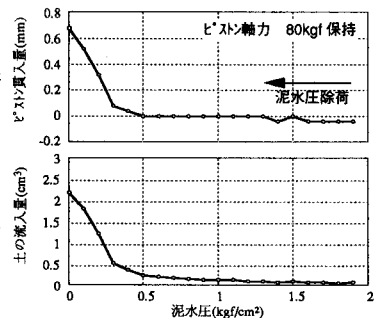


図-6 泥水圧降下に伴うピストン貫入量と土の流入量の変化

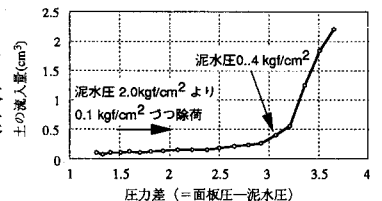


図-7 泥水圧降下型実験の圧力差と土の流入量の関係