

Ⅲ-28 シールド泥水粘性測定装置に関する研究

前田建設工業(株)技術研究所 正 山本 達生 正 高橋 和夫 正 小口 深志

1. はじめに 年々、泥水加圧式シールド工法においては施工延長の長距離化、シールド径の大断面化等の理由により泥水の果たす役割も重要になってきている。そこで、泥水の品質管理を連続・自動的に行う装置の開発が望まれるようになった。泥水の品質管理の自動化を目指した一連の研究の内、泥水の粘性を連続・自動的に計測する装置の実用化に目途がたったのでここに報告する。

2. 装置概要 ベルヌーイの定理、ハーゲン・ポアズユ則より、泥水の見掛け上の粘性 η_a と円管内を満たされた状態で流動する時の平均流速には強い相関関係があると考えた。平成3年度にこの関係を把握するための基礎実験を行い、平成4年度には、3年度の実験の結果を踏まえ若干の改良を施した装置を作成し、泥水加圧シールド工事泥水処理設備内調整槽上部に本装置を設置し、現場適用試験を行った。このときの装置フロー図を図-1に、全体の概要を写真-1に示す。装置下部より流入する泥水は、上昇管中間に取り付けた粘性測定部の液圧を一定に保つための可動セキ板を溢流して調整槽へ戻る系統と、粘性測定部を通過して調整槽へ戻る二系統に分かれる。粘性測定部では流入してくる泥水の平均流速(以下、粘性流速)を電磁流量計を使用して測定した。

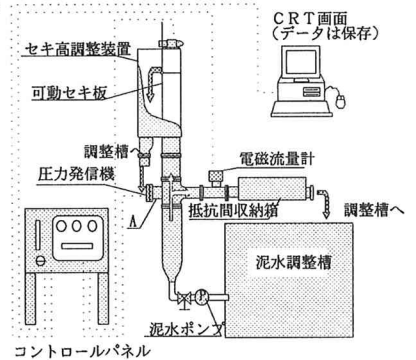


図-1 装置フロー

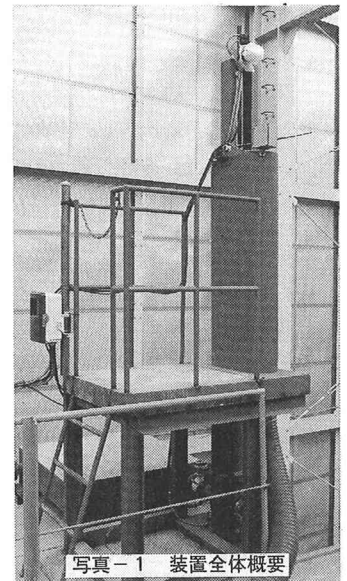


写真-1 装置全体概要

3. 実験方法 平成3年度に実施した基礎実験では実機規模の装置を作成し、粉体粘土(粘土S、カオリン、木節)を水道水により分散させて泥水を作成して3水準(濃度変動による粘性変化、分散質濃度一定で普通ポルトランドセメントを添加して凝集劣化させることにより粘性を変えるケース、さらにCMCを添加することにより粘性を変化させるケース)の実験を行った。分析試験は系内が定常状態となってから電磁流量計の指示値を記録し、同時に流下している泥水を採取して所定の試験を行った。また、現場実験においては掘削に使用している泥水を用いて所定の分析試験を行うことにより、長期作動特性、メンテナンス特性の把握をした。

4. 液圧の影響 粘性測定部の液圧が計測値に与える影響を確認するため、分散質(粘土S)の濃度変動による粘性変化実験において、装置上部の可動セキ板を種々調整して液圧を変化させる実験を行った。本実験の結果、粘性流速と既存の粘性指標との相関は、液圧変動により平行移動することが判明した(図-2)。

5. 濃度変動および分散質の相違による影響 一般に泥水のような分散懸濁型の流体のレオロジー特性は分散質の違い(粒度、成分、濃度等)により異なるといわれている。本装置による粘性測定においても分散質の相違による相関の違いが大きく現れた。本実験にて測定された流動特性は粘土S泥水、カオリン泥水は擬塑性流体に属する泥水であり、木節粘土泥水はビンガム流体に属する泥水であった。本装置による粘性流速と既存の粘性指標の相関はその泥水のレオロジー特性の影響を受け擬塑性流体とビンガム流体の二群に層別された(図-3)。擬塑性流体であった粘土S泥水、カオリン粘土泥水の場合、既存の粘性指標であるF.V., A.V., P.V., Y.V.と本装置の粘性指標である粘性流速は相関係数 r でそれぞれ、0.97, 0.97, 0.95, 0.95と非常に強い相関が存在した。一方、ビンガム流体である木節粘土泥水の場合、相関係数 r はF.V.で0.98、A.V.で0.87と擬

塑性流体の泥水と同程度であったが、P. V. との相関は、 $r=0.49$ 、Y. V. では $r=0.77$ と非常に弱くなってしまった。これは、ビンガム流体ではF. V.、A. V.、P. V.、Y. V. 相互の相関が弱いこと、および装置原理的にもF. V.、A. V. との相関は強いことが予想されるが、P. V.、Y. V. とは測定原理が異なるため相関が弱くなっていると考えられる。従って本装置は、泥水の見掛け粘性A. V. および現場で通常使用されているF. V. の測定が可能であり、回転粘度計を使用して得られるP. V. やY. V. までの測定は無理であると考えられる。

6. 現場適用性 図-1に示した装置を使用して行った現場実験の結果を以下に示す。本装置により測定される粘性流速は回帰式により数値変換して求められるF. V.、A. V. としてCRT画面に表示した。液圧を一定に保つための装置は所定の液圧 0.210kg/cm^2 に対して $\pm 0.002\text{kg/cm}^2$ の範囲で液圧を一定に保持することができた。また、粘性流速と既存の粘性指標であるF. V. との相関は相関係数 $r=0.922$ と地山発生土による泥水でも非常に高く、泥水粘性を連続・自動的に測定できることが確認された。

7. 土質の変化による影響 分散質による影響の項目にも述べたが、粘性流速と既存の粘性指標の相関は、泥水の流動特性により影響を受ける。今回実験を行った現場では、シールド断面が上総層群土丹から沖積粘性土へと変化した。しかしながら、図-4から判断して粘性流速を既存の粘性指標に数値変換させるための較正式の変更の必要性は生じなかった。

8. 長期メンテナンス特性 図-1中の圧力発信機を取り付けた円管内に泥水中の土粒子が徐々に堆積する現象が確認された。この堆積した土粒子を一月に一回程度取り除く必要が生じた。一方で、長期間装置を停止する際にはセキ高調整装置内のセキ板ガイドライン部に泥水が固着し、装置再始動時に正常に作動しないケースが発生した。このため、装置を長期間停止する際にはセキ板ガイドライン部の洗浄を必要とすることが判明した。

9. まとめ 以上の実験により下記の項目が明らかとなった。

- ①粘性測定部に加わる液圧は、既存の粘性指標との相関を平行に移動する要因となるため、一定に保つ必要がある。
- ②本装置による粘性測定は泥水の流動特性に大きく影響を受けるため、粘性流速を既存の粘性指標に数値変換するための回帰式を泥水の流動特性に合わせて較正する必要がある。
- ③本装置は粘性流速を変換するための較正式と液圧測定の確認を1回/月程度行う必要がある。
- ④本装置により、泥水加圧シールド工法に使用される泥水の粘性を連続・自動的に測定することが可能である。

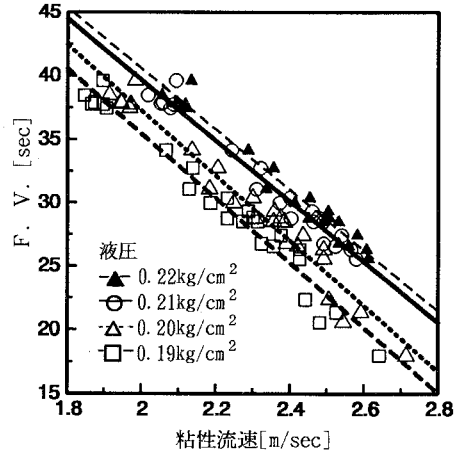


図-2 粘性測定部液圧の影響

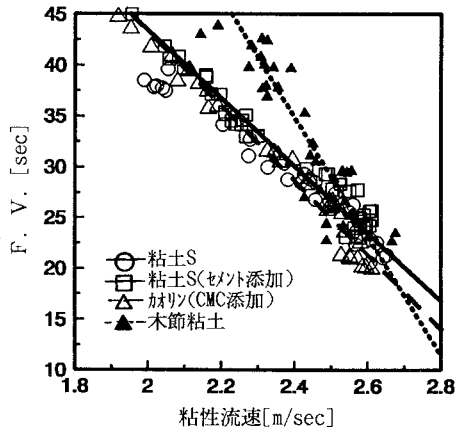


図-3 分散質の違いによる影響

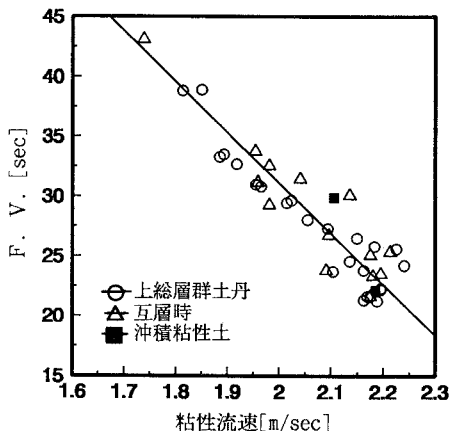


図-4 シールド通過断面土質変化の影響