

42. SMWの精度管理システム

成幸工業(株)：高嶋 三郎・*西田 智一
 応用計測工業(株)：笹原 則宏

1. 開発の目的

土中にセメント系懸濁液を注入しながら3本の削孔混練軸にて地盤を削孔・攪拌することにより造成されるソイルセメントの地中連続壁は、ソイルミキシングウォール(SMW)と称され、土留めや止水などを目的として広く用いられている。SMWは、その連続性を維持する目的で、各エレメントの両端を完全ラップとするが(図-1参照)、地盤状況等によっては削孔混練軸に捻れが発生し、完全ラップ部にずれを生じる場合がある。そのため、特に地下ダム施工や大深度掘削の施工においては、造成精度を把握すると同時に不具合が生じた場合リアルタイムで対処できることを可能とした。

この造成精度の計測方法としては、削孔混練軸中に挿入式傾斜計を挿入し、各深度の傾斜データを採取して変位を算出する方式が挙げられる。従来この計測は、全て手作業にて実施されていたため、複数の作業員と多数の計測時間を必要としていた。

こうした背景から、SMWの造成精度を計測・把握する手段として、計測作業の大部分を自動化すると同時に2箇所同時の計測を一動作で実施でき、計測後即データ処理が可能なシステムの開発を行うこととなった。

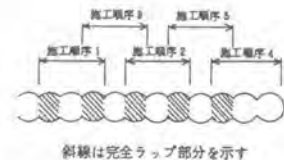
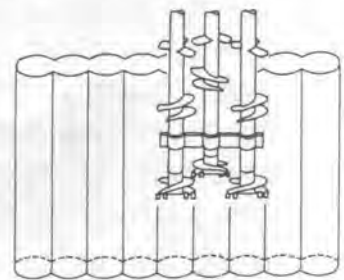


図-1 SMWの造成

2. 従来の計測作業状況

図-2に、従来の手動計測での使用機器と接続状況の概念図を示す。

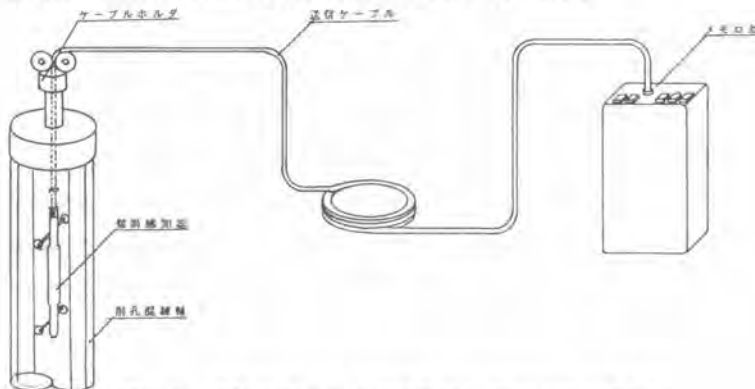


図-2 手動計測による使用機器と接続状況の概念図

また、概略計測方法は以下の通りである。

- ① 傾斜感知器を削孔混練軸内に挿入する。
- ② 傾斜感知器を所定の最大計測深度まで降ろす。
- ③ 傾斜感知器を所定のピッチ（通常2m）にて引き上げながら、各深度の傾斜データを採取する。
- ④ 傾斜感知器の固有誤差を計算上で除去するため、傾斜感知器を180°反転させ①～③の作業を繰り返す。
- ⑤ 計測深度と正反の傾斜データから各区間の変位を算出し、その変位の累積をもって所定深度の孔壁の変位とする。

これらのことからわかるように、手動計測では、傾斜感知器の昇降、データのメモロガへの取込み、送信ケーブルの巻取り、ケーブルホルダの開閉と計測レベルごとの引き上げの停止といった独立した4つの作業が生じるため、常時4人の作業員を要することとなる（写真-1参照）。

また、SMWは相互に連結された3本の削孔混練軸にて造成されるため、各エレメントのねじれを把握するには、両端の軸について計測する必要がある。よって、1度の計測について、先述した計測作業を2回行っていた。



写真-1 手動による計測状況

3. 精度管理システムの概要

(1) 技術の概要

傾斜感知器の昇降および計測データの採取・蓄積を行う計測装置とパソコンをオンラインし、パソコンからの設定データに基づいたシーケンス制御により、傾斜感知器の昇降、各深度での傾斜データの採取が自動化されている。計測装置は、一對のモータ、ドラム、ワイヤレスモデム等にて構成され、2箇所同時の計測が行える。

傾斜感知器の昇降は主モータと送り出しモータの連動にて行い、降下深度はエンコーダにて察知する。引



写真-2 精度管理システムによる計測状況

き上げピッチは、ケーブルの移動に追従するエアクランプのストロークとセンサにて察知される。

また、主操作はリモコンにて行うため、計測状況全体を確認しながら作業に従事できる。

写真-2に本システムによる計測状況を、図-3に計測装置部の外観図を示す。

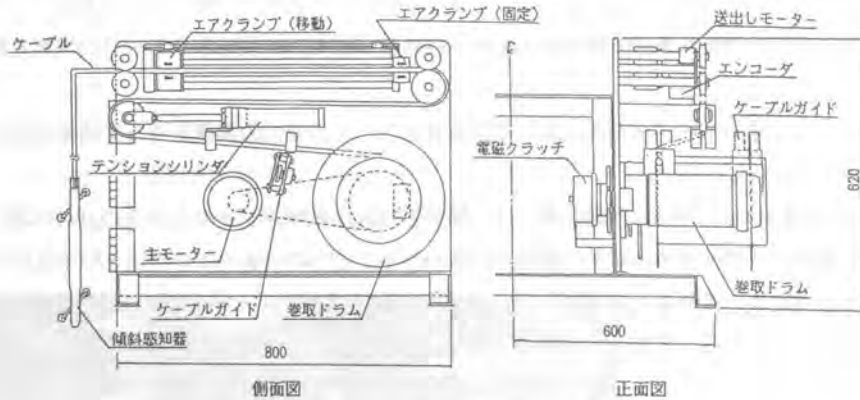


図-3 計測装置部の外観図

(2) 仕様

表-1に、精度管理システムの主要仕様を示す。

表-1 精度管理システムの主要仕様

(3) 特徴

- ① 計測作業の大部分が自動化されたため、作業員1人での計測が可能である。
- ② 2箇所同時に計測ができることに加えて、自動化により作業性が向上するため、計測時間の短縮が図れる。
- ③ 計測装置とパソコンが常時連結されており、計測終了後即データ処理を行うことができるため、削孔混練軸の変位が敏速に把握される。
- ④ システムは車に搭載されているため、広域な現場でも移動・運搬が円滑に行われる。

項目	仕様
電源	AC100V, 50/60Hz
エア源	6kg/cm ²
計測速度	8m/min
最大計測深度	70m
巻上げ荷重	MAX15kg
装置重量	約200kg

(4) 計測結果の出力例

図-4に、計測結果の出力例を示す。

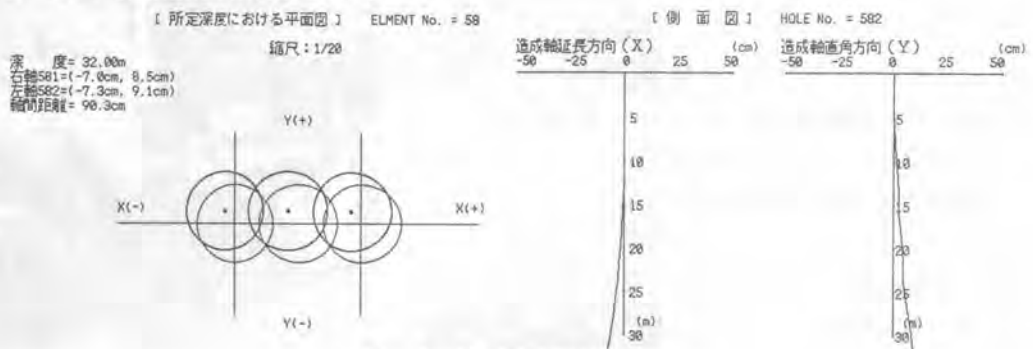


図-4 計測結果の出力例

4. 手動による計測結果と精度管理システムによる計測結果の比較

精度管理システムによる計測の信頼性を確認するため、実現場にて比較実験を行った。本システムによる計測では、計測レベルに±5cm程度の誤差を生じることが判明した。この誤差は各計測レベルでランダムに発生している。

よって、ここでは、手動計測結果と計測レベルの誤差を含む精度管理システムの計測結果とを比較し、計測レベルの誤差が結果に及ぼす影響を調べた。

(1) 採取データの比較

図-5に、6エレメントの両端軸の計測事例全体について、手動による採取データと精度管理システムによる採取データとの単回帰分析結果を示す。図-5より、造成軸延長方向の回帰式の傾きは1.0032、 y 切片は0.000093、相関係数は0.9993であり、造成軸直角方向の回帰式の傾きは1.0026、 y 切片は-0.00026、相関係数は0.9989であった。つまり、両回帰式とも、傾きは「=1」、 y 切片は「=0」で相関係数も「=1」であることから、手動による計測での採取データと精度管理システムによる計測での採取データは整合性があると判断できる。

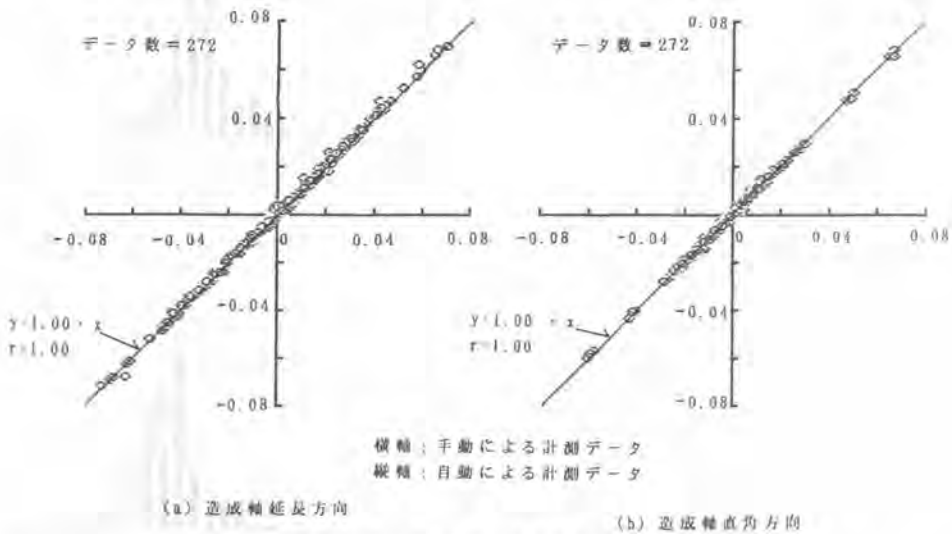
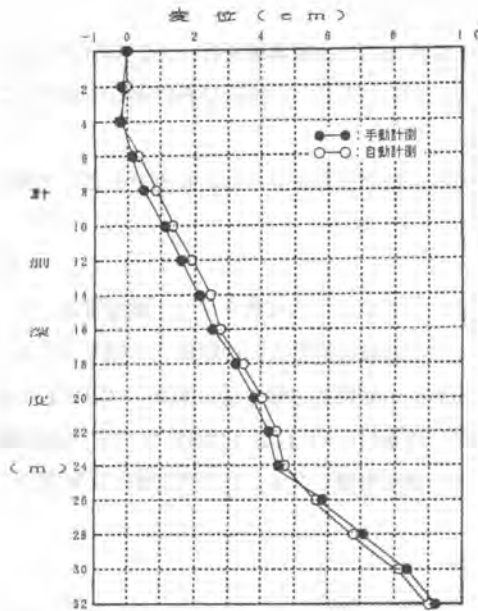


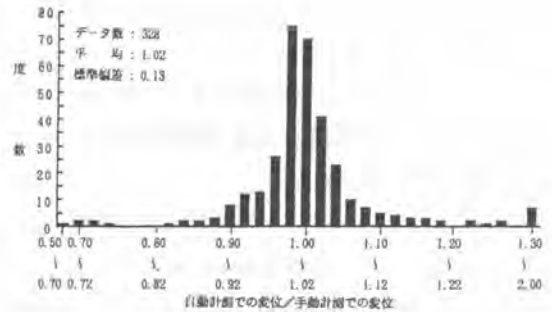
図-5 採取データの比較

(2) 出力変位の検討

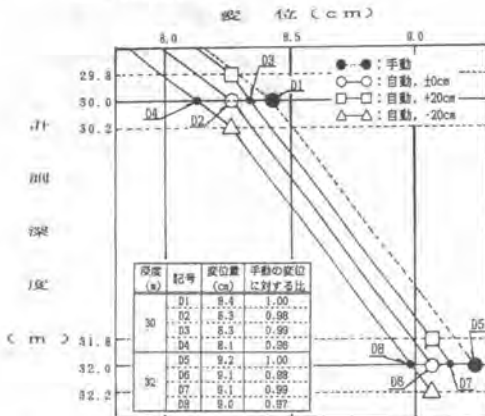
精度管理システムによる計測では、その計測レベルに±5cm程度の誤差が生じる。このことから、計測事例から1例を取り出して計測レベルの誤差による出力変位の検討を詳細に行った。図-6 (a)に、計測レベルの誤差を無視して、手動計測の場合と自動計測の場合の変位を単純に比較した例を示す。また図-6 (b)に、深度30m~32mの間について、計測レベルに最大±20cmの誤差が生じたと仮定し、各々のレベルで算出した変位を比較した例を示す。なお、図中の○印は、誤差を無視して設定レベルにあるものと仮定して出力した変位である。その結果、手動計測による変位に対する精度管理システムでの計測による変位の比は、計測レベルに誤差がないと仮定し算出した場合 0.98、計測レベルに+20cmの誤差が生じると仮定し算出した場合 0.99、計測レベルに-20cmの誤差が生じると仮定し算出した場合0.97であ



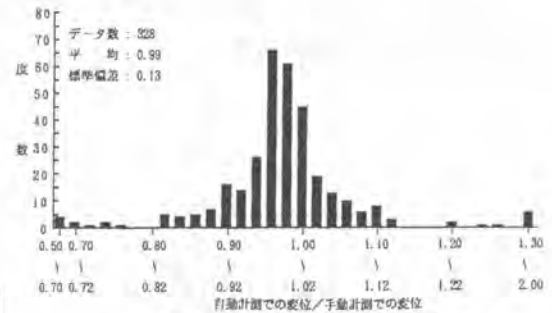
(a) 計測レベルの誤差を無視した場合の変位の比較



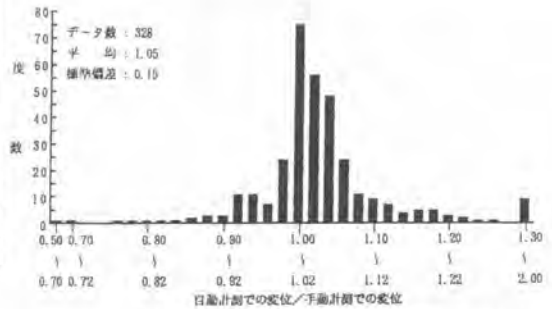
(a) 計測レベルの誤差を無視して仮定した場合



(b) 計測レベルに±20cmの誤差が生じたと仮定した場合の変位の比較(30m~32m)



(b) 各々の計測レベルの誤差を±20cmと仮定した場合



(c) 各々の計測レベルの誤差を±20cmと仮定した場合

図-6 手動計測による変位と自動計測による変位の比較例

図-7 手動計測による変位に対する自動計測による変位の比の度数分布図

った。

図-7に、6エレメントの両端軸の計測事例全体について、計測レベルに誤差が生じないと仮定した場合および±20cmの誤差が生じると仮定した場合についての、手動計測による変位に対する精度管理シ

システムによる変位の比の度数分布を示す。

図-7より、計測レベルに誤差がないと仮定した場合の平均比は1.02,計測レベルに+20cmの誤差が生じると仮定した場合の平均比は 0.99, 計測レベルに-20cmの誤差が生じると仮定した場合の平均比は1.05であった。このことから、計測レベルに±20cmの誤差が仮に生じたとしても、精度管理システムでの計測による変位は手動計測による変位の0.99~1.05の範囲内になると判断できる。

4. まとめ

- (1) 精度管理システムでの計測による採取データと手動計測による採取データとは整合性がある。
- (2) 計測レベルに±20cmの誤差を生じると仮定した場合、手動計測による変位に対する精度管理システムでの計測による変位の比は 0.99~1.05の範囲内となり、今回行った深度32mの計測6事例における各計測レベルでの変位の差は、-10mm~8mmの範囲となった。
- (3) SMWの削孔精度、造成精度を確認する手段として、本精度管理システムは、実用上十分に活用できるものである。

5. おわりに

今回の開発により、SMWの精度計測作業の省力化と効率化という成果を得ることができた。今後、益々のSMWの品質向上を目指して、本システムの拡大を図って行く予定である。

なお、計測レベル精度は、2号機においては±20mmを目標に改良を加え現在稼働中であり、ほぼ目標通りの計測レベルで作業を行っている。今後この種の工事への定着を図って行く所存である。

最後に、本システムの開発にあたり、多くのご指導とご協力を頂いた関係各位に感謝の意を表す次第である。