

27. 地中連続壁の壁面計測システム

鹿 島：*三浦 悟・菊地 哲樹

1. はじめに

地中連続壁工事における施工管理技術の一つとして掘削壁面の計測技術がある。この計測は、掘削精度（掘削溝の鉛直性）の確認や掘削壁面の崩落部の検知及び地中連続壁の本体利用という面で重要となる出来形の把握という目的で、掘削途中や掘削終了時に必ず実施されている。

しかし、従来の装置・方法では掘削中には計測できない点や計測作業に多くの労力・時間がかかるなどの問題点があげられていた。また、地中連続壁の掘削作業自体においても、従来から掘削中のデータが少なく、掘削精度の確保には高度な熟練性を必要としていたため、掘削作業の標準化、自動化に向けての管理装置としてのニーズも高まっていた。

このような背景で、当社で既に開発し、稼働実績のある地中での掘削機位置を計測するシステムと組み合わせ、掘削中での掘削精度のリアルタイム計測及び壁面全体の三次元形状の把握を可能とした地中連続壁の壁面形状計測システムを開発した。

2. 従来技術の問題点と開発課題

既存の計測装置は図-1に示すように掘削溝の中へ超音波センサを吊り降ろしながら超音波を発信し、壁面からの反射信号をそのまま記録紙に出力していた。この方法では次のような問題点があった。

- a. 1回の計測ではセンサの吊り降ろし箇所の深さ方向の断面形状しか分からず、壁面の面的な形状を把握することはできない。
- b. 測定記録には、壁面からの反射信号以外に掘削安定液中の土砂・浮遊物などからのノイズ信号も多く表示され、掘削断面を求めるには、計測者が壁面を識別して読み取らなければならない。

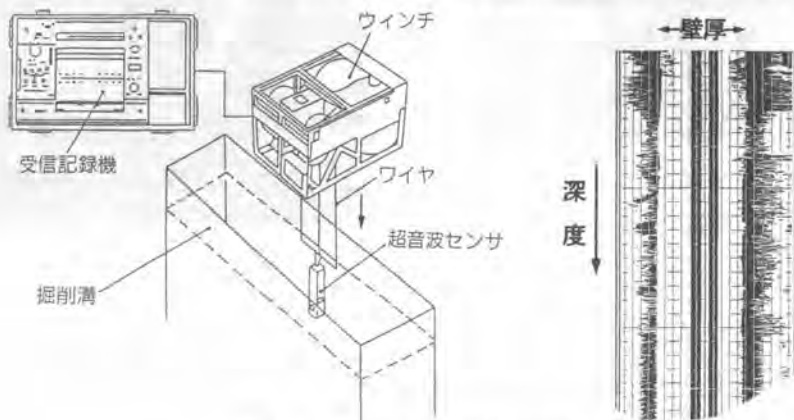


図-1 従来の測定方法と記録例

- c. 安定液の性状や土質条件によっては壁面からの超音波の反射信号が検出できず計測不能になったり、ノイズが多く壁面信号の判別が出来ないことがある。
- d. 掘削構内の安定液の性状が均一でないため、適切な出力・表示を得るためには、測定中センサの吊り降ろしに合わせ、計測者がセンサ感度を常時調整する必要がある。
- e. 掘削中の計測は行えず、20～30m掘削毎に掘削機を地上に引き上げて計測しなければならない。このため、安定液循環用の配管取り外し、取り付け作業が伴い、計測には多くの時間と労力が必要である。

このような現状の問題点を改善し、地中連続壁の掘削管理に有効な計測システムを開発するために挙げた主な課題は次のようになった。

- a. 掘削安定液中の超音波伝搬特性を把握して、これに適した超音波センサを選定する。
- b. 超音波データのデジタル化及び壁面信号の識別を自動で行う。
- c. 掘削中にリアルタイム計測を可能にするためセンサを掘削機に取り付ける。この場合に増加する雑音の影響を低減させる。

3. 開発内容

前述の検討・開発課題に対して、掘削安定液の諸特性などの基本的なデータを把握し、それをもとに計測システムの検討を行った。ここでは、システムの基盤となる超音波信号の処理方法について述べる。

信号処理法の検討にあたっては、掘削中にリアルタイムで表示したり計測結果の出力を自在に行うことを目標としたため、超音波センサの信号から壁面からの反射信号のみを識別することが最も重要となった。しかし、掘削機にセンサを搭載するため安定液と掘削土砂が絶えず攪拌されている状態での計測となり、比重の増加や懸濁した浮遊物からの反射などで掘削壁面からの反射信号を識別するのがより困難になった。このため図-2に示す方法を適用した。以下にその概要を述べる。

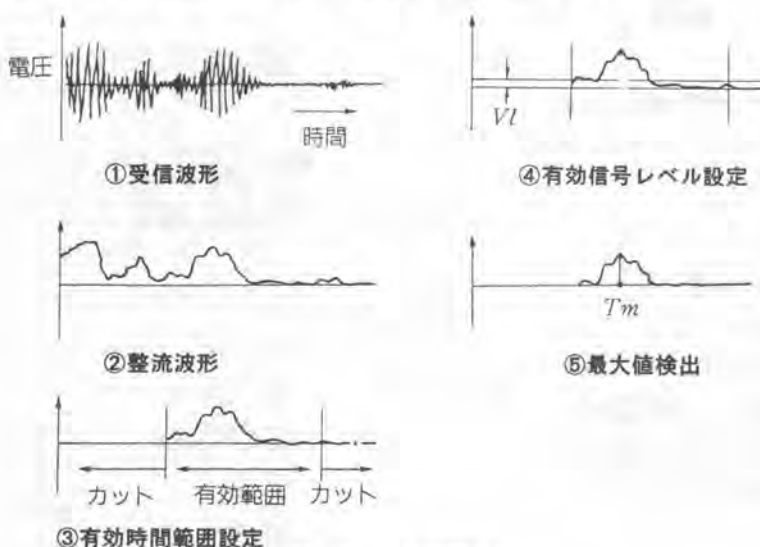


図-2 信号処理方法

- a. SN比を向上させるためにデジタル変換した反射信号の値を数回加算した後その平均を計算する。
- b. 設計掘削幅が分っているので、これをもとに反射信号の出現時間を予測し信号の有効範囲を設定する。
- c. 安定液性状や壁面状態の変化によって反射信号が変動するが、信号の強弱に追従し、確実に壁面の信号を捕えるために設定した有効範囲の中でもっとも強い信号レベル(1m)を抽出する。
- d. cの処理だけでは壁面崩壊などで反射信号が設定範囲内にない場合でも信号を検出するために、設定範囲外の平均ノイズレベル(VI)を計算し、それ以上の信号だけを信号処理対象とする。

4. システム概要

地中連続壁の壁面形状計測システムは、掘削機の地中での位置・姿勢を計測する「掘削機位置計測システム」と組合せることで、掘削中での掘削精度のリアルタイム計測及び壁面全体の三次元形状の把握を可能としている。表-1に2つのシステムの仕様、図-3に両システム全体の装置構成を示す。

(1) 掘削面形状計測システム

(a) 機器構成

掘削面形状計測システムは図-3の□で表わした部分で、掘削機本体に取り付けた超音波センサと安定液中の超音波伝搬速度を計測して距離を演算する場合の補正データを求めるセンサ、超音波センサチャンネル切替器、データ伝送用の中継器、地上の超音波送受信装置、信号処理用コンピュータで構成されている。

(b) 特徴

- a. 超音波センサを掘削機本体に取り付けることを可能としたため、掘削中に計測ができる。
- b. 計測データは人が読み取ることなく自動的に壁面の識別が行えるため安定した計測精度が得られ、またデジタル化された記録媒体に収録できるため断面図、等高線図、鳥瞰図などを自由に出力できるとともに掘削土量などの算出も行える。

表-1 計測システムの概略仕様

掘削壁面形状計測		掘削機位置計測	
計測精度	±1 cm	計測精度	±1 cm
チャンネル数	最大20ch	計測範囲	±10cm
計測時間(20ch)	1秒	対象壁厚	70cm以上
深度	150 m	深度	150 m

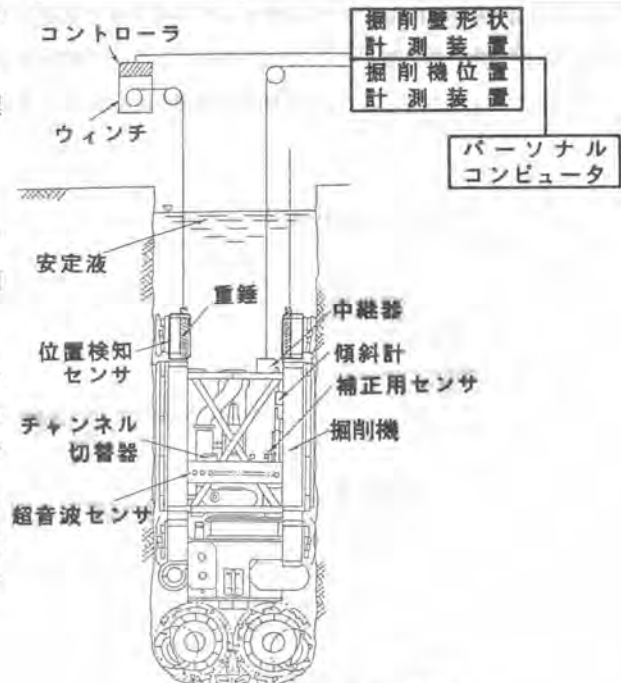


図-3 システム構成

(2)掘削機位置計測システム

(a) 機器構成

掘削機位置計測システムは掘削機本体に取り付けた重錘位置検知センサ、傾斜計、地上から吊り降ろす重錘及びそのウィンチコントローラ、データ入出力・表示ソフトで構成されている（図-3）。

(b) 計測原理

計測原理は掘削機本体の上部両肩に設置した位置計測検知用のセンサ筒内に、基準となる重錘を降ろし、非接触型の渦電流式距離センサでセンサ筒内の重錘位置を計測することによって基準からの掘削機の偏位を求める。直接的には掘削機上部の位置が求まることになるが、このデータと掘削機に設置している傾斜計のデータによって掘削機の姿勢が分かり、掘削機に搭載している超音波センサの位置及び壁面の絶対位置が計算できる。

5. システムの性能確認

本システムは実証実験も兼ねて、これまでに2件の現場適用実績がある。図-4は掘削深度120m、設計壁厚2,800mmの大深度連壁工事における適用例で、掘削中に鉛直断面図（または水平断面図）と掘削位置が運転室でモニタ出来ている。これによって、掘削壁厚と鉛直性がリアルタイムに把握・確認することができた。また、図-5のように超音波センサを複数取り付け、壁面の崩壊などの検知に用いた実績もあり、鳥瞰図や等高線図などの出力によって壁面全体の三次元形状が定量的に把握できた。

6. おわりに

今回開発したシステムを実際の工事に適用したところ、従来の計測方法の問題の解決にきわめて有効であることが分かった。その上、計測データを掘削作業にフィードバックすることで、これまで勘や経験によって行われてきた地中連続壁掘削作業の自動化技術に向けての目的を得ることができた。今後は、このシステムの普及を図り、施工の効率化や情報化に役立たせていきたいと考えている。



図-4 掘削中の表示・出力例

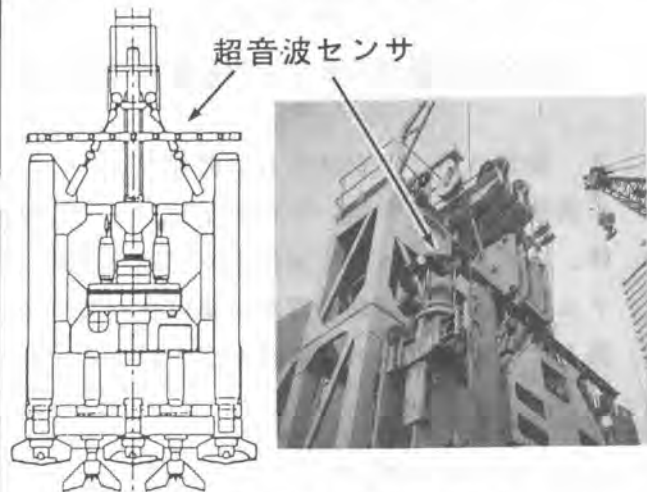


図-5 超音波センサ多点取付け例