

超音波を利用した地下計測システム

三井建設株式会社 正会員 梅 園 輝 彦

” ” ” 〇 臼 井 龍 男

” ” ” 渡 辺 宗 樹

” ” ” 酒 入 修

I はじめに

従来、地下連続壁工法や場所打杭工法などにより地盤中に掘削される孔の掘削面の形状は超音波を利用した測定機により測定されていた。しかし、従来方法では超音波信号処理、測定データ処理、測定データ記録方法などの方法上の問題で、測定値の精度や測定データの活用方法など使用者にとっては満足いくものではなかった。そこで、測定値の精度向上や測定データの活用を容易にするため、マイクロコンピュータを用いて超音波信号処理、測定データ処理、記録などにおいてデータをデジタル的に取扱う測定システム、MASU (Mitsui Automatic Scanning of Underground) システムが考案された。

開発の第一段階として、超音波を用いた距離測定における超音波反射波の基本的な特性を調べる基礎実験を行なった。次に第二段階として、基礎実験の結果を基に本システムで使用するハード、ソフトを開発した。さらに、開発したシステムの機能、測定精度の調査、実施工に用いるための資料収集を目的として、屋内水槽において実大規模の孔モデルの測定試験を行なった。ここでは、この開発したシステムの概要を報告する。

II システムの構成

本システムの構成は、通常、測定現場に設置され、形状の測定、データ処理、表示、記録を行なう測定システムと事務所サイドに設置され測定システムにより記録されたデータを読み取り、データの整理、編集、形状図の作成や測定に使用する設計データの作成などを行なう情報処理システムの二つに大別される。

1. 測定システム

(1) 構成

測定システムは形状情報を検知するセンサー部

とセンサーからの情報を処理、記録、表示、そして測定の制御を行なう超音波孔壁形状測定装置よりなる。測定システムのブロック図を図-1に示す。

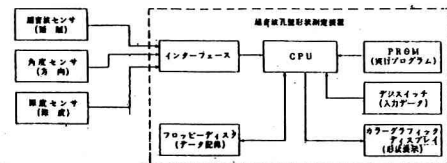


図-1 測定システムブロック図

センサーは孔壁面までの距離を測定する距離センサー、そして距離センサーの測定している方向を調べる角度センサー、距離センサーの深度を調べる深度センサーよりなる。距離センサーは超音波センサーで超音波送受信回路は超音波孔壁形状測定装置内に設置されている。角度センサー、深度センサーは今回のシステムではインクリメンタル方式のロータリーエンコーダを使用した。

超音波孔壁形状測定装置は写真-1に示す様に制御部、操作部、表示部よりなる。

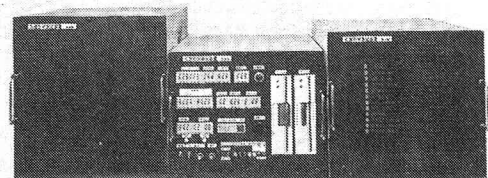


写真-1 超音波孔壁形状測定装置

制御部は三つの8ビットCPUよりなるマイクロコンピュータであり、超音波信号処理をはじめ各センサーの情報を処理、演算し形状データを作成など一連の測定の制御を行なう本装置の中核部

である。操作部は測定に必要なデータを入力するためのデジスイッチ、どの処理を行なうかを指定する指示スイッチなどがあり、測定者が操作する部分である。この他、データ記録用のフロッピーディスクドライバ、超音波送受信回路、各センサーのインターフェース回路がこの部分に装備されている。表示部は400×400ドットの16インチカラーグラフィックディスプレイで測定時には、一連の操作に従がい各種のデータを表示する。

(2) 信号処理方法

a) 超音波信号

超音波を利用した距離測定では、標的までの超音波の往復時間から距離を求めるが、そのためには、標的からの反射波を的確に捕える必要がある。通常、受信機には標的からの反射波以外にも種々の雑音を取り込まれるため、それらと標的からの反射波を識別するための信号処理が必要となる。

本システムでは受信される超音波信号に対し、二つのアナログ信号処理と四つのデジタル信号処理を行なう事により反射波を捕え、距離データを求める。

イ) 増巾、整流

受信される超音波信号は通常低いレベルにあるため増巾をする。増巾度の調整にはマニュアルのゲインコントロールとA.G.C.と呼ばれる自動ゲインコントロールがある。また、超音波信号は距離と共に減衰するため、時間的に増巾度を変えるS.T.C (Sensitivity Time Control) がある。増巾された信号は半波整流を行ない次の信号処理に送られる。

ロ) 反射波のレベルチェック

あるレベルを設定し、レベル以上の信号を反射波のものとする。この処理により雑音などの低レベルの信号を除去できる。

ハ) 反射波の中チェック

この処理は、孔壁などの壁面からの反射波と浮遊物などからのものと比較すると明らかに前者のものが大きいので、ある基準の中を設定し、それ以上の信号を反射波のものとする。

ニ) 連続信号相関

本システムでは非常に短い間隔で超音波パルスを送信しているので、動的に測定している場合

でも、連続した超音波パルスの反射波はどちらの場合も同じ時間に戻ってくる。そこで、連続した二回の受信の相関をとり、どちらの場合にも同じ時間に戻ってくる信号のみを反射波とする。

ホ) 距離算出

超音波パルスを送信してから反射波が受信されるまでの時間と設定された音速より求められる係数より距離を求める。この時、得られる送受信時間には一連の信号処理に起因する時間的な遅れが含まれるため、距離算出時にこの事の補正を行なう。

ヘ) 距離データの相関

得られた距離データについて、その前後の距離データとの連続性などを調べ、適切なデータかどうか検査する。

b) 角度信号、深度信号

角度信号、深度信号は共にロータリーエンコーダの二つの出力信号で、この信号よりUp、Downの二種の信号を作成し、これらをカウントする事により、角度、深度データを得る。

(3) 機能

測定システムの機能を以下に示す。

- a) 孔の深度別水平断面形状の測定
- b) 測定未処理データ、処理データの表示
- c) 設計データの表示
- d) 設計データと測定データの比較、判定
- e) 孔体積の算定、設計体積との比較
- f) 形状データの記録

写真-2に測定未処理データの表示例を示す。

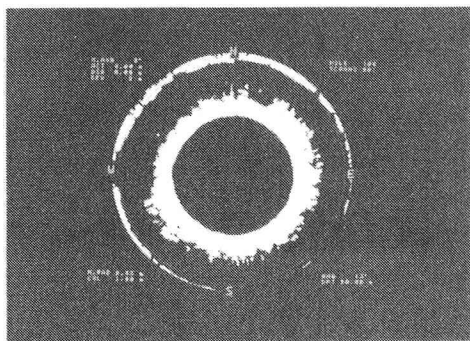


写真-2 表示例

2. 情報処理システム

(1) 構成

情報処理システムは図-3に示す様に、マイクロコンピュータ、CRT、フロッピーディスクドライブ、プリンター、プロッターよりなる。

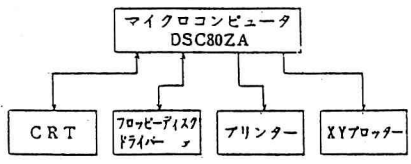


図-3 情報処理システムブロック図

(2) 機能

情報処理システムで用いるデータ解析用のプログラムを表-1に示す。

表-1 プログラム一覧

プログラム名	機 能
MASU	使用プログラムを指定する。
CLEAR	断面データファイル・設計データファイルを全て消して空白に使用可能にする。
P 3000	断面データ・設計データのリストアウトを行う。
P 4000	断面形状・設計断面形状の平面断面図を描く。
P 4100	断面形状・設計断面形状の縦断面図を描く。
P 5000	設計データファイル(FILE30、FILE32)を作成する。
RESCUE	断面形状ファイル(FILE10)の異常状態に対する処理を行う。
PFILE32	FILE32のデータを全て消して、空白に使用可能にする。
COMP30	同一孔番号の設計断面データをまとめてみる。
VOLUME	設計掘削体積を算定する。

Ⅲ 屋内測定試験

1. 試験概要

本試験は開発されたMASUシステムの機能、測定精度の調査、及び実施工に用いるための資料収集を目的とし、当社技術研究所内の実験水槽 ($l=10\text{ m}$, $w=4\text{ m}$, $Q=2\text{ m}$) で実施した。

主要な設備、機器は図-4に示す様に、測定システムと情報処理システムよりなるMASUシステム、水槽上の任意の位置に移動できる走行台車、超音波センサーを取付けたロッド、そしてロッドを回転させるロータリーテーブル、測定対象の模擬空洞よりなる。その外観を写真-3に示す。深度センサーはロータリーテーブル上に設置し、角度センサーはロータリーテーブル内の減速機構部に取り付けた。

模擬空洞は図-5に示す様な内面をモルタルコーティングした三連の鋼性モデルと内壁を粗くしたヒューム管を使用した。

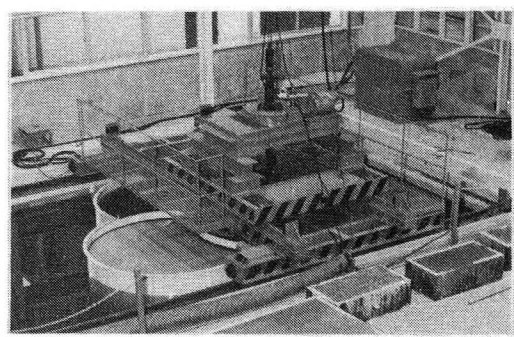


写真-3 試験設備外観

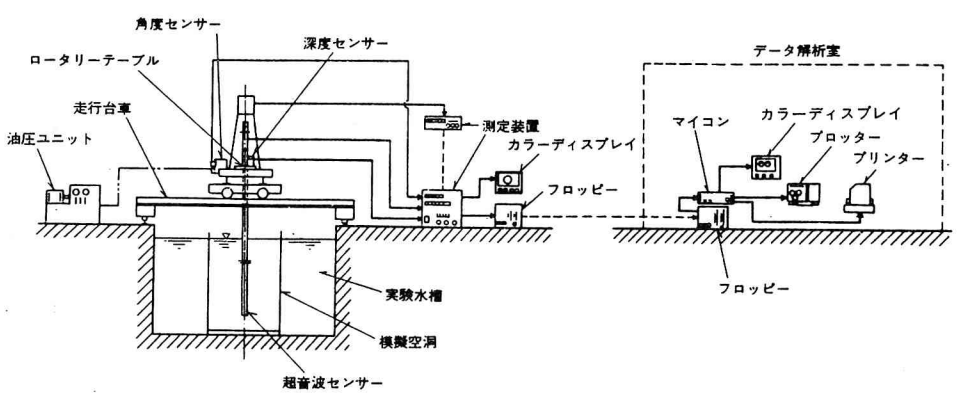


図-4 試験設備概要

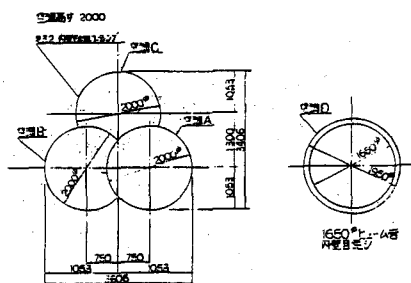


図-5 模擬空洞

試験は主に、媒質、形状、混入物の有無、媒質の流動状態、測定距離を試験条件として、またその手順は、超音波センサーを取付けたロッドを設定した位置、深度に設置し、このロッドを水平回転させる事により、模擬空洞の水平断面形状を測定し、実寸との比較により測定精度を求めた。

2. 結果

図-6に測定データ、設計データ(実寸)の作図例を、図-7に測定データの誤差の分布状況の一例を示す。

測定データは、距離算出時の補正量を適切に行

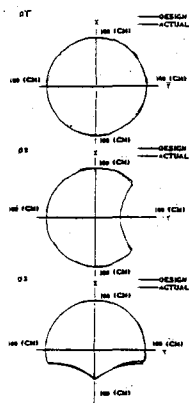


図-6 作図例

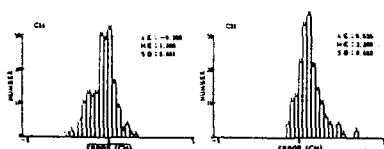


図-7 誤差分布状況例

なえば、cm単位で求める事ができ、また混入物などによる雑音に対しても強い事が確かめられた。

IV おわりに

本開発は地盤中に掘削される孔の形状計測において、精度が高く、データの活用し易い測定システムを作る事にあったが、実用規模の屋内試験により、開発したシステムが従来方法に比較し、測定精度も高く、数値データとして記録されるためデータを活用し易くなった事などが確認され、当初の目的を十分達成したと考えられる。

今後は実際の施工で使用しながら、本システムの改良、充実をはかると共に、地盤中に掘削される孔に限定する事なく、その他の水中の目視不可能な個所の形状測定にも対応できる様なシステムに機能アップして行く所存である。