

弾性波による地盤改良範囲測定システムの開発

斉藤 顕次*
Kenji Saito

前川 一行**
Kazuyuki Maekawa

細川 勝己**
Katsumi Hosokawa

高田 渉太郎**
Shotaro Takata

1. はじめに

地盤改良工法において、改良範囲を確認する手法は、いまだ確立されたものがほとんどないのが現状である。そのため、改良効果の確認は、一般にコア試料の強度試験や現場透水試験などにより、局所的な改良体の強度や透水性を調べているだけである。そこで、ボーリング孔を利用して、物理探査法の一つである弾性波法による改良範囲測定システムの開発を試みた。本報告では測定システムの測定原理・装置構成と測定能力検証のために実施した模型実験の結果について述べる。

2. 弾性波による地盤改良範囲測定システム

(1) 測定原理

本システムは、物理探査法の一つである弾性波反射法を応用したもので、改良地盤に設けたボーリング孔から弾性波を発振させ、その弾性波が改良地盤と未改良地盤の境界で反射して戻ってくる現象を利用している。測定原理は、弾性波が反射して戻ってくる時間 T を計測し、改良地盤を伝播する弾性波の速度 V から伝播距離 R を求める。そして、ボーリングの孔壁から改良地盤と未改良地盤の境界までの距離 Y を推定するものである。なお、弾性波の速度 V は図-1に示すように共通の反射点を有する2つ以上の異なった経路の伝播時間 T_1, T_2 から求められる。

(2) 装置構成

地盤改良範囲測定システムの装置構成を図-2に示す。本システムは送受波装置、送受波制御装置およびデータ解析装置から構成されている。送受波装置は、送受波エレメントとそれらを測定方向の孔壁に圧着させる装置で

ある。弾性波にはP波とS波があるが、本システムのエレメントはS波測定用である。送受波制御装置は、地盤を伝播する弾性波の速度を調べるために必要な共通反射点記録が得られるように送受波エレメントを順次発振させる装置である。また、データ解析装置では波形データのスタック処理やフィルタ処理から反射点距離の推定まで一連のデータ処理が可能である。

(3) データの解析手法

測定によって得られたデータの処理手順は以下のとおりである。まず、ノイズ成分を減少させデータの質を向上させる。次に、共通反射点の記録から改良地盤を伝播する弾性波速度を求める。そして、時間軸によって記録した波形を弾性波速度から距離軸に変換して、反射波の初動から未改良地盤までの距離を推定する。

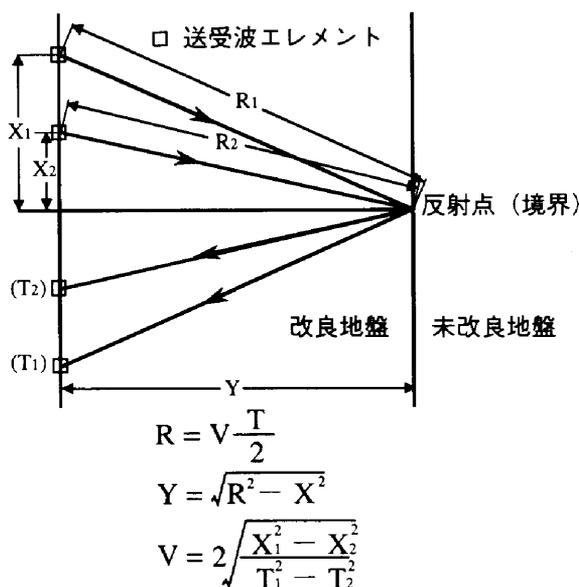


図-1 測定原理

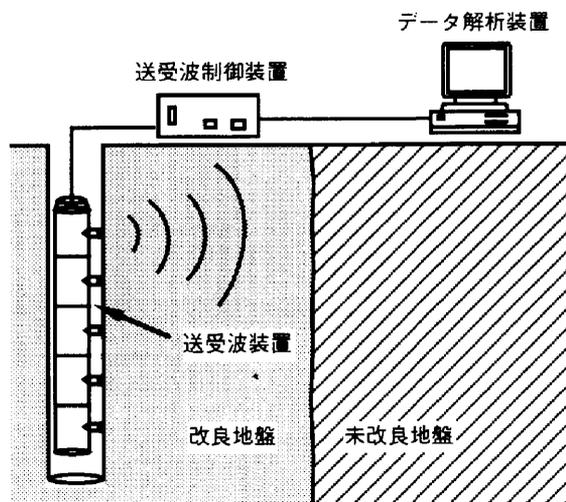


図-2 地盤改良範囲測定システム

* 技術研究所研究部

** 技術研究所地質研究課

3. 模型実験

(1) 実験方法

本システムの測定能力検証のために模型実験を行った。図-3に実験土槽の概略を示す。改良地盤は珪砂5号に改良材を混ぜたものであり、改良材はセメント系を使用した。表-1に使用した改良材の配合を示す。また、弾性波測定時の改良地盤の強度を調べるために、改良地盤と同時に一軸圧縮試験用のコアも作製した。未改良地盤は珪砂5号であり、水中落下させ約200mmの巻出し厚でバイブレーターにより締め固めた。測定用のボーリング孔は、図-4に示すように内接円の直径が100mmの正六角柱で、6方向の反射波を測定した。表-2に孔壁から各測定方向の延長上にある改良地盤外周面までの距離（設計値）を示す。なお、本実験では、送波エレメントを1つに固定しているため改良地盤中の弾性波速度は、送受波エレメントを一軸圧縮試験用のコア端面に設置し、計測した数値を採用した。

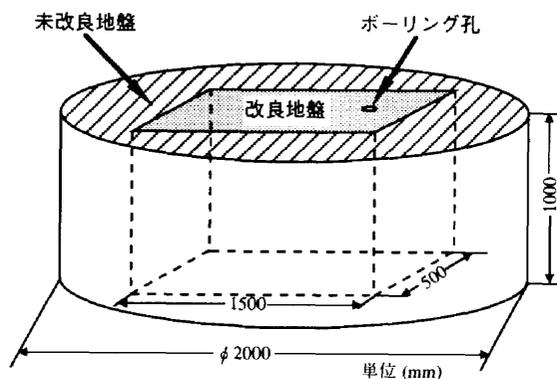


図-3 実験土槽の概略

表-1 改良材の配合

材 料	単位重量 (kg/m ³)
普通ポルトランドセメント	330.9
混和剤 (マイティー150)	5.3
水	325.6
珪砂5号	1496.6

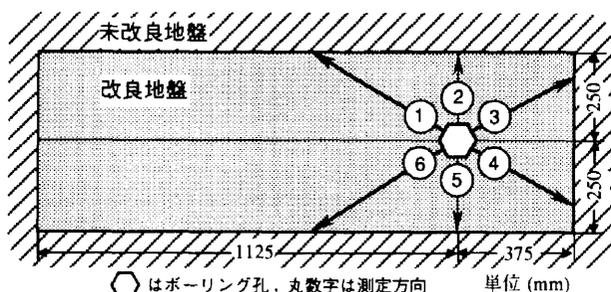


図-4 ボーリング孔の配置と測定方向

表-2 改良地盤外周面までの距離（設計値）

測定方向	①	②	③	④	⑤	⑥
距離 (mm)	450	200	383	383	200	450

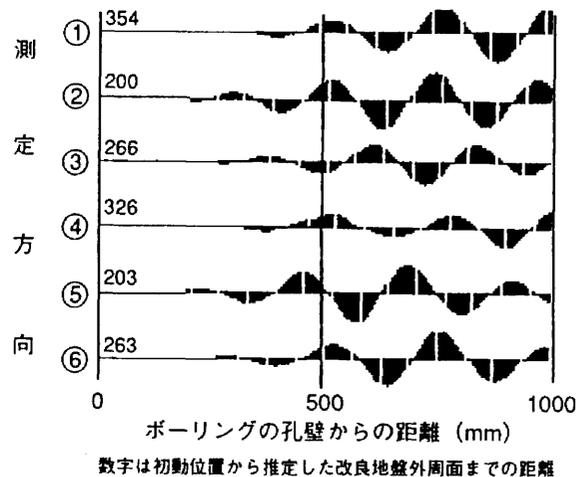


図-5 弾性波の測定結果

(2) 実験結果

弾性波の測定結果を図-5に示す。図中の数字は、反射波の初動位置から推定した各測定方向の改良地盤外周面までの距離を示している。なお、改良地盤の一軸圧縮強度は25.9kgf/cm²(2.64MPa)、未改良地盤の乾燥密度は1.465 g/cm³であった。図から、送波方向に対して改良地盤の外周面が垂直になる②、⑤方向の初動位置は、設計値とほぼ一致していることが分かる。しかし、その他の測定方向の初動位置は、いずれも設計値に比べかなり小さい値を示している。これは、S波が同心円状に伝播するため、送波方向に対して改良地盤の外周面が垂直でない方向では、設計値よりも近い改良地盤外周面からの反射波が初動として検出されたためと考えられる。

4. おわりに

弾性波を用いた本システムにより、地盤改良の改良範囲は、ある程度推定可能であることが確認された。今後は、汎用性のある改良範囲測定システムとして適用可能にするために、実験条件の拡大や現場実験を実施する予定である。

参考文献

田村, 大川, 牧原, 阿部: 孔内弾性波反射検層による改良地盤の改良範囲測定方法の開発, 第30回土質工学研究発表会 平成7年度発表講演集, 1995, pp 5~6