

拘束条件下における超音波締固めの効果

大同工業大学 正会員 桑山 忠
 大同工業大学大学院 学生会員 ○ 野上 周嗣
 大同工業大学工学部 青木 寛 後藤 正 謝敷 和秀

1. はじめに

液状化対策など軟弱砂地盤の改良工法には、サンドコンパクションなど多くの工法がある。これらの工法は振動・騒音・近接構造物への支障など周辺への影響が大きい。筆者らはこのような支障のない超音波を利用した締固め工法を提案し、締固めの効果のあることを示している^{1), 2), 3)}。

これまでの室内実験では上面、側面、下面方向から超音波を照射してきたが、拘束条件下での締固め効果については調べられていない。この報告では、10m以上の地中でも超音波による締固めの効果があることを調べるために、拘束条件を与えられる三軸セルに超音波発振装置を取付けて効果を確かめたもので、試験装置及び実験結果について述べたものである。

2. 超音波の締固め原理

従来の飽和砂地盤の改良工法は、衝撃力や圧縮力を利用して締固めを行うが、それらの方法は力を受けた部分からエネルギーが伝わりその結果地盤が圧縮されて密度を高めている。この場合、地盤の含水状態による間隙水圧の発生などで十分にエネルギーが伝わらない。しかし超音波は振動数が高いため、超音波のエネルギーが飽和地盤の中に含まれている水を通して土粒子1粒ずつに作用し、土粒子を直接動かし強制的に地盤を液状化させ、密度を増加させて締固めを行なう。⁴⁾

3. 実験装置

拘束条件下での超音波照射を行なうために、三軸室上部に周波数 28kHz (出力: 45・60・70W)の超音波発振子を取り付けたものを作成した(図-1)。発振子はキャップ部分に取り付ける予定であったが、超音波の音圧が供試体に与える影響が大きすぎるため図-1のように三軸セル上面に発振子を2個取り付け、三軸室内の水を通して供試体に伝達する方法を取った。また、取り付けられた三軸室上部の質量が大きいため三軸室内に照射されるときの周波数は23kHzとなった。

4. 実験方法

この実験は拘束条件下においても土粒子を動かすことができるかを調べるための基礎実験であるので標準砂によって供試体を作成した。供試体の作成は均一性の確保などに配慮して凍結法で作成した。φ35mmの供試体を図-1に示すように三軸セル内に設置し、等方的に拘束圧をかけた。拘束圧は 2kgf/cm² と 3kgf/cm² の2種類で行ない、排水量が落ち着くまで(約 30 分間)等方圧密を行なった。その後、供試体上部に 0.5kgf/cm² 軸差応力を載荷し、超音波を5分間照射した。その際、照射による沈下量と排水量、及び軸差応力が0になるまでの時間を測定した。⁵⁾

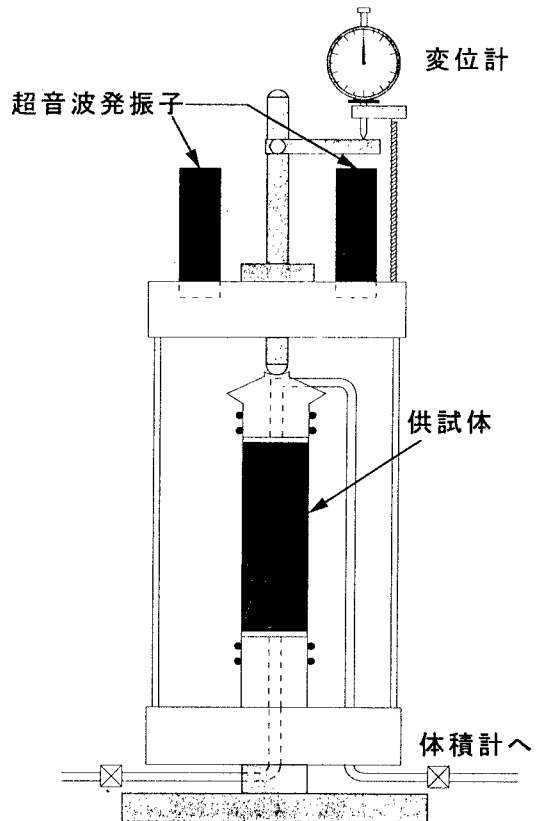


図-1 発振子付き三軸室

5. 実験結果

実験結果を図-2、3に示す。

超音波を照射すると短時間で沈下量、排水量とも一定になり、軸差応力も0になってくる。除荷時間（軸差応力が0になるまでの時間）は、初期相対密度、拘束圧に関わらず約4～7秒であった。一方、沈下量、排水量とも一定値になる時間は除荷時間と同様に約4～7秒間であった。このことから、超音波を照射することによってくり返しせん断を受けた時と同様に、土粒子間のかみ合わせがはずれて“液状化”の現象が生じたものと考えられ、この液状化現象によって締固め効果が得られるものと考えられる。

密度の増加割合は、初期相対密度の低い方が高い方より大きくなり、拘束圧が大きいものより小さい方が高くなる。しかし、いずれのケースも超音波照射によって液状化を起こさない程度の相対密度にまで達していることがわかる。

6. まとめ

この研究では、拘束条件下での超音波による締固めの可能性を飽和標準砂で調べたものであり、次のことが明らかとなった。

- ①初期相対密度が低い方が、締固め効果(密度増加率)は大きくなる。
- ②拘束圧は小さい方が締固め効果は大きくなる。

標準砂を用いた基礎実験であるため強度の増加、土粒子配列の変化、標準砂以外の一般的な土での締固め効果など不明な点が多くあるが、10mを超えるような地中でも超音波による締固めが可能であることが明らかとなった。

参考文献

1. 桑山・桜木：超音波締固めの水槽実験、第28回土質工学研究発表会講演概要集、1993。
2. 桑山・辻・寺本：超音波による砂の締固めに関する基礎実験、第27回土質工学研究発表会講演概要集、1993。
3. 桑山・辻・寺本：超音波による海砂の締固めに関する基礎実験、土木学会第47回年次学術講演会講演概要集、1992。
4. 実吉・菊池・能本：超音波技術便覧、日刊工業新聞社、1968。
5. 地盤工学会：土質試験の方法と解説、1996。

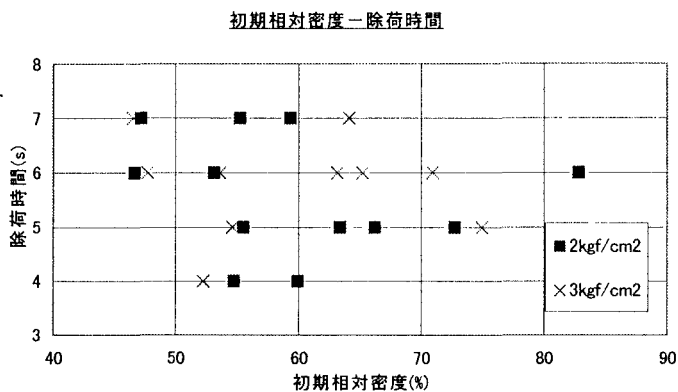


図-2 初期相対密度と除荷時間との関係

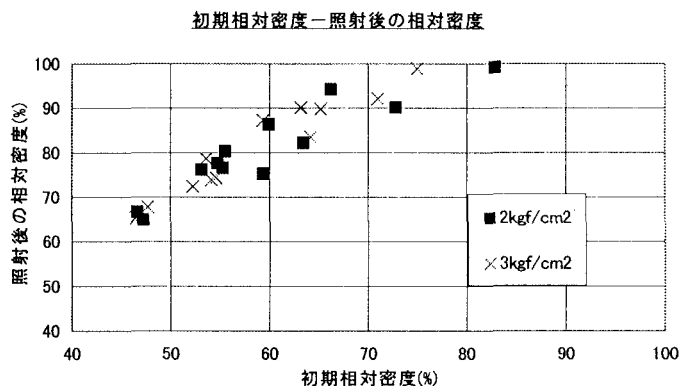


図-3 初期相対密度と照射後の相対密度との関係