

III-333 超音波締固めの水槽実験

大同工業大学 正 ○ 桑 山 忠
岐阜大学(院) 学 桜 木 伸 夫

1. まえがき

超音波を利用した締固めの可能性について基礎的な室内実験および現地実験を実施してきた¹⁻³⁾。超音波発振器を取り付けた締固め装置の改良の必要性はあるが、超音波を利用した軟弱な砂地盤の締固めが可能であることが判明してきた。

超音波を利用した締固めの利点は、①無振動・無騒音である、②エネルギー効率がよい、③締固め装置が簡単である、④シルトなどの細粒分の方が粗粒砂より良く締固められる、などが挙げられる。一方、欠点としては、超音波の減衰が大きく、特に、媒体が空気などの気体だと締固めに必要な超音波エネルギーが伝わらないため水中での締固めしかできない、さらに、超音波締固めの有効範囲が小さくなることが挙げられる。しかし、超音波締固めは軟弱砂地盤の液状化対策工法などに適した締固め工法としての可能性をもっている。

この報告は、超音波締固めのメカニズムと超音波の減衰を調べるために実験水槽を製作して超音波照射による水圧変化を測定し、この結果に考察を加えたものである。

2. 実験装置

この実験で使用した水槽を図-1に示した。側面に市販されている水中投げ込みタイプの超音波洗浄器（出力：600W、周波数：28kHz）を取り付け、超音波が水平方向に発振できるようにしている。

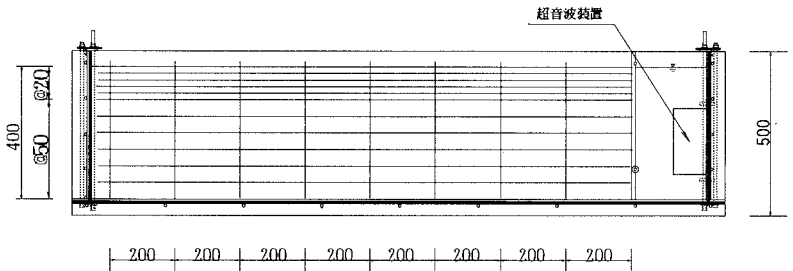


図-1 実験水槽

実験には水中での超音波の減衰と粗密波である超音波の圧力変化を測定するために微圧間隙水圧計（直径：12mm、高さ：8mm、測定最大圧：0.1kgf/cm²）を用いた。

3. 実験方法

超音波締固めのメカニズムを知るために、超音波発振による水中での水圧変化を調べた。この実験では水槽の高さ方向と発振面からの距離の相違による水圧の変化を測定する。超音波の周波数が28kHzであるため0.1秒間隔に500回測定して、その測定値の最大値と最小値の差を圧力振幅とする。一方、超音波締固めの影響範囲を調べるために豊浦標準砂と木曽川砂をそれぞれ水槽に相対密度が40%となるようにふるいを通して静かに敷きならして超音波を照射し、圧力変化と表面の沈下を測定する。図-2は実験に用いた標準砂と木曽川砂の粒度分布を示している。

4. 結果と考察

図-3は水深20cmにおける超音波発振面からの距離と測定水圧の最大と最小の関係を示したものである。水槽中央部と側壁部で

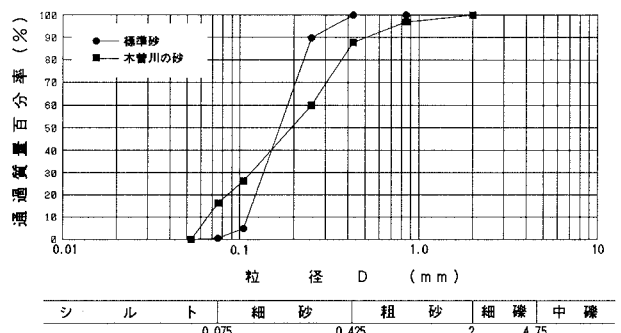


図-2 粒径加積曲線

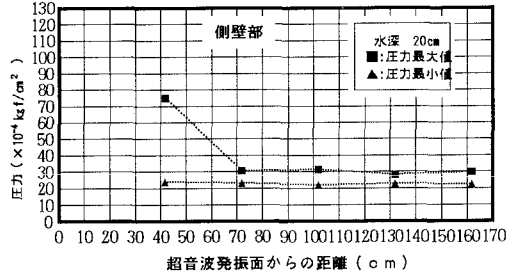
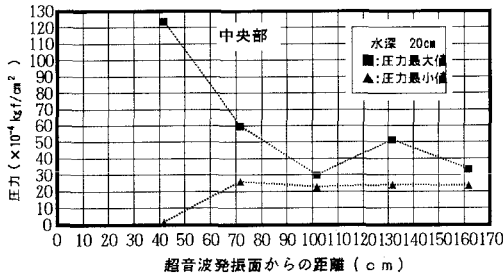


図-3 超音波発振面からの距離と最大、最小圧力の関係

は最大値に変化がみられるが最小値は同一の値を示している。一方、最大値と最小値の差は圧力振幅であるが、中央部と側壁部では2倍近くの差が認められる。これは側壁に用いたアクリル板で超音波の透過と反射の影響がでたものと考えられる。

発振面からの距離と圧力振幅には大きい変化がみられ、超音波によるキャビテーション⁴⁾の影響が大きく現れたものと思われる。すなわち、超音波締固めはキャビテーション効果で振幅が増幅され、これによって砂粒子が振動して局部的に液状化を起こして締固め効果をもたらしていると考えられる。

標準砂と木曽川砂の水槽実験で測定された砂層表面の沈下から相対密度を算定して図-4に示した。

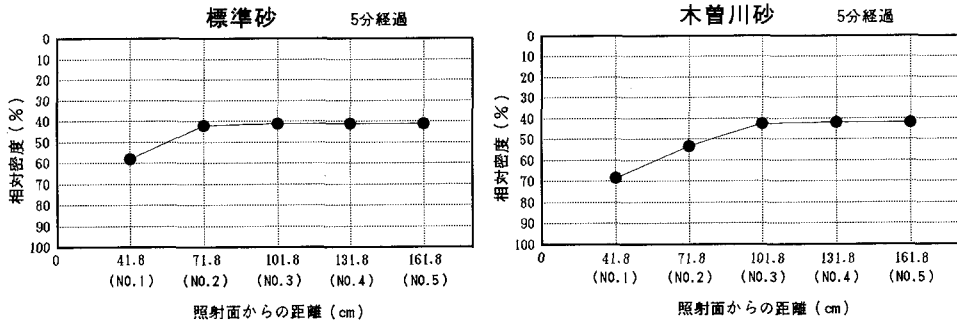


図-4 超音波発振面からの距離と砂層相対密度の関係

図-3と4を比較すると圧力振幅の大きい地点で砂層の相対密度が上昇していることが分かる。砂層での圧力振幅は水中の圧力振幅と同じ傾向を示すが、振幅の大きさは1/3～1/5であり、飽和砂層での超音波の減衰が大きいことを示している。すなわち、超音波のエネルギーが効率よく砂層の締固めに作用していることを示している。図-4には照射時間が5分経過したときの相対密度を示したが、締固めは2分以内で5分後の90%以上に到達しており、室内の基礎実験と同様の結果が得られた。

5. おわりに

大型の水槽を用いた超音波締固めの実験を行って次のことが判明した。①超音波締固めのメカニズムはキャビテーション効果で増幅された圧力振幅によって個々の砂粒子が振動して局部的液状化で砂層が締め固まる。②超音波のエネルギーは効率よく砂粒子の振動に費やされ減衰が著しい。

超音波を利用した締固めのメカニズムが判明し、超音波締固め工法の確立のために明らかにすべきことが分かってきた。すなわち、超音波出力、周波数、発振面の形状と締固めの影響範囲、効果の関係、砂層の透水性と締固め効果の関係などを調べる必要がある。

〔参考文献〕

- 1) 辻、桑山、寺本：超音波を利用した砂の締固め、土木学会中部支部研究発表会講演概要集、1992. 3.
- 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集、1992. 6.
- 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. 9.
- 4) 例えば、川端昭：やさしい超音波工学、工業調査会、1989. 7.