

超音波を利用した砂の締固めについて

大同工業大学

大同工業大学

富士エンジニアリング（株）

○ 学 辻 栄太郎

正 桑 山 忠

正 寺 本 博 巨

1. まえがき

砂地盤の改良工法には、サンドコンパクション工法のように衝撃を地盤に与えて砂の密度を増加させる締固め工法や、地盤内に薬液を注入して、砂粒子間の間隙を充てんすることによって地盤の強度を増加させる工法などがある。砂の液化化対策には、砂地盤の相対密度を大きくする工法や、上載荷重を大きくする工法などが採用されている。一方、東海地区は、東海沖地震の発生の可能性が高く、臨海部での液化化対策が急がれている状況にある。

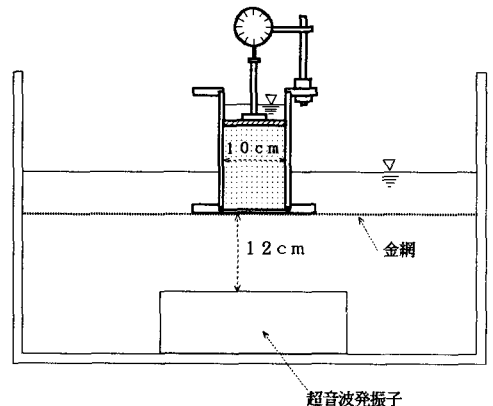
そこで本報告では、緩い砂地盤の液化化対策の一つとして超音波を利用した砂の締固め工法の可能性を基礎的実験で確かめた結果を示したものである。また、この実験では超音波のキャビテーション効果を利用して砂を締固めようと試みている。キャビテーション効果とは超音波の強度を上げていくと音圧が静水圧を越えて減圧側で負圧を生ずるようになり、この状況の時に液体を引き裂く力が働き、水中に真空の空洞を発生させる。この空洞が真空、またはこれに近い低圧で次の圧力位相で再びつぶされ、その時に液体どうしが激しくぶつかりあい大きな衝撃力を生み出す現象のことで実験ではこの衝撃力により砂粒子の間隙をなくそうとするものである¹⁾。

2. 実験試料

実験には $420\mu\text{m}$ のふるいを通し、脱気した豊浦標準砂を用いた。この標準砂の比重は $G_s=2.65$ 、最大間隙比 $e_{\text{max}}=0.950$ 、最小間隙比 $e_{\text{min}}=0.608$ である。なお最大間隙比、最小間隙比は、土質工学会の試験方法に従って求めた値である²⁾。

3. 実験方法

実験装置の概要を図-1に示す。まず漏斗を用いた水中落下法により、均一な供試体を作成し、供試体上面に水平板を置き、沈下量を測定するためのダイヤルゲージを設置する。実験方法は供試体作成後、相対密度の初期値を $Dr \approx 40\%$ に設定してから超音波を照射し、水平板の沈下量を測定した。このときの超音波発振装置の出力は600W、周波数28KHzである。水平板の沈下観測は20, 30, 40, 50秒, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10分までとした。さらに供試体の高さを10cm, 15cm, 20cm, 25cmの4種類について実施し、砂の量と超音波による締固め効果との関係を調査した。



4. 実験結果と考察

図-2, 3, 4, 5に相対密度～超音波照射時間の関係を示す。この図を見ると、初期相対密度が40%という非

図-1 超音波処理装置模式図

常に緩い状態にあっても約1分以内ではば相対密度が70%以上となることがわかる。10分経過すると全ての高さの供試体とも相対密度が約80%にまで達している。福島、瀧岡らの研究によると^{3), 4)} 相対密度が80%以上になると、液状化強度が非常に大きくなるという報告から、超音波を利用した締固めが液状化するような非常に緩い地盤に対して有効であることがわかる。また、この図から短時間で液状化を起こさない地盤強度を得ることができることもわかった。一方、相対密度の増加には超音波照射時間との間に変曲点がみられ、この変曲点を過ぎると相対密度の増加割合が非常に小さくなる。この変曲点までの照射時間は、供試体の高さが大きくなるとともに長くなることがわかる。これは超音波の強さと砂の量に関係があると考えられる。

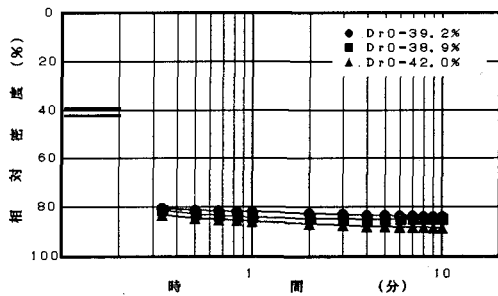


図-2 標準砂 $H_0=10\text{cm}$, $Dr_0=40\%$

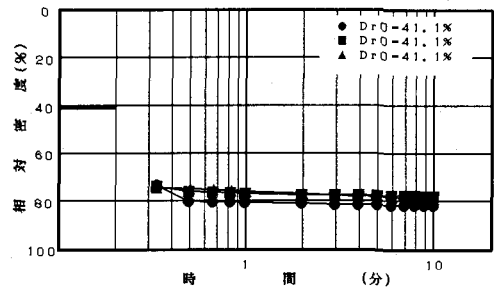


図-3 標準砂 $H_0=15\text{cm}$, $Dr_0=40\%$

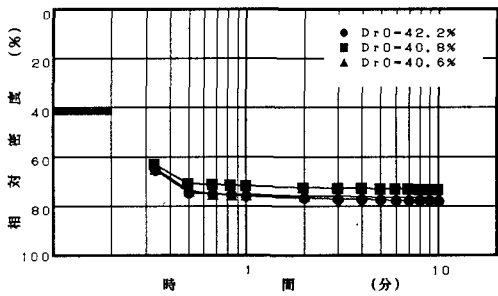


図-4 標準砂 $H_0=20\text{cm}$, $Dr_0=40\%$

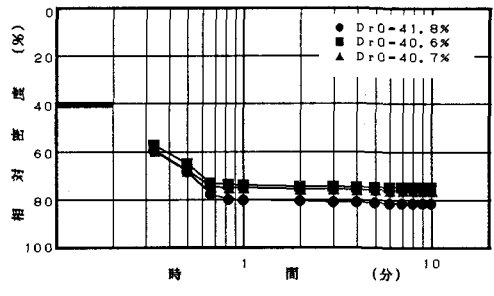


図-5 標準砂 $H_0=25\text{cm}$, $Dr_0=40\%$

5. おわりに

超音波を利用した砂の締固めに関する基礎的実験によって短時間で砂の相対密度が急激に増加することが確認できた。しかし、粒子形状、粒度分布が異なっている場合の効果については砂の種類を変化させて検討を加えていく必要がある。さらに供試体の初期条件を変化させたときについても検討しなければならない。

参考文献

- 1) 例えば、川端昭：やさしい超音波工学-拓がる新分野の開拓-、工業調査会、PP12~26 1989
- 2) 土質工学会：「土質試験法」1985
- 3) 福島伸二，龍岡文夫，木下効志：ねじり単純せん断試験における砂とガラスの強度の拘束圧依存性，第16回土質工学研究発表会発表論文集，1981
- 4) 龍岡文夫，村松正重，佐々木勉：密な飽和砂の非排水繰返し強度と地盤液状化判定法，第16回地震工学研究発表会発表概要，土木学会耐震工学委員会，1981