

III-535 超音波による海砂の締固めに関する基礎実験

大同工業大学 正 桑 山 忠
 大同工業大学 学 辻 栄太郎
 富士エンジニアリング（株） 正 寺 本 博 亘

1. はじめに

現在、砂地盤の改良工法にはいくつかの工法があり、これらの中には液状化に対する工法もいくつかある。これらの工法の一つとして、超音波を使って軟弱地盤を締固める方法を考え、砂の締固めに対する超音波利用の可能性について基礎的な実験を行った。本報告では海砂を各粒径ごとにふるい分けしたもののについて、供試体の初期条件をそれぞれ変化させて基礎的な実験を行った。この締固めには超音波のキャビテーション効果を利用する。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を振動させ間隙を小さくするものである¹⁾。

2. 実験試料

実験には愛知県矢作古川河口部右岸で採取した海砂をふるい分けした試料を用いた。さらに、実験時には、海砂を真空ポンプで脱気してから用いた。各粒径の砂の物理的性質を表-1に示す。締固め度については相対密度でもって評価し、表-1の最大間隙比、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⁾。

表-1 物理的性質

粒径(mm)	比重	最大間隙比	最小間隙比
0.074~0.105	2.7187	1.7510	1.0039
0.105~0.250	2.6763	1.4829	0.8249
0.250~0.420	2.6437	1.2082	0.7043
0.420~0.840	2.6590	1.0418	0.6440

3. 実験方法

実験装置の概要を図-1に示す。まず、漏斗の中に脱気した砂を静かに入れて水中落下させ、容器の中に均一供試体を作成する。次に供試体上面に水平板を設置し、その上に沈下量を測定するためのダイヤルゲージを据え付ける。そして実験容器を水槽にいれ、下から超音波を照射する。超音波発振装置の出力は600W、周波数は28KHzである。この照射による水平板の沈下を測定し、この沈下量から相対密度を算定した。水平板の沈下の観測時間は20、30、40、50秒、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10分までとした。また、供試体の高さを10cm、15cm、20cm、25cmの4種類、供試体作成時の相対密度の初期値をそれぞれ D_{ro} =約40%、50%、60%の3種類に変化させて実験を行った。これは砂の量、あるいは砂の初期の状態によって超音波による締固め効果の変化を調べた。

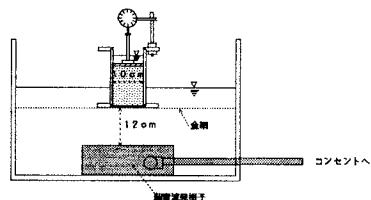


図-1 超音波処理装置模式図

4. 実験結果と考察

図-2は各粒径ごとの供試体高さ h_0 =10cm、初期の相対密度 D_{ro} =40%の実験結果である。粒径が細くなるほど相対密度が大きくなるが締固まるまでに時間がかかることがわかる。さらに、沈下速度が初めは緩やかであるが次第に早くなるこ

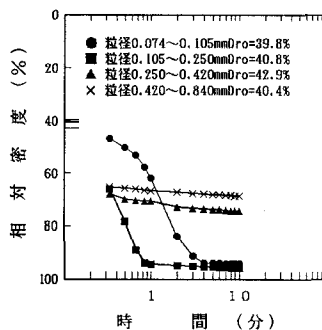


図-2 各粒径・ H_0 =10cm、 D_{ro} =40%

とがわかる。これは、超音波のキャビテーションによって、液状化状態となり間隙水圧が上昇し、これが消散して密度増加で締固めが促進されるが、粒子が細くなると透水性が低下して間隙水圧の消散に時間が必要とな

ったものと考えられる。図-3、4、5、6 は供試体を10分間超音波照射した後の粒径と相対密度の関係を示したものである。これらの図から粒径の小さいものの方が相対密度は高くなり、超音波による締固め効果が大きいことが分かる。供試体の高さを変化させた場合でもほぼ同様の傾向を示すが、初期の相対密度が高いものほど同じ照射時間でよく締固まる。相対密度が80%以上になると液状化に対する強度が大きくなることから^{3)、4)}、超音波を利用した締固めが液状化しやすい緩い砂地盤に対して有効であることがわかり、短時間の照射時間で液状化を起こさない程の地盤強度を得ることができる。図-7、8、9、10は相対密度の増加割合がある照射時間を境に小さくなるところを変曲点と定義して各粒径の初期相対密度と変曲点時間との関係を示したものである。これらの図から粒径が小さい程、変曲点に達するまでに時間がかかり、また所要時間にばらつきがみられる。これはキャビテーション効果により砂が密な状態になるとともに、間隙水圧が高くなり、この水の排水に時間がかかるためと考えられる。また、同じ粒径でも初期の相対密度が低いもの程、変曲点に達するまでに時間がかかることもわかる。

5. おわりに

超音波を利用した海砂の締固めに関する基礎的実験により短い時間で海砂の相対密度を急激に増加させることができることが確認された。また、超音波による締固めが砂よりもシルトのような粒径が小さいものの方に効果があることも認められたが、透水性が低下するため、締固めに時間がかかることも判明した。今後、超音波の出力や照射距離が異なっている場合や、シルト、粘土のような細かい粒径に対する効果、あるいは超音波締固め効果と透水性の関係についても検討を加えていく必要がある。

[参考文献]

- 1) 例えば、川端昭：やさしい超音波工学―広がる新分野―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ビーズ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

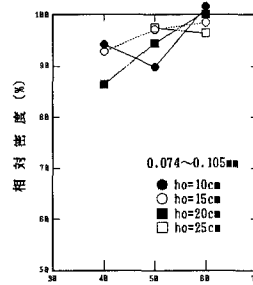


図-3 粒径-相対密度, 10分

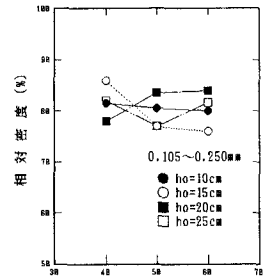


図-4 粒径-相対密度, 10分

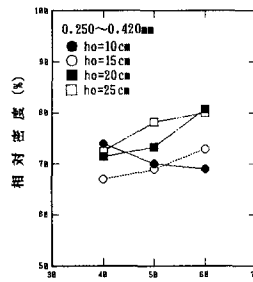


図-5 粒径-相対密度, 10分

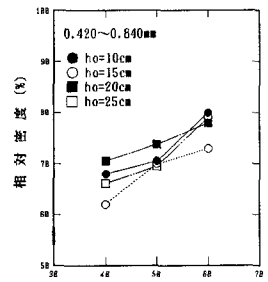


図-6 粒径-相対密度, 10分

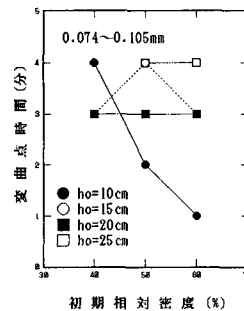


図-7 初期相対密度-変曲点時間

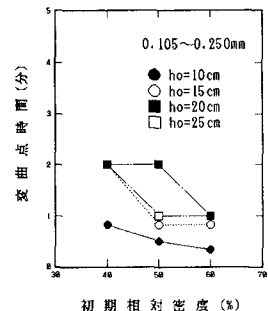


図-8 初期相対密度-変曲点時間

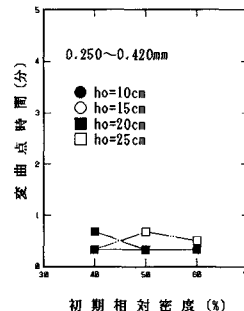


図-9 初期相対密度-変曲点時間

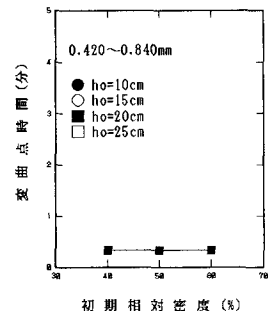


図-10 初期相対密度-変曲点時間