

超音波を利用した石炭灰の締固め

大同工業大学 ○ 桑 山 忠

1. はじめに

石炭火力発電によって発生する石炭灰はその多くが海面などに埋立処分されている。石炭灰は細粒なため海面での埋立では締固めが困難であり、軟弱地盤となっている。この埋立地盤を利用する際には地盤改良を行う必要があり、これに多大の経費を要し、海面下での石炭灰の締固め法が求められている。一方、超音波のキャビテーション効果を砂の締固めに利用することを提案してきているが^{1), 2), 3)}、石炭灰のような細粒土についてもその効果が期待できると考え、直径 590 mm の土槽を用いて実験⁴⁾を行った。その結果、表面から 1.0m 程度までの締固めが期待できることが判明したが、密度の増加に比べて強度の増加の方が大きいことがわかった。ここでは、石炭灰のような細粒土の超音波締固めのメカニズムを明らかにするためにミクロ的な観察を行なったので、その結果を報告する。

2. 実験試料

この実験に使用した石炭灰は中部電力(株)碧南火力発電所で発生したものをを用いた。図-1は実験に使用した石炭灰の粒径加積曲線を示している。石炭灰粒子の密度は $G_s = 2.376$ であるが、球形粒子であるために密な状態になりやすく、最大乾燥密度 $\gamma_{dmax} = 1.44 \text{ kgf/cm}^3$ 、最適含水比 $W_{opt} = 20.5\%$ となり粘土分の多い土としては大きい値を示している。また、最大間隙比と最小間隙比はそれぞれ $e_{max} = 1.759$ 、 $e_{min} = 0.819$ である。

3. 実験方法

図-2は実験装置の模式図である。アクリル製のモールドに水を入れ、乾燥した石炭灰を水中で落下させる。石炭灰の上面が 20 cm の高さになったときの石炭灰の投入量を計量し、24時間静置する。超音波照射前に石炭灰上面の高さを再度測定してから、超音波を15分間照射する。超音波照射後24時間静置して石炭灰上面の高さを測定し、相対密度を計算した。超音波照射前にはモールド内から石炭灰を取り出すと自立しなかったが、照射後には自立するようになるので、自立したサンプルを -30°C で冷凍し、走査電子顕微鏡観察の供試体を作成した。使用した超音波発信装置は周波数 28kHz、出力 600 W であり、発振器より 12cm 離して照射した。

4. 実験結果

超音波照射による密度増加を相対密度で示したのが図-3である。密度増加の割合は砂の場合に比べると小さい³⁾が、数%程度の増加が認められる。また、初期の相対密度が小さいほど締固

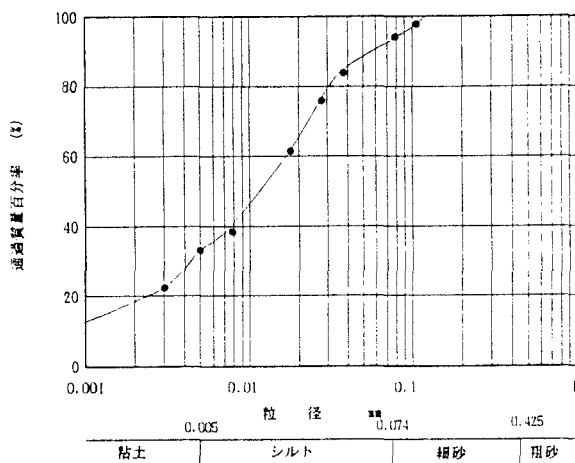


図-1 石炭灰の粒径加積曲線

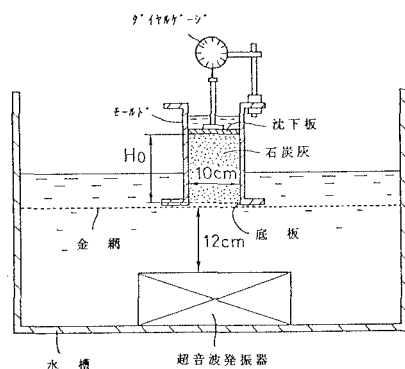


図-2 実験装置の模式図

め効果大きく、密度増加が大きくなる。

図-4は超音波照射後の走査電子顕微鏡の写真である。写真中に見られる空洞は照射直後に水で満たされていた部分であり、超音波照射によって石炭灰と水の分離が起こり、透水性が低い排水されず空隙として残ったものと考えられる。この空洞は比較的大きいものが多く、数十ミクロンの大きさに分布していると考えられる。超音波照射後24時間静置してから再度超音波を照射しても顕微鏡で観察された空洞には変化が見られなかったが、表面沈下が1回目より多く起こった。

5. 考察

石炭灰の超音波締固めでは粒子が超音波のキャビテーションによって振動し、より密な状態に再配列していると考えられるが、再配列によって空隙水が排水されないために若干の過剰水圧を生じるものと考えられる。しかし、透水性が低いので排水されずに大きな空隙として残り、見かけ上の密度増加は顕著に起こらなかった。

図-5はミクロ観察より考察される超音波照射後の石炭灰粒子同士のモデルを示した。照射前には石炭灰はルーズな状態で均等に分布していたと考えられるが、超音波照射により、モデルのようなつながりを持つようになり、自重で崩壊しない程度の強度を発揮するようになったと考えられる。

6. おわりに

超音波を利用した砂の締固めは排水が短時間で行われるためにその効果が大きくでてくるが、石炭灰のような細粒が多く、透水性の低い土の場合には土中に形成される空隙の水を短時間で排水することが出来ない。しかし、サンド・パイルのような工法と併用すれば石炭灰のような細粒土の有効な締固め方法になりうると思われる。

<参考文献>

- 1) 桑山、桜木：超音波締固めの水槽実験、土木学会第48回年次学術講演会講演概要集、3部、pp.720-721、1993.9
- 2) 桑山、門河：超音波締固めの現地実験、第28回土質工学会発表会講演概要集、pp.2493-2494、1993.6
- 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、3部、1992.9
- 4) 桑山、奥田、尾関、神野：石炭灰の超音波締固め室内実験、第28回土質工学会発表会講演概要集、pp.2039-2049、1994.6

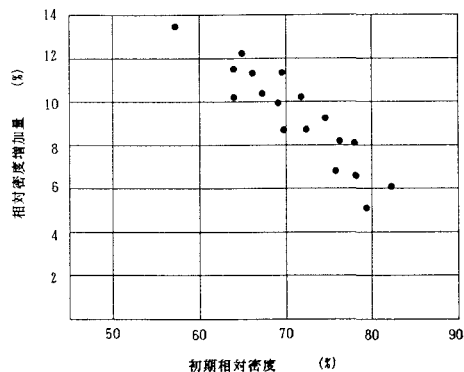


図-3 初期相対密度と相対密度増加量の管径

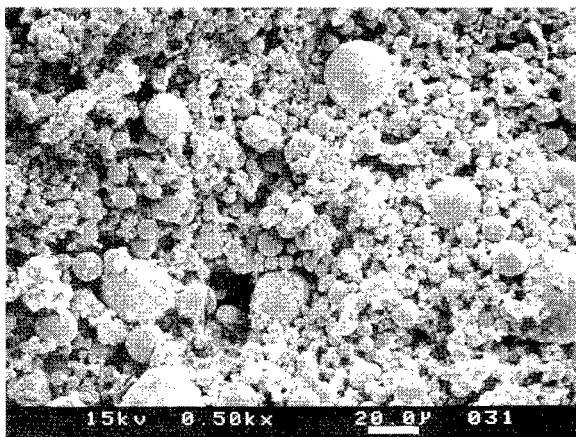


図-4 超音波照射後の走査電子顕微鏡写真

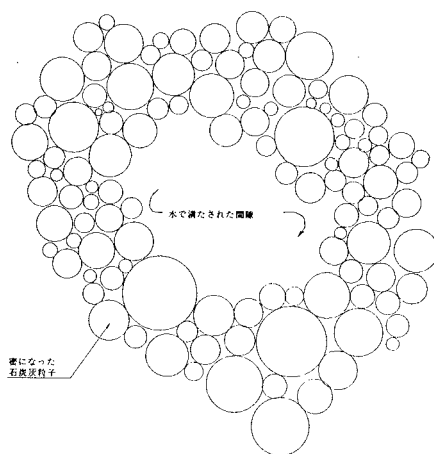


図-5 石炭灰の超音波締固めのモデル