

一次元水圧変動を受ける造粒石炭灰地盤における細粒分の流出

広島大学 正会員 土田 孝
 広島大学 学生会員 ○吉牟田 卓
 広島大学 学生会員 中川晋太郎

1. はじめに

我が国の石炭灰発生量は年々増加し2001年度には約900万トンに達しており、石炭灰の新しい利用の方法を検討する必要がある。本研究は、造粒石炭灰を人工的に造成した干潟の覆砂材料として利用する場合を考え、一次元水圧変動を受けた場合の細粒分の挙動について調べた。人工的に造成された干潟では、時間の経過とともに覆砂中の細粒分が流出し、安定した生態系が形成されにくいという問題が指摘されている。細粒分の流出は、一般に干潟表面の流れによって起こると考えられている¹⁾が、ここでは波浪による周期的な水圧変動を受けた場合に地盤中に発生する上向き浸透流に着目している。

2. 実験概要

人工干潟造成における造粒石炭灰の利用としては、海底に土留めを構築して浚渫土で埋め立てた後に造粒石炭灰で覆土する構造、もしくは造粒石炭灰で全てを埋め立てる構造が考えられる。本研究では50cm程度の覆土として石炭灰を用いることを想定し実験を行った。試料は、砂粒径にふつた造粒石炭灰に細粒分として海成粘土を混ぜたものと、造粒石炭灰中にもともと含まれている細粒分を残して2mm以下の粒径にふつたものの2通りを用いた。表1にそれぞれの試料の物理的特性を示した。図1に示す装置に水を満たした状態で高さ50cmの造粒石炭灰土層を構築し、地盤表面に正弦波形的な変動水圧を载荷した。表2に実験時の地盤条件と変動水圧の条件を示す。実験は以下の手順で行った。

表1 試料の物理特性

	細粒分20%(粘土)	細粒分10%(石炭灰)
比重 G_s	2.309	2.354
最大間隙比 e_{max}	—	2.012
最小間隙比 e_{min}	—	1.454
均等係数 U_c	151.8	32.3
50%粒径 D_{50} [mm]	0.632	0.702
透水係数 k [cm/s]	5.7×10^{-3}	1.6×10^{-2}

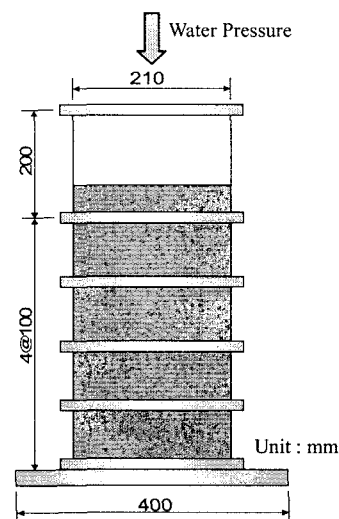


図1 実験装置

- ①実験装置内の水圧を上げていき、間隙水圧計の数値が 29.4 kN/m^2 (水深 3m 相当) になるようにする。地盤高さを 8 箇所読み取り、その平均値を地盤の初期高さとする。
- ②表2に示す波浪条件(波高60cm、120cmに相当)で変動水圧をかける。一回の実験は48時間で行った。
- ③24時間後に一度変動水圧载荷を停止し、地盤表面の沈下量を測定する。ベーンセン断試験を行った後に、地盤表面まで水を抜き、地盤の上部10cmほどサンプリングを行い、約3cm刻みの各深さで細粒分含有率を求める。
- ④再び変動水圧を载荷し、開始直後、1時間後、3時間後、7時間後、24時間後、48時間後の計6回CCDカメラでの撮影を行う。開始直後、24時間後、48時間後に間隙水圧を測定する。
- ⑤48時間後変動水圧载荷を止め、地盤表面の沈下量を測定し、ベーンセン断試験を行う。
- ⑥実験装置内の水を下端から排水した後に、上方のセルから解体しながらサンプリングする。採取した試料より、各深さでの細粒分含有率を求める。

表2 実験条件

Test NO.	地盤条件			波浪条件	
	細粒分の成分	細粒分含有率 [%]	初期相対密度 [%]	両振幅 $2p_0$ [kN/m^2]	周期 [s]
1	石炭灰	10	50	11.76	3
2	石炭灰	10	50	5.88	3
3	石炭灰	10	50	11.76	5
4	石炭灰	10	50	5.88	5
5	粘土	20	—	11.76	3

3. 結果と考察

変動水圧と各深さでの間隙水圧を測定した結果、水圧の深さ方向の伝達の遅れにより位相差が発生し、表面の水圧が減少するときに上向きの浸透圧が発生していることを確認した²⁾。

Test No.3 の試験後に造粒石炭灰層の各深さ採取した試料の粒度分布を図2に示す。図2(b)は図2(a)の一部を拡大した図である。図2(a)を見ると、表層部分(0-1cm)の細粒分含有率が0.25mm～0.85mmの範囲で他の部分よりも高い値を示している。これは、表層部分の細粒分の割合が大きくなり、粗い粒子の割合が小さくなっている事を示している。また、図2(b)を見ると、地盤表面からの位置と、細粒分の含有率の序列がほぼ一致しており、表層部分(0-1cm)の値が高い値を示している。この事からも、海底地盤がある条件の繰り返し水圧変動を長時間受け続ける事により細粒分が地盤表面に抜け出し、堆積する現象が確認できる。

写真1に変動载荷過程での地盤表面付近における細粒分の挙動の時経変化を示した。载荷開始直後に一度細粒分が下方に沈降したものの、その後再び上方に抜け出し、7時間経過時点ではほぼ細かい粒子のみになっている。

写真2は局所的に発生した細粒分の抜け出した様子を上方から撮影したものである。写真1の点線で囲んだ部分において局所的に細粒分の抜け出しが見られた。これらの部分は地盤の強度を確認するため実施したペーンせん断試験時の貫入の跡および壁面部分であり、これらの部分では目視でも細かい粒子が多くなっていることを確認できた。実際の干潟では、生物の生息する巣穴などから細粒分が抜け出す可能性が考えられる。

本実験は細粒分が地盤表面に堆積していく現象のみを見ているが、実際の干潟ではこの一次元的な水圧変動に加え、潮の満ち引きや波のせん断力が作用する。地盤表面に上昇・堆積した細粒分はこれらの作用により洗い流されて、地盤中の細粒分含有率が低下していくと考えられる。

4. 結論

細粒分の抜け出し現象は波浪条件および地盤条件と密接な関係があり、表層の水圧変動に対して地盤内の間隙水圧の応答が遅れることによる上向き浸透流が原因の一つであると考えられる。

参考文献

- 1) 李・鄭・西嶋・岡田・馬場(1999): 干潟の土壌構造に及ぼす海水の流動の影響, 水環境学会誌, 第22巻8号, pp.677-682.
- 2) 土田・吉牟田・中川(2005): 造粒石炭灰地盤の一次元水圧変動下における細粒分の挙動, 第40回地盤工学研究発表会, (発表予定)

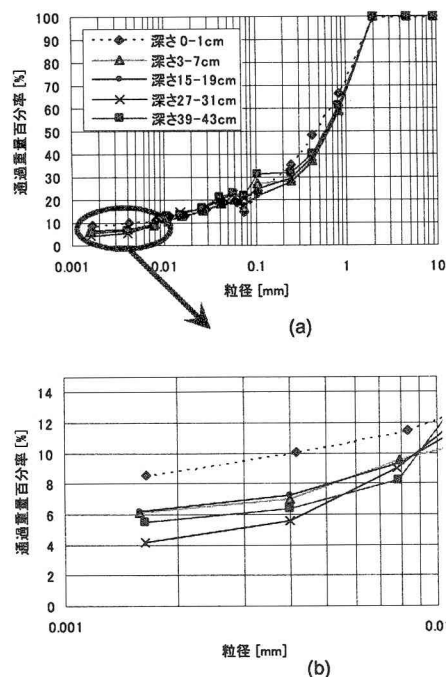


図2 各深さでの粒度分布(TestNo. 3)

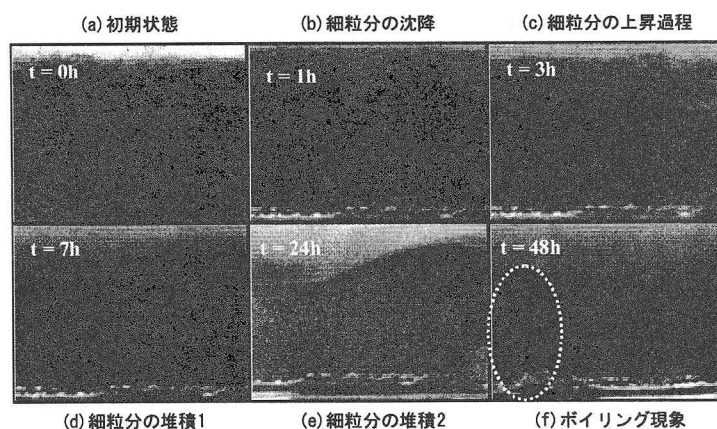


写真1 細粒分の抜け出し現象(TestNo. 3)

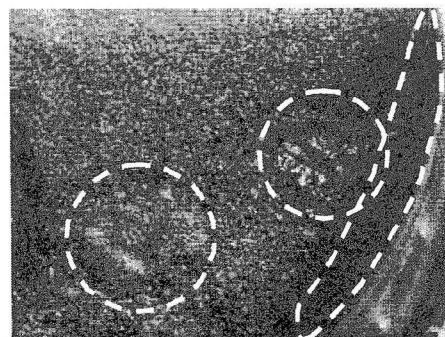


写真2 細粒分の局所的抜け出し