

破碎した貝殻を用いたキャピラリーバリア地盤の砂混入防止効果

日本原子力発電 正会員 中房 悟
 飛島建設技術研究所 正会員 ○小林 薫
 飛島建設技術研究所 正会員 松元和伸
 新潟大学 農学部 正会員 森井俊広

1. はじめに

キャピラリーバリアの機能を効果的に発揮させるためには、キャピラリーバリアを構成する砂材と礫材の粒径差を大きくするのが有効である。粒径差をつけた場合、数十年に及ぶ長期の供用において、地震力作用などに伴い上部の砂材が下部礫層へ移動することが想定され、砂礫が混合することでキャピラリーバリアの機能低下が懸念される。この課題に対して、小林ら¹⁾は礫代替材として破碎した貝殻を下部層に用いることで、キャピラリーバリアの機能を損なわず、上部の砂材が下部の貝殻層へ移動することも同時に防止できる可能性を見出した。

本論文では、破碎した貝殻の砂混入防止効果を把握するため、貝殻層の上部に砂材を設けた供試体を用いて、小型振動台による振動実験を行い、砂材が混入しにくい貝殻の粒径、粒度分布を明らかにした。

2. 土のキャピラリーバリア

砂層とその下部に礫層を重ねた自然材料を用いた単純な構造の土層地盤では、互いの層の土粒子の大きさ（間隙サイズ）に伴う保水性の違いにより、砂層と礫層の境界面の上部で降下浸透水が遮断・貯留する。この機能を土のキャピラリーバリア²⁾ (Capillary barrier; 以下, CB と記す) と呼ぶ (図-1(a)参照)。また、境界面に傾斜をつけると、集積水は傾斜方向に流下していくため、境界面はあたかも不透水性の障壁として機能し、それ以深の領域への水の浸透が抑制される (図-1(b))。

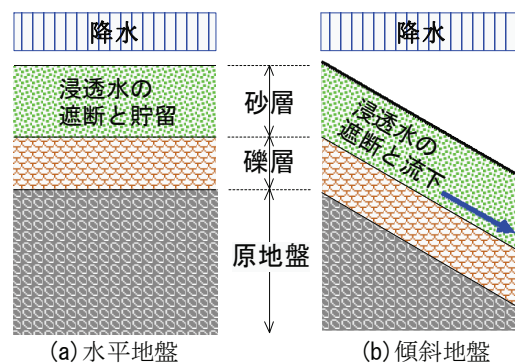


図-1 土のキャピラリーバリアの概念図

3. 小型振動台による振動実験

(1) 試料と実験ケース

実験に用いた試料は、実施工を想定し入手が容易なホタテ貝を用いた。貝殻を十分水洗いをし、80℃の乾燥炉で24時間乾燥させた後、貝殻の温度が常温になるのを待って小型粉砕機で碎した貝殻は、土質試験用のふるいを用いて各種細粒分を取り除き6種類に区分した（粒径区分C～I）。粒径区分C～Iの6種類の破碎した貝殻の粒径加積曲線を図-2に、実験ケースおよび実験条件は表-1に示す。表-1には各粒径区分に粒度調整する際に使用したふるいの目開きも示した。

(2) 供試体の作製

内径20cmの透明アクリル製の一次元円筒装置内に、乾燥状態（含水比=0.3%未満）で所定の乾燥密度 ρ_d （相対密度 $Dr=60\%$ を目安）に破碎した貝殻を締め固め、貝殻層の上面を直ナيفで余分な破碎した貝殻を取り除き、下部の供試体（厚さ25cm）を作製した。次に、硅砂6号、比較用に豊浦砂を用いて締め固め度 $D_c=90\%$ （硅砂6号 $\rho_d=1.334\text{ g/cm}^3$ 、豊浦砂 $\rho_d=1.362\text{ g/cm}^3$ ）に密度調整して上部の供試体（厚さ20cm）を作製した。各粒径区分の破碎した貝殻の乾燥密度は、表-1に示すとおりである。

3) 実験方法

図-3に小型振動台による振動実験の概要を示す。振動テーブル

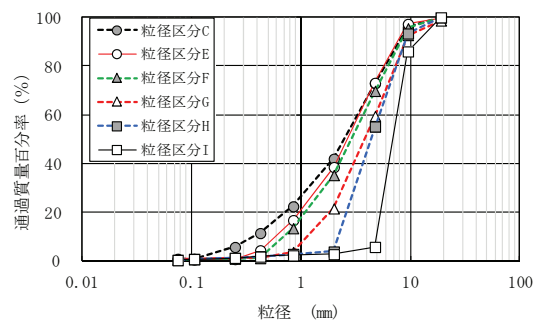


図-2 各試料の粒径加積曲線

表-1 実験ケースおよび実験条件

ケース名	乾燥密度 (g/cm^3)	砂の種類		粒度調整（除去時）に使用したふるいの目開き	粒径区分
		硅砂6号	豊浦砂		
ケースG1	1.274	乾燥状態		0.106mm	C
ケースG2	1.296	乾燥状態		0.250mm	E
ケースG3	1.194	乾燥状態		0.425mm	F
ケースG4	1.080	乾燥状態		0.850mm	G
ケースG5	1.120	乾燥状態		2.00mm	H
ケースG6	1.236	乾燥状態		4.75mm	I
ケースG7	1.175		乾燥状態	2.00mm	H
ケースG8	1.243		乾燥状態	4.75mm	I

キーワード；破碎した貝殻，キャピラリーバリア，混入防止対策，振動実験，ホタテ貝

連絡先；〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬5472 飛島建設株式会社 技術研究所 TEL 04-7198-7559

ルは、制御盤でモータを制御し、周波数と加速度を設定できるものである。

本実験では、図-4に示す4Hzのsin波を最大振幅300gal程度で40波与え、上部の砂材が下部の貝殻層にどの程度移動（混入）するのかを定量的に把握する。破碎した貝殻層への砂材の混入量は、所定の振動を与えた後、砂材を上部より丁寧にに取り除いて、貝殻層の上面で削り取るようにして余分な砂材を取り除く。そして、初期の貝殻重量からの増加量を砂混入量とした。なお、貝殻層の上面を慎重に整形したが、凹凸があるため砂混入がなくても砂混入量はゼロにはならない。このため、実験後に貝殻層と砂材の境界面を目視観察すると共に、貝殻層の最小貝殻粒径に対する砂混入量をグラフ化し、図-5に示すように砂混入が無いと判断できる基準量（水平の点線）との相対比較を基に砂材移動の有無を判断した。

4. 実験結果

珪砂6号($D_{50}=0.194\text{mm}$)を用いた場合の最小貝殻粒径と砂混入量の関係を図-5に示す。ケースG4では、ケースG1～G3の砂混入量に比較してわずかに増加したが、目視観察では貝殻層内部へ混入した様子は確認できなかった。また、ケースG1～G3では、砂混入量はほぼ同量（基準量）で、目視観察でもまったく貝殻層には混入していないことを確認した（写真-1(a)）。

一方、ケースG5、ケースG6と最小の貝殻粒径が大きくなるほど、同様の振動を与えた場合、貝殻層への砂混入量が急激に増加すると共に、混入深さも大きくなった（写真-1(b)）。この傾向は、実験ケースは少ないものの豊浦砂($D_{50}=0.225\text{mm}$)でも同様の傾向が見受けられた。

5. まとめ

破碎した貝殻を用いた小型振動台による振動実験より、CBを構成する礫代替材として破碎した貝殻を用いる場合、長期供用時における砂混入防止を図るためには、最小の貝殻粒径を0.85mm以下にすることが有効である。

6. おわりに

資源の乏しい我が国においては、環境保全、自然環境維持の観点から、大量に廃棄・放置されているホタテ貝殻の再利用は、循環型社会の構築推進や再資源化に大いに貢献する。今後、フィールドで実規模実験を行い、実施施工を想定した貝殻の破碎方法や締め固め管理等の品質管理法に関するガイドラインを整備する予定である。

謝辞：本研究の室内実験では、(有)TNS 田口勝夫氏、染谷 昇氏に多大なご協力を頂いた。ここに記して謝意を表す。

- 参考文献 1) 小林 薫，中房 悟，西村友良，森井俊広：水産系副産物（貝殻）の保水性に着目した土質代替材への利用に向けた基礎的研究，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol.67，No.2，pp. I_382- I_387，2011。
2) 森井俊広：土のキャピラリー・バリア，地盤工学会誌，Vol.59，No.2，pp.50-51，2011。

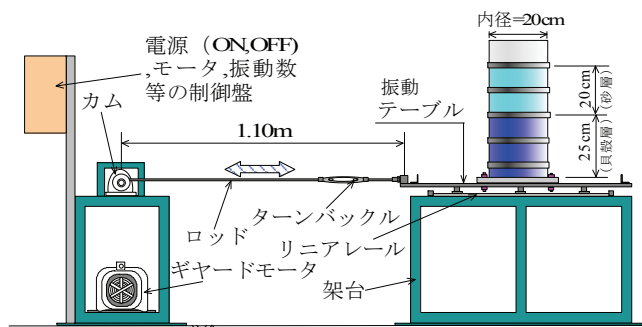


図-3 小型振動台による振動実験の概要

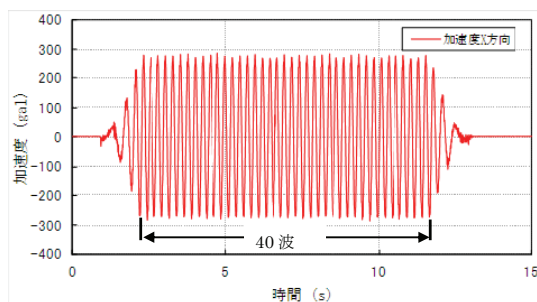


図-4 供試体に作用させた加速度波形

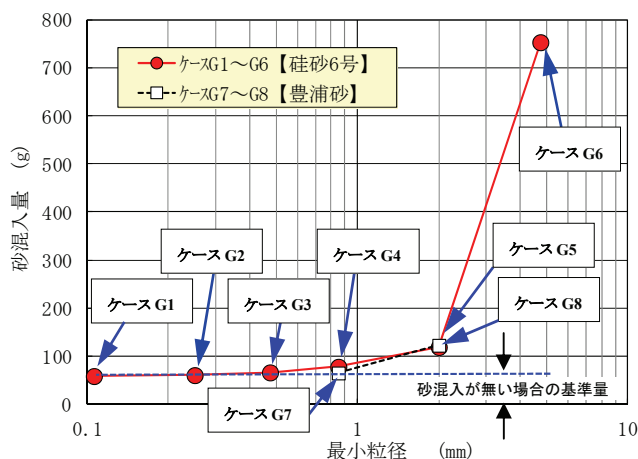
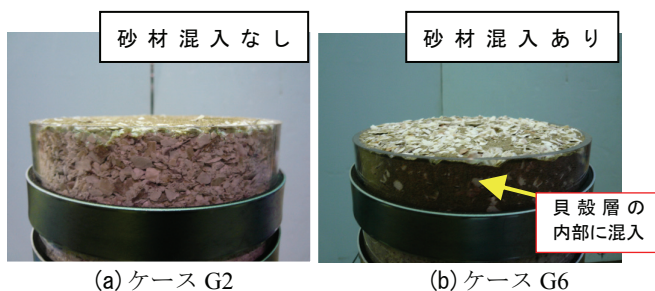


図-5 最小の貝殻粒径と砂混入量の関係



(a) ケース G2 (b) ケース G6

写真-1 下部貝殻層への砂材混入状況