

### 破碎した貝殻の水分特性曲線に及ぼす拘束圧の影響

飛島建設 技術研究所 正 ○小林 薫  
 足利工業大学 工学部 正 西村 友良  
 新潟大学 農学部 正 森井 俊広  
 日本原子力発電 中房 悟

#### 1. はじめに

廃棄物処分場閉鎖時のトップカバーとして、キャピラリーバリアを利用した降雨浸透制御システムが知られている。このキャピラリーバリアの構造は、砂層とその下部に礫層を重ねた自然材料を用いた土層地盤である。一方、水産系副産物である貝殻は、廃棄物処理および清掃に関する法律から、産業廃棄物に該当するため、事業者自らが処分する必要があるが、その処分方法や利用方法が確立されていないことから、その多くが漁港周辺に野積みされているのが現状である<sup>1)</sup>。資源の乏しい我が国においては、水産系副産物である貝殻の積極的な利用・活用は天然の砂礫の枯渇問題<sup>2)</sup>への対応や循環型社会の構築推進ならびに再資源化に大いに貢献するものである。

本論文は、主成分が炭酸カルシウム (CaCO<sub>3</sub>) で化学的、物理的に安定した貝殻を砂礫材の土質代替材としてキャピラリーバリアに有効利用することを目的に、これまで着目されることが少なかった破碎した貝殻の保水性試験を行い、水分特性曲線に及ぼす拘束圧の影響について検討し、その適用性について明らかにする。

#### 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水浸潤水が保水され、集積する(図-1参照)。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))。また、傾斜した境界面に沿って流下した水は、貴重な雨水資源として末端で集水することも可能である。砂層と礫層を重ねた単純な土層地盤にみられる浸透水の遮断・貯留の機能を、土の毛管障壁あるいはキャピラリーバリア<sup>3)</sup>(Capillary barrier; 以下、CBと記す)と呼ぶ。さらに、傾斜したCBのもつ浸透抑制機能を利用すれば、地盤に浸透した降雨水などを表層部で効果的に捕捉し、地盤深部への浸透を低減できるため、廃棄物処分場の閉鎖時のトップカバーやため池堤防などの斜面のすべり防止技術への展開も可能となる。一方、CBを地表面の近傍で敷設すれば、土壤水を植物の根群域に保水できるため、節水かんがいが可能となる(図-1(a))。

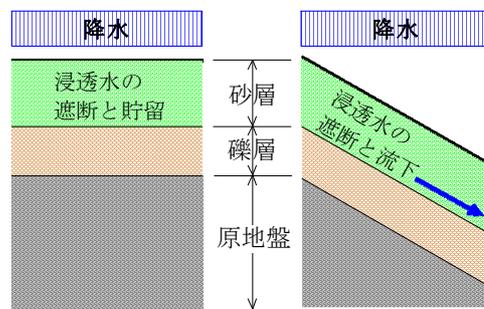


図-1 土のキャピラリーバリアの概念図



写真-1 粒径区分 2.0mm 未満(右)の破碎貝殻

#### 3. 保水性試験

##### ①破碎した貝殻試料

室内試験に用いた試料は、水産系副産物である貝殻(アサリ、蛤の貝殻類)を十分に水洗いをした後、乾燥炉で絶乾状態にし、破碎したものである。破碎した貝殻は、土質試験で用いるフルイを用いて粒径 2.0mm 未満に分けた(写真-1 右端 参照)。

##### ②供試体の作製

供試体作製前には、破碎貝殻をさらに、一度煮沸し塩分除去を行った後、24時間水浸状態で静置した。その後、2.0mm 未満の貝殻を用いて、内径 6cm、高さ 6.6cm のモールド内でゆる詰めにした。

貝殻の供試体乾燥密度は、供試体に作用させる拘束圧 P (0, 10,



写真-2 拘束圧下の水分特性曲線測定装置

キーワード; 貝殻, キャピラリーバリア, 水分特性曲線, 保水性, 拘束圧, 資源の再利用

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

20 および 50kPa の 4 段階) により異なり, 拘束圧の小さな方から,  $1.27\text{g/cm}^3$ ,  $1.34\text{g/cm}^3$ ,  $1.35\text{g/cm}^3$  および  $1.37\text{g/cm}^3$  である。

③試験方法

写真-2 に拘束圧を载荷・持続しながら水分特性曲線 (以下、SWCC と記す) を求める測定装置を示す。主な構成は、三軸室, 微細多孔質膜 (セルロース膜) 装着のペDESTAL, 剛性モールド, 非接触型変位計, 圧力供給装置および差圧計付き二重管ビューレットである。

室内試験では, 供試体に所定の拘束圧  $P$  を载荷させた状態で, 加圧膜法によって所定のマトリックサクシオンを  $0\text{kPa}$  から段階的に  $20\text{kPa}$  付近まで作用させる。その後, 湿潤過程としてサクシオンを  $0\text{kPa}$  近くまで低下させる<sup>4)</sup>。マトリックサクシオンの増加・減少による貝殻供試体中の間隙水の排水量または吸水量は, 二重管ビューレットの水位変化により測定する。ただし, 二重管ビューレットの水位変化による貝殻供試体下端の水圧の変化を考慮してマトリックサクシオン値を補正する。

4. 試験結果と考察

図-2 には粒径区分  $2.0\text{mm}$  未満の貝殻を用いて無拘束圧  $0\text{kPa}$  と上载荷重を想定した拘束圧  $P=10, 20$  および  $50\text{kPa}$  を作用させた場合の SWCC の関係を示す。また, 図-3 に比較検討のために実施した砂材と礫材の SWCC を, 図-4 には破碎貝殻, 砂材と礫材の粒径加積曲線を示す。

以上より, 粒径区分  $2.0\text{mm}$  未満の破碎貝殻の SWCC に及ぼす拘束圧の影響は以下の通りである。

- ①拘束圧  $0\text{kPa}$  の状態において, 粒径区分  $2.0\text{mm}$  未満の貝殻の保水性は, 乾燥過程と湿潤過程のヒステリシスが小さく, 砂材の SWCC に比較して礫材の SWCC に似ていると言える。
- ②粒径区分  $2.0\text{mm}$  未満の貝殻に拘束圧を作用させた場合, 拘束圧が作用することで保水性が高くなる傾向を示すとともに, 無拘束圧  $0\text{kPa}$  に比較して, 乾燥過程と湿潤過程のヒステリシスが幾分大きくなる。
- ③拘束圧が  $10\sim 50\text{kPa}$  の場合, 各 SWCC には大きな差はなく, この範囲においては SWCC に及ぼす拘束圧の影響は小さい。
- ④従来の CB を構成する材料は, 砂材が礫材の間隙に混入し, CB の機能低下が生じるが, 粒径区分  $2.0\text{mm}$  未満の破碎した貝殻を礫材の土質代替材として用いれば, 砂材が下部の貝殻に混入し難いため, 想定拘束圧下でも機能低下がなく長期的に安定した CB を構築できる可能性がある。

5. 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, 天然の砂礫の採取量は毎年減少しており, 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ものと考えられる。今後, 実施工を考慮した上载荷重 (拘束圧) の载荷に伴う貝殻の破碎状況や粒度分布の変化等を把握し, CB への適用性について検討を加える予定である。

謝辞: 本研究の一部は, 平成 22 年度科学研究費補助金 (基盤研究 (C)) の援助を受けて行った。また, 今回の保水性試験時に用いた貝殻の収集は, 飛鳥建設(株) 目黒 千恵子氏にご協力頂いた。ここに記して謝意を表す。

参考文献 1) 泉田 ら:水産副産物(貝殻)の覆砂代替材としての有効活用に関する実験的研究, 海洋開発論文集, pp.1043-1048, 2004. 2) 坂本:キャピラリーバリア型覆土の浸透量制御および副産物有効利用に関する研究, 岡山大学博士論文, p.69, 2010. 3) 森井: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. 4) 西村, 古閑:加圧膜法で使用する微細多孔質膜の拡散スペクトル, 不飽和土研究会平成 20 年度研究発表会(北海道大学), pp.33-34, 2008.

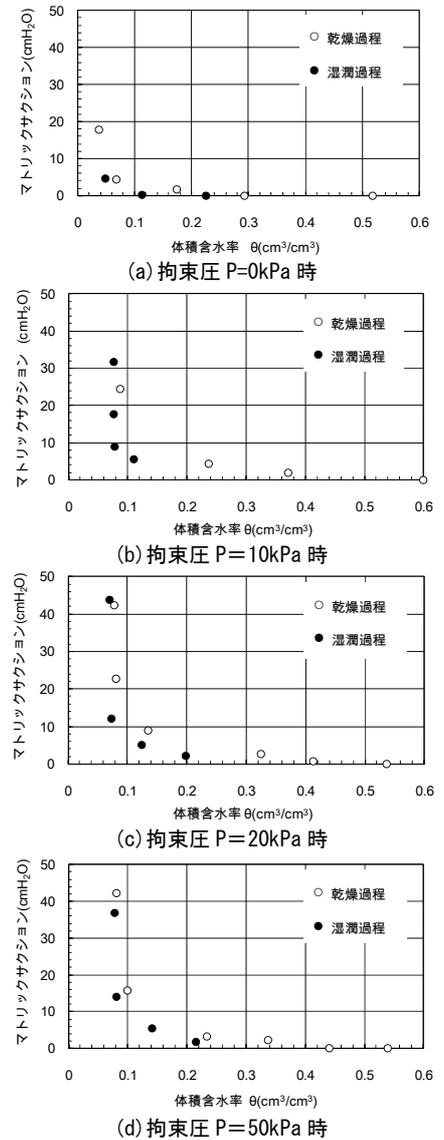


図-2 各拘束圧における水分特性曲線

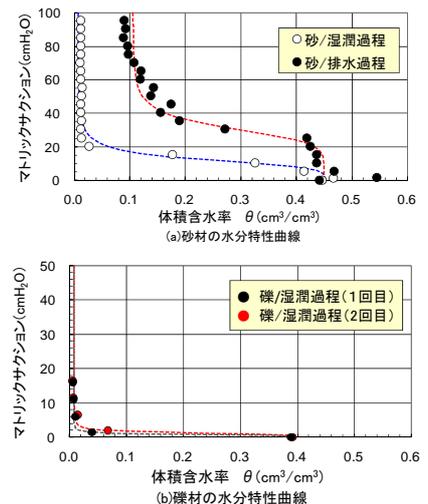


図-3 砂・礫材の水分特性曲線 (P=0kPa 時)

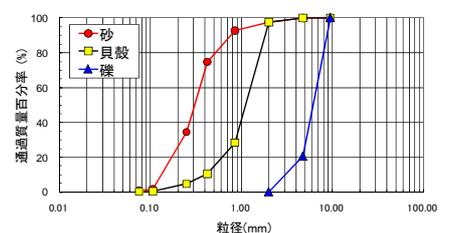


図-4 破碎貝殻, 砂・礫材の粒径加積曲線