層境界面に不陸を有するキャピラリーバリアの限界長に関する基礎実験

飛島建設	技術研	开究所	正会員()松元	和伸
神戸高専	都市	C学科	正会員	小林	薫
日本原子力	」発電	廃止措置P	正会員	中房	悟
新潟大学	農学普	FIS	正会員	森井	俊広

1. はじめに

キャピラリーバリア(以下 CB)は、砂層とその下部に礫層を重ねた土層構造であり、浸出水を抑制するための 降雨浸透制御技術の一つとして利用されている¹⁾.砂層と礫層の保水性,透水性などの違いによって CB 機能は発 揮されるが、実験による検証はCB層境界面の平坦であることが前提となっている。しかし、実施工時に広範囲の 層境界面の平坦性を実験室レベルと同様に確保することは、施工工程やコストに大きく影響し、品質管理上の課 題でもある.そこで,CB機能を喪失しない施工上許容しうる不陸量を把握することが重要となる.

本稿では、上記課題の検討のため、CBを構成する層境界面に不陸を設け、平坦な場合のCB限界長と比較した 結果を報告する.

2. 実験概要

(1)試料

実験には、砂材として硅砂 6 号、礫材として破砕貝殻を用いた. 貝 殻(ホタテ貝)は、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、小型破砕機を用いて破砕 したものである.2 試料の土質試験による物理的特性を表-1 に、粒径 加積曲線を図-1 に示す. なお, 破砕貝殻に対しては保水性試験により 水分特性曲線を求め、礫と同等であることを確認している¹⁾.

(2)実験装置

実験に用いた大型土槽と散水装置を写真-1 に示す. 大型土槽の大き さは, 高さ 50cm, 幅 300cm, 奥行き 50cm である. 図-2 のように, 土 槽底面部には高さ 3cm の仕切板を 10cm 間隔に設けており, ブレークス ルーが生じた位置を 10cm 単位で把握できるようにしている.加えて, 各仕切板下流部には流出口を設け、砂層を流下し貝殻層中に浸潤した 流出水量を測定できるようにしている. また, 散水は, 大型土槽上部 に設置した散水装置(大きさ;高さ70cm,幅300cm,奥行き20cm)の 下面に縦横 5cm 間隔に配置した工業用注射針を用いて砂層表面に与え た. 散水強度は、散水装置と連結している予備タンクの水位を制御す ることで一定に保っている.

(3)実験用土槽の作成方法

大型土槽への破砕貝殻の充填は、所定の乾燥密度になるように、質 量を測定した試料を土槽に投入後、木製の突き固め板(5 cm×5 cm)で 破砕貝殻層全面を静的に締固めた後,波高0.8cm,波幅3.2cmの波型板 を上部より敷き詰め平均層厚が 7.5cm 厚の波型になるように仕上げた. 次に、砂層は含水比調整した試料を用いて、厚さ5 cm、4 層で所定の 乾燥密度(締固め度 Dc=90 %に設定)になるように、質量を測定した

表-1 試料の土質試験結果

項目		単位	試料名		
試料の種類			【砂材】 硅砂6号	【礫材】 破砕貝殻	
粒子密度 ρ _s		g/cm³	2.701	2.671	
自然含水比 W _n		%	0.8	0.3	
粒度	最大粒径	mm	0.45	19.00	
	均等係数 U _c		1.74	14.00	
	曲率係数 U _c ,		0.938	1.480	
	50%粒径 D ₅₀	mm	0.194	2.340	
最小間隙比 e _{min}			0.672	0.763	
最大間隙比 e _{max}		1.055	1.463		
供試体の乾燥密度ρ _d g/cm ³		g/cm³	1.334	1.321	
供試体の透水係数 <i>K</i> 。 m/s		1.31 × 10 ⁻⁴	1.82×10^{-3}		



試料の粒径加積曲線 図-1



写真-1 大型土槽と散水装置の外観

試料を大型土槽に投入後,破砕貝殻と同様に突き固め板で所定の5 cm 高さにゆっくりと静的に締固めた.砂層の 上面を平滑に仕上げ,破砕貝殻層と同様に密度管理のため縦横10 cm間隔で各層厚を測定した.

キーワード:キャピラリーバリア,破砕貝殻,限界長 : 〒270-0222 千葉県野田市木間ケ瀬5472 飛島建設技術研究所 TEL 04-7198-7572, FAX 04-7198-7586 連絡先

-345-

-173

(4)実験ケース

実験は、土槽傾斜角度を 2.5、 5.0 および 10.0°、 散 水強度を 5.0, 10.0 および 20.0mm/h を組み合わせた 9ケースについて実施した.なお、傾斜角度 10.0°の 実験は、再現性確認のため2回実施した.

3. 実験結果および考察

定常時における各流出水量を求め、土槽の最上流 部より一番近い場所でブレークスルーが生じた位置 までの各斜距離を測定した.また、土槽の傾斜角度を基に、角度 補正を行い水平距離に換算した CB 限界長と推定値を表-2 にまと めて示す.なお、ここで示した推定値とは、Steenhuis ら)²⁾が提 案した CB 限界長推定式(1)で算出した値である.

$$L \le \frac{K_s}{q} \tan \varphi \left[\alpha^{-1} + (h_a - h_w) \right]$$
(1)

ここで, L: CB 限界長, $q: 浸透するフラックス, K_s: 砂材の$ 飽和透水係数, φ: 層境界面の傾斜角度, h_a: 砂材の空気侵入値, h_w:礫材(破砕貝殻)の水分侵入値,α:砂材の不飽和透水係数K をhの指数関数で近似した場合の係数, h:マトリックサクション である. なお, 式(1)に代入するフラックス g は, 実験ケース毎に 求まった定常時の実流出水量を基に求めた実散水強度を用いた.

図-3 は、本実験の不陸を有する境界で実験を行い得られた CB 限界長(△)と平坦な境界面で得られた CB 限界長(□)³⁾の結果 を示す.また、同図には、Morii ら⁴⁾が実施した、砂および礫(硅 砂 6-8 mm) により構成される CB 限界長(○) の結果も比較のた めに併記した. 推定値が 300cm を超える領域で、測定値との差が 大きい(測定値が小さい)データが得られているが、本実験は全 長が 300cm の室内土槽でのデータであるため、全長以上の限界長



大型土槽の詳細図 図-2

表-2 CB 限界長の測定値と推定値一覧

						単位:cm	
			測定値	散水	強度 (r	(mm/h)	
	~ 傾斜角周	 度(°)	または 推定値	5	10	20	
	2 5		測定値	80	-	—	
	2.0		推定値	80			
	E		測定値	120	70	—	
	5		推定值	148	90	—	
	10	1回目 2回目	測定値	227	138	59	
			推定值	287	167	80	
	10		測定値	246	167	59	
			推定值	331	175	89	



の測定はできず,限界長 300cm 近傍のデータは土槽境界端部の影響を含みやすいと考えられる. 300cm 近傍のデ ータを除いて、本実験結果とこれまで得られている CB 限界長を比較すると、実験した不陸程度(0.8cm)であって も式(1)の限界長推定式が適用できる可能性が高いことがわかる.

4. まとめ

本研究では、CB を構成する砂・礫層の層境界面に不陸を設け、平坦な場合の CB 限界長と比較した.実験した 0.8cm 程度の不陸であっても、CB 限界長は推定式(1)が適用できる可能性が高いことがわかった.

今後は、さらに長い限界長が測定できる CB 地盤での実験を進めるとともに、各種条件(幅、高さ、不陸の形状 など)の不陸がある場合についての検討実験と、数値シミュレーションによる影響評価も行っていく予定である. なお、本研究の一部は、JSPS 科研費(25420514, 25252043)の援助を受けて行った.ここに記して謝意を表す. 参考文献

1) 小林 薫,松元和伸,森井俊広,中房 悟:ホタテ貝の地盤工学的有効利用による環境調和型キャピラリーバリアの開発,第10回環 境地盤工学シンポジウム, pp.39-46, 2013. 2)Steenhuis T. S., Parlange J. -Y. and Kung K –J., "Comment on 'The diversion capacity of capillary barriers' by Benjamin Ross", Water Resources Research, Vol. 27, No. 8, pp. 2155-2156, 1991. 3) K.Matsumoto, K. Kobayashi, S. Nakafusa, T. Morii : ESTIMATION AND EXPERIMENTAL SUTDY ON DEVERSION LENGTH OF CAPILLARY BARRIER USING CRUSHED SHELL PARTICLES, 3rd International Conference on GEOMATE, Nagoya, pp.373-378, 2013. 4) Morii T., Kobayashi K., Matsumoto K., Suzuki T., Kawai T. and Nakafusa S. : Practcal application of capillary barrier of soil into a shallow land waste repository, Proceedings of the Fifth China-Japan Geotechnical symposium, pp.123-126, 2012.

-346-