ホタテ貝殻を用いた成層 傾斜キャピラリーバリアの限界長に関する研究

小林 薫¹・松元 和伸²・森井 俊広³・中房 悟⁴・鳥居 宣之⁵

¹正会員 神戸市立工業高等専門学校教授 都市工学科 (〒651-2194 兵庫県神戸市西区学園東町8-3)

E-mail: k-kaoru@kobe-kosen.ac.jp

²正会員 飛島建設株式会社 技術研究所 (〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬5472)

E-mail: kazunobu_matsumoto@tobishima.co.jp

³正会員 新潟大学教授 災害/復興科学研究所 (〒950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐2の町8050)

E-mail: morii@agr.niigata-u.ac.jp

⁴正会員 日本原子力発電株式会社 廃止措置P推進室 (〒101-0053 東京都千代田区神田美土代町1番地1)

E-mail: satoru-nakafusa@japc.co.jp

⁵正会員 神戸市立工業高等専門学校准教授 都市工学科 (〒651-2194 兵庫県神戸市西区学園東町8-3)

E-mail: torii@kobe-kosen.ac.jp

キャピラリーバリア（以下，CB）の限界長に関する研究の多くは，砂層と礫層の2層構造による基本特性を把握することを主目的としている．しかし，実構造物への適用にあたっては，礫層，砂層を構築した上に，覆土を設けるのが一般的である．従って，覆土を加えた3層構造の浸潤特性や限界長について把握しておくことが必要不可欠である．本論文では，限界長は地表面からの浸潤フラックス q で大きく変化するため， q の効果を明確にすることを目的に，覆土+CB層を実規模大で構築し，散水強度を変えて限界長などを測定した．CB層と覆土+CB層の限界長を比較した結果，覆土の効果をとり込んだ覆土+CB層の限界長を設計していくことが，実構造物に実装していくために重要であることを実験的に明らかにした．

Key Words : capillary barrier, diversion length, cover soil, crushed scallop shell particles

1. はじめに

キャピラリーバリア（以下，CBと記す）は，古くは貴重品を納めた石室への降雨などの長期間にわたる浸透を防ぐため，古墳でも活かされている．最近では，廃棄物最終処分場の閉鎖時¹⁾や鉱さいたい積場の長期貯蔵時にトップカバーとして，浸出水を抑制するための降雨浸透制御技術の1つとして，長期的な劣化がほとんどない自然材料で構成されているCBが利用されている．

CBの構造は，砂層とその下部に礫層を重ねた層状土層である．CBの性能を有効に発揮させるためには，構成する砂層と礫層の保水性，透水性などに大きな差をつけることが効果的である．しかし，CBに用いられている砂材と礫材の粒径は，フィルター・ドレーン設計²⁾の考え方並びに数十年に及ぶ長期の供用において，降雨，乾燥や地震力の作用に伴い，上部の砂材が下部礫層へ移動・混入する可能性があり，砂礫材が混合した場合にはCBの性能が大きく低下することが明らかにされている³⁾．

筆者らは，この技術課題に対し，破碎した扁平な貝殻層の保水性などに着目し，礫材の代替材として破碎した扁平な貝殻（以下，破碎貝殻と記す）を下部層に用いることで，CBの機能を保持したまま，扁平な破碎粒子の形状効果や粒度分布により，上部の砂材が下部の破碎貝殻層へ移動・混入することを防止できることを実験的に見出した⁴⁾．また，現状ではCBの施工事例は比較的少なく，設計・施工法について十分解明されているとは言えない．特に，CBの限界長に関する研究の多くは，砂層と礫層の2層構造（以下，CB層と記す）に関する基本特性を把握することを主目的としている⁵⁾．しかし，CBを実構造物へ適用する場合には，下部より礫層，砂層を構築した上に，降雨等による表面流に伴う表層流出を防ぐ覆土（保護層）を設けるのが一般的である．したがって，覆土を加えた3層構造（礫層または，破碎貝殻層+砂層+覆土．以下，覆土+CB層と記す）の浸潤メカニズムや限界長について把握しておくことが必要不可欠である．

一方，水産系副産物である貝殻は，「廃棄物の処理及

図-1 傾斜したCBへの不飽和浸透過程とブレークスルーの概念図

図-2 不飽和透水係数とマトリックスサクションの関係と砂礫層境界面での砂層と礫層の含水状態の概念図

び清掃に関する法律」では、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。しかし、その処分方法や利用方法が確立されていないことから、多くが漁港周辺に野積みされているのが現状である。資源の乏しい我が国では、水産系副産物である貝殻の積極的な利活用は、循環型社会の構築推進ならびに再資源化にも大いに貢献するものである。

以上より、本研究では、CBの限界長は地表面からの浸潤フラックス（浸潤量） q で大きく変化することから、 q の効果を明確にすることを目的に、礫材の代替材として破碎貝殻を有効利用した覆土（本研究では、細砂層を用いた）+CB層を実規模大で構築し、複数の散水強度（土層の表面に与えた散水の強さを単位時間当りで示した；mm/h）を与えて限界長などを測定した。その結果を基に、従来のCB層の限界長と覆土+CB層の限界長などを比較検討し、覆土の効果を取り込んだ「覆土+CB層」の限界長を設計していくことが、実構造物に実装していくために重要であることを実験的に明らかにする。

2. CBの概要

地表面から浸潤した水は、砂礫層の両層の保水性や透水性の相対的な違いにより、砂層（相対的に細粒な土層）と礫層（相対的に粗粒な土層）の境界面上部で浸潤水が遮断・貯留される（図-1(b), (c)）。この境界面に傾斜をつけると、降雨などの浸潤水は傾斜した境界面に沿って集積流を形成し流下する（図-1(d), (e)）。砂層と礫層の境界面は、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浸潤水が抑制される。しかし、

前記の様に、CBを構成する上部の砂材が下部礫層間に移動し、砂材と礫材が混合することによりCB機能の低下が生じる。その機能低下の1つとして、CBの限界長の低下が挙げられる。ここで、図-1(d)に示す様に砂層と礫層の層境界面に傾斜をつけて排水層として利用する場合、砂層に集積された浸潤水が傾斜境界面に沿って流下していくことになる。斜面全長にわたって降雨などによる浸潤水が供給されるため、集積流の水分量は流下するにつれ増えていく。浸潤水と集積流が足し合わさって水分量が増加し、ある地点で砂層がそれ以上の水分量を保持できなくなると、下部礫層へ浸潤水が降下浸透し始め、ブレークスルー（Breakthrough）が生じる（図-1(e)）。この浸潤に伴う集積流の始まりからブレークスルーが最初に生じる位置までの水平距離を限界長⁹⁾と呼ぶ。

図-2は、宮崎⁶⁾、北村ら⁷⁾の文献を参考にして、図-1に示したCB層を構成する砂層と礫層のマトリックスサクションと不飽和透水係数の関係を概念図で示したものである。図中のプロット○印と△印は、図-1の傾斜したCBへの不飽和浸透過程における経過時間と共に、変化する砂礫層境界面での不飽和透水係数とマトリックスサクションの状態を示している。初期状態（図-2(a)）では、砂層のマトリックスサクション（○印）は礫層（△印）より大きい。図-1(b)に示す様に、上部より降雨などによる浸潤水が供給されると、砂層の含水量が増加し土層境界面直上でのマトリックスサクションは小さくなるが、境界面直下の礫層のマトリックスサクションは初期状態のままである（図-2(b)）。図-1(c)に示すように浸潤水が砂層と礫層の境界面に達した時でも、境界面の砂層のマトリックスサクションは礫層よりも大きく（図-2(c)）、浸潤水は礫層には浸透しないことになる。その後、降雨など

の浸潤水が供給され続けると、境界面付近の砂層は疑似飽和領域⁷⁾が拡大し、境界面直上の砂層と直下の礫層の不飽和透水係数とマトリックサクシジョンの関係は図-2(d)の交点に近づいて行く。交点を過ぎ、更にマトリックサクシジョンが低下すると境界面直上の砂層と直下の礫層のマトリックサクシジョンは同じになり、礫層の不飽和透水係数は砂層より大きくなってCB機能が消滅し、ブレイクスルーが発生する(図-2(e))。

現状では、砂層と礫層で構築されたCB層の限界長は推定可能である。例えば、Steenhuis et al.⁸⁾の推定式がある。しかし、覆土を加えた3層構造の「覆土+CB層」に関する限界長の推定には適用することは不可能である。

以上より、貝殻の再資源化と共に、廃棄物処分場や放射能汚染土壌などの長期貯蔵(中間貯蔵を含め)のトップカバーとしてCBの適用も検討されており、安全性や信頼性をより高めるために、海外のForsmark処分施設の断面(幅20 m)を参考に斜面長10 mの覆土+CB層を構築し、限界長を検証しておくことが必要不可欠と言える。

3. 貝殻を利用した傾斜CBのフィールド実験

(1) 試料

実験には、砂材は硅砂6号、礫材の代替材として破碎貝殻、覆土(保護層)は本実験では細砂(硅砂8号)を用いた。前記3試料の飽和透水係数 K_s を含む土質試験による物理的性質を表-1に示す。また、土柱法で求めた水分特性曲線(SWCC)を図-3に示す。なお、土柱法は、フィールド実験時と同一乾燥密度(硅砂6号、8号は締固め度 $D_r=90\%$ 、破碎貝殻は相対密度 $D_r=60\%$)に締め固めた供試体を初期状態とした。ここで、マトリックサクシジョン h を増加(又は減少)させる過程では、供試体から排水(又は供試体に吸水)が起きることから、この過程を排水(又は吸水)過程と呼ぶ。

硅砂6号および8号は、110℃に設定した乾燥炉で24時間乾燥した後、常温になるのを待って霧吹きで水を加えながら、含水比を事前の締固め試験より得られた最適含水比(w_{opt})に調整した。24時間以上静置後、実験用土層を作製する前に含水比を測定した。また、貝殻は、80℃の乾燥炉で24時間乾燥し、その後自然大気中で24時間以上放置した後、斜面基盤上に厚さ約25 cmにまき出し、4 ton振動ローラーにより所定の転圧回数で破碎した⁹⁾。所定の転圧回数後、斜面の上、中および下流部の3箇所から破碎貝殻を採取・混合し、破碎貝殻層全体の平均的な試料として粒度試験などを行った。

(2) 斜面基盤と散水装置の概要

図-4に示す勾配10%(約5.7°)の斜面基盤を造成する。

表-1 試料の物理的性質

項目	単位	試料名		
		破碎貝殻	硅砂6号	硅砂8号
粒子密度 ρ_s	g/cm ³	2.671	2.701	2.705
自然含水比 W_n	%	0.3	0.8	0.3
粒度	最大粒径	19.00	0.45	0.25
	均等係数 U_c	—	1.74	2.79
	曲率係数 $U_{c'}$	—	0.938	0.891
	50%粒径 D_{50}	2.340	0.194	0.109
最小間隙比 e_{min}	—	0.763	0.672	0.612
最大間隙比 e_{max}	—	1.463	1.055	1.088
供試体の乾燥密度 ρ_d	g/cm ³	1.321	1.334	1.389
供試体の透水係数 K_s	m/s	1.82×10^{-3}	1.31×10^{-4}	1.71×10^{-5}

図-3 硅砂(2種)と破碎貝殻の水分特性曲線(SWCC)

そして、ブレイクスルーが生じた位置を把握してCB限界長を確認するため、斜面基盤に50 cm間隔で流出水溝を掘り込み、流出口に向かって5%の勾配をつけた直径5 cmの半割塩ビ管を設置した(図-4のB-B断面)。その後、半割塩ビ管に破碎貝殻を詰め基盤高まで埋め戻した。次に、破碎貝殻層を通過した浸潤水を流出水溝に全て集水するため、斜面基盤の全面をビニールシートで覆い、その上で流出水溝の上部を5×100 cmの短冊状に切り抜いた。これにより、流出水溝間に浸潤した水は、全てシート上を流下し、各区間の下流側に位置する流出水溝に流れ込み、流出口から外部に排水する構造とした。これにより、CB限界長は、50 cm単位で測定できると共に、流出口からの流出水量も50 cm間隔で測定できる。

斜面基盤の上空部には、噴射範囲を考慮した散水用ノズル(噴射角度 約30°)を、CB土層表面より約120 cmの高さに均等間隔に12個配置した。噴霧状の散水は、CB土層の表面に直接与える方式を採用した。散水強度の調整は、送水圧力(0.075~0.42 MPa)と散水強度との関係を事前に求め、実験時の散水強度にあわせて送水用ポンプ(nikuni製、出力0.31 kW)の圧力を制御した。また、噴出水量の均一性を確認した結果、図-4のA-A断面に示す10%傾斜の配管であっても、散水ノズル(12個)の時間当たりの各噴出水量のバラツキは最大で3%程度であり、散水強度の均一性はほぼ確保されている。

(3) 実験土層とセンサー配置

斜面基盤造成後の貝殻の破碎方法については、前記の(1)で示した通りである。なお、転圧回数は、事前に実施した転圧回数と破碎貝殻の粒度分布の関係を基にして12回とした。次に、破碎貝殻層の上面を平滑に仕上げた

図4 覆土+CB層の断面、平面図と散水装置概要

図5 土壌水分センサーの配置位置およびセンサー番号

上で、事前に校正した土壌水分センサー（デカゴン社製：EC5）をプローブ中心部が土層幅100 cmの中央になるように埋設した。各センサーの埋設は、締め固めた破碎貝殻層を乱さない様にヘラなどで溝堀りを行い、斜面基盤の長手方向に100 cmピッチで9箇所設置した。埋設した土壌水分センサーは、周りに空隙を残さない様に注意しながら破碎貝殻で埋め戻した。その後、破碎貝殻層の上面を再度平滑に仕上げ、密度管理のための層厚を測定した。

破碎貝殻層を構築後、砂層（珪砂6号）は最適含水比（ $w_{opt}=11.9\%$ ）に調整した試料を用いて、所定の乾燥密度（ $D_c=90\%$ ）になる様に、質量を測定した試料を幅100 cmの土槽に投入後、手製の突き固め板で10 cmの厚さにゆっくり静的に締め固めた。この作業を2回繰り返して層厚20 cmの砂層を完成させた。次に、砂層より透水性の良い厚さ0.13 mmの不織布を上面に設置した。その上で、覆土の珪砂8号を最適含水比（ $w_{opt}=19.8\%$ ）に調整した上で、所定の乾燥密度（ $D_c=90\%$ ）になる様に、質量を測定した試料を幅100 cmの土槽に投入後、手製の突き

固め板で7.5 cmの厚さにゆっくり静的に締め固めた。この作業を2回繰り返して層厚15 cmの覆土を完成させ、最後に覆土の上面全体を平滑に仕上げ密度管理のために層厚を測定した。

図-5 には、埋設した土壌水分センサーの配置位置とセンサー番号を示す。また、散水開始や停止直後は、散水ノズル先端より短時間であるが水滴が落下することがある。このことから、土層表面の洗堀などを防止するため、前記同様の厚さ0.13 mmの不織布を上面に設置した。

実験は、埋設した土壌水分センサーの値が変化せず、落ち着いた初期水分状態になることを確認した上で開始した。また、土壌水分センサーにより求まる体積含水率の経時変化は、センサー設置時から一連の実験が終了するまで1分間隔で測定した。実験時の土層底部の流出水口からの流出水量とCB限界長の測定は、総流出水量が総散水量と同量になったこと（定常）を確認した後に実施した。各流出水口からの流出水量を1リットルビーカーで受け、1分間の流出水量を時間をずらして3回測定した。流出水量の測定完了後、流出水が出ている流出水口を目視観察し、斜面の上流端からの斜距離を測定した。

(4) 実験ケース

実験は、散水強度を5, 3および2 mm/hとした全3ケースについて実施した。本実験では、各散水強度における定常（総散水量 $\div$ 総流出水量）状態を確認後、散水強度を順次切り替え連続的に実施した。最後に、土壌水分センサーの作動確認を行うため、3ケース目の2 mm/hで約14日間散水後、散水強度を上げ各センサーが連動して、リアルタイムに挙動することを確認し実験を終了した。

(5) 実験結果と考察

a) 体積含水率（ θ ）の変化

図-6に散水開始から実験終了までの砂層と破碎貝殻層の代表的な土壌水分センサーによる体積含水率の経時変化を示す。砂層内の体積含水率（センサー番号 S2, S5, S8）は、破碎貝殻層の体積含水率（H2, H5, H8）より相対的に高い。また、砂層内の体積含水率は、初期乾燥密度をほぼ一定に作製していることから、上流部より下流部の体積含水率が高くなっていることが分かる（ $S2 < S5 < S8$ の順）。これは、CB効果で層境界面上部の砂層を流下する集積流が下流側ほど多くなったためと考えられる。加えて、両層ともに体積含水率は、散水強度が弱くなるほど小さくなる。また、ケース3では、散水強度2 mm/hの一定条件で、約14日間散水を継続させた結果、体積含水率の経時変化は、図-6に示すように砂層、破碎貝殻層共にほぼ一定値を示した。長時間に渡る散水時でも散水強度が変化しなければ、体積含水率に変化はなく、つまり、定常状態が維持されていることがわかる。また、

図-6 覆土+CB層の実験開始から一連の実験終了までの土壌水分センサーによる体積含水率の経時変化

(a) 散水強度 5 mm/h

(b) 散水強度 3 mm/h

(c) 散水強度 2 mm/h

図-7 覆土+CB層の流出水量および流出水量分布とブレイクスルーした位置までの斜距離

限界長についての詳細は後述するが、2 mm/hの散水強度で約14日間の連続散水後のCB限界長は、散水開始の初期段階の定常状態で求めたCB限界長と同じであった。

以上より、長時間に渡り一定の散水強度を与えた場合、条件が変動しなければ、CB層の水分状態は変化せず、体積含水率は一定値のまま安定した定常状態を示した。加えて、約30日間にわたり散水強度を徐々に低下させたが、CB層（特に、砂層）の体積含水率も徐々に減少した。したがって、長時間の散水時および散水強度の変化時において、破碎貝殻を用いた覆土+CB層は、浸潤フラックス q に伴う排水性能を発揮したものと考えられる。

b) 底面部からの流出水量および流出水量分布

実験条件毎の定常時の流出水量と流出水量分布を図-7

表-2 覆土+CB層の限界長

斜面勾配(%) (層境界面勾配)	ケース1	ケース2	ケース3
散水強度(mm/h)	5.0	3.0	2.0
覆土+CB層 測定値(cm)	249 (250)	498 (500)	697 (700)
CB層 測定値(cm)	149 (150)	398 (400)	547 (550)

※表中の()内の値は、フィールド実験で得られた斜距離を示す。

図-8 覆土の有無による限界長の比較

に示す。横軸は、斜面土層の上流端からの距離を示し、数値が大きい方が下流側である。各図より、定常時において流出水が認められる流出水口の箇数は、散水強度が強いほど多くなることが分かる。加えて、下流端に近いほど流出水量が全体的に多くなっている。また、定常時の流出水量とその分布については、時間をずらして3回測定した。その結果、図-7に示すように、各流出水口に対する流出水量はほぼ同じ値が得られた。このことから、ブレイクスルー後の流出水量とその分布については、散水強度に変化がなければ、両者とも変動することなく安定、つまり、定常状態を維持しているものと考えられる。

c) CB限界長の把握

図-7には、斜面土層の上流端より一番近い場所でブレイクスルーが生じた位置までの斜距離を示すと共に、土層の傾斜角度を基に、角度補正を行い水平距離に換算した各ケースのCB限界長を表-2にまとめて示す。

実験により得られた覆土+CB層の限界長は、散水強度の影響を大きく受け、散水強度が弱いほど長くなる傾向にある。また、覆土+CB層の安定性を確認するため、散水強度 2 mm/h 時において、散水初期の定常時と約14日間の連続散水後の限界長を測定した。その結果、覆土+CB層の限界長は、両者共に700 cmで変動はまったくなく、流出水量などと同様に安定、つまり、定常状態を維持しているものと考えられる。

d) CB限界長の比較

図-8は、覆土+CB層とCB層のみによる限界長を比較した結果を示す。ここで、CB層の限界長とは、筆者ら⁹⁾が今回と同一条件で実施した覆土（保護層）が無い場合の限界長である。両者の限界長を比較した場合、全ケースにおいて散水強度が同じであっても、覆土+CB層の

限界長の方が大きい。例えば、散水強度が2 mm/hの限界長は、覆土+CB層では697 cm, CB層では547 cmである。

本実験における限界長は、同一散水強度のCB層に対する限界長の約1.5倍（平均）になっている。加えて、同図に点線で示した様に、比較的良好な直線関係（相関係数 $R > 0.98$ ）が得られた。したがって、覆土を通過し砂層への浸潤フラックス q を評価できれば、覆土+CB層の限界長を推定できる可能性があるものと考えられる。

4. まとめ

本研究では、フィールド実験により実規模大の覆土+CB層を構築して、散水強度を変化させながら、限界長などを測定し検討した。主な結果は次の通りである。

- 1) 散水開始から一連の実験終了まで（約30日間）、長期間の散水時および散水強度変化時において、浸潤フラックス q の変化に伴う定常時の流出水量や限界長は連動していることから、覆土+CB層はCB効果を発揮したものと考えられる。
- 2) 定常時における流出水が認められる流出口の数は、散水強度が強くなるほど多くなる。加えて、流出水量は、斜面土層の下流端に近くなるほど多くなる傾向がある。また、複数回測定した流出水量およびその分布は共に再現性が見られ、一度生じた土層内の流れは、散水条件に変化がなければ一定値を示し安定、つまり、定常状態を維持する。
- 3) 覆土+CB層の限界長は、実験したすべてのケースにおいて、CB層の限界長より大きな値を示し、覆土の設置に伴い限界長が伸びることが明らかになった。
- 4) 同一の散水強度に対して、覆土+CB層の限界長は、CB層のそれと比べ、平均で約1.5倍になっている。加えて、両者の関係は良好な直線関係が得られ、覆土を通過し砂層への浸潤フラックス q を適切に評価できれば、覆土+CB層の限界長を推定できる可能性がある。

謝辞：本研究の一部は、JSPS科研費 25420514, 25252043の援助を受けて行った。また、フィールド実験については、(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) 増岡健太郎, 檜垣貫司, 今村 聡, 安田晋雄, 森 雄治: キャピラリーバリアの設計方法に関する研究, 第7回環境地盤工学シンポジウム論文集, pp.197-202, 2007.
- 2) 山村和也, 鈴木音彦 著: 土と水の諸問題, 鹿島出版会, pp.157-164, 1977.
- 3) 中房 悟, 西村友良, 小林 薫, 森井俊広: 砂礫混合土の水分特性曲線について, 2011 年秋季講演会講演要旨, 日本地下水学会, pp. 138-141, 2011.
- 4) 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.
- 5) 清原雄康, 岩渕光生, 風間基樹: キャピラリーバリアにおける八戸しらすの適用性に関する研究, 地盤工学ジャーナル, Vol.2, No.4, pp.329-337, 2008.
- 6) 宮崎 毅: 傾斜キャピラリーバリアの限界長に関する研究, 農業土木学会論文集, No.179, pp.49-56, 1995.
- 7) 北村良介, 酒匂一成, 竹原晋平: 毛管遮水層の歴史的建造物周辺の斜面管理への応用, 歴史都市防災論文集, Vol.2, pp.127-132, 2008.
- 8) 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.
- 9) 小林 薫, 松元和伸, 森井俊広, 井上光弘: ホタテ貝殻を再利用したキャピラリーバリアのフィールド実験による限界長の評価, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.69, No.2, pp.I-574-I-579, 2013.

STUDY ON DIVERSION LENGTH OF THE INCLINED CAPILLARY BARRIER USING CRUSHED SCALLOP SHELL PARTICLES

Kaoru KOBAYASHI, Kazunobu MATSUMOTO, Toshihiro MORII,
Satoru NAKAFUSA and Nobuyuki TORII

The authors found that an employment of crushed scallop shells in the lower layer instead of gravel greatly helps to reduce the transport of the finer particles in the upper layer into the lower layer, and to provide an effective function of capillary barriers. In this study, the diversion lengths are measured in the field experiments using crushed shells instead of gravel in the lower layer, and compared it with the diversion lengths of the inclined capillary barrier having cover soil. As the result, the authors make clearly the diversion length of the inclined capillary barrier having cover soil.