

# 中詰め材が異なる2層のジオセルで構成される のり面保護工に関する散水模型実験

古矢達也<sup>1</sup>・川口貴之<sup>2</sup>・中村大<sup>3</sup>・川尻峻三<sup>3</sup>・平井泰輔<sup>1</sup>・原田道幸<sup>4</sup>

本研究では、中詰め材が異なる2層のジオセルで構成されるのり面保護工に関して、浸透抑制効果を定量的に評価することを目的とした散水模型実験を行った。本保護工では碎石を充填したジオセルの上に、不織布と砂質土を充填したジオセルを設置することで、雨水や融雪水に対する浸透抑制を期待している。また、砂質土層を基盤として緑化させることで雨滴侵食を抑制し、浸透水や湧水による凍結融解作用を受けたのり面極表層の侵食は碎石によって抑制することを期待している。この結果、55 mm/h 程度の散水量であれば、回収した総水量の30 %程度しか模型盛土に浸透していないことや、のり尻の排水性を高めることで更に浸透水量を抑制できること等を確認した。

**キーワード：**ジオセル、のり面保護、浸透抑制、侵食、緑化

## 1. はじめに

北海道のような積雪寒冷地では、凍結融解作用を受けたのり面の極表層が春季の融雪水や夏季の大雨によって崩壊することが多い<sup>1)</sup>。この応急復旧や対策工として、のり面上に敷設した不織布の上に栗石や碎石を充填した金網のケースを設置し、ずれ止めとして1m程度の長尺アンカーバーを打設するのり面保護工が広く普及している<sup>2)3)</sup>。しかし、上記の工法では碎石の充填や蓋の取り付け等、不安定なのり面上での手作業が多い。加えて、のり面上で長尺のアンカーバーを打設するのは重労働である。建設業界でも高齢化や人材不足がより深刻化することを考えると、省力化した代替工の開発が急務である。

このような背景から、筆者らは軽量で施工性も良く、切土では逆巻き施工も可能な高密度ポリエチレン製のジオセルを用いたのり面保護工について様々な検討を重ねてきた<sup>4)</sup>。この中で、のり面上での保護工全体の滑動力を計測した結果、ジオセルを用いたのり面保護工でも打設する長尺アンカーバーを削減し、省力化できることを既に報告している<sup>5)</sup>。他に、ジオセルの中詰め材とした地盤材料の違いがのり面からの浸透水量に及ぼす影響を検討したところ、碎石を中詰め材とした場合には、碎石よりも透水係数が低い砂質土を中詰め材にした場合だけでなく、のり面上に何も設置しない場合よりも浸透水量が増加することを確認した<sup>6)</sup>。気候変動に伴って全国的に短時間強雨の発生回数は今後も増加すると言われており<sup>7)</sup>、昨今日本各地で頻発する豪雨災害を見る

と、これまで寒冷地に適していると認識されてきたのり面保護工についても、再検討すべき時期に差し掛かっていると考えられる。

以上の結果を踏まえて、筆者らは所定の厚さを持つ層状の地盤材料をのり面上に安定して設置することが施工的に容易なジオセルの特徴を生かした、中詰め材が異なる2層のジオセルで構成されるのり面保護工について検討を始めている。この保護工では、碎石を充填したジオセルの上に、不織布と碎石よりも透水係数の低い砂質土を充填したジオセルを設置することで、雨水や融雪水の浸透を抑制することを期待している。また、砂質土層を基盤として緑化させることで雨滴侵食を抑制し、浸透水や湧水による凍結融解作用を受けたのり面極表層の侵食は碎石によって抑制することを期待している。一連の検討の中で、実大のり面に対して試験施工し、のり面や各層における水分量の変化を比較したところ、キャピラリーバリアのように2種類の地盤材料が有する毛管力の違いによって碎石層への浸透が抑制されている可能性が明らかとなった<sup>8)</sup>。ただし、砂質土が碎石層へ吸い出されることを防ぐため、層間には不織布を敷設しており、のり面保護工全体として雨水や融雪水の浸透をどの程度抑制できるかは不明である。

そこで本研究では、上述した2層のジオセルで構成されるのり面保護工の浸透抑制効果を定量的に評価することを目的として、屋内に構築した模型盛土に対する散水実験を実施した。本文では、初めに前述した中詰め材による雨水浸透特性の違いを把握するために実施した屋外模型実験結果について概説す

<sup>1</sup>IGS学生会員，北見工業大学大学院 工学研究科 社会環境工学専攻（〒090-8507 北見市公園町165番地）

<sup>2</sup>IGS個人会員，北見工業大学 工学部 社会環境系 教授（同上）

<sup>3</sup>IGS個人会員，北見工業大学 工学部 社会環境系 准教授（同上）

<sup>4</sup>IGS個人会員，東京インキ株式会社（〒114-0002 東京都北区王子1-12-4 TIC王子ビル）

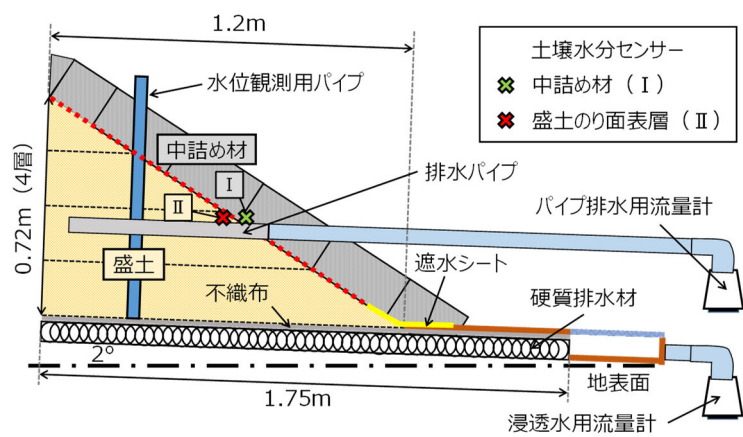


図-1 屋外土槽の様子（ケース B）と模型盛土の断面図

る。その上で、屋内で実施した散水実験から得られた本りのり面保護工の浸透抑制効果や、それに及ぼす張芝やのり尻排水の影響についても詳述する。

## 2. 雨水浸透特性に関する屋外土槽実験

図-1 は実験に使用した土槽と、その中に構築した模型盛土の一例を示したものである。この実験では、乾湿や凍結融解等の自然環境下における雨水浸透特性の違いを同一条件下で比較することを目的として、土槽は北見工業大学が使用する屋外実験施設であるオホーツク地域創生研究パーク内に設置した。また、土槽は全部で 6 基構築しており、それぞれジオセルや排水パイプの有無、盛土材や中詰め材の土質といった条件が異なっている。なお、この土槽では盛土のり面から浸透して底面から排出された水量と、パイプからの排水量をそれぞれ独立して計測できる。また、のり尻には遮水シートを設置し、表流水とジオセル中詰め材を流下した水は土槽外部へ放出される仕組みとなっている。その他、実験の詳細については、参考文献<sup>9)</sup>を参照されたい。

図-2 は実験に用いた 3 種類の地盤材料の粒径加積曲線である。盛土材と中詰め材に用いた異なる砂質土を区別するため、中詰め材に用いた火山灰質の砂質土は、これ以降火山灰質砂と呼ぶ。

図-3 は模型盛土を同じ砂質土（図-2 参照）で構築した 3 つのケースについて、2019 年 8 月中旬から 11 月中旬までの計測結果を比較したものである。ここで、ケース A は模型盛土のり面上に火山灰質砂を中詰め材とした厚さ 0.15 m のジオセル、ケース B は砕石（C-40）を中詰め材とした厚さ 0.15 m のジオセルを設置しているが、ケース C はのり面上に何も設置していない。なお、降水量が多くなかったため、計測期間中にパイプからの排水は無かった。

ケース A、B の盛土底部からの浸透水量を比較すると、火山灰質砂を中詰め材としたケース A の浸透水量が少ない（期間中の総水量で約 1/3）。これは主に火山灰質砂の方が保水性が高く、透水係数も低いと思われる。次に、ケース A と C を比較す

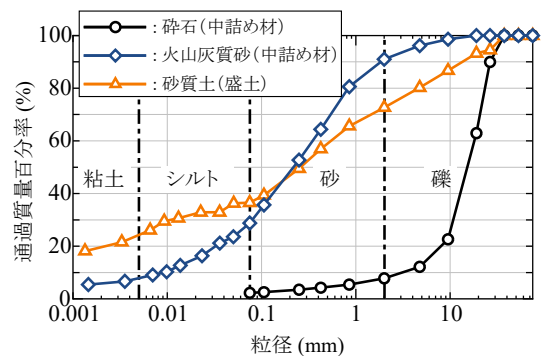


図-2 実験に用いた 3 種類の地盤材料の粒径加積曲線

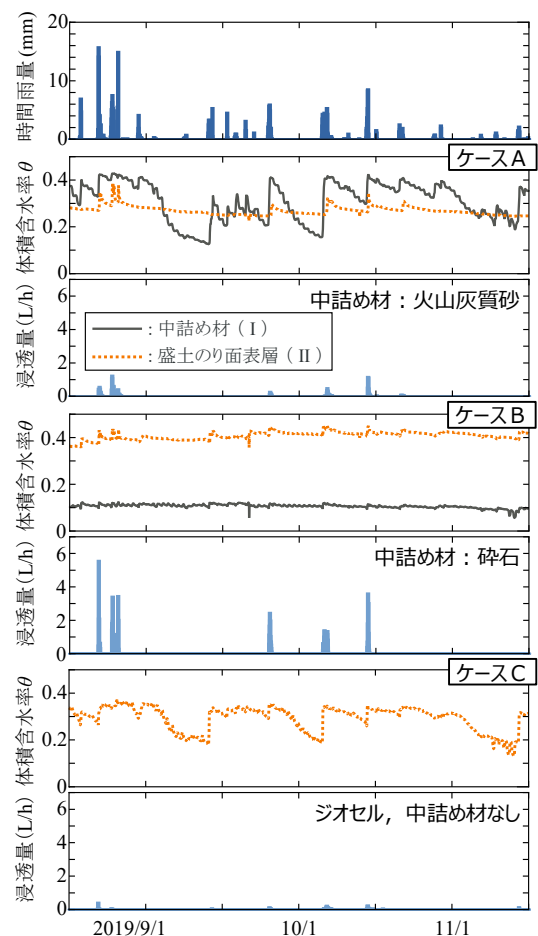


図-3 3 つの模型盛土に関する計測結果の比較

ると、何も設置していないケース C の方が少ない（期間中の総水量で約 1/2）。これはケース A, B のように中詰め材が充填されたジオセル直下にあるのり面表層の砂質土より、何も設置していないケース C の表層にある砂質土の方が日射や風を直接受ける影響で乾燥し、降雨時の（不飽和）透水係数が低いと考えられる<sup>8)</sup>。なお、このことはのり面表層に設置した土壌水分センサーの計測値から計算<sup>9)</sup>した体積含水率 $\theta$ の推移からも確認できる。

写真-1 は構築直後と計測期間後の土槽表面を比



写真-1 表面侵食状況の比較

較したものである。ケース B（砕石）よりも粒径の小さい土粒子を多く含むケース A の中詰め材やケース C では、雨滴侵食によって表土がのり尻に流出している。以上の実験結果から、中詰め材を火山灰質砂のような地盤材料とし、表面を緑化させれば、砕石を中詰め材とするよりも浸透水量を抑制し、雨滴侵食も抑制できると考えた。しかし、寒冷地では先述のように凍結融解作用で崩壊したのり面の対策工として、のり面上に砕石を設置する工法が広く用いられていることを踏まえ、これらを砕石を充填したジオセルの上に重ねることを着想した。ただし、上層の中詰め材が下層に吸い出されないよう、層間には不織布を敷設することにした。上層に砂層、下層に礫層からなる 2 層構造はキャピラリーバリアとして効果的であることが報告されているが<sup>10)</sup>、層間に不織布を設置した上述の構造が雨水浸透をどの程度抑制できるかは不明である。そこで、先と同様な構造を持つ土槽を用いた屋内散水実験を実施した。

### 3. 模型土槽に対する屋内散水実験

#### (1) 模型土槽の詳細と実験方法

図-4 は散水実験に使用した模型土槽の断面図と散水実験時の様子を示したものである。底部には硬質の排水材と不織布（目付 300 g/m<sup>2</sup>、厚さ 3.0 mm）を敷設しており、その上に構築する盛土内に浸透した水（以下、浸透水と呼ぶ）を回収・計量できる。また、盛土ののり面上には 2 層のジオセルを設置するが、のり尻に設置した遮水シートを位置を変えることで、表流水やジオセル内を流下する水（以下、これらを合わせて表流水と呼ぶ）についても回収・計量できる仕組みとなっている。なお、散水開始からの回収・計量は 10 分ごとに行った。散水は土槽の上に設置した 4 個のノズルに対して、所定の圧力に調整した水を供給することで行った。なお、ノズルに供給する水は大型の電子天秤に置いたローリータンクから電動ポンプで汲み上げており、散水量の計測が可能である。また、散水量は噴量が異なるノズ

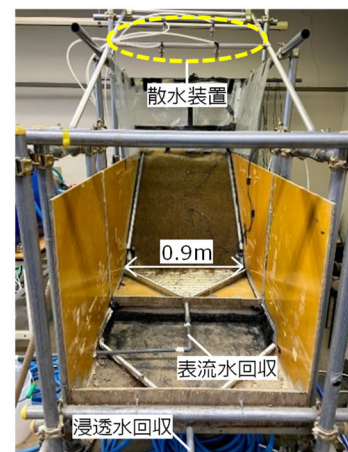
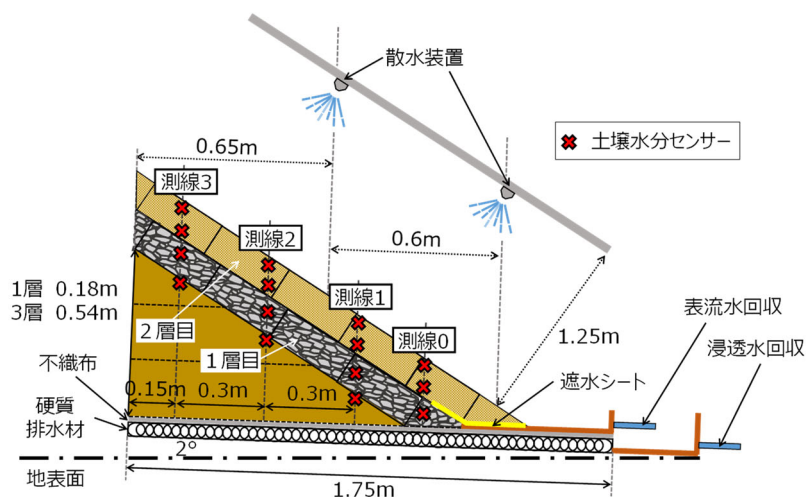


図-4 散水実験に用いた模型土槽の断面図と散水実験の様子

ルと交換することで調整した。図中には、盛土のり面や中詰め材に設置した土壌水分センサーの位置を示している。実際には計 18 箇所を設置しているが、本文で使用した箇所のみを示している。

図-5 は散水量の分布を予め把握するために実施した散水実験の様子と結果をまとめたものである。中腹に比べてのり肩とのり尻が多いものの、概ね全体的に散水できていると判断した。

写真-2 は 2 層のジオセルで構成されるのり面保護工を構築している様子を示したものである。先述した盛土のり面上にジオセルを設置し、所定の含水比に調整した中詰め材を目標の密度になるようジオセルに充填した。1 層目と 2 層目の間には不織布（目付 100 g/m<sup>2</sup>、厚さ 1.0 mm）を敷設し、同様に 2 層目のジオセルを設置してから中詰め材を充填した。なお、一部の実験では 2 層目の上に張芝を設置した。また、盛土のり面については実施した全ての実験で共通であり、散水実験終了後には中詰め材を丁寧に取り出して防水シートの上に広げ、送風と攪拌によって所定の含水比に調整してから再利用した。

図-6 は使用した地盤材料の粒径加積曲線である。大部分の試験で 1 層目は碎石（C-40），2 層目は北海道美幌町で採取した火山灰質の砂質土とした。なお、盛土のり面は浸透した水がスムーズに排出されるよう、2 層目に用いたものよりも細粒分が少ない砂質土で構築した。

## (2) 実験条件・結果のまとめ

表-1 は本研究で実施した全 12 ケースの実験条件と主な結果についてまとめたものである。散水量については 2 種類のノズルを使用することで、ケース 1～4、9～12 は約 55 mm/h，ケース 5～8 は約 10 mm/h とし、散水時間はそれぞれ約 3 時間と約 6 時間とした。張芝が浸透特性に与える影響を確認するため、ケース 2、6、10、12 では 2 層目（砂質土）の上に張芝を設置した。また、2 層目の中詰め材の違い

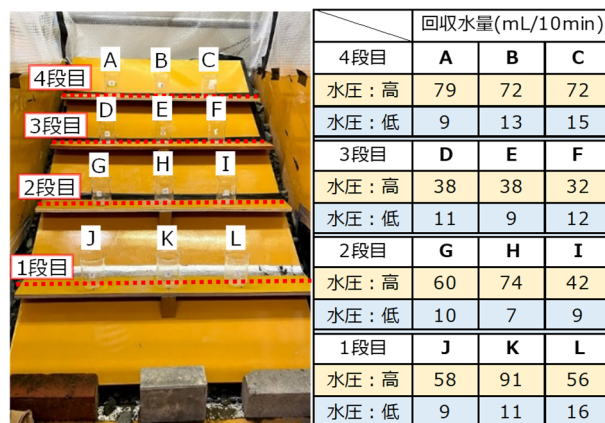


図-5 事前散水実験の様子と回収量の結果



写真-2 模型盛土の構築過程

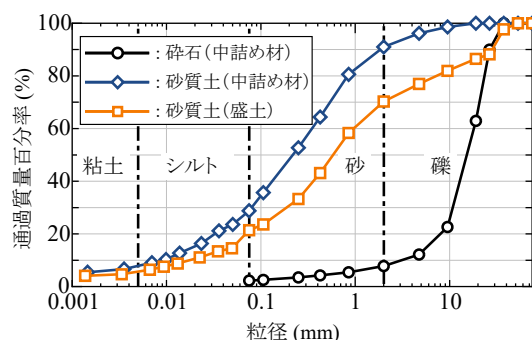


図-6 使用した地盤材料の粒径加積曲線

表-1 実験条件と主な結果のまとめ

ケース名		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
水圧		強	強	強	強	弱	弱	弱	弱	強	強	強	強
散水量(mm/h)		57	57	51	57	11	11	11	11	38	54	55	56
保護工	張芝	なし	あり	なし	なし	なし	あり	なし	なし	なし	あり	なし	あり
	2層目	中詰め材 (m)	砂質土 0.1	砂質土 0.1	碎石 0.1	砂質土 0.15	砂質土 0.1	砂質土 0.1	砂質土 0.15	砂質土 0.1	砂質土 0.1	碎石 0.1	砂質土 0.1
		排水工	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	碎石
		w(%)	35	36.5	2.0	35	34.5	36.2	2.0	35	34.7	35.6	2.0
		Dc(%)	86	88	90	86	86	86	90	86	86	85	88
	不織布		あり	あり	なし	あり	あり	あり	なし	あり	あり	なし	あり
	1層目中詰め材 (m)		碎石 0.1	碎石 0.1	碎石 0.1	碎石 0.1	碎石 0.1	碎石 0.1	碎石 0.1	碎石 0.1	碎石 0.1	碎石 0.1	碎石 0.1
回収水割合 (%)	2層目	56	72	19	50	48	66	17	27	74	70	45	90
	1層目	44	28	81	50	52	34	83	73				
	盛土浸透									26	30	55	10
1層目浸透時間(分)		14	18	8	23	89	74	20	77	18	22	4	36
浸透水回収時間(分)		19	20	13	28	105	90	38	75	20	35	25	68

による影響を把握するため、ケース 3, 7, 11 は 1, 2 層目ともに碎石 (C-40) とし、1, 2 層目の境界に不織布は設置しなかった。なお、先述のようにこれら以外のケースでは吸出し防止を目的として層間に不織布を設置している。他に、ケース 12 はのり尻部分の排水機能を高める目的で、のり尻だけ 2 層目も碎石 (C-40) を充填した。

表中より、いずれの中詰め材も同程度の締固め度と含水比に調整されていることが分かる。ここで、実施工ではバックホーのみで充填することを考慮して、中詰め材の締固め度は 85~90 % を目標にした。次に、表中の回収水割合については、図-4 に示した 2 箇所での回収したそれぞれの総水量について、回収した全水量に対する割合を計算したものである。なお、先述した遮水シートの位置によって対象となる範囲が異なっており、ケース 1~8 は 2 層目の流下水量を含む表流水量とそれ以外、ケース 9~12 は 1, 2 層目の流下水量を含む表流水量と盛土への浸透水量の割合を示している。1 層目浸透時間については、散水開始から測線 0 で碎石の体積含水率  $\theta$  が増加し始めるまでの経過時間、浸透水回収時間については、散水開始から浸透水が計測され始めるまでの経過時間である。

### (3) 実験結果・考察

#### a) 本保護工の浸透抑制効果と散水量の影響

図-7 は本のり面保護工の基本構成であるケース 2, 6, 10 について、散水開始 (経過時間 0) からの各種計測結果を比較したものである。2 層目の砂質土で計測した体積含水率  $\theta$  は、それぞれのケースで測線によらず散水開始から同程度の時間が経過した後に増加している。一方、1 層目の碎石で計測した  $\theta$  は、最もり尻に近い測線 0 で増加した後、ケース 2, 10

ではのり肩に近い測線に向かって順に遅れて増加しており、いずれのケースでも測線 3 では  $\theta$  の増加がほとんど見られない。また、盛土のり面直下で計測した  $\theta$  についても順に遅れて反応しているが、その反応はわずかであり、碎石同様に測線 3 では全く反応が見られない。加えて、砂質土内で計測した 2 箇所での  $\theta$  に着目すると、碎石との境界に近い  $\theta$  の方が全般的に大きいことから、境界部分で水が集積して流下していると推察される。以上のことから、測線 0 で碎石の  $\theta$  が増加するまでの期間は、のり面保護工全域で 1 層目への浸透が防がれており、のり尻付近で 1 層目への浸透が始まった以降も、のり肩周辺では碎石や盛土への浸透が抑制されていると理解できる。また、いずれのケースでも測線 0 における碎石の  $\theta$  が増加し始める時間と、浸透水が計測し始める時間とが近いことから、排出された浸透水の大部分がのり尻周辺から浸透していると推察される。

次に、10 分ごとの計量結果をプロットした回収水量に着目すると、常に浸透水よりも表流水として回収した水量の方が多く、回収した総水量の内、30 % 程度しかのり面に達していない (表-1 参照)。ただし、散水量が同程度のケース 2 と 10 における表流水と浸透水の割合は同程度であることから、1 層目 (碎石) に浸透した水のほとんどが盛土へ浸透していると考えられる。なお、図中に示す定常時における回収水量の割合は、表-1 中に示した回収水割合と同程度であった。

写真-3 はケース 2 の実験終了後における 1 層目 (碎石) 上面の様子である。のり肩に近い領域は乾燥しており、先述した計測結果を裏付けている。

最後に、散水量の違いについて比較すると、測線 0 で碎石の  $\theta$  が増加し始めるまでの時間と、浸透水が増加し始めるまでの時間との違いから、散水量が

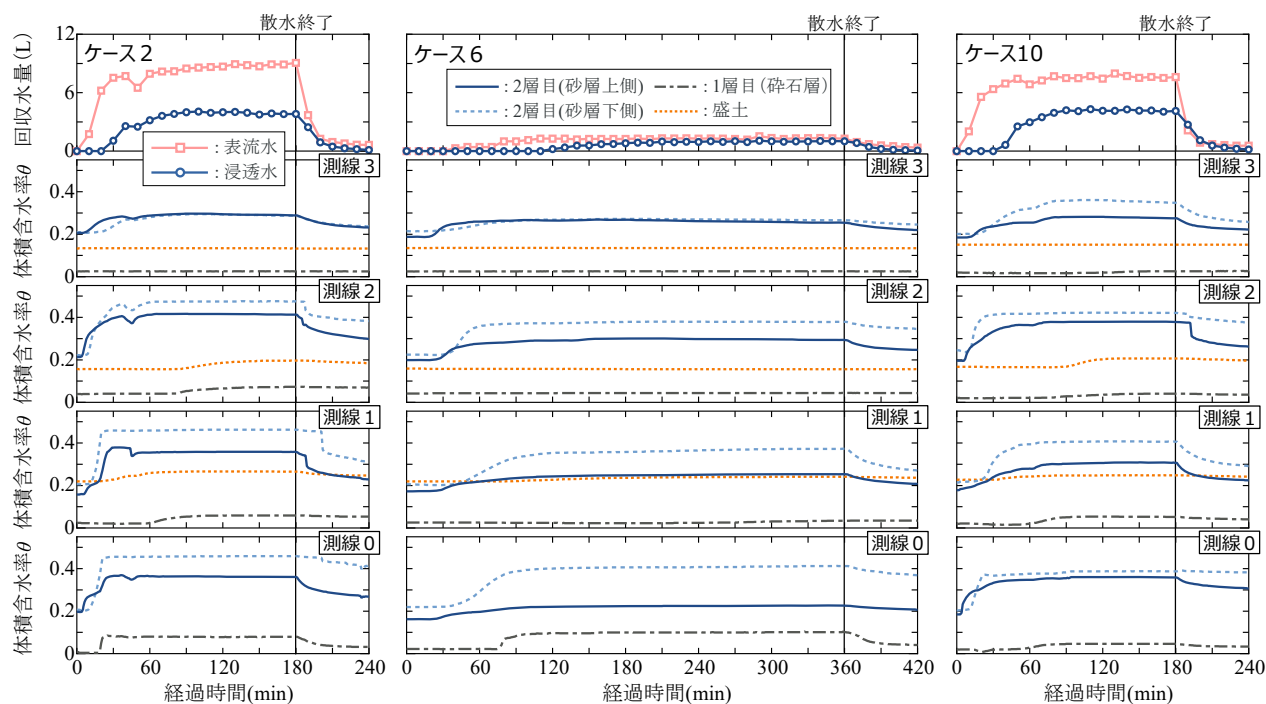


図-7 本のり面保護工の基本構成 (張芝あり) に関する散水実験結果の比較 (ケース 2, 6, 10)

少ないと1層目への浸透も長い時間抑制されることが分かる。しかし、回収した総水量に占める浸透水量の割合については、ケース2, 10に比べて散水量が少ないケース6の方が5%程度多かった(表-1参照)。これは強雨になるほど張芝からの浸透が間に合わなくなり、表流水として回収される割合が多くなるためと思われる。なお、この傾向は張芝を設置していないケース1と5, 2層目にも碎石を充填したケース3と7でも同様であった(表-1参照)。

#### b) 張芝の効果

図-8は張芝を設置していないケース1と、2層目にも碎石を充填したケース3, 11における散水開始からの各種計測結果を比較したものである。なお、ケース1の測線0では砂質土層内の $\theta$ を計測していない。張芝の有無だけが異なるケース2の試験結果と比較すると(図-7参照)、測線0で碎石の $\theta$ が増加し始めるまでの時間はほとんど変わらないが、表流水として回収される割合が減少している。張芝を設置したことで回収した総水量に占める浸透水量の

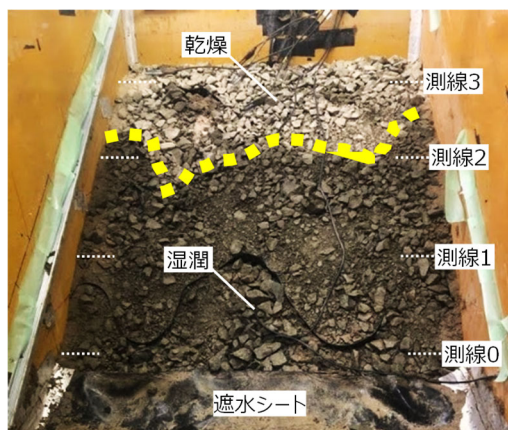


写真-3 実験後の1層目上面の様子(ケース2)

割合は15%程度低下しており(表-1参照)、張芝にも浸透を抑制する効果があることを確認した。

次に、ケース1とケース3, 11を比較すると、ケース1ではのり尻からのり肩に向かって時間的に遅れながら1層目(碎石)の $\theta$ が増加するのに対し、ケース3, 11では浸透水が回収されるタイミングとほぼ同時に1層目(碎石)の $\theta$ が増加している。また、ケース1では反応が見られなかった測線3を含む全ての測線で、盛土のり面直下の $\theta$ も増加している。遮水シートの位置が同じケース1と3を比較すると、不織布を撤去し、2層目の中詰め材が碎石に変わるだけで、回収した総水量に占める浸透水量の割合が40%程度も増加している(表-1参照)。また、ケース11の結果から、2層目の中詰め材が碎石に変わると、表流水よりも盛土への浸透水の方が多くなることが分かる。これらの結果は、碎石の上に設置した不織布と砂質土が、本のり面保護工全体の浸透抑制効果を高めていることを示しており、この効果は廃棄物処分場の最終覆土等に用いられているキャピラリーバリア<sup>10)</sup>と同様に、主に碎石と砂質土の毛管力の違いによるものと推察される。ただし、本研究で実施した実験だけでは、層間に敷設した不織布の効果に関する定量的な評価はできないが、少なくとも不織布は砂質土が碎石層へ流出し、2層の中詰め材が持つ毛管力の差が低下することを防ぎ、浸透抑制効果を保持する機能を持つと考えている。

#### c) 砂質土層厚の影響

図-9は2層目(砂質土)の厚さを0.15mに増やしたケース4, 8における散水開始からの各種計測結果を示したものであり、比較のために図-7に示したケース1の結果も示している。ケース1とケース4は2層目の厚さのみが異なるが、ケース4の方が浸透水の割合が大きくなっている。これを裏付けるよ

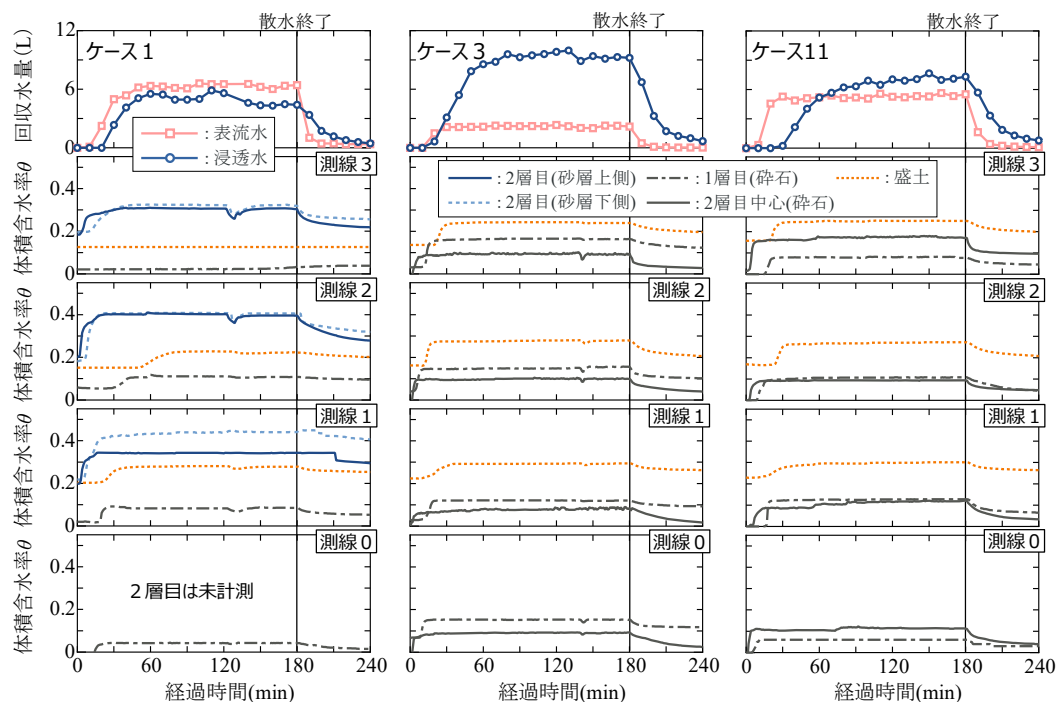


図-8 張芝を設置していないケース1と2層目にも碎石としたケース3, 11に関する散水実験結果の比較

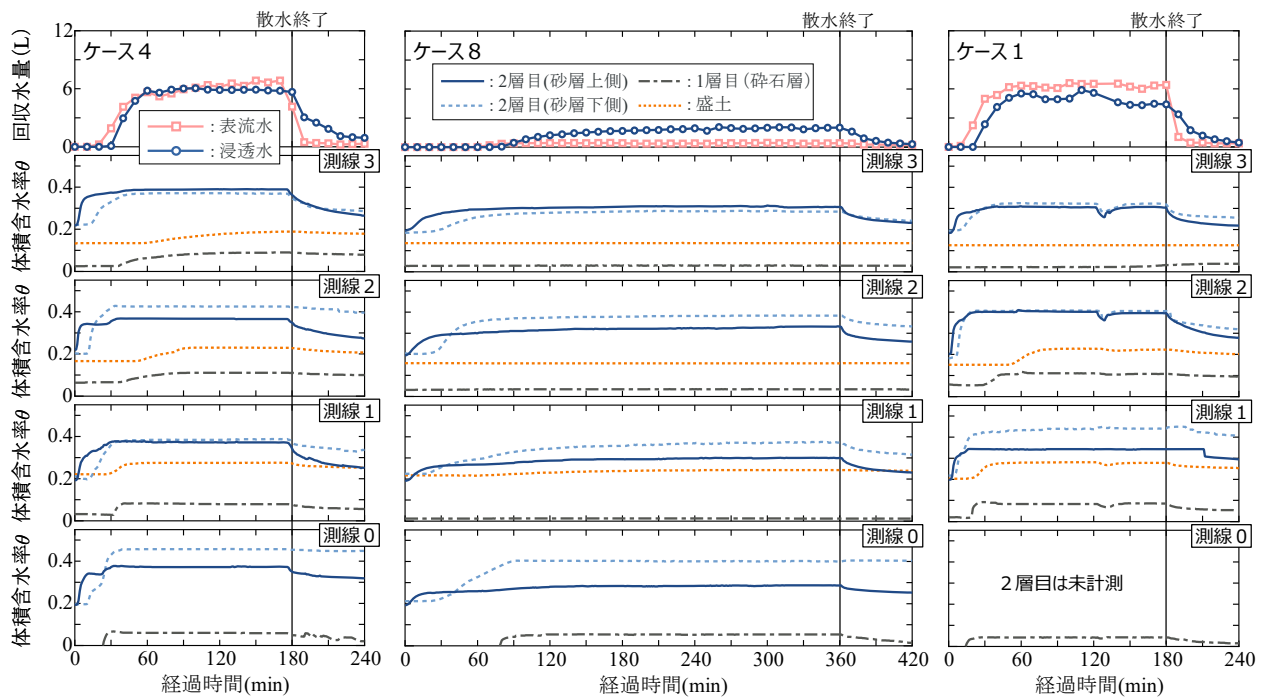


図-9 2層目の層厚を大きくしたケース4, 8に関する散水実験結果の比較

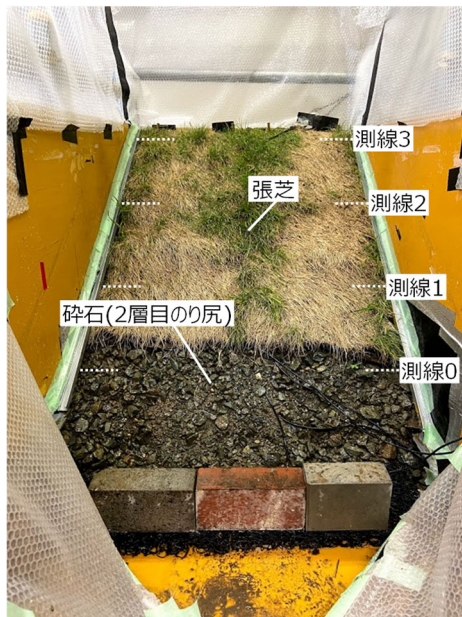


写真-4 2層目ののり尻周辺の中詰め材を砕石にしたケース12の様子

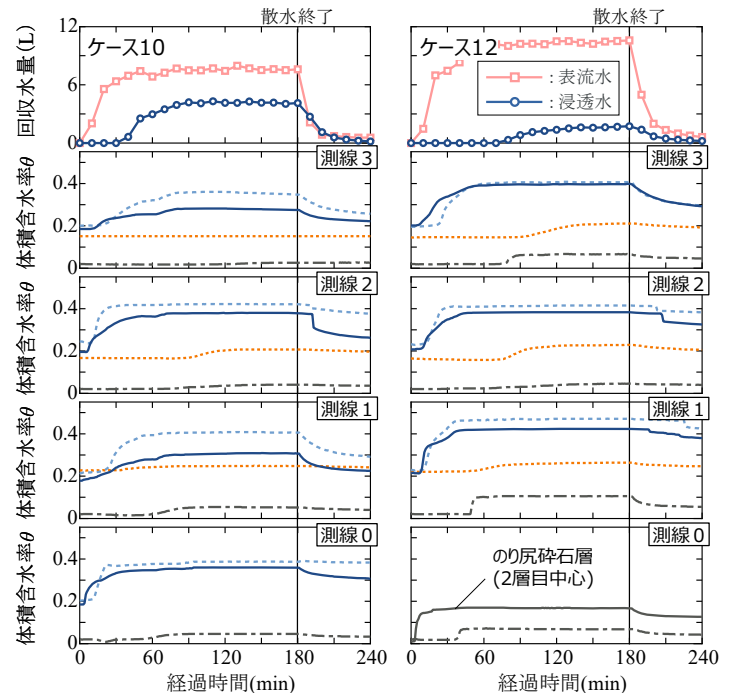


図-10 2層目ののり尻周辺の中詰め材を砕石にしたケース12に関する散水実験結果の比較

うに、ケース4では1層目(砕石)の $\theta$ が測線3でも増加している。さらに、散水量が少ないケース8では、より顕著に浸透量の割合が大きくなっており、同程度の散水量であるケース5と比較しても、その違いは明らかである(表-1 参照)。この結果には、砂質土層が厚くなったことで、層内に保水される水量も多くなったことが関係していると推測されるが、今後詳細に検討していきたい。一方、実大のり面での動態観測では、砂質土の厚さを0.1 mから0.05 mに減らしても、のり面直下での $\theta$ の増加が顕著になることが報告されている<sup>11)</sup>。そのため、想定する雨量に応じた最適な層厚の組み合わせについては、更に検討していく必要があるが、層厚を大きくすれ

ばコストも増大する。よって、本研究で対象とした雨量の範囲内であれば、標準とした各層0.1 mで良いと判断した。

#### d) のり尻排水の効果

写真-4はケース12におけるのり尻周辺の様子である。これまでの実験結果から、1層目への浸透はのり尻周辺から始まることが分かった。そこで、のり尻ではむしろ排水性能を高めることで、集積する浸透水を排出させる方が良いと考えた。

図-10はケース12における散水開始からの各種計測結果を示したものであり、比較としてのり尻の構

成のみが異なるケース 10 と比較している（図-7 参照）。のり尻部の 2 層目を碎石に変えたことで、浸透水量が計測され始めるまでの時間が長くなり、回収される表流水量の割合も大きくなっている。表-1 に示すように、回収した総水量の内、表流水として回収した割合は 90 %に達しており、ケース 10 と比べて盛土のり面に達した水量は 20 %程度低下している。ただし、散水位置や遮水シートの設置方法など、境界条件の問題もあるため、最適なのり尻排水方法については実大斜面を用いた実験で検討したいと考えている。

#### 4. まとめ

本研究では、碎石を充填したジオセルの上に不織布と砂質土を充填したジオセルを重ね、張芝によって緑化した、中詰め材が異なる2層のジオセルで構成されるのり面保護工に関して、浸透抑制効果を定量的に評価することを目的とした散水模型実験を行った。得られた成果を以下にまとめる。

- 1) 55 mm/h 程度の散水量であれば、回収した総水量の30 %程度しか保護工の下にある模型盛土に浸透していないことを確認した。
- 2) 砂質土を充填した2層目の上に張芝を設置することで、回収した総水量に占める浸透水量の割合が15 %程度低下した。
- 3) 不織布と砂質土を充填した2層目を碎石に変えると、回収した総水量に占める浸透水量の割合が40 %程度増加した。
- 4) 2層目のり尻の中詰め材だけ碎石に変えると、回収した総水量に占める浸透水量の割合が20 %程度低下した。

**謝辞：**本研究は公益信託 NEXCO関係会社高速道路防災対策等に関する支援基金の助成によって行われたものである。ここに記して深甚なる感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 渡辺裕之：寒冷地における高速道路のり面の緑化について，芝草研究，Vol. 7, No. 1, pp. 5-10, 1978.
- 2) 地盤学会北海道支部 斜面の凍上被害と対策に関する研究委員会：斜面の凍上被害と対策のガイドライン，2010.
- 3) 国土交通省北海道開発局：平成27年度道路設計要領，第1集道路，第4章のり面保護工，2015.
- 4) 原田道幸，川口貴之，川尻峻三，中村大，大谷匠，山下聡：積雪寒冷環境下におけるジオセルを用いた斜面安定工に関する検討，ジオシンセティックス論文集，Vol. 33, pp. 91-98, 2018.
- 5) 原田道幸，川口貴之，中村大，平井泰輔，衛藤遼，川尻峻三，山下聡：ジオセルを用いたのり面保護工における省力化と緑化に関する検討，ジオシンセティックス論文集，Vol. 34, pp. 87-92, 2019.
- 6) 古矢達也，川口貴之，中村大，川尻峻三，原田道幸，安達謙二：ジオセルや排水パイプを用いたのり面保護工に関する屋外土槽試験，土木学会北海道支部論文報告集，Vol. 76, CD-ROM, 2020.
- 7) 例えば，中北英一，宮宅敏哉，Kim Kyoungjun，木島梨沙子：気候変動に伴う梅雨期の集中豪雨の将来変化に関する領域気候モデルを用いた基礎的研究，土木学会論文集B1（水工学），Vol. 68, No. 4, pp. I\_427-I\_432, 2012.
- 8) 丸田亮，細川大吉，土田孝：不織布フィルターにより表面からの浸透性を高めた模型斜面における降雨浸透と斜面崩壊，地盤と建設，Vol. 35, No. 1, pp. 155-162, 2017.
- 9) 三石正一，飯山一平，溝口勝：デカゴン土壌水分センサーの簡易キャリブレーション方法，土壌水分ワークショップ要項，pp. 115-120, 2008.
- 10) 森井俊広，鈴木一兄，鈴木哲也，河合隆行：土のキャピラリーバリアの発現メカニズムと実務展開に向けた可能性調査試験，新潟大学農学部研究報告，Vol. 67, No. 2, pp. 125-132, 2015.
- 11) 平井泰輔，川口貴之，中村大，川尻峻三，古矢達也，原田道幸：ジオセルを用いたのり面保護工の省力化と浸透抑制機能に与えるのり面勾配の影響，ジオシンセティックス論文集，Vol. 35, 2020（投稿中）。

## SPRINKLING MODEL TEST ON SLOPE PROTECTION WORK COMPOSED OF TWO-LAYER GEOCELL WITH DIFFERENT FILLING GEOMATERIAL

Tatsunari FURUYA, Takayuki KAWAGUCHI, Dai NAKAMURA, Shunzo KAWAJIRI, Taisuke HIRAI and Michiyuki HARATA

In this study, water sprinkling tests were carried out on a model slope constructed in a laboratory for the purpose of quantitatively evaluating the seepage control effect of a slope protection work composed of two layers of geocell with different filling geomaterials. In this protection work, it is expected that the seepage of rainwater and snowmelt water will be controlled by putting non-woven fabric and the geocell filled with sandy soil on the geocell filled with crushed stone. As a result, it was clarified that when the amount of water sprinkled was about 55 mm/h, only about 30% of the total amount of collected water permeated the model embankment, and that the amount of permeated water is further reduced by replacing filling geomaterial around the toe of slope to crushed stone.

**KEYWORDS:** Geocell, Slope Protection, Seepage Control, Erosion, Greening