

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

平井泰輔¹・川口貴之²・中村大³・川尻峻三³・古矢達也¹・原田道幸⁴

凍結融解作用に起因する寒冷地特有の斜面崩壊対策にとって必要となる侵食防止や排水促進に関する機能に加え、雨水や融雪水の浸透を抑制し、緑化も可能とすることを目的として、砕石と砂質土を中詰め材とした2層のジオセルで構成される新たなのり面保護工を考案した。本研究では、道路のり面で比較的多く用いられる1割5分と1割2分の勾配を持った実大のり面に対してこの保護工を施工し、のり面勾配がのり面上での滑動力や浸透抑制機能などに与える影響について検討した。その結果、いずれの勾配においても浸透抑制機能が発揮され、のり面に打設するアンカーバーの削減による省力化も実現できることが分かった。

キーワード：ジオセル、のり面勾配、浸透抑制、緑化、省力化

1. はじめに

北海道のような積雪寒冷環境では、凍結融解作用を受けた斜面の極表層が春先の融雪水や夏季の大雨によって崩壊することが多い¹⁾。このため、この種の崩壊に対する応急復旧や対策工には、北海道で広く普及している特殊ふとんかご等と呼ばれるのり面保護工のように、冬季の凍上や春季の融解沈下に追従できることや、融解時に高含水状態になった表層の侵食を防ぎ、適度な重量によって余剰水分を脱水・排水できるといった性能が要求される。しかし、金網で構成されるふとんかごでは、凍上と融解沈下に伴って塑性変形が蓄積し、長期的には追従性が損なわれる。また、のり面上での手作業や長尺アンカーバーの打設数が多いことや、逆巻きでの施工ができないなど、施工面での問題が多いのも事実である。

このような背景から、筆者らは展開するとハニカム構造の柔軟性に富んだ軽量枠となる、高密度ポリエチレン製のジオセルに着目し、最適な中詰め材やセルサイズ、不織布の必要性、排水パイプとの併用等、様々な仕様に関する検討を重ねてきた^{3)~5)}。この中から、ジオセルの利用に起因する多くの利点が明らかになった一方で、ふとんかごと同様に、中詰め材を栗石や砕石にした場合、中詰め材の圧縮や沈下によって徐々にセルが露出することや、ふとんかごと同様な仕様でのり面上に長尺のアンカーバーを打設すると、セルとの摩擦によって凍上や融解沈下に対する追従性が損なわれ、セルが浮き上がるといった景観上の問題があることも明らかになった。

一方、のり面上に展開するジオセル層の有無や中

詰め材の違いによる影響を検証するための屋外模型試験において、ジオセルの中詰め材を砕石(C-40)にしたケース、中詰め材を砂質土にしたケース、ジオセル層を設置しないケースの内、降雨時におけるのり面背後への浸透水量は、砕石にしたケースが最も多くなった⁶⁾。これは砕石の透水係数が砂質土に比べて大きいことに加え、砕石で覆われていることで、のり面付近が湿潤状態に保たれたためと考えている。いずれにしても、気候変動に伴って短時間強雨の発生回数は今後も増加すると言われていることを考えると、のり面背後への浸透水量は可能な限り抑制できることが望ましい。また、寒冷地への適用を考えると、中詰め材の凍上性は低い方が良くと考えられるが、砂質土では融雪水や降雨による侵食・流出が懸念される。他にも、特に北海道の道路のり面では生態系や自然環境に配慮して植生工が優先的に採用されていることや⁶⁾、建設業界においても高齢化や人材不足は深刻化しており、今後は施工の省力化や効率化が今以上に強く求められることも考慮する必要がある⁴⁾。

以上の背景から、筆者らはこれまでの性能は保持しながらも、浸透抑制と緑化機能を充実させることを目的として、図-1に示す中詰め材が異なる2層のジオセルから構成されるのり面保護工を新たに考案した。背後からの浸透水や凍結融解後の余剰水分を排出し、それによる侵食を抑制する目的で、のり面上には1層目のジオセルを設置し、砕石(C-40)を充填している。そして、1層目の上には2層目の中詰め材が1層目に吸い出されないように不織布を敷設し、その上に2層目のジオセルを設置して緑化基

¹IGS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）

²IGS個人会員，北見工業大学 工学部 社会環境系 教授（同上）

³IGS個人会員，北見工業大学 工学部 社会環境系 准教授（同上）

⁴IGS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）

盤になるよう砂質土を充填している。さらに、2層目の上は植生シートや張芝によって緑化する。なお、この工法では、図中にも示しているように降雨や融雪によって砂質土層(2層目)に浸透した水は、粒径と保水性の違いによって碎石層(1層目)への浸透が抑制され、砂質土層内を流下しようとする浸透抑制機能が期待できる。これまでに、1割5分に整形した実大のり面に対して試験施工を行っており、のり面上に打設する長尺アンカーバーを削減できる見込みがあることや、浸透抑制機能が発揮される可能性を確認している⁴⁾。しかし、実際の道路のり面への適用を考えると、切土のり面で比較的良く用いられる1割2分の勾配に対する適用性や、同様な性能が発揮されるか否かの検証が必要である。

そこで本研究では、1割5分と1割2分に整形したのり面上に、中詰め材が異なる2層のジオセルで構成される本のり面保護工を施工し、2層のジオセル全体を吊り下げることによる滑動力の計測や水分挙動に関する動態観測を行った。さらには、施工したケースの一部では、断熱対策や層厚の影響に関する検討も行った。

2. 実大斜面に施工したのり面保護工の詳細

表-1は本研究で対象とした全8ケースの試験条件をまとめたものである。のり面勾配をはじめ、ジオセルの中詰め材や高さ、緑化方法など、各ケースの違いを確認できる。

図-2は2018年11月に施工した3ケース(ケースA~C)の詳細を示したものである。いずれのケースも高さ約5mの建設残土からなる盛土斜面を1割5分

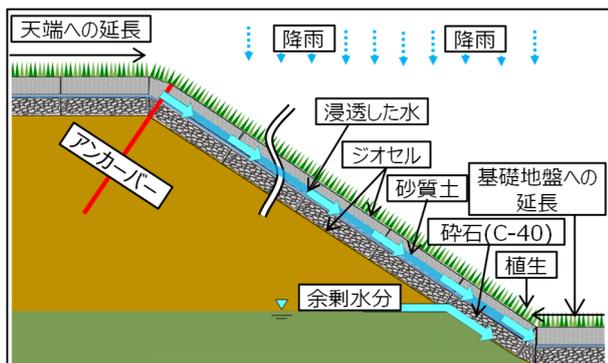


図-1 本のり面保護工の概略図

の勾配に整形したのり面上に構築した。1層目のジオセル(高さ0.1m)には碎石(C-40)を充填し、その上に不織布(目付100 g/m², 厚さ1.0 mm (JIS L 1908)), 厚さ方向の透水係数1×10⁻³ m/s)を敷設した。そして、不織布の上に同様に2層目(高さ0.1m)を展開して砂質土を充填し、その上に種子や化学肥料入りの綿状マット(植生シート)を敷設した(図-1参照)。その他、施工の詳細は参考文献⁴⁾、植生シートの詳細については参考文献⁷⁾を参照されたい。また、ジオセルの1セル当たりの大きさ(上から見た大きさ)は横0.51 m, 縦0.48 mで、横方向に5セル、縦方向に30セル分が一体となったもの(幅約2.5 m, 長さ約14.3 m)を使用した。

各ケースの違いについて、ケースA, Bはのり面だけにジオセルを展開し、天端に構築した基礎によって全体を吊り下げている。また、のり面と保護工との摩擦が与える影響を確認するため、ケースAは整形したのり面と1層目との間にも上述と同じ不織布を敷設した。ケースCはジオセルの柔軟性を活か

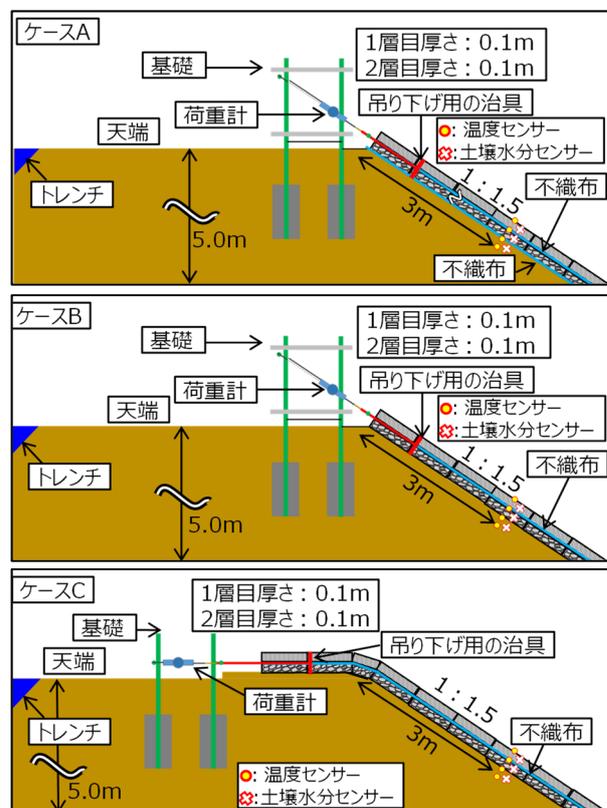


図-2 2018年に構築した3ケース概略図

表-1 本研究で対象としたのり面保護工の試験条件に関するまとめ

ケース	のり面勾配	滑動力の計測	のり面~1層目間の不織布	天端と基礎地盤へのジオセルの延長	1層目の中詰め材	1層目の高さ(m)	1層目~2層目間の不織布	2層目の中詰め材	2層目の高さ(m)	緑化方法
A	1割5分	有	有(厚さ1mm)	無	碎石(C-40)	0.1	有(厚さ1mm)	砂質土(狭)	0.1	植生シート
B	1割5分	有	無	無	碎石(C-40)	0.1	有(厚さ1mm)	砂質土(広)	0.1	植生シート
C	1割5分	有	無	有	碎石(C-40)	0.1	有(厚さ1mm)	砂質土(広)	0.1	植生シート
a	1割5分	無	無	有	ウッドチップ	0.1	有(厚さ0.3mm)	砂質土(広)	0.1	張芝
b	1割5分	無	無	有	碎石(C-40)	0.1	有(厚さ0.3mm)	砂質土(広)	0.1	張芝
c	1割2分	有	有(厚さ1mm)	無	碎石(C-40)	0.1	有(厚さ0.3mm)	砂質土(広)	0.1	張芝
d	1割2分	有	無	有	碎石(C-40)	0.1	有(厚さ0.3mm)	砂質土(広)	0.1	張芝
e	1割2分	無	無	有	碎石(C-40)	0.1	有(厚さ0.3mm)	砂質土(広)	0.05	張芝

し、天端と基礎地盤にジオセルを1 m程度延長したケースであり、それ以外はケースBと同様である。ケースCも天端に構築した基礎によって全体を吊り下げているが、ジオセルが天端に延長されているため、水平方向に張力を計測した。また、全ケースでのり肩から3 mの位置にサーミスタ式の温度センサーと誘電率型の土壌水分センサー⁸⁾を設置した。なお、温度センサーの公称精度は ± 0.2 °C、土壌水分センサーから得られる体積含水率 θ の公称精度は ± 0.03 である。温度センサーは2層目の上、1層目と2層目の境界、1層目とのり面の境界、のり面から0.2 m深の4箇所、土壌水分センサーは2層目中心、1層目中心、のり面から0.1 m深の3箇所に設置した。

図-3は2019年8月に構築した5ケース（ケースa～e）の詳細を示したものである。この内、1割5分に整形したのり面に2ケース（ケースa, b）、1割2分に整形したのり面に3ケース（ケースc, d, e）を施工した。

各ケースの違いについて、ケースaは植生工を除くとケースCと同じ、ケースbは1層目に断熱効果を発揮させる方法について検討するため、中詰め材にウッドチップを使用したこと以外はケースaと同じである。このウッドチップは、災害時に発生する流木等の再利用を想定しており、全木チップとした。ケースcは、勾配と植生工以外はケースAと同じであり、のり面と1層目の間には不織布を敷設している。ケースdは、勾配以外はケースaと同じ、勾配と植生工以外はケースCと同じで、天端から吊り下げて張力の計測をしている。ケースeは、砂質土を中詰め材とした2層目の層厚に関する影響を調べるため、2層目の層厚を0.05 mとしたこと以外はケースdと同じである。なお、層間に敷設した不織布の影響を把握するため、ケースa～eに敷設した不織布はケースA～Cよりも薄いものとした（目付30 g/m²、厚さ0.3 mm（JIS L 1908）、厚さ方向の透水係数 1×10^{-3} m/s）。また、設置したセンサーに関して、のり面以深に設置した温度センサーをのり面から0.5 m深に変えたこと以外は、基本的に同じ位置にした。

写真-1はこれらの施工過程を示したものである。

先と同様に高さ約4.5 mの建設残土からなる盛土斜面を所定の勾配に整形したのり面上に各ケースを施

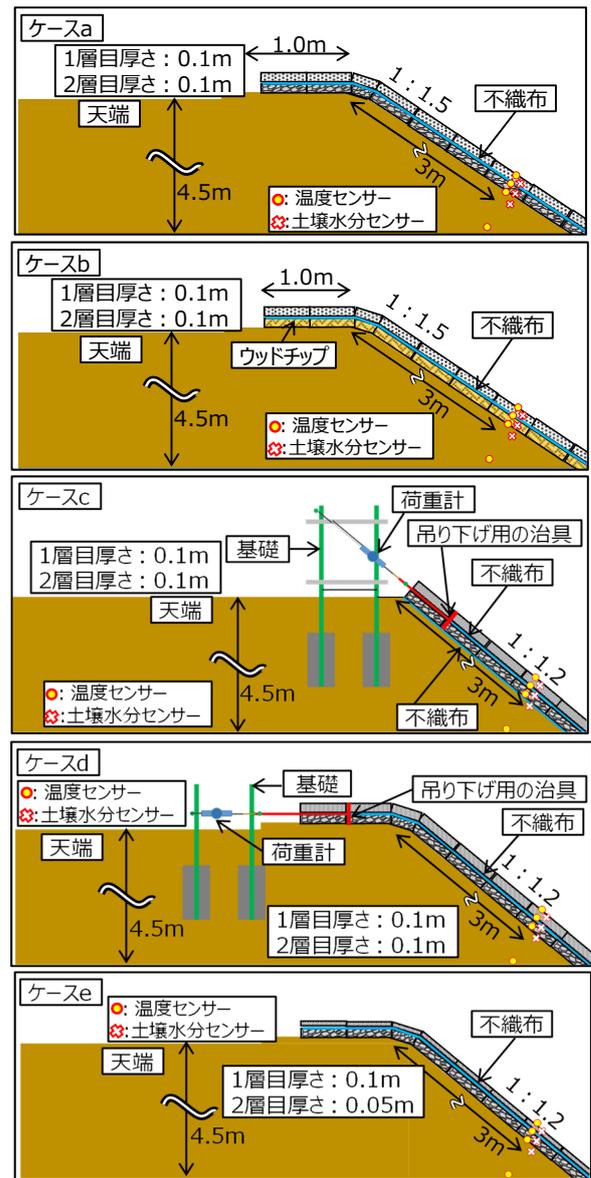


図-3 2019年に構築した5ケースの概略図

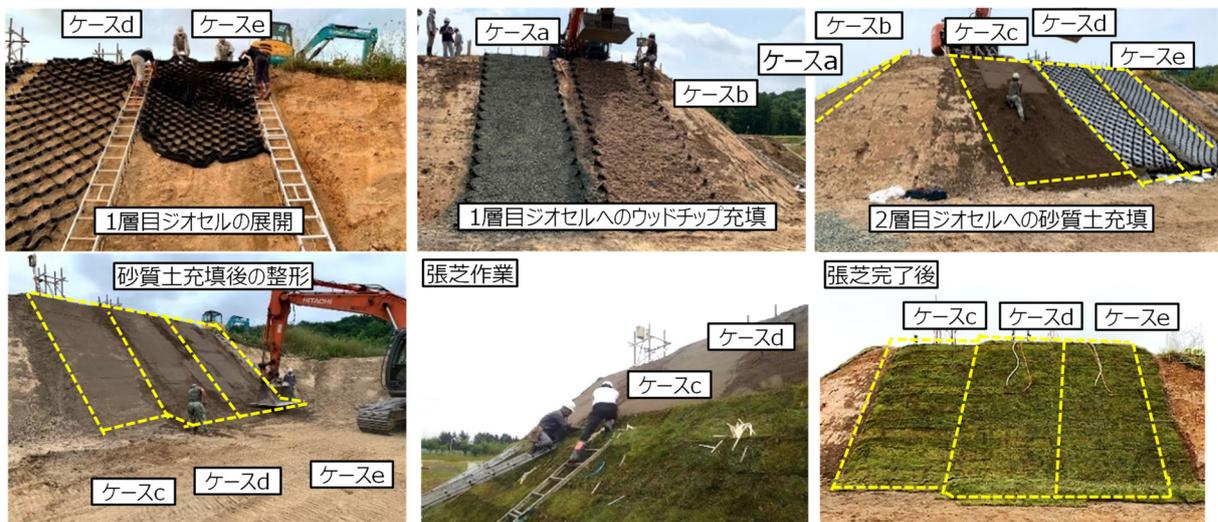


写真-1 2019年に構築した5ケースの施工過程

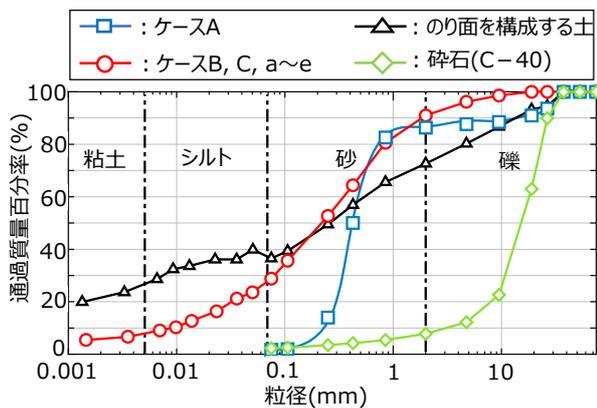


図-4 使用した地盤材料の粒径加積曲線

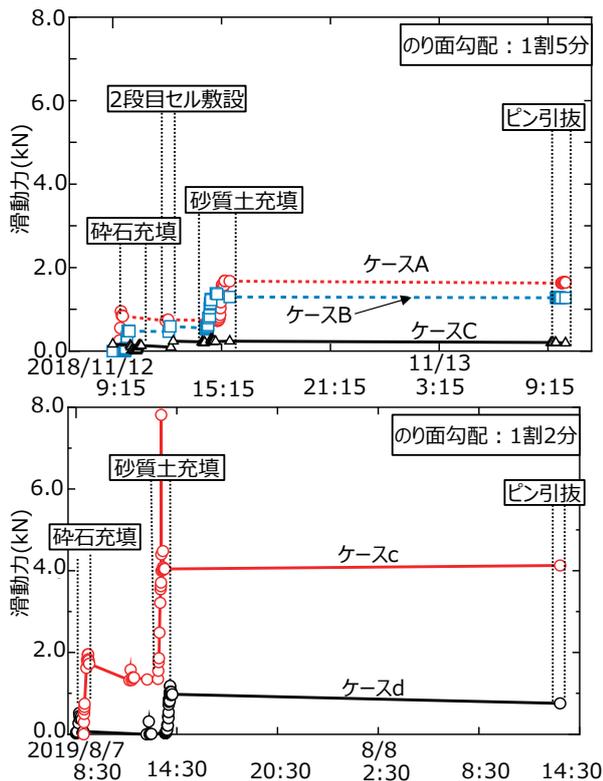


図-5 施工中に計測した滑動力の推移

工した。その他の施工方法は、基本的にケースA～Cと同様であるが、施工が8月であったことや、緑化方法による違いを把握するため、ケースa～eでは張芝工を採用した。なお、ケースA～Cの天端には、湧水環境の再現を目的としたトレンチがあるが³⁾、ケースa～eの天端にはない。また、ケースa, bとケースc, d, eではのり面の方角がほぼ90度異なる。

図-4は使用したのり面を構成する土と、中詰め材に使用した地盤材料の粒径加積曲線である。ウッドチップを使用したケースbを除く全ケースで、1層目は同じ砕石(C-40)を中詰め材とした。また、2層目の砂質土については、ケースAだけ細粒分が少なく、粒径幅の狭い砂質土(表-1中の砂質土(狭))を使用したのに対し、それ以外のケースでは、共通に細粒分が30%程度の火山灰質の砂質土(表-1中の砂質土(広))を使用した。

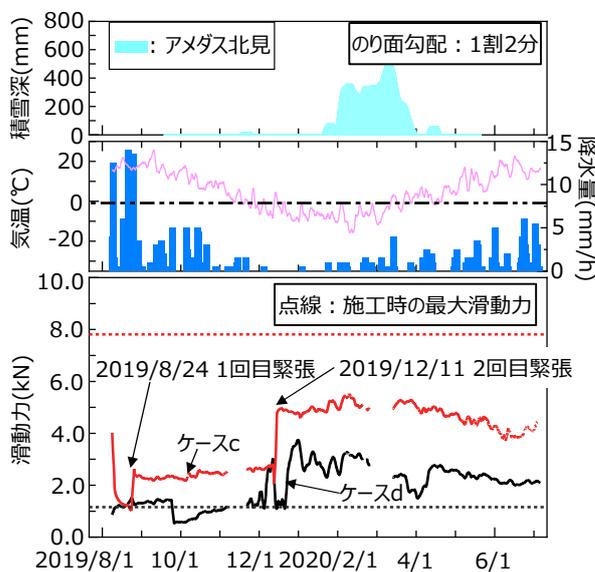
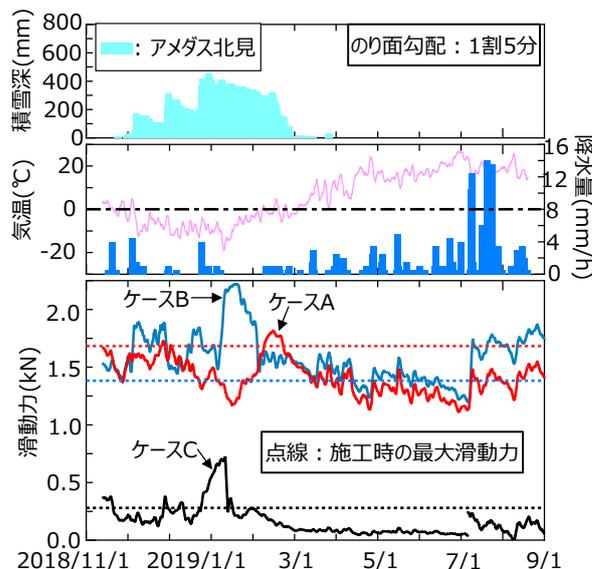


図-6 竣工後に計測した滑動力の推移

3. のり面勾配が滑動力に与える影響

図-5は施工中に計測した滑動力の推移をのり面勾配ごとに示したものである。各層を構築する過程で段階的に滑動力が上昇している。また、のり面勾配によらず、滑動力は天端と基礎地盤にジオセルと延長することによってかなり小さくなっている。さらに、ケースAとケースBの違いから、施工中の滑動力はのり面と1層目との間に不織布を敷設した方が大きくなることが確認できる。

図-6は竣工後に計測した滑動力の推移をのり面勾配ごとに示したものであり、図中には施工中に確認された各ケースの最大荷重も示している。なお、ケースcについては、計測期間中の降雨によって天端の地盤が緩み、設置した吊り上げ用の基礎が傾いたため、基礎を増設して水平になるよう再緊張した。いずれのケースも冬季に荷重が増加しているが、これはのり肩付近が凍上したことによって張力が増したと考えている。この変化も滑動力の増加とみなす

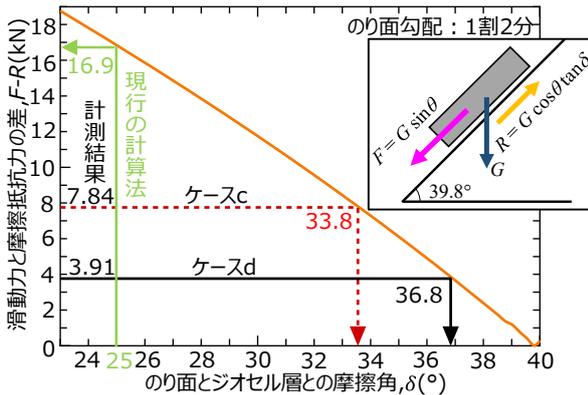
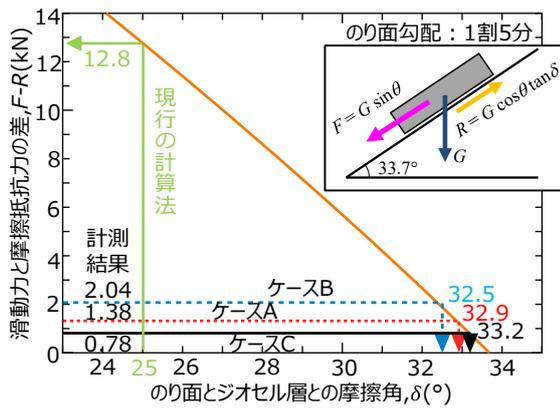


図-7 のり面とジオセル層との摩擦角と滑ろうとする力と摩擦抵抗力の差分との関係

かどうかについての判断は難しいが、ここでは安全側に考えて、これも含めて各ケースにおける滑動力の最大値を求めた。当然のことながら、1割2分になることで、滑動力が格段に大きくなっている。

図-7は各勾配の無限長斜面上に高さ0.2 mのジオセル（2層分）があると仮定した際のジオセル層とのり面の摩擦角 δ と、滑ろうとする力 F と摩擦抵抗力 R の差分（ $F-R$ ）との関係をのり面勾配ごとにプロットしたものである（挿絵参照）。のり面上に設置したジオセルの重量 G は、実測した1層目と2層目の中詰め材の平均単位体積重量 17 kN/m^3 とのり長から計算した。なお、図中には各ケースで計測された（ $F-R$ ）の最大値から逆算される δ の値も示している。ここで、現行のジオセルを用いたのり面保護工において、のり面上での滑動防止を目的として打設している 1 m^2 当たりのアンカーバーの本数は、 $\delta = 25^\circ$ として計算されるジオセル層全体の滑動力と、ブロムスの式⁹⁾から計算される杭頭自由な短杭の1本当たりの水平支持力から算出しているが、図中に示すように逆算された δ は 25° よりも格段に大きいことが分かる。

図-8は上述した現行のアンカーバー数の計算法に基づく、 1 m^2 当りに必要なアンカーバー数と δ との関係を示したものである。ここで、アンカーバーの直径 19 mm 、長さ 1.2 m （地中部 1 m ）、地山の内部摩擦角と単位体積重量をそれぞれ 25° と 18 kN/m^3 とすると、ブロムスの式⁹⁾による水平支持力は 0.34 kN

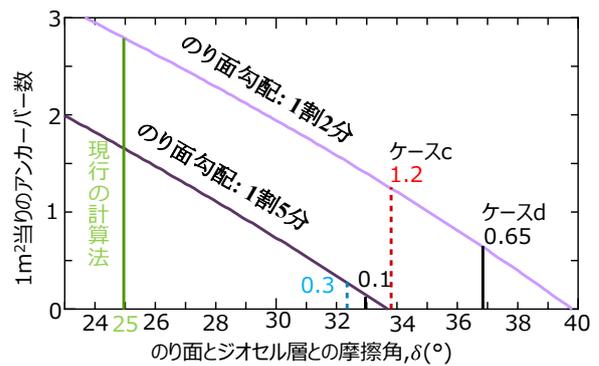


図-8 単位面積当たりのアンカーバー数

を延長しない場合であっても、必要となるアンカー一本数は δ を見直すことで大幅に減少しており、1割5分で約1/5、1割2分でも半分以下にでき、大幅に省力化できることが明らかとなった。なお、先述したアンカーバーの水平支持力（ 0.34 kN ）は、かなり安全側の値と考えられ、今後1本当たりの水平支持力についても見直す予定である。

4. のり面勾配が浸透抑制機能や緑化性能等に与える影響

(1) 浸透抑制機能

図-9は2019年に施工したケースの内、のり面勾配が異なるケースaとケースdに関して、各種気象データと体積含水率 θ の推移を示したものである。なお、 θ は土壤水分センサーから得られた出力電圧データを一般的な砂質土を対象とした変換式⁸⁾に代入して計算した。両ケースともに砂質土層（2層目）の θ は降雨や融雪に対して敏感に上昇しているが、碎石層（1層目）における θ の変化は極めて小さい。詳細に観察すると、ケースdの方がわずかに反応回数が多いものの、いずれのケースも大部分の降雨や融雪に対してほとんど反応していない。さらに、のり面から 0.1 m 深の θ についても、ケースdでは融雪期を除いてほとんど変化がない。ただし、ケースaでは一部の降雨で大きく反応しているが、反応するタイミングや砂質土層（2層目）との反応時間の差などを考えると、これらは主に天端からの浸透水によるものと思われる。よって、大部分の降雨や融雪時でのり面背後への浸透が見られていない事実を踏まえ、本のり面保護工はいずれの勾配においても雨水や融雪水に対して浸透抑制機能を発揮できると判断した。また、これまでの検討から、この機能は砂質土と碎石の相対的な保水性の差によるキャピラリーバリアによって発揮されている可能性が高い¹⁰⁾。

図-10は断熱対策について検討したケースbに関して、計測した温度や θ の推移をケースaと比較したものである。のり面と1層目の境界における温度に着目すると、ウッドチップを中詰め材としたケースbの方が明らかに高く、ケースbではのり面以深は凍

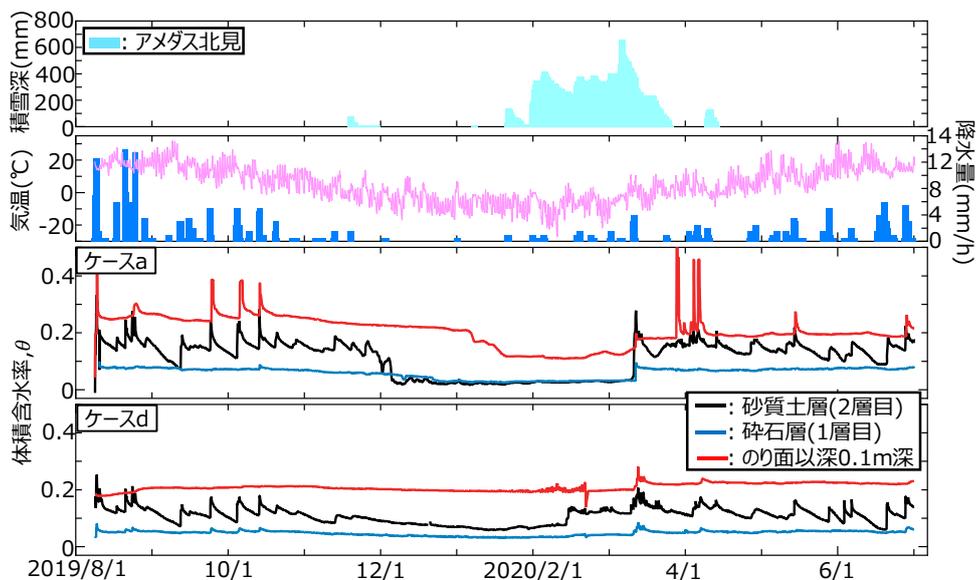


図-9 勾配の異なるのり面における体積含水率の推移

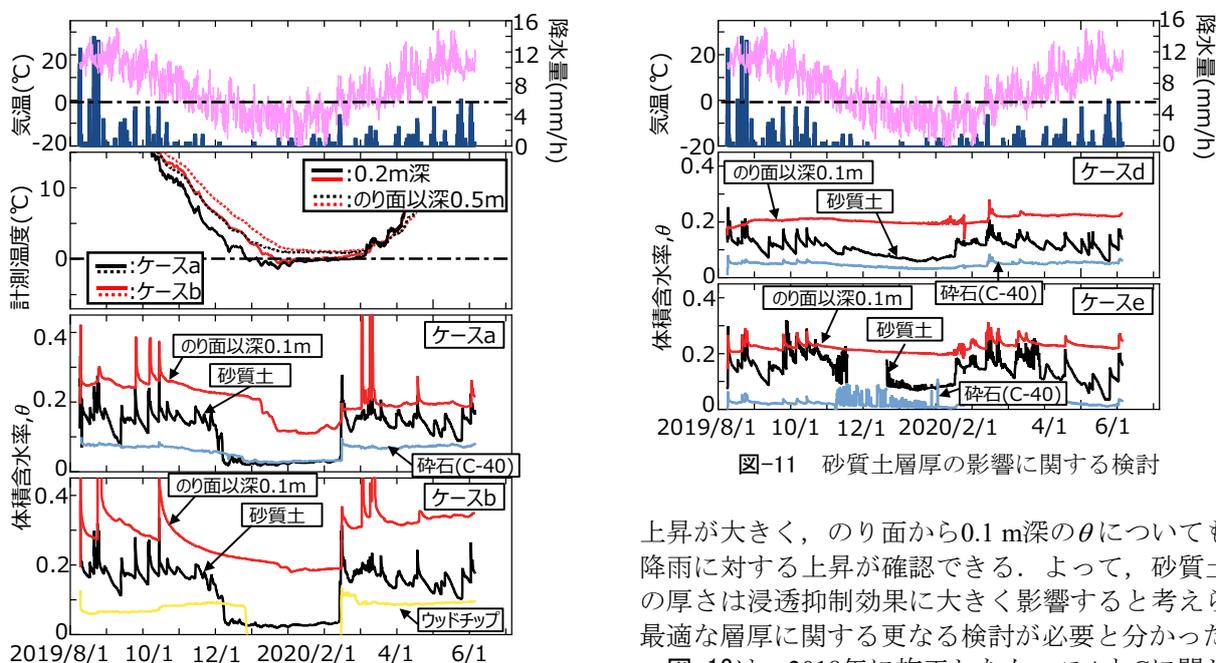


図-10 断熱対策に関する検討

結していない。これは冬季における θ の推移からも確認でき、1層目の中詰め材をウッドチップにすることは断熱対策の一つとして有効と判断した。一方、1層目の θ に着目すると、降雨や融雪による反応はほとんど見られないが、ウッドチップ内の θ は冬季に大きく低下し、融雪期以降にのり面から0.1m深の θ は大きな値を維持している。よって、1層目にウッドチップを用いた場合の浸透抑制効果は、砕石を中詰め材にした場合と比べて低下する懸念があるため、今後も動態観測を続け、場合によっては他の断熱対策も検討したい。

図-11は砂質土層厚の影響について検討したケースeについて、体積含水率 θ の推移をケースdと比較したものである。ケースdと比較して、ケースeの方が降雨に対する砂質土層内や砕石層内における θ の

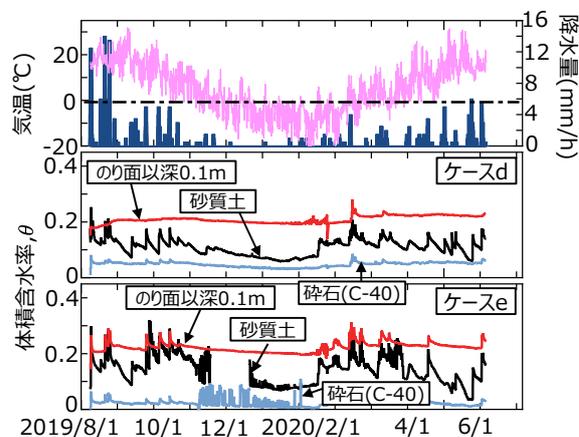


図-11 砂質土層厚の影響に関する検討

上昇が大きく、のり面から0.1m深の θ についても、降雨に対する上昇が確認できる。よって、砂質土層の厚さは浸透抑制効果に大きく影響すると考えられ、最適な層厚に関する更なる検討が必要と分かった。

図-12は、2018年に施工したケースAとCに関して、各種気象データと、 θ の推移を示したものである。砕石層（1層目）やのり面から0.1m深における θ の変化に着目すると、降雨や融雪に対して、ケースAの方が敏感に反応しており、ケースCに比べると浸透抑制効果が小さいように見える。これはケースAで用いた砂質土の細粒分が少なく、砕石との保水性の差が小さいためと考えられ、浸透抑制の面では、ある程度の細粒分を有する砂質土の方が良いと解釈できる。よって、今後は細粒分の増大に伴って懸念される凍上による悪影響と、後述する緑化性能とのバランスを見極めながら、最適な中詰め材についても検討していきたい。

(2) 緑化性能

写真-2は張芝工を採用したケースa~eにおけるのり面緑化の推移について比較したものである。施工

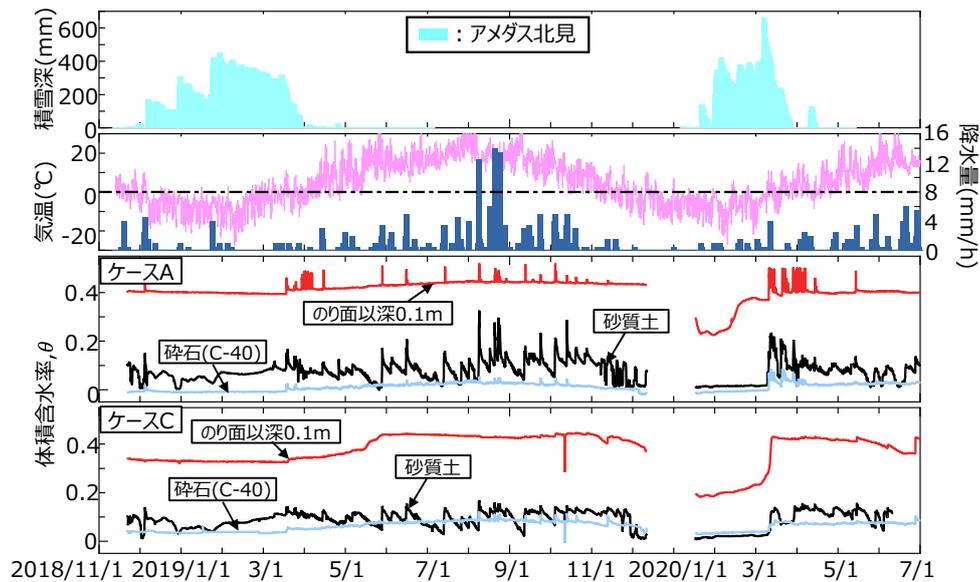


図-12 2018年に施工したケースの主な計測結果



写真-2 張芝工を採用したケースにおけるのり面緑化の推移

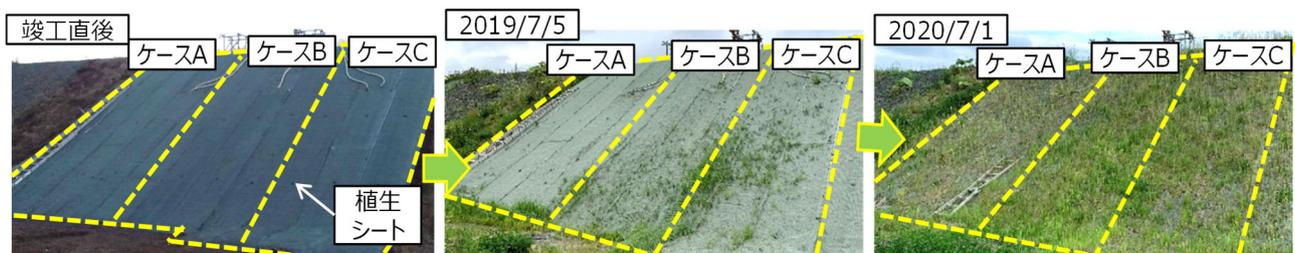


写真-3 植生シートによる緑化の推移

直後の少雨によって、南西向きである1割2分のケースc～eでは乾燥害が見られたが、越冬後の2020年7月では、自生種も交じり緑化は良好である。また、北西向きである1割5分のケースa, bについても全般的には順調であるが、防草効果のあるウッドチップを中詰め材としたケースbの方が緑化被覆率は小さい。よって、ウッドチップを使用する際には、保水効果のある不織布を厚くすることや、砂質土層の厚さを大きくするといった工夫が必要かもしれない。また、根系の侵入を確認したところ、砂質土層の深部にまで達し、一部は砕石層にも到達していたため、活着も良好であった。以上のことから、本のり面保護工において、張芝工による緑化はいずれの勾配に

おいても有効と判断した。

写真-3は植生シートを適用したケースA～Cにおけるのり面緑化の推移について比較したものである。初冬に施工したため、融雪水による種子の流出の影響もあって越冬後の緑化は遅れていたが、2回の冬を超えた2020年7月では、自生種も交じって緑化は良好である。ただし、詳細に比較すると、細粒分の少ない砂質土を使用したケースAの緑化被覆率は他に比べて低いため、浸透抑制と緑化のいずれに対しても、中詰め材にはある程度の細粒分を有する砂質土の方が適していると思われる。また、生育状況が悪い期間中も砂質土の侵食・流出が見られなかったことを考えると、施工環境や条件によっては植生シ

一トの適用も効果的と言える。

5. まとめ

本研究では、1割5分と1割2分の実大のり面に対して、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を施工し、滑動力や浸透抑制機能に及ぼすのり面勾配の影響について検討した。本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- 1) いずれの勾配においても、のり面と保護工との摩擦角は現行の設計で使用されている値よりもかなり大きいことが明らかとなり、打設するアンカーバーの削減によって省力化できることが分かった。
- 2) 本のり面保護工は、勾配によらず雨水や融雪水に対する浸透抑制機能を発揮することが分かった。
- 3) 砂質土層の厚さや細粒分含有率によって浸透抑制機能が変わることが分かった。
- 4) 中詰め材にウッドチップを用いることで、断熱効果が発揮されることを確認した。
- 5) 張芝工によって、いずれの勾配でも本のり面保護工の緑化が可能であることを確認した。

謝辞：本研究はJSPS科研費JP20K04679の助成を受けたものである。また、本研究を遂行するにあたり、美幌貨物自動車(株)の宇野保様には多大なる協力を頂いた。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) 武田一夫, 岡村昭彦, 伊藤隆広: 寒冷地におけるのり面保護工の開発(1)ー法面凍上害の分布とその発生過程ー, 日本緑化工学会誌, Vol.25, No. 1, pp.1-12, 1999.
- 3) 大谷匠, 川口貴之, 川尻峻三, 中村大, 川俣さくら, 原田道幸, 安達謙二, 山岸雅晶: ジオセルと排水パイプを併用した斜面安定工の開発と性能評価, ジオシンセティックス論文集, Vol.32, pp.101-108, 2017.
- 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) 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令和元年度論文報告集, Vol.76, 2020.
- 6) 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.
- 7) 中陳実咲希, 中村大, 川口貴之, 川尻俊三, 原田道幸: 植生シートの浸食抑制効果に関する評価手法に関する検討, ジオシンセティックス論文集, Vol.34, pp.101-106, 2019..
- 8) 三石正一, 飯山一平, 溝口勝: デカゴン土壤水分センサーの簡易キャリブレーション方法, 土壤水分ワークショップ要項, pp.115-120, 2008.
- 9) 日本建築学会: 建築基礎構造設計指針, 2001.
- 10) 澤田茉伊, 三村衛, 吉村貢: キャピラリーバリアを用いた古墳の雨水の浸透抑制に関する研究ーキャピラリーバリアのメカニズムに関する実験および解析的検討ー, 土木学会論文集C (地圏工学), Vol.72, No.2, pp.101-106, 2016.

EFFECTS OF DIFFERENCE IN GRADIENT ON THE LABOR SAVING AND SEEPAGE CONTROL FUNCTION OF SLOPE PROTECTION WORK USING GEOCELLS

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

A new slope protection work composed of two-layer geocells filled with crushed stone and sandy soil that has the function of suppressing erosion, promoting drainage, seepage control and greening necessary to prevent slope collapse in cold regions were developed. In this study, we carried out this protection work on a full-scale slope with two types of gradient, and examined the influence of the slope gradient on the effect of labor saving and seepage control. As a result, it was found that the developed slope protection work exerts a seepage control function on both slope gradient, and labor can be saved by reducing the number of anchor bars driven into the slope.

KEYWORDS: Geocell, Slope Gradient, Seepage Control, Greening, Labor Saving