

廃棄物最終処分場キャッピング用ジオコンポジットの 斜面適用性

Applicability of Geocomposite to Slope of Landfill Cap Cover

西村 正樹* 赤井 智幸* 嘉門 雅史**
Masaki Nishimura Tomoyuki Akai Masashi Kamon

(2007年6月19日 受理)

A landfill cap cover that simultaneously suppresses water infiltration into landfilled waste and promotes rapid gas permeation is demanded. We developed a geocomposite (GC) consisting of a porous sheet, which exhibits waterproof and gas permeability, and nonwovens to protect a porous sheet. Using it, we investigated the characteristics of GC for application as a landfill cap cover. The applicability of GC to a sloping landfill cap cover was evaluated in field-testing. Stability of the test slope on which GCs had been installed was estimated using the horizontal displacement variation of both GCs and the cover soil over time. Furthermore, to determine water movement in the cover soil resulting from precipitation, and to ensure the waterproof characteristic of GCs installed underground, soil water contents were also measured continually at several points of the test slope. Results show that the test slope remained stable even though water contents of the cover soil transiently increased because of the precipitation. The applicability of GCs as a landfill cap cover on the slope was demonstrated.

Key words: geocomposite, landfill cap cover, slope stability, waterproof, gas permeability

1. はじめに

廃棄物の埋め立てが終了した最終処分場においては、閉鎖時に最終カバー層が設置される。この最終カバー層には、廃棄物からの発生ガスを系外に速やかに排出するとともに、雨水の浸透を抑制する機能が必要とされ¹⁻³⁾、この用途に適用可能な、安全で信頼性が高く、かつ低コストのジオシンセティックス製キャッピング材料の開発が求められている。

筆者らはこれまで、ガス透過性と遮水性を有する多孔質シートと、多孔質シートを保護し施工耐久性を付与する不織布から成るジオシンセティックス製の複合材料(ジオコンポジット; 以下、「GC」と称す。)を開発し、室内実験および屋外実験によって、その基本性能ならびにキャッピング材料としての適用性を評価

してきた⁴⁻⁹⁾。

通常、廃棄物最終処分場に最終カバーをする場合、その最上層には覆土が設置される。したがって、GCをキャッピング材料として使用した場合、斜面部は、Fig. 1に示すような断面構造となる。ここで、GCが遮水性を有することに由来して、Fig. 1において、GC

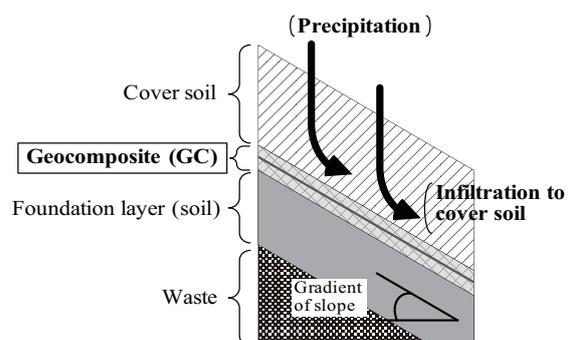


Fig. 1 Cross section of slope in landfill cap cover applying GC.

* 化学環境部 繊維応用系

** 国立高松工業高等専門学校

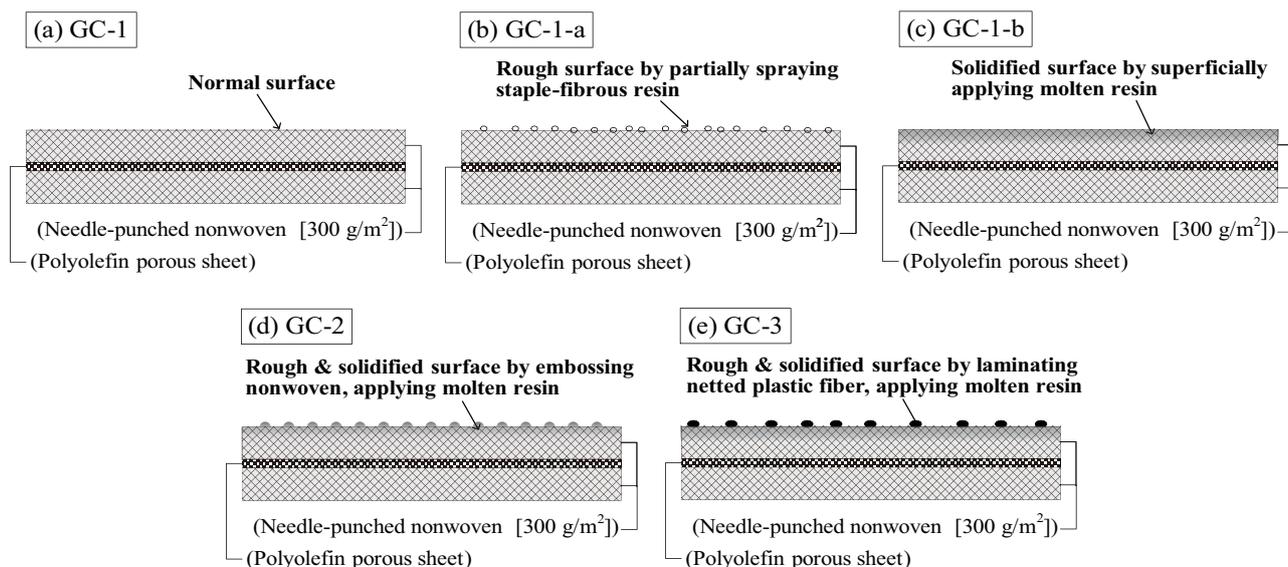


Fig. 2 Cross section and features on nonwoven surface of (a) GC-1, (b) GC-1-a, (c) GC-1-b, (d) GC-2, (e) GC-3.

と覆土との界面が潜在的すべり面になると考えられる。特に、降水による影響が懸念されるので、GCを敷設した斜面に関し、自然環境下での安定性の検証が重要である。

本報告では、屋外の実験斜面に実際にGCを敷設し、その斜面適用性を自然環境下で評価した結果について述べる。

2. 実験方法

2.1 GCの構成

本実験で用いた5種類のGCの断面模式図をFig. 2に示す。Fig. 2に示すとおり、これらのGCは、ポリオレフィン系の多孔質シートの上下面にニードルパンチタイプの不織布を貼り合わせたものである(不織布が覆土との接触面となる)。これらのうち、GC-1-a、GC-1-bは、GC-1と同じ不織布を用い、不織布の表面状態のみが改良されている。また、GC-2、GC-3は、GC-1とは別の、それぞれ表面状態の異なるニードルパンチタイプ不織布を用いている。室内実験での摩擦特性評価の結果、これら5種類のGCは、鉛直応力が10～30 kPaの領域において(層厚0.5 mの覆土がGCに積載した場合の鉛直応力：10 kPa程度)、締固め度85%の土層との界面の摩擦係数が0.6程度となることが確認されている⁸⁾。さらに、不織布の表面状態を改良したGC-1-a、GC-1-b、GC-2、GC-3については、特に土層の締固め度を95%程度と高く設定した場合に、土層との間の摩擦係数が、GC-1におけるそれよりも高くなることがわかっている⁹⁾。

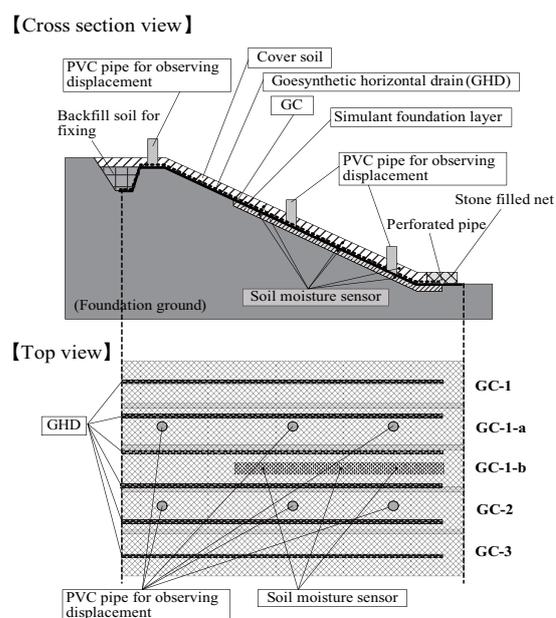


Fig. 3 Schematic illustration of the test slope.



Fig. 4 GCs laid on the test slope.

2.2 実験斜面の概要

当所屋外実験場内の実験斜面（斜面高さ 5 m，斜面勾配 1:2.0，斜面長 11.2 m）に，Fig. 2 で示した 5 種類の GC を敷設し，その上部に層厚 0.5 m の覆土を設置して，自然環境下で長期的な斜面安定性を評価した．Fig. 3 に実験斜面の模式図を示す．また，Fig. 4 に実験施工の状況を示す．

GC の端部同士はブチルゴムテープを用いて接合し，覆土に浸透した降水が GC の表面に到達しても，接合部からの GC 裏面への漏水がないように処置した．また，斜面肩部においては，基礎地盤を掘削して作製した溝の壁面に沿って GC を敷設した後，掘削した土を埋め戻すことで，GC を固定した．GC の上面には，覆土内の排水を目的として，板状水平排水材を 1.5 m 間隔で 6 本配置した．

なお，簡易支持力測定器¹⁰⁾を用いて斜面の 6 箇所における覆土のインパクト値を計測するとともに，含水比を測定した結果，覆土の締固め度は概ね 85% であると推定された．

2.3 実験斜面の評価

実験斜面のすべりに対する安定性を評価するため，覆土および GC の水平方向の移動量を計測した．水平方向移動量の計測方法および各計測点の位置を Fig. 5 に模式的に示す．GC-1-a および GC-2 の敷設箇所上部において，斜面に沿ってそれぞれ 3 箇所（A1～A3 および B1～B3）に塩化ビニル管を設置し，その移動量から覆土の移動量を計測することとした．また，それら塩化ビニル管を，GC の移動量を計測するための観測孔としても用いた．すなわち，各塩化ビニル管は，先端を斜面の勾配と同じ角度に切り取り，GC に対して鉛直に接触させて設置した．加えて，塩化ビニル管設置位置の GC 表面には，計測のための目印を付した．これにより，例えば覆土のみが GC との界面に沿って

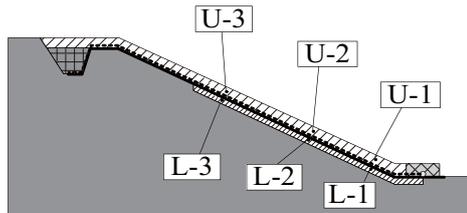


Fig. 6 Measuring points of water content in the soil.

すべり，GC 自体は元来の位置から移動しなかった場合には，覆土とともに塩化ビニル管の水平方向絶対位置が変化し，さらに，観測孔から見える GC 表面の目印の相対位置も変化することとなる．

本実験では，Fig. 5 に示すとおり，実験斜面外側の不動点に打ち込んだ木杭の間に水糸を渡し，これを基準線とすることで，GC 表面の目印および塩化ビニル管と基準線との水平距離の変化から，それぞれ GC および覆土の水平方向移動量を計測した．

また，GC-1 を敷設した実験斜面の幅方向中央部において，Fig. 3 に示したように，GC 上部の覆土内および GC 裏面側の模擬基層（斜面に沿って基礎地盤に溝を掘り，覆土と同質の真砂土をこの溝に充填）の，斜面に沿った各 3 箇所（計 6 箇所）に土壌水分センサー（Decagon Devices 社製 EC-5）を設置し，体積含水率を継続的に計測した．各計測点の位置を Fig. 6 に示す．

3. 結果と考察

3.1 実験斜面の安定性評価

各計測点（A1～B3）における GC および覆土の水平方向移動量の経時変化計測結果を，Fig. 7 に示す．Fig. 7 より，いずれの計測点においても，施工後約 300 日が経過した段階でも，GC および覆土の水平方向移動量は ± 0.005 m (± 5 mm) 以下であった．屋外での実験であるために，風等の影響で計測に多少の誤差が発生し得ることを考慮すると，GC および覆土の移動量は，実質的にゼロとみなせる．したがって，この実験斜面において，GC および GC の上部に敷設された覆土は，自然環境下に長期間暴露されても，すべりに対する安定性を有していることが確認された．

なお，潜在的すべり面と考えられる GC と覆土との界面について，極限つり合いの概念を基に，すべりを起こそうとする力と，すべりに抵抗しようとする力の均衡を考える¹¹⁾と，勾配 1:2.0 の斜面においては，この界面の摩擦係数が 0.5 である場合に，すべりを起こそうとする力とすべりに抵抗しようとする力は拮抗す

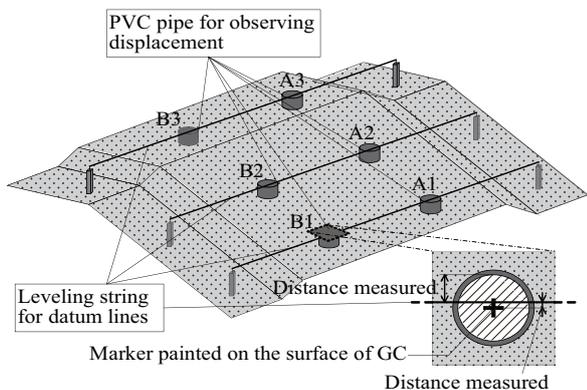


Fig. 5 Schematic illustration of the method for measuring horizontal displacement in each measuring point.

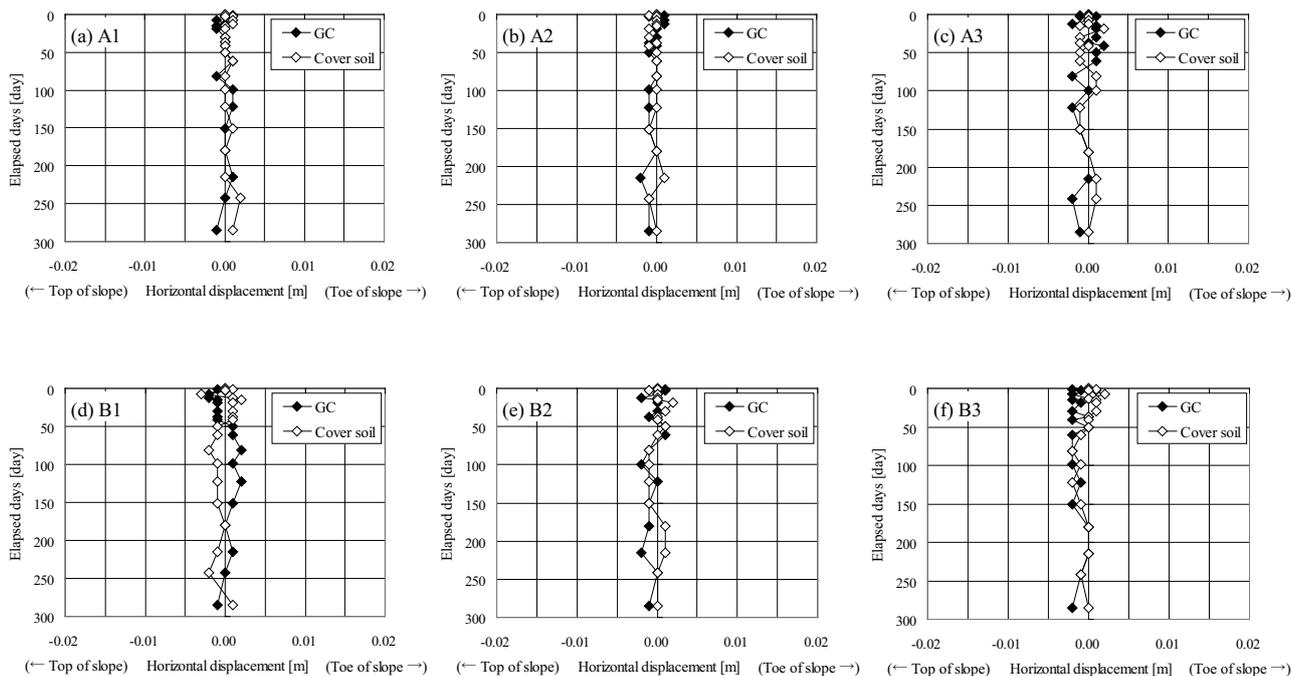


Fig. 7 Horizontal displacement variation of GCs and cover soil at (a) A1, (b) A2, (c) A3, (d) B1, (e) B2, and (f) B3.

と考えられる。したがって、覆土との摩擦係数が0.6程度のGCを用いた場合、斜面安定性に対する設計上の安全率として、1.2が見込めることとなり、本実験の結果は、この設計法に即したものと言える。

3.2 実験斜面の体積含水率変化

各計測点 (U-1 ~ L-3) における体積含水率の経時変化を Fig. 8 に、実験斜面より北方約 1.2 km に位置するニゴリ池における時間雨量の経時変化 (データ提供：環境農林水産部 農政室 整備課 農空間整備グループ) を Fig. 9 に、それぞれ示す。なお、本実験では、施工完了直後の平成 20 年の 7 月中旬より体積含水率の計測を開始したが、計測開始当初から同年 10 月末までの間、センサーケーブル内に水分が浸透し、正常な出力信号を取り出せなかった (Fig. 8 には、計測系の修復、復旧が完了した 11 月以降のデータを示す)。

Fig. 8 および Fig. 9 より、覆土側では、降雨の度に体積含水率が上昇し、その後低下する挙動を繰り返すが、GC 裏面側の模擬基層では、降雨時にも体積含水率はほぼ変化せず、一定の範囲で推移する現象が観測された。すなわち、降水に伴い覆土内への水分の浸透があるものの、GC の裏面側には漏出していないことから、遮水性に関し、GC が土中でも正常に機能していることがわかった。

さらに、3.1 で述べた結果と考え合わせると、降水に伴って覆土内の体積含水率が一時的に上昇しても、実験斜面の安定性は確保されており、GC の斜面適用

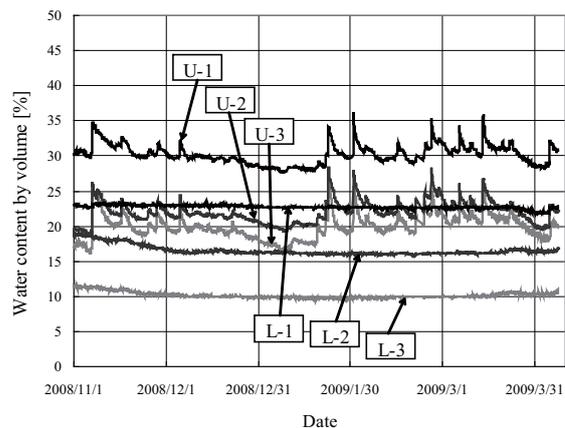


Fig. 8 Variation of water content by volume with time at each measuring point.

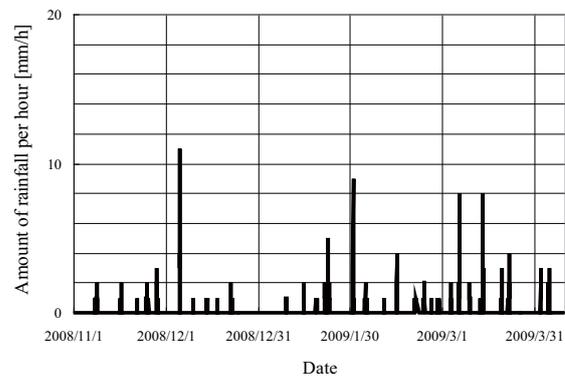


Fig. 9 Variation of amount of rainfall per hour near the test slope.

性が明らかになった。

4. まとめ

多孔質シートと不織布から成る5種類のGCを勾配1:2.0の屋外実験斜面に敷設し、GCの上部に層厚0.5mの覆土を設置して、降水の影響下でのGCの斜面適用性を検証した。その結果、施工後約300日が経過した時点でも、覆土およびGCは実質的に移動しておらず、本実験斜面において、GCおよびGCの上部に敷設された覆土は、すべりに対する安定性を有していることがわかった。また、覆土および模擬基層の体積含水率を継続的に計測した結果、土中でのGCの遮水性が確認されるとともに、降水に伴って覆土内の体積含水率が一時的に上昇しても、実験斜面の安定性が保たれることがわかった。

これらの結果より、本実験で用いたGCは斜面適用性を有していると考えられる。

なお、実験斜面の移動量および体積含水率については、計測を継続中であり、今後、集中豪雨や地震時の挙動など、さらなるデータの蓄積を行う。

謝辞

本研究を進めるにあたり多大なご協力をいただきましたジオシンセティックス技術研究会キャッピングWGに謹んで感謝の意を表します。また、降雨量データを提供いただきました本府環境農林水産部農政室

整備課農空間整備グループに深謝いたします。

参考文献

- 1) R. M. Koerner and D. E. Daniel: 廃棄物処分場の最終カバー, 嘉門雅史監訳/勝見 武, 近藤三二共訳, 技報堂出版 (2004) ii.
- 2) 廃棄物最終処分場跡地形質変更に係る基準検討委員会: 最終処分場跡地形質変更に係る施工ガイドライン, 環境省 (2006) 3.52.
- 3) 国際ジオシンセティックス学会日本支部ジオメンブレ技術委員会: ごみ埋立地の設計施工ハンドブッカー遮水工技術一, オーム社 (2000) 119.
- 4) 西村正樹, 赤井智幸, 和田昭太, 楠部義夫, 嘉門雅史: ジオシンセティックス論文集, **21** (2006) p.285.
- 5) M. Nishimura, T. Akai, K. Negishi, M. Ishida, S. Wada, Y. Nambu, and M. Kamon: Proceedings of the 7th Japanese-Korean-French Seminar on Geo-Environmental Engineering (2007) 85.
- 6) 西村正樹, 赤井智幸, 和田昭太, 楠部義夫, 浅田毅, 嘉門雅史: ジオシンセティックス論文集, **22** (2007) 133.
- 7) M. Nishimura, T. Akai, and M. Kamon: Geosynthetics in Civil and Environmental Engineering [Proceedings of the 4th Asian Regional Conference on Geosynthetics] (2008) 552.
- 8) 西村正樹, 赤井智幸, 嘉門雅史: 日本繊維機械学会第62回年次大会研究発表論文集 (2009) 192.
- 9) 西村正樹, 赤井智幸, 嘉門雅史: ジオシンセティックス論文集, **23** (2008) 247.
- 10) 雀部和男, 浅田 毅, 榎本 正: 基礎工, **34**, 8 (2006) 81.
- 11) R. M. Koerner and D. E. Daniel: 廃棄物処分場の最終カバー, 嘉門雅史監訳/勝見 武, 近藤三二共訳, 技報堂出版 (2004) 171.