

ジオグリッドおよび短繊維混合補強砂を用いた のり面表層保護工

GT フレーム工法[®]の開発と適用事例

森本 泰樹・吉野 英次

豪雨や地震などによる防災対策とともに環境保全が強く求められる中、がけ地や斜面・のり面の崩壊対策には、これまで鉄筋とモルタル・コンクリートを用いて造成される吹付のり枠工が主流であった。今回紹介する吹付のり枠工は、こうした従来工法と全く発想の異なる新技術工法であり、のり枠の主要部材に盛土の補強土工などで使用されるジオグリッドと短繊維混合補強土を利用してのり枠構造を形成する「GT フレーム工法」である。本工法の最大の特長は、剛なモルタル吹付のり枠工とは異なり、ジオグリッドと短繊維混合補強土を組み合わせた柔なのり枠構造としたことで、ねばり強くのり面の表層崩壊を防止するとともに、のり枠面も含めた全面緑化が可能で優れた景観性が得られることである。こうした本工法の特長は、広く認識されつつあり、着実に実績を上げている。ここでは、本工法の概要とともに、基本的な強度特性について示す。また、本工法の特長による利点・効果を活かした適用事例を紹介する。

キーワード：のり面保護、吹付のり枠工、全面緑化、景観保全、施工性向上

1. はじめに

近年、集中豪雨や大規模地震などにより斜面災害が発生しており、その対策工事として、吹付のり枠工によるのり面保護対策が各所で施工されている。吹付のり枠工は、切土のり面および自然斜面の表層の侵食や小規模なすべり崩壊防止を主な目的として適用される工法であり、ユニット式の金網型枠に鉄筋を配筋し、そこへモルタルまたはコンクリートを吹付けて造成するのり枠構造をしたものが一般的である¹⁾。今回紹介する「GT フレーム工法（以下、本工法という）」ものり面保護工の分類ではのり枠工に位置付けられるものであるが、本工法は、従来のにり枠構造とは異なり、盛土の補強土工などで用いられるジオグリッドや短繊維混合補強土をのり枠の主要部材として用いた構造を特徴としている。ここでは、本工法の概要や性能確認試験、適用事例について示す。

2. 本工法の概要²⁾

(1) のり枠の構成とその効果

本工法の構成を図-1に示す。本工法ののり枠は、半円弧状に加工・組立した高密度ポリエチレン製のジオグリッドに、砂質土と短繊維、少量のセメント、水を混合した短繊維混合補強砂（以下、改良土という）

を吹付けて造成される（写真-1）。こうした組み合わせののり枠構成により、ジオグリッドと改良土の強度特性が効果的に機能することで柔なのり枠構造となり、のり面表層の安定に必要なねばり強さを発現する。また、のり枠は、植物が生育できる材料で構成されることから、表面に緑化工を施すことで、のり枠面も含めた全面緑化が可能となり、周辺景観と調和した緑豊かなのり面を造成することができる（写真-2）。

使用材料は、軽量で扱いやすく、斜面上での作業が良好であることから、安全性・施工性が向上するとともに、工期、工費の面でも改善効果が期待できる。

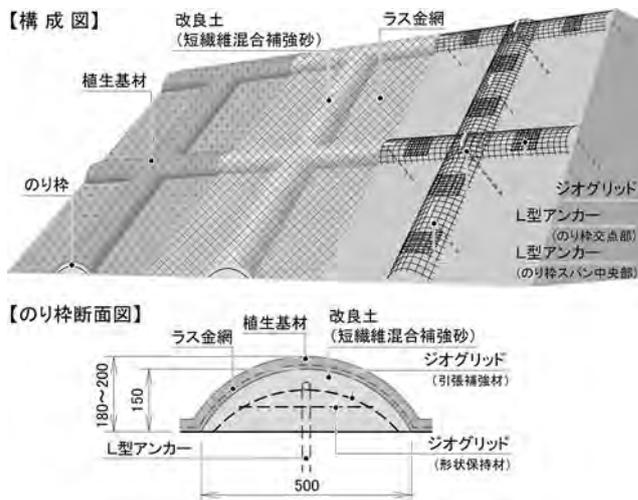


図-1 本工法の概要図



ジオグリッド



短繊維

写真一 使用材料



写真二 全面緑化で景観保全に貢献

そのほか、耐候性・耐薬品性といった高耐久性材料を使用することで、モルタル吹付などで懸念されるひび割れ発生による鉄筋の腐食などがなく、耐久性に優れた工法として期待できることや、現場で発生する廃棄物量を大幅に削減できることで、環境負荷の低減効果が上がる。

(2) 施工方法

本工法の施工手順を写真一三に示す。

① 芯出し工

のり枠が所定の位置に造成できるように、ロープなどでマーキングを行う。

② ジョグリッド設置工

のり面にジオグリッドを格子状に配置し、のり枠断面が半円弧状になるように加工・組立を行う。ジオグリッドは、フレキシブルであるため、斜面の凹凸がある場合でもなじみよく設置が可能である。

③ L型アンカー工

のり枠の交点部および中央部の位置にL型アンカーを打込みまたは削孔後に打設する。



① 芯出し工



② ジョグリッド設置工



③ L型アンカー工



④ 改良土吹付工



⑤ ラス張工



⑥ 植生基材吹付工

写真一三 施工手順

④改良土吹付工

改良土を半円弧状のジオグリッド上面から充填するように吹付けて、所定の形状ののり枠を造成する。吹付作業に使用する機械は、汎用されている通常の吹付プラントで施工可能である。

⑤ラス張工

ラス金網をのり面全体に敷設し、アンカーピンを用いて固定する。

⑥植生基材吹付工

のり枠上面、枠内を含む全面に対して植生基材を所定の厚さに吹付ける。

以上、①～⑥の施工手順を踏まえ、本工法は完成する。

(3) 設計方法

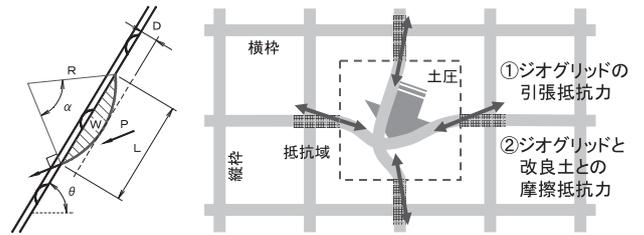
本工法は、切土・盛土のり面や自然斜面における表層部の侵食防止や緑化のための安定した生育基盤の保持を目的とする。また、設計計算により安全性の照査を行った場合は、小規模な表層すべりの抑制工として適用することができる。本工法の適用については、緑化工との併用を前提とするため、植物の生育が可能な条件(土質や勾配など)を考慮する必要がある(表一)。

表一 適用範囲

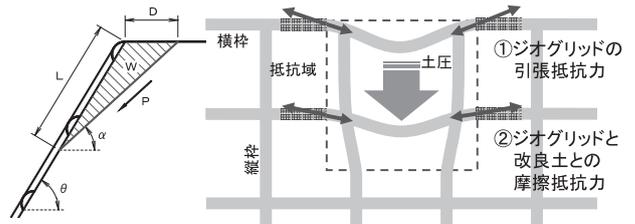
項目	適用範囲
目的	のり面・斜面における表層部の侵食防止 生育基盤の安定および生育環境の整備 のり面・斜面における小規模な表層すべりの抑制 (すべり深さ0.5～1.5m程度、すべり長さ4.0m程度まで)
のり面の勾配	1:0.5～1:2.0程度 (安定したのり面勾配とする)
対象土質	砂質土, 粘性土, 礫混じり土, 軟岩

本工法を小規模な表層すべりの抑制工として適用する場合は、図一2に示すように、のり面の中間部では円弧状のすべり土塊の抜け出し荷重に対して縦枠と横枠で受け持つ設計モデルを、また、のり肩部では直線的なすべり土塊の抜け出し荷重に対して横枠のみで受け持つ設計モデルを仮定し、のり枠の安全性を照査する設計を行う。その際、柔なのり枠としての特徴を踏まえ、①作用荷重に応じたのり枠の変形に伴ってジオグリッドに発生する引張力がジオグリッドの設計引張抵抗力を超えないこと、②ジオグリッドに発生する引張力に対して、抵抗域に位置するジオグリッドと改良土との摩擦抵抗力が十分に発揮できる定着長を有していることの2項を検証し、のり枠(縦枠、横枠)の適正な配置間隔を決定する。

【のり面中間部での表層すべり】



【のり肩部での表層すべり】



図一2 のり枠による表層すべりの抑制効果

3. 性能確認試験³⁾

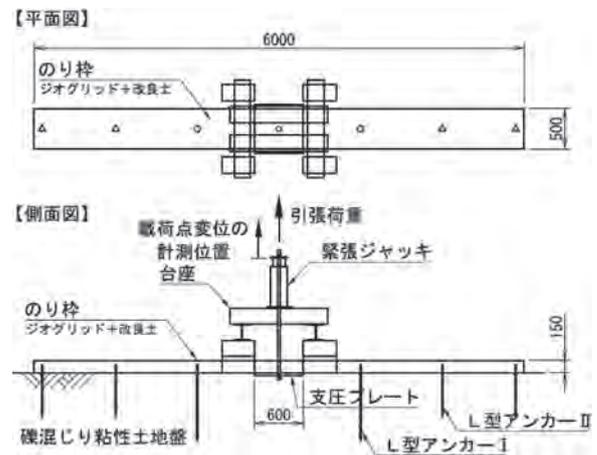
のり枠の強度特性を確認するため、以下に示す試験を行った。詳細については、文献3)を参照されたい。

(1) のり枠の鉛直方向引張抵抗力試験

のり面からのすべり力がのり枠に作用したときに発生する引張力に対して、ジオグリッドの引張耐力によって抵抗する効果を確認するため、図一3、4に示す試験を実施した。

試験方法は、供試体の下に設置した支圧プレートを緊張ジャッキにより引き上げて鉛直方向の変位を作用させ、載荷点での変位と荷重を計測した。

その結果、図一5に示すように荷重—載荷点変位の関係は、設計抵抗力(Pd)の推移と比較的近い対



図一3 供試体の概要図

$$Pd = \frac{8 \cdot T \cdot f \cdot \cos \zeta}{L}$$

ここに、
 Pd : ジオグリッドによる設計抵抗力
 L : 鉛直変形範囲 (3.0m)
 f : 載荷点変位量
 T : ジオグリッドの引張抵抗力
 ζ : ジオグリッドの偏角

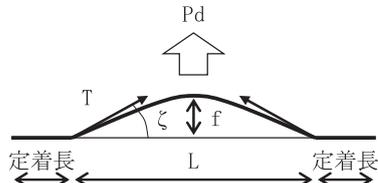


図-4 設計により求められる設計抵抗力 (Pd)

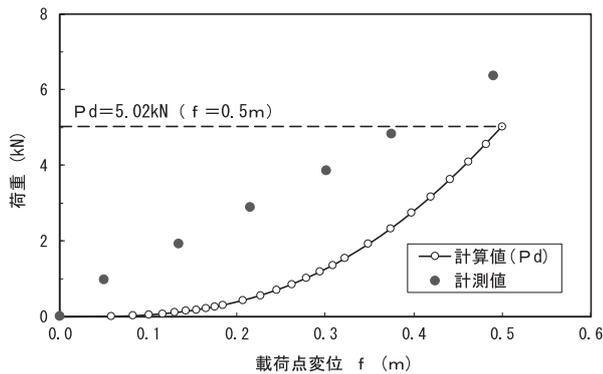


図-5 荷重—載荷点変位の関係

応を示すとともに、載荷過程において設計抵抗力 (Pd) を上回っており、高い引張抵抗力を示すことが確認された。最大変位では、ジオグリッドの破断や改良土の剥離などが認められず、ジオグリッドと改良土は一体で挙動することを確認した。

(2) のり枠の水平方向引張抵抗力試験

すべり力により生じる引張力に対して、ジオグリッドがのり枠内の改良土に定着されるとともに、のり枠と基礎地盤とが必要な水平方向の引張抵抗力を有していることを確認するため、図-6に示す試験を行った。

試験方法は、ワイヤー式レバーホイストによりジオ

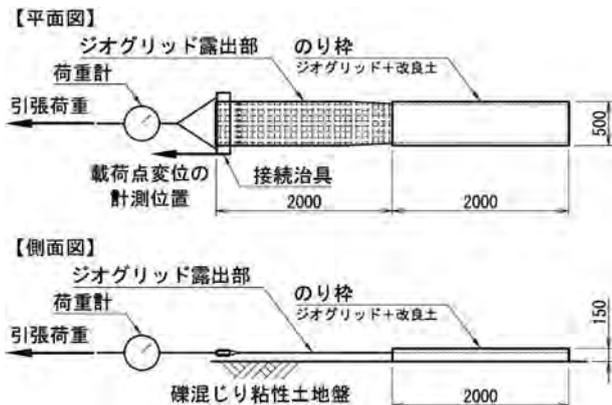


図-6 供試体の概要図

グリッドに水平方向の引張荷重を作用させ、載荷点での変位と荷重を計測した。

ジオグリッドは、図-7に示すように設計引張抵抗力 (Tpd) 以上で破断したことから、ジオグリッドがのり枠から抜け出すことなく改良土内に定着されるとともに、のり枠と基礎地盤とが水平方向の引張に対し抵抗できることを確認した。

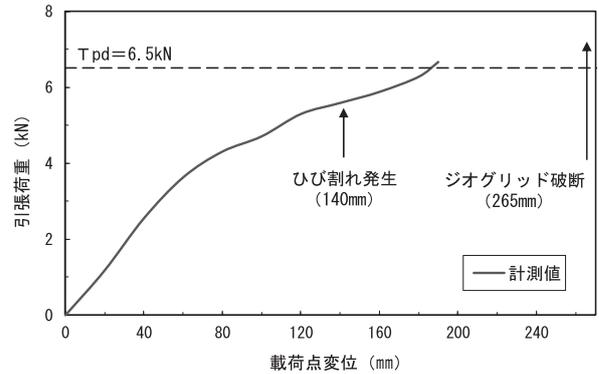


図-7 荷重—載荷点変位

4. 適用事例

本工法は、従来工法に比べ、景観性や施工性、工期・工費の面などで優れた活用の効果が期待できる。こうした本工法の特長を活かした適用事例を以下に紹介する。

(1) 周辺景観に配慮した適用事例

本現場は、国立公園内に位置する国道沿いの切土のり面対策工事であり、全面緑化による景観保全を目的としたのり面保護工として本工法が採用された。国立公園内であるため、特に自然環境の保全や周辺景観との調和を目的に在来種の種子配合 (ススキ、ヨモギなど) による緑化を行った。施工後 11 年が経過した状



写真-4 周辺環境に配慮した施工事例

況では、在来種に加え現地の侵入植物の生育も確認できるなど、周辺と調和した緑豊かなのり面が形成されている（写真—4）。

（2）高所位置の厳しい現場条件で施工した事例

本現場は、地震により崩壊した山腹斜面の復旧対策工事である。施工箇所が直高120 mの高所位置であり、施工にあたっては厳しい現場条件である（写真—5）。

本工法の使用材料は、軽量・コンパクトであるので、高所までの材料運搬や斜面上での作業が容易となり、施工性が向上する。また、吹付け材は、圧送性や吐出性が良好な改良土を使用するため、吹付プラント位置から高所・長距離でも施工が可能となり、従来のモルタル吹付で必要となる専用機械や仮設対策が省略でき、施工性の向上、工費縮減に貢献する。



写真—5 高所位置の山腹斜面での施工事例

5. おわりに

本稿では盛土の補強土工などで用いられている技術をのり面保護分野に利用して開発した吹付のり砕工法を紹介した。本工法「GT フレーム工法」は、2006年の開発から、全国の道路、急傾斜地、治山工事などののり面对策現場で施工されており、これまでに1100件以上の実績を有している。国土交通省では、本工法の優れた活用の効果が評価されており、国土交通省が運用する新技術情報提供システム（NETIS）において「平成30年度 推奨技術」に選定されている。

本工法が安全安心・緑豊かな国土形成に貢献できる技術として、今後も多くの現場で採用されることを期待する。

JICMA

《参考文献》

- 1) (公社) 日本道路協会：道路土工一切土工・斜面安定工指針，2009.6
- 2) (一財) 土木研究センター：のり面表層保護工「GT フレーム工法[®]」設計・施工マニュアル（改訂版），2018.11
- 3) (一財) 土木研究センター：建設技術審査証明報告書（建技審証 第0902号）ジオグリッドおよび短繊維混合補強砂を用いたのり面表層保護工「GT フレーム工法[®]」，2016.4

【筆者紹介】

森本 泰樹（もりもと たいき）
イビデングリーンテック(株)
法面事業本部 関東支店 設計課
課長



吉野 英次（よしの えいじ）
イビデングリーンテック(株)
企画管理本部 安全環境部
部長

