

# 短繊維混合補強土とジオグリッドを用いた のり面表層保護工

中根 淳・森本泰樹

## 1. はじめに

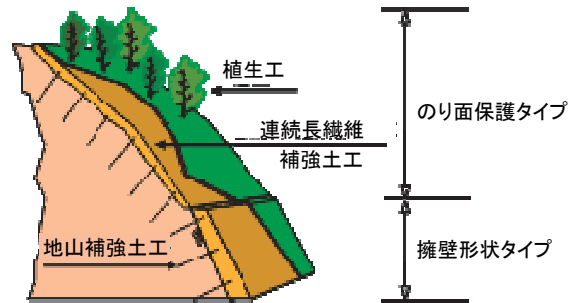
繊維混合補強土は、土または安定処理土（主にセメント系固化材による）に繊維を混合し、土粒子と繊維並びに繊維同士を絡み合わせることで、その強度、靱性（ねばり強さ）などの力学的特性を向上させるとともに、降雨や表流水などに対する耐侵食・耐洗掘性を向上させる技術である。（一財）土木研究センターでは、繊維混合補強土の優れた特性に注目し、平成2年9月～平成9年3月に国立研究開発法人土木研究所（旧建設省土木研究所）や民間企業と共同研究を実施した。また、その成果である「短繊維混合補強土工法」の普及を図るためハイグレードソイル研究コンソーシアムを立ち上げている<sup>1)</sup>。さらに、建設技術審査証明制度においては、連続長繊維を用いた土留め擁壁・のり面保護工<sup>2)</sup>や短繊維補強土とジオグリッドを用いたのり砕工<sup>3)</sup>などの審査証明を実施し、繊維混合補強土工法の普及促進に努めている<sup>4),5)</sup>。

ここでは、繊維混合補強土工法の概要と短繊維混合補強土を中心にその性能（力学的特性、耐久性、耐侵食性）について示す。また、短繊維混合補強土とジオグリッドを組み合わせた柔な構造機能を有するのり砕工について、その構造特性についての試験結果や実施工の事例を紹介する。

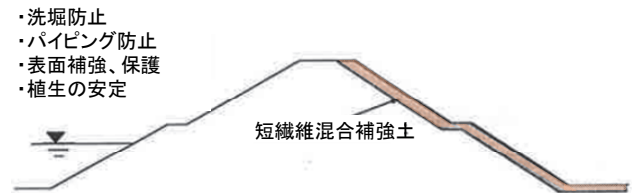
## 2. 繊維混合補強土工法の概要

繊維混合補強土工法には、太さ1～350 dtex程度（dtex:長さ10,000m当たりの繊維の質量をグラム数で表した単位）のファイバーを0.1～数%（乾燥重量比）程度を混合するものである。繊維混合補強土は、連続した繊維を用いる連続長繊維補強土工法と短い繊維を用いる短繊維混合補強土工法に大別される。繊維混合補強土工に用いる繊維材料には、必要な引張強度と耐薬品性・耐候性等の耐久性を有し、さらに土と均質に混合できることが求められる。繊維混合補強土は、高い耐侵

食性・洗掘抵抗性を有することから、のり面の侵食・洗掘や風化防止、表層の崩落抑制、緑化などののり面・斜面の保護を目的に多く用いられる。また、図-1に示すように連続長繊維補強土工法では地山補強土壁工法等と併用した擁壁に、短繊維混合補強土では護岸堤防におけるのり面の表層補強、植生、侵食・洗掘防止対策等にも用いられる。



(a) のり面保護の適用例<sup>3)</sup>



(b) 河川堤防の適用例<sup>1)</sup>

図-1 繊維補強土工法の適用例

## 3. 短繊維混合補強土の材料特性<sup>1)</sup>

短繊維混合補強土は、長さが10数～数100mmの短い繊維を用いる。ここではセメント系固化材による安定処理土との混合補強土の強度特性、耐久性、耐侵食性について示す。

### 3.1 強度特性

図-2にセメント系固化材により安定処理した砂質土に、長さの異なる繊維を同じ割合で混合した場合の一軸圧縮試験による応力-ひずみ曲線を示す。繊維を混合した土は、同一混合比の場合、繊維長が長くなるとともに、圧縮強度及びピーク時のひずみは増加し、ピーク後も圧縮強度は漸増・維持・緩やかな低下を示し、粘り強い強度特性（靱性）を発現する。

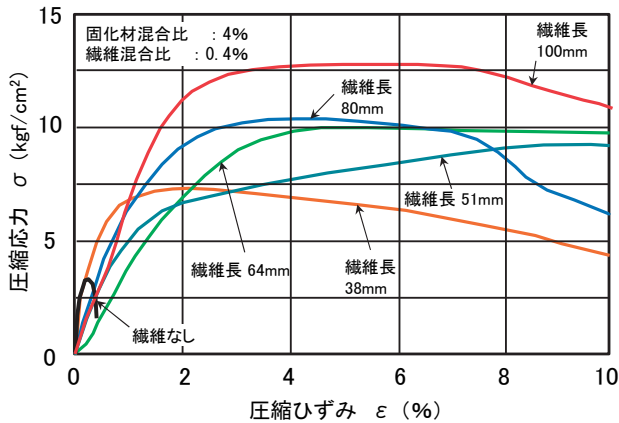


図-2 一軸圧縮試験結果 (安定処理土)

### 3.2 耐久性

混合土にセメント系固化材による安定処理材を用いた場合、混合する繊維 (ポリプロピレン、ポリエステル、ビニロン製など) によっては、固化材の強アルカリの影響で劣化等による混合土の耐久性の低下が懸念される。図-3は、セメント系固化材の添加量5%、15%を混合した混合補強土の強度の経時変化である。土の初期pHは11~12程度で、その後、時間の経過とともに低下するが、1年後でもpH=10程度の強アルカリの状態は継続される。この間の一軸圧縮強さは材令とともに増加する傾向にあり、通常の繊維混合土に適用される繊維であれば、セメント系固化材による強アルカリ環境下にあっても、強度等の耐久性に影響しない。

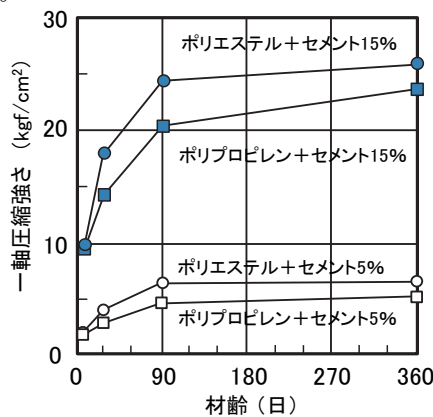


図-3 一軸圧縮強さ経時変化

### 3.3 耐侵食性

短繊維混合土をのり面の保護材として適用する場合、降雨や表流水などに対する耐侵食性が求められる。このため図-4に示すように勾配45度の斜面を繊維混合補強土で造り、降雨強度100mm/hの降雨試験を行い、のり面の侵食の進展状況を調べた。

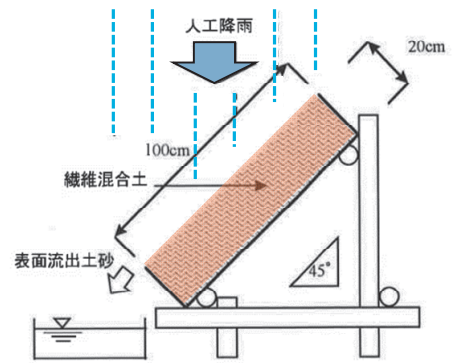


図-4 耐侵食性の試験

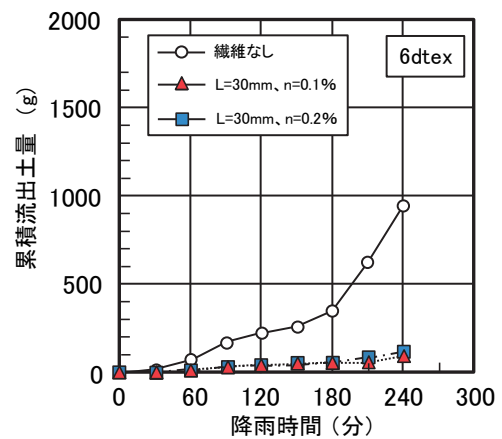


図-5 流出土量の経時変化 (砂質土)

図-5は、連続した降雨に伴いのり面から流出した土量の経時変化を示したものである。繊維を混合しない砂質土では、降雨開始直後から表土の流出が始まり、流出量は次第に多くなるのに対し、短繊維混合土はのり面からの土の流出はほとんど認められず、降雨に対して高い耐侵食性を有している。また、繊維混合補強土は、その上に植物が繁茂し、耐侵食性はより高くなる。

## 4. 短繊維混合補強土とジオグリッドを用いたのり枠工

のり枠工は、自然斜面および切土・盛土のり面の表層土の安定や植物の生育基盤の保持を主な目的として、のり面上に枠形状の面的な構造体を設置する工法である。のり枠には、降雨の作用に対する耐侵食性や緑化基盤としての機能が求められる。また、これらに加え、部分的な極表層部の崩壊に対して抵抗することも必要となる。このため崩壊する表土の土塊の荷重に対して、のり枠を構成する部材の十分な引張り強度や押し出し抵抗等力を有している必要がある。

これら作用に対して必要な強度を有するのり枠工とするために図-6に示すように短繊維混合補強土（以下「改良土」という。）に加え、補強材としてジオグリッド（合成高分子材料）を組み合わせた。こののり枠工について、その力学特性を以下のように調べた。

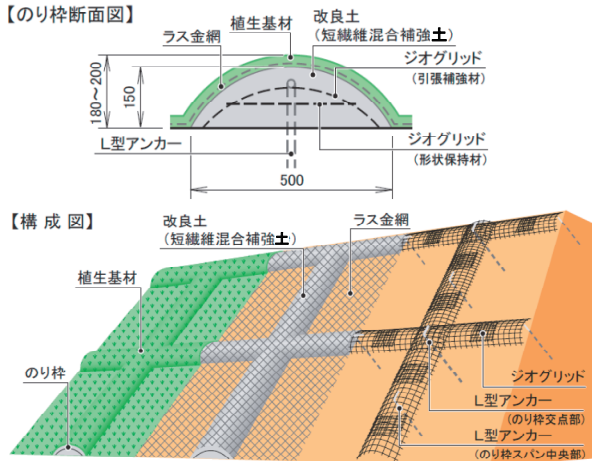


図-6 ジオグリッドと組み合わせたのり枠工法の概要図

#### 4.1 のり枠の引張強度・付着力試験

ジオグリッドは、のり枠内の改良土に定着され、のり枠は基礎地盤に固定される。表層の崩壊土よりのり枠に生じる引張力に対し、ジオグリッドがのり枠から抜け出すことなく、また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調べた。

試験は、図-7に示すように礫混じり粘性土の水平地盤上にのり枠からジオグリッドを引き出した試験体を造成し、ジャッキで水平方向への引張荷重を作用させた。これより、ジオグリッドは、図-8に示すように、設計引張抵抗力( $T_{pd}$ )以上で破断したことから、ジオグリッドがのり枠内の改良土に確実に定着され、のり枠の改良土と地盤の間

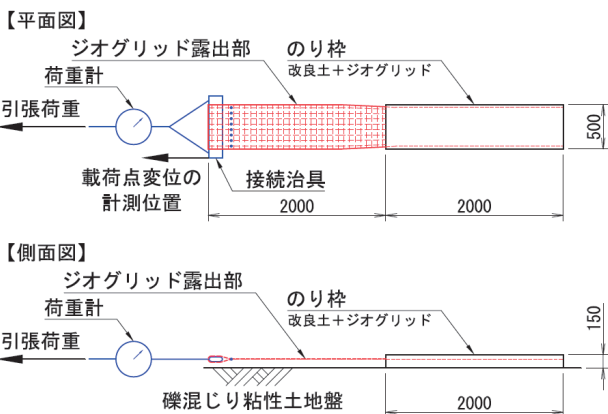


図-7 供試体の概要図（一方向供試体）

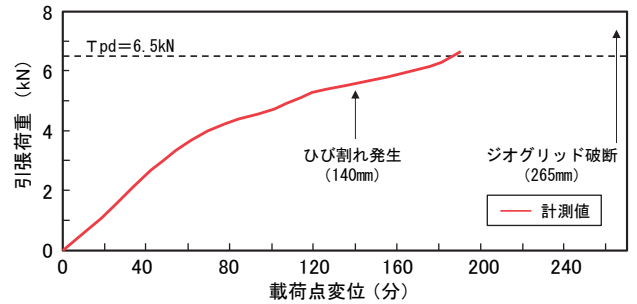


図-8 荷重-載荷点変位（一方向供試体）

の付着力も、必要な引張抵抗力を有していた。

#### 4.2 のり枠の荷重載荷試験

短繊維混合補強土とジオグリッドによるのり枠の荷重試験を実施し押し出し抵抗を調べた。図-9に示すように、実際に造成したのり枠を切り出し、表層のすべり土塊に相当する鉛直荷重 $P$ をスパン中央に載荷して一体性の確認を行った。供試体は、①供試体（改良土のみ）と②供試体（改良土+ジオグリッド）を各3本作成した。

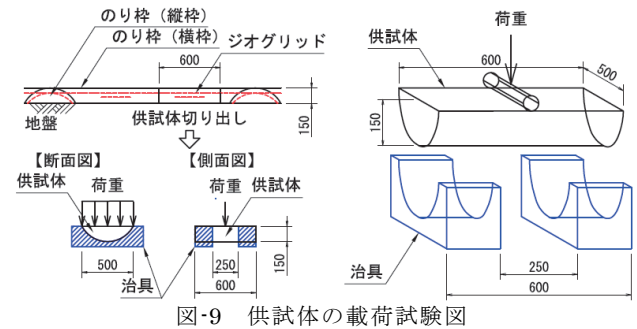


図-9 供試体の載荷試験図

各供試体の載荷荷重と載荷点変位の関係を図-10に示す。ひび割れ発生後の載荷荷重（0.6kN付近）では、いずれの供試体も短繊維によるのり枠の一体構造が確保された挙動を示す。

①供試体（改良土のみ）は、載荷直後から載荷点下面において曲げひび割れが発生し、荷重増加に伴い進展するものの、短繊維がひび割れの拡大

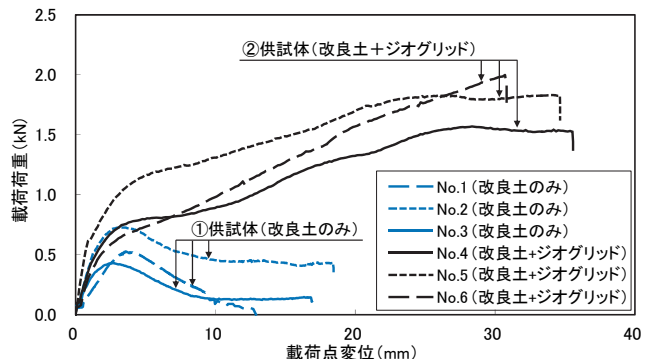


図-10 載荷荷重-載荷点変位



を抑制し、脆性的な破壊は起きず、延性的な変形性能を保持しながら徐々に押し出し耐力が低下する結果となった。

②供試体（改良土+ジオグリッド）は、写真-1に示すように、載荷点下面において曲げひび割れが発生するものの、載荷荷重は①供試体（改良土のみ）の荷重を上回り、変形量の増加とともに荷重も増加し、粘り強い変形性能を示した。短繊維は、ひび割れの拡大を抑制した。また、ジオグリッドは両端支点部から抜け出すことなく改良土と一体として挙動し、試験終了まで荷重を保持し、改良土とジオグリッドを組み合わせたのり枠は、柔な構造物として一体となって挙動しながら、高い靱性を持つ押し出し抵抗特性を有していた。



写真-1 最終時荷重載荷とひび割れ状況 (②供試体)

## 5. 適用事例

短繊維混合補強土とジオグリッドによるのり枠の特徴と効果を活かした適用として、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採用された事例を示す。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、ヨモギ等）による緑化が行われた。写真-2に示すように、施工後6年が経過した状況では、在来種に加え現地の侵入植物



写真-2 国立公園内の道路のり面における施工事例

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。

## 6. まとめ

繊維混合補強土は、優れた力学特性に加え、高い耐侵食性・洗掘抵抗性を有している。また、のり面保護工としてののり面の全面緑化が可能で美観・景観の創造に優れている。ここに紹介した短繊維混合補強土の材料特性、および短繊維混合補強土にジオグリッドを組み合わせたのり枠については、その強度特性や適用範囲を十分理解したうえで、今後の安心・安全な社会基盤整備における活用が望まれる。

## 参考文献

- 1) 混合補強土の技術開発に関する共同研究報告書第168号、建設省土木研究所材料施工部土質研究室他、平成9年3月
- 2) 建設技術審査証明報告書（建技審証 第0202号）土留め擁壁・のり面保護用連続繊維補強土「ジオファイバー」
- 3) 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®」
- 4) のり面保護用連続繊維補強土「ジオファイバー工法」設計・施工マニュアル、(一財)土木研究センター、平成29年6月
- 5) のり面表層保護工「GTフレーム工法®」設計・施工マニュアル、(財)土木研究センター、平成24年2月
- 6) のり枠工の設計・施工指針（改訂版）、(社)全国特定法面保護協会、平成18年11月

中根 淳



(一財) 土木研究センター  
技術研究所土工構造物研究  
部長  
Atsushi NAKANE

森本泰樹



イビデングリーンテック  
(株)法面事業本部関東支  
店設計課長  
Taiki MORIMOTO