

# 短繊維補強斜面の流動抑制効果

短繊維 斜面 流動

名古屋工業大学 学生会員 堀 智之  
名古屋工業大学大学院 学生会員 山口 智世  
名古屋工業大学 国際会員 前田 健一

## 1. 背景と目的

近年、短繊維の混合によって地盤を補強する短繊維補強土工法が多く用いられている。擬似粘着力、摩擦力の増加によって補強効果を発揮するとされているが、補強材の配向、量、曲げ剛性などによっても補強効果は影響を受けることから実際の補強メカニズムは未だ不明である。そこで本研究では、斜面補強を例に挙げ、豊浦砂と短繊維を用いた3次元実験と補強材1本1本に着目した2次元実験を通して短繊維混合土による補強メカニズムを解明することを目的とする。

## 2. 3次元実験概要

豊浦砂と短繊維を用いた斜面傾斜実験を行った。傾斜台上を箱状にし(前面・背面：アクリル板、側面・底面：サンドペーパー)、この中で斜面を作成し、傾斜台を低速・一定速度で傾斜させることで実験を行った(図1)。また、作成した斜面スケールは高さ：13cm、幅：15cm、奥行き：20cmとしており、これは実際の斜面補強における短繊維混合土の層から実スケールで切り出したものと同等のサイズである。短繊維の混合率を乾燥重量比0%、0.1%とした2つの斜面で挙動を比較した。なお、短繊維は斜面全体に均等に分散させている。

本実験では実験後の斜面画像において、法先に土粒子のみの堆積が見られたことから、表層すべりのみの発生であったことが確認された。したがって、3次元実験では表層すべりに対する結果考察を行うこととした。

## 3. 3次元実験結果

### 3-1. 斜面傾斜と移動土砂量

短繊維の混合による移動土砂量の変化を法先の画像より考察した(図2)。いずれの斜面も38.0°において1度目の流れが発生した。その後も39.4°まで傾斜を継続したところ、混合率0%の斜面では変化が見られなかったが、混合率0.1%の斜面ではこの間に2度目の流れが確認された。39.4°の流れ終了時点での2つの斜面の土砂到達距離がほぼ等しくなったことから、本実験においては、短繊維の混合によって、1度に滑る土砂量が低減されていることがわかった。

### 3-2. 土砂の流出と堆積

斜面上部では土砂が流出し、斜面下部では土砂が堆積する。斜面中央部ではこの2つの挙動が交互に発生している領域が存在している。この領域において、短繊維混合の影響が観察された。混合率0%では土砂の流出と堆積を繰り返す動きが確認されたのみであったが、混合率0.1%の方では土砂の流出後に斜面表面における小さな砂山の形成が確認され、この砂山の上部に土砂が堆積、再び流出するという挙動を示していた(図3)。この小さな砂山の発生は流動していた土砂が斜面上で停止する

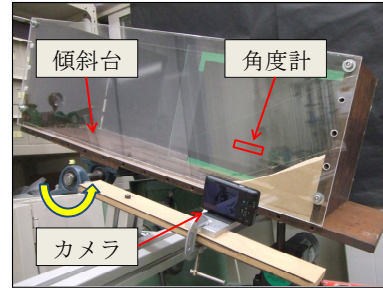


図1 3次元実験装置

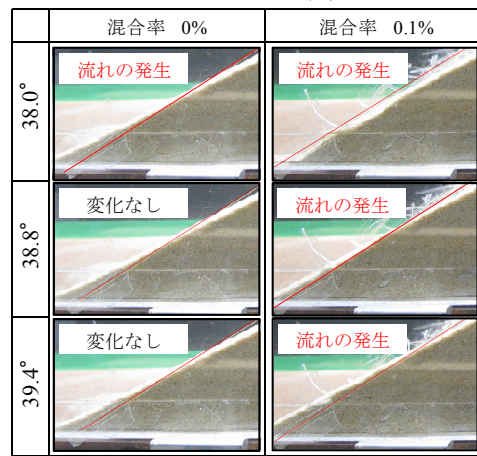


図2 土砂移動に伴う法先の土砂堆積の様子

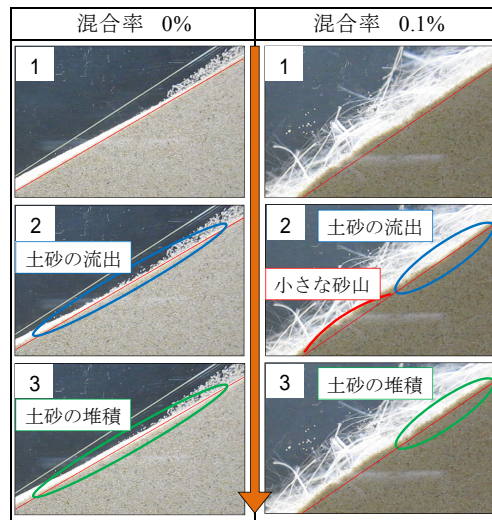


図3 土砂の流出-堆積における砂山形成

ことが原因であり、このことを言い換えると、砂山の形成は流動性の低下の結果であると考えられる。つまり、短繊維の混合は流動性を低下させると言える。

## 4. 2次元実験概要

アルミ棒積層体を用いた模型実験を行った(図4)。アルミ棒積層体はアルミ棒を直径1.6mm:直径3.0mm=3:2(重量比)で混合し作成したものである。傾斜台を低速・一定速度で傾斜させることでアルミ棒積層体を崩壊させた。その様子をハイスピードカメラで撮影し、PIV画像解析を行った。また、短繊維を模した補強材として、アルミ棒をポリエステル繊維によってすだれ状に編んだものを直径1.6mmと3.0mmの2種類(以後、それぞれ細、粗と記す)(図5)、補強材の長さとしては5cmと10cmの2種類の計4種類用意した。補強材の挿入角度はせん断線を基準として反時計回り正で値をとる。また、本実験において、移動領域面積に単位体積重量を乗じたものを移動土砂量とし、この値が最大の時を崩壊、その時点における角度を崩壊角度と定義した。2次元実験では、長さ、表面粗度、配向、混合量が崩壊角度に及ぼす結果をまとめた。また、3次元実験で表層すべりが発生したことを受けて、同装置を用いて表面補強効果の検証実験も行った。

## 5. 2次元実験結果

### 5-1. 長さ・表面粗度・配向が崩壊角度に及ぼす影響

補強の条件を補強材枚数:1枚,挿入位置:斜面中央とし、補強材:4種類,挿入角度:30,45,60,90,120,135,150°の条件で変化させた。

図6において、長さ5cmと10cmを比較した。補強材の長い方がより高い補強効果を示している。崩壊時の画像を確認すると補強材が無補強時の滑り深さよりも短い場合、表層から発生する流れによって補強材が流されていた。よって、補強効果を期待するには滑り深さ以上の長さが必要である。

次に、同図において表面粗度の違いを比較する。粗いものの方が全体的に高い補強効果を示しており、表面粗度と地盤材料の粒径には関係性があると考えられた。そこで、引抜抵抗試験を行ったところ、粗度の大きなものの方が高い引抜抵抗値を示した。したがって、引抜抵抗の高い補強材の方が高い補強効果を示すと考えられた。

また、補強材の挿入角度が60°以下と90°以上では崩壊時の土砂移動における補強材の挙動が異なっていた。補強材の挿入角度が90°以上では崩壊土砂移動が終了に至るまで直線的な形状を維持することで引張補強材としての効果を発揮していた。一方で、60°以下では滑り始めにおいて堰のような働きをしており、これらは異なる補強メカニズムにより補強効果を示したと考えられる。

### 5-2. 補強材混入量がせん断位置に及ぼす影響

補強材を細-10cm,挿入角度を135°とし、補強材の枚数無補強(0枚),1,3,5枚で変化させた。挿入位置は斜面中央の補強材を中心軸として均等に配置した。

図7において、色が変わっている部分は最大せん断ひずみ速度が算出された位置を表しており、この部分でせん断が生じ、斜面が崩壊している。ここで、崩壊した領域に着目すると、無補強時はせん断ひずみ速度の発生が表層に集中し、せん断変形しながらすべるのに対し、1~5枚時では変形する領域は深部へ移っていることがわかる。最大せん断ひずみ速度が領域内部に分布していないということは、補強材によって領域内部が拘束されていることを表す。したがって、補強材1枚あたりが持つ拘束範囲が補強材混入量の増加に伴って一体化することでそ

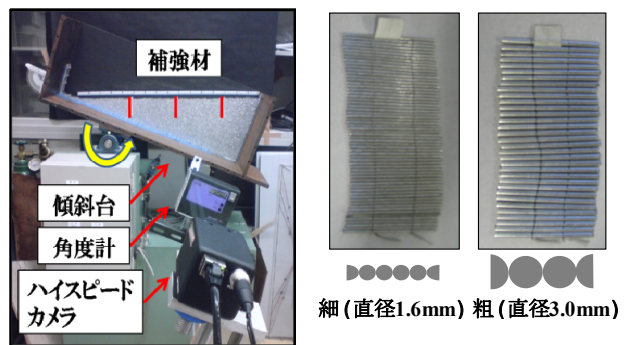


図4 傾斜実験装置

図5 補強材(細・粗)

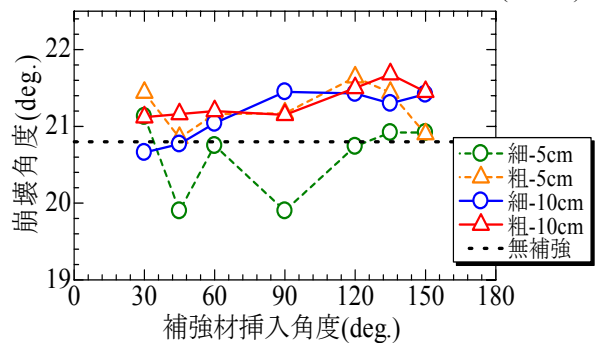


図6 長さ・粗度・配向が崩壊角度に及ぼす影響

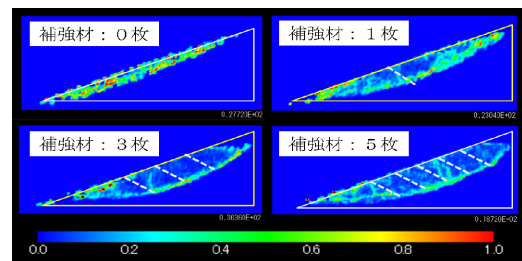


図7 崩壊時の最大せん断ひずみ速度分布

の拘束範囲を拡大していくと考えられる。

### 5-3. 表面補強が崩壊角度に及ぼす影響

アルミ棒をテープによって繋ぎ合わせた面状の補強材を作成し、斜面表面をこれによって覆った。

結果としては無補強状態よりも約5°も高い崩壊角度を示し、面被覆による補強効果の高さが確認された。これは補強材と斜面表層の粒子との間で摩擦力が働くことで斜面が拘束され、高い補強効果を発揮した結果と考えられる。

## 6. まとめ

本研究で得られた知見から、実地盤での補強メカニズムを考える。短繊維混合土層による表面補強によって斜面全体として高い強度を発揮する。しかし、この前提として重要であるのが、短繊維混合土層が面状構造を維持することである。短繊維混合は構造内部の拘束効果と共に、表層での土砂の流出・流動を抑制することでこの構造の維持を可能にしていると考えられた。また、今後の発展として、補強材の粗度や配向を考慮することで、同じ短繊維混入量でもより高い補強効果を得られる可能性も示された。

### <参考文献>

- 1) 前河亮太,松本崇,山口智世,前田健一;第44回地盤工学研究発表会 ファイバーで補強された斜面表層の流動挙動;2009
- 2) 建設省土木研究所;混合補強土の技術開発に関する共同研究報告書-短繊維混合補強土工法技術マニュアル;-1997