

添加材による連続繊維補強土のせん断強度増強効果に関する検討

日特建設（株） 正会員 ○石垣 幸整
 日特建設（株） 石黒 梓
 長崎大学 正会員 大嶺 聖

1. はじめに

連続繊維補強土は、連続したポリエステル繊維を砂質土に均質に混合した補強土である。セメント等の添加材を用いずに、連続繊維が砂粒子を拘束することによって擬似的な粘着力が付与され、せん断強度が増加することが大きな特徴である。そのため、法面保護工や緑化基礎工として広く法面工事に適用されている。連続繊維補強土への添加材の混合は、施工直後から河川護岸等の耐侵食性が求められる場所への適用の際に行われることがあるが、そのせん断強度増強効果を期待して添加材を用いた報告事例はない。一方、近年多発する異常気象により、連続繊維補強土に対し更なる安定性の向上を求められるケースが生じており、粘着力の増加、耐侵食性の増加等が必要だと考えられる。そこで本検討では、せん断強度増強を目的として添加材を連続繊維補強土に混合し、その効果を一面せん断試験にて確認した。添加材は、セメントを混合した場合、高い土壌硬度や高アルカリが植生に影響を及ぼすことが報告されている¹⁾ことから、セメントよりも植生への影響が軽微な弱アルカリ性の石灰系添加材を使用した。その結果、砂乾燥重量に対して 1～2%の石灰系の添加材を混合することで、せん断強度の増強効果が見られた。

2. 試験方法

試験条件を表 1、試験装置概略を図 1 に示す。一面せん断試験の供試体は実機（吹付機）及び室内（供試体作製機）で作製した。供試体作製機及び一面せん断試験装置は連続繊維補強土用の専用装置である。添加材の添加量は、連続繊維補強土の砂乾燥重量に対して 1%及び 2%とした。一面せん断試験は「ジオファイバー工法」設計・施工マニュアル²⁾の試験方法に準じて行った。相対密度は現場で作製した供試体から算出し設定した。なお、連続繊維補強土は施工面（繊維の打設角度）とせん断面のなす角度 α が大きいほどせん断強度が増加することが知られている³⁾。今回の試験では実機で $\alpha=30^\circ$ 、室内で $\alpha=15^\circ$ の供試体を作製した。また、石灰系添加材の一軸圧縮強度を確認するため、実機にて供試体（ $\phi 100 \times 200$ 、繊維は混合せず）を採取し試験を行った。

表 1 試験条件(一面せん断試験)

供試体の寸法	縦、横、高さとも 30cm	
垂直応力	50、200kN/m ²	
せん断変位速度	1mm/min	
試験条件	圧密定圧条件	
使用砂の種類	使用砂	川砂
	最大粒径 D_{max}	5.0mm
	50%粒径 D_{50}	0.46mm
	均等係数 D_{60}/D_{10}	3.8
	75 μ m 以下含有率	1.0%
繊維の混入量	3.3kg/m ³	
材齢	28 日	
相対密度	0.53	

3. 結果及び考察

試験結果を表 2、3、図 2 に示す。垂直応力 50kN/m²では、実機、室内共に、添加材を混合すると無添加の試料よりも最大せん断応力が増加した。一方、垂直応力 200kN/m²では、最大せん断応力は増加しなかった。その結果、粘着力は大きく増加し、添加材によるせん断強度の増強効果が確認出来た。垂直応力 50kN/m²で最大せん断応力が増加しているのは、繊維の補強効果に加えて、添加材の効果が現れた結果だと考えられる。垂直応力 200kN/m²で最大せん断応力が増加しなかったのは、添加材の効果よりも垂直応力によって増加する繊維の拘束力の方が大きかったためと考えられる。

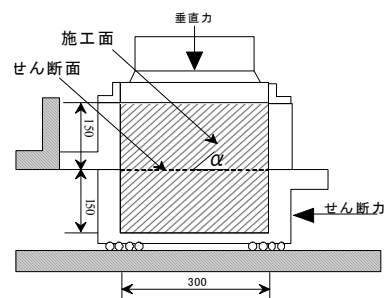


図 1 一面せん断試験装置概略

キーワード 連続繊維補強土、一面せん断試験、法面保護工、一軸圧縮強度

連絡先 〒104-0044 東京都中央区明石町 13-18 日特建設（株）技術本部 TEL：03-3542-9298

なお、添加材の混合量による明確なせん断強度増強効果の違いは見られなかった。

これらの結果から、連続繊維補強土に 1～2%の石灰系の添加材を混合した場合、添加剤の効果が現れる 50kN/m^2 の垂直応力で最大せん断応力が増加し、せん断強度が増強されることがわかった。実際の施工現場で連続繊維補強土に掛かる垂直応力は 50kN/m^2 以下であるため、添加材を使用することは、連続繊維補強土の安定性向上に寄与すると思われる。また、一軸圧縮強度試験の結果(図3)、石灰系添加材はセメント添加 1%に対し、1%添加では約 25%、2%添加では約 60%の値であった。セメントよりも低い値を示し、添加量によりせん断強度増強効果の違いが現れていないことから、連続繊維補強土のせん断強度を増強させるためにはそれほど大きな固結力を必要としないことがわかった。このことから、石灰系添加材を混合した連続繊維補強土はセメントと比較し土壌硬度が上昇せず、植物の生育障害を軽減できる可能性のあることが示唆された。

表 2 試験結果一覧(実機試験)

		垂直 応力 (kN/m^2)	最大 せん断 応力 (kN/m^2)	粘着力 C_{GEO} (kN/m^2)	内部 摩擦角 ϕ_{GEO} ($^{\circ}$)
無補強土		50 200	55.8 134.7	29.5	27.7
連続 繊維 補強土	添加材無し 0%	50 200	125.6 325.6	59.0	53.1
	添加材有り 1%	50 200	189.7 307.6	150.3	38.2
	添加材有り 2%	50 200	177.7 295.6	138.4	38.2

表 3 実機試験結果と室内試験結果

		実機試験 ($\alpha=30^{\circ}$)			室内試験 ($\alpha=15^{\circ}$)		
		添加材混合量			添加材混合量		
		0%	1%	2%	0%	1%	2%
垂直 応力	50kN/m^2	125.6	189.7	177.7	106.7	125.7	134.7
	増加値	-	64.1	52.1	-	19.0	28.0
	200kN/m^2	325.6	307.6	295.6	249.6	-	-
	増加値	-	-18.0	-30.0	-	-	-

4. おわりに

本検討の結果により、以下のことがわかった。

①添加剤の効果が現れる低い垂直応力 (50kN/m^2) で最大せん断応力が増加し、せん断強度が増加する。

②せん断強度を増加させるための添加材による固結力はそれほど大きな値を必要としない。

これらのことから、石灰系添加材を連続繊維補強土に添加することで、安定性の向上や植物の生育障害を軽減できることが期待される。今後も引き続き検討を進め、連続繊維補強土の特性を生かした添加材の混合に関する有効性を高め、実施工への活用を図りたい。

参考文献

- 堀江直樹、石垣幸整、福永健司：セメントを混合した連続繊維補強土の生育基盤としての適用性、日本緑化工学会誌 第 34 巻 (1)、pp.207-210、(2008)
- 財団法人 土木研究センター：「ジオファイバー工法」設計・施工マニュアル、平成 21 年 4 月
- 一般財団法人 土木研究センター：建設技術審査証明報告書「ジオファイバー」、平成 24 年 5 月

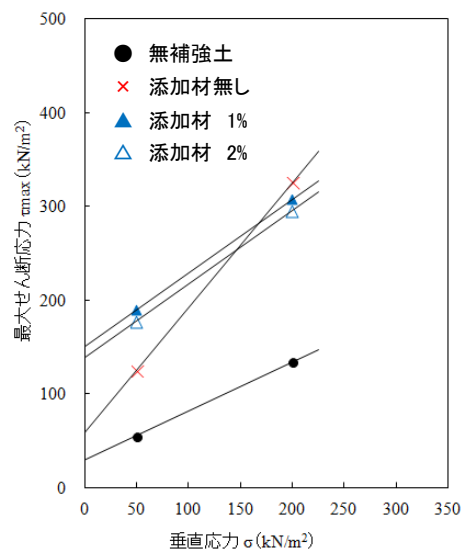


図 2 最大せん断応力と垂直応力の関係
(実機、 $\alpha=30^{\circ}$)

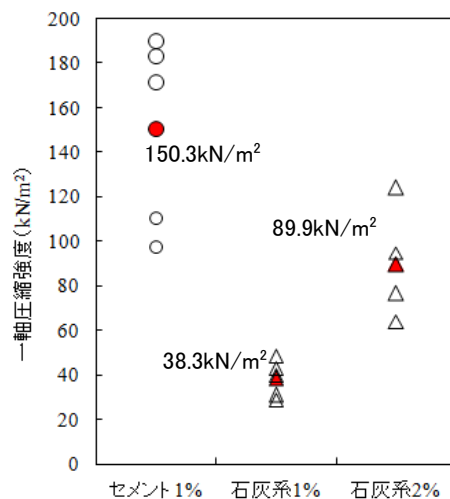


図 3 一軸圧縮強度試験結果
(※ 赤塗りつぶしは平均値)