傾斜面緑化用短繊維混合補強土の力学的特性

日本大学理工学部　フェロー　巻内　勝彦
日本大学理工学部　正会員　峯岸　邦夫
日本大学大学院　学生会員　○山中　光一
イビデン（株）　正会員　梅村　一城
イビデングリーンテック（株）　正会員　吉野　英次

１．はじめに

当研究対象のような，盛土法面等の吹付け斜面保護工に用いる砂質土セメント系安定処理土に，有限長で極細径の短繊維補強材を混合する短繊維補強土緑化工法は，せん断強度，タフネス（粘り強さ）などの土の強度特性の改善ならびに降雨・流水に対する侵食抵抗の向上を図るとともに植生緑化が可能であることから近年は環境保全の面からも期待されている。本報告は，法面緑化工法に用いられる短繊維混合補強土の基本的力学特性の把握のために一軸圧縮試験，標準一面せん断試験，大型一面せん断試験，透水試験を行い，短繊維の種類，短繊維混入量，セメント配合量が短繊維補強土の強度特性および透水性に及ぼす影響について考察したものである。

２．試料および供試体作製，試験方法

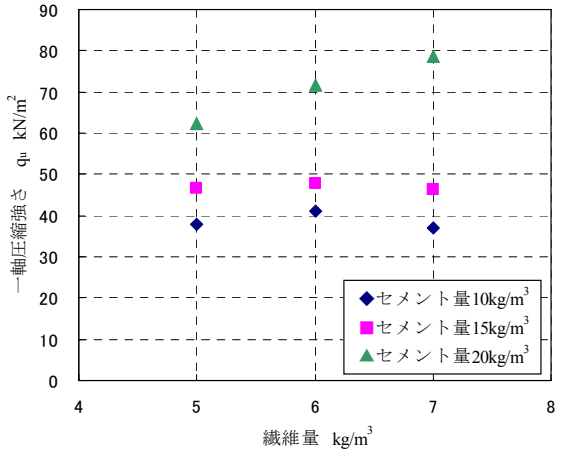
本研究における実験には，試料土として珪砂（栃木県佐野産），補強材には表－1 に示すポリビニルアルコール繊維素材で繊維直径と繊維長が異なる 2 種類の短繊維 A，B を用いた。安定材には普通ポルトランドセメントを用い，珪砂は ISO 基準砂の粒度分布に近似するように粒度調整を行ったものを使用した。実験を行った供試体試料の配合条件は表－２に示す 27 ケース，A1～C9 である。上述の配合条件の材料を含水比 w=約 12.6%に調整し均質に混合後，一軸圧縮試験の供試体は，内径 5cm の塩化ビニル製モールドを用いて 2.5 kg のランマーで 3 層 5 回に突き固めて作製した。標準一面せん断試験の供試体は，土の締固め試験用 10cm モールドを用いて 3 層 25 回に突き固めて作製した供試体からカッターリングを用いて直径 6cm，高さ 2cm に切り出し成形した。大型一面せん断試験の供試体は，40×32×24cm の型枠に実施工と同様に吹き付けて打設した。透水試験の供試体は内径 10cm，高さ 13.8cm のモールドを用いて 3 層 25 回に突き固めて作製し，14 日間養生後に試験を行った。一軸圧縮試験は JIS A 1216 に準じて行った。標準一面せん断試験は垂直応力 σ =25～150kN/m^2 とし JGS 0561 に準じて行った。大型一面せん断試験は垂直応力 σ =20～70kN/m^2 で実施した。透水試験は JIS A 1218 の定水位試験に準じて行った。

表－１　使用した繊維の概要

短繊維	A	B
繊維径 (μm)	200	40
繊維長さ (mm)	24	15
形状		

表－２　配合表

短繊維	A、B、C(A+B混合比2:3)								
セメント量 (kg/m^3)	10			15			20		
短繊維配合量 (kg/m^3)	5	6	7	5	6	7	5	6	7
配合条件	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9



図－１　一軸圧縮強さと繊維量の関係（短繊維 C）

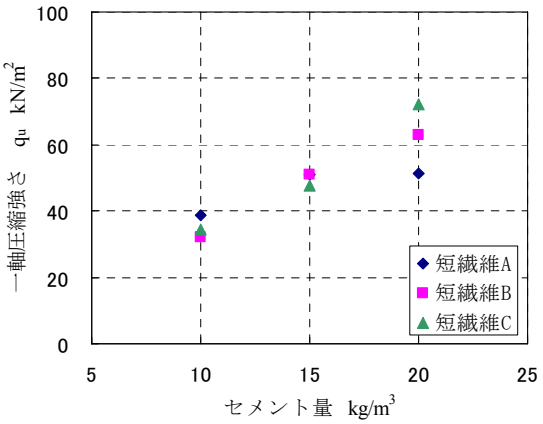
３．試験結果および考察

（１）一軸圧縮試験

図－１は，養生 7 日後の短繊維 C に関する一軸圧縮強さ q_u と短繊維混入量の関係である。セメント配合量 20kg/m^3 の場

キーワード　補強土工法，短繊維，セメント
連絡先　〒274-8501　千葉県船橋市習志野台 7-24-1　日本大学理工学部社会交通工学科　TEL047-469-5217

合には繊維混入量の増加に伴い強度は単調傾向を示すが，20 kg/m^3 以下の場合では，繊維混入量による強度増加が見られない。これは繊維混入量が過多になると供試体作製時に，均質な混合が得にくいことに起因すると考えられる。繊維混入量が同量の場合には，たとえば図－２（繊維混入量：6 kg/m^3）に示すように，単種類の繊維（A または B）に比べ 2 種類の混合繊維 C の場合が，強度の増加が得られる。これは，用いた短繊維の特徴として，繊維 A は比較的剛性を有し，繊維 B は可撓性であるため，混合繊維 C では繊維 A に繊維 B が絡み合い協働的な補強効果を発揮して強度が増加するものと想定される。表－３は，一軸圧縮試験のせん断破壊面の角度から算出した短繊維 C の補強土についての強度定数(せん断抵抗角 ϕ_u と見かけの粘着力 c_u）の平均値を供試体の配合条件ごとに羅列したものである。これより，短繊維量の増加に伴い強度定数が一概に大きくなることはなかった。これは，前述の通り，一つの供試体内に含まれる短繊維の量が多いと均一に混ざりにくくなるため，このような結果になったと思われる。これらのことから最適短繊維混入量が存在することがわかる。



図－２　一軸圧縮強さとセメント量の関係
（繊維混入量 6kg/m^3）

表－３　一軸圧縮試験結果より求めた強度定数

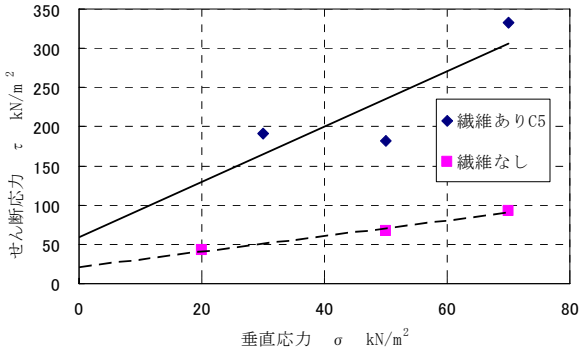
配合条件	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
c_u (kN/m^2)	25.3	25.3	19.8	23.3	23.2	28.7	20.2	21.1	26.3
ϕ_u (°)	9.8	10.7	11.8	14.9	16.1	14.1	21.1	24.8	23.7

表－４　一面せん断試験結果より求めた強度定数

配合条件	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
c_u (kN/m^2)	5.5	8.0	11.8	4.6	10.1	8.1	15.5	25.6	20.6
ϕ_u (°)	30.5	35.2	35.8	44.9	45.0	35.5	40.1	31.6	35.1

（２）標準一面せん断試験

表－４は，標準一面せん断試験より求めた短繊維 C の補強土の強度定数を列挙したものである。セメント配合量 15 kg/m^3 の配合条件の C4～C6 に着目すると粘着力およびせん断抵抗角ともに C5 が最大値を示している。C4 は短繊維混入量が少なく，また C6 は短繊維混入量が多いのもかかわらず強度定数は C5 に比べて低い値を示している。これは短繊維混入量の過多・過少が供試体のセメント固化作用に影響し，強度を低下させると考えられ，強度に及ぼす最適な短繊維の配合条件が存在することを意味する。



図－３　垂直応力とせん断応力の関係

表－５　大型一面せん断試験の強度定数

	繊維あり C5	繊維なし
c_u (kN/m^2)	59.5	21.4
ϕ_u (°)	74.1	44.6

（３）大型一面せん断試験

図－３は，繊維混入量ゼロの供試体および繊維混入量有りの供試体(C5)のせん断破壊時の垂直応力とせん断応力の関係を示したものである。強度定数を比較したのが表－５である。繊維混入により強度が向上したことがわかる。

表－６　透水試験の試験結果

配合条件	透水係数　k　cm/s
C5	1.22×10^{-2}
C8	1.20×10^{-2}
短繊維　なし セメント　15kg/m^3	1.11×10^{-2}
短繊維なし セメントなし	1.20×10^{-2}

（４）定水位透水試験

表－６は，配合条件が異なる供試体の透水係数の値を比較したものである。透水係数の値は普通砂と同程度であり，透水性に及ぼす短繊維混入量，セメント配合量の影響はほとんどみられない。これより，短繊維補強土の繊維とセメントの有無が透水性に及ぼす変化はなく，植物の生育に対しても影響を及ぼさないことが判明した。

４．まとめ

今回行った実験の範囲で得られた主な結果を要約すると以下のようになる。

①　短繊維補強土の補強材とその混入量については，強度に及ぼす最適配合条件が存在する。

②　短繊維補強土の透水性に関しては，短繊維混入の有無による透水係数の差異はほとんどない。

謝辞：実験に際しては本学学生の市川嘉一君の協力を得たことを記して謝意を表します。