

竹セルロースナノファイバーを混合した改良土の工学的特性

Engineering properties on improved soils mixed with Cellulose Nanofibers in bamboo

○平 瑞樹・福元 千賀

Mizuki HIRA and Chika FUKUMOTO

1. はじめに

南九州に広く分布する特殊土であるシラスは、水に対する抵抗が極めて弱く¹⁾、豪雨などにより法面崩壊が発生すると、その被害は甚大となる。一方、鹿児島県は全国有数の竹の産地で、昨今、竹林の未整備地区が増加し、間伐された竹の大部分は使用されることなく処分されている。地域振興の対策を考える上でも竹の需要拡大や高付加価値を付けることによる有効活用法を検討することが重要である。

本報では、圃場整備地区の法面の侵食を抑制するために、竹を有効活用した法面被覆混合土の工学的特性について検討する。

2. 実験材料

軽量で、柔軟性があり、高強度であるという特性を持つ竹セルロースナノファイバー(CNF: Cellulose nanofiber)を固化剤(EB70S)と配合することで粒子同士の団粒化を向上させた土壤混合材の開発が目的である。写真-1に電子顕微鏡(SEM)による画像を示す。今回、パルプ工業から竹含有率 1%の竹 CNF(竹 CNF-1)の提供を受け、実験に供する。竹 CNF を配合した混合土を作製し、透水性や強度等を検証する。実験に用いる試料は、鹿児島市東俣町産のシラスで、物理的性質を表-1に示す。

表-1 シラスの物理的性質

自然含水比	w_n	%	18.14
細粒分含有率	F_c	%	19.78
土粒子密度	ρ_d	g/cm^3	2.452
最適含水比	w_{opt}	%	23.3
最大乾燥密度	ρ_{dmax}	g/cm^3	1.397

3. 実験方法

シラス単体の締固め度が 90%以上になるよ

うな含水比 15%、自然含水比 18%、さらに 25%の初期含水比の異なる 3 種類のシラス(以下、S-15, S-18, S-25 と称す。)を用意し、竹 CNF-1、固化剤を湿潤質量比で混合した。各試料に対して固化剤は 30:1 の質量比で配合した。

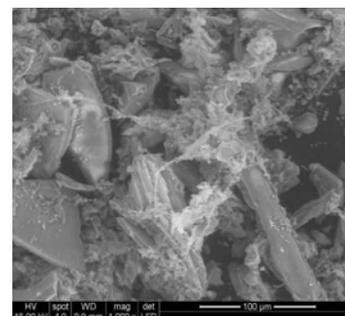


写真-1 竹 CNF の SEM 画像

3.1 混合土の透水試験

混合土の透水性を評価するために、変水位透水試験(JISA 1218)を行った。供試体は透水試験用円筒に圧縮試験機を用いて約 100kN/m²の応力をかけ、1層で試料を締め固めて作製した。水温 15°C に対する透水係数 k_{15} (cm/s) を求め、3回の平均値を算出した。

3.2 一軸圧縮試験

混合土の圧縮強さを評価するために、一軸圧縮試験(JISA 1216)を行った。供試体はモールドに圧縮試験機を用いて 1層当たり約 100kN/m²の応力をかけ、計 3層で試料を締め固めて作製した。毎分約 1%の圧縮ひずみが生じる割合で連続的に供試体を圧縮した。圧縮力が最大値の 2/3 程度に減少したとき、または崩壊したときに試験を終了した。

4. 結果と考察

3種類の初期含水比のシラスに竹 CNF、固化剤を配合した混合土の透水試験の結果を図-1に示す。竹 CNF は親水性と疎水性の表面を併せ持つ両親媒性の分子²⁾であり、親水性面は保水性に、疎水性面は透水性に寄与していると考えられる。これを踏まえ、シラスのみの透水係

数 k を基準に考えると、固化剤無のシラス:竹 CNF-1=99:1, 95:5 の配合比の混合土の k が高くなっており、透水性が上昇したことがわかる。一方で、その他は竹 CNF-1 の配合比が高くなるにつれて透水性が低下し、保水性が高くなった。透水性が高い方が法面への被覆には適しているため、竹 CNF の使用は少量にする必要がある。

次に、それぞれの配合比の混合土の一軸圧縮強さ q_u を図-2 に示す。固化剤無のシラスに竹 CNF を配合した混合土の q_u に大きな変化は見られなかった。シラスに竹 CNF を配合しただけでは強度に変化がでない可能性が考えられる。そのため、混合土に熱を加えることで竹 CNF の物性を变化させた供試体で試験をする。S-18 と竹 CNF-1 の混合土の固化剤有と固化剤無の8種類の供試体を準備し、110°Cの乾燥炉で1時間程度加熱し、一軸圧縮試験を実施した。加熱無と有の q_u を比較したものを図-3 と図-4 に示す。混合土は加熱することで固化剤の有無に関わらず q_u が高まった。そして、竹 CNF の配合比が高いほど強度が増す傾向にある。一方で、1時間程度加熱した供試体のうち、最も含水比が低くなった固化剤無の竹 CNF 配合比 99:1 の混合土が q_u に効果が現れていることから、その他の供試体も同様に乾燥すればするほど強度が増すと考えられる。

透水試験と一軸圧縮試験の両方の結果から、法面被覆材に適した竹 CNF の配合比はシラス:竹 CNF-1=95:5 であり、さらに固化剤を加えることで透水性を保持したまま強度を発揮する

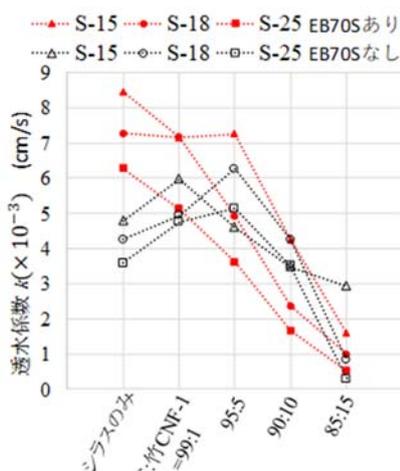


図-1 変水位透水試験による透水係数 k の結果

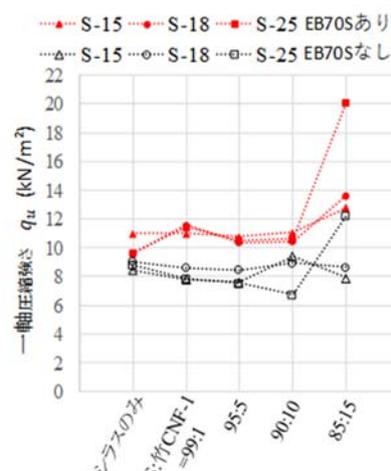


図-2 一軸圧縮試験による一軸圧縮強さ q_u の結果

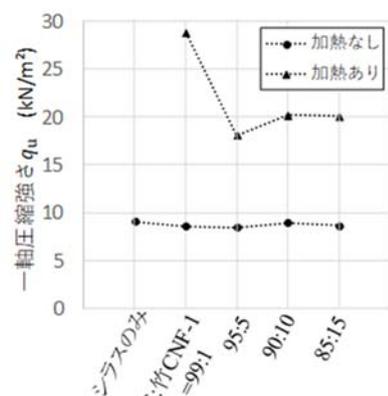


図-3 加熱の有無による一軸圧縮強さの比較(EB705なし)

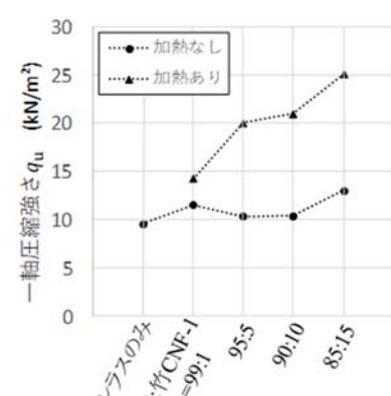


図-4 加熱の有無による一軸圧縮強さの比較(EB705あり)

ことがわかった。

5. おわりに

竹 CNF や固化剤は量産体制が不十分なため比較的高価であり、少量の配合設計で効果が現れることが望まれる。本報告では室内実験による検討を行ったが、実際の法面を想定した屋外実験を行うことで、さらに実用化の面から考察を行う必要がある。また、今後の竹 CNF の製造開発技術と利用推進により、環境面での配慮や地域経済の活性化への貢献にも期待したい。

参考文献

- 1) 玉手 聡・伊藤直幸・遠藤 明, 地盤の透水性と降雨強度の関係に着目した斜面の表層崩壊に関する実験的考察, 労働安全衛生総合研究所特別研究報告, JNIOSSH-SRR-NO.35,33-58,2007
- 2) www.chuetsu-pulp.co.jp/wordpress/wp-content/uploads/2019/10/nanoforest.pdf 2021.4.1 閲覧