

土壌侵食防止のための竹 CNF を混合したクロボク改良土の工学的特性

Engineering properties of Kuroboku improved soil mixed with bamboo cellulose nanofibers for soil erosion control

○平 瑞樹 ・ 清水 竜也

Mizuki HIRA and Tatsuya SHIMIZU

1. はじめに

南九州に分布する火山灰質粘性土のクロボクは、水に対する抵抗が極めて弱く、雨滴などにより土壌の侵食が発生すると、その被害は甚大となる¹⁾。一方、鹿児島県は全国有数の竹林の産地で、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放置されることが多い。地域振興のため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な活用方法が望まれている。

ここでは、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改良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の団粒化を向上させた土質改良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。中越パルプ工業から竹含有率1%の竹CNFの提供を受け、実験に供する²⁾。竹CNFを配合した改良土を作製し、透水性や強度等を検証する。実験に用いる試料は、鹿児島県鹿屋市で採取したクロボクで、物理的性質を表-1に示す。

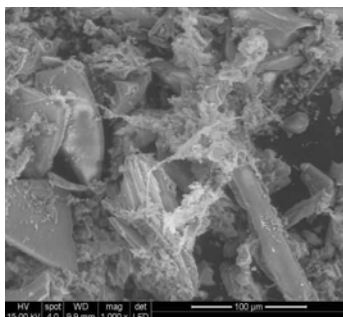


写真-1 竹 CNF の SEM 画像

表-1 クロボクの物理的性質

自然含水比	w_n	%	63.91
土粒子密度	ρ_d	g/cm^3	2.426
最適含水比	w_{opt}	%	43.1
最大乾燥密度	ρ_{dmax}	g/cm^3	1.067

3. 実験方法

クロボク単体の締固め度が約85%以上になるように自然乾燥法により、38.1%、43.1%、さらに48.1%の初期含水比の異なる3種類のクロボクを用意し、竹CNFと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95:5(5%)、90:10(10%)、85:15(15%)の3種類の混合割合で配合した。

3.1 クロボク改良土の透水試験

改良土の透水性を評価するために、変水位透水試験(JIS A 1218)をおこなった。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ることで乾燥密度が一定になるように作製した。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

改良土の圧縮強さを評価するために、一軸圧縮試験(JIS A 1216)をおこなった。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

初期含水比の異なる3種類のクロボクに竹含

有率 1%の竹 CNF, 固化剤を配合した改良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. 図-1 よりクロボクのみ
の透水係数 k (1.6×10^{-5}) を基準に考えると, 竹 CNF 15%, 初期含水比 48.1%を除くと改良土の k が高くなっており, 透水性が向上したことがわかる. 一方で, 竹 CNF の配合比が高くなるにつれて透水性が上昇する傾向がうかがえた. 透水性が高い方が雨水の法面浸透のための被覆材としては適しているが, 雨水貯留のための保水性を維持するためには, より適切な竹 CNF の使用量が存在すると思われる.

次に, それぞれの初期含水比での改良土の一軸圧縮強さ q_u を図-2~図-4 に示す. 図-2 より, 固化剤有の方が強度の発現については効果が出ているが, 含水比が多くなると固化剤の効果
が明瞭に表れていない. 図-4 よりクロボクのみ
の供試体は, 一軸圧縮強度が高くなる傾向であった. 竹 CNF の混合により含水比が高いと締め固めにくいためでもある. 図-3 が最適含水比付近での一軸圧縮強度を示すが, 添加した竹 CNF の割合と固化剤を入れた場合では強度に顕著な差がみられなかった. 加える固化剤を少量にしているため, 添加する量をもう少し増やしたクロボク改良土の比較も検討したい.

5. おわりに

現在, 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ることから, 少量の配合で効果が現れることが望まれる. 今後は竹 CNF

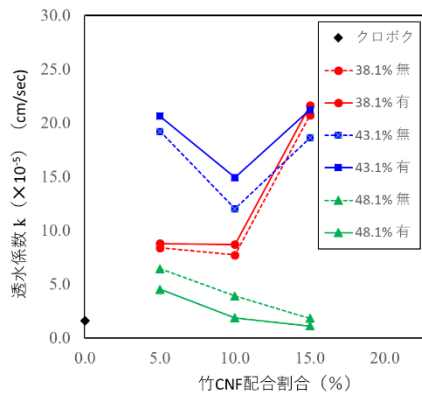


図-1 竹 CNF 混合と固化剤の有無による透水係数 k の変化

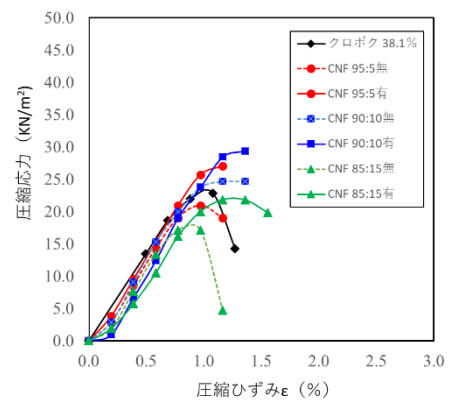


図-2 初期含水比 38.1%改良土の一軸圧縮強さ q_u の比較

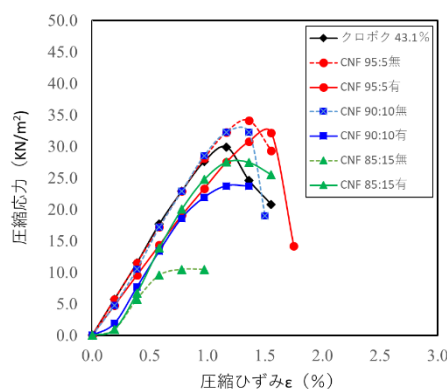


図-3 初期含水比 43.1%改良土の一軸圧縮強さの比較

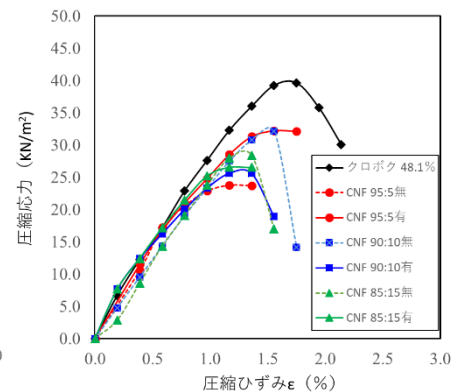


図-4 初期含水比 48.1%改良土の一軸圧縮強さの比較

の製造開発技術が進展し, コストが下がると, 土壌侵食や法面保護, 土壌改良材以外にも用途が増えると考えられる. さらに, プラスチック等の石油製品に代わる自然由来の繊維ということで, 環境面での配慮や地域経済の活性化への期待も大きい. ここでは室内実験による検討をおこなったが, 実際の法面を想定した屋外実験をおこなうことで, 実用化の面から考察をおこなう必要がある.

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) 中越パルプ工業, nanoforest の特性, 1-18, 2021, <https://www.chuetsu-pulp.co.jp/wordpress/wp-content/uploads/2021/05/nanoforest.pdf>, (2023.3.3 閲覧)