

締固めた竹繊維混合土のせん断強度特性

香川高等専門学校 学生会員 ○竹谷貢太
正会員 小竹 望
学生会員 多田有汰

1. はじめに

竹は弾性と靱性に優れており、多くの分野で植物由来材料としての利用が期待される反面、放置竹林による生態系への問題等が発生している。一方で、土質材料への繊維補強に関する研究は多方面でなされている。そこで、竹繊維と豊浦標準砂の複合材料の強度特性についての研究が実施され、せん断強さが向上することが解明された¹⁾。本研究では竹繊維の地盤工学的な有効利用を目的として、竹繊維混合土の締固め特性とせん断強度特性を調査することにより、短期供用構造物としての有効性を評価する。

2. 竹繊維混合土の構成材料

本研究では、土質材料として土工に広く利用されているまさ土(図-1 a)を用いた。使用した2種のまさ土の土質特性を表-1に示す。まさ土1よりまさ土2の方が15%程度礫分を多く含む。三角座標による分類では、まさ土1は礫質砂(SG)、まさ土2は砂礫(GS)であった。また、土粒子密度はそれぞれ2.628g/cm³、2.642g/cm³であった。繊維材料は長さ4~8cm、直径0.1~0.5mmの竹繊維(図-1 b)を用いた。

竹繊維混合土は、まさ土と竹繊維を気乾状態で先に混合してできるだけ均質な状態とした。次に加水して目標含水比に調整し、十分に混合した後、12時間以上静置してから後に試験に供した。

3. 竹繊維混合土の締固め特性

竹繊維混合土の締固め特性を評価するため、まさ土1の単体および乾燥質量比で竹繊維0.25%と0.5%をそれぞれ混合した試料、まさ土2の単体および竹繊維1.0%を混合した試料の計5種を用いて、締固め試験

(JIS A 1210)を実施した。図-2に締固め曲線を、表-2に試験より得られた最大乾燥密度 ρ_{dmax} および最適含水比 w_{opt} をそれぞれ示す。まさ土1とまさ土2とも、竹繊維を一定割合以上混合することで最適含水比が増加し、最大乾燥密度が減少する傾向がみられた。

表-1 まさ土の土質特性

	まさ土1	まさ土2
礫分 (%)	45.7	61.4
砂分 (%)	51.4	37.3
細粒分 (%)	1.0	1.3
最大粒径 (mm)	19	19
D ₆₀ (mm)	2.4	3.1
D ₅₀ (mm)	1.8	2.6
D ₃₀ (mm)	0.95	1.53
D ₁₀ (mm)	0.41	0.53
U _c	5.8	5.9
U _c [*]	0.9	1.4
三角座標による土質分類	礫質砂 SG	砂礫 GS
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.628	2.642

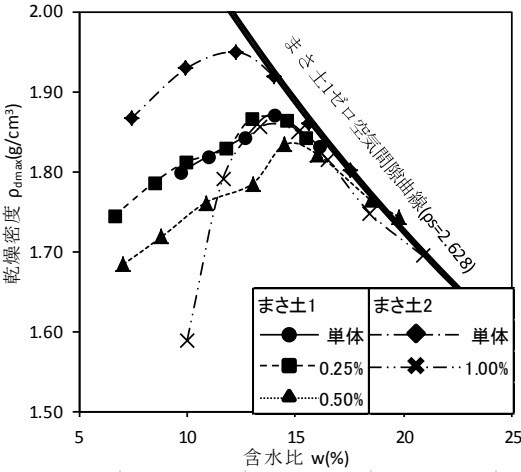


図-2 締固め曲線

表-2 締固め試験結果

土質材料	添加物	ρ_{dmax} (g/cm ³)	w_{opt} (%)
まさ土1	なし	1.872	14.0
	竹繊維0.25%	1.871	13.6
	竹繊維0.5%	1.836	14.8
まさ土2	なし	1.950	12.4
	竹繊維1.0%	1.861	14.0

4. 竹繊維混合土の強度変形特性

本研究では、土質材料(まさ土)の粒径、竹繊維の長さを考慮して、寸法φ=200mm、h=100mmの大型供試



(a)まさ土 (b)竹長繊維

図-1 使用材料

体を用いて圧密定圧一面せん断試験を行った。ここでは、まさ土2の単体および竹繊維0.5と1.0%をそれぞれ混合した3種の試料について試験結果を示す。供試体は、最適含水比 w_{opt} (表-2)に調整した試料を用いて、せん断箱内に最大乾燥密度 ρ_{dmax} の95%以上を目標として締固めて作製した。垂直応力の定圧制御は、下側(反力側)の垂直応力が一定になるように上側(加圧側)の載荷重を調整した¹⁾。せん断過程では、せん断変位を0.6mm/minの変位制御としてせん断力を作用させた。

(1) 圧密過程

図-3 に圧密過程における垂直変位 ΔH ~圧密時間 $\log(t)$ 関係を、表-3 に供試体の乾燥密度と締固め度を示す。図-3 より竹繊維混合土の方がまさ土単体に比べて圧密による最終沈下量大きい。しかし、混合率0.5%と1.0%のケースでは最終沈下量の大きな差は見られなかった。表-3 に示すように乾燥密度は、圧密前と圧密後ともに、繊維の混合率が高いほど小さくなった。これは、締固め試験と同様の傾向であり、土粒子密度に比べて竹繊維の密度が小さいためと考えられる。

(2) せん断応力 τ ~せん断変位 δ 関係

垂直応力 $\sigma=100\text{kPa}$ のせん断試験結果からせん断応力 τ ~せん断変位 δ の関係を図-4 に示す。また、表-3 にせん断強さを示す。せん断強さは、まさ土単体と竹繊維0.5%混合土はほぼ同等で、1.0%の繊維を混合すると低下した。一定量以上の繊維混合により、せん断強さが低下すると考えられる。また、初期剛性は、せん断変位 $\delta=2\text{mm}$ までの範囲では竹繊維混合による影響が現れていない。

(3) 垂直変位 ΔH ~せん断変位 δ 関係

図-5 に垂直変位 ΔH ~せん断変位 δ 関係を示す。全ケースとも、初期段階での収縮の後、ダイレイタンスーにより体積膨張に転ずる傾向がみられる。初期段階での収縮では、繊維の混合率が高いほど大きく収縮する傾向にある。

5. まとめ

比較実験の結果、まさ土の竹繊維混合土は、締固め時の乾燥密度が低下し、せん断強さが単体よりも低下する傾向がみられた。今後は、他の土質材料について検討していく。

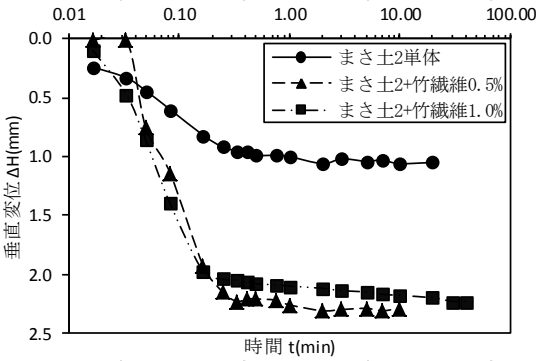


図-3 竹繊維混合土の $\Delta H \sim \log(t)$ 関係

表-3 まさ土の土質特性

土質材料	竹繊維混合率 (%)	供試体含水比 (炉乾燥) w (%)	圧密前の乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	圧密前の締固め度 D_c (%)	圧密後の乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	圧密後の締固め度 D_c (%)	せん断強さ τ_{max} (kPa)
まさ土2	0.0	10.8	1.866	95.7	1.886	96.7	193.9
	0.5	12.7	1.789	97.4	1.843	100.4	204.0
	1.0	12.9	1.667	89.6	1.705	91.6	161.7

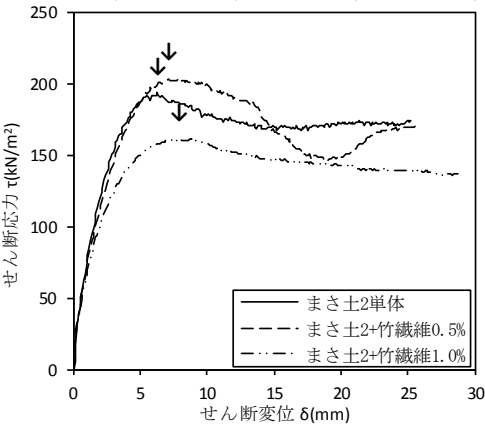


図-4 竹繊維混合土の $\tau \sim \delta$ 関係 ($\sigma=100\text{kPa}$)

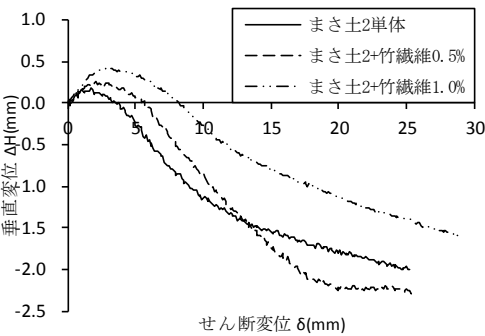


図-5 竹繊維混合土の $\Delta H \sim \delta$ 関係

参考文献

1) 蓮井・濱口・小竹：自然由来繊維を混合した砂質土の強度変形特性に関する基礎研究,2014 年度土木学会四国支部技術研究発表会 pp.123-124 2014.