

竹パウダーの添加率がまさ土の液状化特性に及ぼす影響

富山県立大学大学院 ○学生会員 吉崎 達矢
 富山県立大学 正会員 兵動 太一
 富山県立大学大学院 学生会員 寺迫 太陽
 富山大学 正会員 竜田 尚希

1. はじめに

我が国において竹は古くから我々の生活に用いられてきた。しかしながら近年、安価な竹材や竹製品、たけのこの輸入、プラスチック製品の普及により、竹の使用量が減少し、放置竹林が問題になっている。更には富山県を含む全国各地において竹林保有者の高齢化、少子化による維持管理の後継者不足が課題となっている。加えて、全国の竹林面積は40年間で10%以上増加し、全国では約16万haにも到る¹⁾。放置竹林の拡大は里山林の美しい景観の損失や周辺環境への影響、土砂災害の誘発など様々な深刻な社会問題を抱えている。また、竹は成長速度が早く、定期的な伐採が必要であり、竹林整備に伴う竹廃材の有効活用が必要とされている。そこで、本研究では竹廃材を粉砕処理したものをを用いて再生地盤材料として有効活用できないかと考えた。一方で、地震大国である我が国では液状化による被害が多数報告されている。特に兵庫県南部地震(1995)では神戸ポートアイランドにて人工島の埋立材料に使用された従来液状化しづらいと思われていたまさ土が液状化した。最近では竹チップの吸水性を利用した高含水比軟弱粘土の改質²⁾、竹チップ混合固化処理土の腐朽の影響³⁾等の研究が進められているが、液状化に関する研究をしている事例が少ない。

本研究では竹チップが混合土の液状化特性に及ぼす影響を調べるために土質試料であるまさ土に富山県射水市で採取した竹チップを添加した混合土を用い、土の繰返し非排水三軸試験(JGS 0541-2009)を実施した。

2. 試験試料

土質試料には混合土の母材に兵庫県産のまさ土を使用した。本試験で用いたまさ土は2mmふるい通過分のみを使用した。図-1にまさ土の粒径加積曲線を示す。竹チップは乾燥炉で乾燥させ、絶乾状態

とした後、小型粉砕機にて1分間、粉砕処理を行いパウダー状にした後、母材と同様に2mmふるい通過分のみを使用した。試験試料は地盤工学会基準に準じた物性試験を実施した。試験結果を表-1に示す。

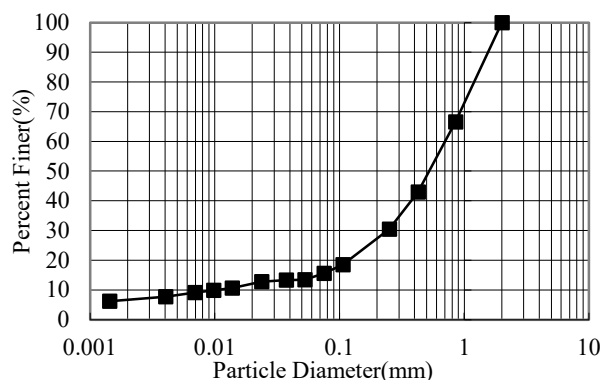


図-1 まさ土の粒径加積曲線

表-1 物性試験結果

	まさ土	竹パウダー
土粒子密度 ρ_a (g/cm ³)	2.63	1.50
細粒分含有率 F_c (%)	15.6	28.0
自然含水比 w (%)	3.7	36.9
均等係数 U_c	68.3	113.4
曲率係数 U'_c	7.63	0.04
平均粒径 D_{50} (mm)	0.55	0.30

3. 試験条件及び試験方法

本研究では混合率0%の場合と、まさ土に竹パウダーを質量比で10%、20%添加した混合土を用い、土の繰返し非排水三軸試験を実施した。Dry tapping法により、初期相対密度がおおよそ50%となるように供試体を作製した。供試体寸法は直径50mm、高さ100mmの中実供試体とした。供試体作製後、CO₂による空気の置換を行い、脱気水を体積の三倍程度流し、飽和させ、B値が0.95以上あることを確認した。その後、圧密応力100kPaで等方圧密を行い、拘束圧100kPa、非排水条件下において周波数0.1Hzの正弦波の軸荷重を与えた。

4. 試験結果

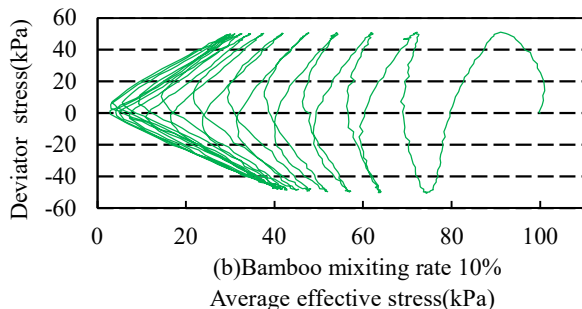
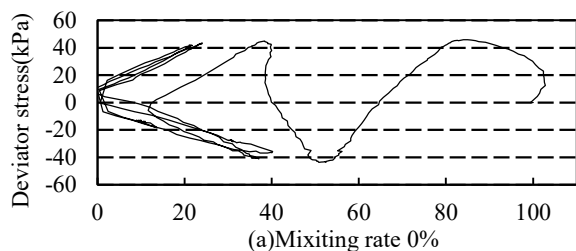


図-2 軸差応力と平均有効主応力の関係

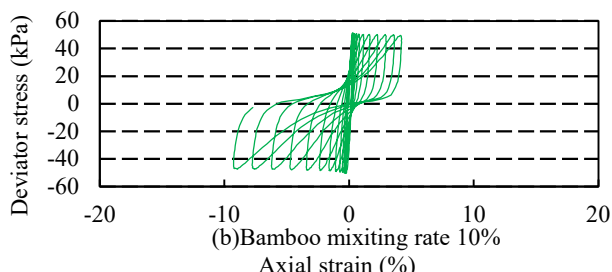
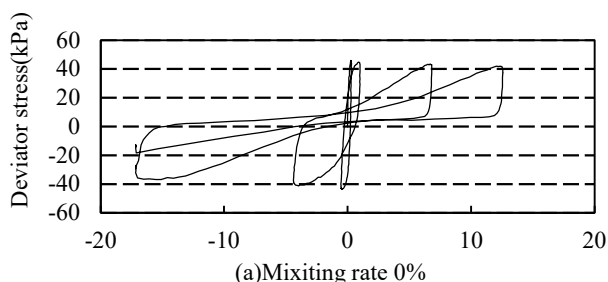


図-3 軸差応力と軸ひずみの関係

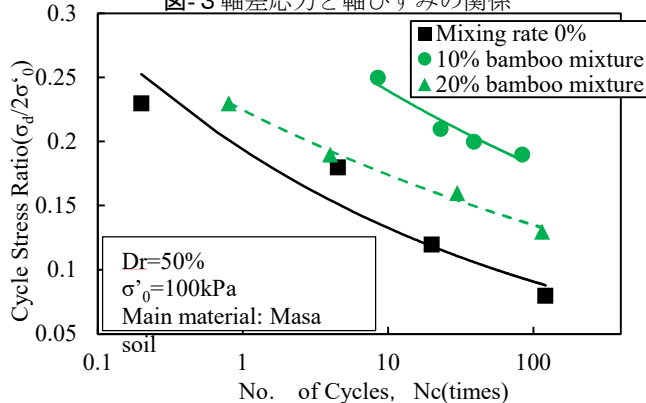


図-4 液状化強度曲線 (DA=5%)

図-2 に各試料の軸差応力と平均主応力の関係を、
 図-3 に各試料の軸差応力と軸ひずみの関係を示す。
 また、本稿では軸差応力が約 45kPa 時で比較を行っ

た。液状化現象は地震動により、過剰間隙水圧が発生し、それに伴い有効応力が低下し、過剰間隙水圧が初期の拘束圧とほとんど同じ値となったときに生じる。図-2 より、混合率 0% のものでは有効応力が完全に 0kPa に達している一方で、竹パウダー 10% 混合土では 0kPa に達していない。図-3 より、軸ひずみ発生パターンが混合率 0% 時の方が大きく生じている傾向が見られた。これらの結果より、竹パウダーを 10% 混合することで、軸ひずみの発生を抑えていることが分かる。図-4 に両振幅軸ひずみ DA=5% 時の液状化強度曲線を示す。本稿では、繰返し回数 20 回における繰返し応力振幅比を液状化強度比 R_{L20} として比較を行った。竹パウダーを 10%、20% 混合した場合、いずれも液状化強度が増加することが分かった。本研究で用いた竹パウダーは 2mm ふり通過分を使用したが、その中には 0.5cm 程度の長細い竹も多数含まれていた。これらが混入したことで、靱性が増加し、液状化に対して抵抗を示したと考えられる。一方で、混合率を 10% から 20% に上げると、大幅に液状化強度が低下した。これは、竹パウダーの密度が小さく、割合を増やすことで、混合土全体の密度が小さくなったからであると考えられる。

5. まとめ

本研究ではまさ土に竹パウダーを添加した混合土を用いて土の繰返し非排水三軸試験を実施した結果、いずれの場合も液状化強度が増加した。また、竹パウダー 10% 混合土では軸ひずみの発生を抑えることが出来ることも分かった。しかしながら、竹は有機物であるため、実地盤で使用するとなれば、長期的耐久性についても検討する必要がある。

6. 参考文献

- 1) 林野庁：竹の利活用推進に向けて
- 2) 佐藤ら：竹の持つ吸水性を用いた高含水比軟弱粘土の改良効果、ジオシンセティックス論文集, Vol. 29, pp. 191-196, 2014
- 3) 古賀ら：竹チップ混合固化処理土の物理・力学特性に及ぼす粘土物性と腐朽の影響、日本材料学会, Vol. 69, pp85-90, 2022

謝辞：本研究の一部は富山第一銀行奨学財団助成金により行いました。本研究遂行にあたっては西野進樹園に材料を提供して頂きました。ここに謝意を表します。