

竹チップの性状が竹土舗装の締固め・強度変形特性に及ぼす影響

福岡大学工学部 学生会員 坂本慎也

福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 藤川拓朗 古賀千佳嗣

(株)NIPPO 正会員 山岸 宏

1.はじめに 土系舗装は、景観性、ヒートアイランド対策等から、公園・緑地において注目されている。しかしながら、舗装後の気候変化に伴うひび割れ、摩耗など耐久性においての多くの課題を抱えている。一方、放置竹林がクローズアップされる中、各地で竹林伐採に伴う間伐材が大量に発生している事が挙げられる。これまで著者らは竹材の繊維質に着目し、竹土舗装(竹チップ舗装)の開発を行い現場施工における検討も行い、その有効性を確保している¹⁾。近年、性能の良い竹の小型粉砕機などが開発・販売され、竹をチップに加工しやすくなっている。しかし、竹のチップの形状や竹の含水状態の変化などと言った竹の性状の変化は、舗装材料の締固めや強度特性に影響すると考えられる。そこで本研究では土と混合する竹の性状に着目し、竹土舗装材料の締固め特性及び強度特性に及ぼす影響について報告する。

2. 実験概要

2-1 実験に用いた試料 土質材料に太宰府市で採取したまさ土を用い、固化材には高炉セメント B 種と竹土舗装専用の特殊添加剤を混合したセメント系固化材を用いた。表-1 にまさ土の物理特性を示す。竹チップは、粉砕機大橋社製 GS122G/GB にて、フィルターの目を円形 5mm, 20mm, 楕円 20mm×40mm の 3 種類を回転速度 3,540rpm で粉砕した。これらを 60℃ 炉乾燥で 2 日間乾燥させたものと伐採直後の生竹を粉砕したものを使用した。表-2 に使用した竹チップの外観と初期特性を示す。

表-1 まさ土の物理特性

試料名	太宰府真砂土
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.634
初期含水比 w (%)	8.3
強熱減量 I_g -loss(%)	2.8
細粒分含有率 F_c (%)	7.3
液性限界 W_L (%)	N.P.
塑性限界 W_P (%)	N.P.
塑性指数 I_p	N.P.

2-2 実験方法 竹チップの初期条件における締固め特性の影響については、土の突固めによる締固め試験(JIS A 1210)を行った。また、強度特性の影響を把握するために、舗装調査・試験法(日本道路協会)にて一軸圧縮試験(E013)を行った。

表-2 竹チップの外観と初期特性

竹チップの種類	円形5mm	円形20mm	楕円形20mm×40mm
竹チップの状態	乾燥竹	乾燥竹	生竹
竹チップの含水比	0.0%	0.0%	66.7%
竹チップの長さ	1-10mm	5-35mm	30-100mm

2-3 実験条件 表-3 に実験条件を示す。表-2 に示す乾燥竹と生竹の竹チップ 4 種類を用いて、竹チップ添加量を 0, 3, 5, 7% に変化させ、乾燥竹と生竹を用いて A-a 法にて締固め試験を行った。また、乾燥竹 3 種類用いて一軸圧縮試験を行った。一軸圧縮試験の供試体は、直径 10cm、高さ 12.5cm のモールド、2.5kg ランマを用い、締固め試験より求めた最適含水比に調整し、3 層各 25 回にて締固め作製した。ここで竹チップ及び固化材の添加率は、土質材料の絶乾重量に対する重量比としている。また、固化材添加率は 5% とし、養生条件は気中にて 7 日及び、気中 6 日後水浸 1 日の 2 条件にて試験を行った。

表-3 実験条件

竹の状態	竹チップの長さ (mm)	竹チップ添加率 B(%)	固化材添加率 C(%)	試験項目
乾燥竹	1-10	0, 3, 5, 7	0, 5	締固め試験 (A-a法)
	5-35			
生竹	30-100			

3. 実験結果及び考察

3-1 締固め特性 図-1 (a), (b) に締固め試験結果を示す。(a) より竹の初期状態の変化において、竹の長さの違いにおける締固め特性に及ぼす影響はほとんど見られない。しかし、竹の形状による吸水効果の変化²⁾から、長さ 30-100mm の含水比 5 から 8% においては乾燥密度の低下がみられる。また、生竹においては最適含水比が 3% 程度

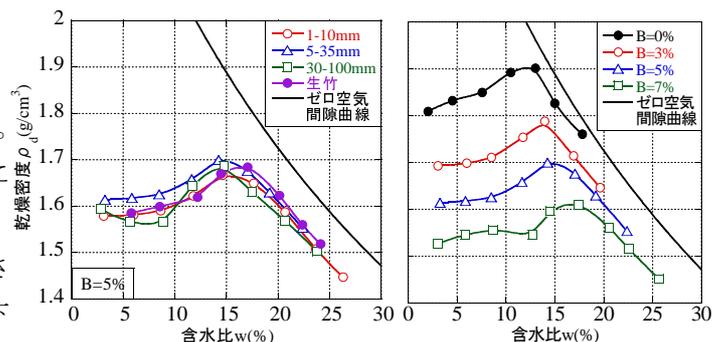


図-1 締固め試験結果 (a) 竹の寸法の影響 (b) 竹チップ添加率の影響

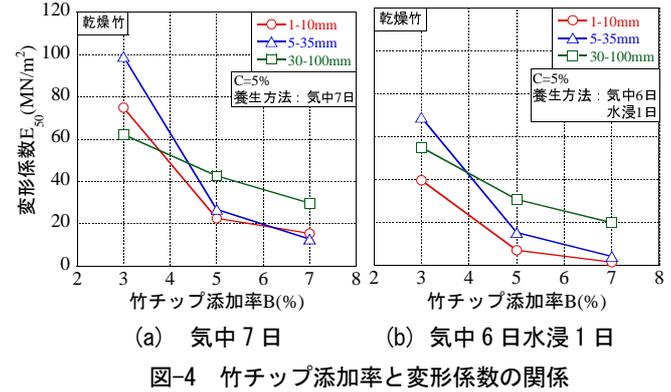
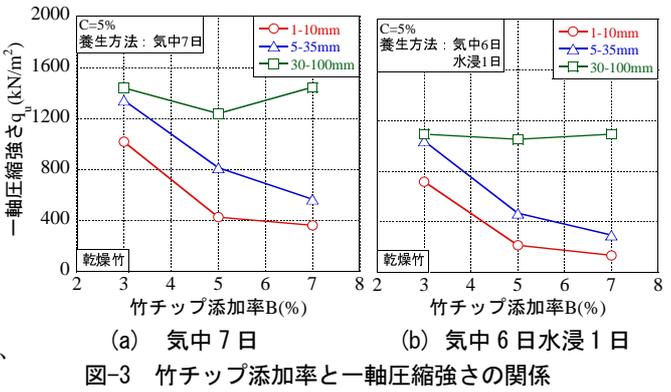
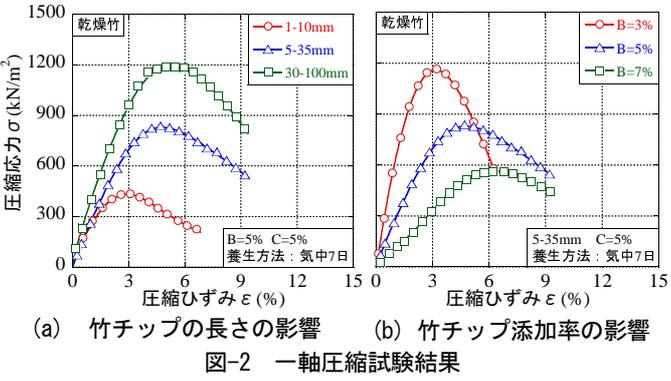
高くなっている。これは生竹が初期含水比を 66.7% 含むため、締固めに伴い混合材料土中全体の飽和を進行させたためと考えられる。また、(b) より竹チップ添加率の増加に伴い乾燥密度が低下していることがわかる。これは竹チップ添加率増加に伴い、供試体体積を占める割合が増え、締固めにくなくなったことが原因である。

3-2 竹土舗装材料の強度特性 図-2(a), (b)に固化材添加率 C=5%、気中養生 7 日、乾燥竹における一軸圧縮特性に及ぼす竹チップの長さの影響と 5-35mm の竹チップを用いた条件における添加量の影響について示す。

(a) の竹チップの長さの影響を見ると、竹の長さの影響は一軸圧縮特性に大きな影響を及ぼし、竹の長さが長くなるに従って、一軸圧縮強さが大きくなっており、今回用いた 30-100mm では 1200kN/m² 近くの強度を示していることが分かる。一方、(b) の竹チップ添加率の影響を見ると、竹チップの添加率が増加すると一軸圧縮強さが低下し、3 から 7% の変化で一軸圧縮強さが半分となり、延性的な挙動になっていることが分かる。以上の結果から、竹の長さとは添加量は舗装材料の強度特性に大きな影響を及ぼすため、舗装材料の配合設計を行う重要な点となることが示された。

次に固化材添加率 C=5% における竹チップ添加率と、竹の長さの変化に伴う一軸圧縮強さに及ぼす養生方法の違いの影響について図-3(a), (b) に示す。これらの結果から、いずれの養生条件においても、竹チップの長さ 1-10mm、5-35mm では、竹チップの添加率の増加に伴って一軸圧縮強さが低下していることが分かる。これは、供試体体積に占める竹の割合が大きくなり、供試体密度の低下がその原因と考えられる。これに対し、竹チップの長さが 30-100mm と最も大きな竹チップでは、いずれの養生条件でも強度低下は示していない。これは、様々な竹の長さが混在する竹チップと土質材料が上手く混合され、竹チップの引張り強度が一軸圧縮強さに現れたことが要因と考えられる。また、気中養生 6 日後に 1 日水浸させた供試体の一軸圧縮強さは、いずれの条件においても約 150kN/m² 程度低下している。これより、竹チップの長さ及び添加率に関わらず、若材令では浸水の影響を僅かながら受けることが示された。次に図-4(a), (b) に養生条件の異なる図-3 と同一条件における竹チップ添加率と変形係数 E₅₀ の関係を示す。変形係数は竹チップの長さ、養生条件に関係なく、竹チップ添加率の増加に伴って低下していることが分かる。特に竹チップ添加率が増えても強度低下を示していない 30-100mm においても変形係数が低下している。これは、舗装材料の剛性に竹チップ自体の剛性が竹チップ添加率の増加に伴って現れ、延性的な挙動となったことが分かる。

4. まとめ 1) 竹土舗装材料の締固め特性は、竹チップの長さには影響は見られず、竹チップ添加率の増加に伴い、締固めにくくなり、最大乾燥密度が低下することを示した。2) 一軸圧縮強さに関しては同一竹チップ添加率における締固め密度の影響は少なく、竹チップの長さが長いものほど増加することが示唆された。3) 竹土舗装材料の一軸圧縮強さに及ぼす竹チップ添加率の影響は、竹チップの長さの影響を受け、チップ長 1-10、5-35mm の短いものは、添加率の増加に伴い強度低下をする。これに対しチップ長 30-100mm のものは、竹チップと土質材料が上手く混合され、添加率の影響を受けず一定値を示した。4) 竹土舗装材料の変形係数は、チップ長及び養生方法に関係なく、チップ添加率の増加に伴い、竹チップの剛性により低下傾向を示した。



【参考文献】1) 川原ら:石炭灰を用いた歩行者系舗装材料の力学特性,土木学会舗装工学論文集,第 12 巻 pp123-129.2007.12 2)西田ら:竹廃材の吸水特性に着目した高含水比底泥の改良効果,第 9 回環境地盤シンポジウム発表論文集 pp251-254.2011.10.