

竹チップ土系舗装材料の耐久性に及ぼす凍結・融解の影響

福岡大学工学部 学生会員 惣代 拓実 椿 貴裕
 福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 藤川 拓朗 古賀 千佳嗣
 株式会社 NIPPO 江籠 洋和

1. はじめに 自然土を材料にしている土系舗装は、歩行性、景観性、透水性、保水性に優れている。この特性を活かして、土系舗装は公園や遊歩道に多く使用されている。しかし、環境変化に弱く、経年劣化が早く耐久性に問題があることが指摘されている。寒冷地においては舗装材の凍結・融解によりひび割れや剥離が発生する問題が報告されている¹⁾。著者らはこれまでに土系舗装材料への竹チップの適用により、引張り補強効果による材料の耐久性の向上と防草効果を明らかにしている^{2),3)}。そこで本研究では、寒冷地において凍結・融解を受ける際の竹チップ舗装材料の耐久性について検討した結果について報告する。

2. 実験概要

2-1 実験試料 土質試料には、太宰府市で採取したまさ土を用いた。表-1 に竹チップの性状、表-2 にまさ土の物理特性を示す。固化材には竹チップ舗装用固化材を用いた。使用する竹チップの寸法は、一般の土系舗装の舗装断面の 50～80mm の厚さを考慮し、2～35mm の自然乾燥竹チップを用いた。

2-2 供試体作製方法 供試体作製を行う前に各竹チップ添加率における締固め試験(JISA 1210)(A-a 法)を行った。図-1 にまさ土の締固め曲線を示す。竹チップ添加率の増加に伴い、最大乾燥密度 ρ_{dmax} が低下していることが確認できる。供試体は、設定含水比に調整したまさ土に竹チップと固化材を混合し、直径 10cm、高さ 12.5cm のモールド、2.5kg のランマーを用い、各層において設定乾燥密度になるよう供試体を作製した。ここで、竹チップ及び固化材の添加率は、土質材料の乾燥質量に対する質量比としている。曲げ試験供試体は、高さ 4cm、奥行 4cm、幅 16cm の専用の型枠において、各層設定乾燥密度になるようにハンマーを用いて締固め、作製した。表-3

に配合条件を示す。竹チップ添加率 B は、B=0, 3, 5%とし固化材添加率は C=5%とした。今回、凍結・融解時の影響を反映しやすく、水が浸透しやすい締固め度 $D_c=80\%$ で供試体を作製した。

2-3 実験方法 図-2 に供試体の養生と凍結・融解方法を示す。供試体は、初期の養生期間として、気中養生(20℃)3 日間と水浸養生(6℃)を 3 日間養生したものを用いた。凍結・融解の方法は、

24 時間の凍結養生(-23℃)後、24 時間の水浸解凍(6℃)を 1 サイクルとして、12 サイクルまでとした。各サイクルにおいて供試体の寸法と質量を測定し、含水比、乾燥密度を求めている。また、初期養生後の供試体を基準に、凍結・融解に伴う変化の体積比率を体積膨張・収縮比として評価を行った。凍結・融解時における竹チップ舗装の耐久性の

検討として、一軸圧縮試験(舗装調査・試験法便覧: E013)及び曲げ試験(JIS R 5201)より評価を行った。一軸圧縮試験は、4, 8, 12 サイクル時に、曲げ試験は 1 サイクル時に試験を行った。

表-1 竹チップの性状

外観	
寸法	2～35mm
状態	自然乾燥法
自然含水比	5%

表-2 まさ土の物理特性

試料名	まさ土
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.641
最適含水比 w_{opt} (%)	11.8
細粒分含有率 F_c (%)	8.6
液性限界 w_L	N.P.
塑性限界 w_P	N.P.
塑性指数 I_p	N.P.

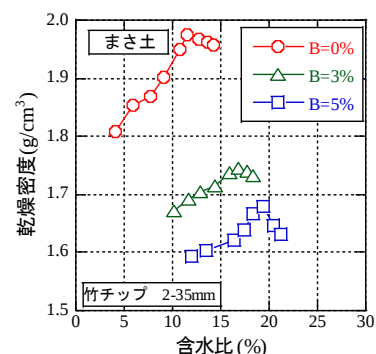


図-1 締固め曲線

表-3 配合条件

固化材添加率 C(%)	竹チップ添加率 B(%)	締固め度 D_c (%)	設定乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	設定含水比 w (%)
5	0	80	1.730	11.20
	3		1.587	13.40
	5		1.498	13.60

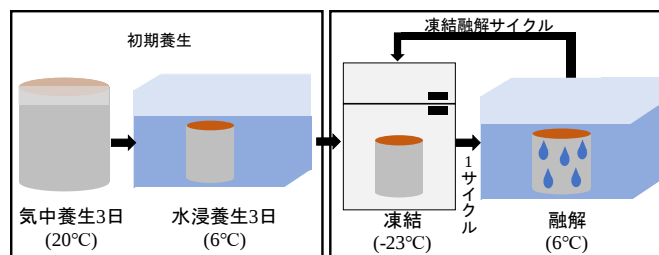


図-2 供試体の養生と凍結・融解方法

3. 実験結果 次に、図-3(a), (b)に4サイクル終了時の一軸圧縮試験結果を示す。竹チップ添加率に着目すると、竹チップ添加率の増加に伴い、僅かな強度低下を示し、破壊時のひずみが大きくなっていることがわかる。一方、凍結・融解の繰返しサイクル数の影響をみると、B=3%では、破壊ひずみとピーク強度に凍結融解の影響がみられないことがわかる。このような挙動は、凍結・融解時の体積の変化が影響していると考えられる。そこで、図-4にサイクル数と一軸圧縮強さの関係を示す。今回の実験条件においては、B=3%の供試体においては、竹チップの混合の効果により、凍結・融解の12サイクルで約250kN/m²の一軸圧縮強さを維持できることが確認できた。しかし、B=0,5%の供試体では、写真-1に示すように5サイクル時に崩壊した。そこで、図-5に凍結・融解時の体積膨張・収縮比を示す。1サイクル目に着目すると、竹チップ添加率の増加により膨張・収縮比が高い値を示している。これは、いずれの供試体の初期設定密度がDc=80%とかなり緩く、竹チップ添加率の増加に伴い表-3に示す設定乾燥密度が低いことから、間隙水の凍結による影響が大きいと考えられる。

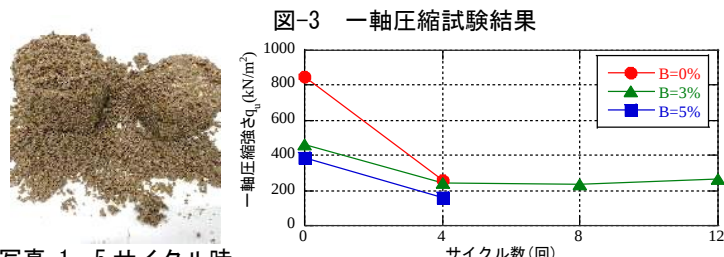
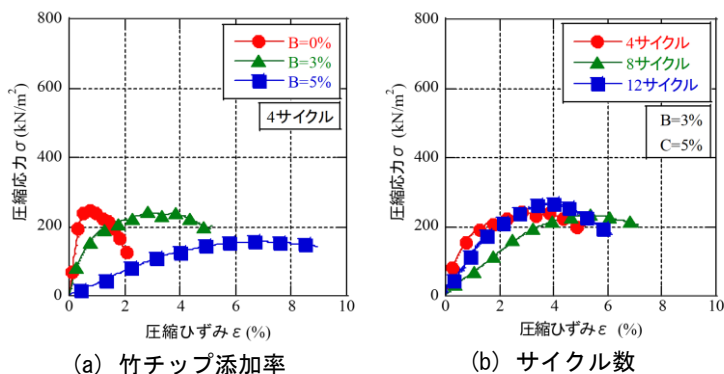


写真-1 5サイクル時の供試体の様子

4サイクル目に崩壊したB=0,5%の供試体は、2サイクル以降に凍結・融解にともなう体積膨張・収縮比が大きく増加していることがわかる。一方、B=3%の供試体は、約1.5%に抑制されていることがわかる。

これらにより、竹チップを混合することにより凍結・融解に伴う体積膨張・収縮が抑制され、一軸圧縮強さの低下を抑制することが確認できた。また、竹チップの引張り補強効果の確認のため、凍結・融解を1サイクル受けた材料の曲げ試験の結果を図-6に示す。竹チップ添加率の増加に伴い、曲げ強度は増加していることがわかる。また、

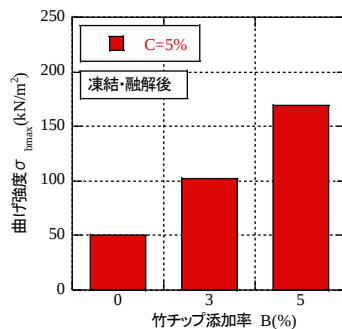


図-6 曲げ試験結果

写真-2の曲げ試験供試体の断面の様子より、竹チップが引張り補強材となっていることがわかる。このように曲げ試験からも竹チップ舗装材料の引張り補強効果が確認することができた。

4. まとめ 1) 竹チップ土系舗装材料の耐久性に及ぼす凍結・融解の影響は、竹チップの引張り補強効果により、供試体の体積膨張・収縮が抑制され、凍結・融解に伴う一軸圧縮強さの低下を抑制していることが明らかとなった。ただし、竹チップ混合にともなう締固め密度には留意する必要がある。2) 竹チップ土系舗装材料の曲げ試験より、竹チップ添加率の増加に伴い曲げ強度が増加することから、凍結・融解時においても竹チップの引張り補強効果が効果的に作用すると考えられる。

【参考文献】 1) 重松ら：竹チップ混合土の力学特性と歩行者系舗装材としての現場適用性，土木学会論文集C(地圏工学)，Vol.73，NO.3，pp266-275，2017. 2) 坂本ら：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，平成26年度土木学会西部支部研究発表会，V-042，pp681-682，2015. 3) 谷口ら：竹チップを用いた土系舗装の防草効果の検証，平成27年度土木学会西部支部研究発表会，V-053，pp727-728，2016.

図-3 一軸圧縮試験結果

図-4 サイクル数と一軸圧縮強さの関係

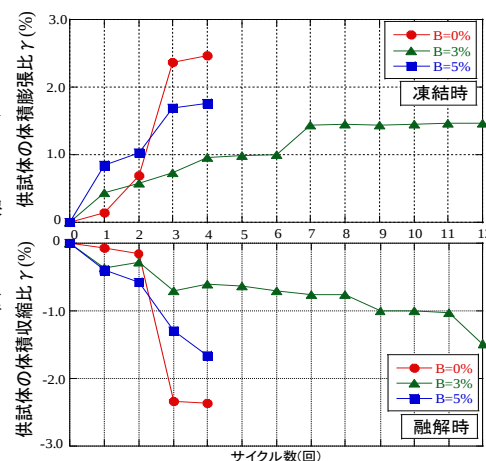


図-5 サイクル数と体積膨張・収縮比の関係



写真-2 曲げ試験供試体の断面の様子