

寒冷地における竹チップ舗装材料の耐久性の検討

福岡大学工学部 正会員 ○古賀 千佳嗣 佐藤 研一 藤川 拓朗
 (株)NIPPO 江籠 洋和

1. はじめに 近年、土木・建築構造物の老朽化に伴う改築にともない、SDGsの気運の高まりや景観の配慮から、自然の物を取り入れた施設が多くみられようになってきた。舗装分野においては、景観性、歩行性、保水性に優れ、さらに地球温暖化軽減等の観点から、自然土を使用した土系舗装が着目されている。しかしながら、土系舗装は引張り強度に弱く、特に凍結・融解により劣化が生じ、剥離や破損を招く場合がある(写真-1)。著者らはこれまで、竹をチップ化し混合した土系舗装(竹チップ舗装)を開発し、竹繊維による補強効果^{1),2)}が確認できている。そこで、実際に凍結・融解を強制的に与え、竹チップ舗装材料の耐久性について検討した。特に寒冷地において土系舗装の劣化が生じること³⁾を勘案し、竹チップ舗装材料に凍結・融解を繰返し作用させ、供試体の含水比、密度、体積変化および一軸圧縮強さについて検討した結果を報告する。



写真-1 土系舗装のクラック

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。

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WL	N.P.
塑性限界WP	N.P.
塑性指数 I_p	N.P.

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(JIS A 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、3層に分けて突固めを行い、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。表-3に配合条件を示す。竹チップ添加率(略記:B)は、B=0, 3, 5%とし固化材添加率はC=5%とした。道路土工施工指針によれば、最適含水比に調整後、締固め度 $D_c=100\%$ を目標に施工し、 $D_c=90\%$ 以上を確保することが規定されている。今回は、短期間で凍結・融解による体積の収縮・膨張の変化を観測するため、水が浸透しやすい締固め度 $D_c=80\%$ で供試体を作製した。

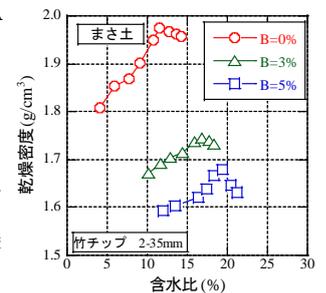


図-1 締固め曲線

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	11.2
	3		1.587	13.4
	5		1.498	13.6

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。初期の養生期間

間は、気中養生(気温20°C)3日間と水浸養生(水温6°C)を3日間養生した。凍結・融解の方法は、24時間の冷凍養生(保冷-23°C)後、24時間の水浸養生(水中6°C)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、湿潤密度を求めて

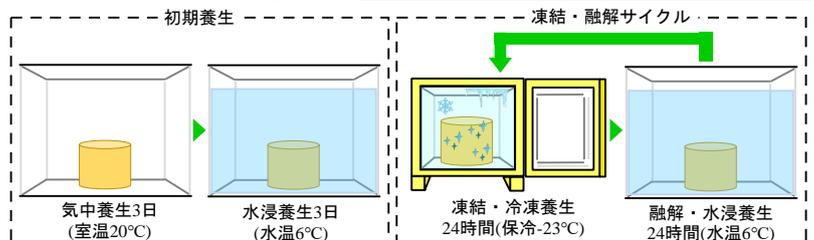


図-2 供試体の養生と凍結・融解方法

いる。また、初期養生後の供試体を基準に、凍結・融解に伴う体積比率を体積膨張比として評価を行った。凍結・融解作用を受けた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)より評価を行った。一軸圧縮試験は、4, 8, 12サイクル時に試験を実施した。

キーワード 竹チップ, 凍結・融解, 膨張比

連絡先 〒814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1 福岡大学工学部 TEL 092-871-6631 (内線 6464)

3. 実験結果

3-1 供試体の状態変化 図-3にサイクル数と供試体の含水比の関係を示す。竹チップ添加率 $B=0\%$ では1,2サイクルの融解時に高い含水比を示し、その後低下傾向が伺える。また、 $B=5\%$ においても、2サイクルの融解時に大きな含水比増加がみられ、凍結・融解に伴う含水比変化が生じ、サイクル数の増加より、その後低下していることがわかる。この含水比変化は、凍結時に供試体の体積が膨張し、融解時の水中養生時に水分が吸収されたことが原因と考えられる。今回の検討では、 $B=0, 5\%$ において5サイクル目の凍結時に供試体の崩壊が確認された。一方、 $B=3\%$ では、2サイクル目まで含水比が低下するが、3サイクル以降では凍結・融解に伴い含水比は、一定値に収束し $w=13\%$ 前後の値を示している。次に図-4にサイクル数と供試体の湿潤密度の関係を示す。竹チップ添加率 $B=0, 5\%$ ではサイクル数の増加に伴い湿潤密度が低下している。一方、 $B=3\%$ においては、湿潤密度 $\rho_w=1.8\text{g/cm}^3$ 付近から大きな変化がみられない。そこで、供試体の膨張比を図-5に示す。いずれの竹チップ添加率において、サイクルに伴う膨張比は、凍結時に大きく増加し、融解時に低下していることがわかる。竹チップ添加率 B の違いに着目すると、 $B=0, 5\%$ では、供試体が2回の凍結融解作用の影響により、急な膨張が生じている。これは、融解時に間隙に入った水分による凍結膨張によるものである。この供試体膨張が誘発となり、その後供試体が崩壊している。一方、 $B=3\%$ では、凍結融解作用が12回で徐々に膨張比は増加傾向にあるが、竹チップの引張り補強効果の作用により、崩壊には至っていない。また、 $B=5\%$ 時に膨張比が大きく増加した原因は、初期設定密度が $D_c=80\%$ とかなり緩く、図-4に示すように湿潤密度が低くことが大きな要因である。

3-2 耐久性の検討 図-6(a), (b)に各竹チップ添加率 B における4サイクル終了時と $B=3\%$ の各凍結融解時の一軸圧縮試験結果を示す。図-6(a)より竹チップ添加率の増加に伴い強度低下を示し、 $B=5\%$ では破壊時のひずみが7%程度と大きくなっている。また、図-6(b)より、凍結融解の膨張比が1.5%程度に抑制された $B=3\%$ では、破壊時の圧縮応力に凍結融解のサイクル数の影響は見られない。これが、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/m^2 の一軸圧縮強さを維持できることを示唆している。また、今回の検討においては、初期設定密度が $D_c=80\%$ と非常に緩い状態である。しかし、実際の施工では $D_c=90\%$ 以上であることから寒冷地における凍結・融解の耐久性に十分に期待ができると考えられる。

4. まとめ 寒冷地を想定した凍結・融解作用をうける竹チップ舗装材料の耐久性の検討を行った結果、実施工時において竹チップの適切な添加量と締め密度を上げることで、より寒冷地に適用できる舗装材料であることが示された。

【参考文献】 1) 坂本ら：竹チップの性状が竹土舗装の締め・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. 2) 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. 3) 1) 石川ら：舗装構造の疲労寿命に及ぼす粒状路盤の凍結融解の影響とその評価，土木学会論文集E1(舗装工学)，Vol67, No3(舗装工学論文集16巻)，I_109-I_116, 2011.

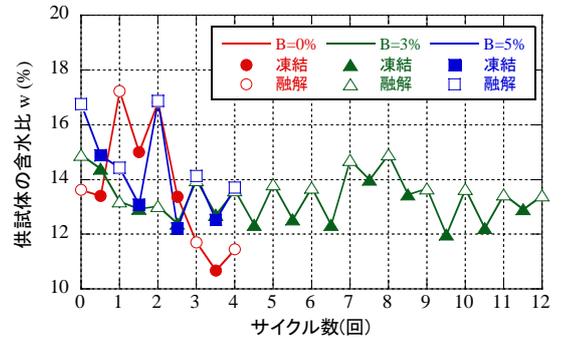


図-3 サイクル数と供試体の含水比の関係

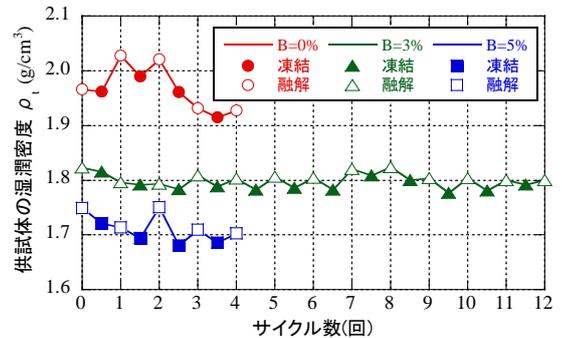


図-4 サイクル数と供試体の湿潤密度の関係

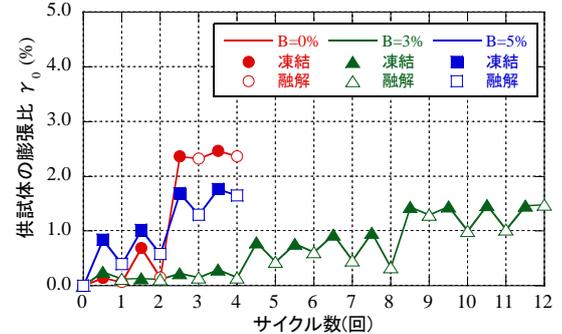


図-5 サイクル数と供試体の膨張比の関係

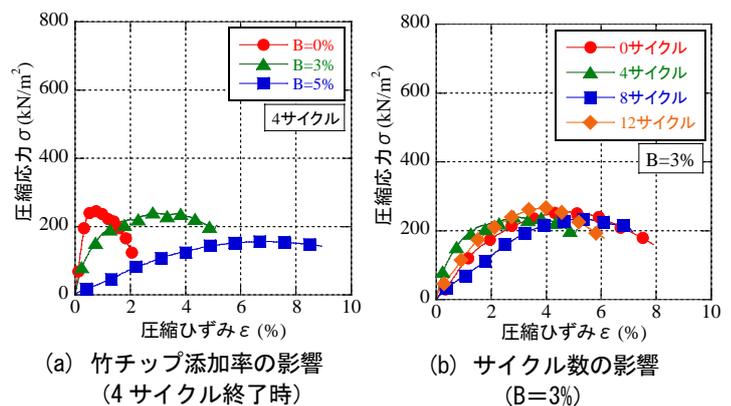


図-6 一軸圧縮試験結果