

舗装用木灰コンクリートブロックの目地材の 施工性と強度の向上

学籍番号 1190065 氏名 栗本 諒汰 指導教員 大内雅博

高知工科大学システム工学群建築都市デザイン専攻

要旨: 施工性と強度を両立させた舗装用木灰コンクリートブロックへの散水式木灰目地材を開発した。目地材に木灰や消石灰、高炉スラグを用いることで、使用後も再利用することが可能な地還型の舗装道路となることを意図とした。目地材には木灰のうち粒子間の透水性の高い主灰を用いることにより、事前の空練りと現場での散水により施工性を向上させつつ硬化を可能にした。高さ方向に複数の層に分けて目地材充填と散水を繰り返すことにより充填率ひいては強度が向上した。本目地材およびその施工法の実用性を、簡易振動試験やフォークリフトを用いた走行試験により確認した。

Key Words: 木灰, 木灰コンクリート, 目地材, 充填率, 圧縮強度

1. 背景

高知県は県土の 84 %が森林であり林業が盛んな地域である。この特徴を生かした木質バイオマス発電所から副産物として木灰が発生する。木灰は発生過程で「主灰」「飛灰」「リドリング灰」の 3 種類に分類される。いずれも肥料として用いることができる一方、さらに有効な活用が求められている。

「木灰」から「木材」へつなげるべく開発された木灰コンクリートを林道の簡易舗装用ブロックとして活用するための要素技術として、本研究では木灰を用いた目地材料を開発する。目地材料として透水性の高い主灰と吸水性の高い飛灰のうち、目地材料の沈下や流失を防止するべく主灰を主原料とする。

2. 使用材料・配合

舗装用ブロックの目地材として使用される 4 号珪砂に近づけるため 1.2 mm 以下の大きさにふるい分けた主灰と高炉スラグ微粉末、消石灰を空練り目地

材とする。散水は水道水を使用した。舗装用木灰コンクリートブロックの形状、配合、4 週強度、用いた木灰やその他の材料を示す(図-1, 表-1, 2)。



図-1 舗装用木灰コンクリートブロック形状と寸法

表-1 木灰ブロック配合と 4 週圧縮強度

水 (kg/m ³)	消石灰 (kg/m ³)	飛灰 (kg/m ³)	主灰 (kg/m ³)	リドリング灰 (kg/m ³)	4週圧縮強度 (N/mm ²)
293.9	272.7	174.5	770.0	174.5	2.5

表-2 木灰ブロックと目地材の使用材料

木灰3種	主灰	発生比率: 70%, $\rho_{\pm} = 1.91\text{g/cm}^3$, 吸水率 = 16.9%
	飛灰	発生比率: 15%, $\rho_{\text{飛}} = 2.38\text{g/cm}^3$, 吸水率 = 33.0%
	リドリング灰	発生比率: 15%, $\rho_{\text{リ}} = 2.43\text{g/cm}^3$, 吸水率 = 4.3%
消石灰		$\rho_{\text{CH}} = 2.12\text{g/cm}^3$
高炉スラグ		$\rho_{\text{BFS}} = 2.91\text{g/cm}^3$
水		水道水

木灰は 2018 年 3 月に高知工科大学に搬入されたものを使用した。ブロック制作時の木灰はいずれも 5 mm 以下にふるい分けたものを用いた。

3. 散水式主灰目地材の簡易試験

目地材施工の合理化を目的として、木灰のうち粒子間の透水性の高い主灰を用い、消石灰と高炉スラグ微粉末を添加し、事前の空練りと現場での散水により施工性を向上させつつ硬化を可能にする方法を考案した。その際、高さ方向に複数の層に分けて目地材充填と散水を繰り返す。

主灰、消石灰と高炉スラグの配合としては既往研究において消石灰と高炉スラグの 1 週圧縮強度が 14 N/mm² 得られる配合に主灰を加えた配合である(表-3)。散水を行う際、水の量が不均一となるため配合上の 2 倍以上の量を加え、全体に水を浸透させる。目的としては未反応部分が少なくなり多くの空練り材が硬化反応を起こすことである。

表-3 主灰目地材配合

水 (kg/m ³)	消石灰 (kg/m ³)	高炉スラグ (kg/m ³)	主灰 (kg/m ³)
443.2	35.2	703.5	573.0

そして、W500×H200×D680 の容器に、木灰ブロック 10 個と半部に割った木灰ブロック 4 個を 10 mm の間隔で敷設し、目地材の充填と散水を 2 層に分けて行い、1 週間後にバイブレータによる簡易振動試験によりブロックと目地材の挙動を確認した(写真-1)。2 層分けではあったが、ブロックと目地材の一体化を確認した。



写真-1 簡易振動試験と散水後のブロック配列の様子

2 層分けでは硬化反応の未反応部分があったため、分ける層の数を決定した。直径 100 mm、高さ 200 mm のプラモールドに充填と散水を 1 層分けから 5 層分けまで 5 パターン設定してそれぞれ充填し、20℃の恒温室にて気中養生の状態にて 1 週と 4 週の圧縮強度を求めた(図-2)。

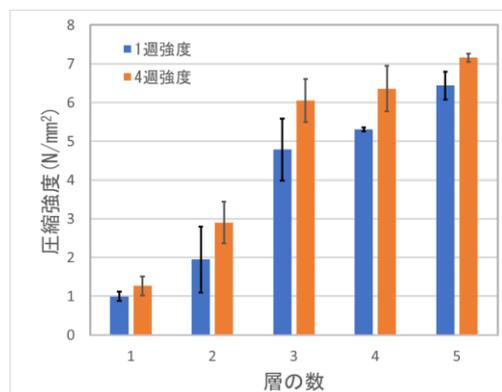


図-2 層別散水式 1 週と 4 週圧縮強度

硬化反応が早い既往研究で用いたモルタル材と比べ、空練り目地材は充填後に散水を行うことにより硬化反応が始まるため時間に左右されず、均一に作業を行えることから施工性が向上した。また、散水による反応部位の不均一性は空練り目地材の充填と散水を層で分けることにより均一にすることが可能となった。3 層分け以上は水が下部まで浸透したことから 4 週圧縮強度 6.1 N/mm² を得ることができた。

4. 散水式主灰目地を用いたブロック舗装の走行試験

4.1 試験概要

作業用林道の舗装に用いることを想定して、10 m×5 m の範囲に、木灰ブロック 50 個を、10 mm の間隔で敷設した。目地材は簡易振動試験と同じとし、圧縮強度試験の結果をもとに 4 層分けで充填した。確実に強度を得られることと、5 層より短時間施工となるからである。2019 年 1 月 18 日にブロック敷設と目地施工を行い(写真-2)、1 週間が経過した同月 25 日に、フォーク

リフトによる往復 200 回の走行試験を行った(写真-3)。なお、フォークリフトは後輪が動軸であるため、後輪のみを木灰ブロックに接地させた。往復 200 回の内訳および 使用器具等を示す(表-4, 表-5)。ブロック敷設・目地充填日は晴れ, 気温 13℃, 走行試験日は晴れ, 気温 7℃であった。

表-4 走行試験の内訳

走行試験	
回数	詳細(後輪のみ接地して往復)
50	外部拘束の足り外し無し
50	進行方向に対して上側の外部拘束を取り外し
25	木灰ブロックとタイヤの接地面の場所を変更
1	停止状態でハンドルを左右に切る
50	進行方向に対して左右の外部拘束を取り外し
3	停止状態でハンドルを左右に切る

表-5 実施試験における使用器具等

施工/走行試験に用いた使用器具・材料	木灰コンクリートブロック50個, 空練り目地材55kg(水を除く), 水40L, ジョーロ, 箒2個, 敷砂150kg, 木槌2個, 水準器, ミニスコップ2個, コンクリートブロック(150×150×530)20個, コンクリートブロック(100×100×400)15個, 枕木2個, フォークリフト 総重量25 t (KOMATSU FB10EX)
--------------------	---



写真-2 敷設後のブロック



写真-3 走行試験の様子

4.2 試験結果

フォークリフトの走行 15 往復後に, 敷設ブロック中央部にひび割れを確認した。50 往復の後, タイヤの接地面付近にひび割れを確認した。さらにタイヤ位置を横に 100 mm ずらして走行させたが, 変化はなかった。その後も外部拘束を取り外して走行させたが, 敷設面全体の崩壊は確認できなかった。

しかし, 外部拘束をしていたコンクリートブロックに目地材が一体化してしまったため, 外部拘束を取り外す際に木灰ブロック及び目地材が共に外れた(写真-4)。また, 一体化した部分が複数に分かれていたため, フォークリフトが走行する際に集合体ごとに挙動した。



写真-4 コンクリートブロックと目地材の一体化

強度の高い目地材と低い木灰ブロックの強度差によりひび割れが生じる結果となった。中央が木灰ブロックで周りが目地材である(写真-5)。



写真-5 ブロックと目地材の一体化と割れ

なお、フォークリフトのハンドルを左右に切った際、ブロックにずれは無く、ブロックが沈下する様子もなかった。

4.3 考察と今後の課題

15 往復程度の走行で中央にひび割れが起こったのは、木灰ブロックと目地材が一体化していたこと、または走行部分が圧縮を受けることにより施工範囲の中央に引張を受けたことによるものと考察した。外部拘束を取り外した後も全体が崩れることがなかった理由としては木灰ブロックと目地材が複数に分かれて一体化していたからだと考えられる(写真-6)。



写真-6 解体後の状態

今後は、目地材の強度を木灰ブロックの強度の1.5倍程に抑え、ひび割れを防ぐ必要があるといえる。また、目地材をブロックとの水平面まで充填を行わず、数mm下げることで木灰ブロックのひび割れを防ぐことが可能であると考えられる。高炉スラグと消石灰を用いず完全木灰化を目指し、未散水飛灰と主灰を空練りした材料に散水を行うなどの課題がある。また、モルタル状の目地材を流し込むには硬化反応が遅く自己充填性が無ければ施工性が劣るため、散水式または新たな方法で施工性を向上させていく必要がある。

5. まとめ

- (1) 主灰を主原料とした空練り散水式目地を箒で充填し、ジョーロで散水する方法により、高い施工性と強度の両立を確認した。
- (2) 空練り目地材の充填と散水を、複数の層に分け

て繰り返すことにより、目地の充填率の向上については強度を高めることが可能となった。充填高さ200mmの場合、高さ3層以上に分けると、散水した水が全体に浸透して強度が高くなった。

- (3) 簡易振動試験後の目地材は一部ひび割れが確認されたが、目地材の沈降は確認できなかった。
- (4) 走行試験では木灰ブロックと目地材が一体化していることを確認した。
- (5) 外部拘束を取り外した場合においてもフォークリフトの走行による影響は無かった。ただし、一体化することにより敷設範囲の中央部分が引張若しくは曲げにより割れた。

謝辞

本研究で使用した木灰は(株)グリーン・エネルギー研究所宿毛バイオマス発電所から御提供いただきました。心より御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 片山諒辰:木灰と高炉スラグの併用によるコンクリートの強度発現, 高知工科大学修士論文, 2018年3月
- 2) 濱渦真伍:木灰コンクリートブロック舗装用目地材への木灰の活用, 高知工科大学卒業論文, 2018年3月
- 3) 中内 善貴, 伊代田 史, 後藤誠史, 浅賀喜代志:アルカリ刺激剤及び炭酸カルシウムが高炉スラグ微粉末の水和反応に及ぼす影響, 第40回土木学会関東支部技術研究発表会, 第V部門, 2013年3月