

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

学籍番号：1180132 氏名：濱渦 真伍 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

施工性を確保しつつブロック間の拘束効果のある、木灰コンクリートブロックの舗装用目地材を開発した。ブロック材料同様、目地材材料にも木灰を用いることで、舗装のための材料のすべてに木灰を用い、環境配慮型の舗装道路となることを意図した。三種類の木灰のうち、飛灰をモルタル材として、一方、主灰を砂材として使用する目地材料を開発した。飛灰を用いるモルタル材では、施工性向上のため減水剤を添加することにより強度と施工性を確保した。主灰を用いる砂材では、粒度調整により回収時の状態のまま代替目地砂として活用した。木灰ブロックに対して、これら二種類の目地材をそれぞれモデル型枠内に充填し、簡易振動試験によりその実用可能性を確認した。

Key Words: ブロック目地材, 木灰, 舗装, 木灰コンクリートブロック, 飛灰, 主灰

1. はじめに

林業が盛んな高知県では、木質バイオマス発電が行われている。副産物として発生する木灰は、その発生過程により「飛灰」、「主灰」、「リドリング灰」の三種に分類される。いずれも肥料成分を含み、その活用による物質循環サイクルの確立と林業活性化と、大きな社会貢献の可能性がある。そこで、「木灰」から「木材」へつなげる物質循環を構成するべく「木灰コンクリート」が開発された。しかし、強度や耐久性、生産性など技術的な課題が多くある。

木灰コンクリートを林道の簡易舗装用の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、木灰を利用した目地材料を開発する。木灰の発生過程により分類される木灰三種のうち、回収時の状態が比較的安定している飛灰と主灰の特性を生かした二種類の目地材とする。

2. 使用材料

本研究にて使用する舗装用木灰コンクリートブロックの形状、配合と強度、用いた木灰やその他の材料を示す(図-1, 表-1, 表-2)。木灰は2017年7月19日に高知工科大学に搬入されたもののみを使用した。実験に際しては、いずれも5mm以下にふるい分けし

たものを用いることを基本とした。

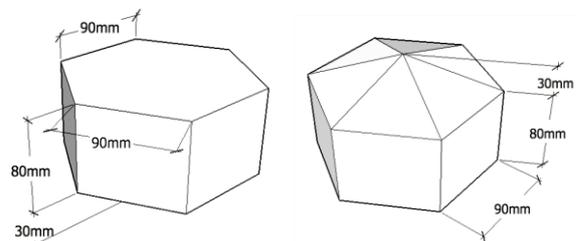


図-1 ブロック形状

表-1 ブロック配合 (kg/m³) と一週圧縮強度

| 水 | 消石灰 | 飛灰 | 主灰 | リドリング灰 | 一週圧縮強度 (N/mm ²) |
|-----|-----|-----|-----|--------|-----------------------------|
| 374 | 271 | 174 | 766 | 174 | 2.6 |

表-2 使用材料

| 木灰三種 | 主灰 | 発生比率：70%, $\rho_{主}=1.81\text{g/cm}^3$, 吸水率=16.91% |
|------|--------------------|---|
| | 飛灰 | 発生比率：15%, $\rho_{飛}=1.97\text{g/cm}^3$, 吸水率=32.3% |
| | リドリング灰 | 発生比率：15%, $\rho_{リド}=2.43\text{g/cm}^3$, 吸水率=4.28% |
| | 石灰砕砂 ^{※2} | $\rho_{砂}=2.68\text{g/cm}^3$, 吸水率=0.81% |
| | 消石灰 | $\rho_{消}=2.21\text{g/cm}^3$ |
| | 高炉スラグ | $\rho_{BF3}=2.91\text{g/cm}^3$ |
| | 減水剤 | 15L, 添加量1% |

※1 高知工科大学2017年7月19日入荷
※2 高知工科大学2017年5月30日入荷

目地材として、既往研究にて検討した石灰砕砂と、本研究で新たに対象とした木灰各種を用いたもの

計5種類について比較した(表-3)。①～③の三種類はそれぞれの保管状態のまま目地に充填したが、いずれも砂状であり降雨等により流失のおそれがある。また「③飛灰のみ」では、目地材の流失に加え、微粉末分の大量発塵が問題となった。そこで、飛灰を用いる場合はモルタル材として使用することとし、「④飛灰(空練り+散水)」「⑤飛灰(モルタル練り上げ)」の二種類を検討した。④では混和材の微粉末分による発塵と、加水後の乾燥による初期ひび割れが顕著で実用性は低い。一方、⑤では目地を充填するだけの十分な流動性と強度さえ付与すれば十分に活用できるものと推測した。

以上より、本研究では「②主灰のみ」「⑤飛灰(モルタル練り上げ)」の二種類に実用性を見出し、各種試験によりそれらの性状を明らかにした。

表-3 目地材の種類

| 目地材種類 | 備考 |
|-------------------------|----------------------------------|
| ①石灰砕砂 | 入荷時の状態のまま使用 |
| ②主灰のみ | 5mm以下の粒径のみ使用 |
| ③飛灰のみ | 0.45mm～1.60mmの粒径のみ使用 |
| ④飛灰+消石灰+高炉スラグ(空練り+散水) | 飛灰は5mm以下のみ使用 空練り時間：1分 散水量：適当 |
| ⑤飛灰+消石灰+高炉スラグ(モルタル練り上げ) | 飛灰は5mm以下のみ使用 空練り時間：1分 練り時間：2分 |

3. 主灰目地材の性状

3.1 試験項目および試験方法

主灰目地材の試験項目および試験方法、バイブレータによる簡易振動試験、施工試験の様子を示す(表-4、写真-1、写真-2)。

表-4 主灰目地材に関する試験項目

| 試験項目 | 試験方法及び関連項目 |
|--------|--|
| 粒度試験 | JIS A 1204に準拠(但し5mm以下のみ) |
| 施工試験 | 実験室でW50*H20*D68の直方体容器内に敷設した10個のブロック間目地に対し、主灰の充填性と施工性を確認した。 |
| 簡易振動試験 | 上記で施工したものについて、壁打振動機で全体に加振しブロックと目地材の挙動を目視にて確認した。 |



写真-1 壁打振動機による簡易振動試験の様子

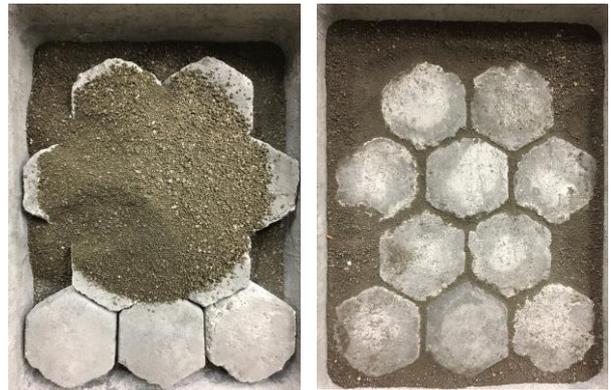


写真-2 主灰を用いた目地材の施工試験の様子

3-2. 試験結果および考察

一般的に目地砂として用いられる4号珪砂や石灰砕砂と飛灰の粒度を求めて比較した(図-2)。もとより粒度調整された4号珪砂と石灰砕砂と比較して、主灰と飛灰は1.2mm径以上の粒子を多く含んでいた。そこで、ふるい分けをして2.4mm以下または1.2mm以下となるようにした主灰と飛灰の粒度分布は、径が1.2mm以下の主灰が4号珪砂に近い分布を示し、目地砂として機能する可能性を得た。これは、目地砂の協会規格値である最大粒径2.36mm以下かつ75 μ mふるい通過量10%以下を満たすものである。

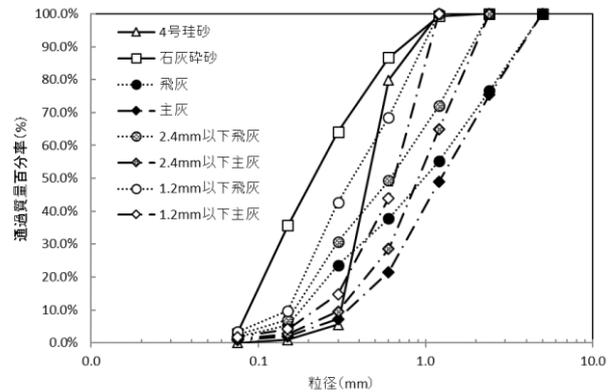


図-2 粒度試験結果



写真-3 消石灰+高炉スラグの混和水散水後の断面と表面

主灰目地材を充填したブロック舗装について、バイブレータを用いて簡易振動試験を行ったところ、ブロックの拘束効果が向上しブロックの挙動は安定した。また、振動・荷重によりブロック角部の欠けは生じたが、これらの欠片が目地砂と一体化あるいはブロック間ステップを緩和する役割を担うと考えられる。

また、主灰目地砂の流失防止策として、主灰の充填後、消石灰と高炉スラグの混和水溶液を散水することで、硬化反応する消石灰と高炉スラグが表面近くに残留し、目地材上部だけが硬化する様子を確認した(写真-3)。いずれの混和材も肥料成分として使用されており、流失防止策としての実現性は高い。今後、主灰目地材について、流出防止策の検討や透水試験により舗装材としての性能評価を行う必要がある。

4. 飛灰モルタル目地材の性状

4.1 試験項目および試験方法

飛灰モルタル目地材の試験項目および試験方法、模擬目地型枠内流動試験に用いた試験器、施工試験の様子を示す(表-5, 写真-4, 写真-5)。

表-5 飛灰モルタル目地材に関する試験項目

| 試験項目 | 試験方法及び関連項目 |
|-------------|---|
| 模擬目地型枠内流動試験 | 写真-4に示す試験器を用いた。“pool”に練りあがり直後のモルタルを流し込み、“15mm”、“10mm”、“7mm”の各設定目地幅に対する充填性を試験器上端から各目地幅における目地材までの高さで評価した。 |
| 圧縮強度試験 | 練りあがりモルタルについて、φ50×H100のプラモールドに充填し、各3本の供試体を作った。20℃の恒温室にて空中養生し、脱型は圧縮試験の直前に行った。 |
| モルタルフロー試験 | モルタル用スランブコーンを用いて、練りあがり直後の飛灰モルタル目地材を試験した。液性が強く、突き棒は使用しなかった。 |
| 施工試験 | 実験室でW50×H20×D68の直方体容器内に敷設した10個のブロック間目地に対し、飛灰モルタルの充填性と施工性を確認した。 |
| 簡易振動試験 | 上記で施工したものについて、壁打振動機で全体に加振しブロックと目地材の挙動を目視にて確認した。 |

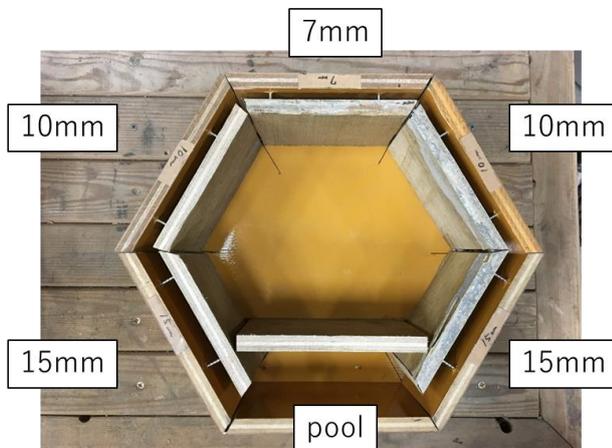


写真-4 模擬目地型枠内流動試験器



写真-5 飛灰を用いた目地材の施工試験の様子

4.2 試験結果および考察

模擬目地型枠内流動試験の結果を示す(図-3)。各設定目地幅における試験器上端から目地材料までの高さについて、全ての標準偏差を求めると各配合における流動性を評価した。各目地幅間の標準偏差は指数関数的に収束し、W/B=100%以上ではほぼ変化が見られなかった。一方で、単位水量の増加は強度低下の要因となるため、W/B=100%を目地用モルタル材の流動性の基準値とした。このときのモルタルフロー値は270~280 mm、1週圧縮強度は2.3 N/mm²を得た。

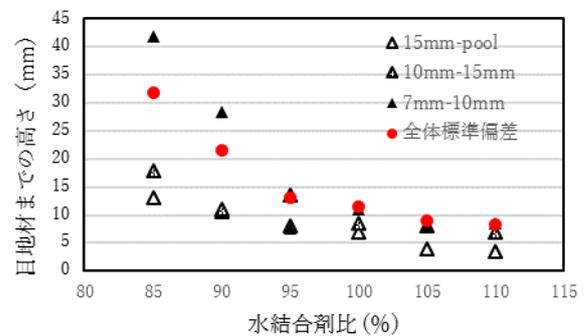


図-3 模擬目地型枠内流動試験結果

しかしながら、ブロック強度の1.5倍程度を要する目地材としては強度が低いため、減水剤を添加することで流動性を保持したまま強度増進を図った。W/B=80%に対し減水剤15Lを0.8%添加することで、モルタルフロー値280mmと1週圧縮強度5.1N/mm²を得た。十分な強度を得た一方で、より適正な添加量を決定する余地がある。本研究では、これを基本成果配合とし施工試験に用いた(表-6)。

表-6 飛灰モルタル目地材における示方配合 (kg/m³)

| 水 | 消石灰 | 高炉スラグ | 飛灰 | 減水剤(15L) |
|-----|-----|-------|-----|----------|
| 483 | 29 | 581 | 543 | 5 |

施工試験では、ブロックと目地モルタル間の摩擦抵抗あるいは機械的かみ合い作用により、目地幅7 mmではモルタルが流動せず、10 mmおよび15 mmにおいて重力の作用のみによる充填を確認した。

しかし、冬季には上記配合で目地が充填されず、ブロック接面から順に硬化していく様子が確認された。添加した減水剤がブロックの低温に影響を受けたものと予想されるが、今後の改善が必要といえる。

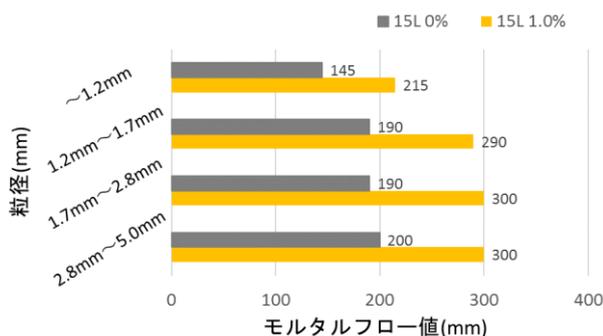


図-4 減水剤を用いた粒径ごとのモルタルフロー値

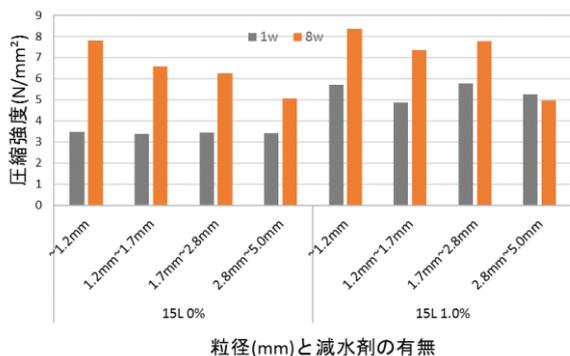


図-5 減水剤を用いた粒径ごとの圧縮強度
(材齢 1 週間と 8 週間)

モルタルフロー値と圧縮強度を指標に、粒径を揃えた飛灰を用いた各モルタルにおける減水剤効果を示す (図-4, 図-5)。ここでは、減水剤の効果を明確にするため、添加量を 1.0%に固定した。圧縮強度は 1 週と 8 週にて試験した。モルタルフロー値はいずれの粒径においても 100 mm 程度の向上を確認し、圧縮強度は 2 N/mm²程度の上昇を確認した。いずれにおいても粒径による差異は見られなかった。減水剤は、飛灰に対して作用せず、結合剤の消石灰と高炉スラグにのみ作用していると考察した。粒径 2.8 mm 以下の飛灰を用いたモルタルについては、8 週強

度が 1 週強度に対し 2 倍程度の圧縮強度を示した。一般に、高炉スラグは長期に強度発現するものであるが、飛灰中に含まれるシリカ成分とアルミナ成分のポズランが、消石灰と反応したことも要因の一つと予想される。今後、木灰中のポズラン成分と強度発現の関係について、より詳細の検討が必要といえる。

5. まとめ

- (1) 木灰三種のうち、飛灰と主灰について目地材としての活用可能性を確認できた。
- (2) 主灰は粒径1.2 mm以下にふるい分けを行うことにより、4号珪砂に近い粒度分布を示した。
- (3) 飛灰は微粉末分が多く吸水性が高いため、モルタル材として用いることにより、減水剤添加により流動性を高めることが出来た。
- (4) 気温10°C台の低温下では、ブロックが冷却され、飛灰モルタル目地材の投下直後に硬化が見られ自己充填性は確認できなかった。その理由は明らかにはできなかった。
- (5) 飛灰を用いたモルタル材において、粒径ごとの強度変化や減水剤効果の差異は見られなかった。
- (6) 飛灰モルタル材において、長期の強度増進が期待できることを確認した。