

# 木灰と消石灰のみを用いた 舗装用コンクリートブロックの開発

大内 雅博<sup>1\*</sup> 永野 正展<sup>2</sup>

片山 辰諒<sup>3</sup> 高山 大輝<sup>3</sup> 奥田 竜二<sup>3</sup>

(受領日：2016年5月9日)

<sup>1</sup> 高知工科大学システム工学群

〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

<sup>2</sup> 高知工科大学地域連携機構社会連携センター

〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

<sup>3</sup> 高知工科大学 システム工学群建築・都市デザイン専攻

〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

\* E-mail: ouchi.masahiro@kochi-tech.ac.jp

要約：林業の振興を意図して、木質バイオマス発電によって発生した木灰に消石灰と水と混ぜることにより、セメントを使用せずに強度を発現する、簡易舗装用のコンクリートのブロックを開発した。圧縮強度は $2\text{N}/\text{mm}^2$ 以上となった。断面を正六角形にすることで、型枠内に充填しやすく、締固めやすくなった。即時脱型法を採用することにより、ブロック製造の効率化を図り、必要型枠数を大きく削減した。敷設したブロックの上に軽トラックを繰返し走行させ、自重による破壊は生じないことと、変位を拘束することによりひび割れや欠けを防止可能であることを確認した。

## 1. はじめに — 木灰を林道整備に活かす

高知県は県土の84%が森林であり、林業が盛んである。しかし、林道密度は全国平均を下回っていて、林業活性化のための問題となっている。

高知県の木質バイオマス発電所では、木材を燃やして発電する木質バイオマス発電をしている。そこから発生した木灰は肥料として用いることが出来る。そこで本研究では、「木灰」から「木材」へつなげる技術としてコンクリートブロックの開発を行う。発電により発生した木灰を用いて林道の舗装ブロックとして製造し、樹木間伐・伐採作業と運搬の効率化を図ることを意図している。

その条件として、

1. 作業が単純で、特別な機械も必要なく、路盤工

事不要で敷くだけで森林作業道(末端の小規模な作業道)が敷設できるようなブロックとする。

2. ブロックの材料は自然に無害のもののみを使用する。

を設定した。

## 2. 使用材料

本研究で開発するブロックは最終的に自然に還すことを意図して、木質バイオマス発電により発生した木灰を用いることとした。木灰は製造過程により、「主灰」「リドリング灰」「飛灰」の3種類に分類される。今回用いる発電所からの灰の発生比率は、順に7:1.5:1.5である。

ただし、木灰のみでは水と化学反応して硬化しないため、アルカリ刺激剤が必要である。畜産農家や



図1. ブロックの形状

項目	寸法
1 辺の長さ	90 mm
厚さ	80 mm
平面積	210.4 cm <sup>2</sup>
体積	1.68 L
質量	2.8 kg

農家で土の消毒として使用されている消石灰を混入させることとした。発現強度が最も高かった、木灰8に対して消石灰2の比率とした。

### 3. ブロックの形状・寸法と強度

木灰コンクリートの圧縮強度はせいぜい数 N/mm<sup>2</sup> と低いため、その角が鋭角であれば壊れやすい懸念があった。そこで、断面の形状を、角が鈍角である正六角柱とした。正六角柱にすることにより、角が壊れにくくなるだけでなく、製造の際の型枠内への締め固め易さも向上した(図1)。寸法は、人間1人の手で持ち運ぶことが出来る重さとなるようにした(表1)。

既存の舗装ブロック(インターロッキングブロック)の品質規格では曲げ強度が5N/mm<sup>2</sup>以上と定められており、舗装ブロックの機能性や長期的な使用を考えた強度が定められている。木灰ブロックは比較的短い年数の使用を想定しているため、最低限圧縮荷重による破壊をしない強度を目安とした。

最大の荷重として、T荷重で定義される車両総重量25 ton(250 kN)に相当する荷重「T-25」を設定した。車両の荷重配分は前輪が10%、後輪が40%である。これによると、ブロックには圧縮強度1N/mm<sup>2</sup>以上であれば圧縮破壊しないと予想した。現在のところ、木灰ブロックの圧縮強度は2.7N/mm<sup>2</sup>であることから、圧縮破壊はしないと想定した。

一方、曲げによる最大引張側縁応力度は、拘束の

表2. 木灰コンクリートの配合  
(1m<sup>3</sup>当りの質量)

項目	寸法
水	343 kg/m <sup>3</sup>
消石灰	254 kg/m <sup>3</sup>
飛灰	114 kg/m <sup>3</sup>
主灰	809 kg/m <sup>3</sup>
リドリング灰	167 kg/m <sup>3</sup>

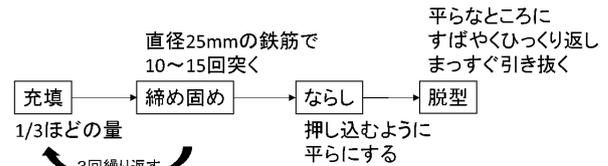


図2. ブロックの製造手順

無い条件下で2.5N/mm<sup>2</sup>と算出した。圧縮強度から推定した引張り強度では足りないことになる。そこで、ブロックを隙間無く敷き詰めて拘束を強くすることにより、壊れにくくすることとした。

### 4. ブロックの配合と製造方法

木灰コンクリートの配合を示す(表2)。木灰の構成比率は、発生比率と同じにした。木灰に対する消石灰添加率と水比は、即時脱型をするために練り上がりがスランプ0の状態となるように、予備試験の結果からそれぞれ、18%および25%とした。

ブロックの製造に際しては、型枠内に打ち込んでからすぐに脱型する、即時脱型方法を採用した(図2)。その際、型枠内にビニール袋を敷くことで、脱型時に型枠を分解する必要をなくした。製造効率が上がり、かつ、型枠の必要個数を大幅に減らすことが可能となった。

### 5. 実車両による載荷試験

試作した木灰ブロック(表3)を実際に敷設して車両走行試験を行い、崩壊の状況を観察した。

地面に砂を薄く敷き、その上にブロックを設置した。車両が通過したときにブロックが左右へ逃げないように端部拘束をした(図3)。ブロックの拘束条件の変化による影響を確認するため、目地砂の有無による比較をした。目地砂はインターロッキングブロック舗装にも用いられており、目地砂によって隣接するブロックの噛み合わせと端部の拘束が一体となり、荷重を伝達・分散させる効果を想定した。

載荷は、(1)軽トラック(0.8 ton):目地砂あり、

項目	寸法
1 辺の長さ	90 mm
厚さ	80 mm
平面積	$2.1 \times 10^4 \text{ mm}^2$
質量	2.8 kg
材齢 28 日圧縮強度	$2.4 \text{ N/mm}^2$
同 推定引張強度	$0.2 \text{ N/mm}^2$

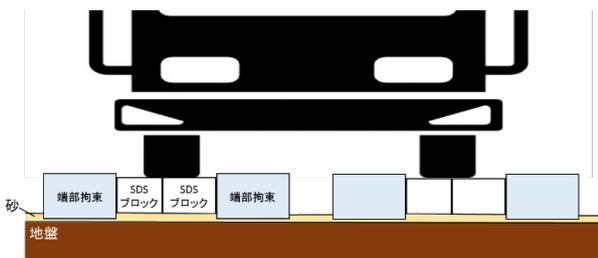


図 3. 載荷試験のイメージ

(2) 軽トラック (0.8 ton): 目地砂なし、(3) フォークリフト (2.5 ton): 目地砂なし、の 3 パターンを行った。目地砂の有無の様子を示す (図 4、5)。

タイヤの接地面積を  $200\text{mm} \times 160\text{mm}$  として各車両により生じる応力を求めた (表 4、5)。

軽トラックでもフォークリフトも、拘束が無ければ引張側縁応力度が引張強度を上回ることとなり、どちらでも走行時にブロックにひび割れが生じるものと予想した。

## 6. 載荷試験の結果

目地砂を充填することでブロックが拘束され、車両荷重がかかっても曲げ破壊によるひび割れは生じなかった。

一方、目地砂無しの場合は、拘束が無く、車両荷重によりブロックのグラつきが生じた (図 6)。その際、隣接するブロックとの摩擦による角の欠けが最初に生じ (図 7、8)、車両の荷重によるひび割れやブロックの位置が移動して隙間ができ、そこに荷重がかかり破損に至る過程を確認した。最後に、段差によって生まれた衝撃による破壊を確認した (図 9)。

なお、ブロックのひび割れは一部にしか見られなかった一方、角の欠けが多く確認できた。ひび割れや欠けの確認後も走行には問題なかった。



図 4. 目地砂有り



図 5. 目地砂無し

表 4. 軽トラック (0.8 ton) により生じる応力

項目	寸法
車両総重量	8 kN
後輪荷重	3.2 kN
後輪接地圧	$0.1 \text{ N/mm}^2$
引張側縁応力度	$0.25 \text{ N/mm}^2$

表 5. フォークリフト (2.5 ton) により生じる応力

項目	寸法
車両総重量	25 kN
後輪荷重	10 kN
後輪接地圧	$0.31 \text{ N/mm}^2$
引張側縁応力度	$0.77 \text{ N/mm}^2$



図 6. 目地砂（拘束）無しの載荷後の状態



図 7. 隣接ブロック間の摩擦による破損



図 8. 車両荷重によるブロックの隙間からの欠け



図 9. 衝撃によるブロックの崩壊

## 7. 結論

木灰と消石灰と水から、セメントを使用しないで硬化する木灰コンクリートブロックを開発した。本研究では、

1. ブロックの形状を正六角柱にすることで締め固めやすくなり、製造効率が向上した。角が欠けにくいブロックとなった。
2. 即時脱型によるブロック製造の効率化を図った。
3. 重量 2.5 ton の軽トラックが走行しても圧縮破壊しない強度のブロックを製造できた。
4. ブロック間に目地砂を充填することで拘束効果を高め、ブロックが損傷し難くなった。砂の敷き詰め具合、すなわち拘束の程度によって、ブロックの破損度合いが変化することを確認した。

が明らかとなった。

## 文献

- 1) 近藤連一ら, “種々の刺激剤による高炉水砕スラグの潜在水硬性”, 鉄と鋼, 第 65 年第 13 号, pp. 1825-1829, 1979.
- 2) 日本道路協会, “道路橋示方書・同解説”, 1996.

# Development of Wood Ash Block for Construction and Pavement of Logging Road

Masahiro Ouchi<sup>1\*</sup> Masanobu Nagano<sup>2</sup>

Akinobu Katayama<sup>1</sup> Daiki Takayama<sup>1</sup> Ryuji Okuda<sup>1</sup>

(Received: May 9th, 2016)

<sup>1</sup> School of Systems Engineering, Kochi University of Technology  
185 Tosayamadacho-Miyanokuchi, Kami, Kochi, 782–8502, JAPAN

<sup>2</sup> Research Organization of Regional Alliance, Kochi University of Technology  
185 Tosayamadacho-Miyanokuchi, Kami, Kochi, 782–8502, JAPAN

\* E-mail: [ouchi.masahiro@kochi-tech.ac.jp](mailto:ouchi.masahiro@kochi-tech.ac.jp)

**Abstract:** Wood ash concrete block for construction and pavement of logging road was developed. The purpose of the block is to construct and pave logging road, in which foundation work may not be necessary. The wood ash is a sub-product from wood biomass thermal power station. Wood ash concrete was developed that can be hardened with slaked lime and water, which does not need portland cement for hardening. The cross section of block was decided as a hexagon so that consolidation work of the concrete may be easy. Mix-proportion of wood ash concrete was set up so that a prompt demolding may be possible. The compressive strength of the block was high enough for preventing compressive failure due to the load from the track. Also, with a sufficient restrain with sand between blocks, it was verified that banding failure can be prevented.