

# 木灰コンクリートブロックの拘束効果と製造効率向上

学籍番号：1170102 氏名：土居 良太 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：木灰コンクリートブロックの工夫による、ブロック間の拘束向上効果を確認した。ブロックの表面積を増やすことで、拘束力が向上した。均質なブロック製作を行うため、水比26%前後で、状態を確認しながら水分量を調整する必要があることを確認した。以上の形状と配合を工夫したブロックを製作し、実車両による載荷試験を行い、形状によるブロック間のずれと、欠けの程度を確認した。従来の六角柱型より、ブロック間のずれは少なくなったが、鋭角な箇所で欠けが多く発生した。車両による載荷試験を模擬した振動試験を考案した。短時間でブロック間のずれと、ブロックの欠けを確認でき、形状の違うブロックの性能の判断に使用した。

Key Words：木灰、地還元型コンクリート、即時脱型、ブロック間の拘束、載荷試験、目地砂

## 1. はじめに

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。この特徴を生かして建設、稼働中の木質バイオマス発電所から発生した木灰は肥料として用いることが出来る一方、さらに有効活用が求められている。

本研究では、「木灰」から「木材」へつなげる技術として、地還元型コンクリートブロックを開発する。木灰を用いて林道(森林作業道レベル)用の舗装ブロックとして地還元型コンクリート(Degradable Sustainable Concrete)ブロック(通称DSCブロック)を用いた、省力化した林道整備により、樹木間伐・伐採作業と運搬の効率化を図るものである。

DSCブロックの開発にあたり、以下の条件を設定した。すなわち、

- ①ブロックの素材として、天然素材、農業用に通常散布されるもののみを用いる。作業が単純で、特別な機械も必要なく、路盤工事が不要で、敷くだけで道となるブロックとする。
- ②林道として使用される期間は、安全に車両が通行できるように、破壊しない、または簡易的に補修が出来るブロックとする。

## 2. DSCブロックの形状・寸法

地還元型コンクリートの強度は一般のコンクリートよりも低いため、既往の研究により隅を鈍角にするために正六角柱型のブロックが考案された。しかし、車両がその上を通行した際にブロック間にずれが発生すると言う問題が生じることが分かった。そこで、本研究では、縦および横方向のずれを防止するために、杭型のブロック(以下六角錐型ブロック)、および、ブロック同士を噛み合わせる形状のブロック(以下噛み合せブロック)を試作した。

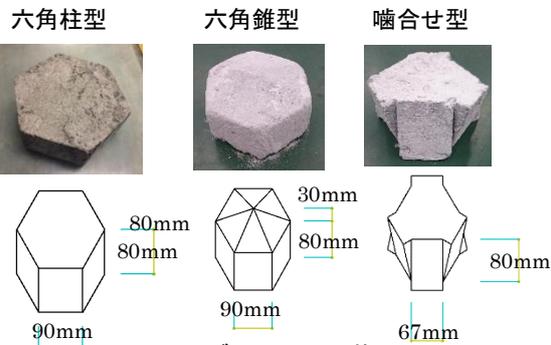


図-1 ブロックの形状

表-1 各ブロックの概要

ブロック	厚さ(mm)	重さ(kg)	圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )	個数
六角錐型	80	3.3	1.39	85
噛み合せ型	80	2.2	1.03	90

### 3. 使用材料・配合と製造

DSC ブロックの主な材料は木質バイオマス発電所から発生した木灰である。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。発生比率は、順におよそ70:15:15である。既往の研究から、木灰に、畜産農家や農家で土の消毒として使用されている消石灰と水を加えて練り混ぜることで、セメント無しで硬化することが分かっている。

表-2 使用材料(木灰は宿毛バイオマス発電所で発生したものを使用)

水	水道水	
消石灰	工業用消石灰 密度2.21g/cm <sup>2</sup>	
木灰	主灰	発生比率 70% 密度1.97g/cm <sup>2</sup>
	リドリング灰	発生比率 15% 密度2.43g/cm <sup>2</sup>
	飛灰	発生比率 15% 密度2.23g/cm <sup>2</sup>

DSC コンクリートの配合を示す(表-2)。3種類の灰の構成比率はその木灰の発生比率と同様にした。打ち込みからの、即時脱型をするため、練り上がり時のスランプ値が0となる水比を決定した。なお、スランプ値が0となる水比は木灰の状態に変化し得るため、製造時に適宜調整した。木灰に対する消石灰の置換率は、既往の研究から最も高い強度が得られるものを採用した。

表-3 配合 (kg/m<sup>3</sup>)

水	消石灰	飛灰	主灰	リドリング灰
374	271	174	766	174
木灰比率(主灰:リドリング灰:飛灰)			消石灰添加率	水比
7.0:1.5:1.5			20(%)	26(%)

ブロックの製造フローを示す(図-2)。

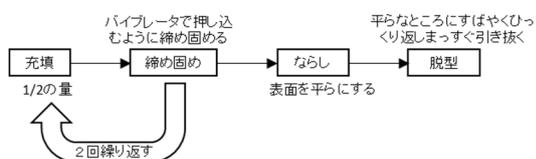


図-2 DSC ブロックの製作フロー

型枠内にコンクリートを充填し振動機による締め固めの後、ただちに脱型した。型枠面内に予めビニール袋を敷くことにより、脱型時に型枠を分解する必要がなくなり、型枠の使用効率が上がった。さらに、ビニール袋の代わりに食品包装用ラップフィルムを用いることにより、型枠隅角部の充填率が向上した。



図-3 ラップフィルムを用いた即時脱型(左:充填前型枠、右:脱型後ブロック)

また、練り上がりから時間が経過して、充填したブロックは水分が無くなり、隙間が目立つようになった。そこで、型枠への締め固めにバイブレータを使用することで、充填が容易になり、製造効率も向上した。



図-4 隙間が多く残ったブロック



図-5 バイブレータによる締め固め

### 4. 走行載荷実験

製作した2種類のDSCブロック(六角錐型、噛合せ型)を屋外に敷設して、実車両による走行載荷試験を行い、ブロックの物理的な破壊と、ブロック間の「ずれ」の様子を観察した。

表-4 試験に用いたブロックの使用

ブロック種別	平面積(cm <sup>2</sup> )	体積(L)	質量(kg)
六角錐型	210.4	1.89	3.3
噛合せ型	156.5	1.25	2.2

砂利が敷いてある地面に砂を薄く敷き、その上にブロックを設置した。ブロックはおよそ縦3.1m、横

0.7mの広さに並べ、端部に従来型のコンクリートブロックを置くことにより拘束した。拘束条件による影響を調べるため、目地砂の有無や、端部拘束の有無による比較を行った。



図-6 設置したブロック(左:噛合せ型、右:六角錐型)

車両走行載荷試験は以下の3パターンにより行った。

- ① 目地砂なし 端部拘束あり
- ② 目地砂あり 端部拘束あり
- ③ 目地砂あり 端部拘束なし



図-7 目地砂あり 図-8 端部拘束無し

ブロックの上を、フォークリフトで走行する。

表-5 フォークリフト(25t)の荷重

車両総重量	25kN
後輪荷重	10kN
後輪接地圧	0.31N/mm <sup>2</sup>

試験前には、フォークリフトの接地圧よりブロックの圧縮強度の方が高いため、荷重による圧縮破壊は起きないと予測した。一方で、曲げによるひび割れで破壊が生じると想定し、目地砂による拘束も検討した。

表-6 ブロックの載荷結果

拘束条件	外部拘束あり		外部拘束なし
	目地砂なし	目地砂あり	
六角錐型	損傷は少ないがブロックが動く	くぼみができ、段差ができる	最初大きく動く、その後安定
噛合せ型	尖った部分から破壊していく	くぼみができるが、滑らか	拘束ありの時と変わらず、動かない

六角錐型ブロックは隙間無く綺麗に敷くことができた一方、噛合せ型では隙間が生じた。目地砂を詰めない場合、噛合せ型ブロックで先に損傷が見られ、

六角錐型ブロックの破損は少なかった。目地砂を詰めた場合、両ブロック共に破損は少なかった。

六角錐型ブロックではタイヤの通過箇所凹凸が見られた。周囲と比較して凸の部分に損傷が見られた。噛合せ方ブロックは隅の鋭角部分に、損傷が見られた。

六角錐型ブロックでは詰めた目地砂が流動し、載荷時、ブロックにぐらつきがあった。噛合せ型ブロックでは、詰めた目地砂が固まりブロック間のずれがほとんど生じなかった。

端部を拘束していたコンクリートブロックを外し、載荷したとき、六角錐型ブロックでは、ブロック間に隙間が発生した。一方、噛合せ型ブロックでは、ブロック間に変化は無かった。

解体時、噛合せ型ブロックには、走行中には気が付かない破損が多く見られた。ブロックに破損がある場合でも、目地砂によって拘束され走行可能になっていることを確認した。

結局、合計300往復の走行を行ったが、ブロックの破壊によって走行ができなくなる事態は起きなかった。(以下の図、左:六角錐型、右:噛合せ型)。



図-9 目地砂の違い(左:六角錐型、右:噛合せ型)

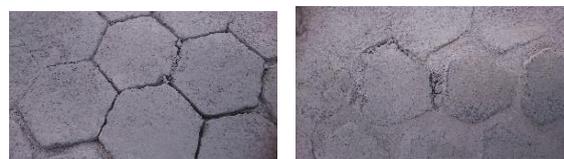


図-10 各ブロックの損傷(左:六角錐型、右:噛合せ型)



図-11 端部拘束なし走行後(左:六角錐型、右:噛合せ型)

図-12 解体後のブロック(左:六角錐型、右:噛合せ型)

## 5. ブロック間の接触面積を大きくして試験室での振動試験により検証

新たに、ブロック間の接触面積の大きい、噛合せ型ブロック2と、噛合せ型ブロックに高さ3cmの杭を付けた、杭・噛合せ型ブロックを作成し、振動試験を行った。その検証に際しては、走行試験の簡易化を目的として、試験室における振動試験を考案した。容器の中に3×4=12個のブロックを並べ、その上から振動機によって、押し付けるように1分間振動を与えた。また、砂を詰めることにより、目地砂を詰めた状態に近づけることができた。

車両載荷試験と、振動試験の結果を比較すると、同じ傾向が見られ、車両載荷時のブロックへの影響を振動試験によって、推測できると言える。



図-13 振動試験



図-14 目地砂あり

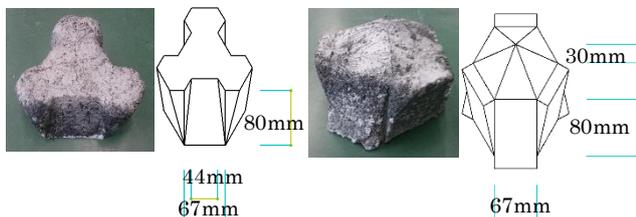


図-15 噛合せ型  
ブロック2

図-16 杭・噛合せ型  
ブロック

表-7 車両載荷試験と振動試験のブロックへの影響

ブロック種別	車両載荷試験	振動試験
六角錐型	ブロック間に凹凸のずれが発生。凸部分が欠ける	ブロック間に隙間ができ凹凸のずれが発生。凸部分が欠ける。
噛合せ型	目地砂が固まりズレが発生しない。鋭角な部分が欠ける。	目地砂が動かずズレが少ない。鋭角な部分に破損が見られる。

表-8 各ブロックの振動試験の結果

ブロック種別	ブロック間の ずれの程度	欠け	破壊
六角錐型	あり	1個	0個
噛合せ型	ほとんどなし	5個	0個
噛合せ型2	なし	8個	5個
杭・噛合せ型	なし	6個	0個

ブロックの欠けや、破壊は、六角錐型ブロックが最も少なくなった。しかし、ブロック間にずれが発生した。ブロックの形状が複雑になるほど、ブロックの欠けが多くなった。特に、噛合せ型ブロック2では、細い箇所が割れて、破壊したブロックが多く見られた。一方、ブロック間のズレは見られなかった。

杭・組み合わせ型は設置しにくいことが分かった。

## 6. 結果、今後の研究

- (1) スランプ値を0にするため、木灰の状態に応じて、水量を調節することにより、即時脱型可能な木灰コンクリートを練り混ぜることが出来た。なお、平均的な水比は木灰質量に対して26%であった。さらに、バイブレータの使用により、締め固め時間を短縮できた。
- (2) 横方向のずれを防止するために杭を付けた、六角錐型ブロック、縦のずれを防止するためにブロック同士を噛合わせる形状とした、噛合せ型ブロックの形状が、車両走行時による影響に及ぼす影響を確認した。両ブロックとも、目地砂によって、割れたブロックも走行可能な状態を保つことが確認できた。圧縮破壊に強い六角錐型ブロックと、走行しやすさを保つ噛合せ型ブロックの長所を併せ持つブロックの有効性を確認できた。
- (3) 試験室での簡易な振動試験により、車両走行試験を模擬することが出来た。複雑な形状のブロックの噛合いにより、ブロック間のズレは小さくなる一方、欠けや割れは多くなった。現時点では、杭・噛合せ型ブロックが、ずれも無く破壊が少なく最も優れていた。しかし、設置が容易ではなかった。今後、ずれの防止のために、ブロックの表面積を増やすことを検討するのが良い。

## 参考文献

- 1) 高山大輝：林道建設のための地還型自己崩壊コンクリートブロックの設計、製造と載荷，高知工科大学卒業論文，2016