

# 主灰粉碎と炭酸水練混ぜによる木灰コンクリートの強度増進

学籍番号 1230036 氏名 岡田 陸 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

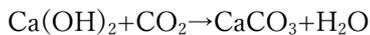
要旨：木質バイオマス発電の副産物である 3 種類の木灰のうち主灰とリドリング灰（以下「主灰」と略）のみを粉碎し、さらに炭酸水で練混ぜることにより木灰コンクリートの強度増進を図った。主灰の粉碎により材齢 7 日では 5.8N/mm<sup>2</sup>、28 日では 7.0N/mm<sup>2</sup>に強度が増進した。さらに練混ぜ水に炭酸ナノバブルを混入することにより、材齢 7 日では 6.8N/mm<sup>2</sup>、28 日では 8.2N/mm<sup>2</sup>に強度が増進し、それぞれの効果が認められた。ただし、熱分析により求めた炭酸カルシウム量には、それぞれの増進効果が認められなかった。

**Keywords** : 木灰, 木灰コンクリート, 飛灰, 主灰, リドリング灰, 粉碎, 強粉碎, 圧縮強度

## 1. はじめに

高知県の豊富な森林資源を生かした木質バイオマス発電では、副産物である木灰の有効活用が求められている。コンクリート材料における物質循環の確立を目指して、高知工科大学コンクリート研究室では木灰と水のみを原料とした木灰コンクリートを開発したが、実用化には強度面での課題がある。

木灰コンクリートの強度の源は炭酸カルシウムである。これは木灰に含まれる酸化カルシウムが接水し水酸化カルシウムとなり、空気中の二酸化炭素と反応することで生成される。



本研究では、主灰を粉碎することによりカルシウムイオンの供給量を大きくし、さらに炭酸水練混ぜにより炭酸カルシウム生成量を大きくすることにより木灰コンクリートの強度増進を図った。

## 2. 使用材料・配合

水結合材比は 70%とし、飛灰と主灰の比率を 55 : 45 とした。配合上の単位水量は、木灰の吸水量を加味した値である。配合計算に用いた計算式を式(a)に示す。使用材料と基本配合を示す(表-1)。

$$\text{水結合材比} : W/B(\%) = \frac{\text{水(g)}}{\text{飛灰(g)}} \times 100 \dots \text{式(a)}$$

表-1 使用材料

水	水道水
主灰・リドリング灰	密度 2.33 g/cm <sup>3</sup>
飛灰	密度 2.30 g/cm <sup>3</sup>

## 3. 主灰の粉碎

3 種類の木灰の中で、主灰に最も酸化カルシウム

(CaO)が含まれている(表-2)。主灰を粉碎することにより、強度増進に必要な酸化カルシウムを取り出し、炭酸硬化反応を促進することを考えた。

未粉碎のものと、2 種類の粉碎によるものとの合計 3 種類を用いた。①未粉碎主灰：②粉碎主灰：粉碎ポットに未粉碎主灰 1kg とボールを 50 個入れ、1 時間稼働させることで生成した、③強粉碎主灰：さらに粉碎主灰を 24 時間粉碎した、の 3 種類である。

ふるい分け試験により求めた各主灰の粒度分布を示す(図-1)。

表-2 木灰に含まれる成分の割合(%)

	主灰	リドリング灰	飛灰
CaO	38.6%	33%	26%

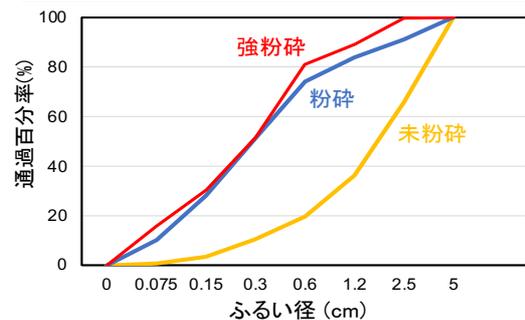


図-1 ふるい分けによる主灰の粒度分布

## 4. 炭酸水の調製、練混ぜ手順と圧縮強度試験

液化炭酸ガスボンベに接続したファインバブル発生装置を 10 分間稼働させ、pH 5 の炭酸水を調製した。練混ぜ手順を示す(図-2)。直径 50mm、高さ 100mm のモールドに練上がった木灰コンクリートを充填し、バイブレータで締固めを行い、円柱供試体を作成した。材齢 7 日および 28 日間に圧縮強度試験を行った。

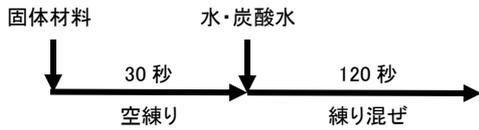


図-2 練混ぜ手順

### 5. 強度試験の結果

3種類の主灰、そして、練混ぜ水の種類による圧縮強度を比較した(図-3)。

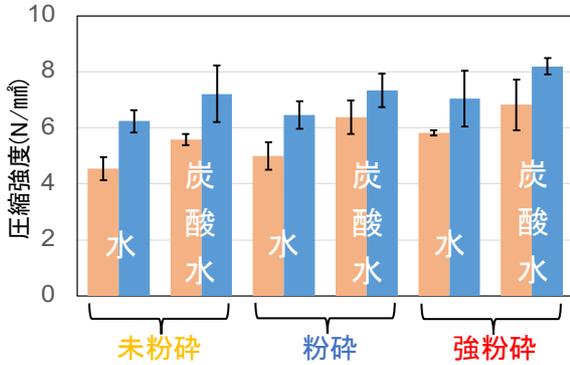


図-3 主灰3種類の圧縮強度の比較(7・28日間)

主灰の粉碎度が高くなると共に圧縮強度は高くなった。また、全ての供試体において水よりも炭酸水で練り混ぜを行った方が強度は増進した。これらの要因としては、主灰粉碎によりカルシウムイオンの供給量が増大した、また炭酸水で練混ぜることで主灰が持つ酸化カルシウムと炭酸水が炭酸硬化反応を活発に引き起こしたためだと考察する。

### 6. 主灰粉碎及び炭酸水練混ぜの効果

図-3の試験結果を用いて、強度増進の内訳(主灰粉碎による効果、炭酸水練混ぜによる効果)を水×未粉碎主灰の組み合わせの強度を基準として、7日間強度、28日間強度に分けて表している(図-4)。

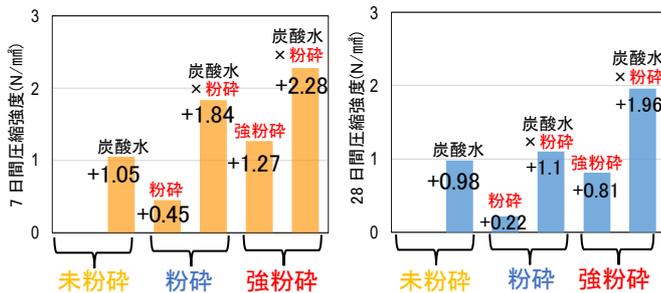


図-4 水×未粉碎を基準とした強度比較(7・28日間)

これらの結果から、改めて主灰粉碎と炭酸水練りませはどちらも強度増進に効果的であることが分かった。また単体の増加量で見ると、炭酸水による効果の方が主灰粉碎よりも倍近く増進していることが判明した。

### 7. 炭酸カルシウム含有量と強度の関係

各木灰コンクリート供試体に含まれている炭酸カルシウム含有量を熱分析により求め、強度発現との関係を7日間、28日間に分けて調べた(図-5, 6)。

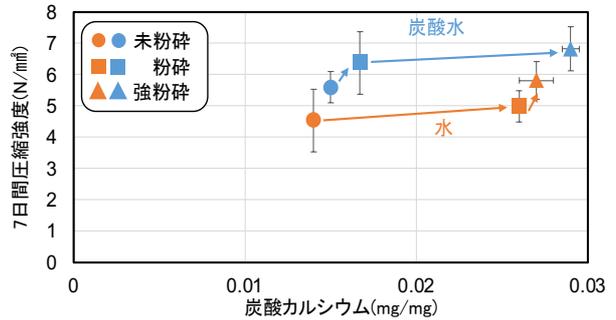


図-5 主灰3種類の圧縮強度及び炭酸カルシウム量(7日間)

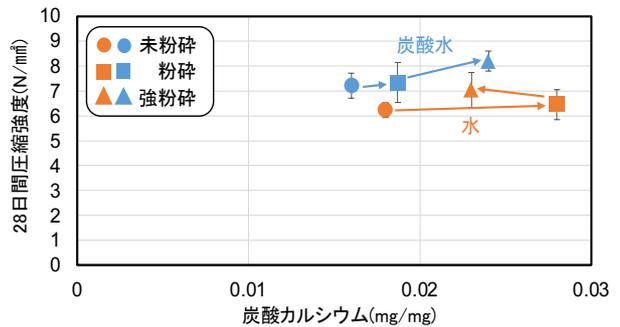


図-6 主灰3種類の圧縮強度及び炭酸カルシウム量(28日間)

炭酸カルシウム含有量と強度発現の関係において、粉碎×水 28日間強度の組み合わせが、炭酸カルシウム含有量が最も多かった。これらの結果から、炭酸カルシウム含有量が多いほど、強度が増進するという明確な結果は得られず、これまでの試験で強度が増進してきた要因は、炭酸カルシウム量によるものよりも、主灰の粒度による可能性が高いと考察した。

### 8. 結論

- (1) 主灰粉碎によりカルシウムイオンの供給量が増大し、また炭酸水で練り混ぜを行うことで炭酸硬化反応を促進させ、木灰コンクリートの一層の強度増進に繋がった。
- (2) 主灰粉碎と炭酸水練混ぜでは、炭酸水練混ぜの方が強度の増加量が大きかった。
- (3) 熱分析により求めた炭酸カルシウム量と強度との間には明確な相関は見られなかった。今後説明が必要である。

### 9. 参考文献

1. 綿貫開：木灰の混合比率の調整と粉碎による木灰コンクリートの強度増進  
高知工科大学卒業論文 2022年2月