

# 二酸化ケイ素の反応を考慮した木灰コンクリートの強度発現のメカニズム 要旨

学籍番号:1265060 綿貫 開

本研究では、木質バイオマス発電の副産物である木灰のみを水と練混ぜて強度発現する木灰コンクリートの強度増進を目標に、そのメカニズムであると仮定した炭酸カルシウム生成量を増やすことによる効果を調べた。そして、新たな強度発現メカニズムとして見出した水酸化カルシウムと二酸化ケイ素の反応による生成物の可能性を見出して検証した。

飛灰と主灰と 2 種類から成る木灰の、発電所からの発生比率である 15%よりも、酸化カルシウムを多く含む飛灰の構成比率を高めることで強度が増進したが、強度発現には最適飛灰構成比が存在した。一方、飛灰構成比が高いほど炭酸カルシウム生成量は大きくなった。

供試体の内側より炭酸化反応を促進させて炭酸カルシウム生成量を大きくすることを意図して炭酸水練混ぜを行ったが、その二酸化炭素濃度と炭酸カルシウム生成量や木灰コンクリートの強度との間に相関は見られなかった。むしろ、飛灰に含まれる酸化カルシウムが、飛灰の経時による炭酸化により、炭酸カルシウムに変化して含有量が増えることで強度が低下した。これまで強度発現要因として仮定していた炭酸カルシウムが、強度増進に有効であるどころか、強度発現の妨げになっている可能性を得た。

主灰を粉砕して用いると強度が増進した。型枠内への充填率の向上はわずかであったことから、木灰コンクリートの強度発現に主灰の反応が寄与している可能性を得た。さらに、二酸化ケイ素を含む主灰の代替にその試薬を用いると強度が増進した。主灰が木灰コンクリートの強度発現のための化学反応に寄与していると言える。

木灰コンクリートの強度発現メカニズムの候補として、新たに、主灰に含まれている二酸化ケイ素と、飛灰に含まれる酸化カルシウムおよび二酸化ケイ素から成る生成物の存在を仮定した。最適飛灰構成比での水酸化カルシウムと二酸化ケイ素の比率を用いて、配合から推定した生成物の量と強度との関係を調べたところ、相関を得ることができた。一方、既存のコンクリート工学によるカルシウムシリケート水和物中の比率により求めた生成物量と強度との相関は、比較的低かった。以上について、木灰コンクリート硬化体について SEM-EDS 分析を行ったが、セメント水和物と同様のものを見出すことはできなかった。

今回明らかになった木灰コンクリートの強度発現に影響する要因から、飛灰に含まれている酸化カルシウムがなるべく炭酸カルシウムに変化しないような手段を講じることが、エネルギー消費を増大させずに木灰のみで硬化する木灰コンクリートの高強度化に有効であると言える。

# **Mechanism for strength development of wood-ash concrete considering the reaction of silicon dioxide**

## **ABSTRACT**

Haruki Watanuki

This study investigated the effect of increasing calcium carbonate production, which is hypothesized to be the mechanism of strength enhancement in wood ash concrete. Wood ash concrete is made by mixing only wood ash, a byproduct of wood biomass power generation, with water to produce strength.

The possibility of products from the reaction of calcium hydroxide and silicon dioxide, which was found as a new mechanism of strength. And this possibility was verified.

Strength was enhanced by increasing the proportion of fly ash, which contains more calcium oxide than the 15% generated by power plants, of wood ash, which is composed of fly ash and main ash. However, there was an optimum fly ash composition ratio for strength development. On the other hand, the higher the fly ash composition ratio, the greater the amount of calcium carbonate produced.

Carbonated water mixing was performed with the intention of increasing the calcium carbonate production by accelerating the carbonation reaction from the inside of the concrete specimen. But there was no correlation between the carbon dioxide concentration and the amount of calcium carbonate produced or the strength of the wood ash concrete. If anything, the calcium oxide in the fly ash was changed to calcium carbonate due to carbonation of the fly ash with time, which increased the amount of calcium oxide in the fly ash, causing the strength of the fly ash to decrease. It is possible that calcium carbonate, which had been assumed to be a factor in the development of strength, may be an impediment to the development of strength.

When main ash was ground and used, the strength was improved. The small increase in the rate of filling of the formwork gave the possibility that the reaction of the main ash contributed to the development of the strength of the wood ash concrete. In addition, using the reagent as a substitute for the main ash containing silicon dioxide enhanced strength. It can be said that the main ash contributes to the chemical reaction for the development of strength in wood ash concrete.

As a new mechanism for the development of strength in wood ash concrete, products consisting of silicon dioxide in the main ash and calcium oxide and silicon dioxide in the fly ash were hypothesized. A correlation was obtained when the ratio of calcium

hydroxide to silicon dioxide at the optimum fly ash composition ratio was used to study the relationship between the amount of product estimated from the formulation and strength. On the other hand, the correlation between the amount of product and strength, which is determined by the ratio in calcium silicate hydrate in existing concrete engineering, was relatively low. Regarding the above, SEM-EDS analysis was performed on the hardened wood-ash concrete, but no similarities to cement hydrates could be found.

Based on the factors that affect the strength of wood ash concrete, it can be said that taking measures to prevent the calcium oxide contained in fly ash from converting to calcium carbonate is effective in increasing the strength of wood ash concrete that cures only with wood ash, without increasing energy consumption.