

# 炭酸水練り混ぜによる木灰コンクリートの強度増進

学籍番号 1230023 氏名 植田 裕理 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

## 1. はじめに

高知県は森林率 84%を誇っており林業が盛んである。これを活かした宿毛市の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。高知工科大学コンクリート研究室ではその木灰を用いて物質循環を可能にする木灰コンクリートを開発したが、実用化には強度の面で課題がある。木灰コンクリートの硬化は水酸化カルシウムの炭酸化反応により生成した炭酸カルシウムによるものであることが分かっている。

本研究では、水の代わりに炭酸水を練混ぜることにより炭酸化反応を促進させ、強度増進の鍵となる炭酸カルシウム生成量を調べた。

既往研究より、木灰中の飛灰比率が 35%~55%の場合に強度が最も高くなることから、飛灰と主灰の混合比率を 55 : 45 とし、適切な水結合材比として 70%を設定した。使用材料(表-1)と配合計算に使用した式(a)を示す。

表-1 使用材料

種類		表乾密度(g/cm <sup>3</sup> )
木灰	主灰	2.23
	飛灰	2.29
水		1.00

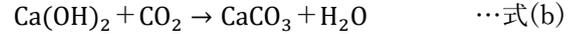
表-2 配合表

No.	水結合 材比(%)	質量(kg/m <sup>3</sup> )		単位水量 (kg/m <sup>3</sup> )
		主灰	飛灰	
1	70	351	437	700
2	75	351	437	750

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

## 2. 炭酸水練り混ぜによる強度増進

木灰コンクリートでは炭酸硬化反応(式(b))が生じ、炭酸カルシウムの生成量が増加すると強度が増進すると仮定した。この炭酸化を促進するために炭酸水を練混ぜて特に内部からの反応を促進させた。



炭酸水は、ナノバブル発生装置により水道水から調製したナノバブル炭酸水や、市販炭酸水の2種類を用いた。ナノバブル発生装置を用いて生成したナノバブル炭酸水は、装置を稼働させるに従い徐々にpHが下がり、17分を超えたあたりから安定した(図-1)。市販炭酸水に比べるとpH 二酸化炭素濃度の点では少し劣るが、気泡が微細なため放置後120分でもpHが5.5以上になることはなかった(図-2)。

水、ナノバブル炭酸水、市販炭酸水、それぞれにより練混ぜた材齢7日の圧縮強度を示す(図-3)。それぞれ型枠内に充填させる際にバイブレータによる振動の有無により比較した。水や市販炭酸水と比べてナノバブルは振動の有無による変化がほとんど見られず、強度のばらつきも小さかった。また、市販炭酸水が最も強度が高く、初期強度の発現において有利である可能性を得た。いずれにしても水練り混ぜによる木灰コンクリートと比べると、炭酸水練り混ぜにより強度が増進した。

次に水、ナノバブル炭酸水、市販炭酸水の各練混ぜによる強度を二酸化炭素濃度と比較した(図-4)。このときバイブレータによる振動は与えなかった。その際に測定した炭酸水のpHと二酸化炭素濃度(表-3)から、市販炭酸水練混ぜが炭酸硬化反応には有利と当初は予想したが、ナノバブル炭酸水練混ぜのほうが材齢28日強度は上回った。材齢7日から28日の間で強度に伸びがあることから、炭酸化反応は長期的に起こる可能性を得たと言える。また、二酸化炭素濃度が高いほど強度が上がるとは言えないことが分かった。

表-3 各練混ぜ水中のpHと二酸化炭素濃度

	ナノバブル	市販炭酸水	水
pH	5.35	4.77	6.8
二酸化炭素濃度(mg/L)	1111	1606	7.43
スランプ値(cm)	1.8	2.2	2.0

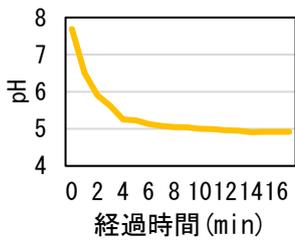


図-1 ナノバブル装置稼働時の水のpH変化

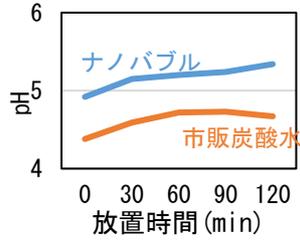


図-2 放置した炭酸水の変化

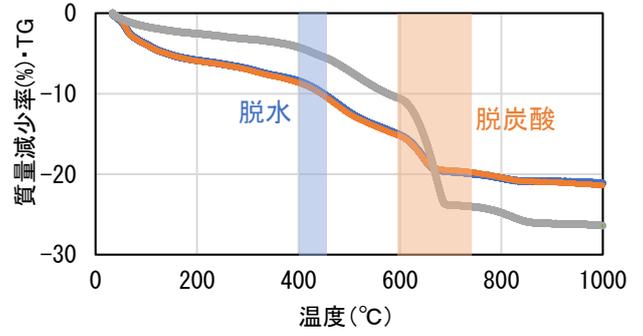


図-5 TG 曲線

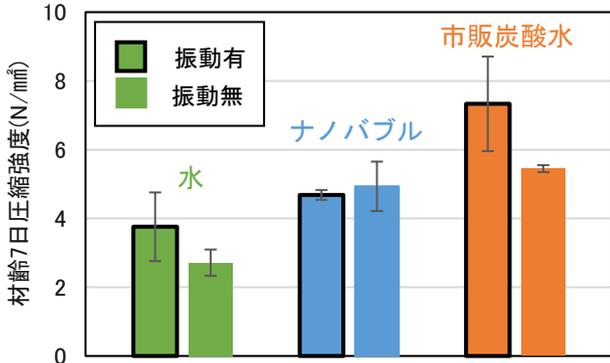


図-3 圧縮強度の比較

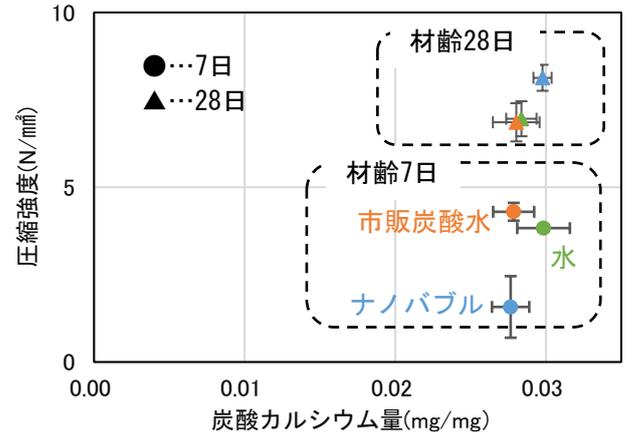


図-6 強度と炭酸カルシウム量の関係

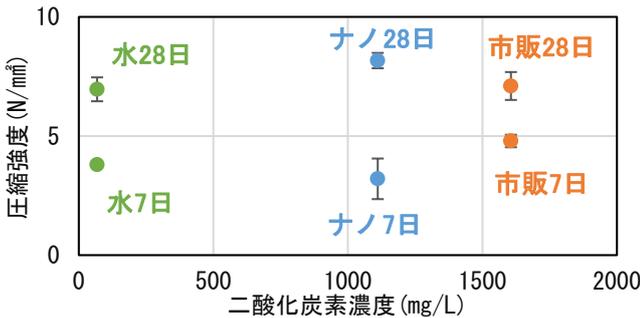


図-4 圧縮強度と二酸化炭素濃度

### 3. 炭酸カルシウム量の測定

熱分析により強度発現において多いほうが有利とされている炭酸カルシウム生成量を調べた。TG 曲線より、600°C~730°Cでの質量減少は脱炭素反応が生じていることを示しており、これにより炭酸カルシウムの量を求めた(図-4)。求めた炭酸カルシウム量と強度との関係を示す(図-5)。

圧縮強度と炭酸カルシウム量との関係では、材齢 28 日では強度が上がるにつれ炭酸カルシウム量が増加している可能性が見受けられたが、材齢 7 日において相関関係は認められなかった。これより、炭酸水練り混ぜの際の強度増進において炭酸カルシウム量が関与している部分も見受けられたが、全てにおいて相関関係にあるとは言えないという結果になった。

### 4. 結論

- (1) 炭酸水により練混ぜた木灰コンクリートは水道水練混ぜのものよりも強度が増進した。
- (2) 水、市販炭酸水と比べてナノバブル炭酸水練混ぜはバイブレータによる振動の有無による強度変化がほとんど見られず、ばらつきも小さかった。また、長期的に強度が発現する可能性を得た。
- (3) 強度を支配している炭酸カルシウムとそうでない炭酸カルシウムが存在している可能性を得た。

### 【参考文献】

- 綿貫 開：木灰の混合比率の調整と粉砕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，2021年3月
- 山地陽大：主灰とリドリング灰の粉砕による木灰コンクリートの施工性向上と強度増進，高知工科大学卒業論文，2019年3月