木灰コンクリートの接水による崩壊促進と 消石灰に代わる混和材の選定

学籍番号 1170078 氏名 鈴木 麻由 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:セメントを使用せずに水硬する木灰コンクリートの純粋植物由来化や強度増進を目的として、消石灰置換率が50%の木灰を用いたコンクリートに水酸化ナトリウム水溶液(濃度 $0.5 \mathrm{mol/L}$)を添加することで、水中に浸けて7日以内で自己崩壊させることができた。さらに、水酸化ナトリウム水溶液+飛灰+水の混合物、リン酸石膏+飛灰+水の混合物は28日以内で硬化しないこと、石膏+飛灰+水の混合物は硬化することを明らかにした。また、水酸化ナトリウム水溶液(濃度 $0.1 \mathrm{mol/L}$)に浸けた木灰コンクリートの強度が低下することを明らかにした。

Keywords: 木灰, 地還型自己崩壊コンクリート, 水酸化ナトリウム水溶液

1. はじめに

高知工科大学コンクリート研究室は,高知 県宿毛市の木質バイオマス発電所から発生す る木灰を主原料とした,セメントを用いずに 水硬するコンクリートを 2015 年度に開発し た。このコンクリートは木灰に消石灰と水を 混ぜて硬化させるものである。



図-1 セメントを用いない木灰コンクリート (混和材として消石灰を使用)

コンクリートとしての使用後に自ら崩壊して土に還り、林業の活性化に貢献する、地還型自己崩壊コンクリート (Self-Degradable Sustainable Concrete;略称SDSC)と名付けた。

本研究では、SDSC の実用化を目標に、新たな混和材の選定と、木灰コンクリートの崩壊メカニズム構築のための試験を行った。

一地還型自己崩壊コンクリートの開発にあたり, ①土に還り樹木成長の養分となり得る材料のみを用いる, ②使用後に自ら崩壊する, と 2 つの条件を設定した。現行の唯一の混和

材である消石灰だけでなく他の材料も選択可能となれば、自己崩壊性の構築およびその付与する性状の幅が広がる可能性がある

2. 強度発現に着目した新混和材の選定

新たな混和材選定のための試験用に,木 灰を構成する3種類の灰のうち、

- ①強度発現に寄与していると考えられる,
- ②塩分を含んでおり他の利用用途が狭い、
- ③粒が小さく、状態のばらつきが小さい, の3つの理由から飛灰のみを用いた。発電所 から出る飛灰のうち,5mmのふるいを通過す るもののみを用いた。

一方,消石灰以外の新たな混和材としては,石膏,リン酸石膏,および水酸化ナトリウム水溶液を候補として硬化・強度試験を行った。各材料の特性を示す(表-1)。

表-1 使用材料

水		水道水		
	消石灰	工業用消石灰特号		
	主灰	発生比率70% 密度1.97g/cm ³		
木灰	リドリング灰	発生比率15% 密度2.43g/cm ³		
	飛灰	発生比率15% 密度2.23g/cm ³		
水酸化	とナトリウム水溶液	化学実験用1mol水酸化ナトリウム		
	石膏	工作用石膏(半水石膏)		
リン酸石膏		肥料用「畑のカルシウム」		

2.1 石膏を用いた場合

木灰の硬化に「アルカリ刺激」が起因している予想して、前年度用いた消石灰に代わる新たな混和材として石膏を選んだ。飛灰+石膏+水を表-2に示す配合で練り混ぜた。材齢28日圧縮強度は3.1N/mm²であった。

木灰と水のみや、石膏と水のみを混ぜたものと比べて 28 日圧縮強度が高く、化学反応が起きて強度発現が起こったと推測した。

表-2 飛灰+石膏+水の混合物の配合

No.	木灰割合(%) 水比(%)		混合材置換率(%)	
INO.	飛灰	37.1 L(70)	石膏	
1-1	100	62.5	50	

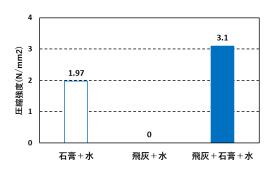


図-2 石膏+飛灰の強度発現



図-3 硬化した飛灰+石膏+水の混合物

2.2 リン酸石膏を用いた場合

「土に還る素材のみを用いる」の条件により適合しそうな材料としてリン酸石膏を混和材とした。リン酸石膏は、リン酸製造工業の副産物で肥料として用いられている。肥料用のリン酸石膏は粒状であるので、磨り潰して

粉状にして用いた (図-4・左)。配合を表-3 に 示す。

しかし、飛灰+リン酸石膏+水の混合物を28日間気中養生した後に脱型したが、圧縮強度は0.0N/mm²であり硬化しなかったと判断した。供試体の内側は砂状であり(図-4·右)、乾燥では硬化したように見えたが、反応は起きていなかったと判定した。

表-3 飛灰+リン酸石膏+水の混合物の配合

No.	木灰割合(%)	水比(%)	混合材置換率(%)	
IVO.	飛灰	77.1 L(/0)	リン酸石膏	
1-2	100	26.3	50	



図-4 左:肥料用のリン酸石膏;右:飛灰+リン酸石膏+水の混合物の強度試験

2.3 水酸化ナトリウム水溶液を用いた場合

アルカリ刺激剤として水酸化ナトリウム水溶液を混和材とし、複数の濃度を設定して添加した(表-4)。混合時には、飛灰+水のみの混合物と比較して色や匂いに違いは無かった。28日間気中養生をした後に脱型したが、どちらも砕けてしまい、強度試験にかけることができなかった(図-5)。硬化していないと判断した。

表-4 飛灰+水酸化ナトリウム水溶液の混合物 の配合

No.	木灰割合(%)	水比(%)	水酸化ナトリウム水溶		
	飛灰	か比(/0)	液濃度(mol/L)		
1-3	100	37.5	0.3		
1-4	100	37.5	1.0		



図-5 飛灰+水酸化ナトリウム水溶液の混合物

3. 石膏を用いた混合物の自己崩壊性

前章で唯一硬化した飛灰+石膏+水の混合物が、接水・吸水によって膨張したり、脆くなったりするかを調べた。気中での乾燥または非乾燥、または水中の3種類の条件下で違いを観察した。「乾燥状態」は湿度52%に調整した養生室、「非乾燥状態」は湿度97%に調整した湿潤器内、「水中」は供試体が浸る程度の水道水をバケツに入れて静置した。温度は全て16℃とした。

2 ヵ月間の観察により、気中の乾燥または 非乾燥状態では、ひび割れが入る等の変化は 見られなかった。一方、水に浸したものから 水に木灰と思われる黒い粉末が溶け出し、す べすべだった供試体の表面に凹凸ができた。

この結果から、飛灰+石膏+水により硬化 した混合物を屋外に放置すると、風雨により 少しずつ風化していく可能性があるといえる。



図-6 表面が溶けて凸凹が生じた供試体

4. 水酸化ナトリウム水溶液の添加および水中浸漬による消石灰を用いた木 灰コンクリートの自己崩壊

木灰コンクリートを自己崩壊させるために, アルカリ骨材反応を生じさせることを想定し た。JIS A1146「骨材のアルカリシリカ反応性 試験方法(モルタルバー法)」に則り,反応促 進剤として水酸化ナトリウム水溶液(水中濃 度 0.5mol/L)を添加したところ,水中浸漬 14 日目で供試体が崩れているのを目視で確認し た(図-7)。その原因を明らかにするため,水 酸化ナトリウム水溶液を添加した木灰+消石 灰+水の混合物の供試体の強度試験を行った。



図-7 自己崩壊が起こった供試体

まず、木灰質量に対する消石灰置換率 20%, 50%, 100%と 3 種類の供試体に、水酸化ナトリウム水溶液の添加の有無により合計 6 種類の配合を設定した (表-4, 図-8)。

表-4 配合

No.	木灰割合(%)		消石灰置換率(%)	-k-lk-(0/)	NaOH添加	
	主灰	リドリング灰	飛灰	月旬次直换平(70)	小比(%)	INACTIONAL
2-1	70	15	15	20	32	無
2-2						有
2-3				50	40	無
2-4						有
2-5				100	67	無
2-5						有

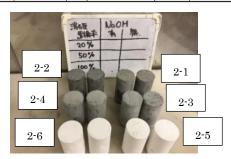


図-8 消石灰置換率を変えた供試体

配合の値は以下のように定義した。

水比(%) =
$$\frac{\pi(g)}{\pi \pi(g) + 潤石灰(g)} \times 100$$
 (1a)

消石灰置換率 (%) = $\frac{\begin{subarray}{c} \begin{subarray}{c} \begin{s$

混合物を打ち込んでから7日間気中養生をした後に脱型した。バケツに水道水を張り、供試体を浸漬して並べた。浸漬開始後7日間毎に供試体の圧縮強度を試験し、接水による強度への影響を調べた。

強度が低下し、自己崩壊が起こった供試体は、図-9のように大きくひびが入り、素手で軽く握る程度で、ぐしゃりと崩れた。水酸化ナトリウム水溶液を添加した供試体は、添加しなかった同置換率の供試体と比べて強度は大きく低下した。



図-9 自己崩壊が起こった供試体

強度低下の原因として、木灰が吸水して脆くなった事、水酸化ナトリウム水溶液が元々の木灰+消石灰+水の混合物の強度を下げ、崩れやすくなった事の2つの可能性ある。

実験結果より、どの配合の木灰+消石灰+ 水の混合物も吸水による重量増加率が普通 コンクリートと比べて高い事が分かった。

今回の結果より、水酸化ナトリウム水溶液 の添加量を調整することで、木灰コンクリー トの崩壊時期を調整できる可能性を得た。

木灰コンクリートブロックは,湿った土の上に置かれ,風雨での穏やかな崩壊を想定している。今後,乾湿繰り返しによる崩壊の有無や程度を明らかにする必要がある。

5. 水酸化ナトリウム水溶液への浸漬に よる意図的な崩壊 消石灰を用いた木灰コンクリートに及ぼす水酸化ナトリウムの影響について調べるため、水酸化ナトリウム水溶液(濃度 0.1mol/L)に供試体を浸した。その結果、消石灰置換率 50%の供試体が水酸化ナトリウムの影響で崩壊し、20%の供試体では強度が低下した。この結果から、自己崩壊ではなく意図的に崩壊させる「地還型コンクリート」としては、水酸化ナトリウムへの浸漬が有効であるといえる。

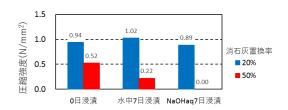


図-10 水中浸漬と水酸化ナトリウム水溶液浸漬 での強度の比較

6. 結論

- 1) 消石灰以外の混和材として石膏を用いることにより、飛灰と水との混合物が化学反応して硬化した.これを水中に浸漬すると表面が溶け出した.
- 2) 木灰 3 種+消石灰+水酸化ナトリウム水溶液の混合物を硬化後に水中に 浸漬すると,圧縮強度が低下した.
- 3) 木灰 3 種+消石灰+水の混合物を硬化後に,水酸化ナトリウム水溶液に浸漬すると強度が低下した.

【主な参考文献】

- 1) 奥田竜二:木灰と消石灰を用いたコン クリートの圧縮強度向上, 高知工科大 学卒業論文,2016年
- 2) 片山諒辰: 木灰と消石灰を用いたコン クリートの強度発現, 高知工科大学卒 業論文, 2016 年