

木灰コンクリートの強度増進に寄与する 養生方法の選定

学籍番号 1200118 氏名 人形寺 郁哉 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：木灰を用いたコンクリートの養生において、養生温度及び供試体の乾燥が強度に大きく影響することを明らかにした。供試体の早期脱型や、デシケータ下部にシリカゲルを敷くと気中養生よりも強度が低下した。乾燥が強度を大きく低下させる可能性を得た。一方、養生温度を高くすることにより強度は増加した。強度増進には乾燥の防止と高温養生が有効である可能性を得た。

Key words：木灰，消石灰，二酸化炭素デシケータ試験，温度

1. はじめに

高知工科大学コンクリート研究室では、木質バイオマス発電所で発生した木灰を主原料とした、鉱物由来のセメントや骨材を使用しない地還型バイオマスコンクリート(Sustainable Biomass Concrete：SBC)を開発した。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たものである。本研究ではSBCの高強度化を目指し、その養生方法について調べた。

2. 使用材料

使用材料と配合を示す(表-1, 2)。木灰は主灰、リドリング灰、飛灰の3種類から成る。主灰は5mm、リドリング灰は10mmのふるいを通したものをを使用した。木灰のみ、および、一層の強度増進を意図して木灰のうち質量比で10%を消石灰に置換したものを試料とした。配合中の値は以下のように定義した。

$$\text{水比}(\%) = \frac{\text{水}(g)}{\text{木灰}(g) + \text{消石灰}(g)} \times 100 \quad (1a)$$

$$\text{消石灰置換率}(\%) = \frac{\text{消石灰}(g)}{\text{木灰}(g) + \text{消石灰}(g)} \times 100 \quad (1b)$$

表-1 使用材料

水		水道水	
消石灰		工業用消石灰	
木灰	主灰	発生比率70% 密度1.58g/cm ³	
	リドリング灰	発生比率15% 密度2.01g/cm ³	
	飛灰	発生比率15% 密度2.30g/cm ³	

表-2 基本配合

No.	水 (kg/m ³)	木灰質量(kg/m ³)			消石灰 (kg/m ³)	デシケータ試験	
		主灰	リドリング灰	飛灰		CO ₂ / 空気	乾燥 / 湿潤
1	340	793	170	170	0	CO ₂	乾燥
2	345	724	155	155	115		湿潤
3							
4	340	793	170	170	0	空気	乾燥
5							湿潤
6						CO ₂	乾燥
7	345	724	155	155	115		湿潤
8						空気	

3. 試験結果

3.1 水中養生の影響

合計7日間の養生を、最初に気中、次に水中で行い、その日数分配を変えて圧縮強度を求めた。その結果、水中浸漬日数が長いほど強度が低かった(図-1)。木灰コンクリートの強度増進は、供試体が十分に空気と接する必要があるものと考察した。

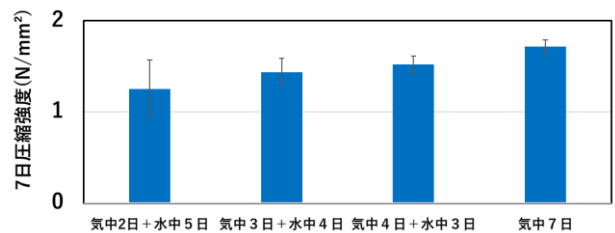


図-1 水中養生による強度変化

3.2 早期脱型の影響

脱型の有無または時期による材齢7日圧縮強度を比較した。材齢1日または3日で脱型すると、木灰のみのものは脱型しなかったものよりも約27%強度が低下した(図-2)。脱型後の供試体の乾燥が強度低下の原因であると考察した。一方、消石灰を添加したものの強度の変化は比較的小さかった。

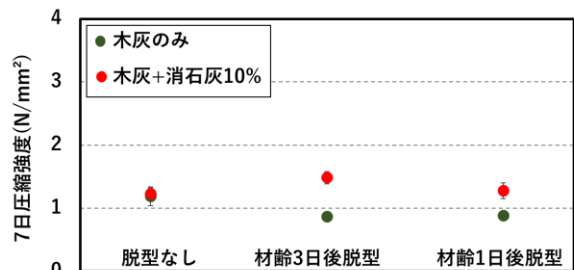


図-2 早期脱型による強度変化

3.3 高濃度 CO₂の影響

既往研究より、木灰コンクリートは炭酸硬化反応(1c)により硬化する可能性を得ている。養生時に CO₂をデシケータ内に送入して高濃度にするこ
とによる強度増進を試みた。各養生条件を示す(表
-3)。気中養生は 20℃に設定した恒温室内で行っ
た。炭酸ガスの送入や水を含んだタオルの交換は
7 日間の養生期間中、毎日行った。



表-3 養生条件

CO ₂ 高濃度：デシケータ内に炭酸ガスを10分間送入。
空気：デシケータを10分間開放。
乾燥：デシケータ下部にシリカゲルを敷く。
湿潤：デシケータ下部に150gの水を含んだタオルを敷く。
噴霧：供試体に水を吹きかけた。

試験の結果、木灰のみのもの、消石灰を添加したも
のとも、デシケータ内に炭酸ガスを送入して CO₂高
濃度にしても強度は増加しなかった(図-3)。「乾燥」
条件のデシケータ内での木灰のみのものは強度が低
かった。一方、室内養生の供試体に水を噴霧すると、
木灰のみのものでは強度が増加した。このことから、
デシケータ下部に敷いたシリカゲルによる乾燥が、
強度低下の原因であると考察した。

消石灰を添加したものは「乾燥」条件での強度の低
下は比較的小さかった。早期脱型の影響も小さかつ
たことから、消石灰を添加することで乾燥による強
度低下を抑えたと考察した。

気中養生と比較して、デシケータ試験では供試体
が接触可能な空気量が少ない。炭酸ガスを送入しな
い、デシケータで密閉した「空気」の条件で気中養生
に比べ強度が低下したのは炭酸硬化反応が起こるの
に必要な炭酸ガス量が十分でなかったと考察した。
しかし、炭酸ガスを送入した「CO₂高濃度」の条件で
も強度は増加しなかったため、炭酸硬化反応に必要
な炭酸ガス濃度には適正值があると考察した。

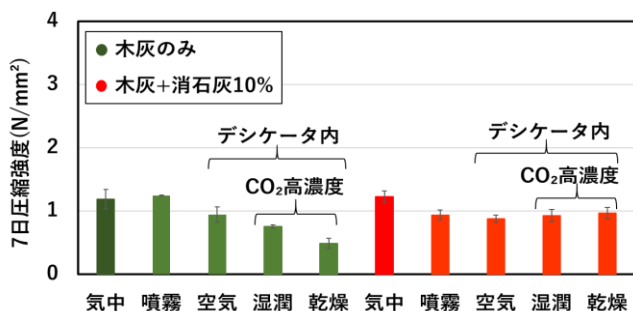


図-3 CO₂デシケータ試験による強度比較 (20℃)

4. 温度の影響

5℃以下の冷蔵庫内での養生、20℃に設定した恒温
室、そして 45℃に設定した恒温器での養生による供
試体の圧縮強度を比較した。木灰のみのもの、消石灰
を添加したものの両方で、養生温度が高くなると圧
縮強度が増加した。特に消石灰を添加したものの強
度増進が著しかった(図-4)。

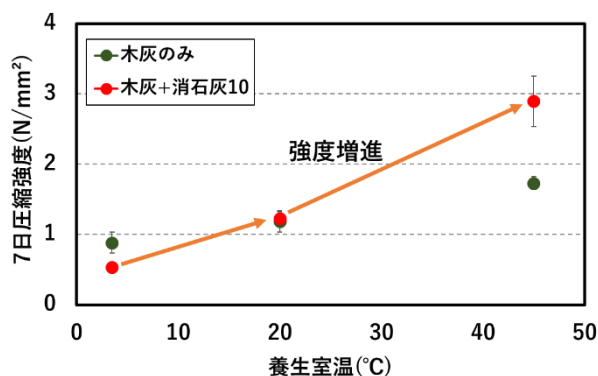


図-4 温度による強度変化

5. 結論

- (1) 水中養生自体、またはその期間を長くしても木灰
コンクリートの強度は増進しなかった。また、木
灰のみでは早期脱型も強度が低下した。強度増進
には空気と十分に接する必要性が分かった。
- (2) デシケータ内「乾燥」条件で木灰のみのものは強
度が低下した。シリカゲルによる乾燥が、強度低
下の原因であると考察した。
- (3) 消石灰添加のものは木灰のみに比較して、早期脱
型やデシケータ試験での強度の低下は小さかつ
た。消石灰を添加することで乾燥による強度低下
を抑えたと考察した。
- (4) デシケータ内での高濃度炭酸ガスも強度を高め
なかった。炭酸硬化反応に必要な炭酸ガス濃度
には適正值があると考察した。
- (5) 高い養生温度が強度を高めた。特に消石灰添加の
ものに顕著であった。木灰コンクリートの強度増
進には高温養生が有効である可能性を得た。

【謝辞】 本研究にて使用した木灰は(株)グリーン・エ
ネルギー研究所 宿毛バイオマス発電所より御提供
頂きました。心よりお礼申し上げます。

【参考文献】 鈴木麻由：木灰を用いたバイオマス
コンクリートの開発， 高知工科大学修士論文，2019 年
3 月