

加熱・再養生後のモルタル内の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 及び CaCO_3 含有率

東京都市大学 学生会員 ○鈴木涼真
正会員 栗原哲彦

1. はじめに

コンクリートは不燃材として、多くの構造物に使用されている。しかし、コンクリートも加熱により劣化し、強度低下を生じることが知られている¹⁾。しかし、加熱により低下した強度は、再養生により回復するとの報告がある²⁾。著者らは、コンクリートの強度回復に $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 及び CaCO_3 の含有量の変化が影響していると考え、加熱及び再養生後の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 及び CaCO_3 の含有量を定量化し、その変化を実験的に検討した。

2. 実験概要

2.1 実験フローおよび供試体概要

図-1 に実験フローを示す。本研究ではモルタルを対象とした。モルタル作製後（28 日間水中養生）、加熱試験、圧縮強度試験、熱分析（示差走査熱・熱重量測定試験）を行った。加熱した供試体は、加熱後さらに水中にて 8 週間の養生を行い、その後、圧縮強度試験および熱分析を行った。表-1 に配合（セメント 1kg に対する質量比）を示す。W/C を 30、45% とし、それぞれ円柱供試体（φ50×100mm）を 15 本作製した。

2.2 加熱方法

養生終了後、高温電気炉により加熱試験を行った。昇温速度は $1^\circ\text{C}/\text{分}$ とし、最大温度は 500°C ($\text{Ca}(\text{OH})_2$ の脱水が期待できる温度)、 800°C (CaCO_3 の脱炭酸が期待できる温度) とした。最大温度で 2 時間保持した後、炉内で 100°C 以下になるまで自然冷却した。

2.3 圧縮強度試験及び示差走査熱・熱重量測定試験

加熱後、圧縮強度を測定し、その試験片から試料を採取し、示差走査熱・熱重量測定試験（1 ケース 3 回の実施、最大加熱温度 1000°C 、昇温勾配 $10^\circ\text{C}/\text{分}$ 、アルゴンガス使用）を実施した。なお、圧縮強度試験及び示差走査熱・熱重量測定試験は、加熱後の再養生のあとにも実施している。

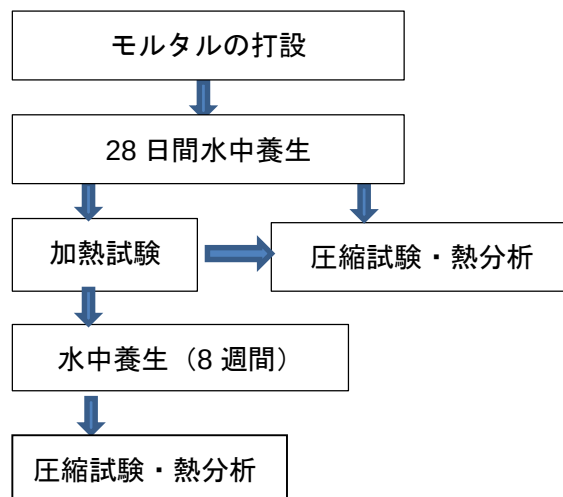


図-1 実験フロー

表-1 モルタルの配合

W/C (%)	質量比				
	W	C	S	Ad ₁	Ad ₂
30	0.30	1.00	1.00	0.001	0.0007
45	0.45	1.00	1.00		

W : 水道水
C : 早強ポルトランドセメント (密度 $3.14\text{g}/\text{cm}^3$)
S : 相模川水系産砂(表乾密度 $2.62\text{g}/\text{cm}^3$ ・粗粒率 2.63)
Ad₁ : AE減水剤
Ad₂ : 高性能 AE 減水剤

3. 結果及び考察

3.1 圧縮強度

図-2 に圧縮強度試験結果を示す。いずれのケースも加熱されることで圧縮強度は低下するが、再養生により、非加熱時の 60～80%程度にまで回復している。

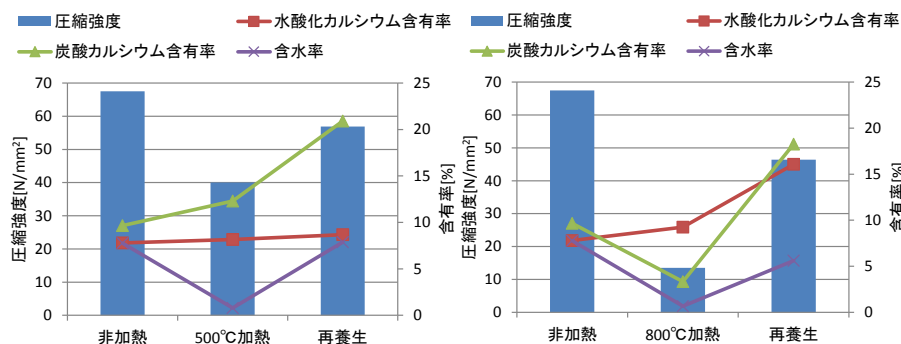
3.2 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 及び CaCO_3 含有率

示差走査熱・熱重量測定試験で得られた含水率、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 及び CaCO_3 含有率を図-2 に併記する。

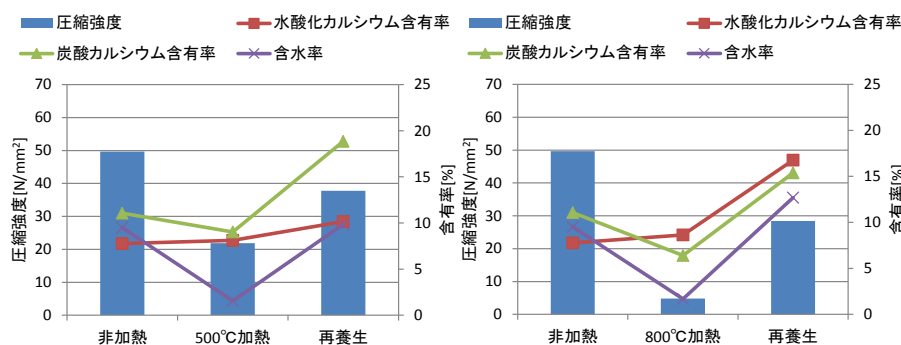
W/C30%の場合、 500°C 加熱では $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 含有率は加熱を経ても大きく変化しなかった。その後の再養生では加熱時より微増した。これは、 300°C 程度までの加熱過程において未水和セメントの反応が促され、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が増加し、その後 500°C で 2 時間保持させた

キーワード 加熱、再養生、モルタル、水酸化カルシウム、炭酸カルシウム

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 栗原研 TEL.03-5707-0104(代) E-mail : nkuri@tcu.ac.jp



(a) W/C30% (左: 500°C加熱、右: 800°C加熱)



(b) W/C45% (左: 500°C加熱、右: 800°C加熱)

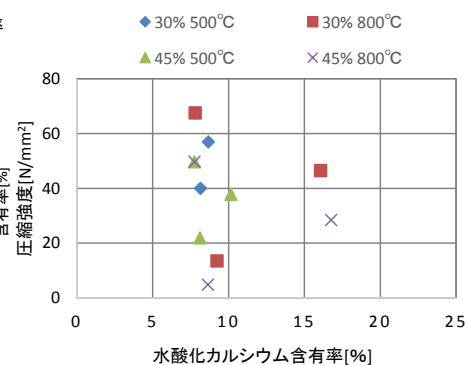
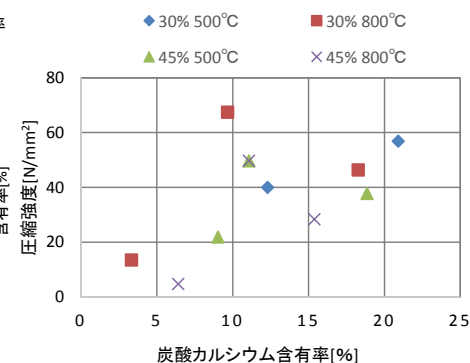
図-2 圧縮強度及び $\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot \text{CaCO}_3$ 含有率(a) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (b) CaCO_3

図-3 圧縮強度と各含有率の関係

が、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の一部が熱分解に至っていなかったことが原因ではないかと推察している。 CaCO_3 含有率は加熱により減少することなく再養生後も増加した。これは、養生水に溶存した CO_2 イオンとセメント硬化体から溶出した Ca イオンとが反応し、 CaCO_3 が生成されたためと推察する。一方、800°C加熱では加熱による $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 含有率は減少せず、再養生後は大きく増加した。W/C30%は、比較的未水和セメント量が多いと考えられ、加熱試験初期にその水和反応が促進され $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が増加した。その後、加熱温度の上昇により分解されたが、減少にまで至らなかったと考える。 CaCO_3 含有率は加熱により大きく低下し、再養生を経ると大きく増加した。

W/C45%の場合、W/C30%とほぼ同様の含水率の変化が観察された。ここでも $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 含有率は500°C・800°C加熱のいずれも加熱後に減少せず、再養生まで増加した。一方で、 CaCO_3 含有率は加熱により大きく減少し、再養生後に大きく増加している。なお、非加熱時に CaCO_3 が検出されているのは、セメント製造時の5%以下少量含有成分に CaCO_3 分が使用されているためと推測している。

3.3 圧縮強度と $\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot \text{CaCO}_3$ 含有率との関係

圧縮強度と $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 及び CaCO_3 含有率との関係を図-3に示す。 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 含有率の場合、圧縮強度との相関は見られなかった。一方、 CaCO_3 含有率は、一部ばらついているが、 CaCO_3 含有率が大きくなると、圧縮強度が大きくなっている。このことから、 CaCO_3 の生成が加熱後の圧縮強度の回復に寄与している可能性が示された。

4. まとめ

以上、本研究を行った結果、加熱・再養生を行うことにより、500°C加熱・800°C加熱いずれにおいても $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 及び CaCO_3 含有率は変化し、特に、 CaCO_3 含有率は、圧縮強度とのある程度の相関が見られた。

参考文献

- 1) 公益社団法人 日本コンクリート工学会：コンクリート構造物の火災安全性研究委員会報告書(2002)
- 2) 森本純平、マイケル・ヘンリー、杉山隆文：火災を受けたコンクリートの強度回復に及ぼす再養生の影響、土木学会第68回年次学術講演会、V-066、pp.131-132(2013)