

900℃ までの高温履歴を受けた鉄筋コンクリートの基礎的性質

東北大学大学院 学生会員 ○國嶋 康平

東北大学大学院 正会員 皆川 浩 宮本 慎太郎 山口 潤 久田 真

1. はじめに

鉄筋コンクリートが高温で受熱し、その後に塩水の作用を受ける場合、鋼材腐食やセメント水和物の再水和に起因したひび割れの閉塞¹⁾により、耐荷力が変化する可能性がある。本研究では、セメント水和物のほとんどが分解する 900℃ までの高温履歴を受け、その後に塩水の作用を受けた鉄筋コンクリートの力学的性質を評価する目的で、加熱後および加熱後に塩水浸漬させた鉄筋コンクリートの曲げ載荷試験を行った。なお、本研究では骨材径による影響を排除する目的で、モルタル供試体にて実験を行った。

2. 実験概要

2.1. 使用材料と配合

モルタルの配合は $W/C=0.55$, $S/C=2.6$ である。結合材に普通ポルトランドセメント（密度： 3.15 g/cm^3 , ブレーン値 $3350 \text{ cm}^2/\text{g}$ ）、骨材に山砂（密度： 2.53 g/cm^3 , F.M. : 2.55）を用いた。供試体の寸法および形状は、寸法を $100 \times 100 \times 400 \text{ mm}$ の角柱とし、最小かぶり 20 mm となるように D10 異形鉄筋を 1 本配筋した。

2.2. 供試体作製

練混ぜ後、材料分離を抑制する目的で、30 分毎の練返しを 2 回行い、その後、鉄筋を設置した内寸法 $100 \times 100 \times 400 \text{ mm}$ の鋼製型枠にモルタルを打ち込んだ。その後、24~48 時間以内に供試体を脱型し、28 日以上の中水養生を施した。

2.3. 加熱条件

受熱時に生じる水蒸気圧や熱応力によるコンクリートの爆裂を防ぐ目的で、供試体の予備乾燥を行い、その後に加熱試験を行った。予備乾燥および加熱試験中の温度履歴を図-1 に示す。また、加熱時の昇温速度、目標温度保持時間および降温速度を表-1 に示す。加熱試験の目標温度は、600℃ および 900℃ とし、加熱せずに 20℃ 一定で保管した供試体についても対象とした。加熱試験終了後、6~48 時間以内に加熱後の各種測定および塩水浸せき試験を行った。塩水浸せき試験は、イオン交換水お

表-1 加熱条件

昇温速度(°C/min.)	0.5
目標温度保持時間(hours)	3.0
降温速度(°C/min.)	0.3(目標温度 ~ 150 °C)
	自然冷却(150 °C ~ 20 °C)

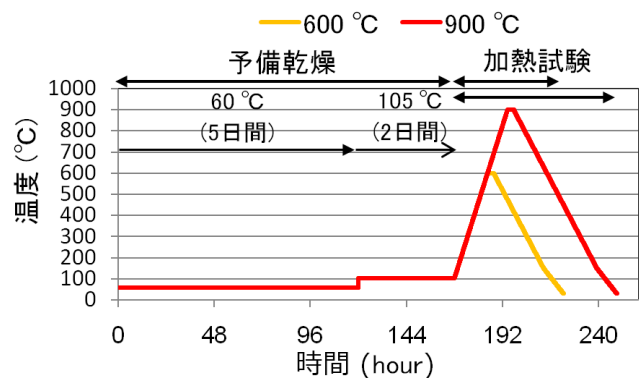


図-1 予備乾燥および加熱試験中の温度履歴

よび塩化ナトリウム試薬を用いて作製した 3% 塩水に 14 日間浸せきさせることで実施した。

2.4. 測定項目および方法

加熱後および加熱後に浸せきさせた供試体を用いて 3 等分点曲げ載荷試験を行い、最大荷重を測定した。なお、試験区間長は 300 mm とした。曲げ載荷試験終了後の供試体から鉄筋をはつり出し、鉄筋の外観を観察した。

3. 実験の結果

図-2 に各水準の鉄筋コンクリートの最大荷重を示す。図-2 より、600℃ 以上で加熱された鉄筋コンクリートの最大荷重は加熱温度の上昇に伴い低下することが確認できた。また、鉄筋コンクリートが 600℃ で受熱後に塩水の作用を受ける場合、最大荷重が低下するが、900℃ で受熱後に塩水の作用を受ける場合、最大荷重が若干回復することが確認できた。また、写真-1(a)、写真-2(a)より、鉄筋コンクリートが 600℃ で受熱後に塩水の作用を受ける場合、ひび割れが増大することが確認できた。一方で、鉄筋コンクリートが 900℃ で受熱後に塩水の作用を受ける場合には、写真-1(b)、写真-2(b)より、加熱後



写真-1. (a) 外観性状（600 °C 加熱のみ）

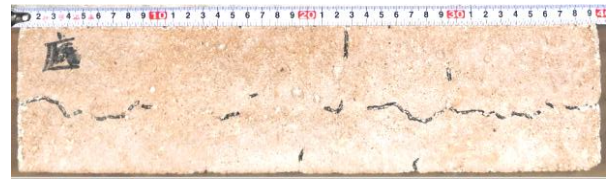


写真-1. (b) 外観性状（900 °C 加熱のみ）

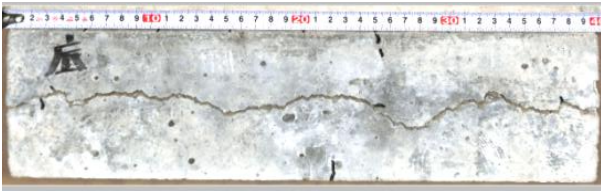


写真-2. (a) 外観性状（600 °C 加熱 + 塩水）

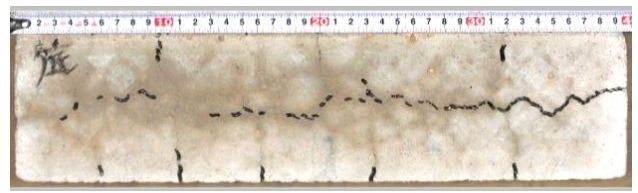


写真-2. (b) 外観性状（900 °C 加熱 + 塩水）



写真-3. (a) 破壊形態（600 °C 加熱 + 塩水）

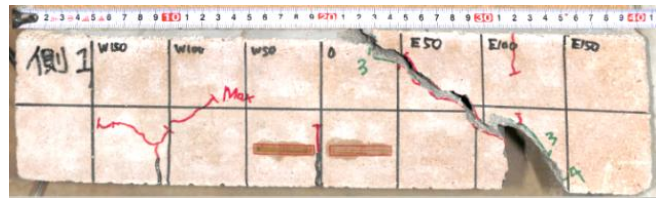


写真-3. (b) 破壊形態（900 °C 加熱 + 塩水）

と比較してひび割れ性状に差異はない。また、写真-3(a)より、鉄筋コンクリートが 600 °C で受熱後に塩水の作用を受ける場合の破壊形態は曲げ破壊となるが、写真-3(b)より、900 °C で受熱後に塩水の作用を受ける場合には、せん断破壊となることが確認できた。さらに、写真-4より、鉄筋コンクリートが 600 °C で受熱後に塩水の作用を受ける場合には鋼材腐食が生じていた。しかし、写真-5に示すように、900 °C で受熱後に塩水の作用を受けた場合は、硝酸銀噴霧法により鉄筋近傍に塩化物イオンの存在が確認されるが、鋼材腐食が生じていないことが確認できた。

4. まとめ

鉄筋コンクリートが 600 °C 以上で受熱する場合、加熱温度の上昇に伴い最大荷重が低下した。さらに、600 °C および 900 °C で受熱後の鉄筋コンクリートが塩水の作用を受ける場合、履歴温度により受水後のひび割れ性状や最大荷重、鋼材腐食といった各種物性に違いが生じた。

謝辞 本研究は「文部科学省英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」により実施された「東北大学原子炉廃止措置事業」の成果である。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) Guiming Wang et al : Study on the high-temperature behavior and rehydration characteristics of hardened cement paste, FIRE AND MATERIALS, Vol. 39, pp. 741-750, 2015.

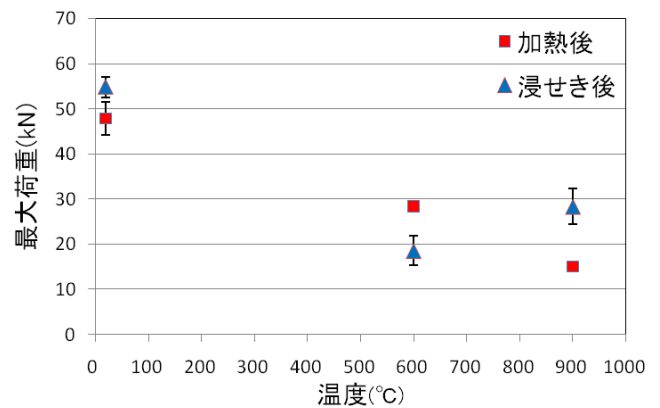


図-2 最大荷重

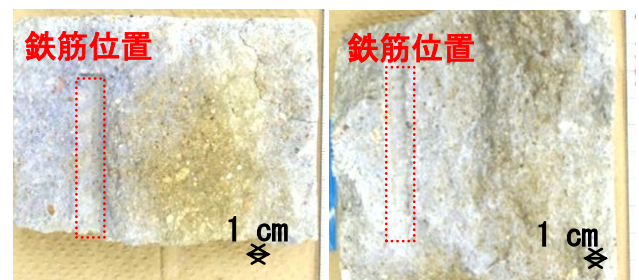


写真-4 硝酸銀噴霧後の断面（左：600 °C，右：900 °C）

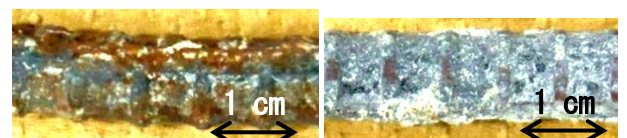


写真-5 鉄筋の外観（左：600 °C，右：900 °C）