

耐熱性断面補修材の若材齢における高温爆裂リスクの評価

群馬大学 理工学部 環境創生理工学科 学生会員 ○栗原 祐斗
 群馬大学大学院 理工学府 環境創生理工学プログラム 非会員 富山 隆彦
 株式会社ケミカル工事 技術開発部 正会員 福井 拓也
 群馬大学大学院 理工学府 物質環境類 土木環境プログラム 正会員 小澤 満津雄

1. はじめに

劣化した RC 構造物の断面修復には、一般的にポリマーセメントモルタル(以下、PCM)が使用されている。しかし、PCM は高温時に爆裂が生じることが報告されている¹⁾。そこで、本研究グループでは、高温環境下でも適用できる補修材として、高炉スラグ系耐熱性断面補修材(以下、HRM)の開発を進めている²⁾。一方で、補修工事は一般的な RC 構造物の施工期間よりも、短時間で完了することを求められるケースが多く、十分な養生期間を確保することができないのが現状である。しかしながら、若材齢期に高温に曝された場合の爆裂リスクの評価については検討事例が少ない。そこで、施工直後の若材齢期における HRM の高温爆裂リスクの評価を目的として、リング拘束加熱試験を行った。

2. 実験概要

本研究で用いた HRM の配合概要を以下に示す。水は 220kg/m^3 とした。結合材はセメントと高炉スラグ微粉末および特殊な混和剤を混合したもので 575kg/m^3 とした。爆裂抑制繊維には Jute 繊維を使用し、混入率は $0.05\text{vol}\%$ とした。

本研究で使用したリング拘束供試体は、外径 $300\text{mm} \times$ 高さ $50\text{mm} \times$ 厚さ 8mm の鋼製リングを用いて作製した。なお、供試体は封緘養生を実施し、試験材齢は 3 日、7 日、14 日、40 日とした。加熱試験では円筒型電気炉を使用した。リング供試体を電気炉の開口部にセットすることで加熱を実施した。事前作業として、加熱面から 5、10、25、40mm 位置にステンレスパイプと熱電対およびひずみゲージを設置した。ステンレスパイプには圧力計を接続し、水蒸気圧を測定できる状態にした。加熱試験は、電気炉を 1050°C 一定に昇温したのち、リング供試体をクレーンによって電気炉にセットし、加熱

を開始した。加熱試験時間は 30 分とした。なお、加熱試験中に爆裂が生じ、加熱の継続が困難と判断した場合、試験を中止した。

3. 実験結果および考察

図-1 に材齢が 3 日の供試体と 40 日の供試体の加熱面の状況の一例とコンター図を示す。加熱試験を行った結果、材齢 3 日、7 日、14 日の供試体は Jute 繊維の混入の有無に関わらず、すべて爆裂が生じた。材齢 40 日の供試体は Jute 繊維無混入の供試体は爆裂が生じ、Jute 繊維を $0.05\text{vol}\%$ 混入した供試体は爆裂が生じない結果となった。

図-2 に各供試体の 10mm 位置における拘束応力の経時変化を示す。いずれの供試体も加熱時間の経過とともに拘束応力は増加した。爆裂が生じた供試体は、爆裂の発生とともに拘束応力は減少し、その後増加した。また、拘束応力の最大値は材齢の違いに関わらず、同程度の値となった。

図-3 に各供試体の 5、10mm 位置における最大水蒸気圧と内部温度の関係を示す。併せて、飽和水蒸気圧曲

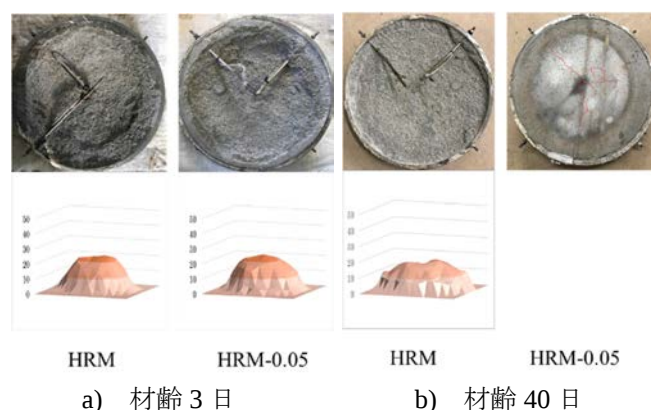


図-1 供試体の加熱面の一例とコンター図
(材齢 3 日、材齢 40 日)

キーワード 耐熱性断面補修材, 爆裂, Jute 繊維, 若材齢, 水蒸気圧, 拘束応力
 連絡先 〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1
 群馬大学 TEL0277-30-1613

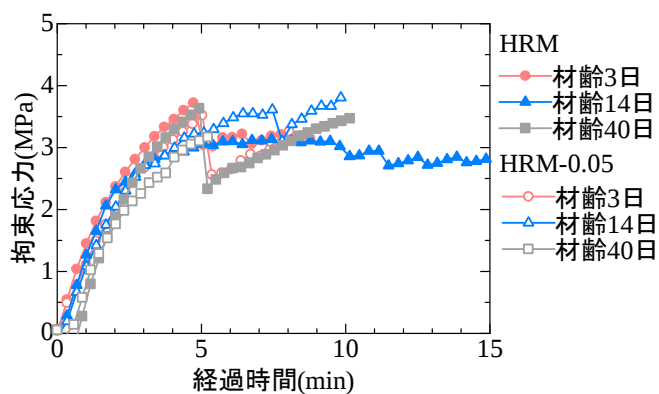


図-2 拘束応力の経時変化(10mm 位置)

線(以下、SVP)を示す。Ichikawa らによると SVP 曲線を境に左側を過飽和領域、右側を不飽和領域としている³⁾。材齢が14日以内の供試体の蒸気圧の最大値は、一部を除いて、おおむね5、10mm位置ともにSVP曲線上か過飽和領域にあることが分かる。これは、若材齢期で、セメントの水和反応が十分に進行していないため、含水率が高いことが影響したと考えられる。

図-4に各供試体の圧縮強度と含水率および最大爆裂深さの関係を示す。材齢の経過とともに圧縮強度は増加し、含水率は低下した。また、HRM供試体に比べ、HRM-0.05供試体の方が最大爆裂深さの値が小さいことが分かる。これは、Jute繊維の爆裂抑制効果のため、爆裂が小さくなったと考えられる。一方、本研究で対象とした3、7、14日の供試体は爆裂が生じ、材齢40日の供試体は爆裂が生じなかった。若材齢の供試体が爆裂した理由として①水和反応が進行中で、自由水が多いため水蒸気が発生しやすいが、②組織が密実でないため、空隙が多く水蒸気圧は逸散しやすいと予想される。一方、③圧縮強度が小さいため、加熱に伴う拘束応力によりマイクロクラックが発生しやすく、爆裂が生じたと考えられる。また、若材齢期でJute繊維の混入率が爆裂を防止するほど十分でなかったことが考えられる。今後、さらに検討が必要である。

4. まとめ

若材齢3日、7日、14日の供試体はJute繊維の混入の有無にかかわらず、全ての供試体で爆裂現象が生じた。一方で、Jute繊維を混入することで、爆裂の規模は小さくなる傾向を示した。

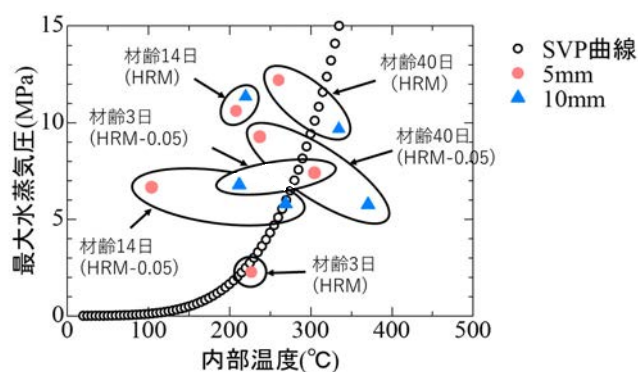


図-3 最大水蒸気圧と内部温度の関係(5、10mm 位置)

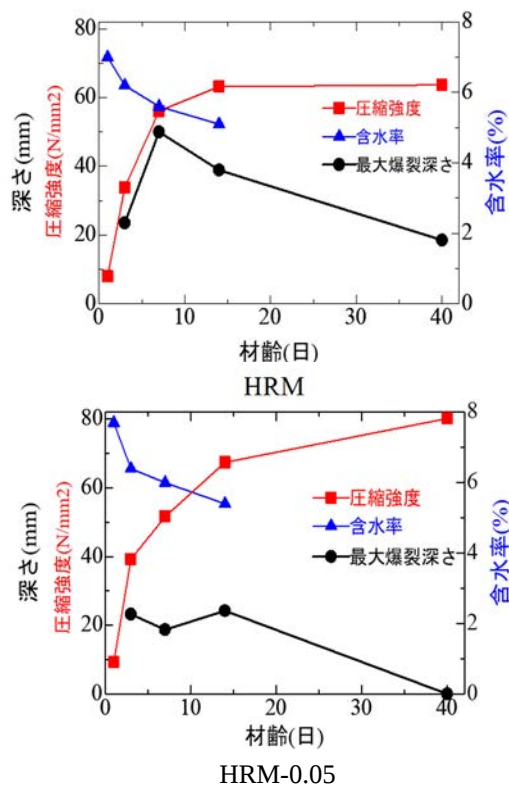


図-4 各供試体の圧縮強度と含水率及び最大爆裂深さの関係

【参考文献】

- 1) 杉野雄亮ほか：火災時における補修用モルタルの爆裂性状評価手法に関する検討、コンクリート工学年次論文集、Vol.40、No.1、pp1035-1040、(2018)
- 2) 赤坂春風ほか：300℃加熱を受けた耐熱性補修モルタルの付着性状の評価、アップグレード論文報告集、第19巻、pp.229-234 (2019)
- 3) Y. Ichikawa, G.L. England : Prediction of Moisture Migration and Pore Pressure Build-up in Concrete at high Temperature, Nuclear Engineering and Design, Vol.228, Issues1-3, pp245-259, 2004