

各種耐火工を用いたコンクリートの火災後の物質侵入抵抗性

群馬大学 学生会員 ○塚越 俊
群馬大学 正会員 小澤 満津雄

1. はじめに

コンクリート構造物が火災損傷を受けると、かぶりは損傷し耐久性上問題となる。特に、高強度コンクリートが高温に曝されると、爆裂現象が生じることが知られている¹⁾。この爆裂抑制方法として、ポリプロピレン繊維(以下、PP 繊維)などの合成繊維をコンクリートに添加する方法やコンクリート躯体表面に耐火被覆材を施工する方法がある。合成繊維を混入する方法は、火災時に合成繊維が溶融し水蒸気圧逸散ネットワークを形成し、水蒸気を外部に放出することで爆裂を抑制するものであるが、コンクリート躯体の損傷を避けることはできず、火災後の耐久性低下が懸念される。一方、耐火被覆材は火災時にコンクリート躯体表面の温度上昇を緩和し損傷を抑制する方法であるがコスト面で採用されにくい場合がある。火災後の劣化診断としては受熱温度と残存強度が主な指標となっているが²⁾、耐久性の評価として物質侵入抵抗性に関する検討は十分とはいえないのが現状である。そこで、本研究では各種の耐火工を用いた高強度コンクリートの火災劣化後の耐久性評価指標を提案する基礎的資料を得ることを目的として、物質侵入抵抗性の評価を試みた。すなわち、物質侵入抵抗性の評価は、塩分をトレーサとして用いた。

2. 実験概要

表-1 に基本配合を示す。セメントには、早強ポルトランドセメントを使用した。W/C は 0.3 とした。粗骨材は硬質砂岩碎石(密度:2.61g/cm³)を使用し、粗骨材の最大寸法は 20mm とした。供試体は $\phi 100 \times 200$ mm の円柱を用いた。養生方法は 28 日の湿

潤養生とした。材齢 28 日の圧縮強度を約 80MPa とした。基本配合を Control と定義する。基本配合をベースとして耐火工は 2 種類とした。すなわち、PP 繊維を 0.2%vol 混入したものが PP 供試体とし、湿式耐火被覆材を 30 mm 厚で施工したものは FP 供試体とした。供試体の加熱には電気炉を用いた。加熱試験方法は RILEM 試験に準拠し、炉内温度の温度上昇速度は 1°C/min. とした。加熱温度は加熱無、200、300、500°C とした。炉内温度は所定の温度に達した後、1hr 保持した。加熱試験後の供試体を温度 20°C の塩水(NaCl 濃度 10%)に 1 か月間浸漬させた。FP 供試体は加熱試験後に耐火被覆材を除去し、塩水浸漬試験を行った。塩水浸漬後、供試体の長手方向中央部 100 mm の位置を切断し、浸漬面から内部への塩分浸透状況が分かるようにサンプルを採取した。サンプルのサイズは縦 40mm × 横 15mm × 厚さ 15mm の板状片とした。試料採取後に電子線マイクロアナライザー(EPMA)により Cl 濃度の面分析を行った。

3. 実験結果および考察

図-1~3 に Control 供試体の加熱なし、300°C、500 加熱における塩分浸透状況を示す。図より、加熱温度が高くなるほど塩分浸透深さが深くなることわかる。次に、図-1、4 より加熱無しのケースで Control と PP 供試体の比較を示す。図より、Control 供試体の加熱無しの場合、表面付近の塩化物量は 1mass% 程度であり、表面から 1cm 程度まで塩分が浸透していることがわかる。一方、PP 供試体の加熱無しの場合、表面付近の塩化物量は 0.75mass% 程度であり、表面から 1cm 程度まで塩分が浸透していることがわかる。次に、図-5、7 より、PP 供試体と FP 供試体の 200°C

表-1 基本配合

W/C	単位量(kg/m ³)				
	W	C	S	G	ad
0.3	150	500	718	1044	5

キーワード EPMA, PP 繊維, 耐火被覆材, 高強度コンクリート, 火災, 物質侵入抵抗性, 塩分

連絡先 〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1 群馬大学コンクリート工学研究室 TEL0277-30-1630

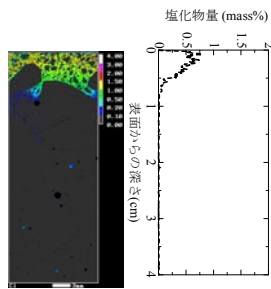


図-1 塩分浸透深さ
(Control : 加熱無し)

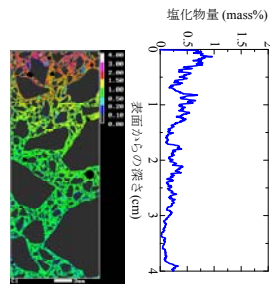


図-2 塩分浸透深さ
(Control : 300°C)

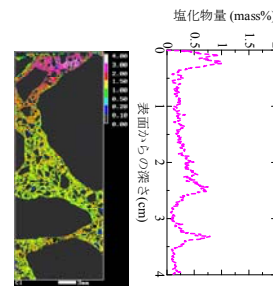


図-3 塩分浸透深さ
(Control : 500°C)

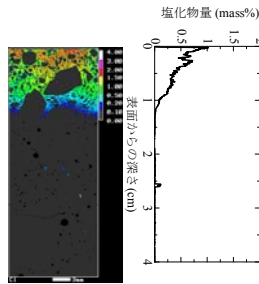


図-4 塩分浸透深さ
(PP : 加熱無し)

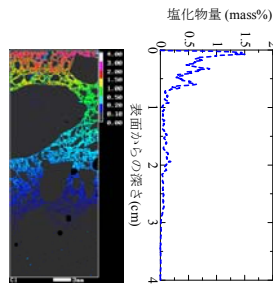


図-5 塩分浸透深さ
(PP : 200°C)

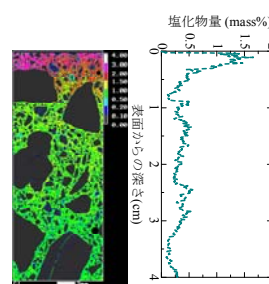


図-6 塩分浸透深さ
(PP : 300°C)

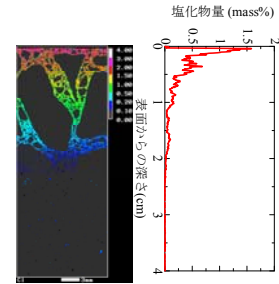


図-7 塩分浸透深さ
(FP : 200°C)

加熱を行ったもので比較する。PP 供試体と FP 供試体ともに、加熱表面付近は 1.5mass%程度まで塩分が浸透している。塩分の浸透深さは PP 供試体と FP 供試体それぞれ 3cm と 2cm であり、FP 供試体の方が塩分浸透深さは小さいことがわかる。これについて、FP 供試体は耐火被覆材の温度抑制効果により熱損傷が低減され、塩分浸透を抑制できたと考えられる。ただし、本研究では円柱供試体を用いたため、加熱に伴い供試体周囲の耐火被覆材にひび割れが生じた。これにより、十分な温度抑制効果が発揮できなかったことも考えられる。一方、PP 供試体は、170°C付近で PP 繊維が熔融することで蒸気圧逸散ネットワークを形成し爆裂は抑制できるとされているが、加熱後にこの蒸気圧逸散ネットワークから塩分が、内部まで浸透したと考えられる。次に、図-2, 6 より、Control 供試体と PP 供試体の 300°C加熱を行ったもので比較する。Control 供試体は、加熱表面付近の塩分濃度が 1mass%程度であるが、塩分浸透深さは 4cm となっている。一方、PP 供試体は、加熱表面付近の塩分濃度が 1.5mass%程度である。Control 供試体よりも PP 供試体が表面付近の塩分濃度が高い点について、加熱による熱損傷と PP 繊維熔融による蒸気圧逸散ネットワークが影響していると考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) EPMA 法により加熱したコンクリート供試体の

Cl 濃度の面分析を行った結果、加熱温度が高くなると塩化物量の侵入量が大きくなり、物質侵入抵抗性は低下することがわかった。

- 2) FP 供試体は耐火被覆材の温度抑制効果により熱損傷を抑制でき、塩分浸透を抑制できたと考えられる。
- 3) PP 供試体は、170°C付近で PP 繊維が熔融することで蒸気圧逸散ネットワークを形成し爆裂は抑制するが、加熱後には蒸気圧逸散ネットワークから塩分が浸透したものと考えられる。

今後の課題として、供試体の形状寸法の影響や加熱条件を変化させ、物質侵入抵抗性を検討する必要があると考えられる。

謝辞：本研究は土木学会コンクリート委員会コンクリートトンネル構造物の耐火技術研究小委員会(270)の委託実験「火害を受けたコンクリートの耐久性評価」として実施したものである。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学会：コンクリートの耐火性能に関する研究委員会報告書，2012。
- 2) 日本建築学会：建物の火害診断および補修・補強方法指針(案)・同解説，2010。
- 3) 向井佑真，小澤満津雄，谷辺徹，小林孝一：火災劣化後のコンクリートの物質移動抵抗性に関する基礎的研究，Vol.35, No.1, pp.1147-1152, 2013