

火災劣化後のコンクリートの耐久性に関する基礎的研究

岐阜大学 学生会員 ○向井 佑真
岐阜大学 正会員 小澤 満津雄
岐阜大学 正会員 小林 孝一
岐阜大学 正会員 六郷 恵哲

1. はじめに

コンクリート構造物の巨大化・高層化・複雑化に伴い、火災によって被害は甚大となることが報告されている¹⁾。コンクリートは火災による被害を低減する方法として、耐火被覆材と合成繊維(PP 繊維)を混入する方法が一般的である。耐火被覆材は、コンクリート躯体を火災の熱から直接保護できるため有効な手法であるが、コスト面で採用されないケースがある。一方、合成繊維を混入する方法は、水蒸気圧を低減し爆裂を防止しようとするものであるが、火災による熱を躯体が直接受けるため、躯体は損傷し火災後の断面補修を避けることができない。また、上記の方法について、加熱試験による耐火性の検証は多数報告されているが¹⁾、コンクリートが火災劣化を受けたあとの耐久性については報告が少ない。そこで、本研究ではコンクリートの火災被害後の耐久性について、物質移動抵抗性に着目した。すなわち、高温履歴を受けたコンクリートの物質移動抵抗性を塩分浸透抵抗性で評価し、耐久性評価指標の提案を行う基礎的資料を得るものである。本検討では、予備試験として、各種コンクリートの加熱後の物質移動抵抗性を塩分浸透性で評価した結果について報告する。

2. 実験概要

表-1 に示方配合を示す。対象コンクリートは、高強度コンクリートを①HSC、①にポリプロピレン(PP)繊維を 0.2%vol 混入したものを②HSC+PP、普通

コンクリートを③NC とした。W/C は HSC と HSC+PP が 30%とし、NC は 57%とした。セメントは早強ポルトランドセメントを使用した。供試体寸法は φ100×200 mmの円柱供試体とした。圧縮強度は HSC シリーズが 80MPa とし、NC は 40MPa とした。加熱には電気炉を用いた。加熱試験方法は RILEM 試験¹⁾に準拠し、炉内温度の温度上昇速度は、1℃/min. とした。加熱温度の水準は①加熱なし、②200℃、③500℃として、炉内温度が所定の温度に上昇後、1hr.保持し、その後、自然冷却した。塩水浸漬試験は JSCE 法²⁾に準拠した。加熱試験後の供試体を塩水(NaCl 濃度 10%)が入った容器の中に、1 か月間浸漬させた。塩水浸漬後、円柱供試体の割裂試験を実施した。割裂試験後、破断面に硝酸銀(0.1mol/L)を噴霧し³⁾、発色状況(塩分浸透状況)を簡易的に確認した³⁾。その後、供試体表面から深さ方向にドリル削孔を行い、削孔粉を採取した。採取した削孔粉を用いて蛍光 X 線分析⁴⁾による塩化物量の測定を行った。

3. 実験結果および考察

加熱後に供試体に発生したひび割れを目視により確認した。設定温度 200℃はひび割れがほとんど確認されなかった。設定温度 500℃は、供試体全体にひび割れを確認した。

図-1 に硝酸銀溶液の噴霧による塩分浸透深さを確認した結果の一例(HSC 200℃加熱供試体)を示す。ここで、紫色に発色した場合、塩分が浸透していることを示している。500℃に加熱した供試体は、全体

表-1 示方配合

種類	W/C	s/a	単位量 kg/m ³						fiber
	%	%	W	C	S	G	ad1	ad2	vol%
HSC	30	63.3	150	500	718	1044	5	/	/
HSC+PP									0.2
NC	57	44.2	180	316	851	926	/	3.16	/

ad1; 高性能減水剤 ad2; AE 減水剤

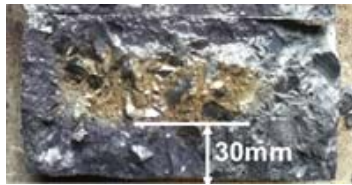


図-2 硝酸銀溶液噴霧後の 200℃加熱した HSC

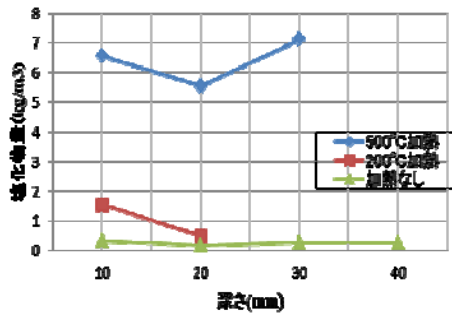


図-3 塩化物量と浸透深さの関係 (HSC)

が紫色に発色した。一方、200℃に加熱した供試体は、表面から最大で 30mm 程度まで発色した。加熱無しの供試体は表面 1~2mm のみ発色した。図-2~4 に HSC と HSC+PP および NC の蛍光 X 線分析により、測定した塩化物量と供試体表面からの深さの関係を示す。図-2 より、HSC は加熱無供試体が表面から 40mm まで、塩化物量は 0.2kg/m^3 でほぼ一定であった。一方、200℃加熱の供試体は、深さ 10mm の位置で 1.5kg/m^3 となり、20mm の位置は 0.5kg/m^3 であった。500℃加熱では、深さが 10mm から 30mm までの範囲で塩化物量の濃度は $5.5\sim 7.0\text{kg/m}^3$ の範囲であった。図-3 より、HSC+PP は加熱無供試体が表面から 30mm までの塩化物量は 0.2kg/m^3 でほぼ一定であった。一方、200℃加熱の供試体は、深さ 10mm の位置で塩化物量は 1.8kg/m^3 であるが、深さ方向に塩化物量は減少していき、40mm の位置では 0.5kg/m^3 であった。500℃加熱の供試体では、深さが 10mm から 20mm までの範囲で塩化物量の濃度は $3.3\sim 4.5\text{kg/m}^3$ の範囲であった。図-4 より、NC の加熱無供試体は、表面から 10mm までの塩化物量が 3.5kg/m^3 であり、供試体の中心部に向かって減少していく傾向にある。表面から 40mm の位置で塩化物量は 0.5kg/m^3 となった。500℃加熱では、深さが 10mm から 20mm までの範囲で塩化物量の濃度は約 7kg/m^3 の範囲であった。

以上より、加熱温度の違いにより、コンクリートの物質移動抵抗性に差異が生じることが分かった。

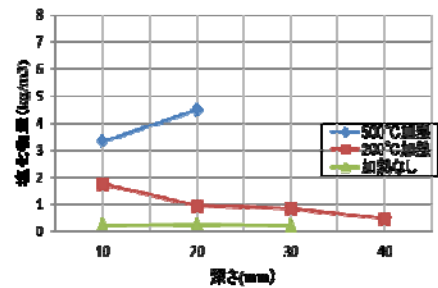


図-4 塩化物量と浸透深さの関係 (HSC+pp)

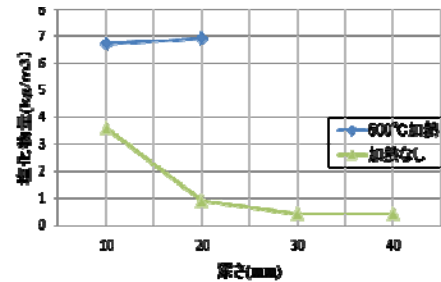


図-5 塩化物量と浸透深さの関係 (NC)

これは、加熱に伴いコンクリート表面からひび割れが生じたことに起因するものと考えられる。HSC と NC を比較すると加熱前は、HSC の方が物質移動抵抗性は高かった。500℃まで加熱すると両者とも、ひび割れ幅が大きくなり物質移動抵抗性が大きく低下することがわかった。

4. まとめ

- 1) コンクリートを加熱後、塩水に 1 か月浸漬し、塩分浸透深さを確認した。その結果、500℃加熱の場合、供試体中心にまで塩分が浸透していることが分かった。一方、200℃加熱では、加熱表面から 20mm の深さまで塩分が浸透していることが分かった。
- 2) 蛍光 X 線により塩化物量を計測した結果、加熱温度が高くなるにつれ、塩化物量の浸透量が大きくなり、物質移動抵抗性が低下することが分かった。

今後は、耐火被覆した供試体と RC 供試体を対象として、同様な実験を行う予定である。

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) 土木学会:コンクリート標準示方書 規準編 2007
- 3) otsuki et al : ACI Materials Journal, No.84, pp.587-592, Nov. 1992
- 4) 日本工業規格:セメントの蛍光 X 線分析方法, JIS R 5204, 2002.7