温度履歴の違いがコンクリートの物質侵入抵抗性に与える影響と表面含浸材の補修効果

太平洋マテリアル　正会員　○青野　利彦
同　正会員　杉野　雄亮
同　正会員　谷辺　徹
群馬大学　前田　祐貴
同　正会員　小澤　満津雄

１．はじめに

コンクリートは温度履歴の違いにより空隙構造が変化し，物質侵入抵抗性が低下するといわれている[1]．本研究では温度履歴の違いがコンクリート内部の空隙状態に与える影響を透気性により評価し，物質侵入抵抗性との関係を検討した．また,表面含浸材の有無が物質侵入抵抗性に与える影響を検討するために,けい酸塩系およびシラン系表面含浸材によるコンクリートの品質改善効果を検討した．物質侵入抵抗性は，定量測定が比較的容易な塩化物をトレーサーとして評価した．

２．実験概要

図 1 に実験フローを示す.供試体を作製後,加熱し,表面含浸材を塗布した後,塩化物浸透深さを測定した.また，加熱前後の透気性，含水率を測定した．使用材料を**表 1** に，コンクリートの配合を**表 2** に示す．供試体は 150×150×150mm とし,28 日間水中養生した後,3 日間以上気中養生し，電気炉で供試体全面を加熱した．加熱条件は，昇温勾配 1℃/min とし，供試体中心部の温度が 105℃，200℃，300℃に到達してから 2 時間まで継続し，その後運転を停止して，供試体温度が 60℃以下になるまで炉内にて自然徐冷した．冷却した供試体は吸湿しないよう，試験時までビニール袋に乾燥材を入れて密封保管した．加熱終了後，浸漬面とする 1 側面以外をエポキシ樹脂にて被覆した．表面含浸材は浸漬面に塗布した．含浸材は，けい酸塩系表面含浸材（けい酸リチウム濃度 10%）とシラン系表面含浸材（シランの有効成分 95%以上）の 2 種類を用いた．含浸材の塗布量は 450g/m²としけい酸塩系表面含浸材を単独で用いる場合（以下，含浸材 A），含浸材を塗布して 14 日間気中養生した．一方，けい酸塩系とシラン系表面含浸材を併用する場合（以下，含浸材 B），けい酸塩系表面含浸材を塗布して 7 日間気中養生後，さらにシラン系表面含浸材を塗布して 7 日間気中養生した．加熱前後で透気係数及び含水率を測定した．透気係数は Torrent 法にて測定した．測定面は浸漬面とし，測定面以外の 5 面をアルミテープでシールした．含水率は，非破壊式コンクリート水分計により測定した．透気係数を測定後，供試体を 10%NaCl 溶液に 7 日間浸漬し，割裂して 0.1N 硝酸銀溶液を噴霧し，塩化物浸透深さを測定した．塩化物浸透深さは浸漬面から発色した部分までの深さとし，試験体の割裂面の中心およびその中心から 37.5mm 位置の片面 3 箇所の平均値とした．また，塩水浸漬前後の供試体質量を測定し，吸水率を求めた．

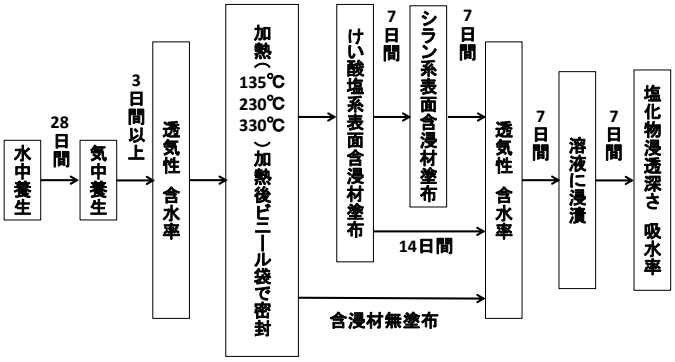


図 1　実験フロー

表 1　使用材料

材料	記号	詳細
セメント	C	OPC（密度 3.16g/cm³）
細骨材	S1	砂岩　砕砂（表乾密度 2.62 g/cm³）
	S2	石灰岩　砕砂（表乾密度 2.64 g/cm³）
粗骨材	G	輝緑凝灰岩　砕石 2005（表乾密度 2.89 g/cm³）
混和剤	A	高性能 AE 減水剤

表 2　コンクリートの配合

W/C (%)	空気量 (%)	単位量(kg/cm³)					
		W	C	S1	S2	G	A
32.0	3.5	170	532	589	253	858	6.92

キーワード：物質侵入抵抗性，塩化物浸透深さ，透気性，加熱，表面含浸材
連絡先　：〒285-0802　千葉県佐倉市大作 2-4-2　太平洋マテリアル株式会社　開発研究所　ＴＥＬ043-498-3921

3．実験結果

図 2 に透気係数と含水率の関係を示す. 加熱前は含水率 6%程度, 透気係数 0.007×10^{-16}m^{2}程度であったが, 330℃まで加熱すると含水率は 2%程度まで低下し，透気係数は 11.000×10^{-16}m^{2}程度まで増加した．つまり加熱温度が高くなるにつれ，乾燥し，透気係数は大きくなることを確認した．表 3 に硝酸銀噴霧状況を示す．加熱したコンクリートに含浸材を塗布すると，塩化物浸透深さが小さくなり，液体に対する物質侵入抵抗性の向上が認められた．含浸材 B は浸漬面から一定の深さに疎水層の形成が認められ，塩化物の浸透深さを確認できなかった．そこで，深さ 10mm の位置より削孔粉を採取し塩化物量を測定し，疎水層に塩化物が含まれていないことを確認した. 図 3 に透気係数と塩化物浸透深さの関係を示す. 無塗布及び含浸材 A については透気係数が増加すると塩化物浸透深さは大きくなり，液体に対する物質侵入抵抗性との相関が認められた．一方含浸材 B については，透気係数が変化しても塩化物浸透深さ同等であった．どちらの含浸材においても無塗布と比較して，塩化物浸透深さは小さくなるが，透気係数は同等であることが確認できる．つまり，含浸材 A，B を塗布することで，液体に対する浸透抑制効果は確認できるが，気体の侵入抑制効果は小さく，加熱前の状態に戻すことは難しいと推察される．図 4 に塩水浸漬後の吸水率を示す．熱劣化したコンクリートに含浸材を塗布すると吸水率は低下し，含浸材の効果により，コンクリート内部への吸水を抑制したと考えられる．特に含浸材 B はシラン系表面含浸材の疎水層形成により，吸水率が大幅に低減した．これが透気係数の変化に関わらず液体に対する物質の侵入が非常に小さい要因であると考えられる.

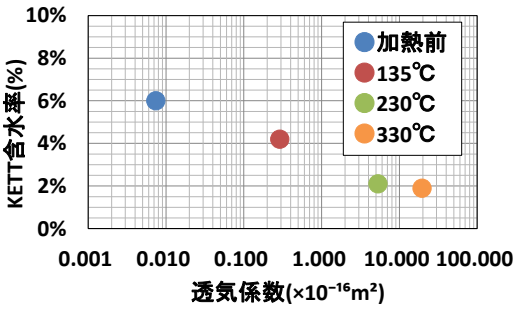
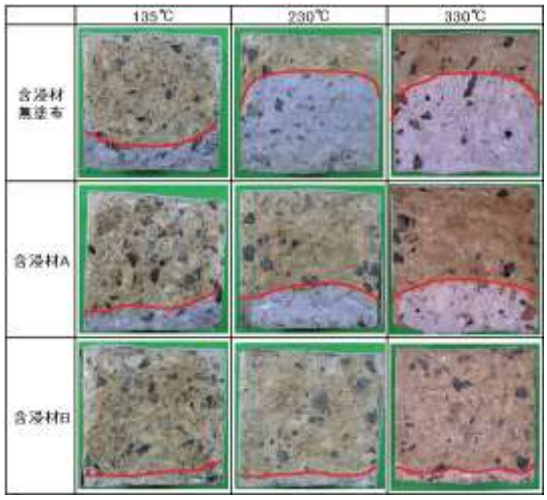


図 2　透気係数と含水率

表 3　硝酸銀噴霧試験状況



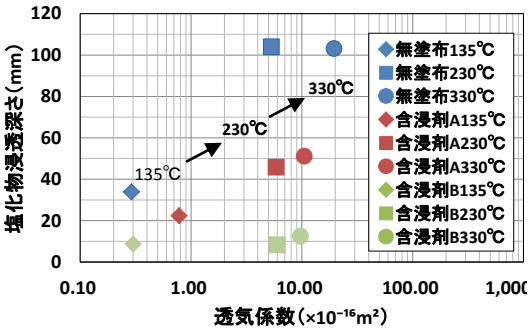


図 3　透気係数と塩化物浸透深さ

4．まとめ

以下の知見が明らかになった.

(1) 熱劣化したコンクリートは加熱温度が大きくなると透気性が増大し，塩化物浸透深さは大きくなる.

(2) けい酸塩系表面含浸材は, 透気係数が増加すると塩化物浸透深さは大きくなり，物質侵入抵抗性との相関が認められた．一方，けい酸塩系とシラン系表面含浸材を併用すると透気係数が変化しても添加物浸透深さは同等であった.

(3)固化型（けい酸塩系），撥水型（シラン系）の含浸材を塗布することで，液体に対する浸透抑制効果は確認できるが，気体の侵入抑制効果は小さく，加熱前の状態に戻すことは難しいと推察される.

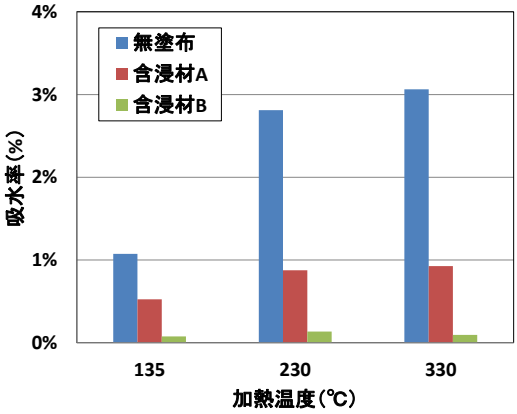


図 4　塩水浸漬後の吸水率

参考文献

1)　鎌田亮太，谷辺徹，小澤満津雄，鉄羅健太，明石孝太：けい酸塩系表面含浸材が火害を受けたコンクリートの物質侵入抵抗性に与える影響，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集，第 16 巻，pp. 551-556，2016