

蒸気養生したコンクリートの物質移動特性に及ぼす結合材種類と水結合材比の影響

長崎大学大学院 学生会員 柏尾 和麻 長崎大学大学院 正会員 佐々木謙二
長崎大学大学院 正会員 原田 哲夫 (株) ヤマウ 片山 強

1. はじめに

コンクリートの各種性能は、材料や配合のみならず、施工の良し悪し、養生条件、暴露条件の影響を大きく受ける。その点を考慮すると、現場打ちのコンクリートよりも工場で製造されるプレキャストコンクリート（PCa）製品の方が品質が安定しており、施工の面においても工期短縮や省力化が可能である。それにもかかわらず、PCa 製品の利用は拡大されていない。現在の社会状況（構造物の長期利用のための高耐久・高品質化、環境負荷抑制、副産資源の活用、熟練労働者の不足）を考慮すると、今後、PCa 製品が社会状況を改善する方法として利用される機会は多いと考えられる。

本研究では、PCa 製品の高品質化、高炉スラグ微粉末などの副産資源の有効利用が広がりつつある現状を踏まえ、結合材種類と水結合材比が蒸気養生コンクリートの物質移動特性に及ぼす影響を系統的に把握することを目的とし、耐久性に大きく関係する水分逸散、塩分浸透、中性化に及ぼす影響について実験的に検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料及び配合

実験に用いた結合材は、普通ポルトランドセメント[N]、Nと高炉スラグ微粉末6000（JIS A 6206）の混合系(65%：35%)[NB]の2種類とした。細骨材は海砂、粗骨材は砕石を

用いた。混和剤として、PCa 製品を想定した Non-AE コンクリートでは高性能減水剤を、現場打ちコンクリートを想定した AE コンクリートでは AE 減水剤を用いた。

表-1 に示方配合を示す。PCa 製品を想定した Non-AE コンクリートでは水結合材比 35%, 40%, 45%, 目標空気量 2.0%とした。現場打ちコンクリートを想定した AE コンクリートでは水結合材比 55%, 目標空気量 4.5%とした。いずれにおいても単位水量は 165kg/m^3 一定とし、目標スランプ 8cm となるよう適宜混和剤の添加量を調整した。

2.2 養生条件

表-2に養生条件を示す。【A-D】は標準的な蒸気養生を、【S7】は現場打ちの養生条件を想定したものである。

2.3 実験項目

(1) 水分逸散量

材齢 28 日にφ100×200mm 円柱の中心部において厚さ 50mm の円盤試験体を切断・採取した。打込み側の円形の 1 面のみを残し、それ以外の部分をエポキシ樹脂によりコーティングした。その後、真空飽和处理を行い、恒温恒湿槽(気温 20℃, 湿度 60%)に暴露し、経時的に水分逸散量を測定した。

(2) 塩分浸透深さ

材齢 28 日に $\phi 100 \times 200\text{mm}$ 円柱の中心部において厚さ 100mm の円盤試験体を切断・採取した。打込み側の円形の

表-1 示方配合

	記号	結合材	水結合材比	細骨材率	単位量 (kg/m ³)					
		種類	W/(C+SCM)	s/a	水	セメント	混和材	細骨材	粗骨材	混和剤
					W	C	SCM	S	G	AD
シリーズⅠ (PCa)	N35	N	35%	37%	165	471	—	633	1178	1.41
	N40		40%			413	—	648	1189	0.83
	N45		45%			367	—	664	1237	0.37
	NB3535	NB	35%			306	165	628	1170	1.41
	NB4035		40%			268	145	644	1182	0.83
	NB4535		45%			238	128	661	1231	0.37
シリーズⅡ (現場打ち)	N55	N	55%	40%	165	300	—	711	1171	3.00
	NB5535	NB				195	105	709	1167	3.00

表-2 養牛条件

[illegible]

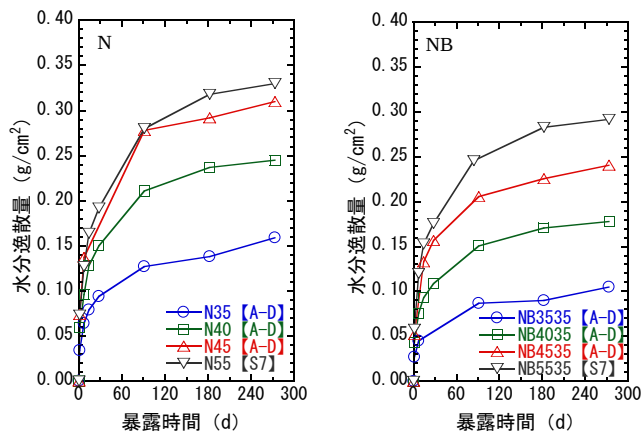


図-1 水分逸散量の測定結果

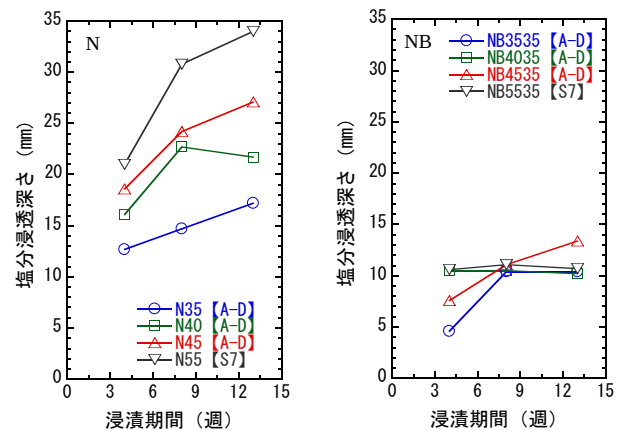


図-2 塩分浸透深さの測定結果

1 面のみを残し、それ以外の部分をエポキシ樹脂によりコーティングした。その後、真空飽和处理を行い、3%NaCl 水溶液に浸漬した。塩水浸漬開始より一定期間経過後に試験体を取り出し、暴露面に対して深さ方向に割裂した。割裂面に 0.1N 硝酸銀水溶液を噴霧し、白色に変色した部分を測定することにより塩分浸透深さを求めた。

(3) 促進中性化深さ

100×100×400mm の角柱試験体を表 - 2 の条件で材齢 56 日まで養生を行い、その後打ち込み面、下面および両端面をエポキシ樹脂でコーティングした。気温 20℃、湿度 60%、CO₂ 濃度 5% の環境下において促進中性化し、1, 2, 4, 8, 13, 26 週間後に、割裂面にフェノールフタレイン溶液を噴霧することにより中性化深さを求めた。

3. 実験結果および考察

図-1 に水分逸散量の測定結果を結合材別に示す。蒸気養生を行った【A-D】の場合には、いずれの結合材においても水結合材比が大きいほど水分逸散量が大きくなっている。また、現場打ちコンクリートを想定した試験体(N55【S7】、NB5535【S7】)の水分逸散量は、N では N45【A-D】とほぼ同程度となっており、NB ではいずれの水結合材比よりも大きくなった。結合材で比較してみると、同一水結合材比では N に比べ NB の方がいずれの養生条件においても水分逸散量が小さくなっていることが分かる。

図-2 に塩分浸透深さの測定結果を結合材別に示す。N では蒸気養生を行った場合には水結合材比が大きいものほど塩分浸透深さが大きいことが分かる。また、現場打ちを想定した試験体は蒸気養生を行った試験体に比べ、塩分浸透深さが大きい結果となった。NB では水結合材比による差はあまり見られなかった。また 8 週目から 13 週目にかけての塩分浸透深さの変化はほとんどなく、これは塩化物イオンの固定化により表面付近に塩化物イオンが留まっていることの他に、塩水浸漬中に未反応混和材の水和進行により緻密化したことや蒸気養生中や後養生の気中養生中に発生したマイクロクラックが閉塞されたことにより、塩化物イオンの浸透が抑制されたためと推察される。

図-3 に促進中性化深さの測定結果を結合材別に示す。どちらの結合材も現場打ちを想定したものが最も促進中性化

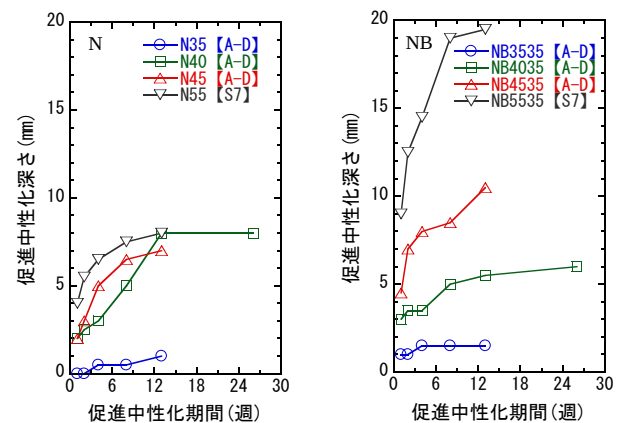


図-3 促進中性化深さの測定結果

深さが大きく、蒸気養生を行った場合には水結合材比が大きいものほど促進中性化が大きいことが分かる。水結合材比 35%では N, NB どちらも中性化があまり進行しておらず、中性化に対する抵抗性が大きいといえる。水結合材比 35%と 40%の間には大きな差があり、特に NB では水結合材比の影響が大きく、現場打ちを想定した 55%のものは初期の段階から著しく中性化が進行している事が分かる。図-1の結果より N よりも NB のほうが緻密性は高いと考えられるが、高炉スラグ微粉末を置換することで水酸化カルシウムの生成量が少なくなることから、緻密性と水酸化カルシウム生成量の相互関係において水酸化カルシウム生成量の違いの影響が卓越し、NB の方が促進中性化深さが大きくなったと考えられる。

4. まとめ

本研究により、以下のことが明らかとなった。

- 1) 水分逸散量は、蒸気養生を行った場合においても水結合材比が高いほど大きく、同一水結合材比では高炉スラグ微粉末を混合した場合の方が小さいことが確認された。
- 2) 塩分浸透深さは、蒸気養生を行った場合においても普通ポルトランドセメントに高炉スラグを混和させることで抑制されることが確認された。
- 3) 促進中性化深さは高炉スラグ微粉末を混和した場合よりもセメントのみの場合の方が抑制され、いずれの結合材においても水結合材比 35%のコンクリートでは中性化の進行がほとんどないといえる。