

水分逸散性状に基づく蒸気養生コンクリートの緻密性評価

長崎大学大学院 正会員
長崎大学
(株) ヤマウ

佐々木謙二
楠本慎太郎
片山 強

長崎大学大学院 学生会員
長崎大学
長崎大学大学院 正会員

岡野 耕大
篠原 亮雄
原田 哲夫

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。また、環境負荷抑制、副産資源の有効活用の観点から、高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどを積極的に使用していくことも望まれている。本研究では、PCa 製品を製造する際に一般的に行われる蒸気養生コンクリートを対象に、耐久性に密接に関係している緻密性を水分逸散性状の観点から評価した。

2. 実験概要

結合材として、普通ポルトランドセメント[N]，早強ポルトランドセメント[H]，N と高炉スラグ微粉末 6000 の混合系(65%：35%)[NB]，N とフライアッシュの混合系(80%：20%)[NF]を用いた。細骨材は海砂，粗骨材は碎石を用い、混和剤としては高性能減水剤を使用し、Non-AE コンクリートとした。コンクリートの示方配合を表-1に示す。

養生条件を表-2に示す。前置時間、降温速度を変化させた組合せで蒸気養生を行った。後養生は、打設 24 時間で脱型した後、気中養生(気温 20℃，湿度 60%)または水中養生(20℃)を行った。

水分逸散量の測定は以下のように行った。材齢 28 日にφ100×200mm 円柱供試体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。

3. 結果および考察

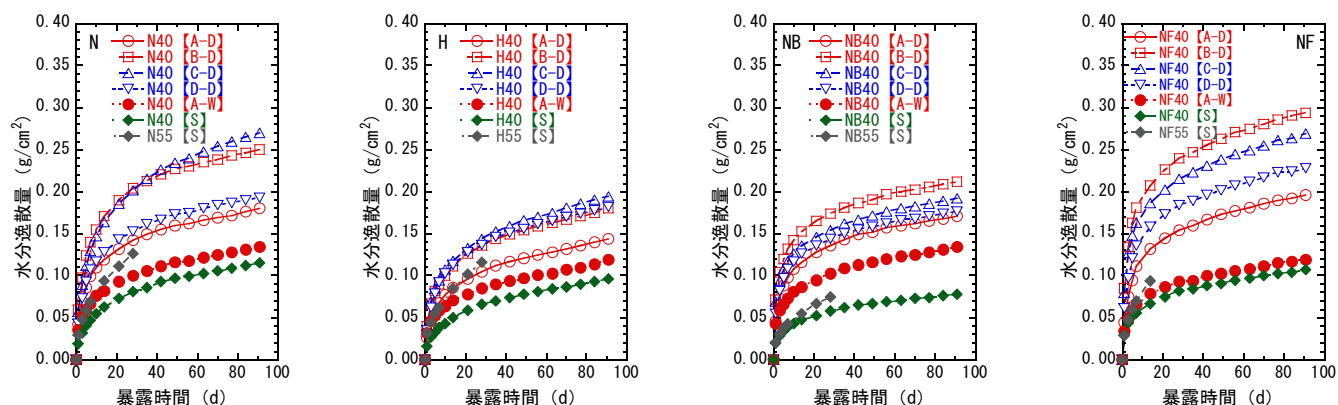
図-1に暴露期間 91 日までの水分逸散量の経時変化を結合材別に示す。蒸気養生後に気中養生を行った場合には、いずれの結合材においても水分逸散量は多く、特に前置時間を 0.5 時間とし徐冷した【B-D】の場合や前置時間を 3 時間とし急冷した【C-D】の場合に水分逸散量が多い。蒸気養生条件を同一とし、後養生を気中養生とした【A-D】の場合と水中養生にした【A-W】の場合を比較すると、いずれの結合材においても水分供給のある【A-W】の場合に水分逸散量は少なく、水分供給により水分逸散性状を改善できることが分かる。特に NF40 の場合には、標準養生の場合と同程度まで水分逸散量が抑

表-1 示方配合

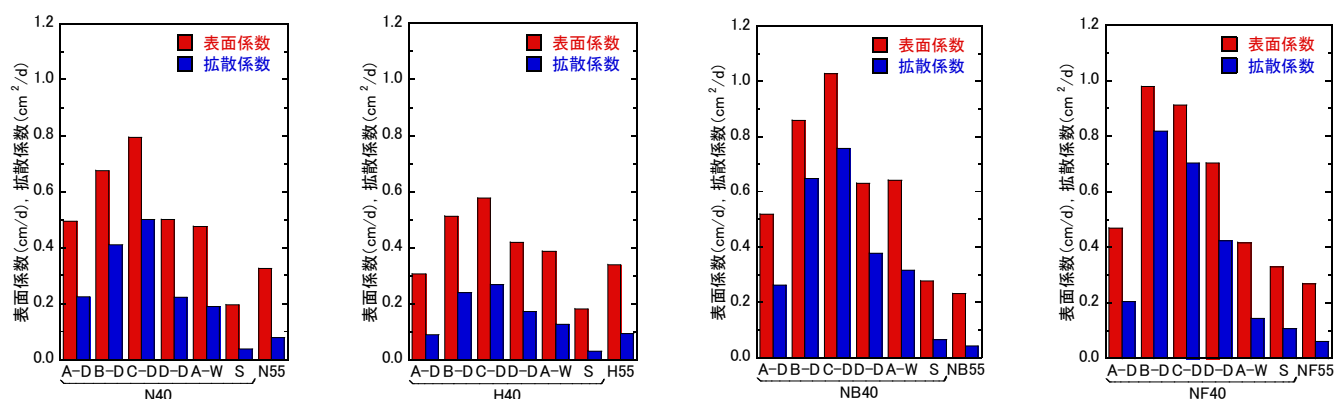
記号	結合材 種類	水結合材比 W/(C+SCM)	細骨材率 s/a	単位量 (kg/m ³)					
				水 W	セメント C	混和材 SCM	細骨材 S	粗骨材 G	高性能 減水剤 AD
N40	N	40%	37%	165	413	—	648	1189	0.83
H40	H				413	—	647	1188	1.03
NB40	NB				268	145	644	1182	0.83
NF40	NF				330	83	638	1172	0.62

表-2 養生条件

記号	前置時間	昇温速度	最高温度	保持時間	降温速度	後養生方法	
A-D	3h	20℃/h	65℃	4h	4.5℃/h	気中 (20℃, R.H.60%)	
B-D	0.5h				急冷		
C-D	3h						
D-D	0.5h				4.5℃/h	水中(20℃)	
A-W	3h						
S	標準養生(20℃, 水中養生)						



図－1 水分逸散量の経時変化



図－2 表面係数、拡散係数の算出結果

えられており、蒸気養生後の水分供給による品質改善効果が顕著に表れている。また、蒸気養生後に気中養生を行った試験体と、ほぼ同程度の圧縮強度となる水結合材比 55%で標準養生を行った試験体の水分逸散量を比較すると、いずれの結合材においても蒸気養生を行った場合の水分逸散量が大きくなった。蒸気養生後に水分供給をした場合には、NB40 を除いて水結合材比 55%で標準養生を行った試験体の水分逸散量とほぼ同等となり、蒸気養生コンクリートの品質確保・向上のためには蒸気養生条件とともに後養生における水分の保持・供給が非常に重要であると言える。

コンクリートからの水分逸散量は、一次元の半無限の水分移動を考えた場合、以下の式(1)で表せる。

$$M_t = (C_e - C_0)hDt \left(1 - 0.752\sqrt{t}\xi + 0.500t\xi^2 - 0.301t\sqrt{t}\xi^3 \right), \quad h = f/D, \quad \xi = f/\sqrt{D} \quad (1)$$

ここで、 M_t ：水分逸散量、 C_e ：周囲の湿度、 C_0 ：供試体内部の初期湿度、 D ：拡散係数、 f ：表面係数、 t ：時間である。異なる時間 t_1 、 t_2 についてそれぞれ式(1)を求め、連立方程式として解くと、拡散係数 D と表面係数 f を算出することができる。本研究では、 $t_1=0.5$ 日、 $t_2=1$ 日として連立方程式を解き、高含水率領域における拡散係数 D と表面係数 f を算出した。その結果を図-2に示す。水分拡散係数および表面係数は、その値が大きいほど水分が逸散しやすいことを示す。図より、拡散係数、表面係数に及ぼす蒸気養生条件や結合材の影響は水分逸散量とほぼ同様の傾向を示したが、特に高炉スラグ微粉末やフライアッシュを用いた場合には蒸気養生条件の影響を顕著に受けることが分かる。蒸気養生後に気中養生を行った試験体と、ほぼ同程度の圧縮強度となる水結合材比 55%で標準養生を行った試験体の拡散係数、表面係数を比較すると、いずれの結合材においても拡散係数、表面係数ともに蒸気養生を行った場合の方が大きくなった。すなわち、蒸気養生コンクリートの緻密性は同程度の圧縮強度を有する普通コンクリートよりも低いと推察される。

4. まとめ

本研究では、蒸気養生コンクリートを対象とし、耐久性に大きく関係する水分逸散性状に及ぼす養生条件と結合材種類の影響を実験的に検討した。その結果、結合材種類と養生条件の組合せにより水分逸散性状が大きく異なり、蒸気養生後の水分供給が水分逸散性状の観点からも非常に重要であることが確認された。さらに、水分逸散性状から算出した水分拡散係数による緻密性評価の結果より、蒸気養生コンクリートの緻密性は同程度の圧縮強度を有する普通コンクリートよりも低く、特に高炉スラグ微粉末やフライアッシュを用いた場合には蒸気養生条件の影響を顕著に受けることが明らかとなった。