

蒸気養生を実施したコンクリートの細孔構造および中性化性状

首都大学東京 正会員 ○関 健吾、首都大学東京 正会員 宇治公隆
 首都大学東京 正会員 上野 敦、全国コンクリート製品協会関東支部 正会員 原 洋介

1. はじめに

コンクリート構造物の耐久性を照査するにあたっては、中性化速度係数の予測値を算出する必要があるが、コンクリート標準示方書【設計編】に示される式【 $\alpha_p = a + b(W/C)$ 、ここに、 α_p ：中性化速度係数、 a, b ：実績から定まる定数、 W/C ：水セメント比】は、標準養生に基づくものである¹⁾。プレキャストコンクリート製品の製造には、一般に蒸気養生が用いられ、その後は気中保存されるため、その中性化速度は標準養生コンクリートと異なる。したがって現状において、中性化に対する照査を適切に行うことが出来ない。本研究では、 W/C 等を要因とし、蒸気養生したコンクリート、現場打ちを模擬した封かん養生コンクリートおよび標準養生コンクリートを取り上げ、中性化性状等を比較検討した。また、試験結果の分析をもとに、蒸気養生したコンクリートの中性化速度係数の予測値を算定する際の補正方法を提案している。

表-1 使用材料

項目	品質
結合材	普通ポルトランドセメント、密度 3.16 g/cm ³
粗骨材	砕石2005、表乾密度 2.62 g/cm ³
細骨材	砕砂、表乾密度 2.62 g/cm ³
混和剤	高性能減水剤(WR)：ポリカルボン酸エーテル系 AE助剤(AE)：変性ロジン酸化合物系陰イオン界面活性剤

2. 実験概要

2.1 使用材料およびコンクリートの配合

使用材料を表-1に、コンクリートの示方配合を表-2に示す。配合は、実際のプレキャストコンクリート製造工場で適用されているものを参考に決定した。

表-2 示方配合

配合名	Gmax (mm)	日標スラン 日標スロー (cm)	W/C (%)	Air (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)			
						水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G
OPC-60	20	8.0	60	4.5	46	170	283	838	984
OPC-50			50		44	170	340	781	994
OPC-40			40		43	170	425	733	971
OPC-30			30		46	160	533	750	891

2.2 検討要因

検討要因を図-1に、蒸気養生条件を図-2に示す。蒸気養生条件は比較的大型のプレキャストコンクリート製品に適用されている一般的な条件とした。

2.3 試験項目

細孔径分布の測定、圧縮強度試験(JIS A 1108)、および促進中性化試験を行った。細孔径分布は、材齢28日の供試体の鉛直中央付近をコンクリートカッター、ニッパで切断し、2.5~5mmのモルタル試料を採取し、水銀圧入法によって測定した。促進中性化試験には、100×100×400mmの角柱供試体を用いた。材齢7~8週の時点で打設一側面以外の5面をエポキシ樹脂でシールし、材齢56日から20℃、60%R.H.の促進中性化槽内に供試体を移して、炭酸ガス(CO₂濃度=5.0%)を一面から浸透させ、促進材齢4、9および16週において中性化深さを測定した。

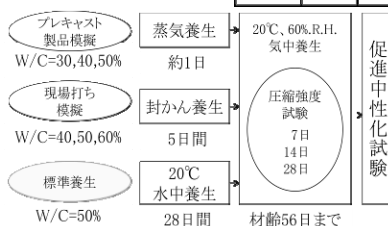


図-1 検討要因

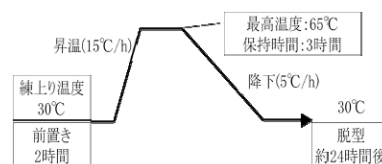


図-2 蒸気養生条件

3. 実験結果および考察

3.1 蒸気養生したコンクリートの細孔構造の把握

図-3に、 W/C を30、40および50%の3水準として、蒸気養生したコンクリートの細孔量を示す。図より、蒸気養生した場合であっても、 W/C を低減させることで細孔構造は比例的に緻密となることが分かる。

3.2 封かん養生および標準養生したコンクリートとの比較検討

蒸気養生後に気中養生したコンクリートのほか、 $W/C=40, 50$ および60%の3水準とし、材齢5日まで封かん養生した後に気中養生した現場打ち模擬の供試体、および、 $W/C=50\%$ で標準養生した供試体をそれぞれ製作し、3者を細孔構造、圧縮強度ならびに中性化性状の観点から比較検討した。

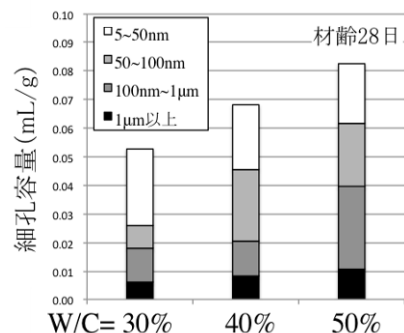


図-3 蒸気養生したコンクリートの細孔量

キーワード 蒸気養生、封かん養生、細孔構造、圧縮強度、中性化、プレキャストコンクリート

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL 042-677-2775

(1) 細孔構造および強度の比較

W/C=50%で養生条件が異なる場合の材齢 28 日における細孔構造を図-4 に、また、養生条件が異なる場合の C/W と圧縮強度の関係を図-5 に示す。図より、蒸気養生したコンクリートと封かん養生したコンクリートの細孔構造および圧縮強度はほぼ等しいといえる。このことから、今回の養生条件下では、両者を同等に扱える可能性が示唆された。一方、標準養生コンクリートと細孔構造を比較すると、蒸気養生したコンクリートは、100nm～1 μ m の細孔量が多く、5～50nm の細孔量がやや少ない。これは、蒸気養生後に気中養生を行ったために、水和反応が停滞したことによると考えられる。また、圧縮強度において、蒸気養生したコンクリートの W/C を 5%程度低減することで、標準養生したコンクリートと同等の圧縮強度になるといえる。

(2) 蒸気養生したコンクリートの中性化速度係数の予測値

郭らの報告によると、促進中性化速度係数と 40nm 以上の細孔量の関係は直線近似できるとされている²⁾。図-6 に、本研究で得られた中性化速度係数と 40nm 以上の細孔量との関係を示す。本研究においても、両者には強い相関が認められる。また、養生条件による違いは見られず、40nm 以上の細孔量を調整することで、中性化速度を制御できると考えられる。

40nm 以上の細孔量と W/C の関係(図-7)に着目すると、蒸気養生したコンクリートの 40nm 以上の細孔量は、W/C と良好な相関関係にあるといえる。また、40nm 以上の細孔量が同等となる W/C について着目すると、標準養生コンクリートと蒸気養生したコンクリートおよび封かん養生したコンクリートでは W/C に 10%程度の差があることが分かる。

図-8 に、W/C と中性化速度係数の関係を示す。図-6 および図-7 の関係からも推察されるように、蒸気養生したコンクリートの W/C と中性化速度係数には相関が認められる。また、同じ中性化速度係数となる W/C について着目すると、標準養生コンクリートと蒸気養生したコンクリートでは W/C に 10%程度の差がある。これより、蒸気養生したコンクリートの中性化速度係数の予測値を、コンクリート標準示方書【設計編】に示される式【 $\alpha_p = a + b(W/C)$ 】を用いて算出する場合、本研究の範囲内では、算定式中の W/C の値を補正し、W/C を 10%高めた見掛けの W/C とすることで、概ね適切な予測値となることが分かる。

4. 結論

- (1) 蒸気養生したコンクリートの 40nm 以上の細孔量は、W/C が低減されると比例的に減少する。
- (2) 蒸気養生したコンクリートの W/C を 5%程度低減することで、標準養生したコンクリートと同等の圧縮強度となる。
- (3) 蒸気養生したコンクリートの中性化速度係数の予測値を算出する際、算定式中の W/C の値を補正し、W/C を 10%高めた見掛けの W/C とすることで、概ね適切な予測値が得られる。

参考文献

- 1) 土木学会：2007 年制定コンクリート標準示方書【設計編】，pp.54～55
- 2) 郭度連ほか：養生条件によるコンクリートの組織変化と中性化を支配する細孔径の評価，土木学会論文集，No.718/V-57，pp.59～68，2002，11

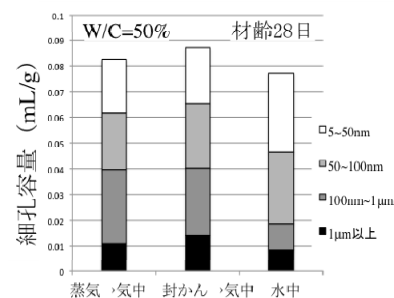


図-4 細孔量の比較

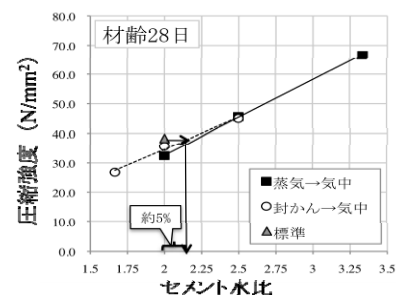


図-5 C/W と圧縮強度の関係

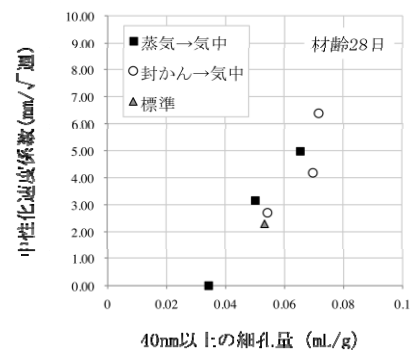


図-6 40nm 以上の細孔量と中性化速度係数の関係

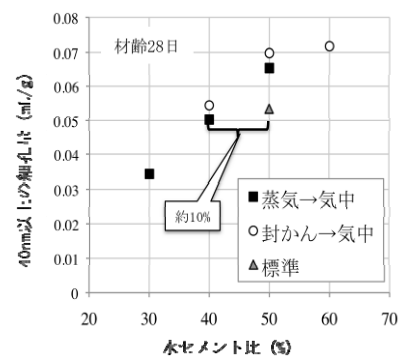


図-7 W/C と 40nm 以上の細孔量の関係

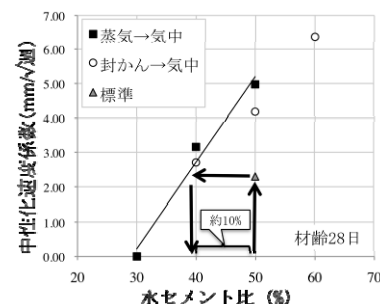


図-8 W/C と中性化速度係数の関係