

養生条件がコンクリート表層の透気性に及ぼす影響に関する検討

東京大学大学院 学生会員 ○秋山 仁志
 芝浦工業大学大学院 学生会員 井上 翔
 東京大学生産技術研究所 正会員 岸 利治

1. はじめに

コンクリート構造物は個別現場生産されるため、その耐久性能は、設計のみならず、現場における施工や環境等の影響を受けて決まる。このことから、要求性能を満足することを竣工後に直接検査することが必要とされる¹⁾。その指標として、非破壊試験によって得られる透気係数を用いる手法が提案されている²⁾。しかしながら、コンクリートの養生条件が変化した場合、表層の透気性にどのような影響が表れるかを議論した研究は多くない。そこで、本研究では、室内において養生条件の異なるコンクリートを作製し、透気性の違いを検討した。また、促進中性化試験を行い、耐久性指標としての透気係数と中性化抵抗性との関係が養生条件によってどのように変化するかを検討した。

2. 実験概要

表-1 にコンクリートの示方配合を示す。セメント種類および水結合材比が異なる12種類のコンクリートを作製した。表層透気試験用にφ15cm×30cm 円柱供試体を、促進中性化試験に10cm×10cm×40cm 角柱供試体を作製した。

金属製の型枠を使用した。打込み面は表面成型後、ビニールで被覆した。

養生条件は3種類とした。「水中養生」では、材齢1日で脱型後、材齢28日まで20℃の水道水に浸漬した。「封緘養生」では、材齢28日まで型枠および封緘用ビニールを20℃の室内で存置した。「送風養生」では、材齢1日で脱型後、20℃の室内において、材齢28日まで工場扇を用いて供試体に直接風を当て続けた。材齢29日以降は、20℃の室内に静置した。

材齢56日において、円柱供試体の底面に対し、Torrent法²⁾による表層透気試験を行い、透気係数を測定した。FC55, FB70, BB70の送風養生では、透気性が著しく高く、測定値が機械に表示されなかった。その場合、表示可能な最大値の $100 \times 10^{-16} \text{m}^2$ を便宜的に適用した。

角柱供試体は、材齢56日において、打込み面と底面にアルミテープを貼付し、促進中性化試験槽(20℃, R.H.60%, CO₂濃度5%)内に置いた。材齢84日で供試体を割裂し、供試体側面からの中性化深さをJIS-A-1152に準拠して測定した。

表-1 コンクリート供試体の配合

記号	使用セメント	W/C [%]	s/a [%]	単位量[kg/m ³]				単位量[C×%]	
				W	C	S	G	AE 剤	AE 減水剤
N40	普通ポルトランドセメント	40	42.8	180	451	709	979	0.004	0.20
N55		55	45.8	180	328	805	984	0.004	0.20
N70		70	48.8	180	258	886	961	0.004	0.20
H55	早強セメント	55	45.8	180	328	805	984	0.002	0.25
FB40	フライアッシュ B 種セメント	40	41.8	173	432	694	999	0.004	0.20
FB55		55	44.8	173	314	792	1008	0.004	0.20
FB70		70	47.8	173	247	874	986	0.004	0.20
FC55	フライアッシュ C 種セメント	55	44.3	170	309	784	1018	0.004	0.20
BB40	高炉 B 種セメント	40	41.8	175	437	696	1001	0.004	0.20
BB55		55	44.8	175	318	792	1009	0.004	0.20
BB70		70	47.8	175	250	874	986	0.004	0.20
BA55	高炉 A 種セメント	55	44.8	179	326	787	1002	0.004	0.20

高炉 A 種:スラグ置換率 20%, B 種:スラグ置換率 50% (高炉スラグ密度 2.89g/cm³, 粉末度 4000cm²/g)

フライアッシュ B 種:置換率 20%, C 種:置換率 30% (フライアッシュ II 種, 密度 2.2 g/cm³)

キーワード 耐久性, 透気性, 中性化, 養生, 非破壊試験

連絡先 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産技術研究所 Be406 TEL 03-5452-6098 内線 58090

3. 実験結果

図-1 に材齢 56 日における表層透気係数(以下, kT)を示す. 表層透気係数は, どの種類のコンクリートについても, 水中, 封緘, 送風の順に増加する傾向を示した. N40, N55, N70 を比較すると, 水中養生をしたものの kT はほぼ同程度であったが, 封緘養生では W/C が増加するにしたがい, kT も増加した. この増加傾向は送風養生の場合, より顕著に表れた. FB40, FB55, FB70 では, 同水結合材比の N と比較して, kT はやや増加した. BB40, BB55 では, 水中養生において kT は N よりも低下した. .

図-2 に材齢 84 日における促進中性化速度係数を示す. 促進中性化速度係数は, N40, FB40, BB40 の場合, 水中および封緘養生でともに中性化がほとんど進行せず, 促進中性化速度係数はいずれも $0\text{mm}/\sqrt{\text{year}}$ に近い値であった. N55, H55, BB55 では, 水中養生と封緘養生で促進中性化速度係数に違いが表れているが, これ以外で中性化の進行しているものでは, 水中養生と封緘養生でほぼ同様の値を示した.

図-3 に促進中性化速度係数と kT の関係を示す. 封緘および送風養生では, 両者の相関が認められた. 一方, 水中養生の場合には, 同様の中性化速度係数でも kT が異なるケースが見られた. 例えば, N40 の水中および封緘養生では, 双方とも中性化が進んでいず, 中性化速度係数は $0\text{mm}/\sqrt{\text{year}}$ であったが, kT は水中養生で $0.043 \times 10^{-16}\text{m}^2$, 封緘養生で $0.109 \times 10^{-16}\text{m}^2$ であり, 2 倍以上の違いがみられた.

セメント種類に着目すると, 水粉体比が高い程, 普通セメントと混合セメント間での中性化速度係数のばらつきが大きくなった. 例えば, 水中養生では, kT が概ね同じオーダーであったが, 中性化速度係数は $0 \sim 44.8 \text{mm}/\sqrt{\text{year}}$ に分布した. セメント種類が異なると, 同様の kT でも中性化抵抗性に違いが表れることが確認された.

4. まとめ

封緘および送風養生の場合には, kT と促進中性化速度係数の関係に相関がみられるが, 水中養生の場合, 同様の kT に対し, 促進中性化速度係数がばらつく傾向がみられた. kT から中性化抵抗性を評価する場合にはセメント種類の影響を考慮することが有効であると考えられた.

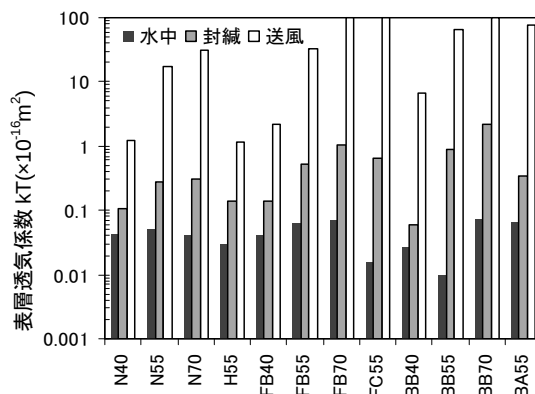


図-1 : 表層透気係数

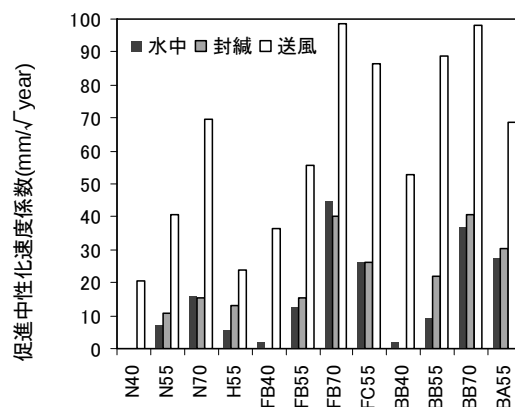


図-2 : 促進中性化速度係数

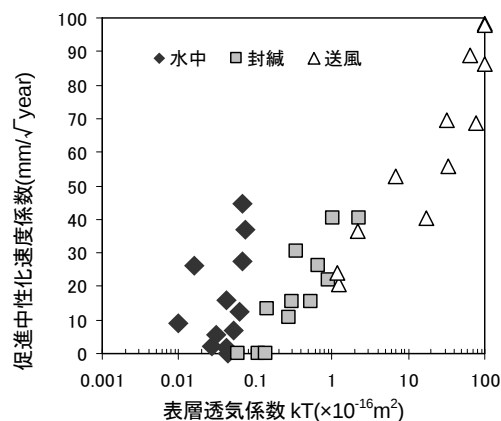


図-3 : 促進中性化速度係数および表層透気係数の関係
謝辞

本研究の一部は, 鉄道・運輸機構基礎研究制度の助成によって行われました. ここに記して感謝の意を表します.

参考文献

- 1) 構造物表面のコンクリート品質と耐久性能検証システム研究小委員会 (335 委員会) 成果報告書, コンクリート技術シリーズ 80, 土木学会, 2008
- 2) R.J. Torrent, "A two-chamber vacuum cell for measuring the coefficient of permeability to air of the concrete cover on site", Materials and Structures, Voi.25, No.6, pp.358-365, 1992.