

透気係数による物質移動抵抗性の評価方法に関する研究

福岡大学大学院 学生会員 ○ 松本 涼 福岡大学 正会員 樋原 弘貴
 福岡大学大学院 学生会員 林 亮太 福岡大学大学院 正会員 添田 政司

1. はじめに

既設コンクリートの品質の確認の一つに、コアを採取して汎用的に圧縮強度が用いられている。しかし、コンクリートの強度は構造性能にとって重要な指標の一つではあるが、物質移動抵抗性を圧縮強度のみで評価することは難しい¹⁾。そこで、物質移動抵抗性を評価する指標の1つとして、加圧法により透気係数を測定することに着目した。透気係数はコンクリートの物理的な空気透過性を表すため、その物質移動抵抗性を適切に確認できる可能性はあるが、未だ知見が少ないのが現状である。本研究では、セメント種類や配合、養生条件の違いが透気係数に及ぼす影響ならびに各種劣化因子との関係性について検討した。

2. 実験概要

表-1 に配合表を示す。使用したセメントは、普通ポルトランドセメント(以下、OPC、密度 3.16g/cm³)および高炉セメント B 種(以下、BB、密度 3.02g/cm³)を使用し、細骨材と粗骨材には、それぞれ海砂(密度 2.58g/cm³)と福岡県産砕石(密度 2.67g/cm³)を使用した。なお、いずれの配合も目標スランプは 8±1cm、目標空気量 4.0±1%とした。コンクリート供試体の作製後は、気中および水中でそれぞれ 28 日間の養生を行った。

表-1 コンクリートの配合表

配合名	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						
			W	C	BB	S	G	AE 減水剤	AE 剤
OPC	45	44	165	366	-	765	1007	5.4	1.5
	55	46		300	-	825	995	4.8	1.2
	65	48		255	-	877	984	3.9	1.0
BB	45	44		-	366	765	1007	5.6	1.5
	55	46		-	300	826	1003	4.6	1.1
	65	48		-	255	880	987	4.3	1.1

透気試験は、φ 75×150mm の円柱供試体を使用した。打設面を研磨し側面をアルミテープで被覆した後に、図-1 に示すメタル管に供試体を乗せ、メタル管と供試体の接触面の隙間をブチル製の両面テープでシールし、試験機に設置した²⁾。その後、圧縮空気をコンプレッサから注入して、メスシリンダーを使用した水中置換法により透気量を測定し、式(1)により透気係数を算出した。圧縮強度試験は、φ 75×150mm の円柱供試体を使用し、JIS A 1108 に準じて行った。中性化促進試験は、28 日間養生させた φ 75×150mm の円柱コンクリートの打設底面を試験面として、それ以外をエポキシ樹脂で被覆したものを JIS A 1153 に準拠して、温度 20±2℃、相対湿度 60%、二酸化炭素濃度 5±0.2%の環境で行ったその後、所定の促進期間として 30, 60, 90, 120, 150 日で供試体を割裂させ、フェノールフタレイン液を噴霧して、呈色反応によって中性化深さを測定した。その後、中性化深さから√t 則により中性化速度係数を算出した。

3. 結果および考察

図-2 には、28 日間の気中養生および水中養生、水中養生 7 日間行った後に温度 20℃、湿度 60%の環境下に 21 日間静置した場合の各種供試体の透気係数を示す。セメント種類に拘らず、いずれの養生条件においても水セメント比が大きくなるに従って、透気係数も大きくなる結果を示した。セメント種類ごとに見ると、OPC の透気係数は、水中養生を行ったものが最も小さくなる結果を示した。7 日間

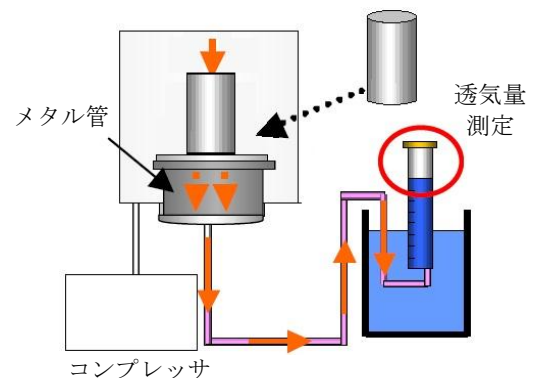


図-1 透気量の測定方法

$$K = \frac{2hP_2r}{P_1^2 - P_2^2} \times \frac{Q}{A} \quad \cdots [1]$$

K:透気係数(cm/s) P_1 :載荷圧力(kgf/cm²)

P_2 :大気圧(kgf/cm²) h:試験体の厚さ(cm)

Q:透気量(cm³/sec) A:透気面積(cm²)

r:気体の単位容積率(kgf/cm²)

の水中養生を行った後に 21 日間の気中養生を行ったものは、水セメント比 45% において気中養生よりも小さくなっているが、水セメント比 55%, 65% においては、明確な差は確認されなかった。一方、BB の透気係数は、養生条件ごとに差が明確に表れており、水中養生期間の長さの順で小さくなる結果を示した。また、水セメント比が大きくなるに従って、養生条件ごとの差が明確になり、OPC に

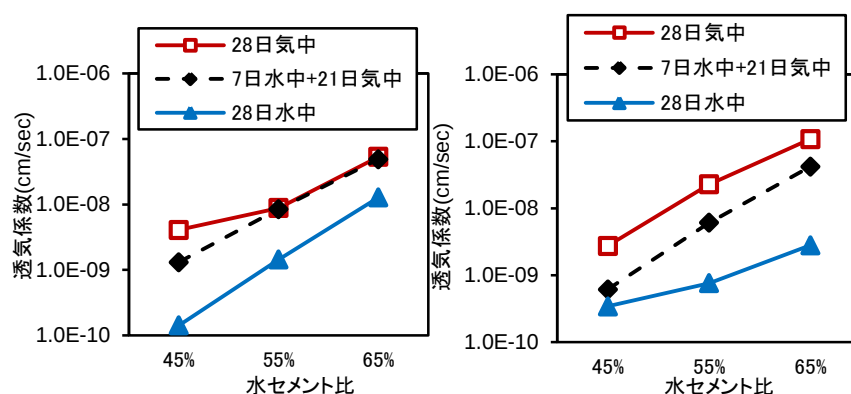


図-2 各種供試体の透気係数

比べて養生環境が透気係数に大きく影響することが分かった。図-3 は、材齢 28 日における圧縮強度と透気係数との関係を示す。いずれのセメント種類においても透気係数は、養生条件や配合に拘らず、圧縮強度の増加に従って低下する結果を示し、セメント種類ごとに見ると高い相関性が得られた。また、それぞれの透気係数が同程度の場合には、OPC の強度の方が高くなっており、また、透気係数が小さくなるに従って、強度の差は大きくなる傾向を示した。図-4 は、中性化速度係数と透気係数との関係を示す。いずれのセメント種類においても透気係数が低下するに従って、中性化速度係数も低下している。いずれの透気係数が同等の場合には、OPC の中性化速度係数の方が小さくなる結果を示した。これは、OPC の方がセメントの絶対量が多いため、コンクリート内部に生成される $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 量が多いことが考えられる。また、OPC の場合には養生条件ごとに、高い相関性が確認された。これは、養生条件によって水和の進行が大きく異なるため、水和に伴って生成される $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 量に大きく差が生じたものと考えられる。一方の BB の場合には、養生条件や配合に拘らず、一律に高い相関性が確認された。これは、BB のセメント量が少ないことや、潜在水硬性によってコンクリート中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が消費されるため、養生条件による $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 量の差が小さかったことが要因と考えられる。

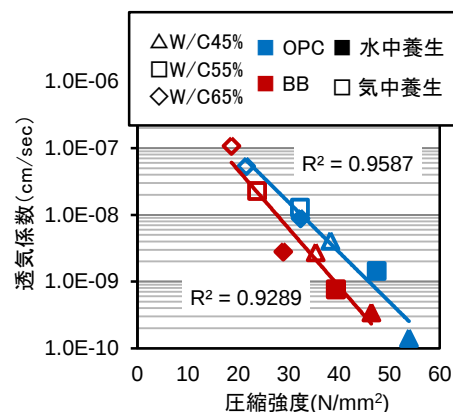


図-3 圧縮強度と透気係数の関係

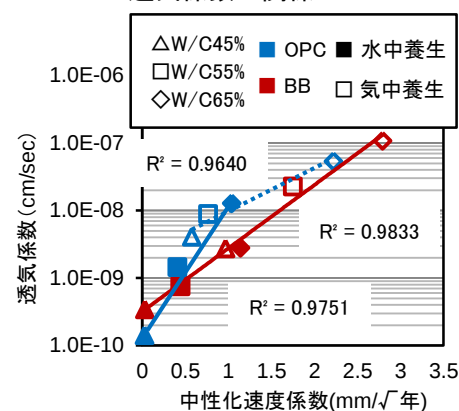


図-4 中性化速度係数と透気係数の関係

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 養生環境によって透気係数は影響を受けることが分かった。特に BB は水セメント比が高くなる程、その影響を大きく受ける。
- (2) 透気係数と圧縮強度の関係性は、セメント種類ごとでは高い相関性が確認され、透気係数が小さくなるに従って圧縮強度の差は大きくなる傾向を示した。
- (3) 透気係数によって中性化を推定する場合、OPC においては、養生条件やコンクリート中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 量の影響を加味する必要があるが、BB の場合には、配合や養生条件を考慮せずに中性化を推定できる可能性が示唆された。

[参考文献]

- 1) 岡崎慎一郎：養生が強度と物質移動抵抗性に及ぼす影響感度の相違に関する研究，セメント・コンクリート論文集
- 2) 樋原弘貴ら：ケイ酸塩系表面含浸材塗布コンクリートの物質移動特性に関する基礎的研究，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