

ケイ酸塩系表面含浸材によるコンクリート表層の品質改善が透気係数に与える影響について

鹿児島大学院 学生会員 ○ 樋原 弘貴 鹿児島大学院 正会員 武若 耕司
鹿児島大学院 正会員 山口 明伸 鹿児島大学院 学生会員 白澤 直

1. 目的

近年、コンクリート表面に塗布することでコンクリート内部に C-S-H 結晶による保護層を形成し、コンクリート表層部の品質を改善し、耐久性を図るケイ酸塩系表面含浸材の利用に関する検討が進められている。しかし、この材料は無色透明であり、なおかつ、コンクリートと同様の C-S-H 結晶を生成するため、施工評価を行うことが難しく、また、その後の劣化予測をする手法も確立されていない。そこで、コンクリート表層の品質を把握する指標の一つである透気係数に着目した。コンクリートの透気係数は、中性化速度と密接な関係があり¹⁾、また、非破壊検査であるトレント法により、現場での測定も可能である。この透気係数を用いて表面含浸材の施工評価指標として利用できないかと考え、本研究は、表面含浸材によるコンクリート表層の品質改善が透気性に与える影響について検討を行った。

2. 実験概要および方法

実験には、表 - 1 に示す配合でφ15×30cm の円柱コンクリート供試体を作製し、28 日間気中および水中養生を行ったものを用いた。その後、図 - 1 に示すように打設底面から 5cm 位置でカットしたφ15×5cm の円柱コンクリートの側面をエポキシ樹脂で被覆したものを試験供試体とした。表面含浸材の塗布は表 - 2 に示す物性の異なる 2 種類を用いて、図 - 2 に示す手順および量を打設底面側に 7 日間かけて塗布を行った。含浸材 A と B の違いは、主成分である Na、Si の混入割合が異なる。次に、透気係数測定方法は、図 - 3 に示す内径 15cm のメタル管に供試体を乗せ、両者の隙間をシリコンでシールし、試験器に設置した。その後、圧縮空気をコンプレッサーから注入してメスシリンダーを利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。なお、透気性にはコンクリート中の含水率が影響を及ぼすことが確認されている¹⁾。一方、含浸材塗布供試体では塗布工程で散水することから、これによって無塗布供試体との間で含水率に差が生じることが懸念される。そこでこれを避けるため、含浸材塗布供試体は透気係数測定前に室内環境に 14 日間静置した。

表 - 1 供試体配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				スランブ (cm)	Air (%)
		W	C	S	G		
40	43	170	425	768	1011	0.5	1.4
		185	463	738	970	3	1.3
		200	500	707	930	9	1.4
60	47	170	283	896	1003	3	1.2
		185	308	867	971	7	1.9
		200	333	839	939	18	2.4

表 - 2 使用した含浸材の物性

		含浸材A	含浸材B
成分 (%)	Na	5.7	8.89
	Si	10.59	17.28
pH		11.23	11.21
密度(g/cm ³)		1.1	1.23
粘度(mPa・s)		4.5	6.5

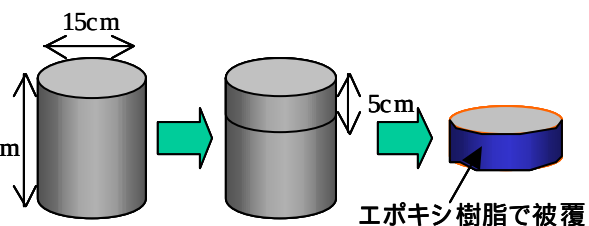


図 - 1 試験供試体の作製方法

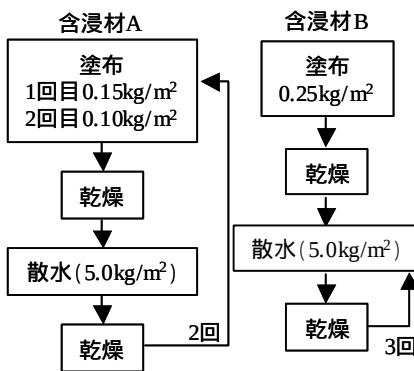


図 - 2 含浸材の塗布工程

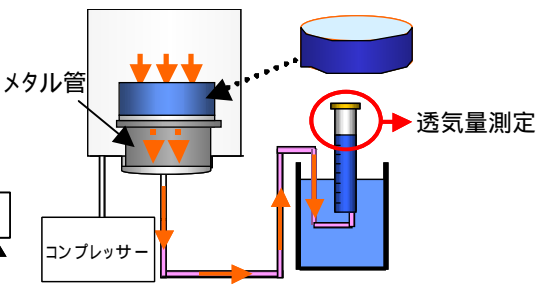


図 - 3 透気量の測定方法

$$K = \frac{2P_2hr}{P_1^2 - P_2^2} \cdot \frac{Q}{A} \quad \text{式(1)}$$

- K: 透気係数
P1: 載荷圧力(kgf/cm²)
P2: 大気圧
h: 試験体の厚さ(cm)
Q: 透気量(cm³/sec)
A: 透気面積(cm²)
r: 気体の単位容積量(kgf/cm²)

キーワード 表面含浸材 透気係数 物質抵抗性 圧縮強度

連絡先 〒890-0065 鹿児島県鹿児島市郡元 1-21-40 工学部海洋土木工学科コンクリート研究室

3. 実験結果および考察

一例として、図 - 4 には、水セメント比 60% で水中養生を行った供試体におけるコンクリートの圧縮強度と、その供試体に含ま浸材を塗布した場合としない場合の透気係数をそれぞれ示す。この結果、無塗布供試体 (N) の透気係数では、圧縮強度が低いほど透気係数は大きくなり、両者に一応の相関が認められた。一方、含浸材塗布供試体 (A および B) は、圧縮強度と透気係数の間には相関性は確認されず、いずれの含浸材を塗布した場合も、無塗布供試体に比べて透気係数は低下する結果となった。これは、含浸材を塗布することにより、コンクリート表面が緻密化されたことで、物質移動抵抗性が高まったことを示していると考えられた。また、単位水量が小さいものほど、含浸材の効果が高いことが明らかとなった。

図 - 5 には、気中養生を行った水セメント比 60% のコンクリート供試体に含ま浸材を塗布した結果を示す。無塗布供試体 (N) の場合には、水中養生の場合ほど顕著ではないものの、同様に圧縮強度が高いと透気係数は小さくなる傾向が確認できた。また、含浸材塗布供試体 (A および B) についても水中養生と同様に、無塗布供試体に比べて、透気係数が低下する結果を示した。ただし、図 - 4 に示した水中養生の透気係数の低下割合に比べるとその効果は小さかった。これについては、養生の違いによって生じる含浸材塗布時のコンクリートの含水量の違いが影響したものと考えられた。すなわち、既往の研究から、含浸材塗布時のコンクリートの含水量が多いほど、コンクリート品質改善効果が高いことを確認しており²⁾、これが気中養生と水中養生での含浸材塗布効果の違いとして現れたと思われる。

図 - 6 には、コンクリートの水セメント比が異なる場合の透気係数の違いについて一例を示す。この結果、上記の傾向と同様に、無塗布供試体では圧縮強度が大きい方が、透気係数は小さくなる結果を示した。また、含浸材塗布供試体は、水セメント比の違いに関らず、無塗布供試体より透気係数が低下する結果を示した。そこで、水セメント比ごとの含浸材によるコンクリート品質改善効果の違いについて見てみると、水セメント比 40% の方が 60% に比べて、透気係数の低下割合は大きくなる傾向を示している。これは、含浸材の反応量の違いによるもので、セメント量の多い水セメント比 40% の方が含浸材との反応に必要なコンクリート中の Ca^{2+} の絶対量が多いことによると考えられる²⁾。

以上のことから、含浸材塗布によるコンクリートの品質改善効果が塗布するコンクリートの配合や養生条件によって異なることを、透気係数の結果から把握できることを確認した。また、その傾向は、別途に実施しているコンクリート表面改質効果に関する研究結果と一致し、透気係数の測定が実施工における含浸材の施工評価指標として応用できる可能性が示唆された。

参考文献

- 1) 金武漢ほか：モルタル及びコンクリートの中性化に影響を及ぼす透気係数に関する実験的研究 コンクリート工学年次論文集, vol22, No. 1, pp193-198, 2000. 7
- 2) 樋原弘貴ほか：ケイ酸塩系表面含浸材の浸透特性および保護性能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, 第 8 巻, pp77-84, 2008. 10

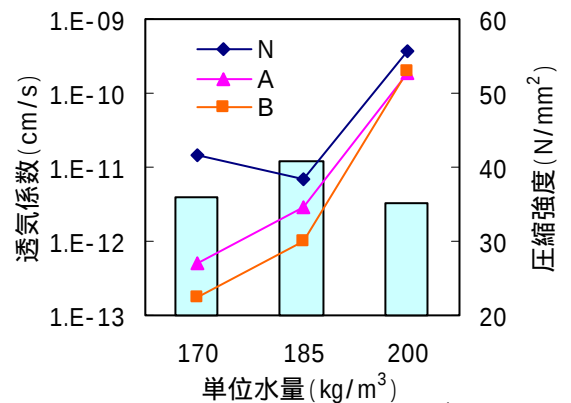


図 - 4 単位水量と透気係数および圧縮強度の関係 (水セメント比 60%, 水中養生)

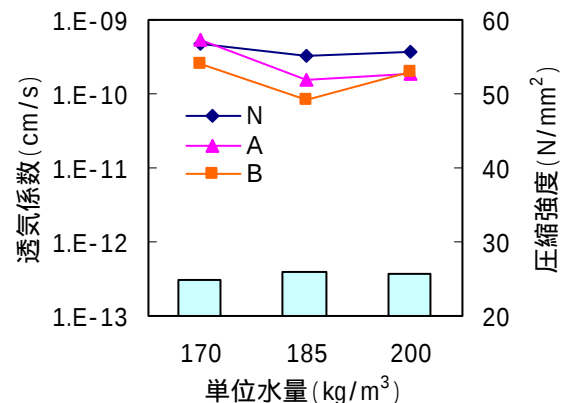


図 - 5 単位水量と透気係数および圧縮強度の関係 (水セメント比 60%, 気中養生)

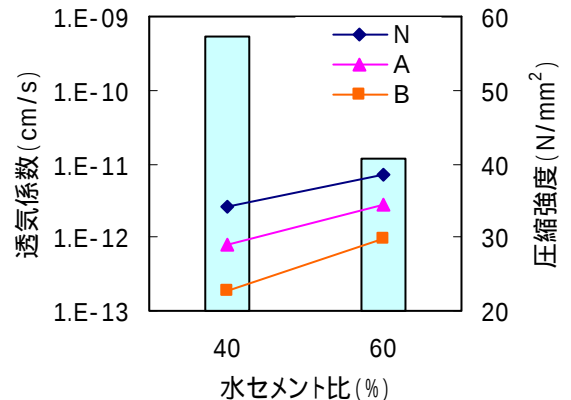


図 - 6 水セメント比と透気係数および圧縮強度の関係 (単位水量 185kg/m³)