

コンクリートの圧縮強度と物質移動抵抗性の関係に及ぼす養生条件の影響

芝浦工業大学 学生会員 樺山弘基
 東急建設株式会社 正会員 早川健司
 芝浦工業大学 フェロー会員 魚本健人

芝浦工業大学大学院 学生会員 水上翔太
 東京大学生産技術研究所 正会員 加藤佳孝

1. はじめに

現在、コンクリートの品質評価は、打込み時に採取し標準養生した供試体の圧縮強度で行われており、耐久性に直接関係する評価は行われていない。圧縮強度は構造性能に対しては重要な指標であり、また構造物の耐久性を支配する一因であるものの、コンクリートの塩化物イオン浸透性、水、酸素、二酸化炭素等の物質移動抵抗性を直接示す指標とはならないことが指摘されている^{例え1)}。

本研究では、コンクリートの品質を代表するために一般的に用いられている圧縮強度と、物質移動抵抗性の指標となる透気係数および塩化物イオンの拡散係数の関係を定量的に確認することを目的とした。実構造物のコンクリートの品質は、コンクリートの配合条件、打込みや締固め、養生方法などの施工方法の影響を受けるが、本研究では養生条件に着目した。実験では、セメントの種類、水セメント比を変化させるとともに、実施工を考慮して、養生条件を変化させた供試体を用いた。

2. 実験概要

2.1 配合及び養生条件

本研究に用いた配合を表-1 に示す。セメントは普通ポルトランドセメント (OPC) および OPC の 45% を高炉スラグ微粉末 (密度 2.89 g/cm³, 比表面積 4440cm²/g) で置換した BB を用いた。コンクリートの配合は単位水量を一定とし、水セメント比を 40, 50, 60% の 3 水準

表-1 コンクリートの配合

記号	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					AE剤 (kg)	AE減水剤 (kg)
			W	C	BS	S	G		
OPC	40	41	165	413	0	703	1050	*(C+BS) *0.006%	*(C+BS) *0.25%
	50	43	165	330	0	766	1047		
	60	45	165	275	0	823	1036		
BB	40	41	165	227	186	697	1041		
	50	43	165	182	149	762	1048		
	60	45	165	151	124	818	1038		

に変化させた。表-2 に養生条件を示す。W/C=50%の養生は、20 標準水中養生に加え、屋外水中養生、ならびにコンクリート標準示方書に示されているセメントの種類、日平均気温ごとの標準的な湿潤養生期間を屋外封緘養生し、その後屋外および屋内暴露する計 4 条件として、養生期間ならびに養生温度、乾燥の影響を変化させた。なお、本実験では、打設時のコンクリート温度は 20 を目標とし、気象庁のデータによると、OPC および BB 打設後の養生 28 日間の平均気温はそれぞれ 9.0 , 13.3 , 合計降水量は 81.5mm , 82.5mm であった。

2.2 試験方法

a) 透気試験

透気試験は 28 日間の養生終了後、φ100×200mm の供試体中央部分を厚さ 40mm となるように切断し、炉乾燥 (40) した後、透気セルに設置した。その後、セルに圧縮空気を注入し、試験体内部を透過した空気流量が定常となったことを確認したうえで、水上置換法により透気量を測定し、透気係数を求めた²⁾。

b) 塩化物イオンの拡散係数

塩化物イオンの拡散係数は JSCE-G 571-2003 の電気泳動法に準拠して実効拡散係数を算出した。電気泳動法による試験は、28 日間の養生終了後の供試体を用いて実験した。

3. 実験結果

図-1 に水セメント比と透気係数ならびに塩化物イオンの実効拡散係数の関係を示す。W/C の増加にともな

表-2 養生条件

記号	養生方法
W	28日間20 水中養生
SW	28日間屋外水中養生
OA	屋外封緘 (OPC7日, BB9日間) 養生後, 脱型し屋外気中養生
IA	屋外封緘 (OPC7日, BB9日間) 養生後, 脱型し屋内 (20) 気中養生

キーワード 養生条件, 圧縮強度, 透気係数, 塩化物イオン実効拡散係数

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学複合材料研究室 Tell 03-5859-8358

い、透気係数ならびに塩化物イオンの実効拡散係数は大きくなる傾向が見られる。また、透気係数はセメントの種類によらず同等であるが、塩化物イオンの実効拡散係数は OPC より BB の方が小さくがなった。

図-2, 図-3 に、養生条件を変化させた場合の透気係数ならびに塩化物イオンの実効拡散係数と、圧縮強度の関係を示す。また、図中には W/C を変化させたときの関係もあわせて示している。

W/C を変化させ、標準養生した時の圧縮強度と透気係数の関係には相関関係が認められる。養生条件のみを変化させた時の圧縮強度と透気係数の関係は、W/C を変化させた場合に比べ、圧縮強度の低下に対する透気係数の増加の割合が大きい傾向にある。また、標準養生した場合、圧縮強度と透気係数の関係は粉体種類によらずほぼ一致するが、養生条件を変化させた場合、粉体種類によって両者の関係は異なる。すなわち、BB は OPC より水分の供給量や温度などの養生条件の影響を受けやすいことが示されている。

W/C を変化させ、標準養生した時の圧縮強度と塩化物イオンの実効拡散係数の関係には概ね相関関係が認められる。しかし、養生を変化させた場合、圧縮強度が低下したのに対して、塩化物イオンの実効拡散係数は概ね一定となり、コンクリートの品質に及ぼす養生依存性は実効拡散係数よりも、圧縮強度の方が敏感である結果となった。電気泳動試験は、前処理として水中で真空飽和処理を行い、試験期間中約 1~2 週間程度の間水分が供給される試験である。よって、試験期間中にセメントの水和反応が進行した可能性が考えられ、養生変化の影響が実効拡散係数に反映されなかった一要因であると考えられる³⁾。なお、図-4 に示すように、通電開始後、初めて陽極側で塩化物イオンが測定された時の塩化物イオン濃度は、W より WS, OA, IA の方が高く、非正常状態では養生条件が塩化物イオンの浸透性に影響を与えていると考えられる。

4. まとめ

透気係数と圧縮強度の関係には全体的に相関性が認められ、さらに養生条件が与える影響は水セメント比に比べ大きいことが確認された。しかし、塩化物イオン実効拡散に及ぼす養生の影響は、試験開始後の水

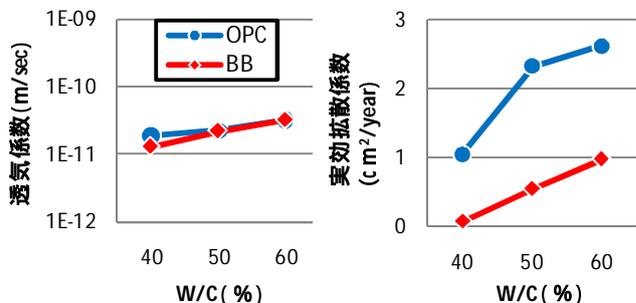


図-1 W/C と透気係数と塩化物イオンの実効拡散係数関係の関係

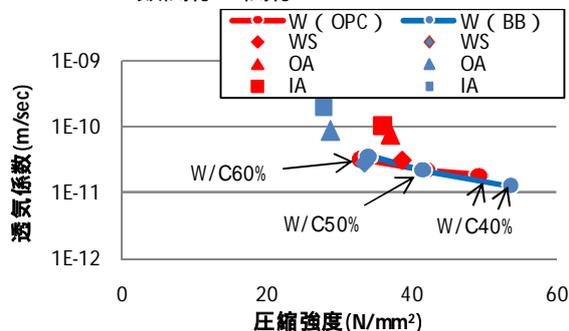


図-2 圧縮強度と透気係数との関係

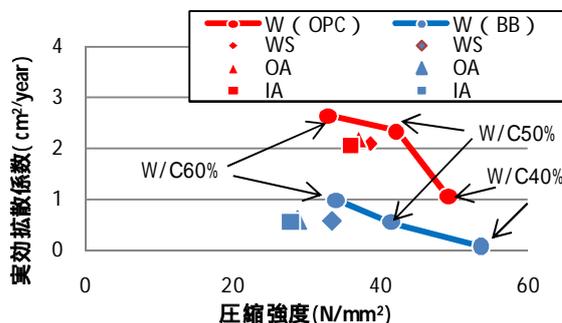


図-3 圧縮強度と塩化物イオンの実効拡散係数の関係

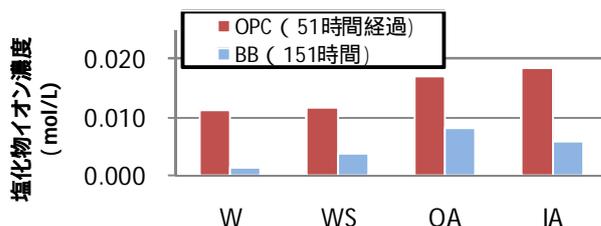


図-4 通電開始後初期の塩化物イオン濃度

養生条件を変化した時の塩化物イオン浸透性については、評価方法を含めて検討していく必要がある。

参考文献

- 岡崎慎一郎ほか: 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, No.60, pp.227-234, 2006
- 氏家勲ほか: コンクリートの透気性状と酸素および塩素イオンの拡散性状に関する研究, コンクリート工学年次論文報告書 Vol1.No.15, pp.519-524, 1993
- 伊代田岳史ほか: 若材齢における乾燥がセメント硬化体の内部組織構造に及ぼす影響, 土木学会論文集 No.732, V-59 pp17-26, 2003.5