

養生が高炉スラグコンクリートの中性化速度係数に及ぼす影響

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○三坂 岳広
元芝浦工業大学大学院 末木 博
芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史

1. 背景および目的

近年、二酸化炭素排出量削減の方法としてセメントに置換することでその使用量を減らすことのできる混和材が注目されており、特に混和材を高置換したコンクリートの研究が続けられている。この混和材料の中でも高炉スラグ微粉末(BFS)は置換率を大きく設定することが可能であり、置換による二酸化炭素排出量削減効果が大きい。高炉セメントを用いて製造されたコンクリートは、湿潤養生を十分に行うことで長期強度が増進すること、水密性が優れることなどの利点を持つ。しかし、促進中性化試験に準じて試験を行った場合、中性化が速くなると言われている。一方で松田ら¹⁾は実構造物の調査結果より、高炉セメント B 種と普通ポルトランドセメント(OPC)を使用したコンクリートにおいて中性化速度係数が同程度としている。

本研究では、BFS 置換率を変化させたセメントを用いたコンクリートを促進中性化試験環境下と実際の屋外環境で炭酸化させ、それぞれの中性化速度について比較した。これにより、BFS 置換率の大きいセメントを用いた場合や炭酸化環境によって変化する炭酸化進行メカニズムについて検討した。また、中性化深さに養生が影響すると考え、養生についても検討を行った。

2. 実験の概要

表-1 にコンクリートの計画配合、フレッシュ性状および圧縮強度を示す。水セメント比は 50%とした。高炉スラグ微粉末をセメントに 0~80%で置換した。

図-1 に中性化深さを計測した供試体の養生条件を示す。養生条件は 2 種類とした。促進環境の標準養生を行った供試体を例に説明すると、材齢 1 日で脱型後に材齢 4 週まで水中養生を行った。その後、材齢 5 週まで恒温恒湿室(温度: 20±1℃, 湿度 60±5%)に静置し、含水状態を調整し、材齢 9 週まで雨がかりのない屋外に暴露した後に促進中性化槽で炭酸化させた。中性化深さは JIS 規格の促進中性化試験(CO₂ 濃度 5%)と雨がかりの無い屋外に暴露した供試体から計測した。また、図中の星印の前を前養生と定義し、前養生終了時での中性化深さを確認した。

3. 実験結果

図-2 に実環境の中性化速度係数と促進換算中性化速度係数の関係を示す。促進換算中性化速度係数とは、促進中性化試験の結果を魚本・高田式で実環境(CO₂ 濃度 400ppm)に換算した値である。また、図中の中性化速度係数は、前養生終了時の促進期間 0 週から 26 週までの中性化深さから算出した。図から標準養生を行った

表-1 計画配合, フレッシュ性状および圧縮強度

	w/c (%)	置換率 (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				A E 減水剤 C×%	助剤	フレッシュ性状		圧縮強度 (N/mm ²)	
				W	C		S			G	スランブ (cm)		空気量 (%)
					OPC	BFS							
OPC	50	0	46	165	330	－	826	1000	0.6	0.75A	16.5	5.4	36.4
B50		50			165	165	821	993		2.0A	11.0	5.1	32.7
B60		60			132	198	820	992		2.5A	12.0	4.0	29.6
B70		70			99	231	819	990		3.0A	11.5	4.0	29.4
B80		80			66	264	818	989		3.5A	10.0	4.0	26.0

図-1 供試体の養生条件

		0日	1日	1週	2週	3週	4週	5週	6週	7週	8週	9週	10週
促進環境	養生無し	打設	型枠	脱型	恒温室				屋外暴露				
	標準養生				水中養生				促進中性化試験				
実環境	養生無し				恒温室				屋外暴露				
	標準養生				水中養生				屋外暴露				

キーワード 中性化, 高炉スラグ微粉末, 養生, 炭酸化, 高置換

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 TEL:03-5859-8356 Email:na16503@shibaura-it.ac.jp

供試体では、実環境の中性化速度係数と促進換算中性化速度係数の間に概ね相関があり、中性化速度係数も1.0より小さい値を示している。しかし、養生無しの中性化速度係数は、標準養生と比較して大きな値を示し、特に置換率70および80%で促進換算中性化速度係数が大きくなる傾向が得られた。BFS置換率が70%以上と大きい場合、促進中性化試験の促進環境は養生の影響を大きく受け、炭酸化の進行を著しく早く評価する可能性がある。原因として置換率が大きくなるとコンクリート内部の初期のpHが低い²⁾ことなどが考えられる。

図-3に養生無しの促進中性化試験結果を示す。中性化速度係数は、27mm程度を境に中性化速度係数が異なる。そのため、27mmを境に直線近似をした。結果からB70およびB80の中性化速度係数は27mmを境に大きな変化がない。しかし、B50およびB60で顕著な差異が確認できる。既往の研究²⁾から養生による乾燥の影響を受ける範囲は、表層から25mm程度とされており、本実験の傾向も養生によるものと考えられる。B50およびB60は促進中性化試験において養生が不足した場合に表層で中性化速度係数が大きくなる。これは、促進期間が短いと養生の影響を強く受け、中性化速度係数が大きく評価される可能性を示している。

図-4に図-3で示した表層と内部の中性化速度係数の関係を示す。養生の影響を受ける表層で中性化速度係数が大きくなったのは、B50およびB60であり、BFS置換率が大きくなっても表層と内部の中性化速度係数に差異が大きくなるような傾向は得られなかった。促進換算中性化速度係数は置換率が70%より大きい場合に内部でも大きくなり、置換率が50および60%では表層のみで大きくなった。

4. まとめ

促進中性化試験による中性化速度係数は養生の影響を受け、置換率70%以上で養生無しの場合に実環境の中性化速度係数より大きな値を示す。また、置換率50および60%で養生無しの場合、養生の影響により中性化速度係数が大きくなる範囲は、表層から27mm程度の表層となった。

謝辞：本研究はJSPS 科研費JP15K06169、鉄鋼スラグ協会および日本スラグセメント・コンクリート研究会の助成を頂いて実施した。ここに謝意を示す。

参考文献

1)松田ら：実構造物調査に基づく中性化に与えるセメント

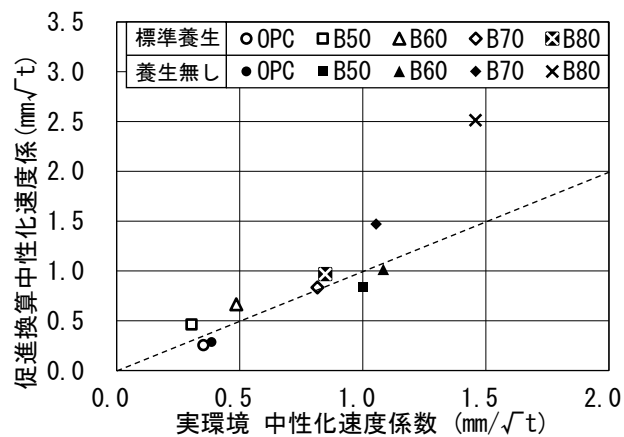


図-2 中性化速度係数の関係

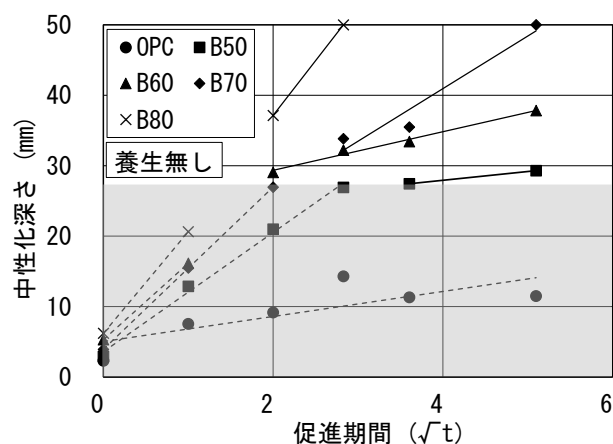


図-3 促進中性化試験結果

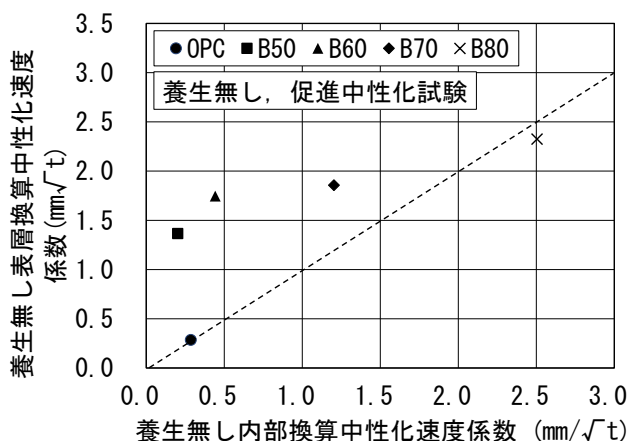


図-4 表層と内部の中性化速度係数の関係

および水分の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.1, pp.629-634, 2010

2)三坂ら：高炉スラグ微粉末高置換セメントの炭酸化進行メカニズムの検討, 土木学会年次学術講演会, V-355, pp.709-710, 2017

3)井ノ口ら：高炉コンクリートの養生相違が乾燥の影響範囲に与える影響, 日本コンクリート工学会, 混和材を積極的に使用するコンクリートに関するシンポジウム, pp.69-74, 2011