

炭酸ガス濃度の違いが混和材高置換セメントの炭酸化進行に与える影響

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○伊藤 孝文
芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史

1. 研究背景及び目的

近年、様々な業界で環境負荷低減に向けた取り組みが広く行われている。建設業界においては、高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどの混和材料の積極利用が望まれており、結合材中の混和材の割合が6～7割程度のセメントも開発されている。混和材を置換したコンクリートは塩分浸透や化学的侵食に対して高い抵抗性を兼ね備えている一方で、セメント量が少ないことによる初期強度や中性化に対する抵抗性が低下する。本研究では、この混合セメントの欠点とされている中性化抵抗性に着目した。

RC 構造物で中性化が進行すると鉄筋の不動態皮膜が破壊され、鉄筋が腐食しその膨張圧によってコンクリートにひび割れが発生することにより構造物の耐力が低下する。コンクリート標準示方書〔設計編〕では中性化進行予測式が提案されており、混和材を使用するコンクリートに関しても混和材毎に定められた定数を用いることによって中性化速度を評価しており、高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートは中性化に対する抵抗性が低いとされている。しかし、この回帰式はコンクリートの養生や環境の影響が考慮されていない。また、松田ら¹⁾は高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートと普通ポルトランドセメントを使用した場合において、実環境での中性化深さが同程度であったと報告している。

そこで、本研究では更なる環境負荷低減に向けて混和材を高置換したセメントにおける中性化深さを促進環境と実環境で比較を行うことで、混和材の置換量と炭酸ガス濃度の違いによる中性化抵抗性の違いを検証する。

2. 実験概要

2. 1 試験体緒元

表-1 に本研究で使用したモルタルの配合を示す。モルタル供試体の試験体寸法は 40×40×160 (mm) で全てのモルタルで水結合材比 W/B を 0.5 で一定とし、

キーワード 高炉スラグ微粉末, フライアッシュ, 高置換, 中性化
連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 TEL. 03-5859-8356 E-mail : me15015@shiba-ita.ac.jp

表-1 モルタルの配合表

	W/B	S/C	結合材割合 (%)			封緘養生7日			封緘養生28日		
			OPC	BFS	FA	圧縮強度 (N/mm ²)	中性化深さ (mm)		圧縮強度 (N/mm ²)	中性化深さ (mm)	
							促進 (7日)	実環境 (28日)		促進 (7日)	実環境 (28日)
1	0.5	3	100	-	-	39.9	1.5	0.0	54.1	0.0	0.0
2			40	60	-	27.5	6.6	1.8	39.8	5.1	0.3
3			35	50	15	23.5	7.0	3.6	28.9	2.5	1.4
4			30	70	-	24.8	7.4	2.8	33.8	7.1	1.1
5			25	50	25	20.5	10.7	4.3	29.6	3.7	2.9
6			25	60	15	20.5	6.7	2.3	27.2	6.4	-
7			15	70	15	15.5	11.4	6.3	24.6	12.7	6.3
8			10	85	5	12.7	18.7	7.7	15.9	17.4	6.3
9			5	85	10	11.0	14.8	7.7	14.6	14.5	6.4
10			5	70	25	9.8	13.8	4.8	12.0	16.5	4.9

水：結合材：細骨材の質量比を 0.5 : 1 : 3 とした。セメント種は普通ポルトランドセメント (OPC) を使用し、混和材料として一般的に広く用いられている BFS と、ポゾラン反応による長期強度発現効果や収縮低減効果のある FA を使用した。打込みしたモルタルは翌日脱型をし、7 日及び 28 間の封緘養生を行った。

2. 2 圧縮強度試験

養生終了後、「セメントの物理的試験方法 (JIS R 5201-1997)」に準拠しモルタルの圧縮強度試験を行った。表-1 にその結果を示す。結合材中の OPC 割合の減少に伴い圧縮強度が低下していることが確認できる。

2. 3 中性化試験

養生終了後、側面の 1 面を除きアルミテープでシールした供試体を促進中性化試験装置 (20°C, RH60%, CO₂濃度 5%) と恒温恒湿室 (20°C, RH60%, CO₂濃度約 0.05%) にそれぞれ静置した。材齢毎に割裂をし、中性化深さは JIS に準拠して、フェノールフタレイン溶液を噴霧し、表面から赤紫色に呈色した部分までを 6 点測定し、その平均値を中性化深さとした。表-1 にその結果を示す。結合材中の OPC 割合の減少に伴い促進環境と実環境のいずれにおいても中性化深さが増加していることが確認できる。

3. 実験結果及び考察

3. 1 促進環境と実環境の中性化比較

図-1, 2 に結合材中の OPC 割合と促進中性化深さ, 及び実環境中性化深さの関係を示す。結合材中の OPC 割合の減少に伴い促進中性化深さ及び実環境中性化深さも類似した増加傾向を示している。しかし, 結合材中の OPC 割合が少ない場合では, 促進中性化深さと実環境中性化深さの差が大きいことが分かる。また, 養生日数を 7 日から 28 日に変化させたにも関わらず, 結合材中の OPC 割合が少ない配合では促進中性化深さが著しく大きいことが分かる。これらの結果から, 結合材中の OPC 割合が少ないセメントにおいて促進環境で中性化深さを測定した場合, 実環境での中性化深さとの差が大きくなってしまう可能性がある。

3. 2 圧縮強度と中性化深さの比較

図-3 に圧縮強度と実環境中性化深さの関係を示す。封緘養生が 7 日及び 28 日のいずれの場合において, OPC 割合に関係なく, 圧縮強度の増加に伴い中性化深さが減少している。図-4 に圧縮強度と促進中性化深さの関係を示す。促進試験の場合も OPC 割合に関係なく, 圧縮強度の増加に伴い中性化深さが減少しているが, 結合材中の OPC 割合が小さい時は圧縮強度が同程度であるにも関わらず中性化深さにばらつきがあることが分かる。さらに, 養生日数を 28 日にした場合は実環境とは異なり, 結合材中の OPC 割合が小さいセメントは圧縮強度の増加に伴い中性化深さが減少していないことが確認できる。

4. まとめ

- (1) 混和材を置換したセメントは実環境と促進環境では中性化深さが異なる傾向を示し, 特に結合材中の OPC 割合が少ない場合に顕著に見えた。
- (2) 養生日数の違いによる中性化と圧縮強度の関係性に着目すると, 実環境では養生日数の増加に伴う圧縮強度の増加によって中性化深さが減少したが, 促進環境では結合材中の OPC 割合が少ない場合において同様の傾向は得られなかった。

参考文献

1) 松田芳範, 上田洋, 石田哲也, 岸利治: 実構造物調査に基づく炭酸化に与えるセメントおよび水分の影響, コンクリート工学論文集, Vol. 32, No. 1, pp629-634, 2010

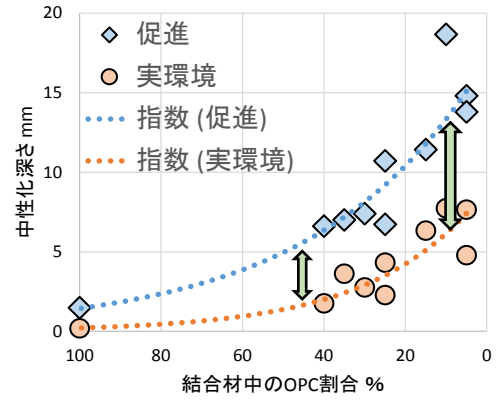


図-1 促進環境と実環境の中性化深さ (封緘養生 7 日)

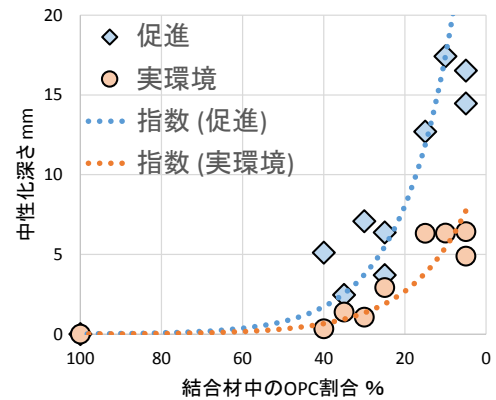


図-2 促進環境と実環境の中性化深さ (封緘養生 28 日)

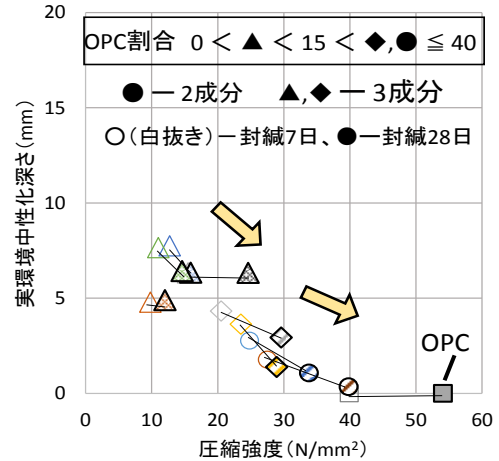


図-3 圧縮強度と実環境中性化深さ

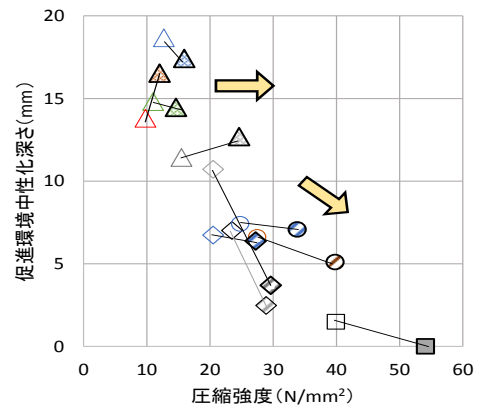


図-4 圧縮強度と促進中性化深さ