

乾湿繰返し作用下におけるコンクリートの中性化に及ぼす養生条件の影響

東北大学 学生会員 ○幸田 圭司, 渡邊 裕輝
正会員 宮本 慎太郎, 皆川 浩, 久田 真

1. 研究の背景と目的

高炉スラグ微粉末を混和したコンクリート(以下, BFS と称す)は普通ポルトランドセメントコンクリート(以下, OPC と称す)と比較して中性化抵抗性が低く, 入念な養生が必要とされている. しかし, 雨水などの供給がある実環境では OPC と BFS の中性化深さは供用年数に関わらずその差は小さいという知見¹⁾もあり, 環境作用が中性化の進行に及ぼす影響も非常に大きいと考えられる. そこで, 本研究では中性化の進行に及ぼす乾湿繰返し作用の影響と養生条件の関係を把握することを目的として, 実験的検討を行った.

2. 実験概要

2.1 供試体の作製

結合材として, OPC は普通ポルトランドセメントを, BFS は普通ポルトランドセメントに高炉スラグ微粉末を 45 %重量内割置換したものを使用した. 表-1 に示方配合を示す. 空気量およびスランプ管理値はそれぞれ $5.0 \pm 1.5 \%$, $8.0 \pm 2.5 \text{ cm}$ である. なお, 打込みから 24 ± 2 時間後に脱型した後, $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, R.H. $60 \pm 10 \%$ の恒温室で材齢 28 日まで表-2 に示す養生を施した.

2.2 試験方法

(1) 乾湿繰返し作用下の促進中性化試験

JIS A 1153 に準拠し, $20 \text{ }^\circ\text{C}$, R.H. 60% , CO_2 濃度 5% で促進中性化試験を実施した. $100 \times 100 \times 400 \text{ mm}$ の角柱供試体から, 底面を含む $40 \times 50 \times 50 \text{ mm}$ の寸法の試料を採取し, 底面以外の 5 面にエポキシ樹脂を塗布し, 底面からの中性化の進行について評価した. 乾湿繰返し作用は, 表-3 に示すような 3 水準を設け, 中性化深さの測定は JIS A 1152 に準拠し, 促進中性化環境下における積算曝露期間が 42 日目の時点で測定した. なお, 中性化の進行は $\sqrt{t}$ 則に従うとし, 促進中性化環境下における積算曝露期間 42 日目の中性化深さの値から各水準の中性化速度係数 b を算出した.

表-1 示方配合

記号	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						
			W	C	BS	S	G	AE 減水剤	AE 剤
OPC	55	45.3	156	284	0	819	1098	0.9	0.006
BFS			154	154	126	819	1098	1.1	0.006

表-2 養生条件

記号	養生条件
28D	材齢 28 日まで気中養生
5W	5 日間水中養生後, 材齢 28 日まで気中養生
7W	7 日間水中養生後, 材齢 28 日まで気中養生
28W	材齢 28 日まで水中養生
28SW	材齢 28 日まで人工海水養生
28S	材齢 28 日まで封緘養生

表-3 乾湿繰返し作用

記号	1 サイクル (7 日間) の内容
水準 I	7 日間促進中性化
水準 II	6 日間促進中性化後, 1 日間水中浸漬
水準 III	4 日間促進中性化後, 3 日間水中浸漬

(2) 水分逸散試験

水分移動性状の把握のため, $100 \times 100 \times 400 \text{ mm}$ の角柱供試体から $100 \times 100 \times 25 \text{ mm}$ の寸法の試料を採取し, 飽水处理を施し, 型枠面 3 面を除く 3 面にエポキシ樹脂を塗布した後 $20 \text{ }^\circ\text{C}$, R.H. 60% 環境下に曝露し, 経時的に質量測定を行った. このとき, 重量差法により飽水状態のコンクリートの含水率を算出し, この含水率と水分逸散試験用供試体の含水率の比率と測定日数の平方根の近似直線の傾きを水分逸散係数 k とした.

2.3 養生および乾湿繰返し作用の中性化抑制制度

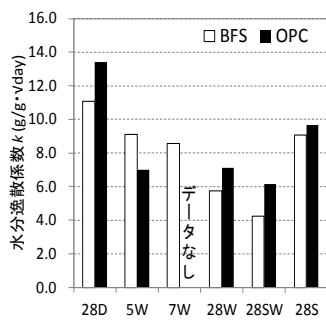
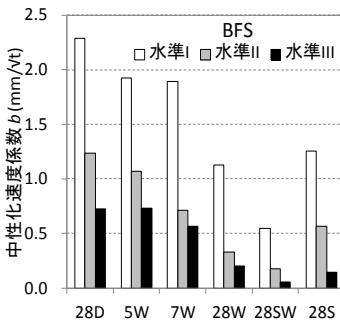
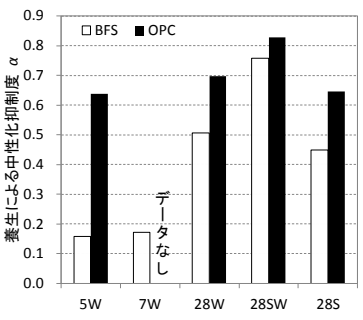
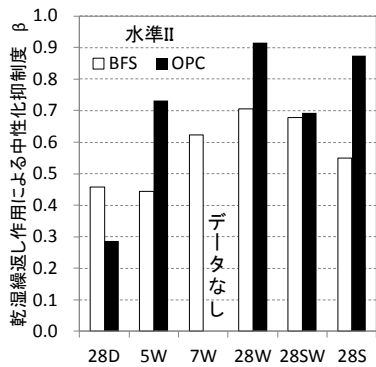
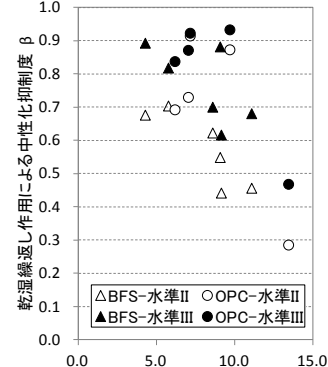
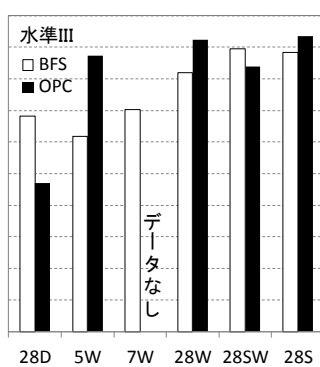
中性化の進行抑制に及ぼす養生の中性化抑制制度を α , 乾湿繰返し作用の中性化抑制制度を β として式(1)のように定義し, 中性化深さ y を式(2)のように表した. α および β の値が大きいほど中性化の進行は抑制されることを意味する. ここで, $b_{i,j}$ は各配合の養生条件 i , 乾湿繰返し作用の水準 j の中性化速度係数である.

$$\alpha = 1 - \frac{b_{i,\text{水準}}}{b_{28\text{D},\text{水準}}}, \quad \beta = 1 - \frac{b_{i,j}}{b_{i,\text{水準}}} \tag{1}$$

$$y = (1 - \alpha) \times (1 - \beta) \times b_{28\text{D},\text{水準}} \times \sqrt{t} \tag{2}$$

キーワード 高炉スラグ微粉末, 中性化, 養生, 乾湿繰返し作用

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 東北大学大学院土木工学専攻 TEL 022-795-7430

図-1 水分逸散係数 k 図-2 中性化速度係数 b 図-3 養生による抑制度 α 図-4 乾湿繰返し作用による抑制度 β 図-5 k と β の関係

3. 結果と考察

3.1 水分逸散係数

図-1に養生条件ごとの水分逸散係数を示す。BFSとOPCで比較すると、どちらも水中養生期間が長いほど水分逸散係数は小さくなる傾向が見て取れる。28WにおいてはOPCよりBFSの方が水分逸散係数は小さいのに対し、5WにおいてはBFSの方が大きかった。このことから、BFSは適切な養生を施せばOPCよりも水分の逸散を抑制できることがわかる。

3.2 中性化速度係数

図-2に養生条件ごとの中性化速度係数を示す。図-2より、概ねBFSはOPCより中性化速度係数が大きいことがわかる。乾湿繰返し作用を受ける水準IIおよび水準IIIにおいては、OPCおよびBFSとともに水準Iと比較して大幅に中性化速度係数は小さくなっており、水分供給量が最も多い水準IIIの中性化速度係数が最も小さかった。

3.3 養生および乾湿繰返し作用の中性化抑制度評価

3.3.1 養生による中性化抑制度

図-3にBFSとOPCの養生による中性化抑制度 α を示す。BFSに着目すると、OPCと比較して α の値の変化が大きいことがわかる。このことから、中性化抵抗性の確保の観点からも、適切な養生方法を選択することの重要性があらためて示された。

3.3.2 乾湿繰返し作用による中性化抑制度

図-4にBFSとOPCの乾湿繰返し作用による中性化抑制度 β を示す。図-4より、養生条件ごとで β の値が異なっていることがわかる。その要因の一つとして、水分移動性状の違いが考えられる。図-5に水分逸散係数と乾湿繰返し作用の中性化抑制度の関係を示す。図-5より、水分逸散係数が小さいと乾湿繰返し作用の抑制度が大きくなる傾向が見て取れる。これは水分逸散係数が小さい場合、供給された水分を空隙中に保持する能力が高いため、中性化の進行が抑制されたと考えられる。また、図-4において結合材種で比較すると、養生条件による β の変動はBFSの方がOPCより小さくなる傾向となった。

4. 結論

促進中性化試験を用いた検討の結果、乾湿繰返し作用による中性化抑制は結合材および養生条件によって変化し、その傾向は水分逸散係数と相関性がある。

謝辞 本研究は鉄鋼スラグ協会との共同研究の成果の一部である。同協会の諸岡等氏、星俊彦氏はじめ、関係各位のご助力に対し、ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 松田 芳範ら：実構造物調査に基づく中性化に与えるセメントおよび水分の影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.32，No.1，pp.629-634，2010