

硝酸塩の添加による低炭素型コンクリートの中性化抑制効果について

大成建設（株）技術センター 正会員 ○ 大脇 英司
 同上 正会員 荻野 正貴
 同上 正会員 岡本 礼子

1. はじめに

混和材を結合材として大量に使用し、ポルトランドセメントを置換する割合が JIS の混合セメントの範囲を超えることもあるコンクリートは、低炭素型のコンクリートとして知られ、コンクリート製造時の CO₂ 排出量を抑制できる¹⁾。一方、ポルトランドセメント量が少ないことから、一般のコンクリートと比較して中性化が速いという課題がある²⁾。著者らは Mg(OH)₂ の添加による中性化抑制効果について報告しているが³⁾、ここでは、各種の硝酸塩の添加効果について報告する。

2. 試験体作製および促進中性化試験

低炭素型のコンクリートを構成するペーストに所定量の硝酸塩を添加して促進中性化試験を行った。使用材料と配合を図1と表1に示す。材料はそれぞれの JIS を満たす市販品とし、硝酸塩は試薬特級を用いた。高炉スラグ微粉末にはセッコウが混合されている場合があるため合算して示した(図1)。また、赤色の台形の範囲は文献2の「混和材を大量に使用したコンクリート」に概ね合致する。

φ30mm×50mm の円柱試験体を作製し、20°Cで28日間、封かん養生した。その後脱型して温度20°C、湿度60%で7日間保管した。打込み面以外をアルミニウムテープで被覆し、温度20°C、湿度60%、CO₂濃度5%で促進中性化試験を行った。所定の期間経過後に試験体を割裂し、破断面に1%フェノールフタレイン溶液を噴霧して促進中性化深さを測定した。式1を満たす最適な中性化速度係数を求めた。

促進中性化深さ = 中性化速度係数 × √(促進期間) … 式1

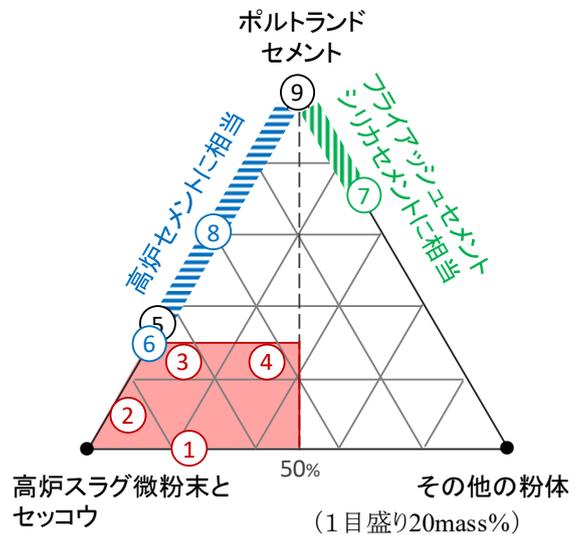


図1 検討した結合材（粉体）の構成

表1 検討したペースト試料の配合（質量比）

配合	種別	水	結合材(Act.を用いる場合は粉体)					
			ポルトランドセメント:PC		高炉セメント B種	高炉スラグ微粉末	無水セッコウ	その他の粉体
			普通	早強				
1	低炭素型 (PC= 0 [*])	40.0	—	—	—	77.2	—	Act.: 22.8
2	低炭素型 (PC=10)	42.5	—	10	—	85	—	SF: 5
3	低炭素型 (PC=25)	42.0	25	—	—	65	—	SF: 10
4	低炭素型 (PC=25)	40.5	25	—	—	45	—	FA: 30
5	低炭素型 (PC=32.7)	46.7	32.7	—	—	60.8	6.5	—
6	高炉セメント C 種相当 (PC=30)	55.0	30	—	—	70	—	—
7	フライアッシュセメント C 種相当 (PC=70)	55.0	70	—	—	—	—	FA: 30
8	高炉セメント B 種 (PC=約 60)	55.0	—	—	100	—	—	—
9	普通ポルトランドセメント (PC=100)	55.0	100	—	—	—	—	—

※: 結合材(または粉体)中の PC の割合, FA:フライアッシュ, SF:シリカフューム, Act.:膨張材・消石灰・石灰石微粉末の混合物。

キーワード コンクリート, 低炭素, 混和材, 中性化, 高炉スラグ, フライアッシュ

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術センター TEL. 045-814-7265

3. 中性化抑制効果

硝酸塩として $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ を結合材（または粉体，表 1 参照）に対して NO_3 換算で 2.0mass% 添加した場合の結果を図 2 に示す．硝酸塩を添加していない同一の配合物の中性化速度係数に対する比率（中性化速度比）で評価した．1 を下回る場合（中性化が抑制される場合）を“○”，その他を“×”とした．混和材を多く含む配合 1～7 において効果がみられ，通常，中性化速度が問題とならない普通ポルトランドセメント，高炉セメント B 種（配合 8，9）では効果が認められなかった．中性化抑制効果のある配合は点線（式 2， $K=1$ ）を境界として区分できた．

$$[\text{高炉スラグとセッコウの割合}]/67.3 + [\text{その他の粉体の割合}]/30.0 = K \cdots \text{式2}$$

$K \geq 1$ （原点から離れる方向）の範囲で効果を得たため， K を指標に中性化速度比の変化を示した（図 3）． NO_3 換算で 2.0mass% 添加した場合，粉体の構成によらず， K が約 0.5 を超えて増加すると抑制効果は大きくなった．中性化速度を 3 割程度にまで大幅に抑制できる場合があった．また，カルシウム塩以外の硝酸塩を配合 1 に添加しても，抑制効果が得られることを確認した（図 4）．

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ の添加率と硝酸塩の種類を変えた場合の結果を図 5 にまとめる．添加率を NO_3 換算値とし，配合を K で示すことで効果の得られる範囲を明示でき， K が大きいとより小さな添加率で効果が得られることが分かった．

4. おわりに

混和材を大量に使用したコンクリートには中性化の進行が速いという課題があるが，各種の硝酸塩の添加により進行を十分に抑制できることが分かった．また，混和材を大量に使用したコンクリートの結合材（または粉体）の構成は多様であるが，その構成は“ K ”を用いて整理でき，キャラクターを代表する指標となる可能性が示唆された．

参考文献

- 1) 大脇英司ほか：混和材を大量に使用したコンクリートと事例，コンクリート工学，Vol.57，No.1，pp.71-74，2019.
- 2) 土木学会：混和材を大量に使用したコンクリート構造物の設計・施工指針（案），コンクリートライブラリー 152，2018.
- 3) 岡本礼子ほか：Mg の添加による低炭素型コンクリートの中性化抑制効果について，土木学会第 73 回年次学術講演会，V-087，pp.173-174，2018.

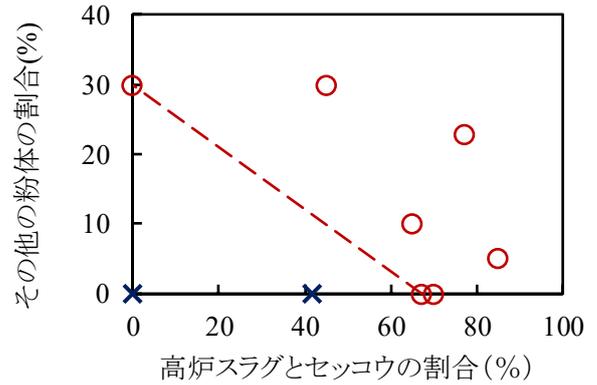


図 2 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ の添加効果 (NO_3 として 2.0mass%)

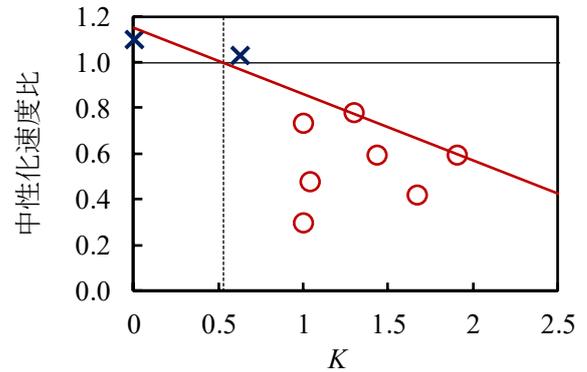


図 3 K の値と中性化速度比

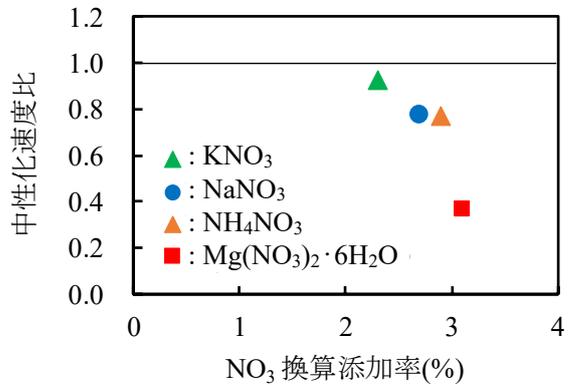


図 4 種々の硝酸塩による中性化抑制効果

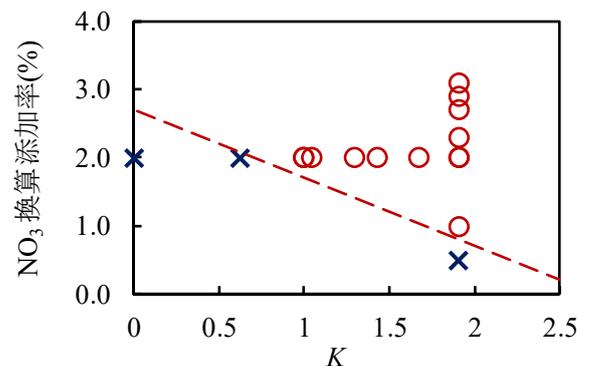


図 5 中性化抑制効果の得られる添加範囲