

シラン系表面含浸材の塗布効果に及ぼすセメント種類の影響

前橋工科大学 学生会員 ○鬼澤 来輝
正会員 佐川 孝広

1. 研究の目的と背景

寒冷地のコンクリート構造物の多くは、凍結融解と塩化物の複合作用を受けやすい過酷な環境下に曝されている。これらの環境外力はスケーリングの促進と塩化物イオンの浸透速度の増加を引き起こすことが知られており、コンクリート部材の耐久性の早期低下が懸念される。劣化の発生・進行を遅延化させる考え方の一つとして外部からの水分および塩化物イオンの浸透を抑える方法があり、その実現が期待される簡易的な対策技術の一つにシラン系表面含浸材があげられる。

シラン系表面含浸材はコンクリートの表層に吸水抑制機能を付与する含浸性の塗布材である。コンクリート表面に塗布すると、内部に浸透し、コンクリート表層部に吸水防止層を形成する。この吸水防止層がコンクリート構造物への水の侵入を防ぎ、塩害、凍害、アルカリ骨材反応等の劣化要因からコンクリート構造物を保護すると言われている¹⁾。本研究では、シラン系表面含浸材の塗布効果に及ぼすセメント種類の影響を定量的に評価することを目的とする。

2. 実験概要

2.1 使用材料

本研究では、普通ポルトランドセメント(N)、無水石膏入り高炉スラグ微粉末(BFS)、JIS規格標準砂を用いた。実験に用いたセメントはN、NにBFSを内割45%置換した高炉セメントB種(BB)の2種類とした。シラン系表面含浸材は、土木学会の表面保護工法設計施工指針(案)に示される劣化抑制に要求される性能の全ての評価項目でAグレードに該当するシラン・シロキサン系を選定した²⁾。

2.2 実験方法

(1)供試体の作製

セメントペーストおよびモルタルの水セメント比は50%とした。セメントペーストは40×40×160mmの型枠に成型し、脱型後40×40×40mmに切断した。供試体側面1面を解放面とし、他面はアルミテープで封かんした。

表1 養生方法と測定材齢

パターン	脱型		養生方法	測定材齢	
	N	BB		N	BB
水中	1日		20℃水中養生	3,7,28,91日	
塗布	1日	3日	200g/m ² 塗布→20℃60%R.H.	3,7,28,91日	7,28,91日
湿布	1日	3日	Nは材齢3日まで、BBは材齢5日まで湿布→20℃60%R.H.		

水中養生のペーストは、40×55mmのチャック付きポリ袋に薄板状に成型した。

モルタルはJIS配合とし、Φ50×100mmの円柱供試体と15cm³のスチロール棒瓶に供試体を作製した。

表面含浸材の塗布方法はモルタル供試体は全面に、セメントペーストは封かんされていない一面塗布とした。

養生方法はペースト、モルタルのいずれも、表1に示す水中、湿布、塗布とした。

(2)強熱減量

供試体は、中性化の影響を排するため解放面から2mmを切断し、そこから5mmを測定試料とした。試料は多量のイソプロパノールで水和停止し、40℃24hの乾燥を行った。乾燥試料は遊星ミルにて微粉碎した。Nは950℃、BBは900℃で30分加熱し、強熱後の質量に対する減量を結合水率として求めた。

(3)粉末X線回析(XRD)

N、BBのペースト試料のXRD測定を行い、セメント反応率を算定した。

(4)モルタル圧縮強度

表1に示す材齢で各養生条件でのモルタル供試体の圧縮強度を測定した。

(5)凍結融解試験

15cm³のスチロール棒瓶に成型した小型供試体を使用した。供試体は材齢28日まで封かん養生後、3%のNaCl水溶液に48時間浸漬させた後に表乾質量を測定し、凍結融解試験を行なった。凍結融解作用は24時間を1サイクルとし凍結温度-20℃で16時間、融解温度+20℃で8時間とした。所定の凍結融解サイクル終了時に供試体の表乾質量を測定し、試験開始時の質量を100%とした質量残存率にて評価した。

キーワード シラン系表面含浸材、塗布効果、セメント種類

連絡先 〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町 460-1 TEL:027-265-0111

3. 実験結果および考察

図1にN, BBの圧縮強度を示す。N, BBともに材齢7日強度は水中, 湿布, 塗布で同程度となった。材齢28日強度はN, BBの湿布, 塗布ともに水中の85%程度となった。

図2にN, BBの凍結融解試験結果を示す。質量残存率はN, BBともに初めに水中養生が低下し, その後湿布養生が低下した。塗布養生の質量残存率は100%からほぼ変わらなかった。以上から, 既往の研究と同様に¹⁾, シラン系表面含浸材による凍結融解抵抗性の向上効果は極めて高く, 本実験の範囲で, その効果は使用するセメントの種類によらないといえる。

図3にN, BBの結合水率を示す。図示されるように, 結合水率の推移はN, BBのいずれも図1に示す強度発現の傾向と酷似していた。そこで, 結合水率と圧縮強度との関係を検討する。

図4に圧縮強度と結合水率の関係を示す。水中養生を行った既往の研究と同様に³⁾, 結合水率と圧縮強度に高い相関がみられた。したがってN, BBのいずれも, 本実験の湿布や塗布養生での供試体の乾燥程度は, モルタルとペーストで同等であること, シラン系表面含浸材の塗布による吸水防止層の形成は, 硬化体への水分供給・逸散にのみ影響し, セメント水和反応や強度発現に直接的な影響は及ぼしていないと考えられる。

4. まとめ

シラン系表面含浸材の塗布効果に及ぼすセメント種類の影響について検討した結果を以下にまとめる。

- (1) シラン系表面含浸材を塗布した供試体(以下「シラン」と称する)の圧縮強度はN, BBともに湿布養生と同程度となった。
- (2) シランの凍結融解抵抗性は水中養生, 湿布養生と比較して極めて高く, その効果はN, BBで変わらなかった。
- (3) シラン系表面含浸材の塗布による吸水防止層の形成は, 硬化体への水分供給・逸散にのみ影響し, セメント水和反応や強度発現に直接的な影響は及ぼしていないと考えられた。

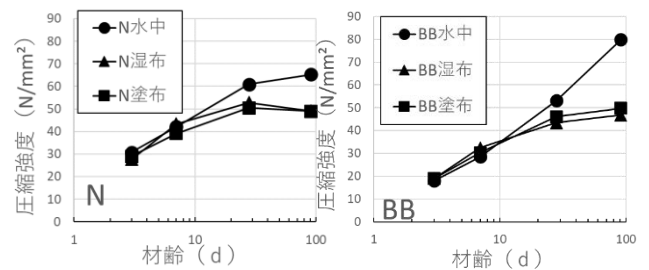


図1 材齢と圧縮強度の関係

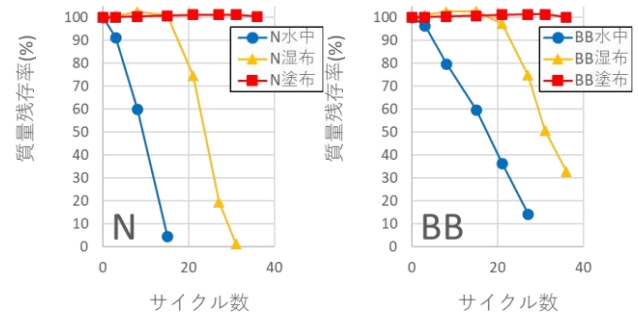


図2 凍結融解試験結果

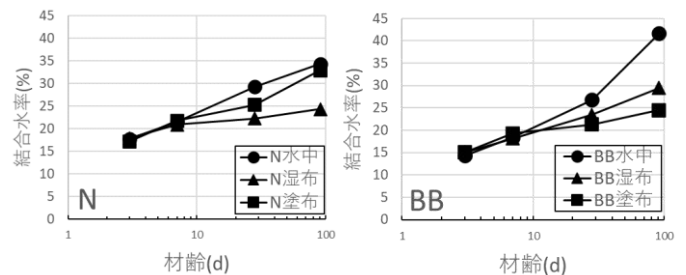


図3 材齢と結合水率の関係

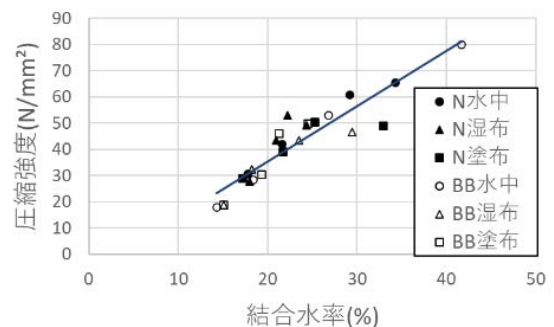


図4 結合水率と圧縮強度の関係

参考文献

- 1) 遠藤裕丈ほか：シラン系表面含浸材による寒地コンクリート構造物の耐久性向上効果, 土木学会論文集 E2, pp. 69-88, 2011
- 2) 土木学会：コンクリートライブラリー119, 表面保護工法設計施工指針(案), 2005
- 3) 佐川孝広, 田中拳太郎：スラグ置換率と養生温度が異なる高炉セメントの強度発現と水和反応, 第75回セメント技術大会講演要旨, pp.194-195, 2021