

外部から供給された NaCl によって促進されるアルカリシリカ反応に及ぼす前養生の影響

東北大学 学生員 落合 栄司
東北大学 佐藤 奈津代
東北大学 正員 三浦 尚

1. まえがき

外部から塩化ナトリウム（以下 NaCl）がコンクリートに浸入すると、コンクリートのアルカリシリカ反応（以下 ASR）は促進されることが近年指摘されている。しかし、凍結防止剤が使用されるような地域や、海洋環境下のコンクリート構造物は外部からの NaCl の浸入を防ぐことは困難である。

本研究は、NaCl が供給される前の養生がその後の ASR に与える影響を究明するため、高炉スラグ微粉末を混和した供試体と混和していない供試体に対し促進試験開始前に水中、気中養生を行い前養生を行わなかった場合との比較を行った。

2. 実験概要

(1) 使用材料

本研究で使用した普通ポルトランドセメントと高炉スラグ微粉末（以下スラグ）の化学組成を表-1に示した。骨材は反応性のある安山岩を使用し、スラグは比表面積が $4,100\text{cm}^2/\text{g}$ （以下、スラグ 4,000）のものをを用いた。

表-1 普通ポルトランドセメント、高炉スラグ微粉末の化学的組成（%）

化学成分（%）	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	TiO ₂	SO ₃	S	Na ₂ O	K ₂ O	ig. loss
セメント	64.40	21.80	4.90	3.00	1.40			1.90		0.38	0.48	1.40
スラグ	42.20	33.10	13.90	0.20	6.70	0.33	1.12		0.90	0.20	0.24	0.37

(2) 実験方法

実験方法は JIS A-5308 附属書 8（骨材のアルカリシリカ反応性試験方法：モルタルバー法）に従ったが、吸取紙に供給する水として、水道水の代わりに 20% の NaCl 水溶液を用いた。¹⁾

本研究では、NaCl が供給される環境下における前養生による抑制効果を究明する目的で、スラグを混和していない供試体（以下 OPC）と、粉末度 4,000 のスラグをセメント質量に対して 60% 置換して作製した供試体を脱型後すぐ、あるいは前養生した後、20% の NaCl 水溶液に一定期間浸して、その膨張率を比較した。前養生は、供試体を脱型後、 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ の水中、気中で 14 日間行った。

塩化物イオン量は、OPC について促進養生開始後 8 週で測定し、3 個の供試体を平均して全塩分量と可溶性塩分量で表した。測定方法は、JCI-SC4（硬化コンクリート中に含まれる塩分分析方法）に従った。

3. 実験結果および考察

(1) 普通ポルトランドセメント

図-1 に OPC の膨張率測定結果を示す。

OPC に対し前養生として水中養生を行った供試体は促進試験開始後 4 週まではほとんど膨張せず、その後急激に膨張しており、初期における膨張発生の遅れに水中養生による影響が現れていると思われる。一方、前養生として気中養生を行った場合、促進試験開始後 8 週までの結果をみると前養生なしの場合と比べて大きな違いが出ていないように見える。しかし、実際には全ての供試体において促進試験開始後 4 週で微細なクラックが発生し 8 週においてはクラックがかなり大きくなり、供試体が崩壊してしまったようにみえた。従って、その後は膨

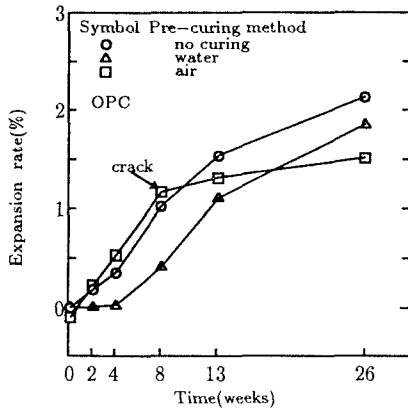


図-1 普通ポルトランドセメントの膨張率測定結果 (%)

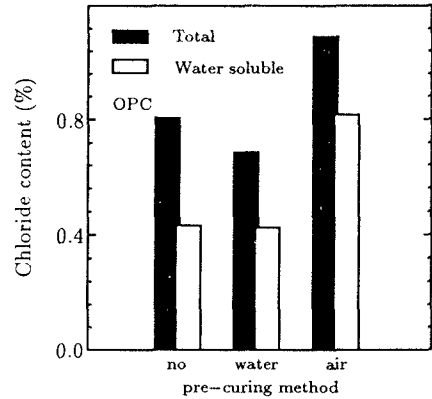


図-2 促進養生8週における塩化物イオン浸透量 (%)

張が始と起こらず試験期間開始後13週、26週における膨張率はそれまでに比べあまり変化はみられなかった。

図-2は、前養生として気中、水中養生を14日間行った供試体と前養生を行っていない供試体の促進試験開始後8週における塩化物浸透量を調べた結果である。気中養生を行うと他の方法に比べ、水密性が低くなるため塩化物の浸透性が高く、促進試験を行うと早期に多量の塩化物が浸透し反応が促進される。さらに、気中養生は強度発現性が悪いいため、十分な強度が出ていないことから材齢初期にクラックが発生することが考えられる。一方、前養生で水中養生を行った場合と前養生なしの場合を比較すると、各材齢において水中養生を行った場合の方が塩化物の浸透が抑えられており、水中養生を行うことによって、外部からの塩化ナトリウムの浸入を抑制する効果あることが明らかになった。

(2) 高炉スラグ微粉末

図-3にスラグ4,000の膨張率測定結果を示す。

前養生なしの供試体の場合、促進試験開始後4週までは水中養生を行ったものと膨張率の差がほとんどなかったが、それ以降は比較的大きな膨張を示した。これに対して、水中養生を行ったものは、実験開始直後から収縮しており、このような傾向は実験期間終了まで続いた。

気中養生を行った場合をみると、前養生終了(促進試験開始)の時点で大きく乾燥収縮が起きているが、促進試験開始直後から大きく膨張が起きておりASRが初期から激しく起こったことが分かる。13週において微細なクラックが発生しているが、それ以降も膨張が進んでおり、26週以降も材齢を延ばしていけば膨張は進んでいくものと考えられる。この結果から、気中養生を行うと、OPCと同様に、膨張抑制効果が得られないばかりでなく有害な膨張を引き起こす原因になることが分かる。

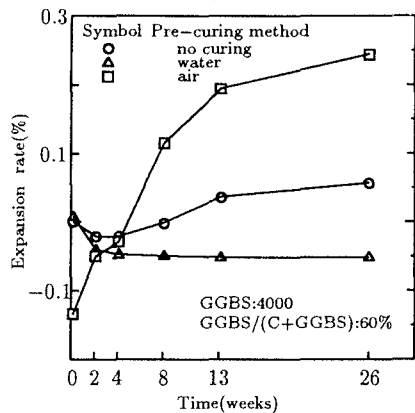


図-3 スラグ4,000の膨張率測定結果 (%)

4. 結論

(1) 前養生として水中養生を行うと、その後のアルカリシリカ反応による膨張を抑制する効果があるが、気中養生を行うと、膨張を促進する恐れがある。

(2) アルカリシリカ反応による膨張量は塩化物イオン浸透量に大きな影響をうける。

参考文献

- 1) 三浦 尚・山本 晃子：外部から浸入する塩化ナトリウムがアルカリ骨材反応に及ぼす影響、第47回セメント技術大会講演集、pp432～437、1993