

ケイ酸ナトリウムによるコンクリートひび割れの自己修復効果の研究

(株)大林組 正会員 ○田口 信子
(株)大林組 正会員 人見 尚
(株)大林組 片岡 弘安

1. 目的

コンクリート構造物では、ひび割れが水分の供給を受ける環境下で自然に閉塞する「自己修復」あるいは「自己治癒」と呼ばれる現象の活用が期待されている。自己修復の一つとして、コンクリートに自己修復が期待される材料を混和しておき、ひび割れにそれを機能させる方法がある。自己修復性を有すると考えられる混和材料として、セメント中のカルシウムと結合し、難溶性のカルシウム塩を生成する混和剤としてケイ酸ナトリウムを選定し、ひび割れを導入した試験体の浸漬試験を行い、評価した。

2. 難溶性カルシウム塩の選定

難溶性のカルシウム塩を生成する混和剤のうち、カルシウム塩の生成の容易さ、混和剤の安全性および低コストである観点¹⁾より、事前調査を行い、炭酸ナトリウムおよびケイ酸ナトリウムは混和剤として有効と判断した。炭酸ナトリウムは、カルシウム塩としては炭酸カルシウムを生じる。これまでに、炭酸カルシウムによる自己修復の例は多くみられるため²⁾、ここではケイ酸ナトリウムについて検討した。

3. セメントペーストによる浸漬試験

表-1 試験体の配合

3. 1 供試材料と試験方法

普通ポルトランドセメントを基本とした試験体による浸漬試験を行った。試験体は表-1に示す配合で、W/C=50%とし、セメントに対して1~3%（質量比）のケイ酸ナトリウムを混合した試験体（以下、Si-1~3と略記）および無添加の試験体（以下、Nと略記）を作製し、浸漬試験に供した。材齢28日で試験体をφ50mm×高さ30mmの円柱状に切断し、薄刃カッターで試験体中心部の外周に深さ5mm程度の切込みを入れ、割裂によりひび割れを導入した試験体を作製した。五十嵐ら²⁾の方法に従い、写真-1に示すようにひび割れ幅を0.2mmの一定に保つように針金で固定し、浸漬試験体とした（写真-2）。試験体を5Lのポリびんに入れ、イオン交換水で充填し、20℃水中で10カ月浸漬させた。浸漬後、ひび割れ面（接合面）の自己修復状況を把握するため、①接合状態のままでひび割れでの生成物の確認を目的としたマイクロスコープ観察、②接合部を引きはがし、展開した状態でひび割れひび割れ面の生成物を直接観察することを目的とした走査型電子顕微鏡（以下、SEM）観察および③生成物の有無と種類の同定を目的としたX線回折分析を行った。

試験体 記号	混和剤 の種類	セメント	W/C (%)	混和剤添加 量*(%)	単位量(kg/m³)		
					W	C	混和剤
N	無添加	OPC	50	0	614	1228	—
Si-1	ケイ酸 ナトリウム			1	614	1216	12
Si-2				2	614	1204	24
Si-3				3	614	1192	36

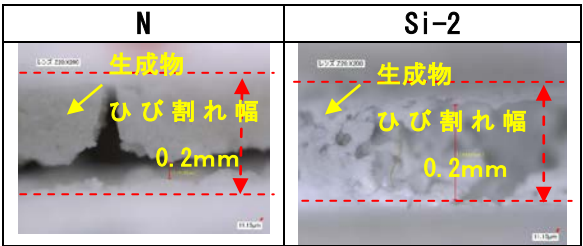
*セメントに対する質量比



写真-1 割裂試験体



写真-2 浸漬試験体



(倍率: ×200)

写真-3 マイクロスコープ観察結果

キーワード コンクリートひび割れ、自己修復、混和剤、難溶性カルシウム塩

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所 生産技術研究部 TEL 042-495-1012

3. 2 試験結果と考察

(1) ひび割れ面の外部観察結果

ひび割れ面をマイクロスコープで観察した。観察結果の一例を写真－3に示す。いずれの試験体もひび割れ面に生成物が認められたが、特に、Si-2 および3 で無添加のものよりも多くの生成物が観察され、ひび割れの縮小も確認できた。

(2) ひび割れ面の内部観察結果

試験体の固定を外し、試験体接合部の外周部と内側でSEM観察とX線回折分析を行った。

SEM観察結果には写真－4に示すように、Nの試験体外周部では、炭酸カルシウム(以下、CaCO₃)を確認した。Nの内側では、水酸化カルシウム(以下、CH)とCaCO₃が確認された。CH等の生成は、水中に溶出したカルシウムが過飽和の状態にあることによるものと考えられた。Si-1～3の外周部ではCaCO₃が、内側ではCH、CaCO₃以外にケイ酸カルシウム水和物(以下、C-S-H)も多く生成していることが確認された。C-S-Hは、混和剤とセメントペーストからのカルシウムの反応による生成と考えられ、混和剤添加の効果が認められた。

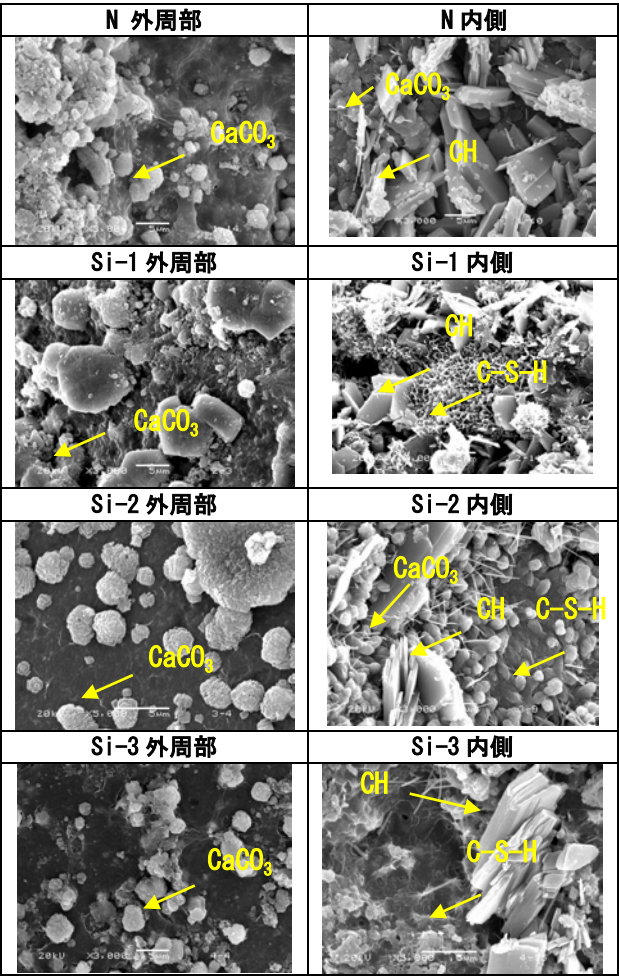
X線回折分析の結果を表－2にまとめた。Nの外周部には、CaCO₃等が確認できた。内部では微量のCaCO₃とCH、C-S-H等が確認できた。Si-1～3の外周部ではCaCO₃、微量のCHが確認できた。内側では、微量のCaCO₃、CH、C-S-H等が認められた。Si-1～3で、Nと同様のセメント水和物が確認でき、大きな差は認められなかったが、C-S-Hの多いことが確認でき、混和剤添加で自己修復効果が認められた。

4. まとめ

セメント中のカルシウムと結合し、難溶性のカルシウム塩を生成してコンクリートのひび割れを修復させる混和剤として、ケイ酸ナトリウムを選定した。ひび割れ導入試験体の10カ月の浸漬試験より、ケイ酸ナトリウムの混和剤としての自己修復効果を検討した結果、無添加のものに比べ、ひび割れ面にケイ酸カルシウム水和物が多く生成したことが確認でき、優れた自己修復効果が期待できると考えられた。

参考文献

1) 化学便覧 基礎編 I (改定5版), 日本化学会, pp.114-117, 2004.2
2) 五十嵐ほか: 委員会報告 セメント系材料の自己治癒技術の体系化研究専門委員会, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, pp.1-9, 2011.7



写真－4 SEM観察結果 (倍率:×3000)

表－2 接合部内側のマイクロスコープによる生成物量とX線回折分析結果

試験体 記号	混和剤 の種類	混和剤 添加量 (%)	マイクロスコープ 観察による 生成物の量	X線回折による セメント水和物の量		
				CaCO ₃	CH	C-S-H
N	無添加	0	○	△	○	○
Si-1	ケイ酸 ナトリウム	1	○	△	◎	◎
Si-2		2	◎	△	◎	◎
Si-3		3	◎	△	◎	◎

(凡例 ◎: 多い ○: 有 △: 微量)