

高水セメント比における C-S-H 系硬化促進剤が強度・耐久性に与える影響

芝浦工業大学 学生会員 ○南 宏達
芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史

1. はじめに

コンクリートの型枠転用性を向上させる手段の 1 つとして硬化促進剤を添加する方法がある。一般的に使用されている亜硝酸系硬化促進剤の硬化促進メカニズムは、セメント粒子からのイオンの溶出を促すことでセメントの水和反応を促進させることである。このような従来の硬化促進剤とは異なるメカニズムをもつ C-S-H 系早強剤(以下 ACX)が開発された。ACX は、カルシウムシリケート水和物(C-S-H)のナノ粒子を主成分とした液体であり、ACX を添加することでセメントの C-S-H 生成を待つことなく、硬化を促進させるメカニズムをもつ。

ACX における既往の研究¹⁾では、低水セメント比において、ACX の添加による強度発現が報告されている。一方、高水セメント比における強度・耐久性についてはあまり研究が進んでいない。

ここでは、ACX が従来と硬化促進メカニズムが異なるという点に着目した。一般的な硬化促進剤の添加方法は、セメント質量に対して規定量を添加している。これは、従来の硬化促進剤がセメントに対して作用するためと考えられる。しかし、ACX は、セメントから溶出したイオンに作用することで硬化を促進している。ACX は生成核であり、直接セメントの水和に作用するものではないことから、添加量は水に対する濃度が重要であると考えた。そこで本研究の目的は、単位水量に占める ACX 濃度が異なる水セメント比で強度・耐久性に与える影響を検討した。

2. 実験概要

2. 1 材料・配合

コンクリートの計画配合を表-1 に示す。セメントは普通ポルトランドセメント(OPC)に高炉スラグ微粉末(BFS)を 50%置換した高炉セメント、粗骨材は石灰石、細骨材は山砂(中目砂)を使用した。フレッシュ性状はポリカルボン酸系 AE 減水剤とアルキルエーテ

表-1 コンクリートの計画配合表

W/C	s/a	air	単位量[kg/m ³]				ACX		
			W	C		S	G	添加率	添加量(kg)
				OPC	BFS				
40%	44%	4.5%	170	213	213	743	975	0%	-
								C×4%	17.0
								W×10%	17.0
60%	48%	4.5%	170	142	142	870	971	0%	-
								C×4%	11.4
								W×10%	17.0
70%	50%	4.5%	170	121	121	923	952	0%	-
								C×4%	9.7
								W×10%	17.0

ル系 AE 剤を用いて調整した。ACX 添加量は表-1 に示すように三種類とした。無添加に加え、一つは、メーカー推奨のセメントに質量で 4%添加した C×4%であり、もう一つは、単位水量に質量で 10%とした W×10%とした。この W×10%は、効果の高いとされる W/C40%の C×4%での ACX 量の単位水量濃度を参考とした。

2. 2 圧縮強度試験

試験は JIS 規格に準拠して行った。供試体は、恒温恒湿(20℃, RH60%)環境下で封かん養生を実施し、所定材齢(1, 3, 7, 28 日)で脱型したものを、圧縮強度試験に用いた。

2. 3 透気試験

供試体は、φ100×50 mmの円柱供試体を作製し、恒温恒湿(20℃, RH60%)環境下で封かん養生を実施し、所定材齢(7, 28 日)で脱型した、試料のコンクリートは、空隙中に含まれている水分を取り除くため、恒量となるまで 40℃乾燥炉で、静置した。40℃に設定した目的はコンクリート中の結合水まで取り除くことを避けるためである。

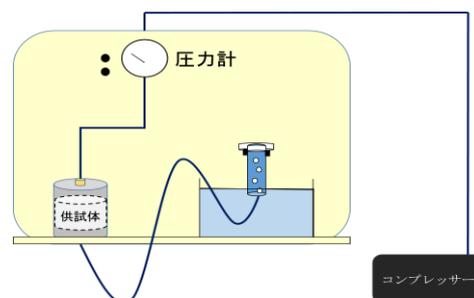


図-1 透気試験の概略

キーワード C-S-H 硬化促進メカニズム 生成核 圧縮強度 透気係数

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 Tel : 03-5859-8356 E-mail : ah14921@shibaura-it.ac.jp

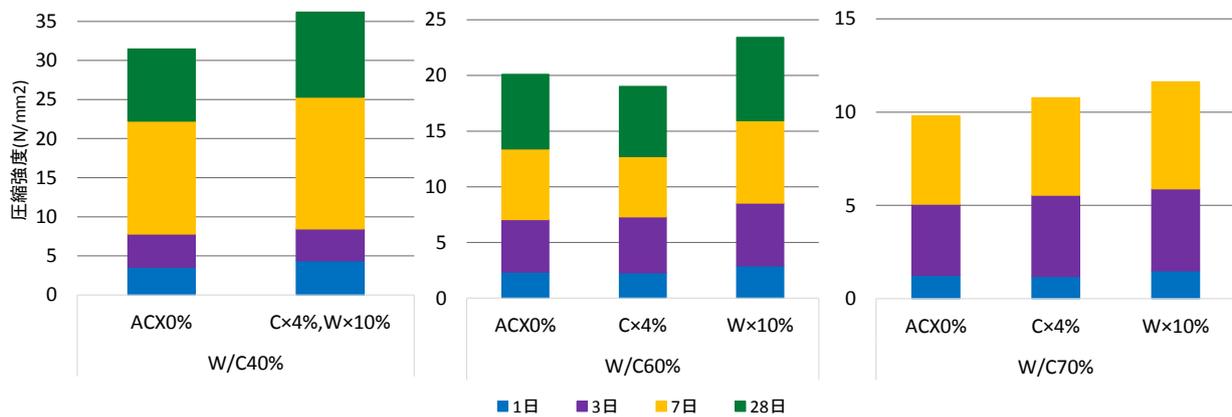


図-2 圧縮強度試験結果

表-2 圧縮強度増加率

材齢	W/C40%	W/C60%		W/C70%	
	C×4%, W×10%	C×4%	W×10%	C×4%	W×10%
1日	124%	97%	124%	95%	118%
3日	116%	104%	121%	109%	116%
7日	114%	95%	119%	110%	119%
28日	115%	95%	117%	-	-

透気試験の概略を図-1 に示す。試験結果から透気量を算出し、式(1)を用いて透気係数を算出した。

$$K = \frac{2LP_1}{(P_1^2 - P_2^2)A} Q \quad \dots \quad (1)$$

ここで、K：透気係数[cm⁴/N・s]，L：供試体厚さ[cm]，P₁：载荷圧力[N/cm²]，P₂：流出側圧力[N/cm²]，Q：透気量[cm³/s]，A：透気面積[cm²]

試験では、载荷圧力に0.2[N/mm²]，流出側圧力に大気圧0.1[N/mm²]を用いた。

3. 実験結果・考察

3.1 圧縮強度試験

圧縮強度の試験結果を図-2 に示す。図から、W/C40%ではACX0%と比べてACX添加で強度増進が確認できた。一方、W/C60%および70%では、C×4%では強度増進がほとんどみられなかった。しかし、ACXをW×10%添加することで、いずれのW/CにおいてACX0%よりも強度が増加した。表-2にACX0%のコンクリート圧縮強度を基準とした圧縮強度増加率を示す。これよりW×10%は、全てのW/CにおいてACX0%よりも2割程度の強度増加が確認できた。

3.2 透気試験

透気試験の結果を図-3 に示す。図からW/C40%および60%の7日材齢の透気係数は、ACXの添加によって小さくなるのがわかる。したがって、ACXを添加したものは、無添加のものよりも透気しにくいということが分かる。また、W/C60%と40%を比較してACXの添加による透気係数の低下率はW/C60%の方が大きいことから、高水セメント比ほどACXの添加による低減効果が大きいことが考えられる。

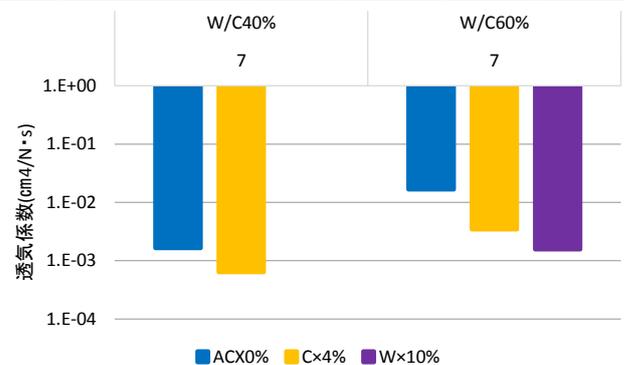


図-3 透気係数測定結果

4. まとめ

以上の結果から、ACXは使用水中の濃度を一定としたことで、水セメント比によらず、ACX0%に対して同程度の圧縮強度の増加を確認できた。また、透気試験の結果からは、ACXを添加することで耐久性への効果が期待できるといえる。ACXは溶出したイオンと作用することで硬化を促進している。生成核として水中に存在するため、ACXを水に対する割合で添加することがもっとも効果的な添加方法であると考えられる。

参考文献

- 井元晴丈ほか C-S-H系早強剤が高炉セメントを使用したコンクリートの強度発現性に及ぼす効果 コンクリート工学年次論文集, Vol.37, No.1, 2015
- 河野俊一ほか 乾燥によるコンクリートの透気係数の変化に関する研究 コンクリート工学年次論文報告集, Vol.21, No.2, 1999