

高炉スラグ微粉末を混合した普通エコセメントコンクリートの海洋環境下への適用性に関する検討

太平洋セメント株式会社 正会員○長塩靖祐

独立行政法人港湾空港技術研究所 正会員 山路 徹

1. はじめに

都市ゴミ焼却灰を主原料として製造されるエコセメントが開発された。エコセメントには、普通エコセメントと速硬エコセメントの2種類ある。筆者らは、普通エコセメントを用いたコンクリート（以下、普通エコセメントコンクリート）の海洋環境下への適用性について検討しており、暴露材齢3年までの結果を報告¹⁾している。暴露材齢3年までの結果では、普通エコセメントコンクリートは同一W/Cの普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートと比較して、塩化物イオン浸透がやや速いことが報告¹⁾されている。一方、耐海水性の向上策の一つとして高炉スラグ微粉末の混合が有効であることは周知の事実である。現在、普通エコセメントに高炉スラグ微粉末を混合し、塩化物イオン浸透への影響を確認するために海洋環境下での暴露試験を実施している。

本報告は、高炉スラグ微粉末を混合した場合の普通エコセメントコンクリートの暴露材齢1年までの結果報告である。

2. 実験概要

2.1 使用材料

表1に使用した普通エコセメントの物理化学的性質を示す。セメントには、普通エコセメント（以下、EC）とECに表2に示す高炉スラグ微粉末（BF）を内割で50%混合したセメント（以下、EB）、比較用として、普通ポルトランドセメント（以下、OPC）と高炉セメントB種（以下、BB）を使用した。細骨材は静岡県御前崎産陸砂（表乾密度：2.60g/cm³、粗粒率：2.87）、粗骨材は茨城県岩瀬産砕石（最大寸法：20mm、表乾密度：2.64g/cm³、粗粒率：6.70）を用いた。混和剤はリグニンスルホン酸系のAE減水剤を使用した。

表1 普通エコセメントの物理化学的性質

セメント	化学成分(%)								鉱物組成(%)				密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	Cl	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF		
EC	18.6	6.5	3.4	61.4	1.8	3.9	0.51	0.04	49	16	11	10	3.17	3970

2.2 コンクリート配合

表3にコンクリート配合を示す。コンクリート配合はW/C50%とし、表2 高炉スラグ微粉末の物理化学的性質スランプおよび空気量はそれぞれ8.0±2.5cmおよび4.5±1.5%になるように調整した。なお、試験体の暴露前養生は28日標準水中養生とした。

2.3 試験項目とその方法

試験項目は圧縮強度試験（JIS A 1108に準拠）とコンクリート中の全塩化物イオン量（JIS A 1154に準拠）とした。全塩化物イオン量の測定はφ15×30の試験体を使用し表面部から中心部へと深さ方向に測定した¹⁾。暴露場所は標準水中養生と海中部とし、材齢は、圧縮強度は材齢28日および1年、全塩化物イオン量は海中暴露1年で実施した。

表3 コンクリート配合

種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
			W	C	BF	S	G	Ad
EC	50	43	158	316	—	780	1050	0.79
EB		43	158	158	158	774	1041	0.79
OPC		44	160	320	—	798	1027	0.80
BB		43	154	308	—	800	1038	0.77

キーワード：普通エコセメント、高炉スラグ微粉末、圧縮強度、塩化物イオン浸透

連絡先：千葉県佐倉市大作2-4-2、TEL：043-498-3855、Fax：043-498-3849

3. 試験結果および考察

図1に材齢1年の圧縮強度試験結果を示す。コンクリート種類によらず海中暴露1年では強度低下は見受けられず、標準水中養生1年と同等であった。ECは、材齢28日から1年の強度の伸びは少ない結果にあったが、EBは、材齢28日から1年にかけての強度の伸びが大きく、OPCおよびBBよりも強度の伸びが大きい結果にあった。ECの長期強度発現の伸びはやや小さいことが報告されている²⁾が、ECの長期強度発現の向上に高炉スラグ微粉末を混合することは有効な一つ的手段として考えられる。

図2に全塩化物イオン量の浸透状況を、表4にFickの第二法則の拡散方程式により回帰した見掛けの拡散係数および表面塩化物イオン濃度³⁾を示す。

暴露材齢1年までの各コンクリートの塩分浸透状況は、ECがやや内部まで浸透している傾向が見受けられるが、その他のコンクリートは表層部で塩化物イオンの浸透が抑制されており内部までの浸透は見受けられなかった。見掛けの拡散係数は、ECが最も大きく、次いで、OPC、EB、BBの順であり、EBはBBと同程度の結果であった。表面塩化物イオン濃度は、EBおよびBBが大きく、ECとOPCは同程度であった。ECに高炉スラグ微粉末を混合すると塩化物イオン浸透が抑制されることが認められた。ECの塩化物イオン浸透はセメント中のアルミナ含有量が多いことから、水和物として固定量が多くなり浸透が抑制されると考えられる一方で、カルシウムシリケート相が少なく組織がやや粗いことが影響していると考えられている¹⁾。ECに高炉スラグ微粉末を混合すると塩化物イオンの浸透が抑制されることは、ECと比較して、水和物としての固定量や組織の緻密さ、空隙径分布が異なっていると考えられ、今後、詳細について検討する必要がある。

4. まとめ

ECに高炉スラグ微粉末を混合し、海洋環境下におけるその効果を確認してきた。本結果をまとめると以下のようである。

- (1) ECに高炉スラグ微粉末を混合した場合の暴露材齢1年の圧縮強度は、海中中部において強度低下は見受けられなかった。また、長期強度発現性状は大きい結果にあった。
- (2) ECに高炉スラグ微粉末を混合した場合の暴露材齢1年の塩化物イオン浸透は、表層部で抑制されており内部までは浸透しておらず、高炉スラグ微粉末の効果が認められた。

【参考文献】

1) 長塩ほか：普通エコセメントを用いたコンクリートの海洋環境下への適用性に関する検討、コンクリート工学年次論文集、Vol. 26、NO. 1、pp1479-1484 (2004)

2) 長塩ほか：普通エコセメントを用いたコンクリートの長期強度性状、第58回セメント技術大会講演要旨、pp102-103 (2004)

3) 後藤ほか：セメント硬化体中の塩化物イオンの拡散、窯業協会誌、Vol. 87、No. 3、pp126-133 (1979)

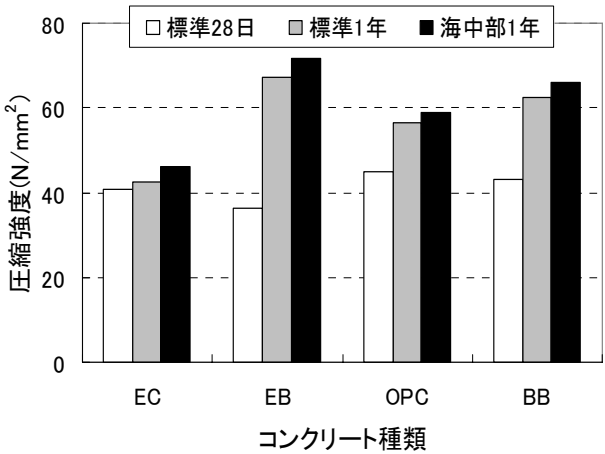


図1 圧縮強度試験結果

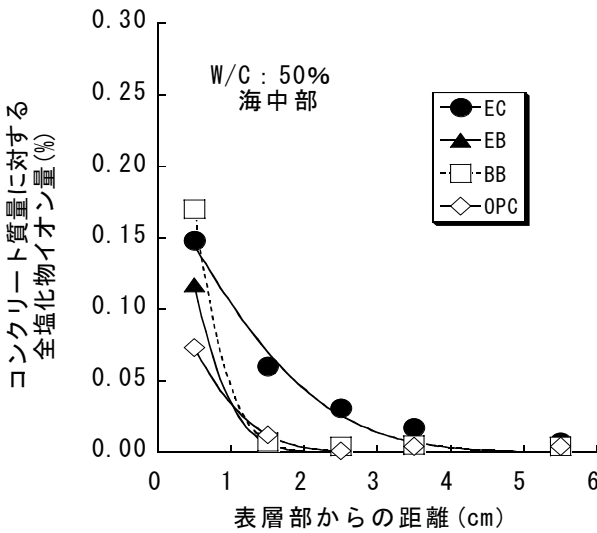


図2 塩化物イオン浸透状況

表4 見掛けの拡散係数・表面塩化物イオン濃度

種類	暴露環境	W/C (%)	見掛けの拡散係数 (×10 ⁻⁸ cm ² /s)	表面塩化物イオン濃度 (%)
EC	海中中部	50	4.49	0.188
EB			0.71	0.260
OPC			1.29	0.126
BB			0.64	0.396