

海洋環境下での暴露試験による重量コンクリートの耐海水性評価

太平洋セメント株式会社 正会員 ○肥後 康秀
 太平洋セメント株式会社 正会員 田中 敏嗣
 太平洋セメント株式会社 正会員 杉山 彰徳
 太平洋セメント株式会社 正会員 保坂 綱鎮

1. はじめに

東日本大震災における地震および津波によって、東北地方から関東地方の港湾構造物は大きな被害を受けた。さらに近い将来、東海、南海地震においても巨大地震や津波が予測されており、被害を最小限に抑えるために強固かつ粘り強い港湾構造物とする検討が進められている¹⁾。その中で、防波堤や消波ブロック、基礎の重量化を図ることは一つの手段と考えられる。そこで本稿では、海洋構造物への重量コンクリートの適用性を確認するために、海洋環境における暴露試験によって耐海水性の評価を行った。

2. 試験概要

2. 1 使用材料およびコンクリート配合

使用材料を表-1に示す。重量骨材としては、鉄鋼二次製品である金属スラグ系骨材、酸化鉄粉、および天然鉱物である重晶石を用い、比較用の普通骨材には砕砂と砕石を使用した。

試験水準は、重量コンクリート3水準（設計単位容積質量 3.6, 3.4, 3.2t/m³）、および普通コンクリート（2.3t/m³）の計4水準とした。各水準における骨材の組合せを表-2に、コンクリートの配合を表-3に示す。コンクリートの目標スランプは8±2.5cm、目標空気量は2.0±1.0%として混和剤量により調整した。

2. 2 試験項目

コンクリートのフレッシュ性状はスランプ、空気量および単位容積質量を、硬化性状は材齢28日における圧縮強度を測定した。暴露試験は、標準水中養生28日後に、海水噴霧が1日2回（1回約4時間）繰り返される環境（飛沫環境）と干満（潮位差1.5m）が1日2回繰り返される環境（干満環境）にて実施しており、材齢1年が経過した。測定項目は外観観察、圧縮強度を、さらに飛沫環境については塩化物量をJSCE-G 572に準拠して表面から5cmまでの深さを1cm毎に測定するとともに、EPMAによる幅4cm×深さ4cmの面分析を行った。

表-1 コンクリートの使用材料

材料	記号	備 考
セメント	C	普通ポルトランドセメント 密度 3.16g/cm ³
細骨材 (S)	HS1	酸化鉄粉 表乾密度 4.95g/cm ³ , 吸水率 1.65%
	HS2	金属スラグ系骨材 表乾密度 4.27g/cm ³ , 吸水率 1.12%
	HS3	重晶石 表乾密度 4.03g/cm ³ , 吸水率 1.41%
	NS	埼玉県産砕砂 表乾密度 2.65g/cm ³ , 吸水率 1.93%
粗骨材 (G)	HG1	金属スラグ系骨材 表乾密度 4.27g/cm ³ , 吸水率 0.47%
	HG2	重晶石 表乾密度 4.12g/cm ³ , 吸水率 0.54%
	NG	茨城県産砕石 表乾密度 2.65g/cm ³ , 吸水率 0.55%
混和剤	SP	ポリカルボン酸エーテル系高性能 AE 減水剤
	AD	リグニンスルホン酸系 AE 減水剤
	DF	消泡剤

表-2 コンクリートの水準と骨材の組合せ

配合名	HWC-3.6	HWC-3.4	HWC-3.2	NC-2.3
使用骨材	HS1, HG1	HS2, HG1	HS3, HG2	NS, NG

表-3 コンクリートの配合とフレッシュ性状

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						単位容積質量(kg/m ³)	フレッシュ性状		
			W	C	S	G	SP[AD]	DF		スランプ ^o (cm)	空気量 (%)	単位容積質量(kg/m ³)
							(C×%)					
HWC-3.6	50	48	170	340	1668	1559	0.6	0.06	3737	7.0	3.0	3766
HWC-3.4		50	170	340	1524	1473	1.0	—	3507	8.5	2.7	3532
HWC-3.2		45	170	340	1302	1561	1.0	—	3373	10.0	1.6	3401
NC-2.3		46	170	340	856	1004	[0.3]	—	2370	7.0	1.8	2413

キーワード：重量骨材、重量コンクリート、重晶石、塩分浸透性、EPMA、耐海水性

連絡先：〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント（株）中央研究所 TEL043-498-3855 FAX043-498-3849

3. 試験結果

(1) 外観観察

いずれの配合についても、大きな劣化や変状は見られなかった。しかしながら、HWC-3.6の表面は骨材からの錆汁が多く、さらには所々に部分的な膨れ（浮き）が確認されたことから、美観の低下およびポップアウトなどの局所的な劣化が懸念される。これは、細骨材に用いた酸化鉄粉の中に含まれる金属鉄が腐食したことによるものと考えられる。

(2) 圧縮強度

図-1に、海洋暴露と標準水中養生における圧縮強度の結果を示す。HWC-3.6は骨材からの発錆が見られたが、圧縮強度は飛沫環境暴露1年において 61.2N/mm^2 であり、強度低下は確認されていない。HWC-3.2の強度が全ての養生条件において低いのは、骨材である重晶石の強度が他より低いためと考えられる²⁾。

(3) 塩分浸透性

図-2および表-4に、飛沫環境における塩分浸透量および塩化物イオン拡散係数をそれぞれ示す。NC-2.3に対して、HWC-3.6およびHWC-3.2は拡散係数がやや高くなっているが、どの配合も概ね同程度と判断される。

(4) EPMA 分析

図-3に、HWC-3.6とNC-2.3のEPMA分析による塩素濃度分布を示す。HWC-3.6は表面から10mm付近までの濃度は低く、表層の骨材腐食によるひび割れ発生によって浸透が促進されていないと判断される。また、浸透深さはいずれも約40mmであるが、HWC-3.6の方が3mmほど深い。

4. まとめ

重量コンクリートの海洋環境暴露試験を行った。材齢1年の時点において、HWC-3.6では表面に骨材からの発錆が見られたが、各配合において強度低下は見られず、塩分浸透性は普通コンクリートと同程度であった。

謝辞：本試験を実施するにあたり、ご協力を頂いた（独）港湾空港技術研究所の山路徹氏に、この場を借りて感謝申し上げます。

表-4 各配合の塩化物イオン拡散係数（飛沫環境）

配合	HWC-3.6	HWC-3.4	HWC-3.2	NC-2.3
Cl ⁻ 拡散係数($\text{cm}^2/\text{年}$)	1.53	1.24	1.65	1.30

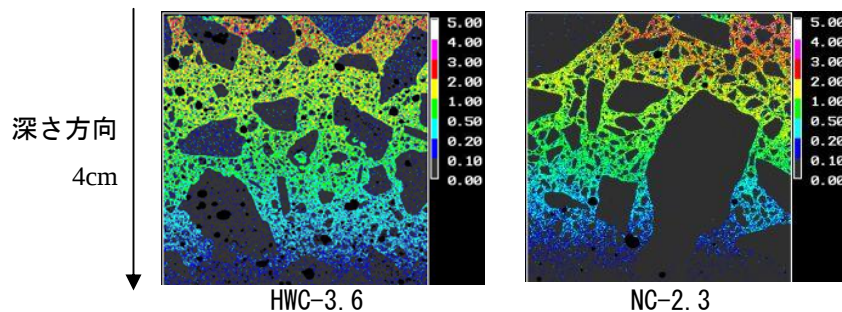


図-3 EPMAによる塩素濃度分布（飛沫環境）

【参考文献】

- 1) 例えば、国土交通省「港湾における地震・津波対策のあり方」
- 2) 肥後 康秀 他：重晶石を使用した重量コンクリートの諸物性，土木学会第66回年次学術講演会，2011，pp1155-1156

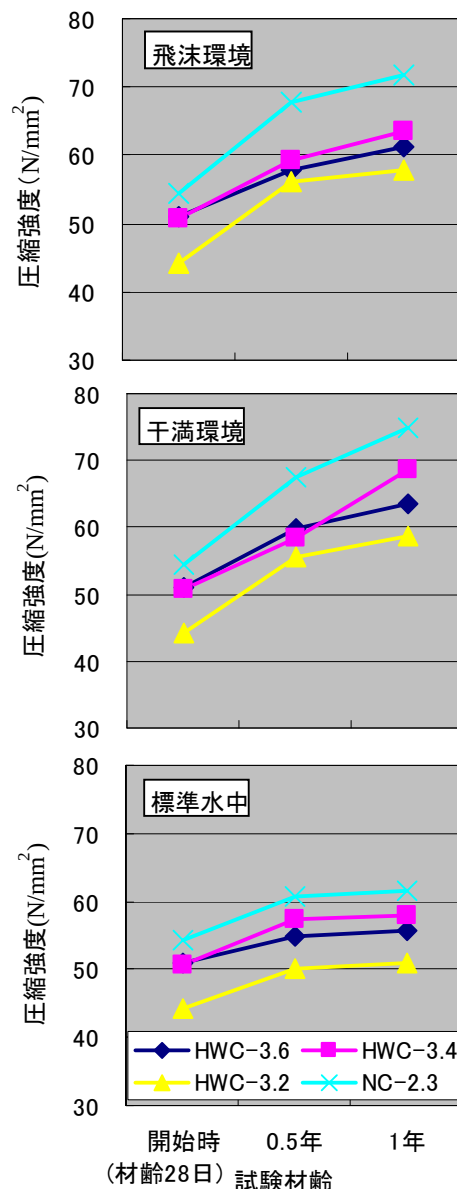


図-1 暴露材齢と圧縮強度の関係

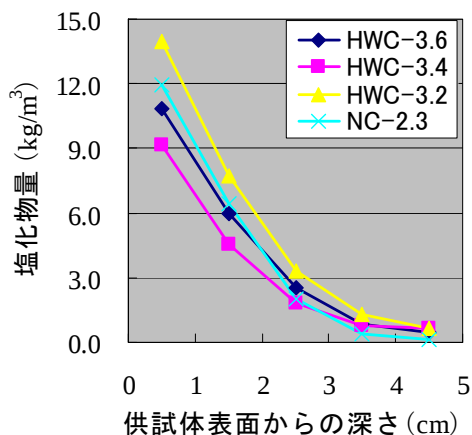


図-2 塩分浸透量（飛沫環境）