

寒冷地沿岸域に5年間曝露した重量コンクリートの物性評価

太平洋セメント(株) 正会員 ○当銘 葵
 太平洋セメント(株) 正会員 肥後 康秀
 太平洋セメント(株) 正会員 早川 隆之

1. はじめに

寒冷地沿岸域のコンクリート構造物は、凍結融解作用や飛来塩分による塩害の影響を受けて、スケーリングやひび割れなどの劣化を生じることがある¹⁾。寒冷地では耐凍害性を確保するために適量の空気を連行する必要があるが、重量コンクリート構造物は密度を高くするために空気量は極力少なくした配合設計を行う。そこで本検討では、空気量を3%以下とした重量コンクリートを寒冷地沿岸域に曝露し5年経過後のコンクリート物性を評価した。

2. 実験概要

2.1 使用材料およびコンクリートの配合

本実験における使用材料の一覧を表-1に示す。重量骨材は、鉄鋼二次製品である酸化鉄粉、金属スラグ系骨材と天然資源である重晶石を、比較用の普通骨材は山砂と碎石を使用した。コンクリートの密度種別の使用材料を表-2に、コンクリートの配合を表-3に示す。コンクリートの配合は、密度種別に重量コンクリートを3配合(設計単位容積質量3.6, 3.4, 3.2t/m³)と普通コンクリート1配合(設計単位容積質量2.3t/m³)の計4配合とした。コンクリートの空気量は2.0±1.0%となるよう混和剤による調整を行った。

2.2 曝露条件および試験項目

曝露試験は、寒冷地は北海道北斗市谷好に位置する太平洋セメント(株)上磯工場の建屋屋上とした。標準地として、千葉県佐倉市に位置する太平洋セメント(株)中央研究所の建屋屋上とし、ここでは普通コンクリートのN-2.3を除く、重量コンクリートのみを曝露した。寒冷地は5年間の平均気温が9.0℃(標準地が15.2℃)²⁾、海岸より150mに位置する。試験期間は2013年3月から2018年8月の約5年間とした。コン

クリートの曝露期間中の測定項目は、外観観察、圧縮強度、相対動弾性係数であり、試験材齢は1年と5年とした。さらに、寒冷地曝露試験後の試験体は、中性化深さを測定し、塩害の影響を調査するためEPMAによる面分析を行い、塩化物イオンの浸透性を調査した。

3. 実験結果および考察

3.1 圧縮強度

曝露試験体および標準水中養生を行った管理用供試体(材齢28日)の圧縮強度を図-1に示す。圧縮強度は、いずれも曝露材齢1年および5年において同等であり、寒冷地と標準地において大きな差は認められなかった。管理用供試体の圧縮強度は、N-2.3とH-3.4は同等だが、H-3.2およびH-3.6はそれよりも2割程低いことから、使用する重量骨材種の影響があると考えられる。H-3.2で使用した重晶石は、ロサンゼルス試験機による粗骨材のすりへり減量が61%(普通粗骨材が20%程度)であり³⁾、脆く砕け易い骨材の性質の影響により、

表-1 使用材料

種類	記号	品名および物性
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	HS1	酸化鉄粉(表乾密度4.95g/cm ³ , 吸水率1.87%)
	HS2	金属スラグ系骨材(表乾密度4.30g/cm ³ , 吸水率0.68%)
	HS3	重晶石(表乾密度3.94g/cm ³ , 吸水率1.37%)
	S	静岡県産山砂(表乾密度2.58g/cm ³ , 吸水率1.85%)
粗骨材	HG1	金属スラグ系骨材(表乾密度4.29g/cm ³ , 吸水率0.37%)
	HG2	重晶石(表乾密度4.08g/cm ³ , 吸水率0.25%)
	G	茨城県産碎石(表乾密度2.65g/cm ³ , 吸水率0.69%)
混和剤	SP	ポリカルボン酸エーテル系高性能AE減水剤
	AD	AE減水剤
	DF	消泡剤

表-2 コンクリートの密度種別使用材料

密度種別(t/m ³)	3.6	3.4	3.2	2.3
使用骨材	HS1, HG1	HS2, HG1	HS3, HG2	S, G

表-3 コンクリートの配合

配合名	W/C (%)	s/a (%)	空気量 (%)	単位量(kg/m ³)				SP (C×%)	DF (C×%)	単位容積質量(t/m ³)
				W	C	S	G			
N-2.3	50	45	2.0	170	340	815	1023	0.25*	0.006	2.353
H-3.2		75		170	340	2076	714	1.80	—	3.328
H-3.4		50		165	330	1531	1523	0.80	0.060	3.597
H-3.6		50		170	340	1737	1506	0.40	0.040	3.738

*2.3のみADを使用。

キーワード 重量コンクリート, 寒冷地, 重量骨材, 凍害, 浸透性, 相対動弾性係数

連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作2-4-2 太平洋セメント株式会社 中央研究所 TEL043-498-3905

N-2.3 よりも低い強度発現であったものと考えられる。また H-3.6 で使用した酸化鉄粉は、球状や平らなフレーク状のものが混在しているほか、製鋼工程での付着物や骨材の表面状態の影響により遷移帯付近が脆弱となり、強度が低くなった可能性が考えられる。しかしながら、管理用供試体に対する寒冷地の材齢5年の圧縮強度比は、N-2.3 が1.28、H-3.6 が1.24 であるのに対し、H-3.2 は1.36、H-3.4 は1.36 であることから、H-3.2 および H-3.4 は長期の強度発現性が良好であったと考えられる。

3.2 相対動弾性係数

寒冷地での曝露試験開始時を基準とした相対動弾性係数の結果を図-2 に示す。5年間の相対動弾性係数は、すべての配合において90%を上回っており、これは標準地においても同様であった。曝露試験地の気温データ²⁾を基に、気温が0℃を上下した回数を凍結融解回数と定義すると、寒冷地での凍結融解回数が473回、標準地が322回であった。加えて、さらに著しい凍害を受けるとされる最低気温-5℃を下回った回数¹⁾が寒冷地では206回、標準地では18回であり、寒冷地は標準地に比べて凍結融解の作用を大きく受けているが、本検討において曝露試験に供した重量コンクリートは5年を経過した時点では耐凍害性を有していたと考えられる。また相対動弾性係数において重量骨材種の違いによる影響はほぼ認められなかった。

3.3 EPMAによる面分析および中性化深さ

EPMA 分析による塩化物イオン濃度分布を図-3 に、中性化深さ測定結果を図-4 に示す。塩化物イオン濃度は上面および右側面の曝露面付近10mmの深さにおいて、N-2.3 では0.4%程度、重量コンクリートは0.3%程度であり、20mm以上での分布はほぼ認められなかった。中性化深さはいずれも2mm未満であり、H-3.2 が最小であった。また H-3.2 は塩化物イオンも最も浸透していなかった。これは重晶石の細骨材の微粒分量が16.0%であるため、マイクロファイバー効果によりコンクリートが緻密化し、塩化物イオンや炭酸ガスの浸透を防いだものと考えられる。外観観察では、H-3.6 において寒冷地と標準地のどちらの試験体にも点錆が散在するが表層に限定しており、降雨等により酸化鉄粉の一部が錆びたものと考えられる。スケーリングや欠け、ひび割れについては、いずれの配合にも認められなかった。

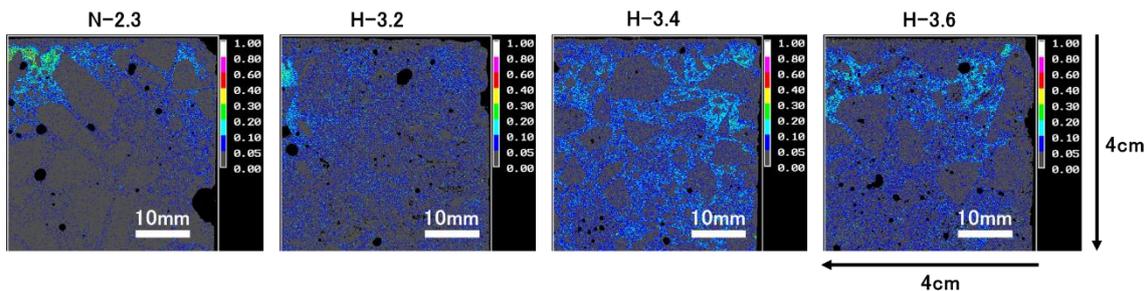


図-3 EPMA 分析による塩化物イオン濃度（上面および右側面が曝露面）

4. まとめ

寒冷地沿岸域における重量コンクリートの曝露試験の結果、曝露材齢5年経過時には空気量を低く設計した配合においても耐久性上、良好な状態を維持していたと考えられる。

【参考文献】

- 1) 長谷川寿夫, 他: コンクリート構造物の耐久性シリーズ「凍害」, 技報堂, 1988
- 2) 気象庁 HP, 過去の気象データ検索
- 3) 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回年次学術講演会講演概要集, V-578, 2011

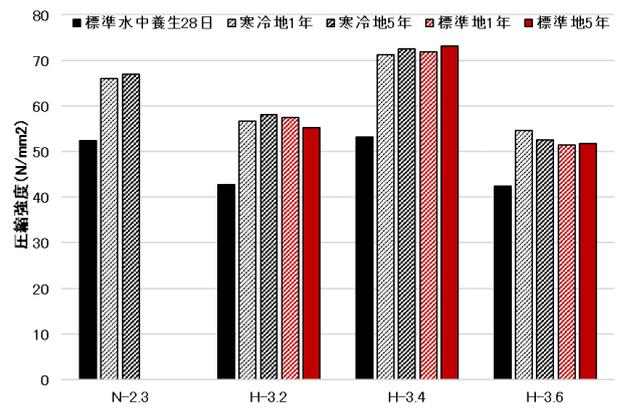


図-1 圧縮強度試験結果

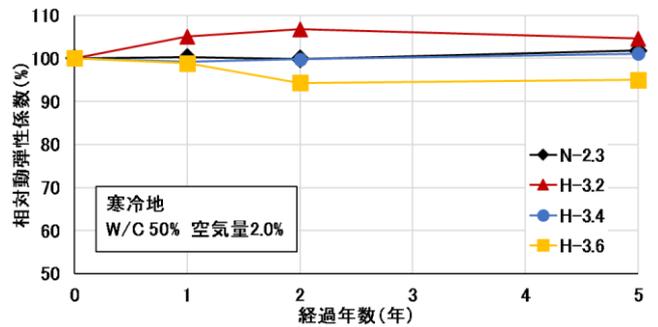


図-2 コンクリートの相対動弾性係数

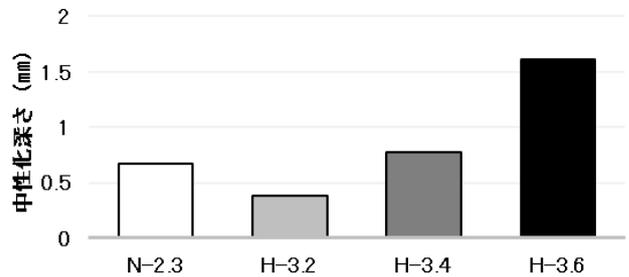


図-4 寒冷地曝露材齢5年時の中性化深さ