

重量コンクリートの乾燥収縮ひび割れ試験

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 早川 隆之
 株式会社太平洋コンサルタント 非会員 高木 亮一
 太平洋セメント株式会社 正会員 田中 敏嗣

1. はじめに

重量コンクリートはこれまで原子力施設や医療用施設などの放射線遮蔽用コンクリートとして主に用いられてきたが、近年では土木構造物の地下水浮力対策や港湾構造物の重量化などの目的で使用されるケースが増えてきている。ところが、従来から重量コンクリート用として実績の多い鉄鉱石系骨材は、新興国での鋼材需要拡大によって需給が逼迫しており、それに代わる重量骨材の検討が進められている。そこで本稿では、鉄鋼二次製品や重晶石などのソースに着目し、重量コンクリートの耐久性を調べることを目的として乾燥収縮ひび割れ試験による評価を行った結果について報告する。

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ており、比較用の普通骨材には山砂と砂岩砕石を使用した。

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いずれも 18±2.5cm、目標空気量は 2.0±1.5%として混和剤量により調整した。

2.3 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、単位容積質量を、硬化性状は材齢 28 日における圧縮強度、静弾性係数、割裂引張強度を測定した。

乾燥収縮ひび割れ試験は JIS A 1151 に準拠し、拘束供試体では形鋼と拘束コンクリート、無拘束供試体では自由収縮コンクリートにそれぞれワイヤストレーンゲージを貼ってひずみを計測し、形鋼ひずみの変曲点でひび割れ発生を判断した。なお、養生は全て材齢 7 日の脱型まで湿布による湿潤養生を行い、脱型後 20℃、60%RH にて気中養生した。

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 4.93g/cm ³ , 吸水率 0.6%
	HS2	金属スラグ系骨材 表乾密度 4.19g/cm ³ , 吸水率 1.2%
	HS3	重晶石 表乾密度 3.96g/cm ³ , 吸水率 0.9%
	NS	静岡県産山砂 表乾密度 2.56g/cm ³ , 吸水率 2.3%
粗骨材 (G)	HG1	金属スラグ系骨材 表乾密度 4.29g/cm ³ , 吸水率 0.3%
	HG2	重晶石 表乾密度 4.09g/cm ³ , 吸水率 0.4%
	NG	茨城県産砂岩砕石 表乾密度 2.64g/cm ³ , 吸水率 0.7%
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 (cm)	空気量 (%)	単位容積質量(kg/m ³)
							(C×%)					
HWC-3.6	50	48	175	350	1643	1549	1.0	0.06	3717	20.0	3.0	3763
HWC-3.4		50	175	350	1454	1489	0.5	0.04	3468	18.5	1.5	3529
HWC-3.2		53	175	350	1457	1335	0.7	—	3317	18.5	2.5	3315
NC-2.3		46	175	350	817	991	[0.25]	—	2333	16.0	2.3	2352

キーワード：重量骨材、重量コンクリート、重晶石、乾燥収縮ひび割れ、収縮応力

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

3.1 コンクリート物性

フレッシュコンクリート性状は表-3 右欄のとおり目標範囲内であることを確認した。材齢 28 日における硬化性状の結果は表-4 左欄に示すとおり, HWC-3.6 と HWC-3.4 は NC-2.3 と同等以上の力学性状を示しているが, HWC-3.2 は低く, 特に静弾性係数は 19.4kN/mm² と低いことが特徴的である。

3.2 自由収縮ひずみ

図-1 に無拘束供試体におけるコンクリートの自由収縮ひずみを示す。HWC-3.6 と HWC-3.4 の乾燥 91 日における収縮ひずみは約 300×10⁻⁶ であり, HWC-3.2 および NC-2.3 の約 500×10⁻⁶ に対して約 40%小さい。

3.3 乾燥収縮ひび割れ

図-2 に各水準の代表的な拘束形鋼ひずみの変化を示す。表-4 右欄には, 乾燥収縮ひび割れ試験結果を示しており, ひび割れ発生時の形鋼ひずみからコンクリート内部に生じる収縮応力を算出し, ひび割れ発生時の割裂引張強度と比較した。HWC-3.6 と HWC-3.4 は乾燥 91 日までひび割れは発生しなかったのに対して, HWC-3.2 は 17.6 日で NC-2.3 の 35.6 日より早くひび割れが発生した。

図-3 に乾燥日数と収縮応力引張強度比の関係を示す。図中のグラフは, 既往の研究¹⁾においてひび割れが発生したときの関係式を示している。本試験でひび割れが発生した HWC-3.2, NC-2.3 の収縮応力引張強度比は, この関係式よりも高い値となっていた。HWC-3.2 は NC-2.3 に比べてコンクリートの収縮量および収縮応力は小さいにも関わらず, 引張強度が低い早期にひび割れが発生したと考えられる。

ひび割れが発生しなかった HWC-3.6, HWC-3.4 については, 乾燥 91 日におけるひずみから収縮応力を算出したところ, いずれも関係式を大きく下回っていた。乾燥 91 日以降, コンクリートの収縮は収束に向かい, 収縮応力は大きく変化しないことから, 収縮応力引張強度比が関係式に近づくことはなく, これらの供試体にひび割れが発生する可能性は低いと考えられる。

4. まとめ

各種重量骨材を用いた設計単位容積質量 3.2~3.6t/m³ の重量コンクリートにおいて乾燥収縮ひび割れ試験を行った結果, 使用骨材によって収縮量や強度発現性が異なるため, ひび割れ性状も異なることが判った。そのため用途や性能に応じた使用骨材の使い分けが重要である。

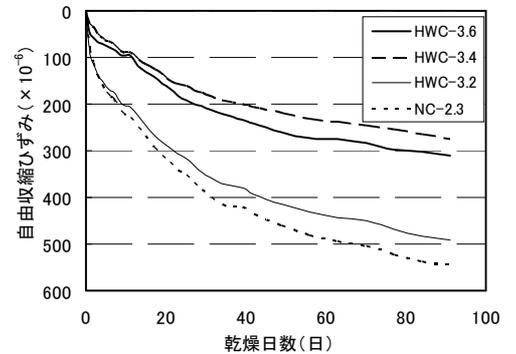


図-1 自由収縮ひずみ

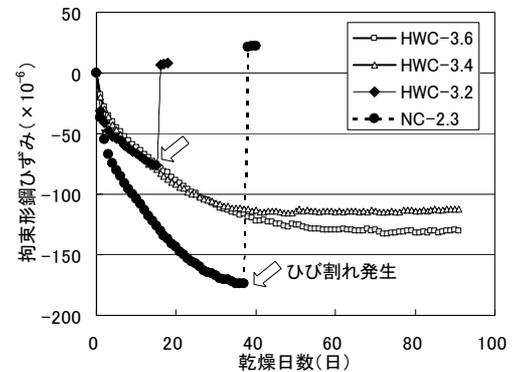


図-2 拘束形鋼ひずみの変化

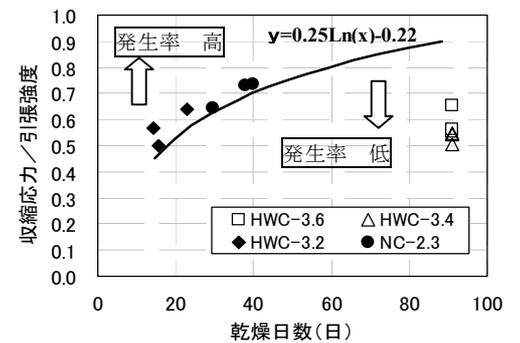


図-3 乾燥日数と収縮応力引張強度比の関係

表-4 硬化性状および乾燥収縮ひび割れ試験の結果 (()内の数値は乾燥 91 日時点の値)

種類	硬化性状 (材齢 28 日)			乾燥収縮ひび割れ試験					
	圧縮強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (kN/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ひび割れ日数 (日)	変動係数 (%)	形鋼ひずみ (μ)	コンクリートの収縮応力 (N/mm ²)	ひび割れ時割裂引張強度(N/mm ²)	収縮応力引張強度比
HWC-3.6	57.1	42.3	3.32	なし	—	(130)	(2.17)	(3.67)	(0.59)
HWC-3.4	48.1	43.2	3.53	なし	—	(113)	(1.87)	(3.51)	(0.54)
HWC-3.2	40.4	19.4	2.35	17.6	21.5	82	1.33	2.34	0.57
NC-2.3	49.1	30.3	3.76	35.6	12.6	166	2.73	3.88	0.70

【参考文献】 1)大野俊夫・魚本健人 : 乾燥収縮ひび割れ発生時の引張伸び能力に関する実験的検討, 日本コンクリート工学年次論文集, Vol.19, No.1, pp.733~738, 1997