

100N/mm² 超級超高強度コンクリートの自己収縮評価

太平洋セメント(株) 正会員 ○前堀 伸平
足利工業大学都市環境工学科 正会員 宮澤 伸吾
太平洋セメント(株) 正会員 中崎 豪士
太平洋セメント(株) 正会員 谷村 充

1. はじめに

近年、圧縮強度 100N/mm² を超える超高強度コンクリートが実用化されてきた。超高強度コンクリートは水結合材比が小さく、自己収縮の影響が無視できなくなるため、その特性評価が求められる。本研究では、水結合材比 13～20%の超高強度コンクリートの自己収縮ひずみを実験的に把握するとともに、この領域の自己収縮ひずみ予測式について検討した。

2. 試験概要

使用材料を表-1 に示す。セメント、骨材および混和剤はいずれも、(超) 高強度コンクリートの製造に実績のあるものを用いた。コンクリートの配合条件を表-2 に示す。W/C (3 水準) および骨材原石種類(3 水準)をパラメータにした計9 配合を実施した。目標スランブフローを得るための混和剤の添加量(C×質量%) は、W/C=13.0% : 1.2～1.4%、W/C=16.5% : 0.8～0.9%、W/C=20.0% : 1.5～1.65%であり、いずれも使用量の推奨範囲内であった。自己収縮ひずみ供試体(寸法: 100×100×400mm、測定方法: 測温機能付き埋込型ひずみ計) は、日本コンクリート工学協会規準・JCI-SAS2「セメントペースト、モルタルおよびコンクリートの自己収縮および自己膨張試験方法(案)」に準じて作製した。材齢 1 日で脱型後は供試体の全露出面にアルミ箔粘着テープを貼付し、20℃の恒温室内で封かん養生を継続した。標準養生(20℃水中) 供試体(寸法: φ100×200mm)を用い、材齢7日、28日および91日で圧縮強度を測定した。

3. 実験結果および考察

3.1 圧縮強度

圧縮強度の結果を図-1 に示す。いずれの W/C および骨材原石種類においても、材齢 91 日で 150N/mm² を超える強度を発現した。本検討の範囲では、SA の強度が最も大きく 196N/mm² に達した。

3.2 自己収縮ひずみ

自己収縮ひずみの測定結果(起点: 凝結始発)を図-2 に例示する。W/C が小さくなるほど、自己収縮ひずみの値は大きくなっており、材齢 91 日で約 290～550×10⁻⁶ に達した。材齢 91 日における自己収縮ひずみの実測値を表-3 および図-3 に示す。同一 W/C での骨材原石種類による自己収縮ひずみの差は±50×10⁻⁶ 程度以下であり、大きな差はないと判

表-1 使用材料

材料	種類	骨材原石種類	物性など
セメント	シリカフューム プレミックスセメント	-	密度 3.07g/cm ³ , 比表面積 6160cm ² /g
細骨材	砕砂	硬質砂岩(SA)	表乾密度 2.60g/cm ³ , 吸水率 1.99%
		流紋岩 石灰石(RH)	表乾密度 2.56g/cm ³ , 吸水率 2.24%
			表乾密度 2.66g/cm ³ , 吸水率 1.02%
			(流紋岩: 石灰石=3:7の質量比)
粗骨材	碎石	安山岩(AN)	表乾密度 2.60g/cm ³ , 吸水率 2.44%
		硬質砂岩(SA)	表乾密度 2.64g/cm ³ , 吸水率 0.85%
		流紋岩(RH)	表乾密度 2.63g/cm ³ , 吸水率 1.85%
		安山岩(AN)	表乾密度 2.61g/cm ³ , 吸水率 2.46%
混和剤	高性能 AE 減水剤*	-	ポリカルボン酸系
	高性能減水剤**		

*W/C=20.0%配合で使用 **W/C=16.5%および 13.0%配合で使用

表-2 コンクリートの配合条件

W/C (%)	単位水量 (kg/m ³)	単位粗骨材 かさ容積 (m ³ /m ³)	目標 スランブフロー (cm)	目標 空気量 (%)
20.0	155	0.53	65±7.5	2.0 以下
16.5			75±7.5	
13.0	150			

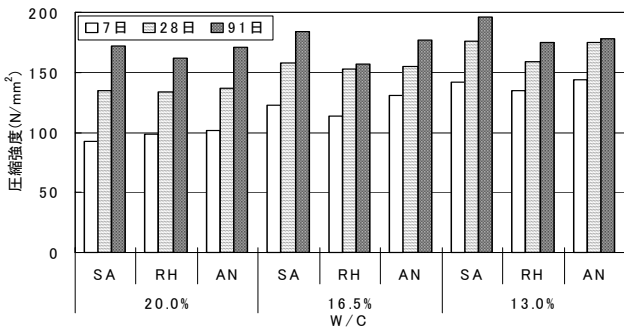


図-1 圧縮強度試験結果

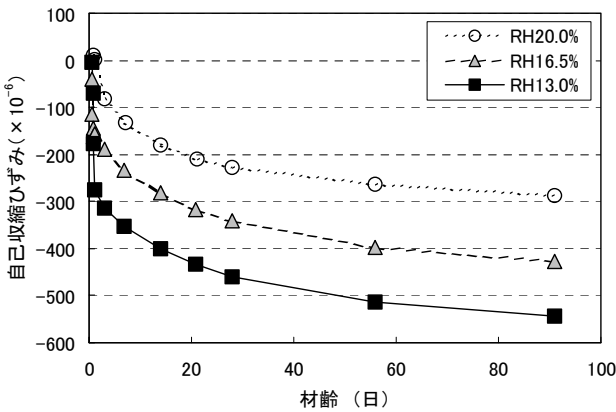


図-2 自己収縮ひずみの経時変化 (RH)

キーワード: 超高強度コンクリート, シリカフュームプレミックスセメント, 骨材原石種類, 自己収縮, 予測式
〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント中央研究所 TEL043-498-3804

断される。なお、別途原石コア（寸法：φ32×64mm）を用いて測定した骨材のヤング係数は、SA：71.6×10³ N/mm²、RH：62.4×10³ N/mm²、AN：42.7×10³ N/mm²であり、自己収縮の大小関係と比較すると、骨材のヤング係数が大きいほど自己収縮が小さい傾向が認められる。

3.3 自己収縮ひずみ予測式の検討

土木学会コンクリート標準示方書に示される自己収縮ひずみ予測式（適用範囲：W/C=20%程度まで）をベースに、W/Cが20%よりも低い領域の予測式を検討した。まず、自己収縮ひずみの最終値に関して、セメントおよび混和材の種類の影響を表す係数 γ を、材齢91日の結果に基づいて求めると、 $\gamma=0.45$ が得られた（図-3）。

次に、自己収縮の進行特性を表す係数を算出した結果を図-4および図-5に示す。両図には日本コンクリート工学協会・マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008¹⁾に示される低熱ポルトランドセメントに対する係数（JCI-L式）および普通や中庸熱ポルトランドセメントなどに対する係数（JCI-N式）を併記する。係数aについて、JCI-N式よりも小さい値となり、JCI-L式により近い値となっている。一方、係数bについてはJCI-N式により近い値となっている。ここでは、算出した係数a、bとW/Cとの関係をそれぞれ指数関数近似し、係数a、bの算定式を定めた。

上記の検討結果をまとめて表-4に示す。得られた関係式による予測値と実測値の比較を図-6に例示するが、実用的なレベルで自己収縮ひずみを評価できていると考えられる。

4. まとめ

水結合材比 20%以下の領域における超高強度コンクリートの自己収縮ひずみ性状を検討し、実験値に基づく予測式を提示した。自己収縮ひずみの温度依存性（有効材齢の適合性など）²⁾の検討など課題が残されるものの、実務設計上の参考に資することができると思われる。

【参考文献】

- 1) 日本コンクリート工学協会：マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008, pp.53-54, 2008.
- 2) 寺本篤史, 丸山一平, 谷村充, 三谷裕二：超高強度コンクリートの自己収縮予測式の提案, 日本建築学会構造系論文集, Vol.75, No.654, pp.1421-1430, 2010.

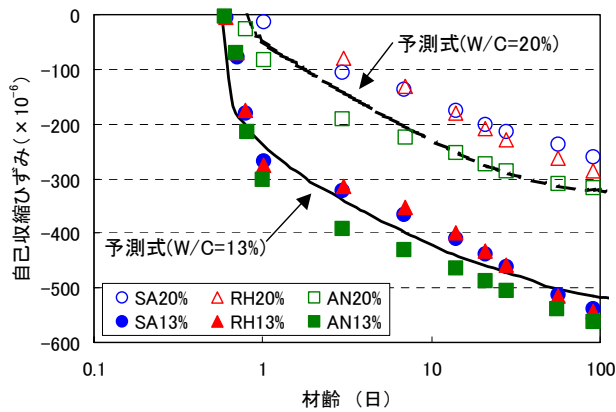


図-6 自己収縮ひずみの予測式と実測値

表-3 材齢91日における自己収縮ひずみの値

W/C (%)	自己収縮ひずみ (×10 ⁻⁶)		
	SA	RH	AN
20.0	261	287	316
16.5	402	426	474
13.0	539	543	562

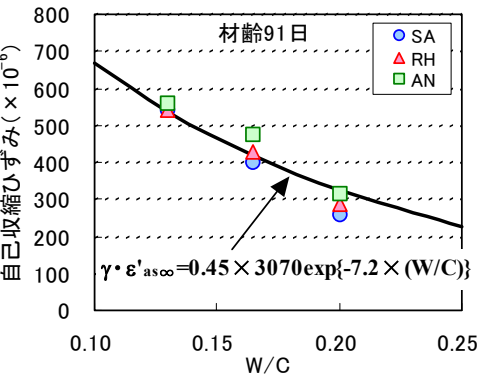


図-3 W/Cと自己収縮ひずみの関係

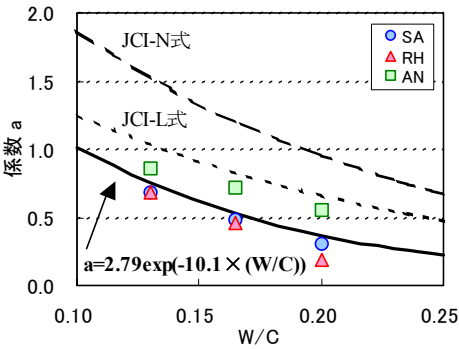


図-4 W/Cと係数aの関係

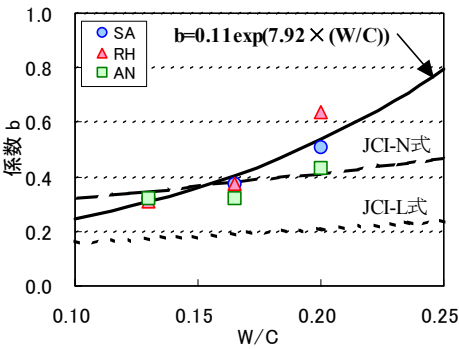


図-5 W/Cと係数bの関係

表-4 自己収縮予測式に用いる各係数の設定

係数	算定式
γ	0.45
a	$2.79 \exp\{-10.1 \times (W/C)\}$
b	$0.11 \exp\{7.92 \times (W/C)\}$