

立命館大学大学院理工学研究科 学生員○田畑篤史 立命館大学大学院理工学研究科 学生員 井上真澄
立命館大学理工学部 正会員 高木宣章 立命館大学理工学部 正会員 児島孝之

1. はじめに

本研究では、高強度シリカフェームコンクリートの乾燥収縮へ及ぼす前養生の影響について、普通強度コンクリートと比較検討を行った。また、現存の予測式の適用性についても検討を行う。

2. 実験概要

実験要因として水結合材比を 20, 30, 50% の 3 水準、シリカフェーム置換率を 0, 7.5, 15% の 3 水準とした。使用材料を表-1、コンクリートの示方配合を表-2 に示す。供試体(10×10×40cm)は、材齢 1 日で脱型し、封緘養生する供試体と標準水中養生する供試体を作製し、材齢 28 日から 20±1℃, 60±5%RH の環境下で乾燥収縮試験を行った。封緘養生供試体の作製は、高流動コンクリートの自己収縮試験方法¹⁾に準じた。封緘養生供試体の脱型後の養生方法は、既報告²⁾と同じとした。長さ変化の測定は、JIS A 1129 (コンタクトゲージ法) により行った。

表-1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント 密度 3.16g/cm ³
シリカフェーム	ノルウェー産粉体 密度 2.20g/cm ³ SiO ₂ =93.1% 比表面積 20m ² /g
細骨材	野洲川産川砂 表乾密度 2.60g/cm ³ F.M.=2.69 吸水率 1.47% 高機産硬質砂岩碎石 表乾密度 2.68g/cm ³ 吸水率 0.78% F.M.=6.57 最大粗骨材寸法 20mm 混合質量比 20~13mm : 13~5mm = 1 : 1
粗骨材	
混和剤	高性能 AE 減水剤 A : ポリカルボン酸系グラフトコポリマー AE 減水剤 B : ポリカルボン酸 Ca 塩 AE 減水剤 C : リグニンスルホン酸化合物 AE 助剤 D : アニオン系界面活性剤 E : アルキルアリルスルホン化合物

表-2 コンクリートの示方配合

配合名	W (C+SF) (%)	SF (C+SF) (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					AE 減水剤 ^{*1} (%)	AE 助剤 ^{*2} (A~E)	材齢 28 日圧縮強度 (N/mm ²)	
				W	C	SF	S	G			封緘養生	水中養生
20-7.5	20	7.5	34	150	694	56	528	1024	A 4.2	—	112	101
30-0	30	0	37	160	533	0	638	1087	B 1.3	—	71.0	79.4
30-7.5	30	7.5	36.5	160	493	40	625	1087	B 1.9	—	81.5	81.5
30-15	30	15	36	160	453	80	611	1086	B 2.3	—	96.2	84.3
50-0	50	0	44	170	340	0	794	1010	C 0.25	E 2.5	32.2	42.9
50-7.5	50	7.5	43.5	170	315	26	781	1014	B 1.0	D 4.0	40.7	44.0
50-15	50	15	43	170	289	51	768	1018	B 1.8	D 4.0	41.1	54.1

注)*1: (高性能)AE 減水剤使用量は結合材質量に対する百分率で表示、混和剤の欄中の記号は使用混和剤の種類を示す
*2: E の 1%希釈液および D の 2%希釈液を各々結合材(C+SF)1kg 当たり 2cc 使用する時を 1A とする

3. 実験結果および考察

乾燥収縮ひずみの経時変化を図-1 に示す。材齢 28 日までの養生条件に関わらず、乾燥収縮ひずみは水結合材比の低下に伴い減少する傾向にある。同一水結合材比ではシリカフェーム置換率が

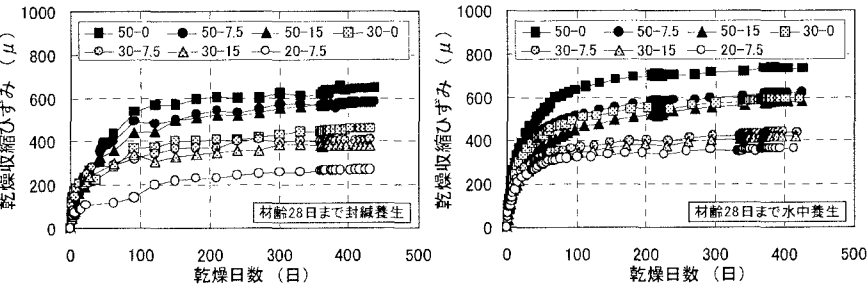


図-1 乾燥収縮ひずみの経時変化

大きいほど、乾燥収縮ひずみは小さくなる傾向にあった。また、乾燥収縮ひずみは、材齢 28 日まで水中養生した供試体の方が大きくなった。これは、水中養生中に水分を吸収したためであると考えられる。

土木学会コンクリート標準示方書式 (以下、JSCE 式)³⁾ および N.J.Gardner 式⁴⁾ による乾燥収縮ひずみの予測値と実験値の関係をそれぞれ図-2, 3 に示す。

JSCE 式
$$\varepsilon'_{cs}(t, t_0) = [1 - \exp\{-0.108(t-t_0)^{0.56}\}] \cdot \varepsilon'_{sh} \quad (1)$$

ここに、 $\varepsilon'_{sh} = -50 + 78[1 - \exp(RH/100)] + 38 \log_e W - 5[\log_e(I/S)/10]^2$, ε'_{sh} : 収縮ひずみの最終値(×10⁻⁵)

$\varepsilon'_{cs}(t, t_0)$: コンクリートの材齢 t_0 から t までの収縮ひずみ ($\times 10^{-5}$), RH : 相対湿度 (%) ($45\% \leq RH \leq 80\%$)

W : 単位水量 (kg/m^3) ($130\text{kg}/\text{m}^3 \leq W \leq 230\text{kg}/\text{m}^3$), V : 体積 (mm^3), S : 外気に接する表面積 (mm^2)

V/S : 体積表面積比 (mm) ($100\text{mm} \leq V/S \leq 300\text{mm}$), t_0 : 乾燥開始材齢 (日), t : 材齢 (日)

$$\text{N.J.Gardner 式} \quad \varepsilon_{sh} = \varepsilon_{shu} \beta(h) \beta(t) \quad (2)$$

$$\text{ここに, } \beta(h) = (1 - 1.18 h^4) \quad \varepsilon_{shu} = 1000 \times K \times \left(\frac{30}{f_{cm28}} \right)^{1/2} \times 10^{-6} \quad \beta(t) = \left(\frac{t - t_c}{t - t_c + 0.15 \times (V/S)^2} \right)^{1/2}$$

h : 湿度, t : 材齢 (日), t_c : 乾燥開始材齢 (日), V/S : 体積/表面積 (mm), $K=1$ Type I cement

$K=0.70$ Type II cement, $K=1.15$ Type III cement, f_{cm28} : 材齢 28 日におけるコンクリートの平均圧縮強度 (MPa)

シリカフューム未使用の普通強度を有する標準養生供試体 (配合 50-0) では, JSCE 式の予測値は実験値とよく一致した。これ以外の配合に関しては, JSCE 式の予測値は, 普通強度コンクリートでは実験値より大きく, 変動はあるものの, $\pm 40\%$ の範囲内にあり, 概ね実験値を予測できるものと考えられる。しかし, 高強度コンクリートになるほど予測値が実験値よりかなり大きくなった。また, 材齢 28 日まで封緘養生した供試体の方が, 予測値が実験値より大きくなる傾向にあった。一方, N.J.Gardner 式の予測値は, 普通強度コンクリートから高強度コンクリートまで実験値とよく一致した。材齢 28 日まで封緘養生した供試体では, 予測値は実験値よりも大きくなったが, $\pm 40\%$ の範囲内にあり, 概ね実験値を予測できると考えられる。JSCE 式は単位水量が乾燥収縮に及ぼす影響を考慮した予測式であるのに対し, N.J.Gardner 式はコンクリートの圧縮強度 (材齢 28 日) の影響を考慮した予測式となっており, 普通強度から高強度域のコンクリートの乾燥収縮ひずみを精度良く予測できるものと考えられる。これは, 高強度になるほど, あるいはシリカフュームを混入することにより, コンクリートの内部組織が緻密になるため, 単位水量が同じでも, 水の逸散速度が異なることが一因と考えられる。

4. 結論

(1) 前養生条件に関わらず, 水結合材比が小さいほど, 同一水結合材比ではシリカフューム置換率が大きいほど, 乾燥収縮ひずみは小さくなる。

(2) N.J.Gardner 式は, 普通強度から高強度域のコンクリートの乾燥収縮ひずみを精度良く予測できる。

参考文献

1) 日本コンクリート工学会: 超流動コンクリート研究委員会報告書 (II), pp.209-210, 1994

2) 児島孝之, 高木宣章,

堀川智史, 井上真澄: 高強度コンクリートのクリープ特性に関する実験的研究, セメント・コンクリート論文集, No.54, pp.354-361, 2001

3) 土木学会: 平成 8 年制定 コンクリート標準示方書 [設計編], pp.26-29, 1996

4) N.J.Gardner: Mechanical Properties of Concrete to Calculate Serviceability of Normal Strength Concrete Elements, International Symposium on Engineering Materials for Sustainable Development, pp.127-143, 2000.11

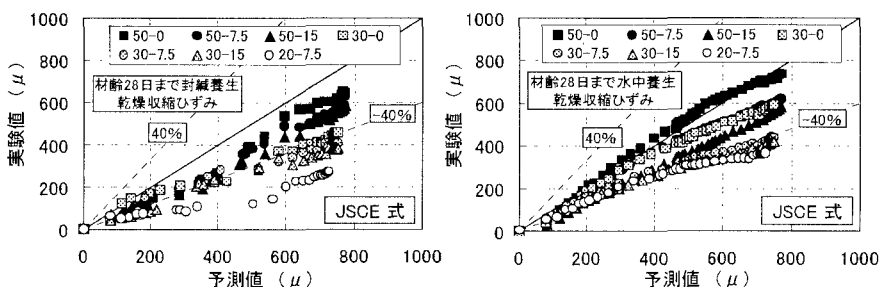


図-2 標準示方書式による乾燥収縮ひずみの予測値と実験値の関係

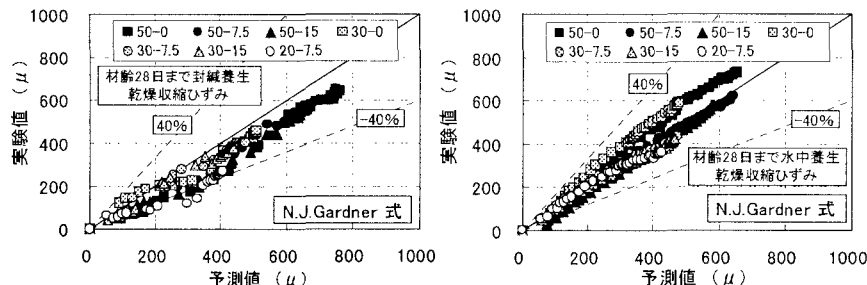


図-3 N.J.Gardner 式による乾燥収縮ひずみの予測値と実験値の関係