

粗骨材の乾燥収縮測定に関する検討

太平洋セメント(株) 正会員 ○杉山 真悟  
 太平洋セメント(株) 正会員 兵頭 彦次  
 太平洋セメント(株) 正会員 谷村 充

1. 目的

コンクリートの乾燥収縮に及ぼす要因として骨材自体の収縮が挙げられている<sup>1)</sup>。骨材の収縮は、コンクリートの収縮を簡易評価できる物性として期待され、最近では、測定方法に関する検討<sup>2)</sup>も一部でなされている。しかしながら、骨材は不均一な材料であることから、測定データのバラツキが大きいと考えられる。本検討では、粗骨材の乾燥収縮ひずみのバラツキの把握およびそれに基づくシミュレーションを実施し、試験の再現性に及ぼす測定個数の影響について試算を行った。

2. 実験概要

(1) 使用粗骨材およびコンクリートの乾燥収縮

表-1に、実験に使用した粗骨材の物性を示す。粗骨材はいずれも砕石 2005 の砕石であり、吸水率は 0.41%~2.47%、絶乾密度が 2.56g/cm<sup>3</sup>~2.75g/cm<sup>3</sup> の範囲である。粗骨材の岩種は、安山岩、流紋岩、斑レイ岩、石灰石、硬質砂岩、粘板岩の 6 種類である。これらの粗骨材を用いたコンクリートの乾燥収縮試験結果を併記する。乾燥期間 6 か月における乾燥収縮ひずみは-500×10<sup>-6</sup>~-1000×10<sup>-6</sup>程度と広範囲にわたるものであった。

(2) 粗骨材の乾燥収縮測定方法

測定には、ふるい試験によって寸法 15~20mm の範囲となる粗骨材粒を用いた。乾燥収縮は、電気抵抗線ひずみゲージ(検長:2mm)を用いた。防水を目的として、ひずみゲージ貼付面を滑面処理した後、ポリエステル系接着剤で下地処理した。その上に、ひずみゲージを 1 枚貼り付け、さらに表面をブチルゴム系のコーティング剤で被覆した。測定条件は、7 日間 20℃水中保管した後、20℃-60R.H.%で静置した。本検討では、7 日のひずみを起点とし、乾燥期間 12 日におけるひずみ変化量を粗骨材の乾燥収縮ひずみと定義した。

3. 実験結果

(1) 粗骨材の乾燥収縮ひずみ

表-1に、粗骨材 5 個の乾燥収縮ひずみの平均値、標準偏差および変動係数を示す。なお、骨材 H, I, J の変動

係数は、平均値が非常に小さいことによって極めて大きくなっており、参考値とする。図-1に、粗骨材の乾燥収縮ひずみの平均値とコンクリートの乾燥収縮ひずみ(乾燥期間 6 か月)の関係を示す。粗骨材の乾燥収縮ひずみは、4~-464×10<sup>-6</sup>の範囲であった。コンクリートの乾燥収縮

表-1 使用した粗骨材の物性とコンクリートの乾燥収縮

粗骨材種類	吸水率 (%)	絶乾密度 (g/cm <sup>3</sup> )	乾燥収縮ひずみ(×10 <sup>-6</sup> )			
			粗骨材			コンクリート***
			平均	σ*	C.V.*	
A	1.80	2.65	-166	61	37	-701
B	2.13	2.62	-224	43	19	-659
C	2.47	2.57	-152	102	67	-820
D	1.10	2.58	-154	83	54	-626
E	0.65	2.61	-74	37	50	-655
F	1.00	2.64	-174	74	43	-626
G	0.58	2.68	-180	96	53	-667
H	0.41	2.69	4	5	124**	-500
I	0.63	2.68	1	13	1391**	-590
J	0.60	2.68	-18	18	101**	-542
K	0.44	2.75	-50	32	64	-517
L	0.43	2.69	-58	44	75	-512
M	0.74	2.64	-214	130	61	-709
N	1.88	2.56	-464	225	48	-1036
O	0.96	2.64	-455	275	61	-873
P	0.55	2.72	-103	22	22	-623
Q	0.88	2.69	-400	121	30	-865

\* : σ標準偏差(×10<sup>-6</sup>), C.V. 変動係数(%)  
 \*\* : 参考値とする  
 \*\*\* : 単位水量 : 170kg/m<sup>3</sup>, W/C : 50%, 細骨材(A~J) : 海砂+砕砂(吸水率 : 1.20%), 細骨材(K~Q) : 山砂+砕砂(吸水率 : 2.07%), 試験方法 : JISA 1129-2 および附属書 A(参考), 養生 : 7 日間(20℃水中), 保存条件 : 20℃-60%R.H., 乾燥期間 6 か月の乾燥収縮ひずみ

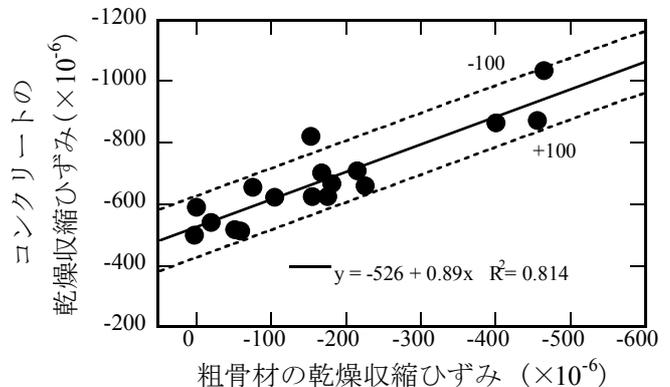


図-1 粗骨材とコンクリートの乾燥収縮の関係

キーワード 乾燥収縮, 粗骨材, 測定方法, 簡易評価, モンテカルロ法

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 TEL:043-498-3804

ひずみとの関係は、非常に良好な直線関係が認められ、粗骨材が  $110 \times 10^{-6}$  程度変化するとコンクリートが  $100 \times 10^{-6}$  変化する結果であった。また、コンクリートの乾燥収縮ひずみは、概ね回帰式の  $\pm 100 \times 10^{-6}$  の範囲内であった。図-2(a)に、粗骨材の乾燥収縮ひずみの大きさと5個の測定値の標準偏差との関係を示す。同図より、乾燥収縮ひずみが大きくなるほど、標準偏差もほぼ比例して大きくなることわかる。図-2(b)に変動係数との関係を示す。変動係数は20~75%程度の範囲であり、平均で50%であった。また、変動係数と粗骨材の収縮の大きさに明確な関係は認められなかった。

(2) 測定個数の検討

粗骨材(M)について、60個の乾燥収縮ひずみを測定したヒストグラムを図-3に示す。平均値  $-237 \times 10^{-6}$  に対し  $-89 \sim -673 \times 10^{-6}$  と広範囲に分布した。分布形状は、対数正規分布にみなせると考えられた。このデータ中から、3, 5, 10, 15, 20個抜き取ったときの収縮の平均値がどのような値を取り得るか、抜取回数1000回の条件で計算を行った。図-4に、測定個数と粗骨材の乾燥収縮ひずみの関係を示す。最大・最小値は測定個数に依存し、測定個数が少ないほど広範囲な値を取り得ることがわかる。

次に、測定平均値について許容範囲を設定し、1回の試験結果がその範囲内になる確率と測定個数の関係を、モンテカルロ法を用いて試算した。許容範囲として、コンクリートの乾燥収縮ひずみの推定結果が  $\pm 100 \times 10^{-6}$  となるよう、図-1の回帰式より、粗骨材の収縮を平均値  $\pm 110 \times 10^{-6}$  と設定した。仮定条件として、粗骨材の乾燥収縮ひずみは対数正規分布であり、変動係数は収縮の大きさによらず一定(平均値50%)であるとした。試行数を1000回として確率を算出した。図-5に、粗骨材の乾燥収縮ひずみの平均値別にシミュレーション結果を示す。測定個数が多くなるほど、粗骨材の乾燥収縮ひずみが小さくなるほど、許容値内に入る確率が高くなる傾向であった。測定数が5個の場合、粗骨材の収縮  $-500 \times 10^{-6}$  で70%程度の確率で許容値内となる試算結果となった。

4. まとめ

- ・ コンクリートの乾燥収縮ひずみと粗骨材の乾燥収縮ひずみの間には、良好な直線関係が認められた。
- ・ 60個の測定結果から、粗骨材粒の乾燥収縮ひずみは広範囲に分布することが確認された。
- ・ 測定個数が多く、骨材自体の収縮が小さいほど、測定結果が許容範囲に入る確率が向上することが、モンテカルロ法により試算された。

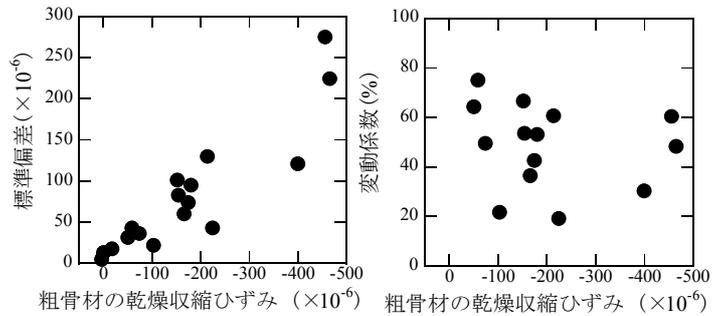


図-2 粗骨材の乾燥収縮ひずみと標準偏差・変動係数

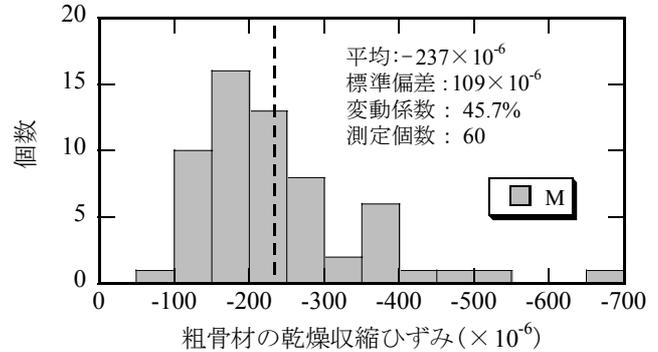


図-3 粗骨材の乾燥収縮ひずみのヒストグラム(骨材 M)

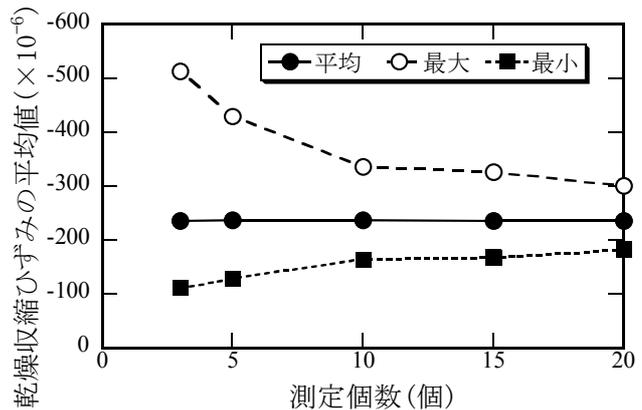


図-4 乾燥収縮ひずみの平均値と測定個数の関係

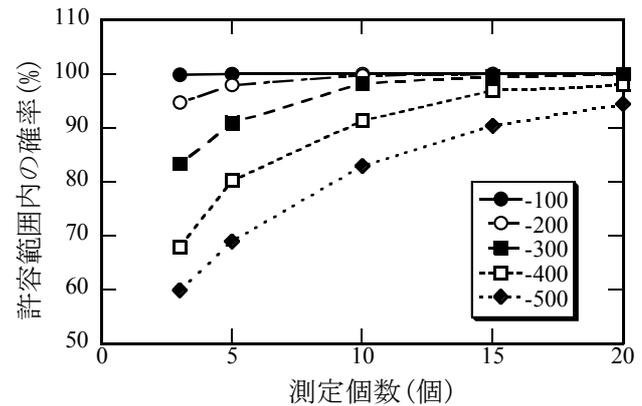


図-5 測定結果が許容値内になる確率と測定個数の関係

参考文献

- 1) 後藤幸正ほか：コンクリートの乾燥収縮に及ぼす骨材の影響，土木学会論文集，第286号，pp.125-137，1979
- 2) 山田宏ほか：コンクリートの乾燥収縮率と骨材の乾燥収縮率の関係，「コンクリートの収縮特性評価およびひび割れへの影響」に関するシンポジウム論文集，pp.13-16，2010