

粗骨材の乾燥収縮測定に及ぼす各種要因の検討

太平洋セメント(株) 正会員 兵頭 彦次
 同上 正会員 中崎 豪士
 同上 正会員 谷村 充

1. はじめに

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¹⁾。既報では、粗骨材の乾燥収縮はコンクリートの収縮と相関性が高く、有効な評価指標であることを確認した²⁾。本報告では、試験方法の実用性向上を目的とし、粗骨材の粒径、ひずみの測定方向、サンプル数が結果に及ぼす影響について検討を行った。

2. 実験概要

(1)粗骨材

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 であり、石灰石、硬質砂岩(砂岩 A、B)、安山岩の計 4 種類を用意した。これらの粗骨材を用いたコンクリートの乾燥収縮試験ひずみ²⁾(乾燥期間:6 か月)は、それぞれ 512 μ 、709 μ 、820 μ 、1036 μ と広範囲にわたるものである。

(2)検討要因

表-2 に、検討要因とそれに応じた試料の条件を示す。要因として、粒径、測定方向、サンプル数の影響を検討した。試料は、JIS A 1102(骨材のふるい分け試験方法)に準じて粒径の範囲を 3 群(5~10mm、10~15mm、15~20mm)に分け、その中から検討内容に応じて所要数の粗骨材粒をサンプリングした。粒径の検討では、3 群からそれぞれ 15 個ずつ、測定方向および測定個数の検討では粒径 15~20mm の中から 60 個選んだ。

(3)ひずみゲージ

粗骨材の乾燥収縮はひずみゲージで測定した。粒径 5~10mm の粗骨材には検長 0.3mm、それ以外の粗骨材については検長 2mm の箔ゲージを用いた。測定方向の検討では、検長 2mm の 2 軸積層型(90°)を用いた。ひずみゲージ貼付け面は、ベンチグラインダおよびサンドペーパーによって平面処理し、防水を目的としたポリエステル系接着剤による下地処理とブチルゴム系のコーティング剤によるゲージ表面の被覆を行った。

(4)測定方法

ひずみゲージを貼り付けた粗骨材を 20 水中に浸せきし、ひずみが安定するまで静置した(7 日以上)。その後、20 \pm 60%R.H.でひずみが安定するまで乾燥し(7 日以上)、乾燥開始時からのひずみ変化量を乾燥収縮ひずみ(符号は収縮側を正)とした。

3. 実験結果

3.1 粒径の影響

図-1 に、粒径別の粗骨材の乾燥収縮ひずみを試料毎に示す。いずれの試料も、粒径が小さくなるほど乾燥収縮ひずみが大きくなった。また、粒径間の大小差は粗骨材の乾燥収縮ひずみが大いものほど大きくなる傾向であった。骨材粒径が小さくなるとともに内部比表面積が大きくなる³⁾ことが報告されており、比表面積と収縮の関係性を勘案す

表-1 粗骨材の物性およびコンクリートの乾燥収縮

試料名	吸水率 (%)	絶乾密度 (g/cm ³)	コンクリートの乾燥収縮(μ)
石灰石	0.44	2.69	512
砂岩 A	0.74	2.64	709
砂岩 B	1.88	2.56	1036
安山岩	2.47	2.57	820

表-2 検討要因と試料の条件

検討要因	試料数 (個)	粒径の範囲(mm)		
		5~10	10~15	15~20
粒径	15			
測定方向	60	-	-	-
サンプル数	60	-	-	-

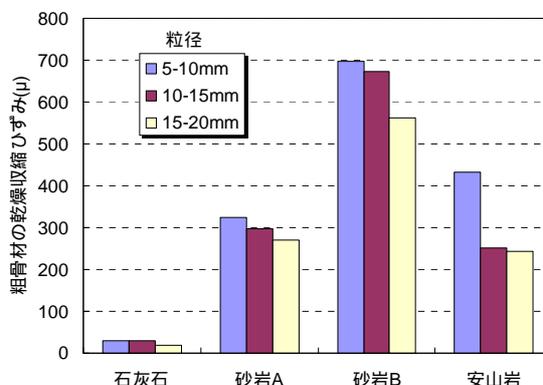


図-1 粗骨材の粒径と乾燥収縮ひずみ

キーワード 粗骨材, 乾燥収縮ひずみ, 測定方法, 粒径, 統計解析, サンプル数

連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 TEL043-498-3804

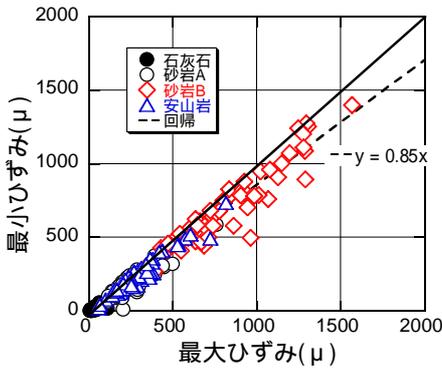


図-2 2方向の乾燥収縮ひずみ

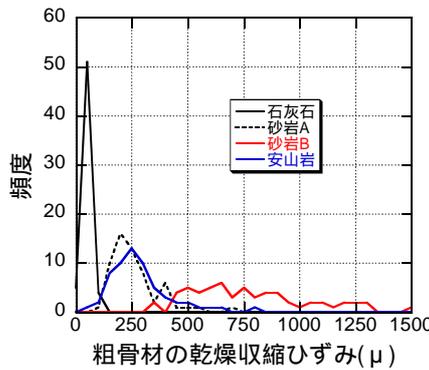


図-3 ヒストグラム

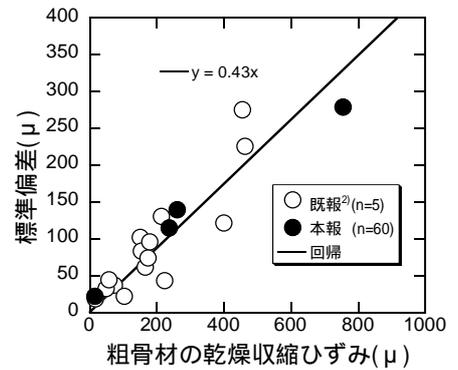


図-4 標準偏差

ると、本検討でも粒径に応じて比表面積が変化している可能性がある。粒径の影響が無視できないことから、測定には同程度の粒径で評価することが適当と考えられる。

3.2 測定方向の影響

図-2に、第1,2軸で測定された乾燥収縮ひずみの大きい方(最大ひずみ)と、小さい方(最小ひずみ)の比較を示す。最小ひずみと最大ひずみの差は15%程度であり、測定方向の影響はそれほど大きくないと判断される。岩種別(石灰石は除く)では、砂岩Aが22%、砂岩Bが13%、安山岩が17%と、大差ない結果となった。堆積岩(砂岩A,B)と火成岩(安山岩)は岩石の生起条件が異なるため、異方性を示す可能性が考えられたが、本検討の範囲では明確な傾向は確認されなかった。

3.3 サンプル数の影響

図-3に、60個の乾燥収縮ひずみのヒストグラムを示す。乾燥収縮ひずみの範囲は、石灰石が5~92μ(平均:17μ)、砂岩Aが89~673μ(平均:237μ)、砂岩Bが329~1484μ(平均:756μ)、安山岩が37~774μ(平均:262μ)であり、平均値に対し広く分布した。図-4に、粗骨材の乾燥収縮ひずみの平均値と標準偏差の関係を示す。既報²⁾の結果(n=5)も併記する。同図より、乾燥収縮ひずみの増加にともなって標準偏差がほぼ比例して大きくなるのがわかる。測定個数が異なる場合でもその増加割合は同程度であり、変動係数はおおむね40%と比較的大きな値を示した。

上記の結果を用いて、信頼できる試験データが得られるサンプル数を検討した。測定を繰り返した際のばらつきは、変動係数C.V.とサンプル数nから、以下の標準誤差率で表される。

$$\text{標準誤差率}(\%) = \frac{C.V.}{\sqrt{n}}$$

図-5に、サンプル数と標準誤差率の関係を、前述の変動係数(40%に設定)を用いて計算した結果を示す。サンプル数

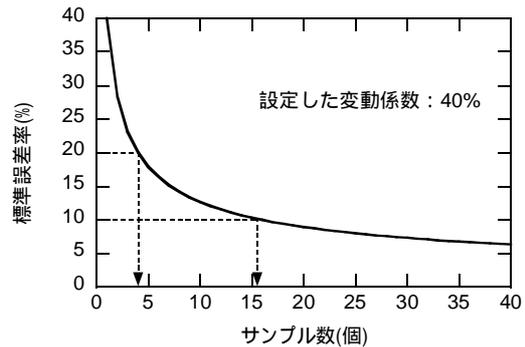


図-5 サンプル数と標準誤差率の関係

が多くなるとともに標準誤差率が小さくなり、3個、5個、15個に対し、それぞれ23%、18%、10%程度となった。サンプル数が増えるほどデータの信頼性は高まることになるが、式の形状からも明らかのように、標準誤差率はサンプル数を4倍するごとに半減する。したがって、信頼性を大幅に向上させるためにはサンプル数が飛躍的に増加することになる。サンプル数は、目的に応じて変化させる必要があるが、粗骨材の乾燥収縮を相対評価する上では、標準誤差率が20%~10%程度を確保できる5個~15個程度で測定しておけば十分ではないかと考えられる。

4.まとめ

- (1)粗骨材の粒径が小さいほど乾燥収縮ひずみが大きくなる傾向が認められ、同程度の粒径で評価することが適当であると考えられた。
- (2)測定方向の影響はそれほど大きくないと判断された。
- (3)サンプル数は、粗骨材の相対評価する上で一定の信頼性を確保できる5~15個程度とすることが適当と思われた。[参考文献]1)後藤ほか：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)杉山ほか：粗骨材の乾燥収縮測定に関する検討，土木学会第66回年次学術講演会，-445，pp.445-446，2011，3)樋口ほか：コンクリートの乾燥収縮ひずみに対する骨材寸法の影響，日本建築学会大会学術講演概要集(関東)，pp.431-432，2011