

相対湿度の変化が混和材を添加したコンクリートの収縮ひずみに与える影響

富山県立大学
北陸電力 (株)

○二永 勇也 (学生会員)
蟹谷 真生

伊藤 始 (正会員)
参納 千夏男 (正会員)

1. はじめに

持続可能な循環型社会の実現に向けて、フライアッシュ (以下 FA) を添加したコンクリートが注目されている。FA コンクリートには長期強度の増進や乾燥収縮の抑制などの特徴がある¹⁾。しかし土木構造物には、高炉セメント B 種 (以下 BB) を用いたコンクリートの利用が一般的であり、FA コンクリートの利用は一部に限られているのが現状である。

コンクリートの収縮は、微細空隙中の水分の逸散と水和反応に起因し、相対湿度の変化と密接な関わりがある。また、相対湿度は土木学会の収縮ひずみの設計式に使用されており^{2), 3)}、乾燥収縮に大きく影響する値である。FA を添加したコンクリートの相対湿度の変化が乾燥収縮ひずみに与える影響に着目した研究例は少なく、さらなる FA の利用促進のために相対湿度と収縮ひずみの相関性を捉える必要がある。

本研究では FA を添加したコンクリートの相対湿度の変化と乾燥収縮ひずみの相関性を捉えることを目的とし、一般的な乾燥収縮試験に加えて、図-1 に示すように透水試験を実施し、相対湿度と乾燥収縮ひずみを計測した。

3. 試験方法

(1) 角柱供試体の概要

各試験は 125mm×125mm×450mm の FA と BB の角柱供試体を用いて実施した。コンクリート打込み後、材齢 1 日で脱型し封緘養生を行い、乾燥開始材齢を 7 日とした。供試体には乾燥状態と封緘状態 (6 面をアルミテープにてシール) の FA と BB を各 2 体ずつ、計 8 体用い、評価は 2 体の値を平均して行った。添字の 1, 2 は乾燥, 3, 4 は封緘である。供試体内部の相対湿度を計測するために、温湿度センサを図-2 のように蒸発面から 140mm の位置に設置した。供試体の配合 (21-8-40) を表-1 に示す。なお、試験はすべて恒温恒湿室 (気温 20℃, 相対湿度 60%) で実施した。

(2) 乾燥収縮試験

乾燥収縮ひずみはコンクリート打込み時に埋込み型ひずみ計を設置することで計測した。7 日間の封緘

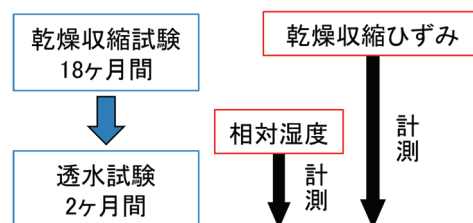


図-1 研究の流れ

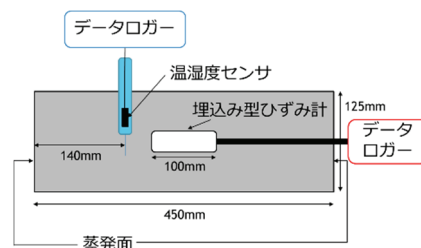


図-2 角柱供試体の寸法図

表-1 角柱供試体の配合

	水結合 材比[%]	細骨材 率[%]	単位量[kg/m ³]			
			セメント	FA	水	粗骨材
FA	55.9	40.6	223	40	147	765
BB	57.5	40.4	254	-	146	768

養生の後に角柱供試体を水平に設置し、試験を開始した。試験は約 18 ヶ月間継続した。

(3) 透水試験

透水試験は角柱供試体を鉛直に立てた状態でガラス漏斗を供試体の上面に固定し、漏斗内を水で満たすことで供試体内部に水を浸透させた。一方向からの浸透とするため、125mm×450mm の側面はアルミテープで封緘した。試験は約 2 ヶ月間継続した。蒸発面から 140mm 測点の相対湿度を供試体内部の相対湿度とし、乾燥収縮ひずみは試験開始時を 0 とした。

4. 試験結果

(1) 乾燥収縮ひずみ

図-3 に乾燥収縮ひずみの履歴を示す。乾燥、封緘いずれのケースにおいても FA と BB の乾燥収縮ひずみに大きな差は生じなかったが、FA の方が若干小さな値であった。FA を添加した場合は BB コンクリートと同等もしくは小さい乾燥収縮ひずみを示すといった既往の研究³⁾と同じ傾向であった。乾燥ケースの供試体の値を土木学会 (以下 JSCE) 式と比較した

ところ、2007 年の設計式より小さな値で推移した。一方、2012 年の設計式では FA のひずみの最終値は近似したが乾燥初期のひずみは設計式と比べて大きな値であった。

封緘ケースは試験終了に至るまで、ひずみが直線的に生じた。全ての面をシールで封緘したため、水分の逸散がなく水和反応による自己収縮のみの変化であったことが考えられる。

(2) 透水過程における収縮

図-4 の透水試験結果より BB の透水量は、FA より多くなった。また図-5 より乾燥ケースにおいて内部の相対湿度の上昇に伴いひずみは膨張側に増加した。BB は FA と比べてひずみの増加量が大きくなった。BB の方がより多孔質な内部構造であったため、水がコンクリート内部の空隙に浸透した時、収縮の要因である毛細管張力が小さくなり⁴⁾、収縮は抑制され、ひずみは膨張側に増加したと考えられる。

図-6 に角柱供試体内部の相対湿度ごとのひずみの膨張側への増加量を示した。相対湿度が高くなるにつれてひずみの膨張側への増加量は大きくなる傾向があり、相対湿度が高い環境ほどひずみに与える影響は大きいことがわかる。

図-3 および図-5 より封緘ケースは相対湿度、ひずみともに変化はほとんどなかった。自由水の逸散がなく空隙内に水が残存していたため、内部相対湿度は 90%以上で推移し、ひずみは変化しなかったと考えられる。

5. まとめ

- (1)FA の乾燥収縮ひずみは、BB の値と比べて小さくなった。2007 年式はひずみを若干大きく評価し、2012 年式は乾燥初期のひずみを小さく評価した。
- (2)注水開始後、再度空隙が飽和されるとひずみは膨張側に増加した。BB は FA よりも透水量、ひずみの膨張側への増加量ともに大きくなった。
- (3)相対湿度が上昇するとひずみは膨張側に増加し、相対湿度が高いほどひずみに与える影響は大きくなった。

謝辞:本研究は、SIP(戦略的イノベーション創造プログラム、代表:金沢大学・鳥居和之教授)の一環として実施した。

参考文献

- 1)北陸地方におけるコンクリートへのフライアッシュの有効利用促進検討委員会:2013 年

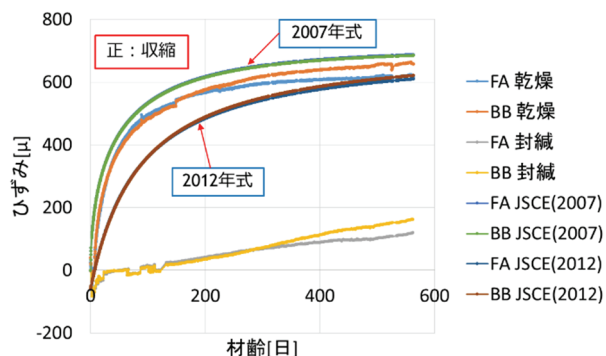


図-3 乾燥収縮ひずみの履歴

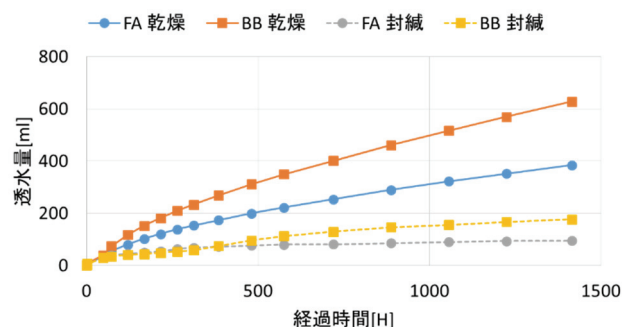


図-4 時間と透水量の履歴

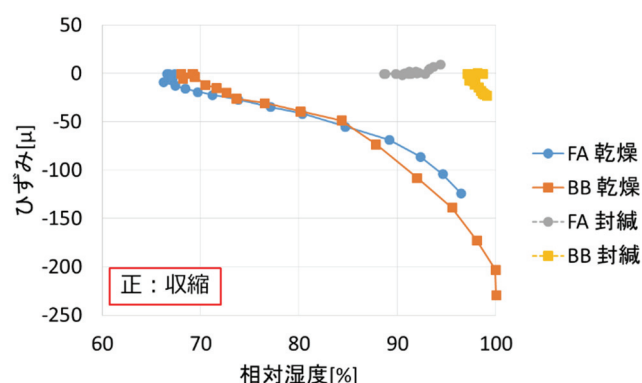


図-5 透水過程におけるひずみの履歴

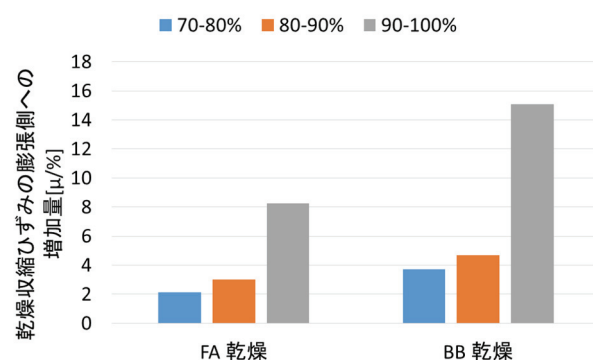


図-6 相対湿度ごとのひずみの増加履歴

- 2)土木学会:2007 年 コンクリート標準示方書 設計編
- 3)土木学会:2012 年 コンクリート標準示方書 設計編
- 4)浅本, 玉置, 大塚, 睦好:実環境作用に着目したコンクリートの収縮特性に関する研究, コンクリート工学年次論文集, vol.29, No.1, pp.681-686, 2007