

簡易物性評価試験による若材齢時におけるコンクリートの熱膨張係数に関する研究

法政大学大学院 学生会員 ○面来 洋児
法政大学大学院 正会員 新井 淳一
法政大学 正会員 溝渕 利明

1. はじめに

コンクリートの温度ひび割れの予測，制御を行う際には温度応力を精度よく評価，推定することが求められる．コンクリートの熱膨張係数は温度応力の発現性状に大きな影響を及ぼす．時間依存性があり，若材齢時において大きく変化する熱膨張係数であるが，解析時には一定値とすることが多い．これは，若材齢時における熱膨張係数について不明確な点が多く存在するためである．本研究では，簡易物性評価試験装置を用いて，若材齢時における熱膨張係数の性状について検討を行った．

2. 試験概要

本研究は，全 7 ケースについて検討を行った．各ケースの配合を表-1 に示す．土木構造物において，使用頻度の高い普通ポルトランドセメント(N)，高炉セメント B 種(BB)，早強ポルトランドセメント(H)，低熱ポルトランドセメント(L)について検討を行った．また，混合セメントへの検討として，フライアッシュセメント B 種を想定し，普通ポルトランドセメント N に対してフライアッシュを 18%添加したケース(N-FA)，高ブレーンの普通ポルトランドセメントに対してフライアッシュを 18%添加したケース(NH-FA)，C₃S を高含有させたセメント基材に対してフライアッシュを 18%添加したケース(高 C₃S-FA)に対しても実施した．

表-1 各ケース配合

検討ケース	単位量 (kg/m ³)				
	W	C	FA	S	G
BB	154	308	-	798	1043
H	154	303	-	803	1048
L	158	316	-	811	1019
N	156	284	-	826	1037
N-FA	156	233	51	818	1027
NH-FA	155	230	51	821	1029
高C ₃ S-FA	159	238	52	813	1019

骨材による熱膨張係数の変化を避けるために，全ケースで共通して，細骨材は大井川水系陸砂，粗骨材は青梅産砕石を用いた．

水和熱による温度変化を受けた場合の熱膨張係数を算定するために，断熱温度上昇試験を実施した．使用した簡易断熱容器の概要を図-1 に示す．中央の供試体に埋設型ひずみ計を取り付け，温度履歴及びひずみを計測した．得られた温度差-ひずみ差の関係より，材齢 36hr までは 1 時間，36-60hr までは 3 時間，60hr 以降は 6 時間区切りで熱膨張係数を算定した．ただし，材齢 2hr までと最高温度付近は取り除いた．

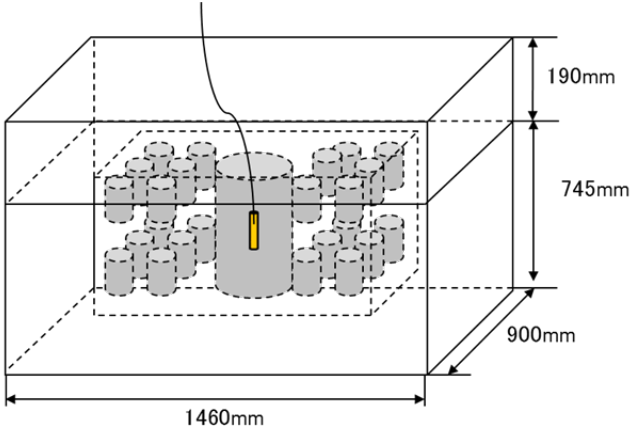


図-1 簡易断熱容器概要

3. 試験結果及び考察

簡易物性評価試験より得られた温度差-ひずみ差の関係を図-2 に示す．打込み時からの温度変化量とひずみ差との関係が屈曲している点はコンクリートの硬化原点を示すと考えられる．各ケースで最大ひずみ差は共通して 300μ 程度となった．高炉セメント B 種の温度降下時のひずみ差の増大は自己収縮の卓越によるものと考えられる．フライアッシュを添加したケースに関して，普通ポルトランドセメントと比較して，最大ひずみ差が低下する傾向を示した．

キーワード：簡易物性評価試験，若材齢，熱膨張係数，FA 混合セメント

連絡先：〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2 法政大学 コンクリート材料研究室 Tel.042-387-6268

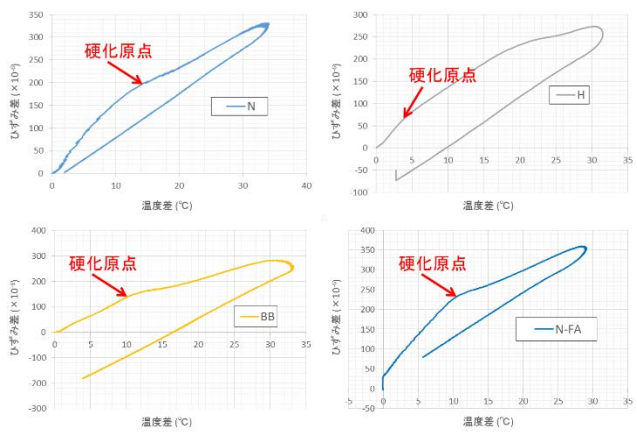


図-2 温度差－ひずみ差の関係 (N, H, BB, N-FA)

温度差－ひずみ差の関係から各区間において接線の傾きを求めることにより算定した各ケースの熱膨張係数と材齢の関係を図-3, 4に示す。

図-3 に、汎用セメントの熱膨張係数の経時変化を示す。低熱ポルトランドセメントを除く 3 ケースにおいて、硬化原点前で最大値となった。材齢 15hr 前後で最小値を示し、材齢 60hr 以降は硬化の進行に伴いコンクリート内部の水分の熱膨張の影響が小さくなり、ほぼ一定値に収束した。低熱ポルトランドセメントについて、温度上昇速度が小さいことから、熱膨張係数は、他の 3 ケースに比べ、全体的に遅延するような傾向となった。

計測初期段階の最大値を除いて、普通ポルトランドセメントと同様の概形となった。硬化原点前で測定した最大値と収束後の一定値を比較すると、 $7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 程度最大値の方が高い値を示している。また、収束する材齢 120hr の値は 10×10^{-6} 程度となり、JCI ひび割れ制御指針にある各熱膨張係数と概ね一致する結果となった。

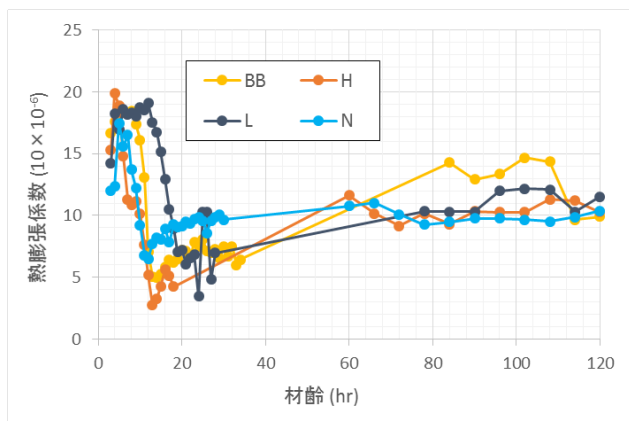


図-3 熱膨張係数と材齢の関係 (BB, H, L, N)

図-4 に、フライアッシュを添加したケースと、普通ポルトランドセメントの熱膨張係数の経時変化を示す。普通ポルトランドセメントは材齢 5hr で最大値となるのに対し、フライアッシュを添加したケースでは、材齢 7hr 程度で最大となった。フライアッシュを添加したことにより凝結時間が遅れ、コンクリートの熱膨張係数が大きな熱膨張係数をもつ未水和の水分に依存したためであると考えられる。最大値は普通ポルトランドセメントに対して、 $4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 程度大きくなった。全ケースにおいて、材齢 15hr 前後で最小値を示した。材齢 70hr 以降では、ほぼ一定値に収束し、各ケースの熱膨張係数は概ね一致する結果となった。

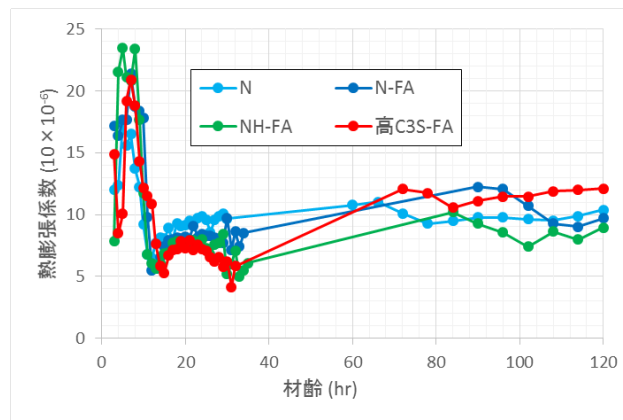


図-4 熱膨張係数と材齢の関係 (FA 混合セメント)

4. 結論

- 1) フライアッシュを添加したケースでは、熱膨張係数について、硬化初期段階に、未水和状態の水分の影響から大きな値を示すが、反応初期を除いて全体的には同様の値を示す傾向を示した。
- 2) 簡易物性評価試験により、様々なセメント種の若材齢時の熱膨張係数を明らかにすることにより温度応力解析の精度向上の可能性を示した。

今後は、得られた全ひずみを温度ひずみ、自己収縮ひずみに分離、把握を行い、定量的な評価を行う必要がある。

謝辞：

本研究は、汎用型フライアッシュセメント研究会の活動の一環として行ったものであり、ご協力いただいた関係各位に感謝いたします。