

散水養生がコンクリートの収縮特性に与える影響に関する検討

太平洋セメント(株) 正会員 ○扇嘉史
太平洋セメント(株) 正会員 橋本真幸
太平洋セメント(株) 正会員 小川彰一

表 1 試験水準

温度履歴	試験体		温度履歴開始材齢
温度履歴	N	封かん	材齢10時間
		水中	
	BB	封かん	
		水中	
温度履歴	N	封かん	材齢47日
		水中	材齢52日
	BB	封かん	材齢47日
		水中	材齢52日

1. 目的

コンクリート打ち込み後に、散水養生を行うと、ひび割れが生じにくいことが知られている。一般的に、強度増進や乾燥収縮低減が要因とされている。

近年、セメント硬化体を飽水状態とすると線膨張係数が低下することが報告された¹⁾。本報告では、養生時の水の有無による収縮特性について、普通ポルトランドセメント(N)、高炉セメントB種(BB)を用いて検討した。

2. 実験概要

水セメント比 30%とした N、BB のペーストを、中心に埋込型ひずみ計(KM-100BT)を設置したφ10×20 cmの型枠に打ち込み、試験体を作製した。なお、ひずみ計を固定していた針金は材齢 6 時間半で解放した。試験水準を表 1 に示す。試験体は、打ち込み後、20 で封かん養生を施し、その後、図 1 に示す温度履歴、
を与えた。その具体的な方法を以下に記す。

温度履歴 について 散水養生を模擬して水中に浸漬した場合と、比較として封かんとした場合の温度降下過程での収縮特性を把握することを目的とした。温度履歴は、水和発熱による温度上昇を模擬したものであり、既往の報告²⁾を参考にして設定した。試験体は、材齢 10 時間で加温を開始した。材齢 22 時間(60)で脱型し、一方は封かん、一方は 60 の水中に浸漬して、引き続き温度履歴 を与えた。なお、材齢 30 時間で、既往の方法³⁾に従い、試験体を一時的に除冷して線膨張係数を求めた(初期材齢の線膨張係数)。この方法は、測定時間が短く、材齢初期に、自己収縮の影響を受けることなく線膨張係数を測定できると考えられる。

温度履歴 について 長期材齢の試験体において、水中に浸漬した場合と、封かんとした場合の線膨張係数を算出することを目的とした(長期材齢の線膨張係数)。既往の方法³⁾に従った温度履歴である。温度履歴の実験では、型枠内側にポリエステルフィルムを入

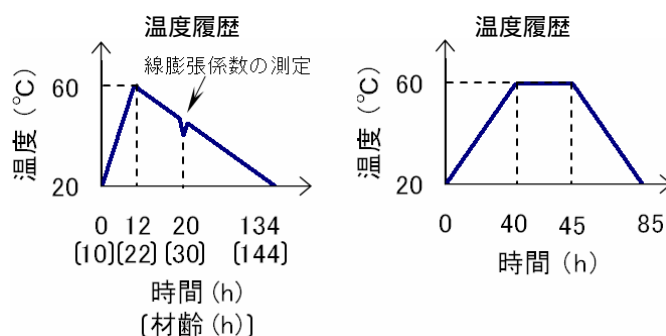


図 1 試験体与えた温度履歴

れ、封かん養生をし、材齢 47 日で温度履歴 を与えた。この後に、試験体の封かんを解いて 20 の水に 3 日間浸漬し、材齢 52 日となった時点で、水中に浸漬した状態で同様に温度履歴 を与えた。なお、水に 3 日間浸漬することによる、試験体の膨張量を測定した(水中浸漬による膨張)。

3. 結果・考察

3.1 線膨張係数

表 2 に初期材齢、長期材齢における線膨張係数を示す。いずれの場合も、初期材齢よりも長期材齢において線膨張係数が大きくなった。線膨張係数は、100 nm以下の平均細孔径と負の相関があることが知られている³⁾。水和が進行することにより、細孔径が小さくなり、長期材齢では線膨張係数が大きくなったと考えられる。また、封かんよりも水中において線膨張係数が小さかった。線膨張係数が飽水状態の時に最小値を示すという報告¹⁾と一致した。さらに、材齢が進んでも水中では線膨張係数の変化が小さいのに対して、封かんでは大きくなっていった。飽水状態とすると、細孔構造による

キーワード 散水養生、湿潤養生、線膨張係数、高炉セメント、収縮特性

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.043-498-3908

影響が低減されるため、線膨張係数が小さくなると考えられる。

表 2 線膨張係数

試験体		線膨張係数 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	
		初期材齢	長期材齢
N	水中	12.2	13.2
	封かん	15.9	18.5
BB	水中	17.7	17.9
	封かん	19.4	23.9

3.2 水中浸漬による膨張

封かんを解いて 3 日間水中に浸漬した際に測定された膨張量は、N で 199×10^{-6} 、BB で 277×10^{-6} であった。毛細管空隙中の水の不連続が、水中浸漬により消滅し、毛細管張力による応力が低減されたため膨張した⁴⁾と考えられる。本結果は、長期材齢の値であり、水和の進んでいない材齢初期では、水の不連続が少ないため、この膨張量はより小さくなると考えられる。

3.3 初期材齢での収縮特性

図 2 に温度履歴におけるひずみ測定結果を示す。封かんと水中、いずれにおいても、BB の収縮は N と比較すると 2~3 倍程度大きかった。ただし、水中の場合は、いずれのセメント種においても、収縮は 1/2~1/3 程度に低減した。

収縮が低減した要因として、前述した水中での線膨張係数の低下と水中浸漬による膨張が考えられる。そこで、材齢 100 時間におけるひずみから、線膨張係数の影響と水中浸漬での膨張を差し引いたひずみを求め、表 3 に示す。これら要因を考慮しても、封かんと水中におけるひずみの差は N で 157×10^{-6} 、BB で 222×10^{-6} であった。これらの値には、封かんと水中での水和率の違いによる収縮量の差は含まれていないため、封かんと水中で水和率が同等とした場合には、さらに、これらの値は大きくなると考えられる。従って、水中でのひずみの低減は、水が存在することによる線膨張係数の低下、水中浸漬による膨張だけでは説明ができず、例えば、水中における硬化体の組織形成の違い等によって、収縮が緩和するような何らかの作用があると推察される。

4. まとめ

散水養生を模擬して、ペースト打設後の温度降下過程において試験体を水中に浸漬し、収縮における水の影響について考察した。BB の収縮は N の収縮と比較して大きく、N、BB とともに水によって収縮は抑制された。

散水養生の効果は、強度増進や乾燥収縮低減に加え、収縮の抑制が関与すると考えられる。しかしながら、水中浸漬による収縮の低減効果は、温度降下過程における線膨張係数の低下、水によるコンクリートの膨張だけでは説明できず、収縮が緩和するような何らかの作用が存在する可能性がある。

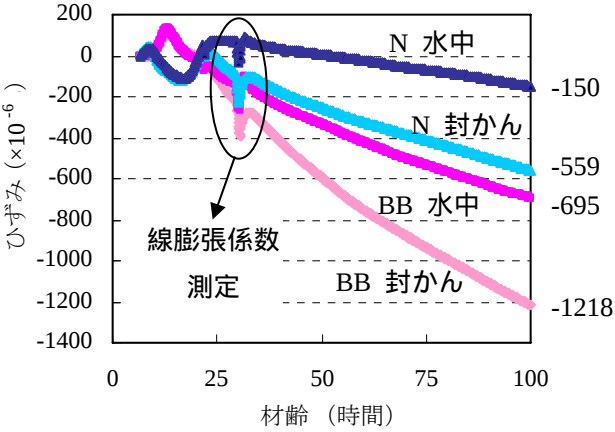


図 2 セメントペーストのひずみ測定結果 (針金解放時のひずみを 0 とした)

表 3 収縮低減要因を差し引いたひずみ

試験体		線膨張係数の影響 を差し引いたひずみ* ($\times 10^{-6}$)	さらに、封かんを水中浸漬 したと仮定したひずみ ($\times 10^{-6}$)
N	水中	26	26
	封かん	-330	-131 ($\Delta 157$)**
BB	水中	-440	-440
	封かん	-939	-662 ($\Delta 222$)**

* 材齢100時間における温度と針金解放時における温度の差+14.4 と、温度履歴 による線膨張係数を用いた。

** () 内は封かんと水中におけるひずみの差

参考文献

- 1) 猪飼陽子ほか、セメント硬化体の線膨張係数の含水率依存性、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.1145-1146, 2008
- 2) 高松伸之ほか、高炉スラグ微粉末を用いたセメント硬化体の若材齢体積変化と水和反応に関する研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.31, No.1, pp.187-192, 2009
- 3) 後藤貴弘ほか、コンクリートの線膨張係数に関する基礎的研究、宇部三菱セメント研究報告、No.9, pp.39-48, 2008
- 4) 平上修史ほか、毛細管張力による応力が高強度コンクリートの若材齢クリープに及ぼす影響、セメント・コンクリート論文集、No.60, pp.235-242, 2006