

V-452 各種低発熱セメントを用いたコンクリートの硬化に伴う体積変化

大林組技術研究所 正会員 十河茂幸  
 大林組技術研究所 正会員 近松竜一  
 大林組本店土木部 正会員 鎌田文男  
 大林組本店土木部 正会員 仙名 宏

1. まえがき

コンクリートの体積変化は、ひびわれ発生の主要因をなし、水和熱による温度上昇に起因した体積変化は温度ひびわれ、乾燥に伴う体積変化は乾燥収縮ひびわれ、そして凝結から硬化初期の体積変化は初期収縮ひびわれの一因となり、構造物の機能や耐久性、美観などに影響を及ぼすことは周知のことである。温度ひびわれ抑制には、低発熱セメントによる水和熱の低減が効果的である<sup>1)</sup>が、低発熱セメントを用いた場合の硬化過程での体積変化に関しては十分に解明されているとはいいい難く、温度ひびわれを助長することが危惧される。そこで、各種低発熱セメントを用いたコンクリートの硬化に伴う体積変化について検討した。

2. 実験概要

実験に用いた結合材の種類と性質を表-1に示す。ピーライト系低発熱ポルトランドセメント(LC)、LCに高炉スラグ微粉末を混合した低発熱型高炉セメントB種(LBB)、ダム用として使用実績のある中庸熱ポルトランドセメント(MC)、中庸熱高炉セメントB種(MBB)、中庸熱フライアッシュセメントC種(MFC)を用いた。また、比較のために普通ポルトランドセメント(NC)についても試験した。海砂使用に伴うブリージング低減を目的として石灰石微粉末(単位量をLFと略記)を使用した。

各種セメントペースト(W/C:40%)の硬化収縮は、図-1に示すフラスコの水位変動を練上り直後から測定して求めた。

コンクリートの配合および各種セメントを用いた場合の試験結果を表-2および表-3に示す。配合を一定としたため、フレッシュコンクリートの性状は、セメントの種類によって相当に異なる結果となった。

コンクリートの体積変化は、10×10×40cmの供試体を用い、20℃で密封養生した場合の長さ変化により測定した。なお、材令7日以後は、20℃、60%RHの乾燥下に切り替えた。

また、1m角のマスブロック(全面を20cmの発泡スチロールで断熱)の中心部に無応力計を埋設し、水和熱による温度変化に伴うひずみの変化から硬化過程におけるコンクリートの体積変化を調べた。

3. 実験結果および考察

各種セメントを用いたペーストの硬化収縮の測定結果を図-2に示す。硬化収縮は、凝結の早いNCが最も大きく、次いでスラグ

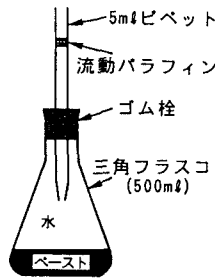


図-1 ペーストの体積変化測定

表-1 結合材の種類と性質

結合材の種類	比重	ブレン比表面積 (cm <sup>2</sup> /g)	混合比率(%)		
			Po	Sg	FA
LC	3.24	3140	100	—	—
LBB	3.04	4060	45	55	—
MC	3.20	3140	100	—	—
MBB	3.04	3850	48	52	—
MFC	2.89	3600	75	—	25
NC	3.15	3220	100	—	—

表-2 実験に用いたコンクリートの配合

G <sub>max</sub> (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					
			W	C	LF	S	G	SPA
20	40	44	145	363	30	745	1017	5.90

表-3 各種セメントを用いた場合の試験結果

結合材の種類	スランブ (cm)	空気量 (%)	リ-ツグ率 (%)	圧縮強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )		
				3日	7日	28日
LC	9.5	5.6	3.4	92	158	384
LBB	19.0	5.9	1.0	101	239	385
MC	7.7	4.7	3.0	143	230	410
MBB	16.6	5.2	3.7	110	238	446
MFC	11.5	5.0	4.7	116	190	348

微粉末を混合したMBB, LBB が大きく, MC, MFCの順となり, LCが最も小さい結果となった。

コンクリート供試体の長さ変化を図-3に示す。材令7日までの乾燥のない密封条件下においても約30~70 $\mu$ 程度の収縮ひずみが測定された。スラグ微粉末を混合したセメントを用いたものが大きめの値を示し, 乾燥環境下に切り替えた後の収縮ひずみの増加割合も大きくなる傾向を示す。

断熱マスブロック中心部の温度変化を図-4に示す。また, 中心部に埋設した無応力計で測定されたひずみの変化を図-5に示す。図中では, 温度が20 $^{\circ}$ Cに上昇した時点(加水後の積算温度で230 ~ 420 $^{\circ}$ C $\cdot$ hr)のひずみを $\pm 0$ としている。

ひずみの変化は, 3段階に大別される。温度上昇の初期(I)に温度変化に対する膨張ひずみの発生割合が大きいのは, 液相から固相に変わる時点の熱膨張係数によるものと考えられる。また, その傾向がゆるやかになる(II)の段階は, 硬化収縮などによる体積変化が影響しているものと考えられる。さらに, 温度降下過程(III)での温度変化による収縮ひずみ量が結合材の種類によって若干異なるのは, 硬化後の熱膨張係数がほぼ一定であると仮定すれば, 硬化収縮量の差が影響しているものと考えられる。

初期の凝結過程(I)の膨張量を仮に無視したとすれば, 硬化が進む過程(II, III)での膨張から収縮に至る体積変化は, 結合材の種類によって相当に異なり, 温度が20 $^{\circ}$ Cまで降下した時のひずみ(図中のb)は, LBBが約170 $\mu$ , MBBが約130 $\mu$ , MC, LC, MFCが約60 $\mu$ 程度となる。この結果は, ひびわれ抵抗性に及ぼす乾燥収縮, 温度変化以外の変形が無視できない有為な差が生じていることを示すものと考えられる。

4. まとめ

以上の結果より, 硬化過程でのコンクリートの体積変化は, 結合材の種類によって相当に異なり, 打設温度や打設後の温度上昇量によっては無視できない大きさとなることが判明した。本実験では, 結合材の種類や品質の影響を明確に究明することができなかったが, これらの諸点については今後さらに検討を進める予定である。

【参考文献】1) 金沢ほか: 大型橋りょうマスコンクリートに適した超低発熱型セメント, コンクリート工学, Vol. 29, No. 4, 1991.

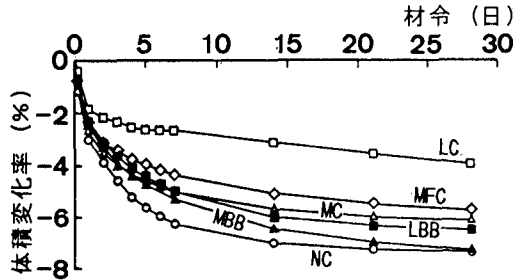


図-2 セメントペーストの体積変化

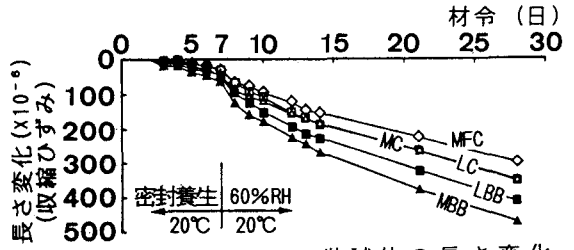


図-3 コンクリート供試体の長さ変化

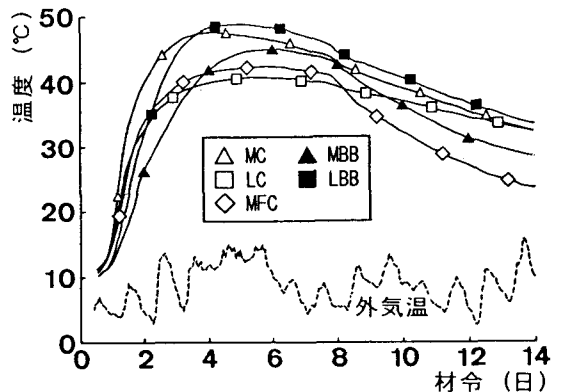


図-4 断熱マスブロック中心温度の経時変化

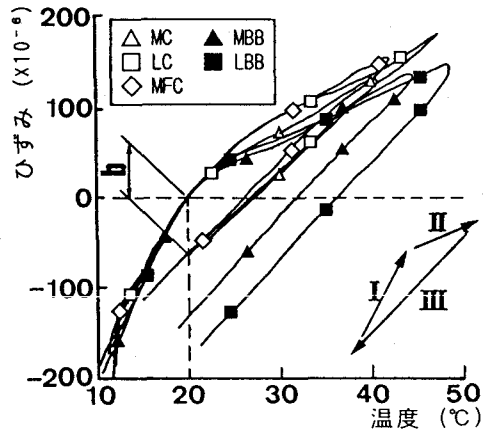


図-5 断熱マスブロック中心の無応力ひずみの経時変化