

# 膨張材と低発熱型高炉セメントを使用したコンクリートの特性

太平洋マテリアル株式会社 正会員○長塩靖祐  
 同 正会員 竹下永造  
 同 正会員 佐竹紳也

## 1. はじめに

コンクリート構造物におけるひび割れの防止対策の一つとして膨張材の使用が挙げられる。近年では、低添加型の膨張材によるコンクリート工事への使用実績も増えてきており、膨張材を使用したコンクリートの期待は大きいものと考えられる。一方、セメント側からのひび割れ低減の一例として、低発熱型の高炉セメントが提案されている。このセメントは発熱を抑制するため温度ひび割れ低減に効果が高いとされている<sup>1)</sup>。例えば、膨張材とこのようなセメントを組み合わせ使用した場合に、更なるひび割れ抑制の効果が期待できるのではないかと考えられるが、現状ではこの組み合わせについての検討した例は少ない。

そこで、本報告は膨張材と低発熱型の高炉セメントを使用したコンクリートの基礎的検討として、拘束膨張ひずみ、圧縮強度および断熱温度上昇量について確認したものである。

## 2. 実験概要

### 2.1 使用材料

セメントには市販されている低発熱型の高炉セメントを2種類(C:LB1, LB2, 密度:2.98g/cm<sup>3</sup>)を、細骨材には静岡県産山砂(S, 表乾密度:2.58g/cm<sup>3</sup>)、粗骨材には茨城県産砕石(G, 表乾密度:2.65g/cm<sup>3</sup>)、混和剤にはリグニンスルホン酸系AE減水剤(Ad)を使用した。膨張材には石灰系低添加型膨張材(EX, 密度:3.16g/cm<sup>3</sup>)を使用した。膨張材の物理化学的性質を表1に示す。

### 2.2 コンクリート配合および試験項目

コンクリートの配合を表2に示す。W/Cは55%、単位セメント量は300kg/m<sup>3</sup>、膨張材量は0, 10, 15および20kg/m<sup>3</sup>の4水準とした。スランブは15±2.5cm、空気量4.5±1.5%になるように混和剤の調整により実施した。拘束膨張ひずみはJIS A 6202 付属書2(参考)のB法とし、測定材齢は1, 2および7日で実施した。圧縮強度試験はJIS A 1108に準拠し、測定材齢は7, 28, 56および91日とした。断熱温度上昇試験は空気循環式の断熱温度上昇装置を使用し、材齢14日まで測定した。

## 3. 試験結果

図1に拘束膨張ひずみの測定結果を示す。材齢7日の拘束膨張ひずみは単位膨張材量10kg/m<sup>3</sup>では130~150×10<sup>-6</sup>程度、15kg/m<sup>3</sup>では190~210×10<sup>-6</sup>程度、20kg/m<sup>3</sup>では240~280×10<sup>-6</sup>程度の結果になった。低添加型膨張材の標準添加量となる20kg/m<sup>3</sup>では、拘束膨張ひずみは大きくなり、土木学会が定める収縮補償用コンクリートの標準値<sup>2)</sup>である材齢7日で150~250×10<sup>-6</sup>の範囲を超える場合もある結果になった。既往の報告<sup>1)</sup>においても、このような低発熱型の高炉セメントに膨張材を混和すると、その混和量は普通ポルトランドセメントや高炉セメントB種に混和する場合と比較して、所要の膨張量を得るためのその量は約2/3に低減できることが確認されている。本結果の範囲内から、例えば膨張量を上記に示した土木学会が定める収縮補償用コンクリートの標準値の範囲とする場合には、単位膨張材量15kg/m<sup>3</sup>

表1 膨張材の物理化学的性質

化学成分 (%)					比表面積 (cm <sup>2</sup> /g)
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SO <sub>3</sub>	
4.8	1.2	0.8	76.3	15.4	3450

表2 コンクリート配合

NO	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					混和剤 (C+EX) × %
			W	C	EX	S	G	
1	55	46.4	168	300	0	823	974	0.25% (Ad)
2				290	10	823	974	
3				285	15	823	974	
4				280	20	823	974	

膨張量を得るためのその量は約2/3に低減できることが確認されている。本結果の範囲内から、例えば膨張量を上記に示した土木学会が定める収縮補償用コンクリートの標準値の範囲とする場合には、単位膨張材量15kg/m<sup>3</sup>

キーワード：膨張材、拘束膨張ひずみ、圧縮強度、断熱温度上昇

連絡先：千葉県佐倉市大作2-4-2, TEL:043-498-3921, Fax:043-498-3925

を中心とし、配合条件や想定される環境条件によって、適切に膨張材量を選択する必要があるものと考えられる。

図2に圧縮強度試験結果を示す。ここでは、拘束膨張ひずみが  $150 \sim 250 \times 10^{-6}$  の範囲内の結果を示した

単位膨張材量  $15 \text{kg/m}^3$  の結果を膨張材無の場合と比較した。圧縮強度はいずれの材齢においても膨張材を混和すると、膨張材無の場合と比較して  $5 \sim 10\%$  程度高くなり、強度低下は見受けられなかった。圧縮強度が高くなった要因としては、例えば高炉セメント中の  $\text{SO}_3$  量が強度発現性に影響を及ぼすことが<sup>3)</sup>、また、高炉スラグの刺激剤として石こうが影響を及ぼすことなども報告されている<sup>4)</sup>。今回使用した石灰系膨張材にも石こうが混和されており、 $\text{SO}_3$  の影響を受けている可能性があること、また石灰系膨張材の主たる水和生成物となる  $\text{Ca(OH)}_2$  と高炉スラグの反応など、石灰系膨張材を混和した場合には高炉スラグの効果が高くなり得る要因が示唆されることから、この点については材料の相互作用を踏まえ、今後検討していく必要があるものと考えられる。

図3に断熱温度上昇量測定結果を示す。ここでは圧縮強度の場合と同様に、単位膨張材量  $15 \text{kg/m}^3$  を混和した場合の試験結果について示す。断熱温度上昇量は膨張材を混和することにより、膨張材無と比較して、温度上昇速度はやや速くなるものの、終局断熱温度上昇量は同程度かやや低い結果にあった。例えば、 $Q(t) = Q_{\infty} \cdot (1 - \exp(-\alpha \cdot t))$  にて近似させた場合、温度上昇速度は膨張材無と比較して、 $1.08 \sim 1.15$  倍程度速くなる結果にあった。低発熱型の高炉セメントに膨張材を混和しても、拘束膨張ひずみが  $150 \sim 250 \times 10^{-6}$  の範囲内になるように膨張材量を適切に選択すれば、断熱温度上昇量は膨張材無と比較して、極端に大きくならないものと考えられる。

4. まとめ

膨張材と低発熱型の高炉セメントを使用したコンクリートの基礎特性として、拘束膨張ひずみ、圧縮強度および断熱温度上昇量について確認した。

【参考文献】

- 1) 公益社団法人日本コンクリート工学会：高性能膨張コンクリートの性能評価とひび割れ制御システムに関する研究委員会，2011
- 2) 社団法人土木学会：コンクリートライブラリー75，膨張コンクリートの設計施工指針，1993
- 3) 赤津健，前田勝輔：強度発現性からみた高炉セメントの最適  $\text{SO}_3$  量，セメント技術年報，Vol. 27，pp. 80-82，1973
- 4) J. Metso and E. kajaus：Activation of blast furnace slag by some inorganic materials, 1st international conference on the use of fly ash, silica fume slag and other mineral by-products in concrete, Vol. I, pp. 519-537, 1994

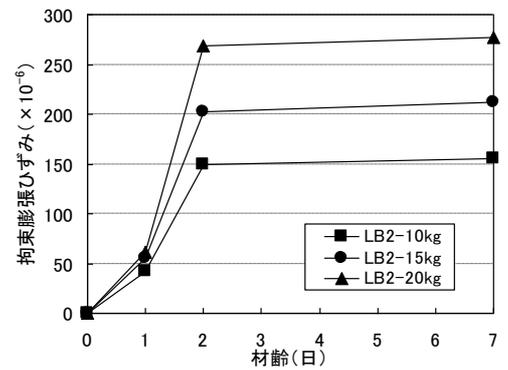
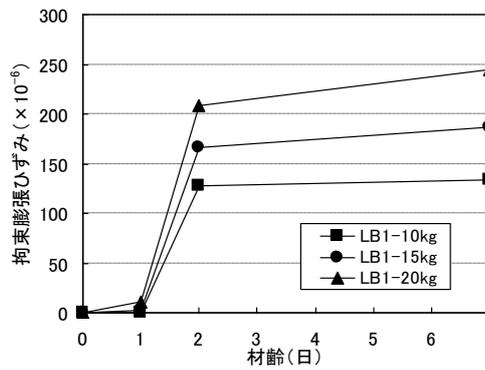


図1 拘束膨張ひずみ

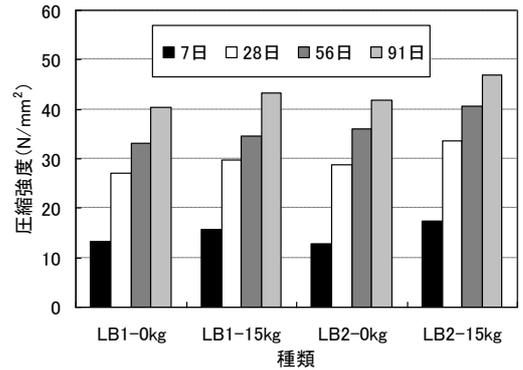


図2 圧縮強度

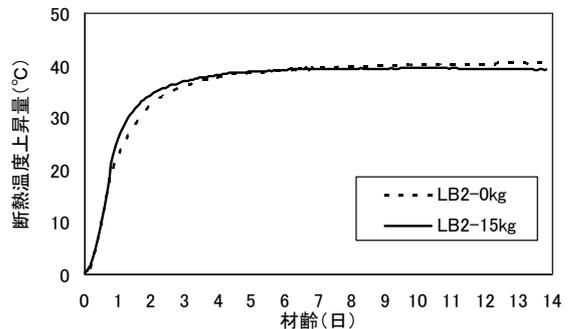
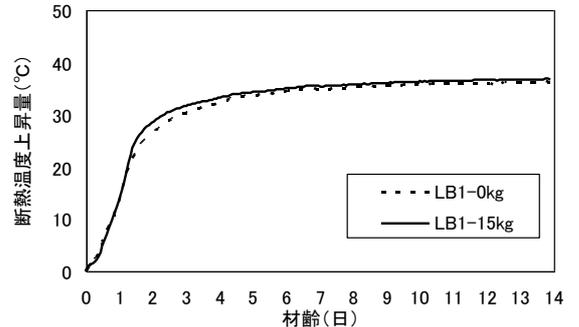


図3 断熱温度上昇量