

マスコンクリートの温度応力に及ぼす自己収縮・自己膨張の影響

足利工業大学 学生会員 ○杉山 淳司
 足利工業大学 正会員 宮澤 伸吾
 足利工業大学大学院 谷田貝 敦
 (株)デイ・シイ 廣島 明男
 大成建設(株) 正会員 大友 健

1. まえがき

マスコンクリート構造物を想定した高温履歴下で自己収縮試験, 圧縮強度試験, 静弾性係数試験, 引張強度試験及び拘束応力試験を実施し, ひび割れ抵抗性に及ぼすセメント種類の影響について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料及び配合

表-1 にコンクリートの配合及びフレッシュ性状を示す。セメントには普通ポルトランドセメント(N), 高炉セメントB種(BB)及び低発熱・収縮抑制型高炉セメント(LBB)¹⁾を用いた。LBBは高炉セメントB種のJIS規格の範囲内において高炉スラグ比表面積を小さくし, SO₃量を約4%に調整し, 高炉スラグ置換率58%としたものである。

2.2 実験方法

熱膨張係数が小さいインバー鋼(ヤング係数: 150kN/mm², 線膨張係数: $0.6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)を用いて図-1に示すような拘束体を作製し, これを型枠の一部として100×100×800mmの供試体を作製し, 硬化過程において, コンクリートの変形が拘束されたときに発生する応力を求めた。この際, 断熱温度上昇量の実測値(表-1, $Q(t) = Q_{\infty} \{1 - \exp(-\gamma t^s)\}$ により近似)を用いて, FEM温度解析により壁厚0.8mの壁状構造物に相当する温度履歴を求め, 温度可変槽にてその

温度履歴を供試体に与えた。なお, 自己収縮試験, 圧縮強度試験, 静弾性係数試験, 引張強度試験についても拘束応力試験と同様の温度履歴条件下で行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 温度履歴を受けるコンクリートの拘束応力

図-2 は温度履歴を受ける各種セメントの拘束応力を示したものである。N および LBB は凝結の始発と終結の間で, BB はほぼ終結において圧縮応力が発生し始めている。LBB については, N および BB に比べて引張応力が低減されていることが認められた。N に比べ最大温度が約7℃低いLBBに比較的大きな圧縮応力が認められたのは, LBBの自己膨張の効果によるものと考えられる。

図-3 は温度履歴を受ける各種セメントの自己膨張・自己収縮を示したものである。ここでは, 自己膨張・自己収縮ひずみの基点は, 拘束応力試験結果から得られた圧縮応力の発生開始材齢とした。LBBでは高温履歴条件下においても材齢1日までに約 200×10^{-6} の自己膨張が生じ, その後の収縮も小さく, 収縮低減

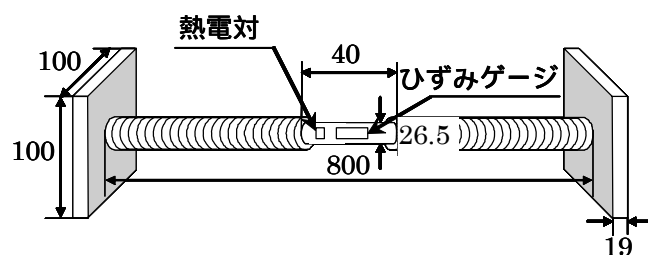


図-1 拘束器具

表-1 コンクリート配合及びフレッシュ性状

セメントの種類	W/C	s/a	単位量 (kg/m ³)					空気量	スランプ	熱膨張係数	断熱温度上昇特性		
	(%)	(%)	W	C	S	G	Ad-1	(%)	(cm)	$\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	$Q_{\infty}(^{\circ}\text{C})$	γ	s
N	55	45.7	163	296	833	1001	0.74	4.4	13.0	8.9	43.9	0.94	1.10
BB			163	296	828	996	0.74	3.8	12.0	12.8	48.6	0.56	1.25
LBB		45.4	154	280	838	1019	0.70	4.7	8.5	9.9	31.7	0.65	1.36

キーワード: 自己収縮, 拘束応力, 高温履歴, マスコンクリート, 見かけのヤング係数

連絡先: 〒326-8558 栃木県足利市大前町 268-1 足利工業大学 TEL: 0284-62-0605 E-mail: smiyazaw@ashitech.ac.jp

効果が確認できる。

3.2 見かけの有効ヤング係数

拘束試験結果を用い、コンクリートの有効ひずみ〔(拘束供試体のひずみ) - (無拘束供試体のひずみ)〕の増分に対する拘束応力の増分比を「見かけの有効ヤング係数($E_{ef}(t_e)$)」として求めた。その結果を図-4に示す。なお、同図には式(3)による近似値も示している。

$$E_{ef}(t_e) = \Phi(t_e) E_c(t_e) \quad (2)$$

$$E_c(t_e) = E_c(t_a) \exp \left\{ S_e \left[1 - \left(\frac{t_a - t_0}{t_e - t_0} \right)^{0.5} \right] \right\} \quad (3)$$

$E_{ef}(t_e)$: 有効材齢 t_e における見かけの有効ヤング係数

$\Phi(t_e)$: ヤング係数の補正係数

(有効材齢 2 ~ 3 日は直線補間)

$E_c(t_e)$: 有効材齢 t_e におけるヤング係数(kN/mm^2)

S_e : 係数 t_e : 有効材齢(日)

t_a : 基準材齢(材齢 15 日)の有効材齢(日)

t_0 : 圧縮応力の発生開始有効材齢(日)

いずれのセメントにおいても、有効材齢 2 日以前において見かけの有効ヤング係数が著しく小さくなっている。膨張効果を有する LBB の見かけのヤング係数は、若材齢時において他のセメントに比べ小さいことが認められた。

3.3 壁状構造物を想定した温度応力解析

以上に示した物性値を用いて、部材厚 0.8m の壁状構造物を想定した 3 次元 FEM 温度応力解析を行った結果、図-5 に示すように自己膨張・自己収縮を考慮することにより、N 及び BB は引張応力が大きくなり、LBB は引張応力が小さくなった。

4. まとめ

マスコンクリート構造物を想定した拘束応力試験及び温度応力解析により、低発熱・収縮抑制型高炉セメントの温度ひび割れ低減効果が確認された。またいずれのセメントについても、見かけの有効ヤング係数は有効材齢 2 日以前で小さくなった。

参考文献

- 1) 宮澤他：高炉セメントの自己収縮および断熱温度上昇量に関する研究，セメント・コンクリート論文集，No58，pp.154-159，2005

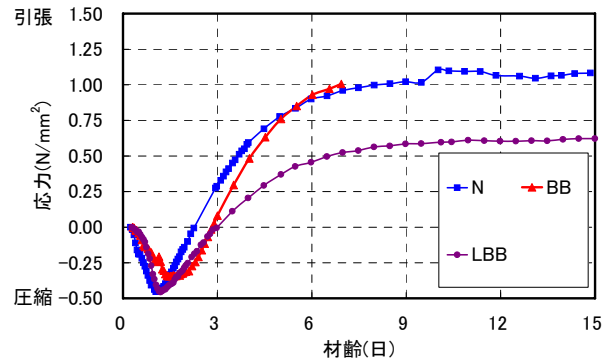


図-2 拘束応力の経時変化

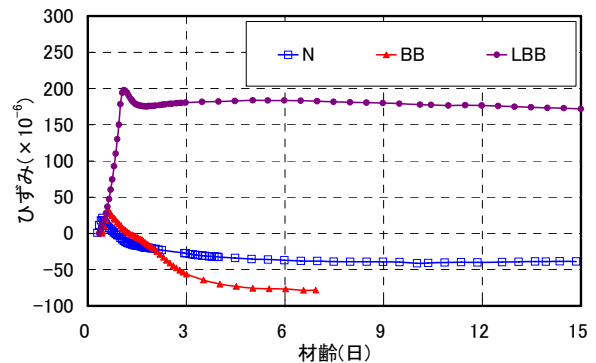


図-3 自己膨張・自己収縮の経時変化

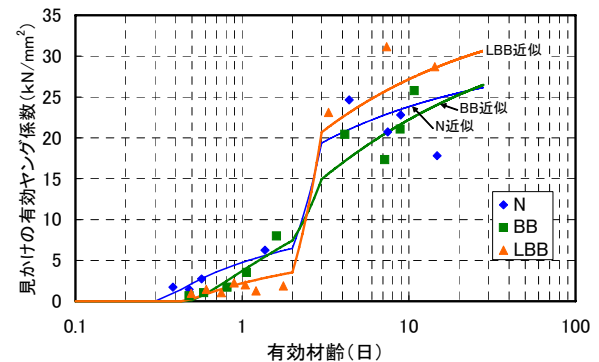


図-4 見かけの有効ヤング係数と有効材齢の関係

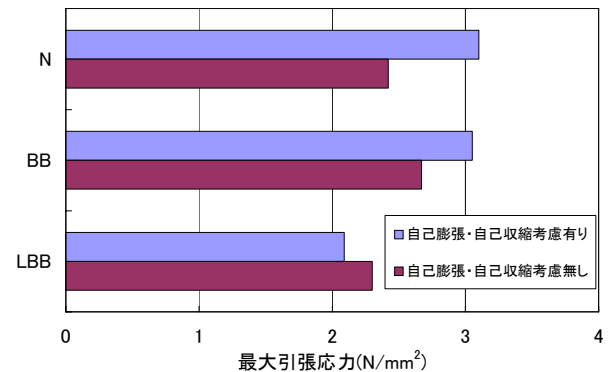


図-5 FEM 温度応力解析結果

- 2) (社)日本コンクリート工学協会：マスコンクリートのひび割れ制御に関する委員会報告書，pp.150-155，2006
- 3) 三谷他：マスコンクリート様の温度履歴を受けた膨張コンクリートの応力評価法，マスコンクリートのひび割れ制御方法とその効果に関するシンポジウム，pp.49-56，2005