

早強型膨張材を混和したコンクリートの蒸気養生下における拘束膨張特性

日本ヒューム(株) 正会員 三谷 裕二
 同上 秋元 昌哲 加藤 俊也 井川 秀樹

1. はじめに

ヒューム管やボックスカルバートをはじめとするコンクリート製品の製造では、収縮ひび割れの抑制や外圧強度の向上を目的として、膨張材が広く利用されており、その効果的な使用方法についても数多く検討されている¹⁾。
 一方最近では、従来の膨張材と比較して、早期の強度発現性や膨張性を高める作用をもつ早強型膨張材が開発・市販されており、製品製造における蒸気養生の省力化や型枠回転率の向上などの効果が期待されている。しかしながら、この種の膨張材を用いたコンクリートを蒸気養生した場合の諸特性、特に膨張特性に関する既往の知見は少なく²⁾、データを蓄積する必要性は高い。

そこで本研究では、早強型膨張材を混和したコンクリートについて、蒸気養生、30 養生、20 養生下における膨張特性を実験的に把握し、従来の膨張材を用いたコンクリートと比較検討した。

2. 実験概要

表-1、表-2 に使用材料およびコンクリートの配合を示す。膨張材には、石灰系の早強型膨張材および従来型の石灰系膨張材を用いた。水(セメント+膨張材)比を35.1%、膨張材はセメントに対して内割りで混和し、単位膨張材量は0、20、30、40、50kg/m³とした。なお、スランブの範囲は6±2cmとした。

表-3 に養生条件を示す。養生方法は最高温度65の蒸気養生、保温養生を想定した30 養生、および20 養生の3水準とした。コンクリートの練上り温度が約20になるように調整し、所定の条件で養生を行った後、材齢1日で脱型した。脱型以降の養生には20・R.H.60%の気中乾燥養生および20 封緘養生を設けた。

表-4 に各配合について検討した試験項目と養生条件の一覧を示す。

圧縮強度試験はJISA1108に準拠し、測定材齢は1日(脱型時)および14日とした。

図-1 に拘束膨張ひずみ測定用の供試体を示す。鉄筋のひずみは拘束棒の中央対称面(2枚)に貼付した自己温度補償型のひずみゲージを用いて測定した。

3. 実験結果

3.1 内部温度

図-2 にE1-30、E1-40、E1-50およびE2-40の20 養生下における拘束供試体内部の温度履歴を示す。温度は供試体中心部に設置した熱電対を用いて測定した。

早強型膨張材を用いたコンクリート(E1)は、従来の膨張材を用いたコンクリート(E2)と比較して、早い材齢からの発熱が見られ、同一膨張材量における最高温度が高くなった。また、E1では、膨張材量の増加に伴って温度上昇速度および最高温度が高くなる傾向が認められた。

3.2 圧縮強度

図-3 に蒸気養生、30 養生および20 養生したコンク

表-1 使用材料

材料	記号	種類・物理的性質
セメント	C	普通ポルトランドセメント; 密度 3.16g/cm ³ , 比表面積 3300cm ² /g
膨張材	EX1	早強型膨張材(石灰系); 密度 3.19 g/cm ³ , 比表面積 4520cm ² /g
	EX2	膨張材(石灰系); 密度 3.01 g/cm ³ , 比表面積 5240cm ² /g
細骨材	S	埼玉県大里郡寄居町産砕砂; 表乾密度 2.63g/cm ³ , F.M.2.81
粗骨材	G	埼玉県秩父郡小鹿野町産砕石; 表乾密度 2.72g/cm ³ , F.M.6.58
減水剤	SP	ナフタリン系高性能減水剤

表-2 コンクリートの配合

配合名	W/P (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						
			W	C	EX1	EX2	S	G	
N	35.1	43.0	165	470	-	-	759	1033	0.447
E1-20				450	20	-	759	1033	
E1-30				440	30	-	759	1033	
E1-40				430	40	-	759	1033	
E1-50				420	50	-	759	1033	
E2-30				440	-	30	759	1032	
E2-40				430	-	40	758	1032	
E2-50				420	-	50	758	1032	

表-3 養生条件

養生名	養生方法
蒸気養生	成型(20)→前置き 20・4h→昇温 20/h→最高温度 65・3h→自然放冷→脱型(材齢 1日) 20・R.H.60%または 20 封緘
30 養生	成型(20)→前置き 20・4h→30 蒸気 脱型(材齢 1日)→20・R.H.60%または 20 封緘
20 養生	成型(20)→20 →脱型(材齢 1日)→20・R.H.60%または 20 封緘

表-4 各配合の試験項目

	圧縮強度			拘束膨張ひずみ		
	蒸気養生	30 養生	20 養生	蒸気養生	30 養生	20 養生
N				-	-	-
E1-20				-		
E1-30						
E1-40						
E1-50						-
E2-30		-		-	-	
E2-40						
E2-50		-		-	-	

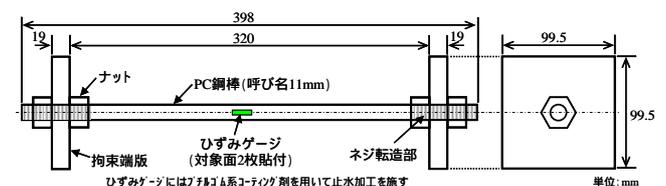


図-1 拘束供試体

キーワード：膨張材，早強性，膨張コンクリート，蒸気養生，拘束膨張ひずみ
 〒360-0161 埼玉県熊谷市万吉 3300 日本ヒューム技術研究所 TEL048-536-5431

リートの材齢 1 日および 14 日における圧縮強度を示す。

膨張材を混和したコンクリート (E1・E2) の圧縮強度は、膨張材無混和のコンクリートと比較して同等以上であり、膨張材量 20 ~ 50kg/m³ の範囲内において、膨張材量の違いによる強度差はほとんどなかった。

E1 と E2 の圧縮強度を比較すると、20 養生した場合、材齢 1 日における E1 の強度は E2 より高く、E1 の材齢初期における水和促進効果が認められた。一方、蒸気養生および 30 養生下においては、E1 の圧縮強度が E2 より若干低かった。

次に養生条件と強度発現性の関係を見ると、材齢 1 日および 14 日の圧縮強度は、蒸気養生、30 養生、20 養生の順に高くなり、また、脱型以降に封緘養生した場合の強度増加量 (材齢 1 ~ 14 日) は、気中乾燥養生したものより、30 養生で約 10%、20 養生で 20 ~ 30% 程度大きくなるが、蒸気養生の場合にはほぼ同等であった。

3.3 拘束膨張ひずみ

図-4 は膨張材量 40kg/m³ の E1 および E2 の蒸気養生、30 養生、20 養生下における材齢初期の拘束膨張ひずみを示す。ここで、材齢の起点は注水時としている。

E1 の膨張ひずみは E2 と比較して、30 養生で約 0.1 日、20 養生で約 0.2 日早く発現し始め、膨張速度も大きいことがわかる。一方、蒸気養生の場合、E1 と E2 の膨張速度はほぼ同等であった。

図-5 に E1 および E2 の拘束膨張ひずみの最大値と膨張材量の関係を示す。

膨張材の種類に拘らず、養生温度が高いほど膨張ひずみの最大値は大きくなった (蒸気養生 > 30 養生 > 20 養生)。

E1 と E2 の拘束膨張ひずみを比較すると、蒸気養生、30 養生、20 養生における E1-40 の膨張ひずみは、E2-40 のそれぞれ 1.7 倍、1.7 倍、2.2 倍であり、同一膨張材量・養生条件における E1 の膨張ひずみは E2 よりかなり大きいことがわかる。また、30 養生および 20 養生における EX1 の膨張ひずみは、蒸気養生した EX2 のひずみより若干大きくなっている。

以上より、早強型膨張材を混和したコンクリートは、一般的な蒸気養生より最高温度を低減した条件下であっても、従来の膨張材を用いたコンクリートを蒸気養生した場合と同等以上のケミカルプレストレスを導入できると考えられる。

今後は、水セメント比が異なる場合に関するデータ蓄積を図るとともに、乾燥下の収縮特性について検討する予定である。

4. まとめ

早強型膨張材を混和したコンクリートの蒸気養生、30 養生および 20 養生における膨張特性を実験的に検討した結果、蒸気養生下の拘束膨張ひずみは従来の膨張材を用いたものより 1.5 ~ 2.0 倍程度大きいこと、30 および 20 養生下の拘束膨張ひずみは、従来の膨張材を用いて蒸気養生した場合と同等以上であることが得られた。これより、早強型膨張材を適用することで、コンクリート製品の製造における蒸気養生を省力化できる可能性を示した。

参考文献

- 1) 例えば福田一見ほか：膨張コンクリートの前養生方法と拘束膨張量に関する一考察，セメント・コンクリート論文集，pp.503-506，1987
- 2) 佐久間隆司ほか：早強型膨張材の諸特性とコンクリート製品への適用性，コンクリート工学年次論文集，Vol.25，No.1，pp.131-136，2003

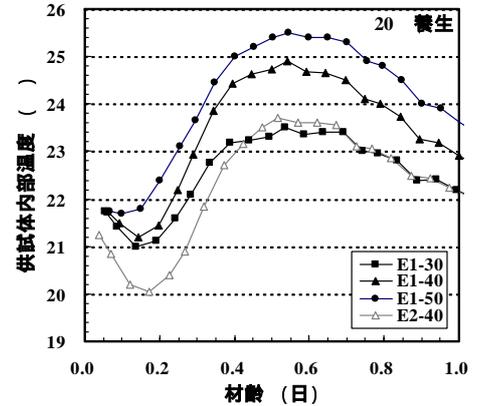


図-2 内部温度

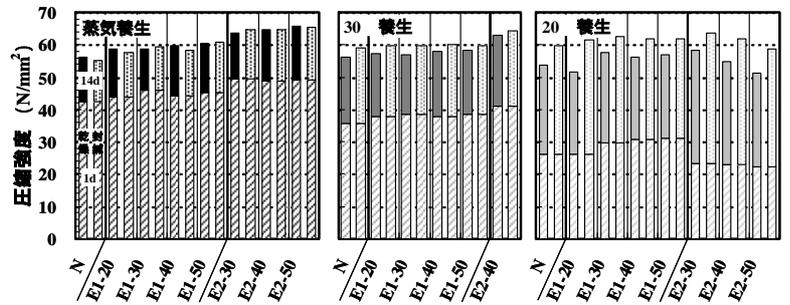


図-3 圧縮強度

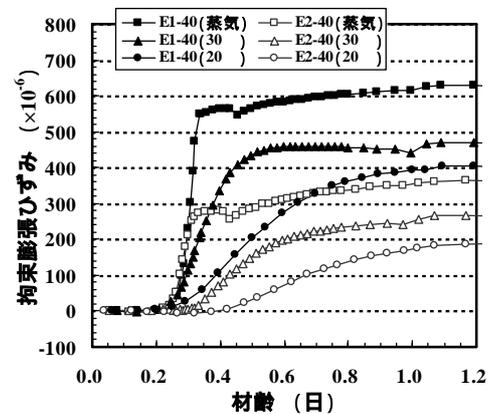


図-4 拘束膨張ひずみの経時変化

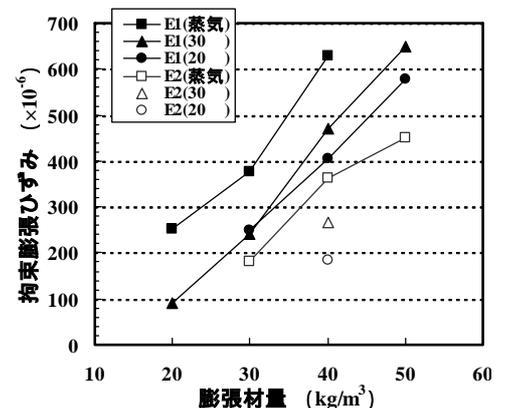


図-5 拘束膨張ひずみと膨張材量の関係