

早強セメントを用いた膨張コンクリートの強度・膨張特性に及ぼす養生温度の影響

太平洋セメント株式会社 正会員 ○大野 拓也 三谷 裕二 谷村 充

1. はじめに

膨張コンクリートによる温度ひび割れ低減効果を解析的に評価するための検討が進む中、解析精度を大きく左右する物性値、とりわけ、強度、ヤング係数、膨張ひずみなどに及ぼす温度の影響を明確にすることが課題となっている。著者らはこれまでに、普通・高炉・中庸熱・低熱セメントを用いた膨張コンクリートを対象に強度特性および膨張特性の温度依存性について検討してきた^{1), 2), 3)}。本研究では、これまでの知見が少ない早強セメントを用いた膨張コンクリートについて同様の検討を行い、各特性に及ぼす温度の影響を実験的に評価した。

2. 実験概要

表-1 に使用材料を示す。セメントには早強ポルトランドセメント、膨張材には低添加型膨張材を使用した。表-2 にコンクリートの配合を示す。検討したコンクリートは、早強ポルトランドセメントに膨張材を 20kg/m³ 混和した膨張コンクリート(HEX)とした。水結合材比は 50%, 単位水量は 170kg/m³ とし、スランプおよび空気量がそれぞれ 15±2.5cm, 4.5±1.5% となるように混和剤の添加量を調整した。

図-1 に拘束供試体の形状・寸法を示す。100×100×400mm の中央に PC 鋼材を配置した供試体とし、鋼材の直径を 5, 11, 15, 26mm とすることで、鋼材比を 0.2, 1.0, 1.8, 5.5% の 4 水準に変化させた。鋼材の中央部の対称面には、測温機能付き自己温度補償型ひずみゲージを貼付し、鋼材ひずみおよび温度を測定した。拘束供試体の養生温度は、一定温度 20, 40, 60℃ の 3 水準とした。コンクリートの練混ぜは、20℃, R.H.80% の室内で行い、ブリーディングがある程度終了するまで同室内に静置した後、仕上げ面にポリエステルフィルムを被せ、その上から湿布とラップで覆い、所定の温度に制御された恒温槽内に投入した。また、拘束供試体と同一の養生条件下において、圧縮強度、ヤング係数、割裂引張強度をそれぞれ JIS A 1108, JIS A 1149, JIS A 1113 に準拠して測定した(供試体:φ100×200mm)。なお、圧縮強度、ヤング係数は、20℃ 水中養生についても実施し、膨張材無混和のコンクリート(H)と比較した。

3. 実験結果

3. 1 強度特性

図-2 に 20℃ 水中養生下における圧縮強度、ヤング係数の結果を示す。HEX の圧縮強度、ヤング係数は、膨張材無混和の H と比較して同等以上であった。図-3 に 20, 40, 60℃ 養生下における圧縮強度と有効材齢の関係を示す。有効材齢には、若材齢での適合性が良い積算温度に基づく(1)式を用いた⁴⁾。HEX の圧縮強度は、60℃ 下において 20, 40℃ より若干低いものの、有効材齢により概ね表現できる結果であった。図-4 にヤング係数と圧縮強度の関係、図-5 に割裂引張強度と圧縮強度の関係を示す。ヤング係数と割裂引張強度は、養生温度によらず、圧縮強度により一義的に評価できた。

$$t_e = \sum_{i=1}^n (T_i + 10) \times \Delta t_i / 30 \quad \dots (1)$$

ここに、 t_e : 有効材齢 (日)、 i : 材齢 (日)
 T_i : 材齢 i 日でのコンクリートの平均温度 (℃)
 Δt_i : 温度が T_i (℃) である期間 (日)

表-1 使用材料

材料	記号	物理的性質など
セメント	C	早強ポルトランドセメント/ 密度:3.14g/cm ³ , 比表面積:4610cm ² /g
膨張材	EX	低添加型石灰系膨張材/ 密度:3.16g/cm ³ , 比表面積:3450cm ² /g
細骨材	S	静岡県掛川市産山砂/ 表乾密度:2.58g/cm ³ , 吸水率:1.85%
粗骨材	G	茨城県桜川市産砕石(砕石 2005)/ 表乾密度:2.64g/cm ³ , 吸水率:0.58%
混和剤	AD	AE 減水剤/リグニンスルホン酸系
	AE	空気量調整剤

表-2 コンクリートの配合

記号	W/B* (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
			W	C	EX	S	G
HEX	50	45	170	320	20	786	983
H				340	0		

*B=C+EX

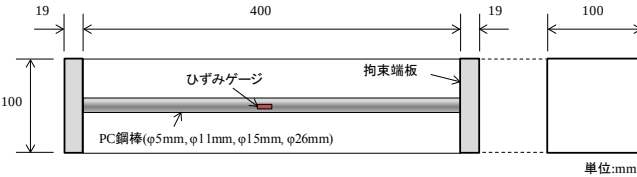


図-1 PC 鋼材を用いた拘束供試体

キーワード 早強セメント, 膨張コンクリート, 膨張特性, 強度特性, 温度依存性

連絡先 〒285-0802 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 : 043-498-3804

3. 2 拘束膨張特性

図-6 に 20, 40, 60℃養生下での鋼材ひずみ(膨張ひずみ)と鋼材比の関係を示す。材齢の起点は注水時点とし、各温度下におけるプロットの最終材齢は、膨張ひずみがほぼ最大値に達した材齢である。いずれの温度下においても、膨張ひずみと鋼材比の関係は緩やかな下に凸の曲線となった。膨張ひずみが最大値に達する材齢は、20, 40, 60℃でそれぞれ 1.5, 0.50, 0.28 日となり、養生温度が高いほど膨張の速度が大きくなった。これは、筆者らが過去に示した普通・高炉・中庸熱・低熱セメントを用いた膨張コンクリートと同様の傾向であった^{1), 2), 3)}。また、HEXが膨張ひずみの最大値に達する材齢は、いずれの養生温度下においても、他のセメントより明確に早かった。膨張ひずみの最大値は、鋼材比 0.2%では養生温度が高いほど明確に大きくなる傾向があり、20℃下での膨張ひずみと比較して 40, 60℃下でそれぞれ 1.2 倍, 1.6 倍であった。しかし、鋼材比が 1.0, 1.8, 5.5%では、養生温度によらず膨張ひずみの最大値はほぼ同程度であった。

4. まとめ

早強セメントを用いた膨張コンクリートの強度・膨張特性に及ぼす養生温度の影響について、得られた知見を以下に示す。

- (1) 圧縮強度の発現は、養生温度によらず有効材齢によって概ね評価できる。
- (2) ヤング係数および割裂引張強度は圧縮強度によって一義的に表すことができる。
- (3) 養生温度が高いほど、早期に膨張ひずみが最大値に達する。
- (4) 膨張ひずみの最大値は、拘束鋼材比 0.2%では養生温度が高いほど大きくなるが、鋼材比が 1.0%以上では養生温度による差がほとんどない。

参考文献

- 1) 三谷裕二ほか：マス養生温度履歴を受ける膨張コンクリートの膨張応力評価法，土木学会第 59 回年次学術講演会講演概要集 V，pp.943-944，2004
- 2) 松本健一ほか：高炉セメントを用いた膨張コンクリートのマス養生温度履歴下における拘束膨張・収縮特性，土木学会第 62 回年次学術講演会講演概要集 V，pp.1167-1168，2007
- 3) 三谷裕二ほか：低発熱形セメントを用いた膨張コンクリートの温度応力評価，コンクリート工学年次論文集，Vol.36，No.1，pp.1498-1503，2014
- 4) 佐久間隆司ほか：膨張コンクリートの強度特性に及ぼす養生温度の影響，土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集 V，pp.337-338，2003

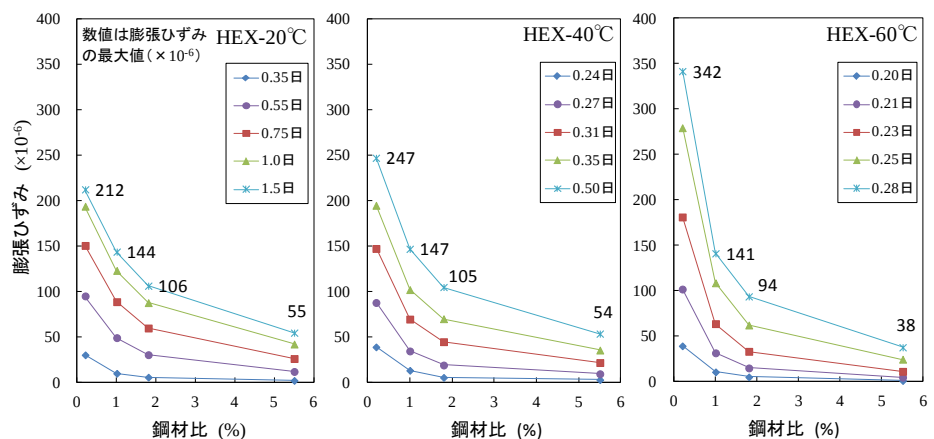


図-6 20, 40, 60℃養生下における膨張ひずみと鋼材比の関係

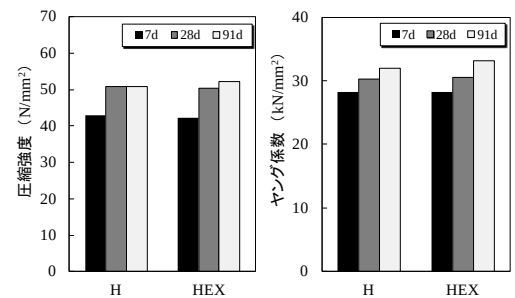


図-2 強度特性(20℃水中養生)

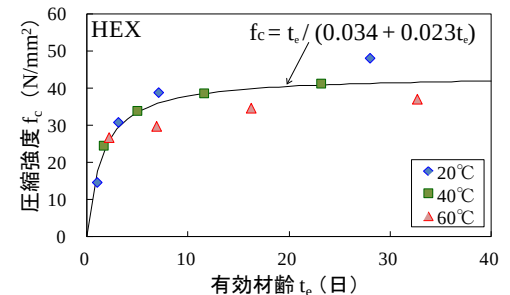


図-3 圧縮強度と有効材齢

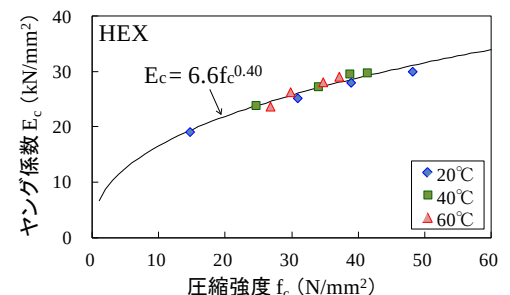


図-4 ヤング係数と圧縮強度

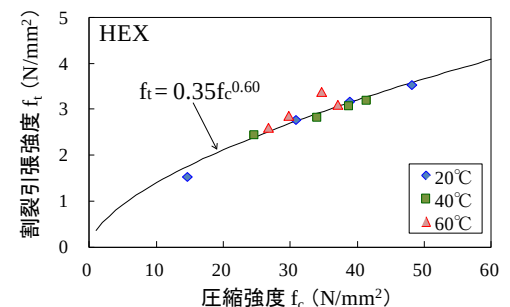


図-5 割裂引張強度と圧縮強度