

V-41 低温環境下における高炉セメントを用いたコンクリートの収縮挙動

日本大学工学部 学生員 ○中島 辰弥
日本大学工学部 正会員 子田 康弘
日本大学工学部 正会員 岩城 一郎

1. はじめに

高炉セメントは、平成 13 年グリーン購入法の品目指定を受けたことにより、その需要が増加している。しかしながら、寒冷地を想定した低温環境下における高炉セメントを用いたコンクリート(以下、高炉セメントコンクリート)の収縮挙動を把握し、これに基づき、収縮ひび割れ制御方法の提案を行なった研究例はほとんど見当たらない。このような背景の下、本研究では、収縮ひび割れ制御方法として、封かん養生期間(乾燥開始材齢)、および膨張材の使用に着目し、これらが収縮挙動に及ぼす影響について検討を行った。

2. 実験概要

本実験では、高炉セメント B 種(密度 3.04g/cm^3)、砕石(表乾密度 2.81g/cm^3)、砕砂(表乾密度 2.66g/cm^3)、AE 剤を用いた。膨張材(Ex)として、石灰系低添加型膨張材(HX、密度 3.16g/cm^3)を用いた。表-1 は、コンクリートの示方配合表である。

表-1 示方配合表

Gmax (mm)	W/B (%)	s/a (%)	Unit content(kg/m ³)					
			W	C	Ex	S	G	AE
20	50	45	170	340	0	800	1033	1292
20	50	45	170	320	20	800	1033	1360

本実験では、コンクリートの自由ひずみおよび拘束ひずみの測定を行った。自由ひずみはさらに乾燥収縮ひずみと自己収縮ひずみに大別される。供試体寸法は、 $100 \times 100 \times 400\text{mm}$ であり、型枠は既往の文献¹⁾を参考に作製した。図-1 は、自由ひずみ測定用供試体である。ひずみの測定は、図に示す通り、供試体中央に埋込みゲージを設置し、これにより計測した。図-2 は、拘束ひずみ測定用供試体である。ここでは、供試体中央に配置した PC 鋼棒により、コンクリートの変形を拘束し、拘束ひずみは、PC 鋼棒に貼付したひずみゲージにより計測した。コンクリートの養生と収縮ひずみの測定は、室温 $5^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $70\% \pm 10\%$ に制御された恒温恒湿室で行った。収縮ひずみの測定は、データロガーによる自動計測である。

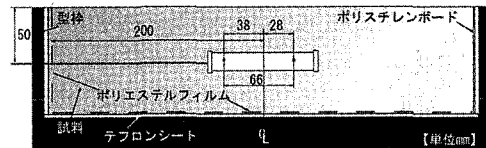


図-1 自由ひずみ測定用供試体

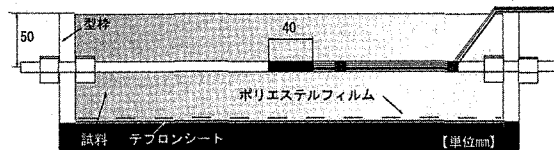


図-2 拘束ひずみ測定用供試体

の養生と収縮ひずみの測定は、室温 $5^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $70\% \pm 10\%$ に制御された恒温恒湿室で行った。収縮ひずみの測定は、データロガーによる自動計測である。

封かん養生期間は、2、7、14、28、56 日の 5 種類とし、その後の乾燥収縮挙動を調べた。一方、膨張材を混和したコンクリートの封かん養生期間は 7 日である。自己収縮ひずみは、乾燥を防ぐために脱型直後にアルミテープで封かん状態にした供試体を用いて測定した。以下、膨張材を混和していないコンクリートを N、膨張材を混和したコンクリートを HX と表す。さらに、乾燥収縮を含む自由ひずみを F、自己収縮ひずみを A で表す。

3. 実験結果および考察

図-3 は、高炉セメントコンクリートの自由ひずみを示したものである。図より、乾燥開始材齢 2、7、14 日は、材齢 35 日以降ほぼ同じ挙動を示している。一方、乾燥開始材齢 28 日と 56 日は、乾燥開始後に収縮

ひずみが増加するが、その値は他の条件と比べ明らかに小さい。

図-4 は、高炉セメントコンクリートの拘束応力の経時変化を示したものである。拘束応力は、 $\sigma_c = A_s \cdot E_s \cdot \sigma_s / A_c$ により算出した。ここで、 σ_c : 拘束応力、 A_s : PC 鋼棒の断面積、 E_s : 鋼棒のヤング率、 σ_s : 鋼棒に発生するひずみ、 A_c : コンクリートの断面積である。図より、乾燥開始直後よりコンクリートの引張応力が顕著に増加していることがわかる。乾燥開始材齢 2 日と 7 日では、材齢 25 日以降ほぼ同じ挙動を示しているが、材齢 28、56 日まで封かん養生を継続すると、他の条件と比較し、明らかな収縮応力低減効果が確認された。

図-5 は、膨張材の有無による自由ひずみの経時変化を示したものである。打設後、膨張材の効果により HX には膨張ひずみが生じた。また、図より、膨張材の有無による材齢 7 日程度までの自由ひずみ(F)および自己収縮ひずみ(A)の挙動はそれぞれ大きく異なるが、その後のひずみ挙動はほぼ同じ傾向で推移することが確認された。すなわち、膨張材の効果は材齢 7 日程度までに発揮されると考えられる。

図-6 は、膨張材の有無による拘束応力の推移を示したものである。打込後、膨張材の効果により HX には圧縮応力が作用し、N は応力の 0 付近を推移している。乾燥開始材齢 7 日から膨張材の有無に関係なくほぼ同じ傾向で応力が変化し、本実験における N と HX の拘束応力の差はおよそ 0.2 N/mm^2 である。したがって、膨張材の作用による顕著な収縮応力の低減効果が確保された。

4. まとめ

低温環境下において、乾燥収縮に伴いコンクリートに発生する引張応力は、材齢 28 日まで封かん養生を継続すると明らかに低減する効果が確認された。また、膨張材を混和したコンクリートでも、応力低減効果が確認され、その効果は材齢 7 日程度までに発揮されることが明らかになった。以上のことから、封かん養生期間の延長および膨張材の使用は、低温環境下における高炉セメントコンクリートの収縮ひび割れ制御方法として有効であると考えられる。なお、ひずみ計測は現在も継続中であり、今後、長期材齢にわたる収縮挙動を検討するとともに、高強度コンクリートに対しても同様の実験を行い、両者を比較検討する予定である。

謝辞：本研究の一部は(社)東北建設協会の助成金を受けて行われたものである。

【参考文献】

- 1) 日本コンクリート工学協会 (2002. 9): コンクリートの自己収縮研究委員会報告書、pp51-54.

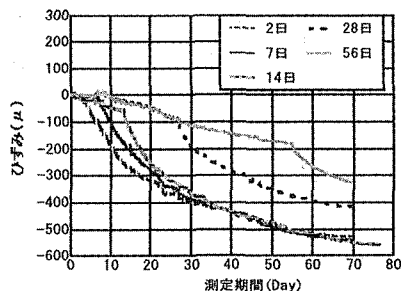


図-3 乾燥開始材齢による自由ひずみの経時変化

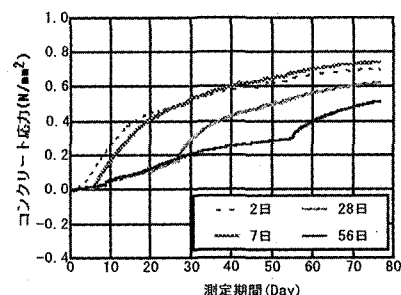


図-4 乾燥開始材齢による拘束応力の経時変化

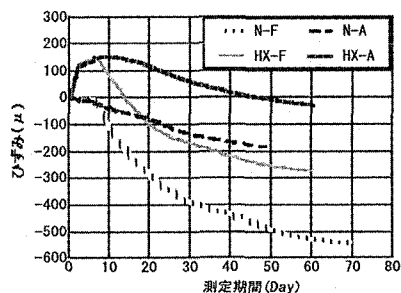


図-5 自由ひずみと自己収縮ひずみの経時変化

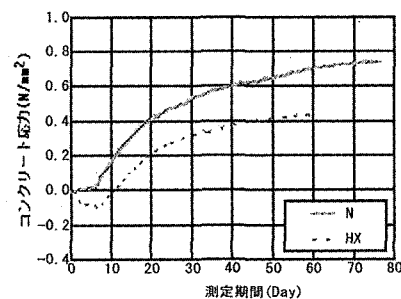


図-6 膨張材によるコンクリート応力の特性