

低温環境下における膨張材を使用した高炉セメントコンクリートの性質

日本大学大学院工学研究科 学生員 ○古山 幸永
 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

近年、環境に優しく、耐久性に優れていることから、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）の普及が進められている。高炉セメントコンクリートを東北地方のような寒冷地において冬期施工する場合、強度発現性が低下する問題については指摘されているが、低温下における乾燥収縮挙動を把握し、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膨張材の使用に着目し、これが収縮挙動に及ぼす影響を検討した。さらに、低温環境下における高炉セメントコンクリートの強度発現性に及ぼす膨張材の影響についても検討を行った。

2. 実験概要

本研究では、セメントは高炉セメント B 種（密度 3.04g/cm^3 ）、膨張材（Ex）は低添加型石灰系膨張材（HX、密度 3.16g/cm^3 ）を用いた。細骨材は福島県相馬市産砕砂（表乾密度 2.81g/cm^3 ）、粗骨材は福島県いわき市産砕石（表乾密度 2.66g/cm^3 ）を用いた。表-1 は、コンクリートの示方配合表である。表より、コンクリートは、水結合材比（50%）および単位水量（ 170kg/m^3 ）を一定とし、膨張材を用いないもの（BB-N）と、セメントに対して内割で 20kg/m^3 置換したものの（BB-HX）の 2 種類を使用した。両コンクリートとも空気量 4.0%を確保するため AE 減水剤を添加した。

表-1 示方配合表

配合	Gmax (mm)	W/B (%)	s/a (%)	Unit content(kg/m^3)					
				W	C	Ex	S	G	AE
BB-N	20	50	45	170	340	0	800	1033	1.292
BB-HX	20	50	45	170	320	20	800	1033	1.360

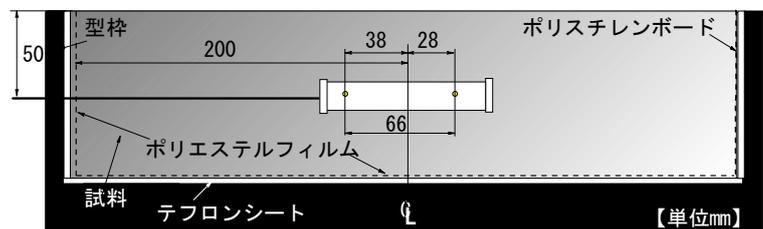


図-1 自由ひずみ測定用供試体

本研究では、コンクリートの自由ひずみと圧縮強度の測定を行った。自由ひずみはさらに 7 日まで封かん養生を行い、その後乾燥させたもの（乾燥収縮ひずみ：F）と封かん養生を継続したもの（自己収縮ひずみ：A）に大別される。図-1 に自由ひずみ測定用供試体の概念図を示す。型枠および供試体は既往の文献¹⁾を参考に作製した。供試体寸法は、 $100 \times 100 \times 400\text{mm}$ であり、供試体中央に測長 100mm の埋め込み型ひずみゲージを設置した。ひずみの測定は、データロガーによる自動計測である。自己収縮ひずみは、脱型後、乾燥を防ぐためにアルミテープで封かん状態にした。圧縮強度試験は、各配合に対し、 20°C および 5°C で封かん養生を行い、材齢 7、28 日で行った。

コンクリートの養生と収縮ひずみの測定は、 $5^\circ\text{C}70\%\text{R.H.}$ および $20^\circ\text{C}60\%\text{R.H.}$ に制御された各恒温恒湿室内で行った。

3. 実験結果および考察

図-2 は、 20°C と 5°C の恒温条件下で封かん養生を行った各供試体の圧縮強度試験結果を示したものである。図より、 20°C 封かん養生下では BB-N、BB-HX に顕著な強度の差は見られず、材齢 28 日では標準養生に近い圧縮強度を示した。一方、 5°C 封かん養生下では両配合共に 20°C に比べ強度が明らかに低い結果となり、また、BB-HX は BB-N に比べ若干強度が下回る結果となった。すなわち、高炉セメントコンクリートは、

常温下では膨張材の有無に関らず同等の強度を発揮するが、低温下では膨張材を添加することにより強度発現性が若干低下する結果となった。この点に関しては、膨張材による膨張作用の温度依存性と強度発現性との関連を含め、今後詳細に検討する予定である。

図-3は、20℃と5℃における供試体（BB-N）の自由ひずみの測定結果を示す。図より乾燥収縮ひずみ（F）、自己収縮ひずみ（A）は共に20℃の方が5℃よりも大きくなる傾向を示している。ここで、自己収縮ひずみに関しては、20℃の方が5℃に比べ水和反応が活性化するため促進したと考えられる。一方、乾燥収縮ひずみに関しては5℃と20℃の恒温室がまったく同じ相対湿度では制御されていないため、一概には言えないが、低温下では水和反応速度が低く、細孔組織の緻密化が遅延するため、特に乾燥初期に十分な毛管張力が作用せず、その結果、収縮がゆっくり進行したと考えられる。

図-4は、膨張材の有無による自由ひずみの推移を示したものである。図より、膨張材を使用した場合、材齢7日程度まで膨張ひずみが増加し、封かん養生を継続した場合は、その後ゆっくりと収縮側に移行し、材齢7日で乾燥を開始させた場合には急速に収縮側に転じる傾向を示した。その結果、膨張材を使用しないものに比べ、乾燥収縮ひずみ（F）、自己収縮ひずみ（A）共に150-300μ近い収縮ひずみが低減される結果となった。このことから、膨張材の使用により、低温環境下においても高炉セメントコンクリートの顕著な収縮抑制効果が期待できる結果となった。

4. まとめ

- 1) 常温下において、膨張材を添加したコンクリートはこれを用いないコンクリートと同等の強度発現性を示したが、低温下では、膨張材の添加により若干強度発現性が低下する傾向が見られた。
- 2) 低温下においては常温下と比べ、自己収縮、乾燥収縮共にゆっくりと進行する傾向を示した。
- 3) 低温下においても、膨張材の添加により材齢7日程度まで顕著な膨張作用が生じ、顕著な収縮抑制効果が期待できる結果となった。

【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.

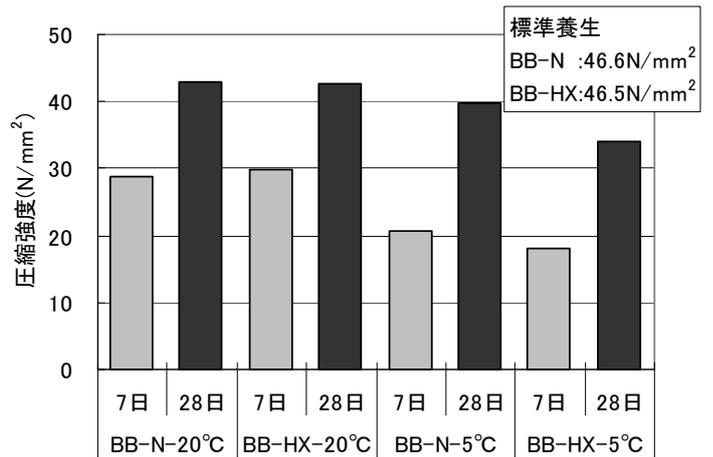


図-2 圧縮強度試験結果

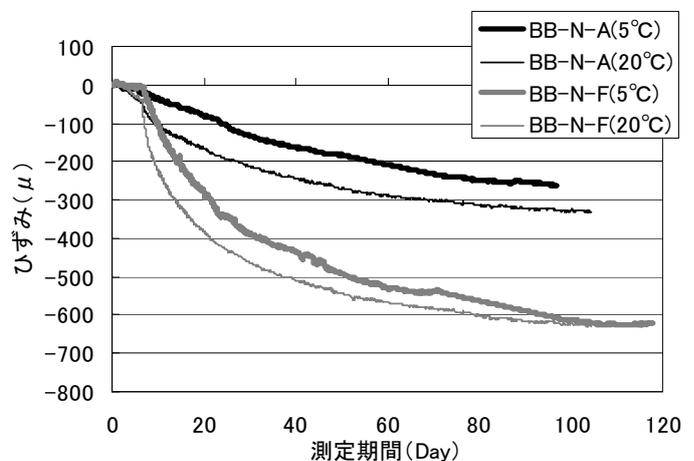


図-3 自由ひずみ測定結果 (20℃と5℃の比較)

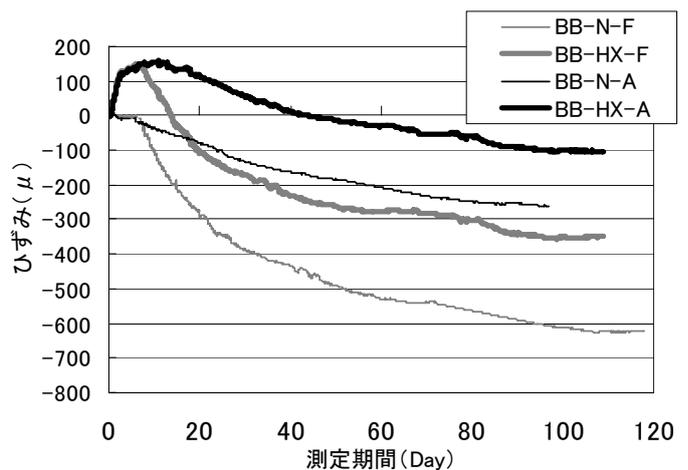


図-4 乾燥ひずみと自己収縮ひずみの経時変化