

低発熱・低収縮型高炉セメントB種の膨張収縮特性把握試験

飛島建設 土木事業本部 正会員 ○田畑 美紀

飛島建設 土木事業本部 正会員 佐藤 友厚

飛島建設 土木事業本部 川里麻莉子

飛島建設 土木事業本部 正会員 寺澤 正人

1. はじめに

高炉セメント B 種（以後、「BB」と呼ぶ）はコストの低さに加えて、塩害抑制効果や環境負荷低減効果等によりその使用量は多い。しかし、近年では初期強度発現の遅さを解消するために高炉スラグの置換率を小さく、また比表面積を大きくしたことから水和発熱や収縮が大きくなり、使用条件によっては初期ひび割れが発生しやすくなる場合がある。これに対して BB の JIS 規格範囲内で高炉スラグ置換率の増加と比表面積の減少を行い水和発熱を低減し、さらに SO₃ 含有量を増加して初期膨張を増大させることで収縮を低減した低発熱・低収縮型高炉セメント B 種（以後、「LBB」と呼ぶ）が開発され、適用例が増えつつある。しかしながら、LBB の膨張収縮特性に関する研究事例は少ないため、本研究では筆者らが考案した薄板形状供試体を用いた収縮特性試験法¹⁾を適用して、LBB の膨張収縮特性を確認する試験を実施した。

2. 試験概要

2-1 供試体形状寸法、コンクリートのひずみ、温度および相対湿度の計測方法

本研究で対象とする初期膨張や自己収縮には温度依存性があるとされる。これらに対する試験では一般的に 10×10×40cm の供試体が用いられるが、この供試体寸法では断面内での温度分布が厳密には一定ではないと考えられるため、本研究では、供試体断面に発生する温度分布差をより小さくできると考えられる薄板形状供試体¹⁾を使用することとし、供試体寸法は厚さを試験に供するコンクリートの粗骨材の最大寸法に合わせて 20mm とした 2×10×40cm とした。供試体は試験水準毎に 2 体作成し、1 体には埋設型ひずみゲージ(標点距離 60mm, 直径 4mm)、もう 1 体には筆者らが考案した埋設型温湿度センサ¹⁾を断面中央、表面から深さ 10mm に配置し、ロガーにて 1 時間ピッチでひずみおよび温湿度を計測した。なお、材齢初期に生じる膨張収縮を拘束しないために、ひずみ計測用供試体の型枠内面にはテフロンシートを貼り付け、さらに長手方向両端部に緩衝材(厚さ 10mm)を設置した。

2-2 試験水準

本研究での試験水準を表-1 に示す。LBB-20 と BB-20 は湿潤環境下での初期膨張、自己収縮特性に加えて乾燥環境下での乾燥収縮特性をも含めて LBB と BB の特性差を把握するもの、LBB-20,30,50 は LBB の湿潤環境下での初期膨張、自己収縮の温度依存性を把握するものである。湿潤環境はコテ仕上げを行った後、型枠を含む供試体全周囲をポリ塩化ビニリデンシート(ラップ)で覆う封緘養生で材齢 7 日まで継続し、LBB-20 と BB-20 に対する乾燥環境は、材齢 7 日目にラップおよび型枠を撤去し、20℃60%RH 環境で材齢 91 日までとした。

2-3 コンクリート配合および使用材料

コンクリートの配合は目標スランプ 15cm、目標空気量 4.5%、水セメント比 55%、単位セメント量 300kg/m³、単位水量 165kg/m³とし、LBB（高炉スラグ置換率 55%、比表面積 3290cm²/g、SO₃ 含有量 3.43%）、BB（高炉スラグ置換率 40～45%、比表面積 3750cm²/g、SO₃ 含有量 2.04%）、陸砂（君津産）、砕石（八王子産）、水道水、AE 減水剤標準形を使用材料とした。

3. 試験結果および考察

図-1 にコンクリート内部温度および相対湿度の測定結果、図-2

表-1 試験水準

名称	セメント種類	練上り 目標温度 (℃)	試験環境			
			材齢7日まで (湿潤環境)		材齢7日以降 (乾燥環境)	
			環境温度 (℃)	環境湿度 (%)	環境温度 (℃)	環境湿度 (%)
LBB-20	LBB	20	20	99	20	60
BB-20	BB					
LBB-30	LBB	30	30		—	—
LBB-50			50			

キーワード 高炉セメント B 種、膨張ひずみ、自己収縮ひずみ、乾燥収縮ひずみ、温度依存性

連絡先 〒102-8332 東京都千代田区三番町二番地 TEL 03-5214-7092

に LBB と BB の湿潤・乾燥環境下でのコンクリートひずみ測定結果（別途試験した膨張コンクリート（セメントを普通ポルトランドセメントとして水和発熱抑制型膨張材を 20kg/m^3 添加）での試験結果（以後「EX」と呼ぶ）を併記）、図-3 に LBB と BB の乾燥収縮ひずみの経時変化、図-4 に LBB-20, LBB-30 および LBB-50 の湿潤環境下でのコンクリートひずみ（初期膨張+自己収縮）測定結果、図-5 に LBB のコンクリート温度と最大膨張ひずみの関係と、コンクリート温度と自己収縮ひずみ増加速度（最大膨張ひずみと材齢 7 日でのひずみの差を材齢で除した値）の関係を示す。これらより以下の知見等が得られる。

1)コンクリート内部温度は水和発熱(LBB-30,50)や練上り温度からの温度上昇(LBB-50)の影響はみられるものの、その値は環境温度とほぼ同値であり供試体断面内で温度はほぼ一定になっていると判断される。また内部相対湿度の測定結果は湿潤環境が確保されていることを示している。（図-1）

2)LBB は湿潤環境下の材齢初期に見られる初期膨張が BB に比べて大きいため乾燥環境下での材齢 91 日における収縮ひずみは BB に比べて 100μ 程度小さく、LBB の収縮低減効果が確認される。但し、その効果は EX に比べて小さい。（図-2）

3)LBB と BB の自己収縮および乾燥収縮ひずみは同程度であり、LBB の収縮抑制効果は主に初期膨張に依存すると言える。（図-3, 図-4）

4)LBB は試験したコンクリート温度の範囲内においては、いずれの温度にても材齢 1 日程度において膨張ひずみのピークを迎え、それ以降は自己収縮により収縮側にひずみが増加するが、最大膨張ひずみ（膨張ひずみのピーク値）と膨張速度および自己収縮の増加速度はコンクリート温度毎に異なる。（図-4）

5)LBB の初期膨張と自己収縮特性には既往の研究例²⁾に示される温度依存性が認められる。（図-5）

4. おわりに

本研究により LBB の収縮抑制効果と、初期膨張および自己収縮特性には温度依存性があることが確認された。今後は、低温環境下における膨張収縮特性の把握や膨張収縮特性の定式化を行ったうえで収縮ひび割れ解析を実施するなどして、LBB の効果をさらに検証したいと考えている。

参考文献

- 1)寺澤正人ほか：薄板形状供試体を用いたコンクリートの収縮特性測定試験の試行，土木学会第 64 回年次学術講演会講演概要集，V-444，2009.9.
- 2)宮澤伸吾ほか：高温履歴を受ける高炉セメントコンクリートの自己収縮予測式，コンクリート工学年次論文集，Vol.30，No.1，pp.465-470，2008.

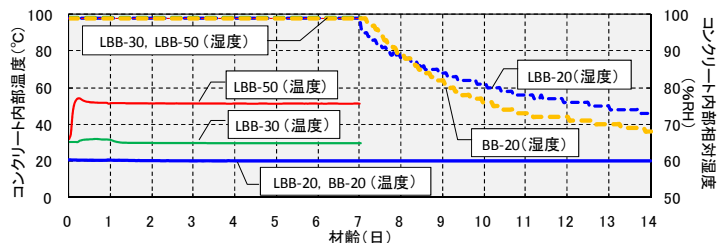


図-1 コンクリート内部温度および相対湿度

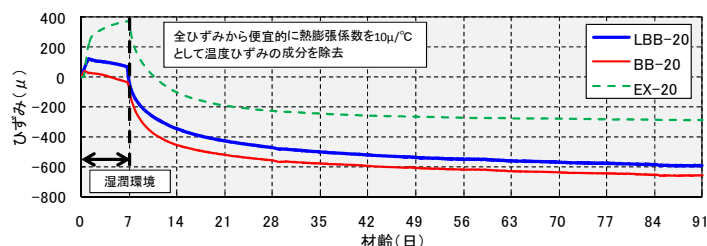


図-2 コンクリートひずみ（収縮：－，膨張：＋）

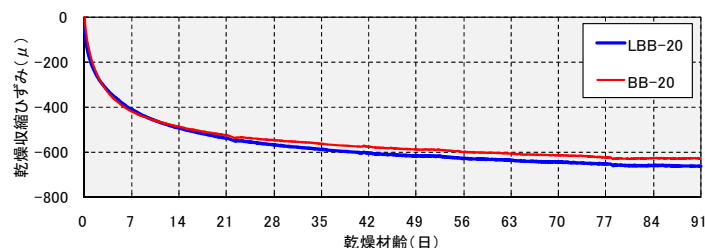


図-3 乾燥収縮ひずみ（収縮：－）

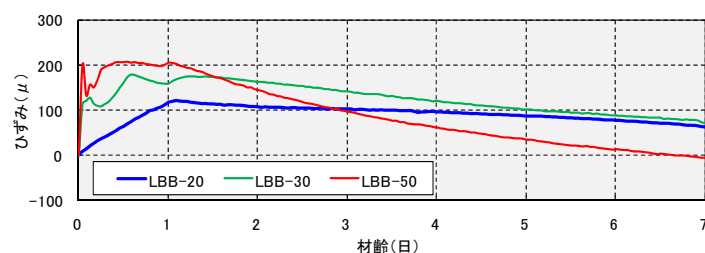


図-4 コンクリートひずみ（収縮：－，膨張：＋）

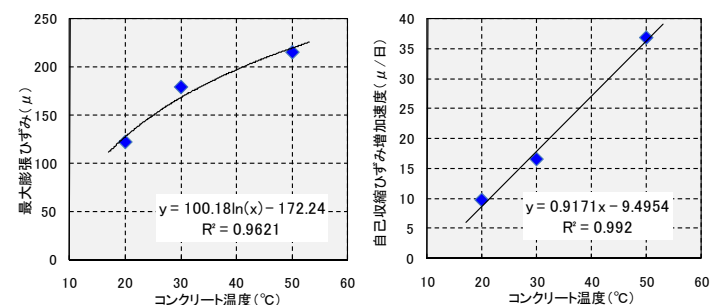


図-5 最大膨張および自己収縮ひずみ増加速度の温度依存性