高炉スラグ微粉末3000の置換率を変えたコンクリートに関する一実験

日鉄住金高炉セメント(株)　正会員　○岩井　久
日鉄住金高炉セメント(株)　正会員　大塚　勇介
日鉄住金高炉セメント(株)　正会員　前田　悦孝
日鉄住金高炉セメント(株)　正会員　檀　康弘

１．目的

近年，構造物の大型化に伴い，マスコンクリートに適した低発熱型高炉セメントB種が普及しつつあり，高炉セメントの素材である高炉スラグ微粉末（スラグと略す）についても比表面積3000cm^2/g（LBSと略す）がJIS規格化（JIS A6206）されるに至っている．しかし，LBSを混和材として用いたコンクリートの性能を確認した事例は少ない。そこで，普通ポルトランドセメント（Nと略す）に対しLBSの置換率を変えたコンクリートについて，断熱温度上昇，圧縮強度，自己収縮ひずみを確認した．

２．試験概要

使用材料の諸元を表1に示す．Nは共通とし，LBSは石こうを添加してSO_3=0，2，3.5%と変えて用いた．また，性能比較のため同一Nに同一産地のスラグ（比表面積3800cm^2/g）を置換した試製高炉セメントB種（BBと略する）を準備した．試験配合の結合材種を表2に示す．スラグ中のSO_3量を2%に調整したLBS（LBS-2）を用いてスラグ置換率を40～70%まで変えた水準，スラグ置換率を50%に一定とし，LBSのSO_3量を変えた水準および試製BBの計7水準である．細骨材は海砂（玄界灘産）と砕砂（福岡県古賀市産）を，粗骨材には砕石（北九州市門司区産）を用いた．混和剤は標準形AE減水剤を用いた．

表１　使用材料の諸元

	密度 (g/cm^3)	比表面積 (cm^2/g)	SO_3 (%)	備考
N	3.12	3220	2.07	市販品
LBS-0	2.91	3070	0.03	石こう添加無し
LBS-2	2.91	3140	2.04	石こう添加品
LBS-3.5	2.91	3190	3.55	石こう添加品
BB	3.03	3470	2.07	スラグ置換率42.5%

表２　試験配合の結合材種類

結合材の組合せ	N+(LBS-2)40%	N+(LBS-2)50%	N+(LBS-2)60%	N+(LBS-2)70%	N+(LBS-0)50%	N+(LBS-3.5)50%	BB
実質スラグ量（%）	38.6	48.2	57.9	67.5	50.0	46.9	41.0
結合材SO_3（%）	2.06	2.06	2.05	2.05	1.04	2.81	2.07

コンクリート配合は共通で，単位結合材量300kg/m^3，W/C55%とし，スランプ10.0±2.0cm，空気量4.5±1.0%，コンクリート温度20±1℃を目標値とした．断熱温度上昇試験は，空気循環式試験機を用い，日変化量1℃以下を終了条件とした．強度試験は，標準養生での圧縮強度（JIS A1108）を測定した．自己収縮試験[1)]は，角柱（10×10×40cm）供試体を用い，埋込みひずみ計により測定した（20℃封緘養生）．

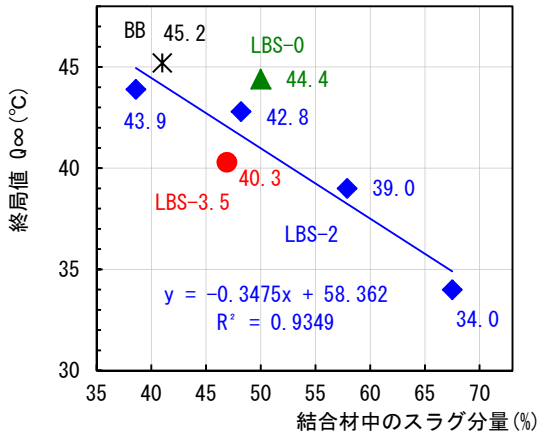

図１　断熱温度上昇量終局値

３．試験結果

３．１　断熱温度上昇特性

図1に終局断熱温度上昇量を示す．スラグ分量と上昇量には相関が見られ，スラグ分量が増加するほど上昇量が下がる．

キーワード　高炉スラグ微粉末3000，スラグ置換率，断熱温度上昇量，圧縮強度，自己収縮
連絡先　〒803-0801 福岡県北九州市小倉北区西港町１６番地　日鉄住金高炉セメント株式会社　ＴＥＬ093-588-1051

LBS の SO_3 量を BB と同じ 2%にした場合，BB 同等のスラグ置換率で上昇量が BB より約 1℃低下し，置換率 60%では約 6℃低下した．また，スラグ中の SO_3 量が多いほど上昇量が下がる傾向を示した [2]．これらから，BB 中のスラグの比表面積を小さくすることで，終局断熱温度上昇量は低下するものの，スラグ中の SO_3 量および置換率を上げることが効果的であると考えられる．

３．２　圧縮強度

圧縮強度試験の結果を図 2 に示す．LBS-2 の置換率を 40～70%まで変化させた場合，置換率の増加に伴い圧縮強度は直線的に低下し，材齢 28 日以降では，置換率 40%と 70%の間に約 7N/mm^2 の強度差が生じた．また，結合材中のスラグ分量が BB 同等である置換率 40%において BB の強度を下回っており，スラグの比表面積の違いが強度発現に影響したものと考えられる．LBS の SO_3 量を変えて，置換率を 50%で一定にした場合，結合材中の SO_3 量が 1.0～3.0%程度の範囲では SO_3 量の違いで差は無く，既報 [2]と同様の結果となった．ただし，今回は標準養生のみでの結果であるため，打込み温度，養生温度が及ぼす影響について検討する必要があると考える．

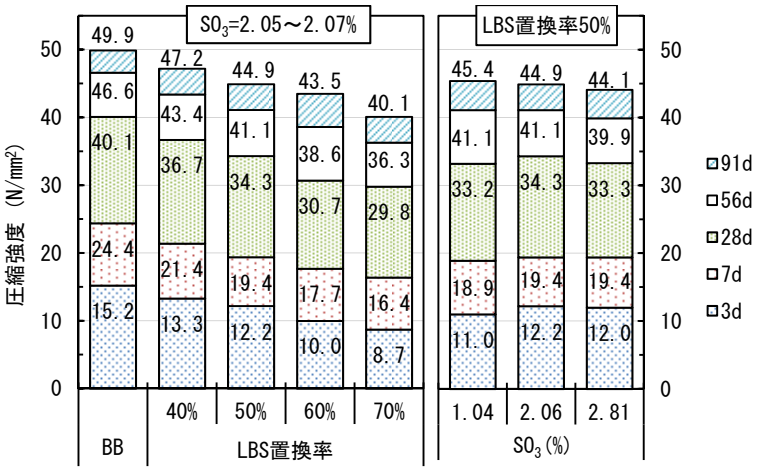

図 2　圧縮強度

３．３　自己収縮ひずみ

図 3 に凝結時間始発を基点にした最大膨張ひずみ（材齢 1 日前後で膨張側に計測されたひずみ）および材齢毎の自己収縮ひずみを示す．図中の破線は，BB の最大膨張ひずみおよび材齢 91 日での自己収縮ひずみを示している．置換率に着目すると，置換率 40%で収縮が最も大きく，BB をやや超える結果であった．材齢 28 日までは置換率 50～70%の間に大きな違いはなく，材齢 91 日では 40～60%の間で高置換率ほど収縮が小さくなる傾向が見られた．また，結合材中の SO_3 量が多いほど膨張ひずみが大きく，材齢 28 日までその傾向が続いている [2]．しかし，材齢 91 日では大きな差は見られなかった．BB の結果も加味すると，初期膨張はスラグの置換率や比表面積の影響は小さく SO_3 量の影響が大きいと考えられる．材齢 91 日までの自己収縮についてはスラグの比表面積を小さくすることに加え，置換率を上げることが，その低減に有効であると考えられる．

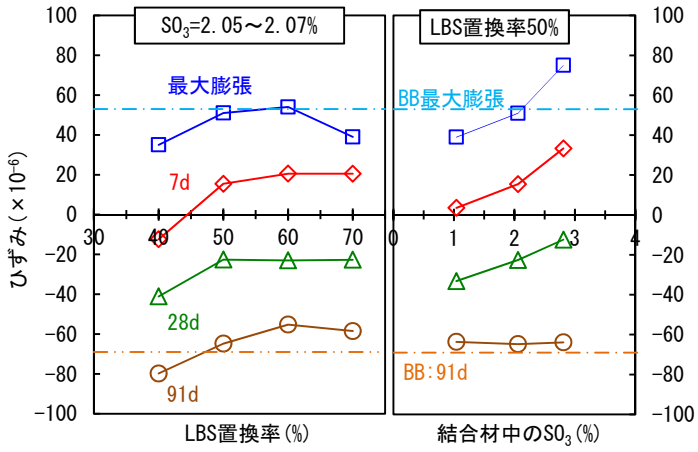

図 3　自己収縮ひずみ

４．まとめ

混和材に LBS を用いたコンクリートについて断熱温度上昇量，圧縮強度および自己収縮を確認した．その結果，断熱温度上昇量は置換率と SO_3 量の影響が大きいことを確認した．強度発現については，スラグの比表面積と置換率が影響すると考えられる．自己収縮については，置換率が最も大きく影響すると考えられる．今後，打込み温度，養生温度の影響を確認する必要がある．

【参考文献】

1)　日本コンクリート工学協会：コンクリートの自己収縮委員会　報告書，2002.9

2)　二戸信和ほか：高炉セメントの発熱と収縮に及ぼすスラグ粉末度と SO3 の影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.30，No.2，pp121-126（2008）