

1. まえがき

本研究は、高炉スラグ微粉末を単位セメント量の95%まで置換した高炉スラグ高含有コンクリートの耐硫酸塩抵抗性について実験的に検討したものである。

2. 実験概要

セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。細骨材は川砂（比重2.61、吸水率1.7%、粗粒率2.89）粗骨材は硬質砂岩砕石（比重2.62、吸水率1.1%、最大寸法20mm）を用いた。用いた高炉スラグ微粉末の化学成分分析結果を表-1に示す。スラグ置換率は0、10、20、30、40、50、70、85および95%の9レベル、単位結合材量は 280 kg/m^3 、水-結合材比は57%とした。混和剤は、リグニンスルホン酸化合物ポリオール複合体のA E減水剤および空気量調整剤として同じくリグニンスルホン酸塩系のA E助剤を使用した。目標空気量は $4.5 \pm 0.5\%$ である。

表-1 高炉スラグ微粉末の化学分析結果

粉末度 Blaine (cm^2/g)	比重	化 学 組 成 (%)					
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	SO ₃
4040	2.89	32.8	13.6	0.2	42.4	5.8	2.0
6140	2.89	33.2	13.7	0.6	42.1	5.8	2.0
8160	2.89	33.0	13.6	0.2	42.1	6.0	2.0

硫酸塩溶液は、無水硫酸ナトリウム（粒状）を水道水に溶かして作成した。硫酸ナトリウム溶液の濃度は10%とし、濃度の変化をさけるため定期的に溶液の入れ替えを行った。耐硫酸塩抵抗性試験供試体は $10 \times 10 \times 40\text{ cm}$ の角柱供試体および $10 \times 20\text{ cm}$ の円柱供試体であり、硫酸ナトリウム水溶液に浸漬して所定の材令で重量および一次共鳴振動数を測定した。なお角柱供試体については、ホイットマーによる長さ変化の測定も行った。

3. 結果と考察

図-1および図-2には圧縮強度および動弾性係数試験結果を示している。スラグを置換したコンクリートの圧縮強度は、スラグ無置換のものに比べて、スラグ置換率が50%までは若干大きい、70%以上になると大きく減少する。また、スラグ置換率にかかわらず粉末度が増加すれば圧縮強度は増加するが、その傾向は置換率70%以上において顕著であることはこれまでの報告¹⁾と同様である。

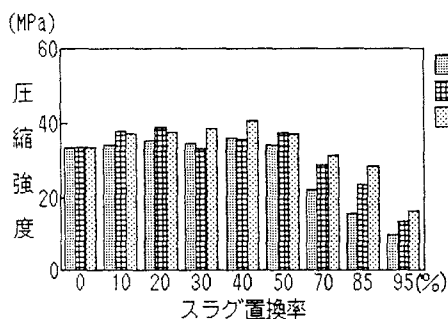


図-1 スラグ置換率と圧縮強度との関係

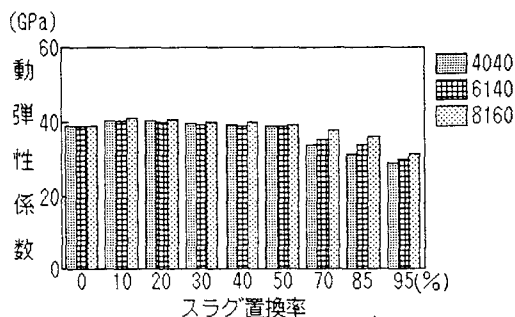


図-2 スラグ置換率と動弾性係数との関係

供試体の劣化に関して、スラグ無置換の配合の場合、材令8~12週から供試体端部に小さなひびわれおよび表層ペーストのふくらみがあらわれ、材令の経過とともに特に端部のひびわれの発生・進展が著しくなり、ペーストの剥離による骨材の露出、さらにはモルタルや粗骨材の剥落などが認められる。

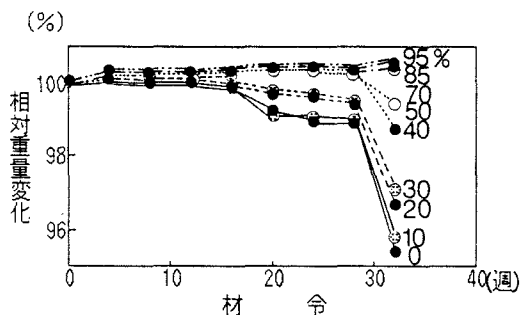


図-3 円柱供試体の重量変化 ($4040\text{cm}^2/\text{g}$)

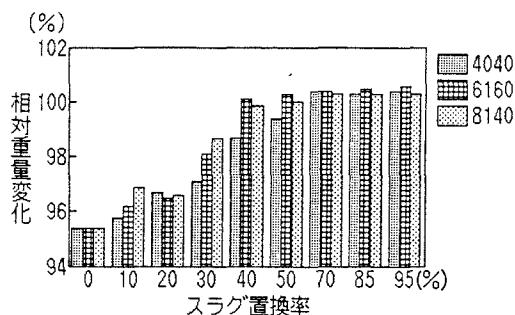


図-4 スラグ置換率と重量変化率の関係 (32週)

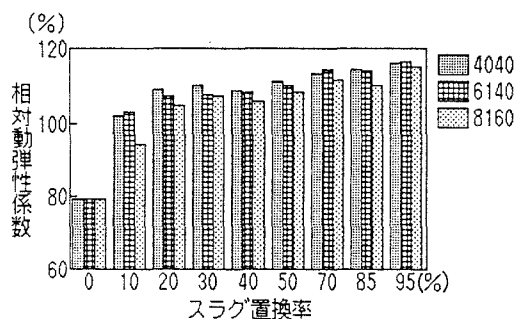


図-5 相対動弾性係数 (縦振動、32週)

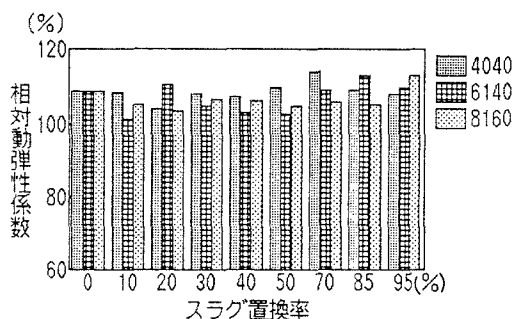


図-6 相対動弾性係数 (たわみ振動、32週)

これらの劣化は面部より角部および辺部において先行する。すなわち供試体は表面積を減じつつ断面減少を繰り返す。また、劣化の進行はスラグ置換率によってかなり異なり、スラグ置換率の増加に従って遅くなる。スラグを50%置換すると材令32週では供試体端部に小さなひびわれが観察される低度であり、剥落などによる重量減少には至っていない。さらにスラグを70%以上置換すると劣化はまったく認められていない。粉末度が高くなれば劣化に対する抵抗性は若干高くなると言える。すなわち、 $4040\text{cm}^2/\text{g}$ を50%置換した場合には若干重量減少を示しているのに対して、6160および8160 cm^2/g の場合、置換率40%の供試体はほとんど重量減少を示していない(図-3、図-4参照)。なお、角柱供試体についても同様の傾向が認められたが、円柱供試体の方が重量減少率は高いようである。

外観的には劣化が著しく進行しているにもかかわらず、相対動弾性係数は材令32週まで縦振動、たわみ振動ともにスラグ無置換の場合の縦振動の値を除いて大きな変化はみられない。これは駆動端子およびピックアップ端子を健全な部分に接触させて共鳴振動数を測定することによるためと考えられる。また、相対動弾性係数の低下は、縦振動の方がたわみ振動より大きい²⁾といえる(図-5、図-6参照)。なお、角柱供試体の長さ変化はほとんど認められなかった。このことも劣化が表層部分において進行し内部は健全であるためと考えられる。

4. まとめ

硫酸ナトリウム溶液に浸漬した供試体の外観的な劣化と重量減少率はよく一致しているが、相対動弾性係数の低下あるいは長さ変化は、外観的な劣化の進行よりかなり遅れることが明かとなった。

[参考文献]

- 1) 中本純次他: 高炉スラグ高含有コンクリートの強度・発熱特性に関する研究、セメント・コンクリート論文集、No. 47、1993、2) 松下博通他: 硫酸塩によるコンクリートの劣化に関する基礎的研究、第7回コンクリート工学年次講演会論文集、pp 65-68、1985