

県内産溶融スラグを粗骨材に用いたコンクリートの配合と物性

鳥取大学大学院 学生会員 ○西川 康平 鳥取大学 正会員 井上 正一
鳥取大学 正会員 黒田 保 鳥取大学 正会員 林 昭富

1. はじめに

本研究は、鳥取県において平成16年4月から稼動した施設で製造される溶融スラグ(Tスラグと表記)の有効利用として、コンクリート用粗骨材への適用性を検討するものである。ここでは、溶融スラグを用いたコンクリートの配合設計と硬化後の物性を中心に述べる。

なお、溶融スラグの品質がコンクリートの物性に及ぼす影響を検討するために栃木県産の溶融スラグ(Oスラグと表記)も用い、普通コンクリートとの比較の上で考察する。

2. 実験概要

実験要因を表1に示す。また、セメントには高炉セメントB種、細骨材には砕砂と陸砂の混合砂、化学混和剤としてAE減水剤とAE助剤を使用した。コンクリート試験は、最適s/a、スランプおよび空気量の経時変化、凝結時間およびブリーディング試験を行い、硬化後の試験として、強度試験、凍結融解および乾燥収縮試験を行った。

3. 実験結果

3.1 溶融スラグの物理的性質

搬入時のT、Oスラグは土木学会コンクリート標準示方書(以下、土木学会と称す)における標準粒度から大きく外れている(図1参照)。そこで、廃棄の問題を考慮し、Tスラグは10mmを通過するものと通過しないものを2:8となるように混合したものを、Oスラグは20mmふるいを通過するものと通過しないものを9:1となるように混合したものをそれぞれT、Oスラグとして使用した(図1の調整後を参照)。表2より、溶融スラグの特徴として、BS40tf 破砕値が砕石のそれに比べて大きな値を示し、骨材自体の強度が弱いこと、吸水率が小さいこと、および実積率が小さいことが挙げられる。また、T、Oスラグを比較すると、絶乾密度はOスラグより小さく、実積率と吸水率については、Oスラグよりも大きな値を示し、TスラグはOスラグよりも品質の悪いスラグであることがわかる。

3.2 溶融スラグを用いたコンクリートの配合設計

a) 配合条件と単位水量 $W=160\text{kg/m}^3$, $W/C=55\%$, 空気量 $6\pm1\%$ と一定とし、s/aのみを変化させた試験を行って最適s/aを求めた。最適s/aとその最適s/aの下でスランプ $8\pm1\text{cm}$ となるように試し練りに基づいて求めた単位水量を図2に示す。図2より、

表1 実験要因

要因	水準
骨材の種類	粗骨材 砕石, Tスラグ, Oスラグ 細骨材 混合砂
水セメント比(%)	65, 55, 45
粗骨材への溶融スラグの置換率(%)	0, 25, 50, 75, 100

※ 配合条件…スランプ $8\pm1\text{cm}$, 空気量 $6\pm1\%$

表2 骨材の物理的性質試験結果 (※BS値:BS 40tf 破砕値)

骨材	生産地	表乾密度 (g/cm^3)	絶乾密度 (g/cm^3)	吸水率 (%)	F.M.	実積率 (%)	BS値※ (%)
溶融スラグ	鳥取県	2.55	2.53	1.00	6.51	57.3	42.3
	栃木県	2.80	2.78	0.60	6.78	56.5	39.0
砕石	鳥取市	2.73	2.72	0.80	6.85	59.3	9.7
細骨材	—	2.64	2.59	1.84	2.78	66.6	—
砕石の品質基準	—	—	2.50以上	3.0以下	—	55以上	—

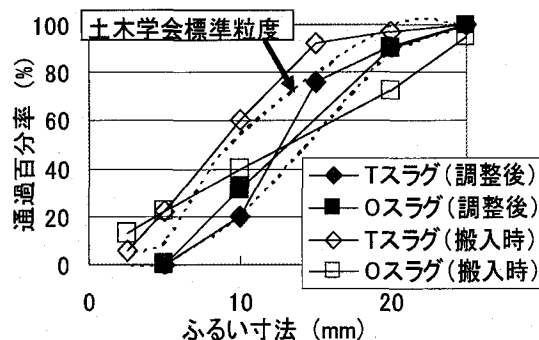


図1 粒度分布

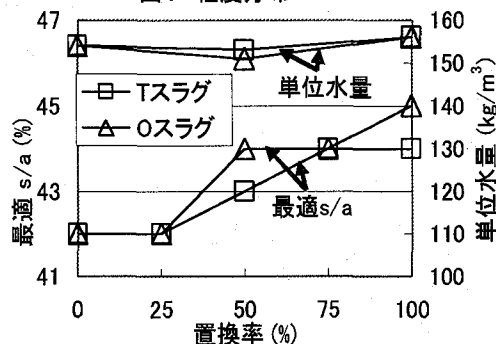


図2 置換率と最適s/aおよび単位水量の関係

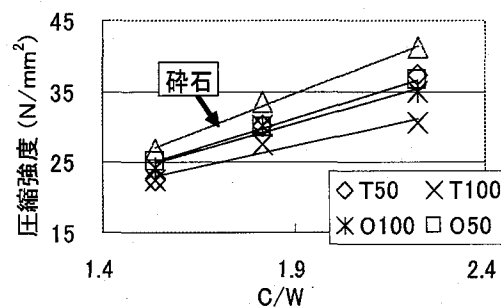


図3 セメント水比と圧縮強度の関係

T, Oスラグともに置換率が増加するに伴って, 最適 s/a も増加するが, 一方で単位水量はほぼ一定であることが分かる。

以下の実験は全て最適 s/a の下に行った。

3.3 硬化後のコンクリートの物性

a) 圧縮強度 (図3) 溶融スラグを用いたコンクリートの圧縮強度は, 普通コンクリートと同様に C/W と圧縮強度との間に直線関係が存在すること, 同一 C/W においては C/W が大きくなるに伴って溶融スラグの置換による強度低下が大きくなることが分かる。これは, 溶融スラグの強度が砕石よりも小さいことに起因している。なお, C/W が大きくなるにともなって Tスラグを用いたコンクリートの圧縮強度は Oスラグのそれよりも小さくなる。

b) 引張強度 (図4) 普通コンクリートの引張強度は土木学会の予測式の近くにあり, かつ上側にあるため安全側で引張強度を予測することができる。溶融スラグを用いたコンクリートの引張強度は, 同一圧縮強度における普通コンクリートのそれよりも小さいが, 普通コンクリートに対して規定された土木学会の予測式によってかなりの精度で予測できるといえる。

c) 静弾性係数 (図5) Tスラグで 100%置換したコンクリートの静弾性係数は, 圧縮強度が増加しても増加せずほぼ一定で, 土木学会の予測値よりも小さな値を示している。しかし, T100 を除くコンクリートの静弾性係数は, 普通コンクリートのそれと同様に, 圧縮強度の増加に伴って増加し, かつ土木学会式によってかなり正確に予測できる。

d) 凍結融解 (図6) 通常の生コンは空気量 $4.5 \pm 1.5\%$ で出荷されることから, 空気量 $6 \pm 1\%$ と空気量 $3 \pm 1\%$ におけるコンクリートの凍結融解試験を行った。同一のコンクリートにおいては空気量が減少すると相対動弾性係数も大きく減少すること, また, 空気量が 3% から 6% になると, 溶融スラグを用いたコンクリートにおいても 300 サイクルにおける相対動弾性係数は約 70% 程度を保持し, 耐凍害性が改善されることがわかる。

e) 乾燥収縮 (図7) 乾燥収縮試験には $100 \times 100 \times 400 \text{ mm}$ の角柱供試体を用い, 温度 20°C , 湿度 $50 \pm 10\%$ の恒温室において材齢 2 日から長さ変化の測定を開始した。T, Oスラグを用いたコンクリートの乾燥収縮は普通コンクリートのそれよりも小さくなっており, また, 溶融スラグ間では Tスラグを用いたコンクリートの乾燥収縮は Oスラグのそれよりも大きくなっている。これは, Tスラグの弾性係数が Oスラグよりも小さいためと考えている。

4. 結論

溶融スラグを用いたコンクリートの強度は, C/W の増加に伴って増加するが, 増加の程度は溶融スラグの置換率の増加に伴ってやや小さくなる。溶融スラグを用いたコンクリートの凍結融解抵抗性は普通コンクリートより劣るが, W/C=65% においても空気量が 6% 程度あれば, 相対動弾性係数は約 70% 確保できる。乾燥収縮に関しては, 普通コンクリートよりも小さいことが明らかになった。

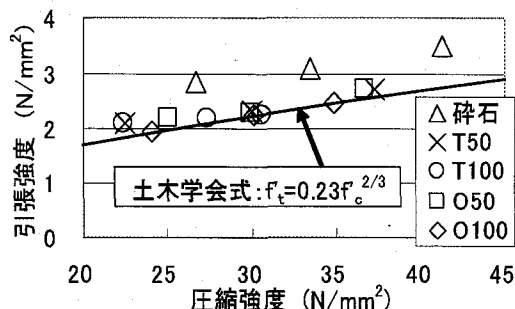


図4 引張強度と圧縮強度の関係

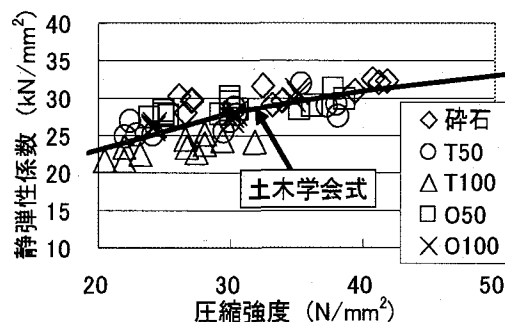


図5 圧縮強度と静弾性係数の関係

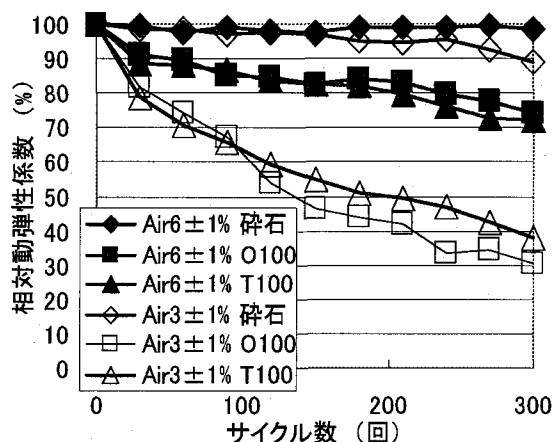


図6 相対動弾性係数

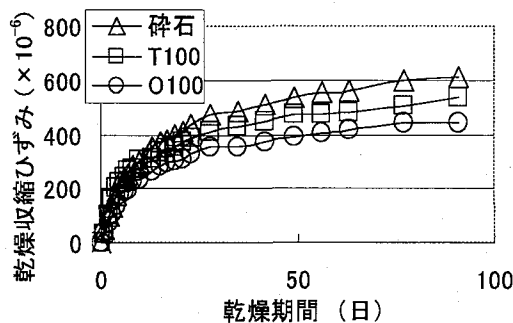


図7 乾燥収縮