

V-2 フライアッシュによる銅スラグ細骨材使用コンクリートの品質改善

(株)四国総合研究所土木技術部 正会員 ○加地 貴
 四国電力(株)土木建築部 正会員 石井 光裕
 四国電力(株)土木建築部 正会員 岩原 廣彦
 四国電力(株)土木建築部 菊池 文孝

1. はじめに

石炭火力発電所等から副産する石炭灰は全国的に増加する傾向にあるため、石炭灰の新たな有効利用拡大技術の開発・実用化が急務となっている。また、銅の精錬工場から副産する銅スラグを資源として利用拡大することも望まれている。一方、瀬戸内海沿岸地域では、天然骨材資源の枯渇化や環境保全意識の高まりから海砂の採取規制強化が進められており、これまでコンクリート用骨材等の分野で海砂への依存度の高かった四国では代替材の確保が必要になっている。このような背景のもと、産業副産物のリサイクル促進と、天然の骨材資源の延命化を目的として、石炭灰と銅スラグを天然細骨材に置換して使用したコンクリートに関する基礎的な試験を実施した。

2. 実験概要

2. 1 使用材料

本研究で使用した材料を表-1に示す。

細骨材のベースには、JIS A 5005 に適合する砕砂を使用した。銅スラグ細骨材は、JIS A 5011-3 に適合する 2.5mm 銅スラグ細骨材(CUS2.5)を使用した。細骨材補充混和材¹⁾とするフライアッシュは、JIS A 6201 に適合する II 種および IV 種を使用した。

2. 2 配 合

細骨材の混合方法は、銅スラグ細骨材の混合率を、普通細骨材と同様に取り扱うことができる範囲内²⁾でできるだけ高く設定することとして、細骨材容積の 30%を置換して使用し、さらにフライアッシュを、残りの 70%の細骨材(砕砂)容積に対して所定の容積置換率¹⁾で補充した。

スランプと空気量はそれぞれ $8 \pm 1\text{cm}$ および $4.5 \pm 0.5\%$ に設定して、単位水量および AE 剤添加量を変化させて調整した。細骨材率は、最適細骨材率に合わせた。

2. 3 実験方法

コンクリートの練混ぜは二軸強制練りミキサを使用し、セメント、フライアッシュ、骨材を投入して 30 秒間の空練りを行った後、水と混和剤を投入して 90 秒間の練混ぜを行った。

試験は、フレッシュコンクリート試験としてスランプ、空気量、ブリーディングの各試験を実施した。また硬化コンクリート試験として JIS A 1108 の圧縮強度試験(標準養生)および乾燥収縮試験(20℃, R.H.60% 恒温恒湿環境下での JIS A 1129 長さ変化試験)を実施した。

3. 実験結果および考察

3. 1 単位水量

所定のスランプと空気量が得られるコンクリート配合の選定結果を表-2に示す。ここで、コンクリートの単位水量は、銅スラグ細骨材を使用したコンクリートにフライアッシュを細骨材補充することによって、顕著に低減した。これは、角張った粒形の細骨材を球形のフライアッシュで置換したことによるボールベア

表-1 使用材料

材 料	性 状 など
セメント(C)	普通ポルトランドセメント 密度; $3.15\text{g}/\text{cm}^3$
細骨材(S)	砂岩砕砂 表乾密度; $2.58\text{g}/\text{cm}^3$, 粗粒率; 2.73, 粒形判定実績率; 53.4%
	銅スラグ細骨材(CUS2.5), 表乾密度; $3.51\text{g}/\text{cm}^3$, 粗粒率; 2.48, 粒形判定実績率; 55.9%
細骨材補充混和材 ¹⁾ フライアッシュ (FA)	JIS A 6201 II種フライアッシュ 密度; 2.28, ブレーン値; $3,320\text{cm}^2/\text{g}$, 強熱減量; 1.3%
	JIS A 6201 IV種フライアッシュ 密度; 2.21, ブレーン値; $1,890\text{cm}^2/\text{g}$, 強熱減量; 1.8%
粗骨材(G)	砂岩碎石 G_{max} ; 20mm, 表乾密度; $2.70\text{g}/\text{cm}^3$, 粗粒率; 6.68
混和剤	AE減水剤 リグニンスルホン酸化合物およびポリオール複合体
	AE剤 アルキルアリルスルホン酸化合物系陰イオン界面活性剤

表-2 選定したコンクリート配合

配合 種別	W/C (%)	フライアッシュ		細骨 材率 (%)	単位量(kg/m ³)							
		種類	容積置換率 ²⁾ (vol.%)		水	セメント	砕砂	銅スラグ (CUS2.5)	フライ アッシュ	粗骨材	AE減水剤 (cc/m ³)	AE剤 (cc/m ³)
基準	55	—	0	44	171	311	544	316	0	1037	778	0
II-10		II種	10	40	159	289	436	298	64	1139	723	15.9
II-20			20	37	159	289	335	274	119	1199	723	61.2
IV-10		IV種	10	40	161	293	433	295	62	1137	733	17.8
IV-20			20	37	162	295	333	274	115	1188	738	61.5
											C×0.25%	

リング効果によるものと考えられる。フライアッシュの種類の影響については、球形粒子の多いII種の方がIV種よりも単位水量が2~3kg/m³少なかった。

3. 2 ブリーディング

ブリーディング試験結果を図-1に示す。この図より、フライアッシュを使用していない基準コンクリートに対してフライアッシュを細骨材補充したコンクリートはブリーディングが減少した。これは、単位水量の低減効果とともに、粉体量の増加に伴うペーストの粘性増加により、粗骨材や銅スラグ細骨材の沈降を抑制したためと考えられる。フライアッシュの種類や容積置換率の影響については比較的小さい結果であった。

3. 3 圧縮強度

コンクリートの圧縮強度試験結果を図-2に示す。この図より、フライアッシュの有無、種類、容積置換率に関わらず、材齢7日までの圧縮強度はほぼ同等であり、材齢28日以降において基準コンクリートよりもフライアッシュを使用したコンクリートの方が圧縮強度は高くなった。これは、フライアッシュのポズラン反応によるものと考えられる。

3. 4 乾燥収縮

コンクリートの乾燥収縮試験結果を図-3に示す。この図より、フライアッシュの有無や種類による乾燥収縮ひずみの差はほとんど認められない。詳細に見ると、フライアッシュの使用によって若干乾燥収縮が小さくなっているが、これは、フライアッシュを使用した配合は単位水量が小さいことや、細骨材率が小さいことに伴う単位粗骨材量の増加によるものと考えられる。

4. 結論

細骨材容積の30%に銅スラグ細骨材を使用し、さらに細骨材補充混和材としてフライアッシュを細骨材容積の20%まで置換使用したコンクリートのフレッシュ性状ならびに硬化性状についての各種試験を行った結果、フライアッシュの使用によって銅スラグ細骨材使用コンクリートの単位水量が低減するとともに、ブリーディングが抑制され、さらに圧縮強度が増進することが明らかになった。

【参考文献】

- 1) 土木学会四国支部：フライアッシュを細骨材補充混和材として用いたコンクリートの施工指針(案)，2003.3
- 2) 土木学会：銅スラグ細骨材を用いたコンクリートの施工指針，コンクリートライブラリー92，1998.2

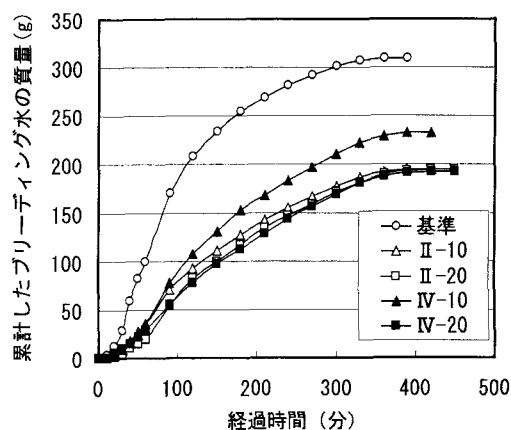


図-1 ブレーディング試験結果

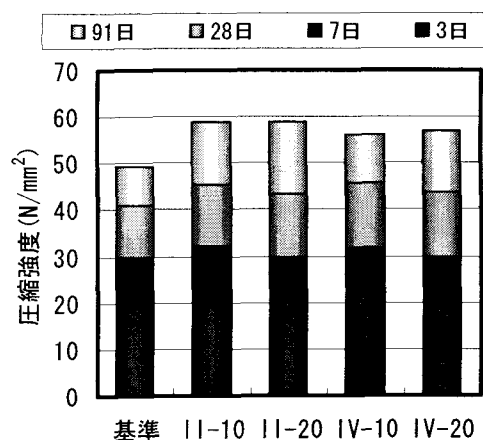


図-2 圧縮強度試験結果

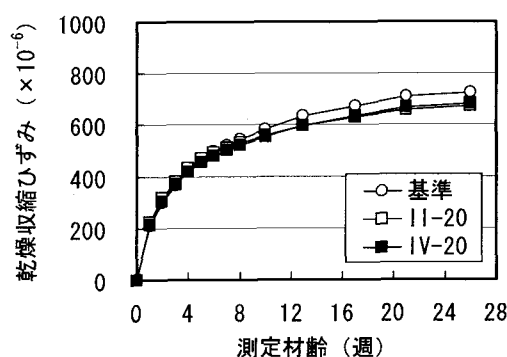


図-3 乾燥収縮試験結果