

V-131

石炭灰のコンクリートへの適用に関する検討（その2：コンクリート試験）

熊谷組 正会員 河村 彰男
 熊谷組 正会員 金森 誠治
 熊谷組 江前 耕一
 中部電力 正会員 山崎 常吉
 中部電力 正会員 依田 眞

1. はじめに

我が国では、フライアッシュをセメントの一部と置換して使用する場合、その置換率の最大値はセメント質量の30%程度としているのが通例である。この理由としては、フライアッシュの置換率を30%以上にした場合には、コンクリートの強度発現が非常に遅くなるためと考えられる。しかしながら、フライアッシュの置換率をさらに大きくしたコンクリートを実用化することは、石炭灰の有効利用を促進する上で効果のあるものと思われる。本報告は、フライアッシュを多量に混入したコンクリートを、人工岩盤に適用することを目的として行った実験結果の一部をまとめたものである。

2. 実験概要

フライアッシュの置換率がコンクリートの物性に与える影響を把握するために、単位結合材量を一定にして、置換率を40～70%とした配合について、加圧ブリーディング試験および圧縮強度試験を行った。また、クリンカーアッシュの細骨材への適用を検討するために、フライアッシュの置換率を0%として、細骨材のすべてをクリンカーアッシュとした配合（ケース⑥）についても同様の試験を行った。

人工岩盤の設計条件を考慮して、コンクリートの要求品質として、単位結合材量 280kg/m^3 ・スランプ $15\pm 2.5\text{ cm}$ ・空気量 $2\pm 1\%$ ・圧縮強度 $\sigma_{28}=5\text{ N/mm}^2$ 以上の各条件を設定した。ここで、単位結合材量 280kg/m^3 ・スランプ 15 cm としたのはポンプ圧送性を考慮したため^{2) 3)}であり、空気量2%としたのは人工岩盤が最終的には埋め戻されることから、凍結融解に対する抵抗性を考慮する必要がないためである。コンクリートの配合およびフレッシュ時の性状を表1に示す。なお、フライアッシュおよびクリンカーアッシュは、ともに碧南火力発電所産のものであり、フライアッシュについては分級前の原粉を、クリンカーアッシュについては5mmのふるいを通過したものを使用した。これらは、モルタル試験で使用したものと同一である¹⁾。セメントは3社の普通ポルトランドセメントを等量混合して使用し、細骨材は陸砂（表乾比重2.61、粗粒率2.64）、粗骨材は碎石（Gmax25mm、表乾比重2.65、粗粒率6.86）を使用した。また、混和剤として減水剤を使用した。

3. 実験結果と考察

表1に示すように、所要のコンシステンシーを得るための単位水量は、フ

表1 コンクリートの配合とフレッシュ時の性状

試験 ケース	フライ アッシュ 置換率 F/C+F (%)	水結合 材比 W/C+F (%)	細骨 材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)					減水 剤 (cc)	スラン プ (cm)	空気 量 (%)
				水 W	セメント C	フライ アッシュ F	細骨 材 S	粗骨 材 G			
①	0	62.5	45.0	175	280	0	840	1044	2.5 F/C+F =1kg	15.0	1.9
②	40	59.3	45.0	166	168	112	838	1034		17.0	1.7
③	50	58.6	45.0	164	140	140	833	1031		16.0	1.8
④	60	57.9	44.0	162	112	168	812	1049		17.0	1.7
⑤	70	57.1	44.0	160	84	196	809	1044		15.5	2.4
⑥	0	66.1	46.0	185	280	—	562	1010		15.0	2.8

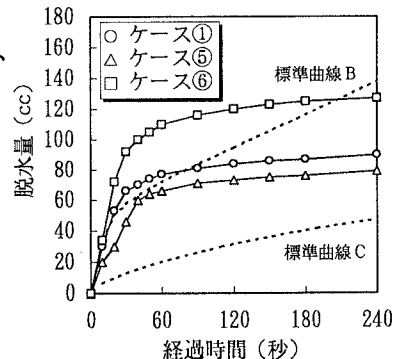


図1 加圧ブリーディング試験結果

表2 加圧ブリーディング試験結果

試験 ケース	最終脱水率 (%)	60秒脱水率 (%)
①	29.1	24.1
②	27.2	22.7
③	34.9	29.6

ライアッシュ置換率の増加とともに直線的に少なくなっており、このフライアッシュを使用した場合には、置換率が10%増加すると単位水量が 2 kg/m^3 少なくなった。クリンカーアッシュを使用した場合には、所要のコンシステンシーを得るための単位水量が増加して、水セメント比が大きくなった。また、練り混ぜ後に静置しておく、浮き水が生じてしまうような状態であった。

加圧ブリーディング試験の結果を図1および表2に示す。ケース①と⑤では、加圧ブリーディング曲線は概ね標準曲線の範囲内に納まっている。両者を比較すると、⑤の方が標準曲線Bの内側に入っており、フライアッシュ置換率を高くするほどポンプ圧送性は良好になるものと推測される。一方、ケース⑥では初期における脱水量が多く、加圧ブリーディング曲線は標準曲線Bを大きく越えており、ポンプ圧送は困難なものと思われる。

材齢と圧縮強度との関係を図2に、フライアッシュ置換率と圧縮強度の関係を図3に示す。図2から明らかなように、置換率が50%以上の場合には材齢7日ではほとんど強度発現がなく、材齢14日以降に強度が増進している。置換率が高い場合には、材齢1日で脱型に必要な強度が得られなかったために、材齢7日まで湿空養生後、脱型して水中養生を行った。このため、初期材齢における不十分な養生の影響が現れているものと考えられる。また、図4に示すように、結合材中のセメントと水の比（セメント水比）と圧縮強度の関係は、材齢28日においてはほぼ線形となっており、フライアッシュは材齢28日までの強度発現にはほとんど寄与しないといえる。ただし、材齢28日における圧縮強度は、すべての場合で 5 N/mm^2 以上となっている。クリンカーアッシュを使用した場合の材齢28日における圧縮強度は、使用しない場合よりも 13 N/mm^2 程度低くなった。水セメント比が大きくなったために同一条件での比較はできないものの、クリンカーアッシュ使用により圧縮強度が低下するといえる。

4. まとめ

- (1)分級前のフライアッシュ原粉をセメントの一部と置換した場合でも、所要のコンシステンシーを得るための単位水量は、置換率の増加とともに直線的に少なくなった。
- (2)結合材中のセメントと水の比と圧縮強度の関係は、材齢28日においてはほぼ線形となっており、フライアッシュは材齢28日までの強度発現にはほとんど寄与しないといえる。
- (3)単位結合材量を 280 kg/m^3 とすると、フライアッシュ置換率を70%とした場合でも、人工岩盤の設計条件を考慮した圧縮強度の条件を満足しており、フライアッシュを多量に混入したコンクリートを人工岩盤へ適用することが可能であるものといえる。
- (4)細骨材をすべてクリンカーアッシュとした場合には、ブリーディングが激しくポンプ圧送は困難なものと思われる。圧縮強度の低下もみられたことから、細骨材として使用することは難しいものと思われる。

〔参考文献〕1)田中・山崎・河村・依田・金森：石炭灰のコンクリートへの適用に関する検討（その1：モルタル試験）、土木学会第51回年次学術講演会講演概要集、1996 2)土木学会：コンクリートのポンプ施工指針（案）、1985 3)日本建築学会：コンクリートポンプ工法施工指針・同解説、1994

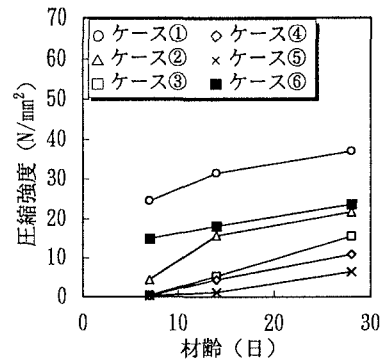


図2 材齢と圧縮強度の関係

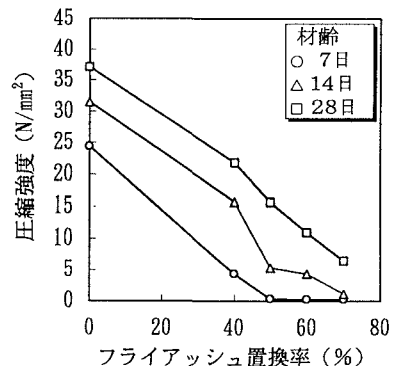


図3 置換率と圧縮強度の関係

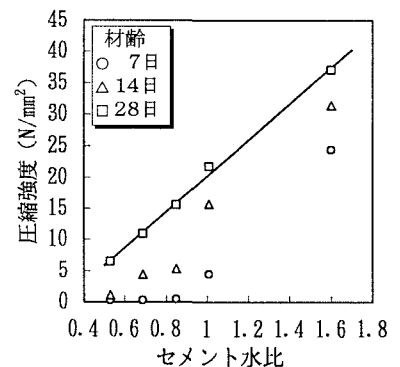


図4 セメント水比と圧縮強度の関係