

中国電力（株）技術研究センター 正会員 中村芳弘

広島工業大学工学部土木工学科 正会員 伊藤秀敏

1. まえがき

中国地方では、石炭灰の有効利用率は、約 50%であり、残りの大半は埋め立て処分されている。また、この地方は自然骨材が少なく、海砂の採取規制が強化されると、砕砂への依存度が高くなると予想される。このような背景を踏まえ、当技術研究センターでは、石炭灰と砕砂を用いた高流動コンクリートの開発を目的とした研究を行ってきた¹⁾。本報告は、この種のコンクリートに関して、所定のフレッシュ性状を満足する配合を用い、圧縮強度、断熱温度上昇量、乾燥収縮、促進中性化ならびに凍結融解の各試験を行い、その結果を基に検討を加えたものである。

2. 実験概要

2. 1 使用材料

- (1) セメントは、普通ポルトランドセメント（比重：3.16，比表面積：3460 cm²/g）を使用した。
- (2) 細骨材は、広島県産乾式砕砂（粘板岩および硬質砂岩，比重：2.66，吸水率：2.25%，F.M.：2.71）粗骨材は、砕砂と同岩質の碎石（最大寸法：20mm，比重：2.63，吸水率：0.75%，F.M.：7.21）を使用した。
- (3) 石炭灰は、新小野田発電所産の原粉（比重：2.17，比表面積：3260 cm²/g，強熱減量：2.22%，メルクール吸着量：0.60mg/g）を使用した。
- (4) 高性能減水剤は、ポリカルボン酸塩系のものを、AE 剤は、アニオン系界面活性剤を使用した。

2. 2 高流動コンクリートの配合

本試験で用いた配合の概要を表 1 に示す。なお、フレッシュ性状は、スランプフロー 65±5cm，オート流下時間 10±2 秒，空気量 5±1%であり自己充填性については、過密配筋をした模型²⁾を用い、流動状況を目視により確認した。

2. 3 実験概要

本試験で行った各試験項目および方法の概略は表 2 のとおりである。

3. 実験概要

3. 1 断熱温度上昇量

図 1 は、断熱温度上昇量測定試験の結果を示したものである。なお、図中の曲線は $Q(t) = Q_{\infty} \{1 - \exp(-rt^s)\}$ なる近似式³⁾により整理したものである。この図より、実測値と近似値との間には、良好な相関性が認められた。図 2 は、石炭灰の置換量がこの近似式の実験定数 s ， r に及ぼす影響を示したものである。この図より、実験定数 s は石炭灰の置換量が増加するほど低下し、また実験定数 r は、石炭灰の置換量が 300kg/m³ 程度までは低下するが、これ以上の置換量ではさほど変化しないことが認められた。このようなことから、本報告の配合領域の場合、特に材齢 3 日程度以内では、石炭灰の置換量が 300kg/m³ 程度まで、発熱量の低減効果があるものと考えられる。

図 3 は、石炭灰の置換量と断熱温度上昇量との関係を示したものである。この図より、断熱温度上昇量は、

表 1 高流動コンクリートの配合

No.	W/B (%)	s/a (%)	単用量 (kg/m ³)				SP 添加率 (B×%)	圧縮強度(N/mm ²)		
			B	W	C	CA		7 日	28 日	91 日
1	31	48	550	170	350	200	1.7	52.9	73.1	84.7
2					300	250		44.2	63.4	81.1
3					250	300		28.8	46.8	57.6
4					200	350		19.8	31.9	45.1

(W：水，B：結合材（セメント＋石炭灰），C：セメント，CA：石炭灰，SP：高性能減水剤)

表 2 試験項目および方法

試験項目	供試体寸法	規格	適用
圧縮強度	φ 10×20 cm	JIS A 1108	試験材齢 7，28，91 日
断熱温度上昇	φ 40×40 cm	—	空気循環式
乾燥収縮試験	10×10×40 cm	JIS A 1129	コンタクトゲージ法
促進中性化	φ 10×20 cm	—	温度 30℃，湿度 60%，CO ₂ 濃度 5%
凍結融解試験	10×10×40 cm	JIA A 6204	28 日水中養生後試験開始（配合 No. 1，2，3）

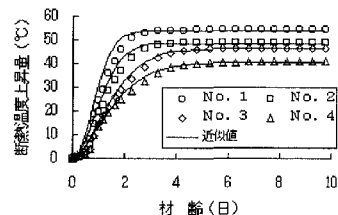


図 1 断熱温度上昇量測定結果

石炭灰の置換量が増加するほど、ほぼ直線的に低下することが確認された。図4は、石炭灰の置換量と各材齢における圧縮強度を断熱温度上昇量で除した値 (F_c/Q_∞) との関係を示したものである。この図より、 F_c/Q_∞ の値は、石炭灰の置換量の増加に伴い低減する傾向にあった。通常、この値が小さくなると温度応力の対策に対して不利である。また、温度応力によるひびわれは初期材齢時に発生するので、 F_{c7}/Q_∞ の各値で評価することが良策と考えられる。このようなことより、温度応力を考慮しなければならないコンクリート構築物には、石炭灰の置換量は、200～250kg/m³ 程度が適当であると考えられる。

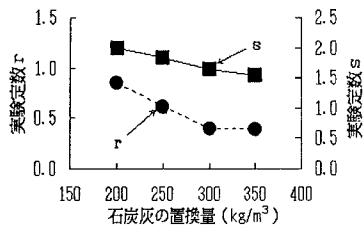


図2 石炭灰の置換量と実験定数との関係

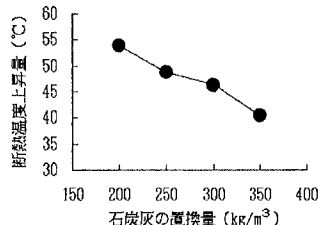
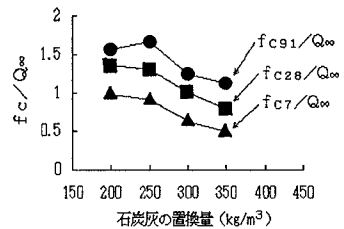


図3 石炭灰の置換量と断熱温度上昇量との関係

図4 石炭灰の置換量と F_c/Q_∞ との関係

3. 2 乾燥収縮

図5は、乾燥収縮試験（乾燥期間91日）の結果を示したものである。この図より、乾燥収縮率は、乾燥期間91日において約 $5 \sim 8 \times 10^{-4}$ の領域に分布しており、石炭灰の置換量が多くなると大きくなる傾向にあった。なお、本試験は、現在継続中である。

3. 3 促進中性化

図6は、促進中性化試験の結果を示したものである。この図より、平均中性化深さは、約7～19mmの領域に分布しており、石炭灰の置換量が多くなるほど大きくなった。また、促進中性化期間28日以降の平均中性化深さの変化はほとんど認められなかった。

3. 4 耐凍害性

図7は、凍結融解試験の結果を示したものである。この図より、石炭灰の置換量が200～300kg/m³の領域では、相対動弾性係数は約90～95%程度であり、十分な耐凍害性を有しているものと考えられる。

4. 結 論

本試験により、以下のようなことが認められた。

- (1) 石炭灰を混入することによる断熱温度上昇の低減効果が認められた。
- (2) 温度応力の考慮が必要な場合、石炭灰の置換量は200～250kg/m³が適当と判断された。
- (3) 乾燥収縮率は、乾燥期間91日において $5 \sim 8 \times 10^{-4}$ 程度であった。
- (4) 平均中性化深さは、石炭灰の置換量が多くなるほど大きくなったが、促進中性化期間28日以降のこの値の変化は認められなかった。
- (5) 石炭灰の置換量が200～300kg/m³の領域では十分な耐凍害性を有していた。

以上より、石炭灰と砕砂を用いた高流動コンクリートに関して、各試験結果とのバランスを考慮して評価すると、本報告の配合領域では、石炭灰の置換量は250kg/m³程度が最も良好であるものと考えられる。

〔参考文献〕

- 1) 伊藤・林・中村；石炭灰を用いた高流動砕砂コンクリートの基礎性状，セメント技術大会講演集 PP.324～329 (1995)
- 2) 岡村・前川・小沢編；ハイパフォーマンスコンクリート，技報堂出版 (1993)
- 3) 鈴木・原田他；新装置によるコンクリートの断熱温度上昇量の定量化，土木学会論文集 PP.109～117 (1988)

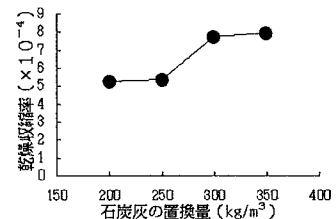


図5 乾燥収縮試験結果

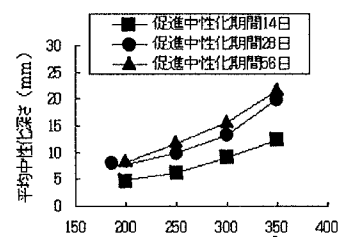


図6 促進中性化試験結果

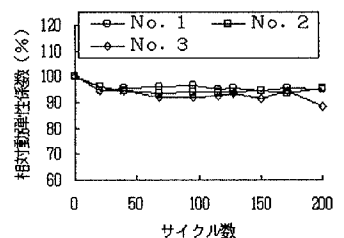


図7 凍結融解試験結果