

V-525

石炭灰使用高流動コンクリートの諸強度および耐久性

九州工業大学 学生員 姚 清 九州工業大学 正会員 出光 隆
同 上 正会員 山崎 竹博 九州電力(株) 正会員 畑元 浩樹

1. まえがき

産業廃棄物の再利用はいよいよ世界的レベルで重要な課題となってきた。日本では、電力エネルギー源として石炭の占める率は今後も高くなっていく傾向にあり、それにもなう石炭灰の発生量も増加すると考えられる。石炭灰のうち原粉灰を分級した良質のものはフライアッシュとして利用されているが、筆者らは原粉灰にも球形粒子が多く含まれており、その特性を生かし、そのまま高流動コンクリート用混和材として利用することを検討している。そのためには、フレッシュコンクリートや硬化コンクリートの品質性状の把握など様々な課題が残されている。そこで、本研究では、主として品質性状を把握するため、石炭灰を用いた高流動コンクリートの硬化性状について検討を行った。検討項目は諸強度試験(圧縮、引張、曲げ強度試験)、耐久性試験(凍結融解、中性化促進)、乾燥収縮試験などである。

2. 実験概要

本研究では3種類の外国炭石炭灰(原粉灰)を使用した。表-1に石炭灰の品質表を示す。使用したコンクリートの配合は水セメント比(W/C)65%、水粉体容積比(W/P_d)85%、単位粗骨材容積 330l/m^3 、高性能AE減水剤使用量一定の条件で、スランブフロー値 $60 \pm 5\text{cm}$ の目標範囲を満足する単位水量を決定した。表-2にその配合を示す。セメントは普通ポルトランドセメント、混和剤にはポリカルボン酸エーテル

表-1 石炭灰の品質表

炭 種	湿分 (%)	強熱減量 (%)	比重	比表面積 (cm^2/g)
JIS A 6201 規格	1.00 以下	5.00 以下	1.95 以上	2,400 以上
ユーラン	0.14	1.57	2.23	3,640
ブレアノール	0.10	2.73	2.20	3,520
エンシャム	0.22	3.16	2.31	3,250

表-2 コンクリート配合表

炭 種	水粉体容積比 W/P_d (%)	水セメント比 W/C (%)	粗骨材容積 G_{vol} (l/m^3)	単 位 量 (kg/l m^3)					高性能AE 減水剤 ($C+F$) $\times\%$	AE助剤 ($C+F$) $\times\%$
				水 W	セメント C	石炭灰 F	細骨材 S	粗骨材 G		
ユーラン	85	65	330	170	262	263	640	917	2.4	0.01
ブレアノール	85	65	330	175	269	269	609	917	2.4	0.03
エンシャム	85	65	330	165	254	267	666	917	2.4	0.02

系高性能AE減水剤、AE助剤には変性アルキルカルボン酸系をそれぞれ使用した。各試験方法は、強度試験: JIS A 1108、凍結融解試験: JSCE-1986、中性化促進試験: 炭酸ガス濃度 $5 \pm 0.3\%$ 、フェノールフタレイン法、乾燥収縮試験: JIS A 1129で行った。

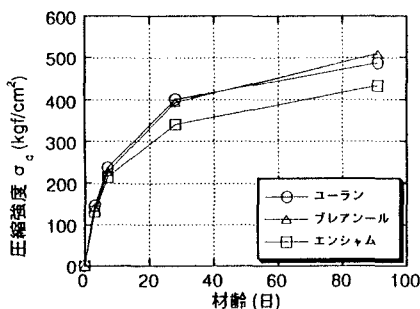


図-1 材齢と圧縮強度の関係

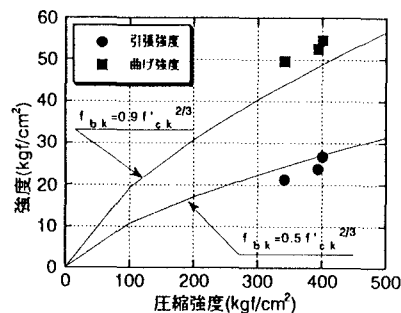


図-2 圧縮強度と引張、曲げ強度の関係

3. 実験結果

3.1 強度試験結果

図-1に材齢と圧縮強度の関係を示す。コンクリートの圧縮強度は材齢3日で132~146kgf/cm²、材齢28日で341~401kgf/cm²となった。図-2に圧縮強度と引張強度、曲げ強度の関係を示す。材齢28日における引張強度は21.2~26.7kgf/cm²で、圧縮強度の約1/16程度である。また、材齢28日における曲げ強度は49.5~54.6kgf/cm²で、圧縮強度の約1/7程度と引張強度の2倍程度である。石炭灰の違いによる差異は認められない。

図-2の圧縮強度 f'_{ck} と引張強度、曲げ強度の関係はそれぞれ示方書に示されている推定式 $f_{tk}=0.5f'_{ck}{}^{2/3}$ 、 $f_{bk}=0.9f'_{ck}{}^{2/3}$ に近似している。よって、各強度の関係は普通コンクリートと同様とみなしてよい。

3.2 凍結融解試験結果

図-3は凍結融解作用による相対動弾性係数の変化を示したものである。凍結融解作用215サイクルを終了した時点の相対動弾性係数はユーラン、ブレアソール、エンシャム炭灰がそれぞれ88.7%と79.8%、79.9%であった。図-4に凍結融解作用に伴う質量減少率の変化を示す。凍結融解作用215サイクル終了時点の質量減少率はユーラン、ブレアソール、エンシャム炭灰がそれぞれ4.6%と8.1%、13.7%であった。

3.3 中性化促進試験結果

図-5に促進材齢と中性化深さの関係を示す。促進材齢90日における中性化深さはユーラン炭灰が1.94cm、ブレアソール炭灰が1.99cmおよびエンシャム炭灰が2.01cmであり、W/C60%の普通コンクリートよりも小さいことがわかる。

3.4 乾燥収縮試験結果

図-6に乾燥収縮と材齢との関係を示す。経過日数90日における乾燥収縮ひずみ量は、ユーラン炭灰が 761×10^{-6} 、ブレアソール炭灰 755×10^{-6} 及びエンシャム炭灰が 623×10^{-6} となっており、エンシャム炭灰が他の炭灰に比べて $130 \sim 140 \times 10^{-6}$ 程度小さくなっているが、いずれも普通コンクリートとほぼ同程度と考えられる。

4. まとめ

①強度試験では曲げ強度、引張強度は示方書の圧縮強度から推定される値に近い値となった。また、石炭灰の違いによる差異は認められなかった。

②石炭灰を使用したコンクリートの乾燥収縮ひずみ量は通常のコンクリートとほぼ程度になるものと考えられる。

③石炭灰を用いた高流動コンクリートは十分な強度、耐久性を有しているものと判断される。

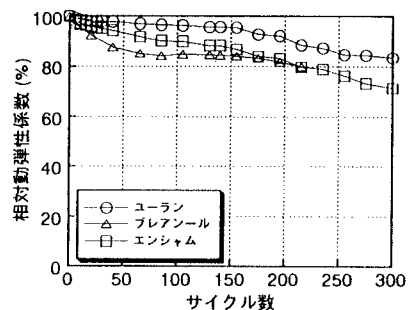


図-3 凍結融解試験結果(相対動弾性係数)

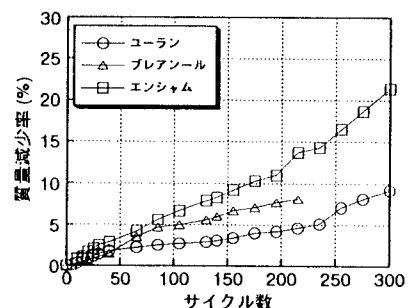


図-4 凍結融解試験結果(質量減少率)

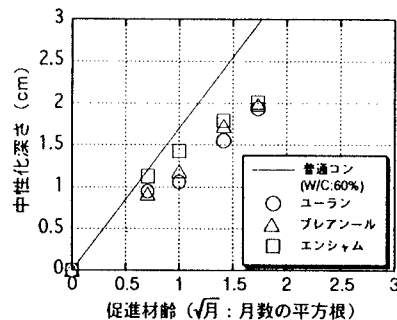


図-5 促進材齢と中性化深さの関係

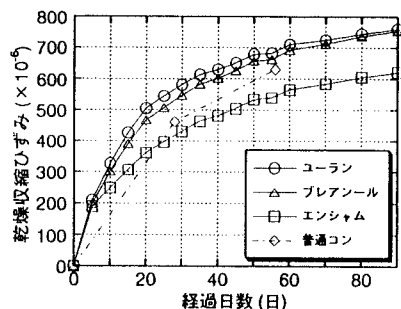


図-6 経過日数と収縮ひずみの関係