

石灰石碎石粉を混入したフライアッシュコンクリートに関する研究

大和生コンクリート工業㈱ 正会員○原田隆敏
 高知高専 正会員 横井克則
 福留開発㈱ 正会員 久米里沙
 大和生コンクリート工業㈱ 田中光浩

1. はじめに

天然資源の枯渇によって採取規制・禁止が行なわれた骨材は、特に細骨材の代替骨材の取組みが急務となっている。2009年3月に JIS A 5041 コンクリート用碎石粉が制定され、碎石粉を細骨材の代替として使用することができるようになった。碎石粉をコンクリートに混入することで、ブリーディングの低減や初期強度の向上が望める¹⁾。本研究は、長期強度の増進や水和熱の低減などに効果があるフライアッシュコンクリート¹⁾をベースにして、実験Ⅰとして、細骨材の一部代替に石灰石碎石粉またはフライアッシュをそれぞれ混入した3配合と、実験Ⅱとして、細骨材の一部代替に産地の異なる石灰石碎石粉をそれぞれ混入した3配合の計6配合の圧縮強度、耐凍害性、中性化及び長さ変化を測定し、強度及び耐久性などの諸性状を検討することを目的とした。

2. 実験方法

2.1 使用材料及びコンクリートの配合

セメントは、高炉セメント(密度 3.02g/cm³)を使用した。細骨材は高知県内の石灰砕砂(密度 2.66g/cm³)、海砂(密度 2.61g/cm³)、粗骨材は実験Ⅰには石灰碎石 1505 及び 2015(密度 2.69g/cm³)、実験Ⅱには砂岩碎石(密度 2.60g/cm³)を使用した。混和材として、フライアッシュ(密度 2.31g/cm³)及び高知県内の荒倉産及び白木谷産の石灰石系碎石粉を用いた。表-1 にフライアッシュの一般的な物理的性質²⁾を、表-2 に使用した碎石粉の性質をそれぞれ示す。混和剤は、ポリカルボン酸系 AE 減水剤(AD)とレジン系空気連行剤(AE)を用いた。目標スランブを 8 ± 2.5cm、目標空気量を 4.5 ± 1.5%と設定した。コンクリートの配合表を表-3 に示す。

2.2 試験方法

練混ぜは強制2軸練りミキサを用いて、セメント、混和材、細骨材ならびに粗骨材を投入し30秒ドライミキシング後、水及び混和剤を投入し、90秒間練混ぜた。

硬化コンクリートの試験として、JIS A 1108 に従って圧縮強度を測定した。凍結融解試験は JIS A 1148(A 法)に従い、条件として水中凍結温度は -18 ± 2°C、水中融解温度は 5 ± 2°C とし、試験サイクルは 300 回で終了となるように

設定し、相対動弾性係数を算出した。促進中性化試験は JIS A 1153 に従い、条件として温度 20 ± 2°C、相対湿度 60 ± 5%、二酸化炭素濃度 5 ± 0.2% の試験槽内に置いた試験体の中性化深さを測定した。長さ変化試験は JIS A 1129-2 に従い、デジタルコンタクト型ミクロンストレインゲージで長さ変化を測定した。

表-1 フライアッシュの物理的性質

		フライアッシュ (JIS II種)
二酸化ケイ素(%)		45.0以上
湿分(%)		1.0以下
強熱減量(%)		5.0以下
密度(g/cm ³)		1.95以上
粉末度	比表面積(cm ² /g) (ブレン法)	2500以上
フロー値(%)		95以上

表-2 碎石粉の物理的性質

試験項目	高知市 荒倉産碎石粉	南国市 白木谷産碎石粉
密度(g/cm ³)	2.73	2.73
粉末度(cm ² /g)	1870	2220
湿分(%)	2.37	2.13
二酸化ケイ素(%)	0.51	0.29
酸化アルミニウム(%)	0.37	0.15
酸化第二鉄(%)	0.13	0.08
酸化カルシウム(%)	54.06	55.06
酸化マグネシウム(%)	0.53	0.45
酸化ナトリウム(%)	0	0
酸化カリウム(%)	0.065	0.06
合計	56.225	56.09

表-3 コンクリート配合表

配合名	W/B (%)	s/a (%)	単位(kg/m ³)											
			W	C	FA	粉体	S1 (砕砂)	S2 (海砂)	G1 1505	G2 2010	AD	AE		
Ⅰ	55.0	46.3	148	242	27	—	614	263	465	568	2.69	2.69		
						88(A)	552	237					3.21	3.21
						45(FA)	597	256						
Ⅱ	55.0	46.3	148	242	27	—	614	263	449	549	2.69	2.69		
						88(A)	552	237					3.21	3.57
						88(S)	—	—						

(A)は荒倉産碎石粉、(S)は白木谷産碎石粉、(FA)はフライアッシュ

3. 実験結果及び考察

3.1 圧縮強度

圧縮強度試験の結果を図-1に示す。実験Ⅰでは、細骨材の代替にフライアッシュを混入したⅠ-FA0A5が初期強度及び長期強度ともに大きくなった。初期強度が大きくなったのは、セメント量が他の配合に比べ多いためと思われる。実験Ⅱでは、粉末度が大きい砕石粉を混入したⅡ-FA10S10の初期強度が大きくなった。砕石粉の微粉末効果により、セメント粒子の分散が活発になり、水との反応が促されたためと思われる¹⁾。また、実験Ⅰ及び実験Ⅱともに、フライアッシュのポズラン反応により、長期強度が増加しているのが確認できる。

3.2 凍結融解試験

凍結融解 30 サイクル毎の相対動弾性係数の結果を図-2に示す。実験Ⅰ及び実験Ⅱともに、300 サイクル時における相対動弾性係数は下限値である 60%よりも大きくなっており、耐凍害性が確認できる。また、砕石粉を混入した配合についても、表-3で示したように、粉体が増えることで混和剤の使用量は増加するが、目標空気量を確保することで相対動弾性係数の低下は見られなかった。

3.3 促進中性化試験

中性化深さの結果を図-3に示す。実験Ⅰにおいて、最も中性化深さが小さかったのはセメント量の多いⅠ-FA0F5であった。また、実験Ⅰと実験Ⅱともに材齢 26 週における中性化深さは、砕石粉を混入すると大きくなる傾向がみられた。砕石粉を混入することでコンクリートの組織が緻密になり中性化が小さくなる報告¹⁾も見られるが、今後の検討課題である。

3.4 長さ変化試験

長さ変化試験の結果を図-4に示す。実験Ⅰ及び実験Ⅱの結果に差が生じているが、これは使用した粗骨材の種類の違いによると考えられる。また、砕石粉混入による影響は見られなかった。土木学会示方書における長さ変化率の上限値は 1000×10^{-6} と示されているが、今回の実験Ⅰ及び実験Ⅱの結果はこれに比べて、非常に小さい傾向にあることが分かる。

4. まとめ

- (1) 粉末度が大きい砕石粉を混入したフライアッシュコンクリートの方が初期強度は大きくなった。
- (2) 砕石粉を混入したフライアッシュコンクリートは、空気量を確保することで耐凍害性が確認できたが、中性化は大きくなる傾向が見られた。また、砕石粉混入による長さ変化への影響は小さいことが分かった。

参考文献：1) (社)日本材料学会編：コンクリート混和材料ハンドブック，2004 2) (株)四電ビジネス：
<http://www.yon-b.co.jp/sekitan.pdf>

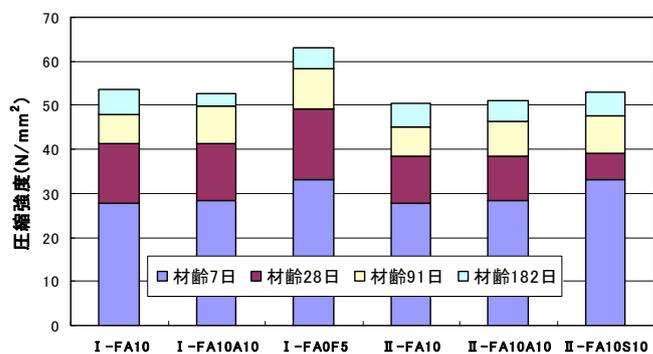


図-1 圧縮強度試験結果

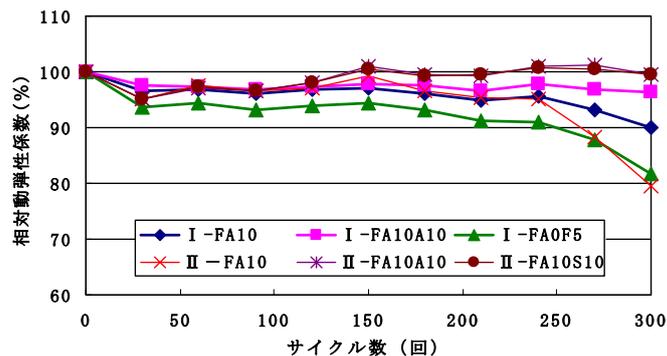


図-2 凍結融解試験結果

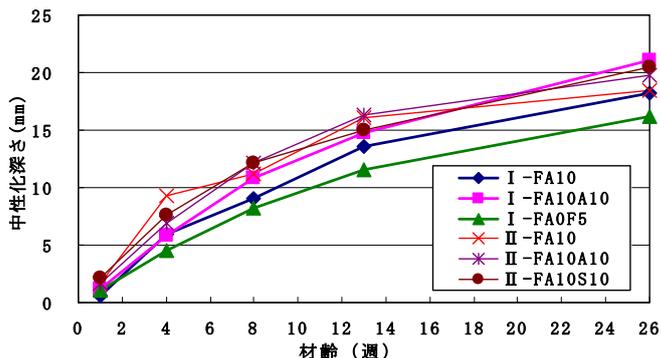


図-3 促進中性化試験結果

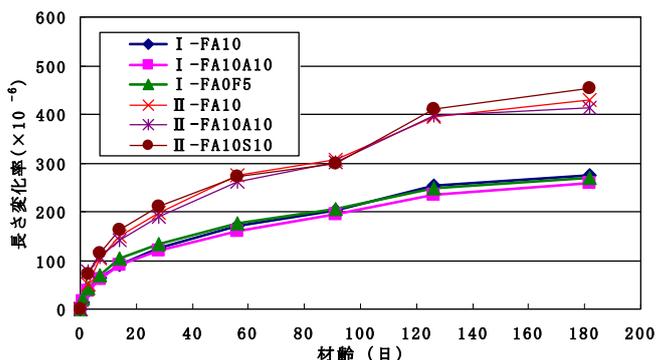


図-4 長さ変化試験結果