

フライアッシュ混入高強度コンクリートのフレッシュ性状及び強度に関する研究

○九州大学工学部 学生会員 藤竹 洋季

九州大学大学院 フェロー 松下 博通

九州大学大学院 学生会員 Le Quang Nhut (株) 安部工業所 正会員 中原 晋

1. はじめに

近年、石炭火力発電所から排出されるフライアッシュ(以下 FA)の量が増加しており、その有効利用が望まれている。本研究では FA の有効利用として、プレキャスト PC 部材に適用可能な FA 混入高強度コンクリートの開発を目的としている。また、環境保全の観点から採取規制が進められている海砂の代替細骨材として、砕砂に注目し、砕砂と FA との組み合わせにより、コンクリートのフレッシュ性状はどのように変化するか、また、決定した配合の強度試験を行いプレテンション方式 PC 部材の要求強度を満足するか検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

本研究では表-1 に示す材料を使用した。また、配合条件を表-2 に示す。FAは内割置換した。コンクリートの配合は、単位水量を 155kg/m^3 で一定とし、水結合材比 W/B を 35, 40%, FA の置換率を 20, 30%, とした。また、細骨材には海砂と砕砂を使用した。配合は目標スランブを満足するように、高性能 AE 減水剤(以下 SP)の添加率を変化させ、決定した。

2.2 試験項目

JIS に基づき、スランブ試験、空気量試験、ブリーディング試験、凝結試験を行った。また、強度試験として、材齢 1, 14, 28 日に圧縮強度試験、曲げ強度試験および引張強度試験を行った。なお、供試体は、図-1 に示す温度パターン(昇温速度 15°C/hr , 降温速度 7.5°C/hr , 最高温度 50°C)により、蒸気養生を行った。脱型後は室温 20°C 湿度 60%の室内に保管した。

3. 実験結果および考察

3.1 フレッシュ性状試験結果

図-2 に SP 添加率とスランブの関係を示す。図より、FA の置換率を上げると SP の添加率が減少する傾向が見られる。これは、FA が混入することで、FA のボールベアリング効果を得ることができ、そのため、SP 添加率が減少するものと考えられる。また、海砂を用いた配合よりも、砕砂を用いた配合の方が SP の添加率が増えていることがわかるが、FA の置換率を上げることにより、海砂の場合に近い値を得ることができる。

以上の試験練りの結果、スランブ $10 \pm 2.5\text{cm}$, 空気量 $2 \pm 1.5\%$ を満足する配合を求めたところ、表-3 に示す結果となった。

図-3 に凝結試験結果を示す。図より、砕砂を用いたものの方が海砂を用いたものより凝結時間が早くなっていることがわかる。これは海砂より砕砂の方が形状が角張っているため、細骨材同士の噛み合いが海砂より強いことと、海砂より砕砂の方が微粒分量が多いため、細骨材が水を吸着する量が多くなり、

表-1 使用材料

セメント	早強ポルトランドセメント
	密度: 3.14g/cm^3 比表面積: $4570\text{cm}^2/\text{g}$
フライアッシュ II 種	密度: 2.32g/cm^3 比表面積: $4510\text{cm}^2/\text{g}$
混和剤	ポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤
細骨材(海砂)	表乾密度: 2.58g/cm^3 吸水率: 1.52% 微粒分量: 0.8%
細骨材(砕砂)	表乾密度: 3.01g/cm^3 吸水率: 1.10% 微粒分量: 7.8%
粗骨材(砕石 2005)	表乾密度: 2.89g/cm^3 吸水率: 0.57%

表-2 配合条件

配合名	W/B (%)	置換率 (%)	細骨材
35-0-C	35	0	砕砂
40-0-C	40	0	砕砂
35-20-S	35	20	海砂
35-20-C	35	20	砕砂
35-30-C	35	30	砕砂

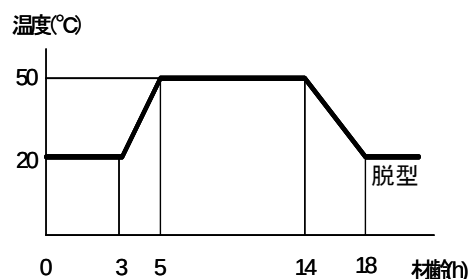


図-1 蒸気養生温度パターン

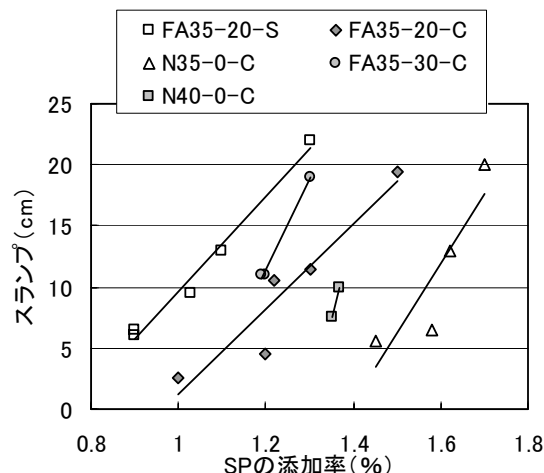


図-2 SP 添加率とスランブの関係

表-3 コンクリートの示方配合

記号	W/B (%)	FA 置換率 (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					
				W	C	FA	S	G	SP
35-0-C	35	0%	43	155	443	0	885	1127	B×1.62%
40-0-C	40	0%	43	155	388	0	908	1155	B×1.37%
35-20-S	35	20%	41	155	354	89	713	1149	B×1.03%
35-20-C	35	20%	43	155	354	89	872	1110	B×1.22%
35-30-C	35	30%	43	155	310	133	866	1102	B×1.19%

目標スランプ 10 ± 2.5 cm 目標空気量 2 ± 1.5 % B=C+FA

凝結が早くなると考えられる。また、35-20-C と 35-30-C では 35-30-C のほうが凝結時間が遅くなったが、あまり大きな差は見られなかった。また、本研究ではコンクリートの水結合材比が 35, 40% と低く、砕砂の微粒分量も多いために、コンクリート中の粉体量が多く、粘性が高かったため、ほとんどブリーディングは見られなかった。

3.2 強度試験結果

図-4 に圧縮強度試験結果を示す。プレストレストコンクリートでは、プレテンション方式の緊張力導入時(脱型時)に必要とされる圧縮強度は 35N/mm^2 とされており¹⁾、一般的に工場出荷時(材齢 14 日)には 50N/mm^2 が必要とされている。本研究では条件をほぼ満足する結果が得られた。

また、砕砂を用いた場合、海砂を用いるよりも強度が出る傾向にある²⁾。本研究でも、35-20-S と 35-20-C を比較してみると、35-20-C の方が強度が出ていることが確認できる。よって、砕砂を用いた場合、同じ強度を得るための W/B を大きくすることが可能であると考えられる。また、FA の有効利用の観点から、FA の置換率を 30% にした 35-30-C で実験を行ったところ、14 日強度では条件を満足する結果が得られた。しかし、1 日強度において若干低い値となったため、W/B を減少させるか、蒸気養生の時間を長くするなどの検討が必要であると考えられる。

次に、図-5 に圧縮強度と静弾性係数の関係、図-6 に圧縮強度と引張強度・曲げ強度の関係を示す。なお図中には、土木学会コンクリート標準示方書における設計式を実線で示している。いずれにおいても、示方書の値と大きな差は認められなかった。

4. まとめ

- (1) 海砂の代替細骨材として、砕砂を用いる場合、砕砂の微粒分量が多いため、同一スランプを得るためには、SP 添加率を増加しなければならないが、FA の置換率を増やすことで SP 添加率を抑えることができる。
- (2) 海砂を用いるよりも砕砂を用いた方が強度が高い。また、FA を 30% 置換した 35-30-C では 14 日強度は満足したが、1 日強度の値が低かったため、今後検討が必要である。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書[施工編]，p.192，2002
- 2) 仁枝保：砕砂を用いたモルタルおよびコンクリートの基礎的性状について，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.1，pp.161-164，1979

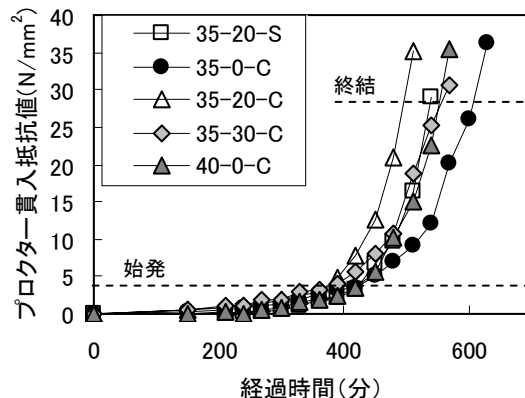


図-3 凝結試験結果

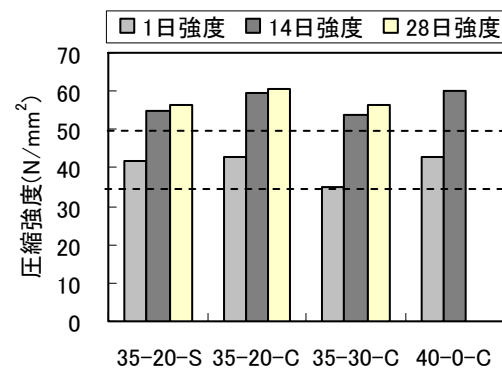


図-4 圧縮強度試験結果

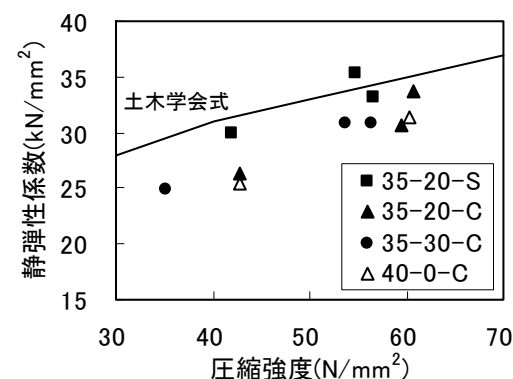


図-5 圧縮強度と静弾性係数の関係

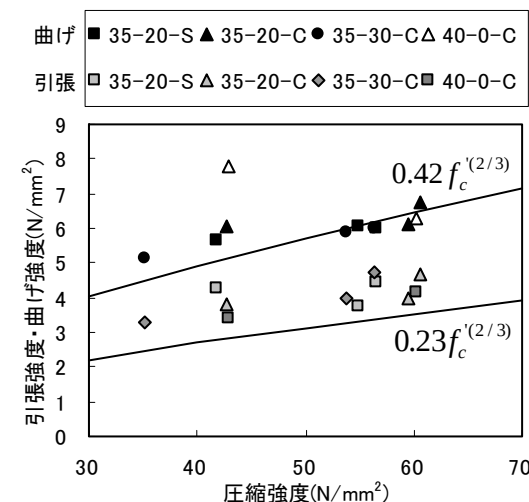


図-6 圧縮強度と引張強度・曲げ強度の関係