

分級フライアッシュを使用したコンクリートの初期強度発現性

金沢大学 自然科学研究科 環境デザイン学専攻 学生会員 猪股 亮太
 北陸電力(株) 土木部 土木技術チーム 正会員 参納 千夏男
 北陸電力(株) 土木部 土木技術チーム 蟹谷 真生
 金沢大学 理工研究域 環境デザイン学系 正会員 鳥居 和之

1. 目的

北陸地方では、粒径が非常に細かい分級フライアッシュ(以下分級FA)が生産されており、FAコンクリートの標準使用化が積極的に進められている。しかしながらFAコンクリートの現状の課題として、普通ポルトランドセメントと比べ、初期強度が低いとされ、コンクリート標準示方書では、1日の平均気温が15℃以上の場合、湿潤養生期間を7日以上設けることが規定されている¹⁾。一方、現場では湿潤養生期間を短縮し、工事のスムーズな進行が求められる。そこで本研究では、石川県七尾大田火力発電所産の高品質な分級FAを使用したコンクリートの強度発現性と湿潤養生期間との関係を実験的に検討した。

2. 実験概要

2. 1 使用材料とFAコンクリートの配合

本研究で作製したFAコンクリートには、普通ポルトランドセメント(T社製、密度3.16g/cm³、等価アルカリ量0.50%)、分級FA(七尾大田石炭火力発電所産、JISⅡ種灰、密度2.41g/cm³、ブレーン比表面積:4690cm²/g)を使用した。細骨材は、富山県常願寺川産の川砂を、粗骨材は常願寺川産の川砂利を使用した。FAコンクリートは呼び強度:24、スランプ:8cm、空気量:4.5%とし、分級FAのセメントに対する置換率を15%(内割)とした。北陸地方では、分級FAの置換率は地域のASRの抑制対策の観点等から15%が推奨されている²⁾。

表-1 FAコンクリートの配合

W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)							
		W	C	FA	S1	S2	G1	G2	Ad ^{※1}
56.0	40.6	151	247	44	346	519	601	401	2.91

2. 2 試験方法

FAコンクリートは、生コン工場で製造され、直径10cm×高さ20cmの円柱試験体を作製した。試験体は屋内に24時間静置した後、(1)水中浸漬養生(温度20℃の水中養生(略号FW))、(2)気中養生(温度20℃、湿度60%の恒温室内での養生(略号FA))、(3)屋内養生及び定期的な水分供給あり(温度20℃、湿度60%の実験室内での養生(略号FS1)) (4)3日間及び7日間の封緘養生後に屋内養生及び定期的な水分供給あり(略号FS3、FS7))、(5)7日間の封緘養生後に気中養生(略号FS7A))の6種類の環境条件下に暴露した。封緘養生では現場の養生方法を模擬するために型枠を外さず、プラスチックフィルムを試験体上面にかぶせ、養生テープでとめ密閉した。材齢7日、14日、28日において強度試験を行い、材齢28日では走査型電子顕微鏡(SEM-EDS)によりFAの反応状況を観察した。

3. 試験結果及び考察

3. 1 圧縮強度

FAコンクリートの圧縮強度と材齢との関係を図-1に示す。FS3及びFS7の試験体は材齢7日で標準養生であるFWの試験体の強度を上回った。これは封緘により試験体が密閉されるこ

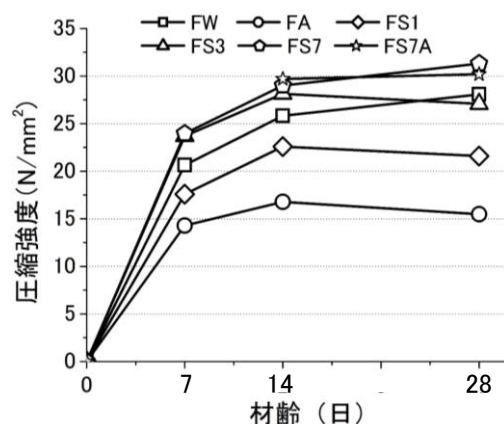
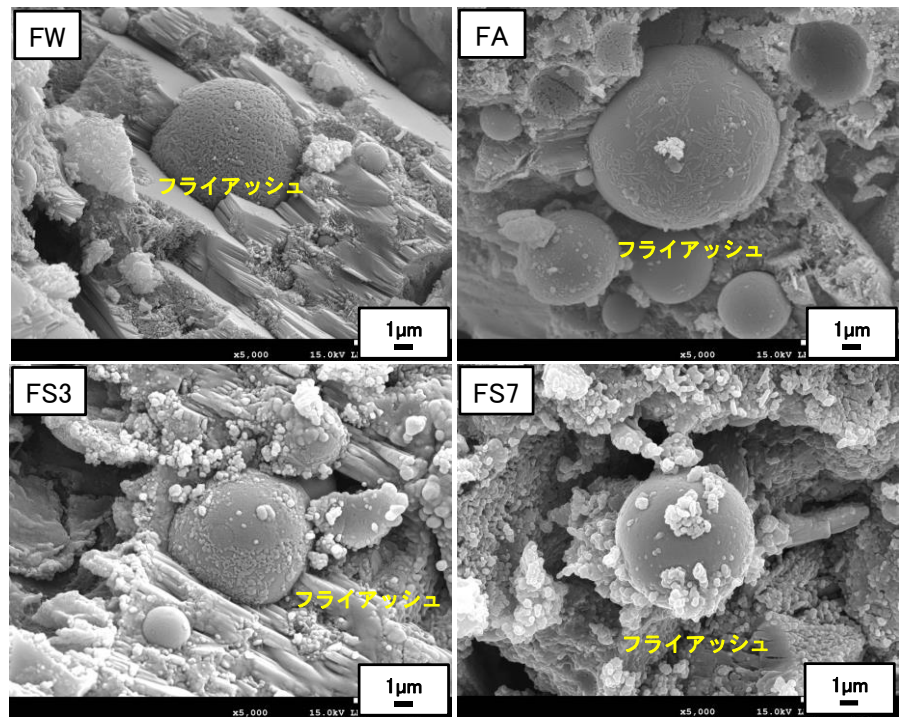


図-1 圧縮強度と材齢との関係

とで、型枠内の温度が高くなりセメント粒子の水和反応が促進したためであると推察される。特に FS3 の試験体は、材齢 28 日でも 27N/mm^2 程度の強度が得られた。これはセメントの水和反応とともに反応性が高い分級 FA によるポズラン反応が早期に進行したことで、材齢初期で十分な強度が得られたためであると推察される。また、FS7A の試験体は材齢 28 日で 30N/mm^2 を超える強度が得られたことから、初期に適切な養生を行えば、屋内での養生でも十分な強度が得られることが確認された。したがって、高品質な分級 FA を使用すれば、湿潤養生期間が短期間でも十分な強度が得られることが確認された。



写真－1 SEMによるフライアッシュ粒子の反応状況の観察(材齢 28 日)

3. 2 SEMによるフライアッシュの反応状況の観察

SEM-EDS による分級 FA 粒子の観察結果（コンクリート破断面）を写真－1 に示す。材齢 28 日の圧縮強度試験で使用した円柱試験体からコンクリート片を取り出し、FW, FA, FS3, FS7 の試験体を観察した。観察結果から、FS3 の試験体では湿潤養生期間が短かったにも関わらず、粒径が $2\sim 3\mu\text{m}$ の粒子表面には、ポズラン反応により生成された水和生成物が付着しており、ポズラン反応が進行していることが確認された。分級 FA はポズラン反応性が高いことが過去の実験から確認されており²⁾、分級によるポズラン反応性の改善が示唆された。また FS7 の試験体も FS3 と同様に粒径が小さい粒子ほどポズラン反応が良く進行している傾向が確認された。FW の試験体では、水分供給が十分なことから最も反応が進行しており、粒径が $3\mu\text{m}$ 程の細かい粒子ばかりでなく、分級 FA の平均粒径である $7\sim 8\mu\text{m}$ の粒子でもポズラン反応が進行している傾向があった。一方 FA の試験体では、粒子表面が平滑で、反応が進行していない粒子が他の試験体に比べて多く観察された。

これらの観察結果より、ポズラン反応の進行に伴い、FA 粒子周囲に生成される水和物が FA コンクリートの強度発現に寄与することが推察された。

4. 結論

FS3 の試験体の圧縮強度の試験結果から、湿潤養生期間が 3 日間でも十分な強度が得られることが確認された。また、SEM-EDS による観察の結果から、初期材齢でも粒径が平均よりも小さい分級 FA 粒子はポズラン反応の進行が比較的良好であり、分級処理による FA のポズラン反応性の改善効果が示唆された。

謝辞

本研究の実施にあたり、(株) あづまコンクリート工業の皆様にご協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- (1) (社) 土木学会コンクリート委員会：コンクリート標準示方書（施工編），pp.125-126，2007
- (2) 北陸地方におけるコンクリートへのフライアッシュの有効利用促進検討委員会：北陸地方におけるコンクリートへのフライアッシュの有効利用促進検討委員会報告書(富山・石川・福井版)，2013