

## 分級フライアッシュ混和コンクリートの長期にわたる強度発現に及ぼす初期養生条件の影響

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  
 金沢大学 理工研究域 環境デザイン学系 正会員 山戸 博晃  
 北川物産(株) 正会員 田中 勇  
 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. はじめに

暑中に打設するコンクリートでは、高温や日射の影響により運搬中のワーカビリティ、空気量の低下や長期強度の発現が懸念され、とくにフライアッシュコンクリート(以下、FA コンクリート)はその影響が大きいとされている。その一方で、北陸地方では、分級フライアッシュの地域的な供給体制がほぼ整い、この地域が抱える ASR や塩害対策として、FA コンクリートのレディーミクストコンクリートへの汎用化(標準化)が積極的に進められている<sup>1)</sup>。しかしながら、FA コンクリートの暑中または寒中コンクリートとしてのこの地域での使用実績が不足しているのが実状である。そこで本研究では、気温 30℃以上の暑中環境下で打設した FA コンクリートの強度発現性と内部組織に及ぼす初期養生条件の影響を検討した。

### 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 コンクリートの配合を表-1 に示す。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/cm<sup>3</sup>、等価アルカリ量 0.49%)、分級 FA(七尾大田石炭火力発電所産、JIS II 種灰、密度 2.33g/cm<sup>3</sup>、ブレン値：4380cm<sup>2</sup>/g)を使用した。細骨材は、石川県手取川産の川砂と石川県高松産の陸砂、粗骨材は、石川県手取産の川砂利を使用した。

表-1 FA コンクリートの配合

W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )							
		W	C	FA	S1	S2	G	Ad1 <sup>※1</sup>	Ad2 <sup>※2</sup>
56.5	46.8	153	230	41	685	171	987	4.06	7.32

※1 減水剤：変性リグニンスルホン酸系高性能減水剤

※2 AE 助剤

FA コンクリートは呼び強度 24N/mm<sup>2</sup>、スランプを 12cm、空気量を 4.5%とし、分級 FA のセメントに対する置換率を 15%とした。

#### 2. 2 試験体作製と養生条件

FA コンクリートは、生コン工場で製造され、アジテータ車(2.5m<sup>3</sup>)により約 15 分で金沢大学に搬送された。気温が 30℃を上回る 8 月上旬の最も過酷な打設条件となったが、スランプ値及び空気量の運搬中のロスは全く認められなかった。搬入後、フレッシュコンクリートの性状を確認し、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、気中養生(温度 20℃、湿度 60%の屋内養生(略号 A))、水中浸漬養生(温度 20℃の水中養生(略号 W))、1 週間の水中浸漬養生後に気中養生(略号 W7))、金沢大学構内での屋外暴露養生(略号 O)の 4 種類の環境条件下に暴露した。試験期間は、材齢 28 日から 3 年までの長期間にわたる測定を予定しているが、ここでは材齢 6ヶ月までの結果についてまとめている。

#### 2. 3 測定項目

FA コンクリート試験体の測定項目は、圧縮強度、弾性係数、超音波パルス伝播速度、乾燥収縮量である。また、FA コンクリートの内部組織の特徴を把握するために、偏光顕微鏡による薄片観察、SEM、DSC 及び XRD による分析を予定している。

### 3. 試験結果及び考察

#### 3. 1 圧縮強度と超音波パルス伝播速度

FA コンクリートの圧縮強度と超音波パルス伝播速度の材齢との関係を図-1 に示す。W 及び W7 の試験体は、材齢 1 週の圧縮強度が 27N/mm<sup>2</sup>となり、すでに呼び強度 24N/mm<sup>2</sup>の値を達成した。この分級 FA は平

キーワード フライアッシュ、地産地消、暑中コンクリート、初期養生

連絡先 〒920-1192 石川県金沢市角間町 金沢大学 自然科学研究科 環境デザイン学専攻 TEL076-264-6373

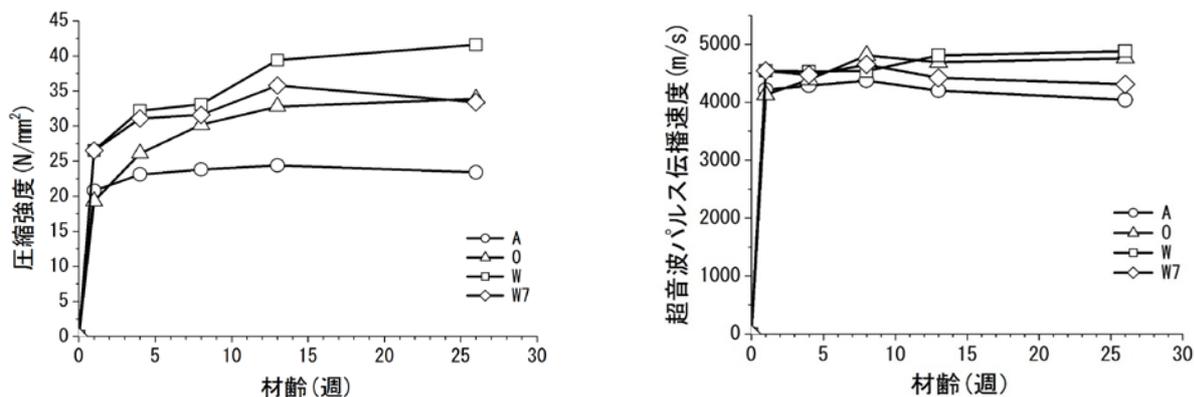


図-1 FAコンクリートの圧縮強度と超音波パルス伝播速度の変化

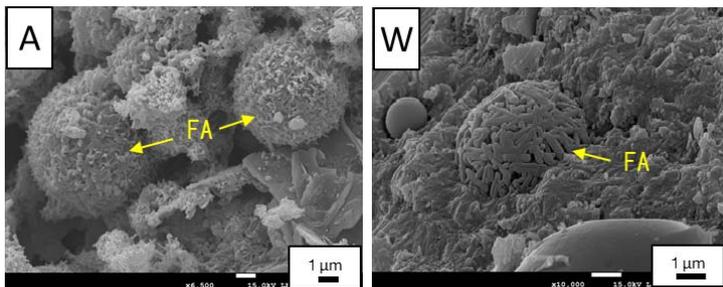


写真-1 SEMによるFA粒子の観察結果(6ヶ月材齢)

均粒径が 7 $\mu$ m と微細であり、かつシリカガラス量が 73%と大きいので、比較的早期にポズラン反応が進行することが確認されている<sup>1)</sup>。しかし、W7の試験体は材齢6ヶ月で圧縮強度が低下した。低下した理由としては、乾燥収縮によるものだと考えられる。また、Oの試験体は、打設後約2週間、気温30℃以上の晴天が続いたために、初期材齢での強度発現

が抑制されたが、その後順調に圧縮強度が回復しており、材齢3ヶ月以降の測定結果ではW及びW7の試験体とほぼ同程度になった。これは、比較的小さなシリンダー試験体では初期での乾燥の影響がその後の降雨による水分供給で自然的に治癒されることを示している。その一方で、Aの試験体は材齢にともなう強度発現が全く認められず、材齢6ヶ月では強度が低下した。

また、FAコンクリートの圧縮強度と超音波パルス伝播速度との間には良好な関係が認められた。WとOの試験体の超音波パルス速度が順調に増加している一方で、A及びW7の試験体は材齢3ヶ月以降、低下していた。乾燥収縮量の測定結果より、両試験体では500 $\mu$ m以上の収縮量が発生しているのが確認されており、セメントペーストと骨材の界面にひび割れが発生していると推察された。

### 3. 2 SEMによるFA粒子の観察

FAコンクリート内部から取り出した断片のSEM(材齢6ヶ月)による観察結果を写真-1に示す。FAのポズラン反応は、外部反応相の形成によりFA粒子とセメントペーストが密着し、FAのシリカガラスの溶出により低Ca/Si比のCSHが生成される過程で内部組織の緻密化と均質化が進行する<sup>1)</sup>。Aの試験体のFA粒子は表面のみ反応している粒子が多数観察され、FA粒子周囲に空隙も確認できた。その一方で、W、W7及びOの試験体はFA粒子の周囲がCSHから形成される外部反応相により緻密になっているのが観察された。

### 4. 結論

分級FAを使用したFAコンクリートは、暑中環境下の打設条件でも打設後1週間程度の水中養生が確保できれば材齢3ヶ月までは十分な強度発現が得られた。また、FAコンクリートの内部組織の観察から、Wの試験体ではFAの周囲にCSHから成るポズラン反応相が確認できた一方で、Aの試験体では表面のみ反応しているFA粒子が多く観察できた。

### 参考文献

- (1) 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