

養生期間がフライアッシュコンクリートの中性化に与える影響

北海道電力(株) 正会員 ○安藤 睦
北電総合設計(株) 正会員 齋藤 敏樹

1. はじめに

石炭火力発電所から副産されるフライアッシュは、コンクリート用混和材として使用すると、単位水量の低減、水和発熱の抑制、アルカリシリカ反応の抑制、長期強度の増進、耐久性の向上などの利点がある。しかし、フライアッシュの反応によりコンクリート中の水酸化カルシウムが消費され、中性化の進行が早くなることが懸念されている。他方、フライアッシュの反応により、細孔構造が緻密^{1),2)}になり二酸化炭素の透過を抑制する効果が期待できる。本研究では、呼び強度を同一とした普通コンクリートとフライアッシュコンクリートを用いて、標準的な養生期間の場合と長期間養生しフライアッシュを反応させた場合の中性化に与える影響について検討を行った。

2. 実験概要

表-1 使用材料

2.1 使用材料および実験水準

本試験で使用した材料を表-1に、実験ケースを表-2に、配合表を表-3に示す。水セメント比は、材齢28日の呼び強度が24,30,39N/mm²になるように変動係数を10%(割り増し係数1.2)として設定した。養生方法は封緘養生(室温20±2℃)とし、養生期間は1,6,12ヶ月とした。

2.2 実験項目および方法

(1) 圧縮強度

圧縮強度はJIS A 1108に準拠し、打設後約24時間で脱型し、所定材齢まで封緘養生(室温20±2℃)を行った。

(2) 促進中性化試験

促進中性化試験はJIS A 1153に準拠し、打設後約24時間で脱型し所定養生まで封緘養生(室温20±2℃)を行った。その後温度20±2℃、相対湿度60±5%の恒温恒湿室

に3週間静置し、供試体の打設面、底面および両端面をブチルゴム系アルミ箔ポリエステルテープを用いてシールを行い、更に1週間静置してから促進中性化試験を行った。

(3) 細孔量

細孔量の測定は練り上がったコンクリートを5mmふるいでウェットスクリーニングしたモルタルを使用

種 類	諸 元
セメント	普通ポルトランドセメント 密度:3.16g/cm ³ , 比表面積:3280cm ² /g
フライアッシュ (JIS II種灰)	強熱減量:0.9%, SiO ₂ :60.8%, 密度:2.33g/cm ³ 比表面積:3740cm ² /g, 45μmふるい残分:17% 活性度(28日):92%, 活性度(91日):108%, フロー値比:106%, MB吸着量(電発法):0.56mg/g
細 骨 材 (陸砂)	表乾密度:2.70g/cm ³ , 吸水率:1.29%, F.M.:2.83 単位容積質量:1.94kg/L, 実積率:72.7%
粗 骨 材 (採石2005)	表乾密度:2.65g/cm ³ , 吸水率:2.23%, F.M.:6.67 単位容積質量:1.56kg/L, 実積率:60.3%
混和剤	AE減水剤 変性リグニンスルホン酸化合物 AE剤 アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤
練り混ぜ水	上水道水

表-2 実験ケース

実験ケース	呼び強度 (N/mm ²)	セメント 種類	フライアッシュ 置換率 (%)	水セメント比 (%)	養生条件	養生期間	実験項目
N24	24	普通	—	65.0	封緘養生 20±2℃	1ヶ月 6ヶ月 12ヶ月	圧縮強度 促進中性化 試験 細孔量 水酸化 カルシウム
N30	30			57.5			
N39	39			48.5			
FB24	24	フライアッシュ B種	15	61.0			
FB30	30			53.0			
FB39	39			44.0			

表-3 コンクリート配合およびフレッシュ性状

実験 ケース	セメント 種類	呼び強度 (N/mm ²)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位質量 (kg/m ³)						フレッシュ性状		
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	AE減水剤	AE剤 (g/m ³)	スランプ (cm)	空気量 (%)	温度 (℃)
N24	普通	24	65.0	48.5	154	237	951	991	2.37	1.18	17.5	4.1	17.8
N30		30	57.5	47.8	154	268	924	991	2.68	1.35	18.5	4.2	18.5
N39		39	48.5	46.6	154	318	882	991	3.18	1.59	17.5	4.2	18.5
FB24	フライアッシュ B種	24	61.0	48.7	146	239	959	991	2.39	5.27	16.5	4.2	18.8
FB30		30	53.0	47.9	146	275	927	991	2.75	5.51	18.5	4.5	19.0
FB39		39	44.0	46.5	146	332	876	991	3.32	5.31	17.5	4.2	19.0

キーワード フライアッシュ, 中性化, 養生期間, 細孔量, 水酸化カルシウム

連絡先 〒059-1742 勇払郡厚真町字浜厚真 615 北海道電力(株)火力部石炭灰リサイクル推進室 TEL 0145-28-2146

して促進中性化試験と同様の養生を行い、水銀圧入試験装置により細孔直径 $150\mu\text{m} \sim 6\text{nm}$ の細孔量を測定した。

(4) 水酸化カルシウム

水酸化カルシウムは、細孔量測定用供試体と同様に作製した供試体を $75\mu\text{m}$ 以下に粉砕し、アセトンで水和を停止させた後 D 乾燥を行い、TG-DAT による熱分析により測定した。なお、不溶残分を測定しモルタル中の細骨材と仮定してペースト量の算出を行った。

3. 実験結果

3.1 圧縮強度

圧縮強度試験の結果を図-1に示す。材齢が経過するとFBの方がNより高い強度になっているが分かる。これはフライアッシュのポズラン効果と考えられる。

3.2 促進中性化試験

養生期間と中性化速度の関係を図-2に示す。養生期間が1ヶ月の場合FBはNより中性化速度が大きいですが、養生期間の経過に従いFBの中性化速度係数はNと同等になるのが分かる。

3.3 細孔量

細孔量測定結果を図-3に示す。概ね、材齢の経過に従い細孔量が減少する傾向が認められる。

3.4 水酸化カルシウム

養生期間と水酸化カルシウムの関係を図-4に示す。Nは養生期間の経過に従い水酸化カルシウムが増加するが、FBは養生期間の経過に従い減少するのが分かる。これはフライアッシュのポズラン反応により水酸化カルシウムが消費されたと考えられる。

3.5 中性化に与える影響因子

水酸化カルシウムと中性化速度の関係を図-5に、細孔量と中性化速度係数の関係を図-6に示す。養生期間1ヶ月ではNとFBは同様であるが、材齢が経過すると水酸化カルシウムが少ないFBでもNと同程度の中性化速度係数になっている。

4. まとめ

呼び強度が同一の場合、FBはポズラン反応により水酸化カルシウムが減少しても、養生期間の経過に従い緻密化することで中性化に対する抵抗性が向上し、Nと同程度になることが明らかになった。

参考文献

- 1) 山城洋一, 齋藤敏樹, 名和豊春, 胡桃沢清文: フライアッシュセメントの水和反応が微細構造および強度発現に及ぼす影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), pp.271-272, 2006.9
- 2) 吉田潤平, 堺孝司, 石井光裕, 武知隆男: フライアッシュを用いたコンクリートの強度・細孔構造特性とCO₂削減効果に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No1, pp.173-178, 2010

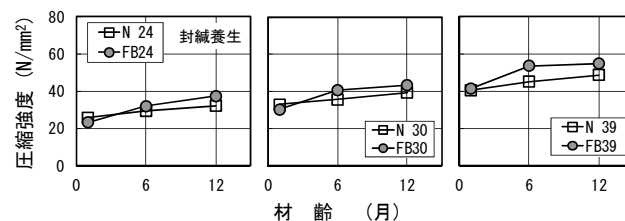


図-1 材齢と圧縮強度

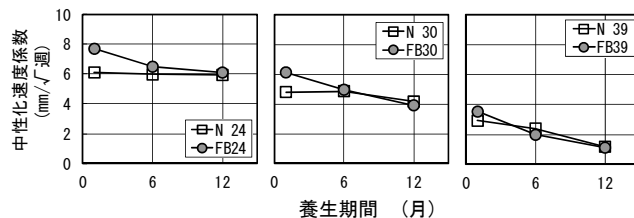


図-2 養生期間と中性化速度係数

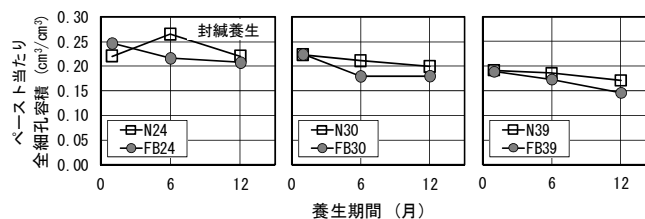


図-3 養生期間と細孔量

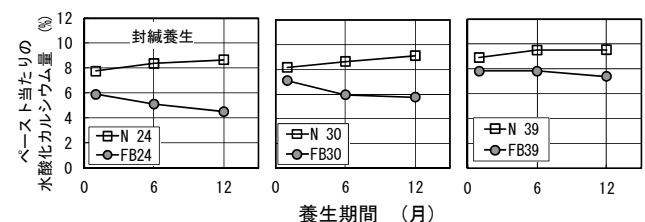


図-4 養生期間と水酸化カルシウム

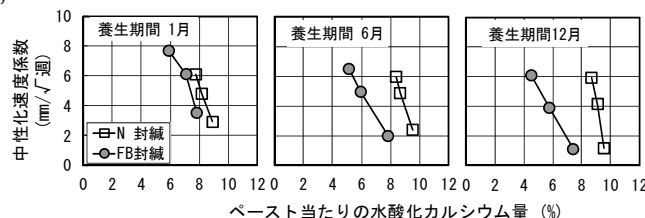


図-5 水酸化カルシウムと中性化速度係数

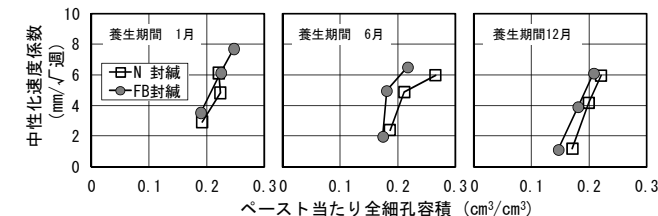


図-6 細孔量と中性化速度係数