

未燃カーボンを多量に含むフライアッシュを用いたコンクリートの凍結融解抵抗性

中国電力(株) I&A総合研究所 中村 康雄

(株)竹中土木 正会員 ○野田 健二

(株)竹中土木 正会員 和田 直也

1. はじめに

地球環境保全に関する社会的要請の高まりから、多岐分野に渡って石炭灰(フライアッシュ)の用途開発が進められている。フライアッシュをコンクリート用混和材として使用した場合、A E 剤等の混和剤がフライアッシュに吸着され、フレッシュ性状に悪影響を及ぼすことがある。特に未燃カーボンを多量に含む JIS 規格外のフライアッシュをコンクリートに使用した場合には、所要の流動性を確保するために必要な高性能 A E 減水剤の添加量は増大するとともに、空気量の調整が難しくなるために凍結融解抵抗性が低下するおそれがある。そこで筆者らは、未燃カーボンを不活性化させる混和剤(以下、不活性化混和剤という)の研究¹⁾を行ってきたが、本報では、未燃カーボン量の異なるフライアッシュを使用したコンクリートにおいて、不活性化混和剤を適用した場合について、フレッシュ性状および凍結融解抵抗性の実験結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 使用材料

表-1 使用材料

品目	種類	仕様
セメント	普通ポルトランドセメント:N	密度:3.16g/cm ³ , 比表面積:3410 cm ² /g
フライアッシュ	石炭灰:M1	密度:2.15g/cm ³ , 比表面積:3920 cm ² /g, 強熱減量:11.19 %
	石炭灰:M2	密度:2.08g/cm ³ , 比表面積:3500 cm ² /g, 強熱減量:17.31 %
細骨材	大井川水系陸砂	密度:2.54g/cm ³ , 吸水率:2.04%, 粗粒率:2.65%
粗骨材	青梅産砕石	密度:2.63g/cm ³ , 吸水率:0.67%, 実積率:61.2%, 最大寸法:20mm
化学混和剤	不活性化混和剤	高性能AE減水剤にカーボン不活性化剤を混合
	AE助剤	高級脂肪酸及び非イオン系界面活性剤

使用材料を表-1 に示す。フライアッシュは同じ発電所から排出された M1, M2 の 2 種類としたが、灰の採取時期が異なるものである。未燃カーボン量の指標である強熱減量は M1 が 11%, M2 が 17%程度であり、共に JIS 規格外の品質である。強熱減量の測定結果を図-1 に示す。不活性化混和剤はフライアッシュの未燃カーボン量に応じて添加量を調整し、AE 助剤を併用した。

2.2 実験の条件

実験の組合せを表-3 に示す。N はフライアッシュ無置換であり、M1-30 ならびに M2-30 は未燃カーボン量(強熱減

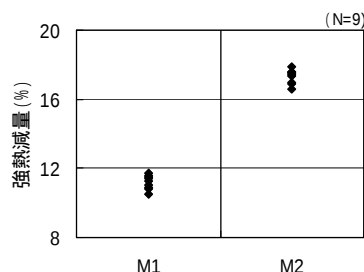


図-1 強熱減量

表-3 実験の組合せ

	目標空気量	
	3%	6%
N	N-3	N-6
M1	M1-30-3	M1-30-6
M2	M2-30-3	M2-30-6

表-4 コンクリート配合表

CASE	フライアッシュ置換率 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単位量 (kg/m ³)					化学混和剤 ¹⁾	AE助剤
				水 W	セメント C	フライアッシュ FA	細骨材 S	粗骨材 G		
N-3	0	55	45.0	170	309	0	786	994	0.600	0.025
N-6	0	55	45.0	170	309	0	786	994	0.450	0.065
M1-30-3	30	55	43.9	170	216	93	750	994	0.878	0.060
M1-30-6	30	55	43.9	170	216	93	750	994	0.930	0.120
M2-30-3	30	55	43.8	170	216	93	747	994	1.137	0.050
M2-30-6	30	55	43.8	170	216	93	747	994	1.137	0.110

1) フライアッシュ無置換の場合には高性能AE減水剤を、フライアッシュ置換の場合には不活性化混和剤を使用

2) Bは粉体量で、C(セメント)+FA(フライアッシュ)

量)の異なるフライアッシュをセメント内割で 30%置換した。凍結融解抵抗性を確認するため、目標空気量は 3%と 6%に設定した。コンクリート配合を表-4 に示す。コンクリートの圧縮強度の目標値は 24N/mm²とした。

キーワード：未燃カーボン，強熱減量，フライアッシュ，不活性化，混和剤

連絡先 〒739-0046 広島県東広島市鏡山三丁目 9-1 中国電力I&A総合研究所 TEL082-420-0700

〒270-1395 千葉県印西市大塚 1-5-1 竹中技術研究所 TEL0476-47-1700

2.3 試験項目と方法

試験項目(試験方法)は,スランプ(JIS A 1101)と空気量(JIS A 1128),圧縮強度(JIS A 1108),凍結融解試験(JIS A 1148)と気泡間隔係数(ASTM C 457:リアバース法)である。スランプと空気量は練上り 30 分後に測定し,スランプの目標値は $12 \pm 2.5\text{cm}$, 空気量の目標値は $4.5 \pm 1.5\%$ とした。

3. 実験結果

3.1 フレッシュ性状

N, M1, M2 において, 30 分経過後の目標スランプを得るために必要な不活性化混和剤の使用量を図-2 に, 目標空気量を得るために必要な AE 助剤の使用量を図-3 に示す。目標スランプを得るために必要な使用量は, N, M1, M2 に従って徐々に増えたが, 急激に増加するようなことはなかった。また, 目標空気量を得るために必要な使用量は, N より M1, M2 で増えたが, M1 と M2 とでは同程度の使用量となった。

3.2 硬化物性

圧縮強度の試験結果を図-4 に示す。フライアッシュ無置換のコンクリート強度に比べて, 同一水セメント比ではフライアッシュを 30% 置換した場合には, 材齢 91 日までの強度は低くなる傾向にあるが, 材齢の経過に伴いその差は小さくなった。

凍結融解試験における 300 サイクルまでの相対動弾性係数を図-5 に示す。目標空気量を 6% に設定した N-6, M1-30-6, M2-30-6 の相対動弾性係数は基準値を満足した。また, 未燃カーボン量の多少による相対動弾性係数の大きな差は認められなかった。

気泡間隔係数の測定結果を表-5 に示す。既往の研究³⁾では, 気泡間隔係数が $250\mu\text{m}$ 以下の場合には, 凍結融解抵抗性が向上すると報告されている。目標空気量を 6% に設定した N-6, M1-30-6, M2-30-6 の気泡間隔係数は $250\mu\text{m}$ 以下であり, 未燃カーボンを多量に含むフライアッシュを用いたコンクリートであっても, 既往の研究結果と一致した。一方, 目標空気量を 3% に設定した N-3, M1-30-3, M2-30-3 の気泡間隔係数は $250\mu\text{m}$ 以上であり, 凍結融解抵抗性を低下させた一因であると考えられる。

4. まとめ

未燃カーボン量の異なるフライアッシュを用いたコンクリートであっても, 適切な空気が連行されていれば, 凍結融解抵抗性は低下することがないことが確認できた。

今回の実験にあたり, ㈱竹中工務店, 竹本油脂㈱の各位にご協力いただきました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 松坂ほか: 高カーボン含有フライアッシュ用コンクリート混和剤の実用化研究, 土木学会第 59 回年次学術講演会, -469, pp935-936, 2004
- 2) 土木学会: 2002 年制定コンクリート標準示方書[施工編]
- 3) 岡田他: コンクリート工学ハンドブック, pp. 586-587, 1981

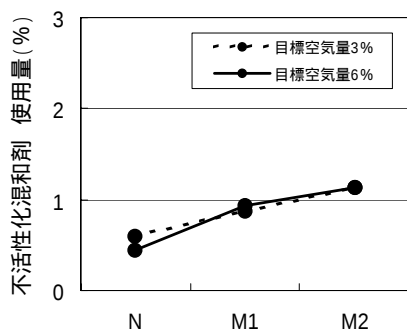


図-2 不活性化混和剤使用量

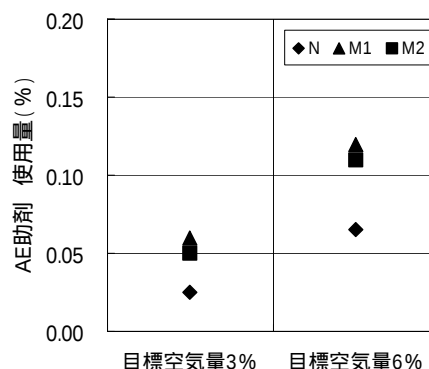


図-3 AE 助剤使用量

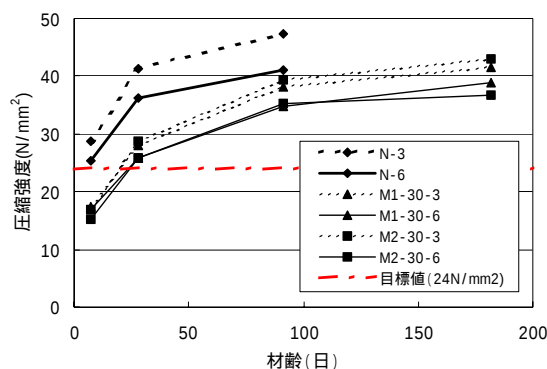


図-4 コンクリート圧縮強度

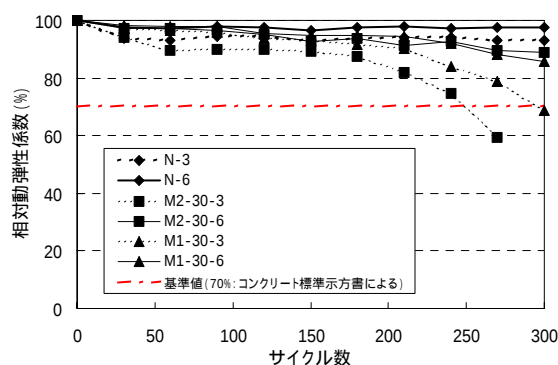


表-5 気泡間隔係数

CASE	気泡間隔係数 (μm)
N-3	263
N-6	213
M1-30-3	281
M1-30-6	184
M2-30-3	398
M2-30-6	243