

暴露試験と促進中性化試験から得られたフライアッシュコンクリートの 中性化深さと塩化物イオン濃度分布について

電源開発(株) 正会員 ○今岡 知武
 電源開発(株) 正会員 石川 嘉崇
 電源開発(株) 正会員 鷺尾 朝昭
 (独)土木研究所 正会員 中村 英佑

1. はじめに

コンクリート混和材としてフライアッシュを使用することにより、水密性や塩化物イオン浸透抵抗性が向上することが知られている。一方で、フライアッシュ利用普及の妨げの一因として、強度発現が遅いことが挙げられる。筆者らはフライアッシュコンクリートの初期強度を改善することを目的とし、ベースセメントとして早強ポルトランドセメントを使用したフライアッシュコンクリートを作製し、それらの物性評価試験を実施している¹⁾。本報告では、暴露試験及び促進中性化試験、塩水浸漬試験の結果について述べる。

2. 配合

コンクリートの配合を表-1に示す。普通ポルトランドセメント(以下、文中では普通セメント、図表ではNと表記)または、早強ポルトランドセメント(以下、文中では早強セメント、図表ではHと表記)をベースとして、水結合材比を50%、フライアッシュ(図表ではFと表記)置換率を20, 30, 40%とした。

3. 試験概要

暴露直前の材齢約40日まで標準養生を実施した供試体(100×100×200mm)を、2012年2月から茨城県つくば市(内陸部)、新潟県上越市(沿岸部)、沖縄県国頭郡大宜味村(沿岸部)の3地点に暴露した。暴露状況を表-2に示す。気象データは暴露地点の最寄の気象観測所における2012年の値を示している。暴露試験と並行して促進中性化試験(JIS A 1153)と塩水浸漬試験(JSCE-G572)を実施した。促進中性化試験の中性化深さ測定材齢は1, 4, 8, 13週とし、塩水浸漬期間は730日とした。

中性化深さの測定はJIS A 1152に準じて実施した。塩化物イオン濃度の測定はJIS A 1154の電位差滴定法に準じて実施し、暴露試験の供試体は0-1, 1-2, 2-3cmの

表-1 コンクリート配合

配合	F/ (C+F) (%)	単用量 (kg/m ³)				
		W	C	F	S	G
NF20	20	159	254	64	814	988
NF30	30	156	218	94	806	1000
HF20	20	164	262	66	803	976
HF30	30	161	225	97	796	986
HF40	40	158	190	126	789	498

表-2 暴露状況

暴露地点	暴露開始日	回収日	平均気温(°C)	平均湿度(%)	降水量(mm)
つくば	2012.2.3	2013.11.1	15.0	74.2	1396
新潟	2012.2.8	2013.10.17	13.4	77.6	2998
沖縄	2012.2.16	2013.12.6	22.5	75.4	2753

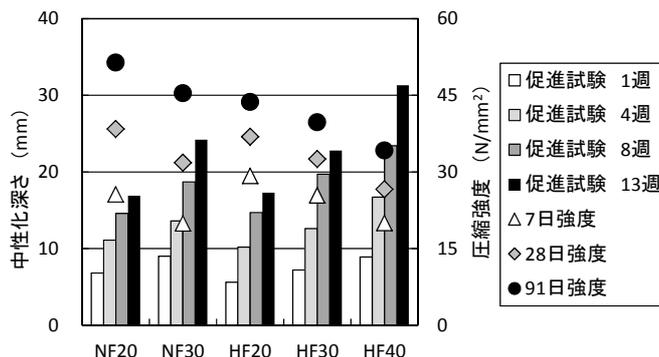


図-1 促進中性化試験 中性化深さ・圧縮強度

3深度で、塩水浸漬試験の供試体は0-1, 1.4-2.4, 2.8-3.8, 4.2-5.2, 5.6-6.6cmの5深度で測定した。

φ100×200mmの供試体を作製し、材齢28日、91日まで標準養生を実施し、圧縮強度試験(JIS A 1108)を実施した。

4. 試験結果・考察

(1) 中性化深さ

促進中性化試験の中性化深さと圧縮強度の結果を図-1に示す。促進中性化試験の結果からは、フライアッシュ置換率が高いほど、中性化深さが大きくなる傾向があることが確認された。ベースセメントを変更した場合を比較すると、フライアッシュ置換率が同じであ

キーワード フライアッシュ, 中性化深さ, 塩化物イオン濃度, 暴露試験

連絡先 〒1253-0041 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎1-9-88 電源開発(株) 茅ヶ崎研究所 TEL0467-88-7854

れば、促進試験期間、圧縮強度に関係なく、中性化深さはほぼ同様の値となり、セメント種が中性化深さに与える影響は確認されなかった。

暴露試験の結果と圧縮強度の結果を図-2 に示す。促進試験と同様にフライアッシュ置換率が高いほど、中性化深さが大きくなる傾向が確認された。一方、ベースセメントを変更した場合を比較すると、NF20 は中性化が 0.4~1.8mm 発生しているのに対して、HF20 は全暴露地点において中性化が発生していないという結果が得られ、早強セメントを使用した初期圧縮強度が高い配合では、中性化深さが小さい傾向があることが確認された。これらのことから、フライアッシュコンクリートのベースセメントとして早強セメントを使用することにより、初期強度のみならず、中性化抵抗性も改善できる可能性があると考えられる。

暴露環境を比較すると、中性化深さは、つくば>新潟>沖縄となった。これは、沖縄、新潟の暴露地点が沿岸部であり湿潤環境にあること、つくば地点の降水量が少なく乾燥しやすい環境にあったことによるものと考えられる。

(2) 塩化物イオン濃度分布

塩水浸漬試験の塩化物イオン濃度分布を図-3 に示す。塩水浸漬試験の結果からは、表面からの深さに関係なく、フライアッシュ置換率が高いほど塩化物イオン濃度が低いことが確認された。ベースセメントを変更した場合を比較すると、普通セメントを使用した配合の方が、塩化物イオン濃度が低いことが確認された。

暴露試験の塩化物イオン濃度分布を図-4 に示す。暴露試験の結果からは、フライアッシュ置換率が高いほど表層 0-1cm において塩化物イオン濃度が低くなっているが、表層 1-2cm において、HF40 が他の配合と比べて濃度が高くなっていることが確認された。これは、フライアッシュ置換率が高い配合ほど中性化が進行し、中性化に伴い塩化物イオンが内部へ移動したことによるものと考えられる。

5. まとめ

普通セメント、早強セメントを使用したフライアッシュコンクリートを対象に暴露試験、促進中性化試験、塩水浸漬試験を実施した結果、以下の結論が得られた。
①早強セメントをベースセメントとした場合、中性化促進試験では普通セメントと同程度の中性化深さとなったが、暴露試験では中性化深さが小さくなる傾向が

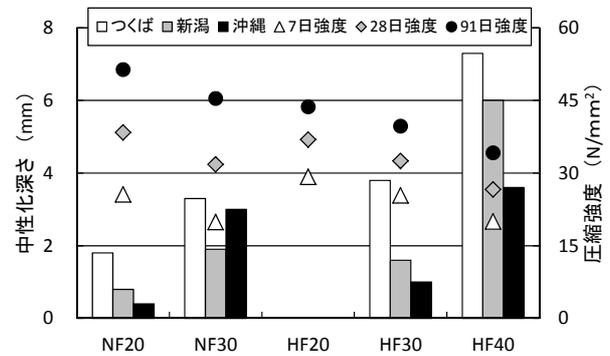


図-2 暴露試験 中性化深さ・圧縮強度

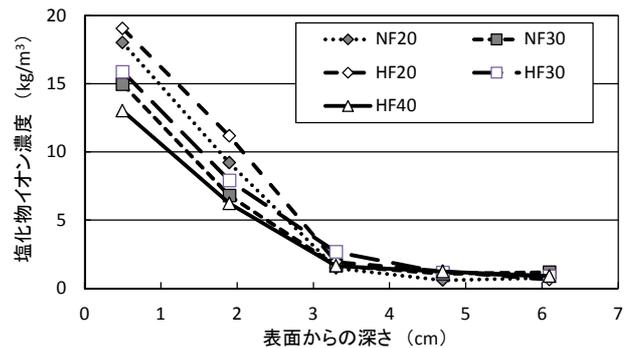


図-3 塩水浸漬試験 塩化物イオン濃度分布

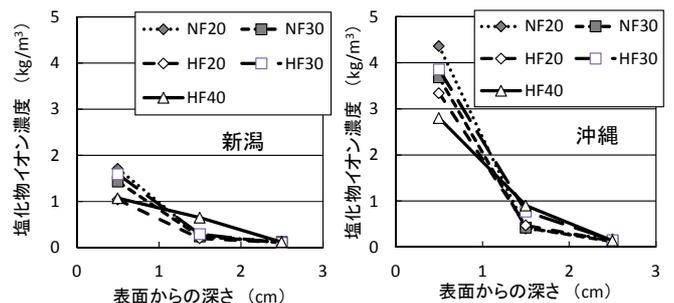


図-4 暴露試験 塩化物イオン濃度分布

確認された。

②塩水浸漬試験ではフライアッシュ置換率が高いほど、塩化物イオン濃度が低下する傾向が確認されたが、暴露試験では表層 1-2cm において、HF40 が他配合と比較して濃度が高いことが確認された。

なお、暴露試験は現在も継続しており、今後も定期的に調査を行い、フライアッシュコンクリートの物性を評価する予定である。

本検討は独立行政法人土木研究所が主催する共同研究「低炭素型セメント結合材の利用技術に関する研究」の一環として実施したものである。

参考文献

1) 佐藤道生, 今岡知武, 安田幸弘, 中村英佑: フライアッシュを混和したコンクリートの初期強度改善に関する基礎検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.1, pp.169-174, 2013