

改質フライアッシュを用いたコンクリートの硬化性状に関する一考察

住友共同電力(株) 正会員 ○濱田 英樹
 (株) ゼロテクノ四国 正会員 近藤 昭彦
 鹿島建設(株) 正会員 室野井敏之

1. はじめに

産業副産物であるフライアッシュをコンクリート材料として使用することにより、単位水量の低減や長期強度の増進、水密性の向上、水和熱の低減、化学抵抗性の向上、アルカリ骨材反応の抑制などといった耐久性向上に付与する効果が得られる。その一方で、フライアッシュに含有される未燃炭素により、AE 剤の有効成分が吸着され空気連行性が低下することで、コンクリートの品質が安定しないことが問題となっている。著者らはフライアッシュの利用拡大を目的に、フライアッシュの未燃炭素含有量(強熱減量で評価)を 1.0%以下に低減した改質フライアッシュ(以下、CfFA と記す)の性能について各種検討を行っている。本報では、CfFA をセメントの一部代替材料として使用したコンクリートの硬化性状について検討した実験結果を示す。

2. 実験概要

使用材料およびコンクリート配合を表-1および表-2に示す。本報では、改質フライアッシュがコンクリートの硬化性状に与える影響を調べるため、結合材が普通ポルトランドセメントのみの配合(以下、N と記す)および、普通ポルトランドセメントの 20wt%を CfFA で内割置換した配合(以下、CfFA20 と記す)について検討を行った。また、CfFA20 配合の水結合材比は、硬化性状を N (W/C=55%) 配合と比較するため、材齢 91 日において N 配合の圧縮強度と同等となるように事前の配合試験により定めた値とした。

実験項目を表-3に示す。コンクリートのフレッシュ性状に加えて、圧縮強度および細孔容積、透水深さ、断熱温度上昇量について実験を実施した。

3. 実験結果

コンクリートのフレッシュ性状試験の結果を表-4に示す。

(1) 圧縮強度

材齢と圧縮強度の関係を図-1に示す。実験結果より、材齢 28 日では CfFA20 配合は N 配合と比較して 5.0N/mm²程度低い値であったが、材齢 91 日では同程度の圧縮強度であることを確認した。これは、CfFA によるポゾラン反応によって長期

表-1 使用材料

使用材料	標記	種類	摘要
練混ぜ水	W	上水道	—
セメント	N	OPC	密度: 3.16g/cm ³
フライアッシュ	CfFA	改質フライアッシュ	密度: 2.21 g/cm ³ 比表面積: 4010 cm ² /g
細骨材	S1	銅スラグ	表乾密度: 3.50g/cm ³ 粗粒率: 2.72 吸水率: 0.76%
	S2	砕砂	表乾密度: 2.57g/cm ³ 粗粒率: 2.78 吸水率: 2.00%
	S3	砕砂	表乾密度: 2.57g/cm ³ 粗粒率: 2.81 吸水率: 1.70%
粗骨材	G1	砂石(1505)	表乾密度: 2.60g/cm ³ 粗粒率: 6.39 吸水率: 1.18%
	G2	砕石(2010)	表乾密度: 2.60g/cm ³ 粗粒率: 6.90 吸水率: 1.20%
混和剤	AD1	AE 減水剤	リグニンスルホン酸化合物とポリオール複合体
	AD2	高機能 AE 減水剤	リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体
	AE	AE 剤	変性ロジン酸化合物系陰イオン界面活性剤

表-3 実験項目

実験項目	適用
スランブ試験	JIS A 1101
空気量試験	JIS A 1128
コンクリート温度測定	温度計測による
単位容積質量測定	重量測定による
圧縮強度試験	JIS A 1108
細孔径分布測定試験	水銀圧入法による
透水試験	インプット法による
断熱温度上昇試験	JCI-SQA3

表-2 コンクリート配合

種別	目標スランブ(cm)	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)								(C+FA)×%		
				W	C	FA	S1	S2	S3	G1	G2	AD1	AD2	AE
N	8.0	55.0	53.0	175	319	—	252	185	555	332	498	—	1.0	2.0A*
CfFA20	8.0	50.6	52.2	174	275	69	242	178	533	329	494	0.25	—	4.0A*

※A: C×0.001%

キーワード フライアッシュ, 圧縮強度, 細孔容積, 透水深さ, 断熱温度上昇量

連絡先 〒792-0002 愛媛県新居浜市磯浦町 16-5 住友共同電力(株) 経営管理部 TEL 0897-37-2146

に亘り強度発現した影響によるものと考えられる。

(2) 細孔容積

細孔容積の比較を図-2に示す。

本報の配合条件において、細孔容積は、N配合よりもCfFA配合の方が小さい結果であった。さらに、材齢の経過に伴う細孔容積の変化は、CfFA配合の方が小さくなる結果であった。これは、CfFAを用いた配合は、ポズラン反応が長期に亘り進行し、細孔空隙がポズラン反応生成物によって満たされたことに起因しているものと考えられる。

(3) 透水深さ

透水深さの比較を図-3に示す。

本報の配合条件において、透水深さはN配合よりもCfFA配合の方が浅い傾向であった。さらに、CfFAを用いた配合は、材齢の経過に伴い透水深さが浅くなる傾向であった。これは、前述のとおり、ポズラン反応に起因するものと考えられる。この結果より、CfFAを用いることで水密性が向上すると考えられる。

(4) 断熱温度上昇特性

材齢と断熱温度上昇量の関係を図-4に示す。

本報の配合条件において、CfFA配合の終局温度は51.3℃でありN配合(56.2℃)よりも5℃程度低い結果であった。これは、単位セメント量で比較するとCfFA配合は275kg/m³でありN配合では319kg/m³であることから、単位セメント量に起因して発熱量が小さくなったものと考えられる。この結果より、CfFA配合はN配合よりも終局温度を低減でき、温度ひび割れの抑制効果を期待できるものと考えられる。

4. まとめ

本報にて確認したCfFAを用いたコンクリートの硬化性状は以下の通りである。

- ・本報の配合条件において、CfFA配合の圧縮強度は、ポズラン反応により長期に亘り強度発現が進む。
- ・本報の配合条件において、CfFA配合の細孔容積および透水深さは、N配合よりも小さくなる傾向がある。また、材齢の経過に伴い、ポズラン反応生成物により細孔空隙が満たされ緻密になる。
- ・本報の配合条件において、断熱温度上昇特性を比較した場合、CfFA配合の終局温度はN配合よりも5℃程度低減できる。

以上、実験結果より、CfFAをコンクリートに用いることにより、細孔容積が長期に亘り減少し緻密になるため耐久性が向上する傾向がある。さらに水密性も向上すると考えられる。また、終局温度を低減できるため温度ひび割れ対策としても有効であると考えられる。

表-4 フレッシュ性状試験結果

種別	練上温度(℃)	スランプ(cm)	空気量(%)	単位容積重量(kg/m ³)
N	19.4	8.0	4.1	2340
CfFA20	19.4	8.5	4.2	2319

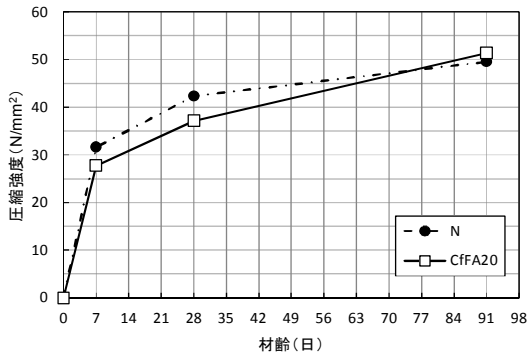


図-1 材齢と圧縮強度の関係

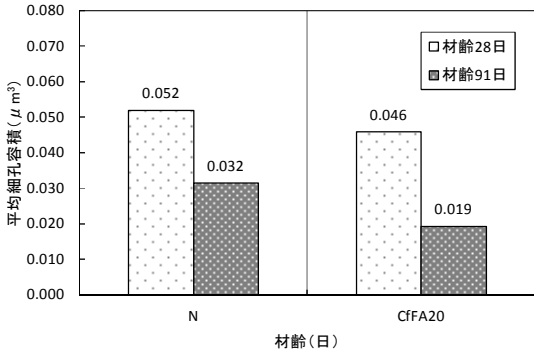


図-2 細孔容積の比較

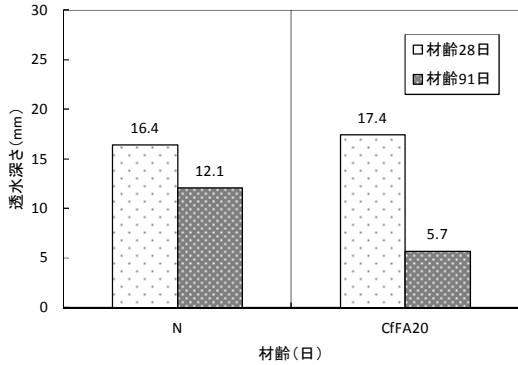


図-3 透水深さの比較

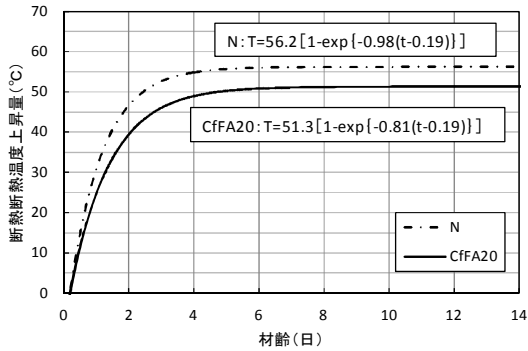


図-4 断熱温度上昇量の比較