

フライアッシュを混和したコンクリートの耐凍害性に及ぼす蒸気養生履歴の影響

日本大学大学院理工学研究科 ○学生会員 先名 陵
日本大学理工学部 正会員 梅村 靖弘
日本大学理工学部 正会員 佐藤 正己

1. はじめに

フライアッシュ (FA) の用途拡大策の一つとして、プレキャストコンクリート (PCa) 製品での利用実例がある。一般に PCa 製品は、図-1 に示す 1 日 1 サイクルの標準蒸気養生が行われているが、生産効率を上げるため、1 日 2 サイクルの促進蒸気養生も経験則的に行われている。また、寒冷地における冬季期間では PCa 製品の脱型強度が低下するため、普通セメント (N) から早強セメント (H) に切替えて早期強度の低下を抑制している。そこで、本研究では FA を混和した早強セメントコンクリート (HFC) ならびに普通セメントコンクリート (NFC) を対象として、蒸気養生履歴が圧縮強度発現性及び空隙構造、耐凍害性に与える影響について検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料と配合条件

使用材料を表-1, 配合及びフレッシュ状態の空気量を表-2 に示す。FA の置換率は、N, H に対して共に質量比の内割 30% と設定し、水結合材比 (W/B) は 50% とした。スランプは 10.5±2.5cm, 空気量は 4.5±1.5% に設定した。

2.2 蒸気養生方法

表-3 に蒸気養生パターンを示す。1 日 1 サイクルの標準的な蒸気養生 (L) と前置時間、昇温速度、最高温度継続時間、降温速度のそれぞれを短縮させた 1 日 2 サイクルの促進蒸気養生 (S) を行った。蒸気養生後は試験材齢まで室温 20℃ で封緘養生を行った。

2.3 実験項目

以下の (1) ~ (4) の試験の各材齢は練混ぜ後を開始とし、(1) 項の試験の材齢は注水から 1 日, 3 日, 7 日, 14 日, 28 日, (2), (3), (4) は 14 日とした。

(1) 圧縮強度試験: JIS A 1108 に準拠して行った。試験には φ100×200mm の円柱供試体を用いた。

(2) 細孔分布測定試験: φ100×200 mm のコンクリート供試体の表層 10 mm 部分を粒径 5.0~2.5mm の大きさに切断し、凍結乾燥機により乾燥させた試料を用いて、水銀圧入式ポロシメータにより測定を行った。

(3) 連行空気量と連行空気泡間隔係数測定試験: ASTM 457 リニアトラバース法に準拠して行った。

(4) 凍結融解試験: JIS A 1148 の B 法に準拠して行った。供試体は 100×100×400mm の角柱供試体とした。

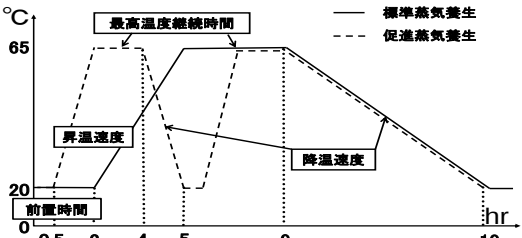


図-1 蒸気養生プログラム

表-1 使用材料

材料名	略号	材料の種類	備考
水	W	水道水	-
セメント	N	普通ポルトランドセメント	密度=3.16g/cm ³ ブレン値=3260cm ²
	H	早強ポルトランドセメント	密度=3.13g/cm ³ ブレン値=4720cm ²
混和材	FA	フライアッシュⅡ種	密度=2.25g/cm ³ ブレン値=3700cm ²
細骨材	S	山砂	表乾密度=2.62g/cm ³ FM=2.49
粗骨材	G	石灰岩碎石	表乾密度=2.70g/cm ³ FM=6.92
混和剤	SP	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
	AE	AE剤	変性ロジン酸化合物系

表-2 コンクリート配合

配合	蒸気養生パターン	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						SP (B*%)	AE (B*%)	空気量 (%)
				W	H	N	FA	S	G			
NFC-L	L	50	0.46	145	-	203	87	852	1031	0.01	0.04	5.6
NFC-S	S	50	0.46	145	-	203	87	852	1031	0.01	0.04	4.9
HFC-L	L	50	0.46	147	206	-	88	847	1025	0.01	0.048	4.5
HFC-S	S	50	0.46	147	206	-	88	847	1025	0.01	0.048	4.7

表-3 蒸気養生パターン

蒸気養生パターン	前置時間	昇温速度	最高温度継続時間	降温速度
	(h)	(°C/h)	(h)	(°C/h)
L	2	15	4	4.5
S	0.5	30	2	45*

※常温 20℃ の環境条件下に暴露

3. 実験結果と考察

3.1 蒸気養生履歴の変化が圧縮強度に及ぼす影響

図-2 (A) より NFC の圧縮強度は、NFC-S が NFC-L と比較して材齢 7 日までは同等の値となり、14 日では約 25%, 28

キーワード プレキャストコンクリート フライアッシュ 蒸気養生 空隙構造 耐凍害性

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14 理工学部土木工学科 TEL/FAX 03-3259-0682

日では12%低い値となった。図-3(B)よりHFCの圧縮強度はHFC-SがHFC-Lと比較して材齢3日までは約35%低く、14日では約25%低くなった。また、HFC-Lより強度が低いHFC-Sは、14日まではNFC-L及びNFC-Sより強度は高く、材齢28日ではNFC-Lと同等となった。

3.2 蒸気養生履歴の変化が空隙構造に及ぼす影響

図-3(A), (B)に表層でのNFC及びHFCの細孔量分布を示す。NFCにおいては、細孔直径 $0.4\mu\text{m}$ 以下ではNFC-L, NFC-S共に同様な分布形状となったが、 $0.4\mu\text{m}$ 以上ではNFC-Lのピーク径が $0.8\mu\text{m}$ 、NFC-Sでは $1.5\mu\text{m}$ となった。HFCにおいては、 $0.1\mu\text{m}$ 以下ではHFC-L, HFC-S共にピークが $0.05\mu\text{m}$ となったが、 $0.1\mu\text{m}$ 以上ではHFC-Lのピークが $0.2\mu\text{m}$ 、HFC-Sのピークが $2.0\mu\text{m}$ となった。NFC, HFC共に促進蒸気養生においてピーク径が大きい方向に移行した。図-4(A), (B)よりNFC及びHFCの標準、促進蒸気養生の連行空気量分布は、各々のピーク径が気泡直径 $0.02\sim 0.3\text{mm}$ となり分布形状も同様となった。気泡間隔係数は、 $170\sim 185\mu\text{m}$ の範囲となりセメントの種類と蒸気養生履歴の変化による影響は少なかった。

3.3 蒸気養生履歴の変化が凍結融解抵抗性に及ぼす影響

図-5より凍結融解試験300サイクルにおける相対動弾性係数はNFC及びHFCの標準、促進蒸気養生共に、約100%を保つ結果となった。また、300サイクル時における質量減少率は、NFC及びHFCの標準、促進蒸気養生共に約3%となった。齊藤ら¹⁾の研究では質量減少率3%程度であればほぼ健全な状態であったとされており、スケーリングによる質量減少量にも影響が少なかったと判断される。

4. まとめ

(1) HFCにおいて、標準蒸気養生より強度が低い促進蒸気養生であっても、材齢14日まではNFCの標準、促進蒸気養生より強度は高く、材齢28日ではNFCの標準蒸気養生と同等となった。

(2) NFC, HFC共に促進蒸気養生は標準蒸気養生と比較して細孔量のピーク径が大きな細孔直径へ移行した。連行空気量分布と気泡間隔係数はNFC及びHFCの標準、促進蒸気養生共に同様となり、セメントの種類と蒸気養生履歴の変化による影響が少なかった。

(3) 凍結融解試験の300サイクルにおいて相対動弾性係数はNFC及びHFCの標準、促進蒸気養生共に約100%となり十分な耐凍害性を保った。

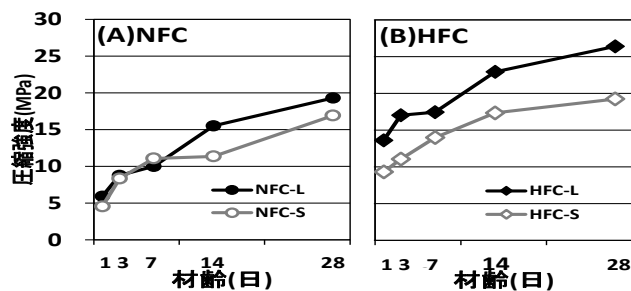


図-2 NFC 及び HFC の圧縮強度

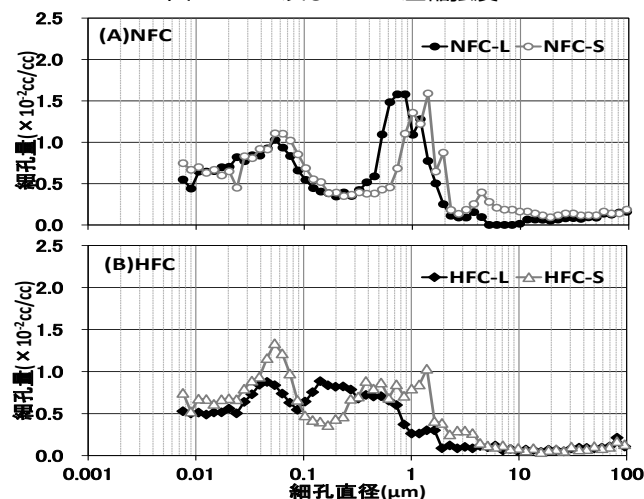


図-3 NFC 及び HFC の各細孔直径における細孔量分布

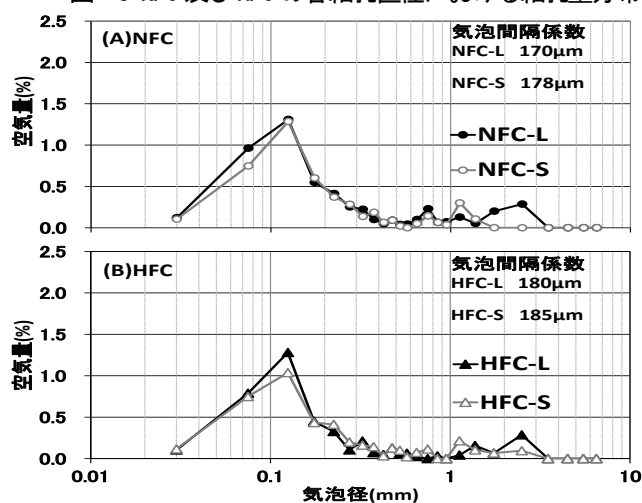


図-4 NFC 及び HFC の連行空気量分布

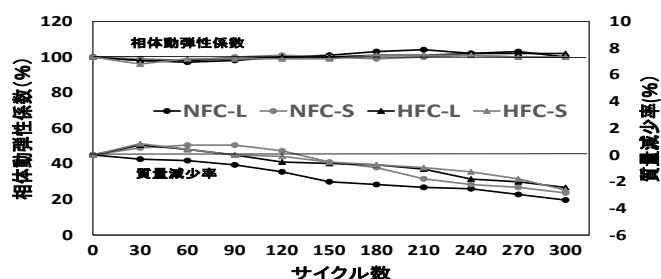


図-5 NFC 及び HFC の相対動弾性係数及び質量減少率

参考文献

- (1) 齊藤進, 丸山正, 谷藤義弘: コンクリート表面含浸材(シラン系)の凍結融解試験結果報告, 土木学会年次学術講演会, No.69, 2014