

フライアッシュコンクリートの蒸気養生履歴が水和反応と空隙構造及び耐凍害性に及ぼす影響

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 佐藤 正己
 日本大学理工学部 正会員 梅村 靖弘

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 サイクルの蒸気養生 (標準蒸気養生) が行われているが、実工場では、工場ヤードの制約から、型枠の回転効率を上げるために 1 日 2 サイクルの蒸気養生 (促進蒸気養生) も行われている。また、冬季では普通セメントから早強セメントに切り替えて脱型強度の改善が行われている。そこで、本研究では FA を混和した普通セメント (NFC) 及び早強セメント (HFC) を対象としたコンクリートを用いて、蒸気養生履歴が水和反応と空隙構造、耐凍害性に及ぼす影響について検討した。

2. 実験概要

使用材料を表-1、コンクリート配合を表-2 に示す。FA の置換率は、セメントに対して質量比の内割 30% と設定し、水結合材比 (W/B) は 50% とした。コンクリート配合のスランブは 10.5 ± 2.5 cm, 空気量は 4.5 ± 1.5 % に設定した。

表-3 に蒸気養生パターンを示す。標準蒸気養生パターン (L) と前置時間、昇温時間、最高温度継続時間、降温時間のそれぞれを短縮させた促進蒸気養生パターン (S) を行った。蒸気養生後は試験材齢まで室温 20°C で封かん養生を行った。試験の各材齢は練混ぜ直後を始点とし、(1)、(5) 項の試験の材齢は 1 日、3 日、7 日、14 日、28 日、91 日、(2)、(3)、(4) は 14 日とした。圧縮強度試験および空隙構造の測定には $\phi 100 \times 200$ mm の円柱供試体、凍結融解試験には $100 \times 100 \times 400$ mm の角柱供試体を用いた。水和反応分析はコンクリート配合から骨材を除いたセメントペースト試料を別途作製し用いた。(1) 圧縮強度試験は、JIS A 1108 に準拠して行った。(2) 連行空気量と連行空気泡間隔係数測定試験は、ASTM 457 (リニアトラバース法) に準拠して行った。(3) 細孔分布測定試験は、供試体の表層 10 mm 部分を粒径 5.0~2.5 mm の大きさに切断し、凍結乾燥機により予備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。(4) 凍結融解試験は、JIS A 1148 の B 法に準拠して行った。(5) セメントと FA の水和反応分析は、所定材齢にセメントペースト試料を粉碎し、アセトンで水和停止したものを試料とした。この試料を用い、熱重量示差熱分

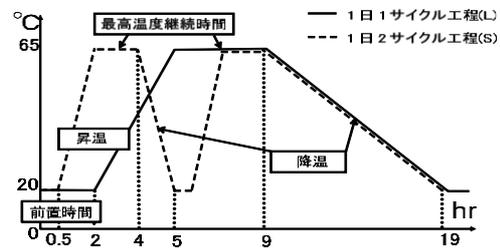


図-1 蒸気養生プログラム
表-1 使用材料

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
			表乾密度=2.62g/cm ³ FM=2.49
細骨材	S	山砂	表乾密度=2.70g/cm ³ FM=6.92
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*)	スランブ (cm)	空気量 (%)	
				W	B	H	N	FA					
NFC-L	L	50	0.48	145	-	203	87	852	1031	0.01	0.04	11.0	5.8
NFC-S	S	50	0.48	145	-	203	87	852	1031	0.01	0.04	11.0	4.9
HFC-S	S	50	0.48	147	208	-	88	847	1025	0.01	0.048	10.5	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	-

析 (TG-DTA) により水酸化カルシウム (CH) 量を測定し、遠心分離法による選択溶解法から FA 反応率を算出した¹⁾。また、XRD/リートベルト法により各セメント鉱物と非晶質を同時に測定した。その定量値と間隙水量、TG-DTA による CH 量、選択溶解法による FA 残存量から相組成を算出し結合材 (B) の反応率を求めた。

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

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より圧縮強度は、NFC-SがNFC-Lと比較して材齢1日では約20%低くなった。一旦、材齢3日,7日で同等となり、14日では約25%低くなった。さらに材齢28日,91日では、その差が小さくなり約10%の差となった。一方,HFC-Sでは、材齢14日までNFC-L, NFC-Sより高くなり、28日,91日で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より連行空気量分布は、各々のピーク径が0.02~0.3mmとなり分布形状も同様となった。また、気泡間隔係数は、全パターンにおいて170~185μmの範囲となり蒸気養生条件とベースセメントの変化による影響は少なかった。図-4より表層での細孔量分布は、細孔直径0.4μm以下では全パターンが同様な分布形状となったが、0.4μm以上ではNFC-Lのピーク径が0.8μm, NFC-S, HFC-Sでは1.5μmとなり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。

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、全パターンにおいて約100%を保つ結果となった。

3.4 蒸気養生履歴の変化が水和反応に及ぼす影響

図-6より結合材反応率は、材齢1日から7日においては全パターンの中でHFC-Sが最も高くなり、圧縮強度においても材齢1日から最も高い強度を示した。その後は各材齢においてNFC-Lと同等となり圧縮強度においても材齢14日以降は同等となった。NFC-Sにおいては、材齢28日まではNFC-L, HFC-Sと比較し低くなったが91日では同等となり、圧縮強度に関してもNFC-L, HFC-Sと比較して14日では約25%であった差が91日では反応の進行に伴い約10%の差と小さくなった。図-7より、FA反応率は、材齢1日から28日にかけてNFC-Lが最も高くなった。一方、NFC-S, HFC-Sは全材齢において同等となり、材齢91日でNFC-Lと同等となった。これらの結果より、FAの反応は、材齢1日ではベースセメントの種類では違いが生じず、蒸気養生時間に大きく影響された。また、蒸気養生時間の長さによる水和反応(ポゾラン反応)の停滞は生じなかった。

4. まとめ

- (1) HFC-Sは、NFC-Lと比較して、圧縮強度、結合材反応率ともに同等以上となった。
- (2) FAの反応は、ベースセメントの種類の影響は殆どなく蒸

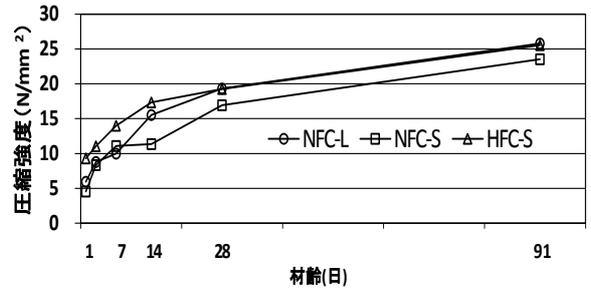


図-2 圧縮強度

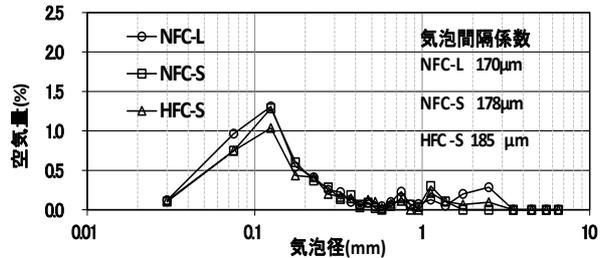


図-3 連行空気量分布

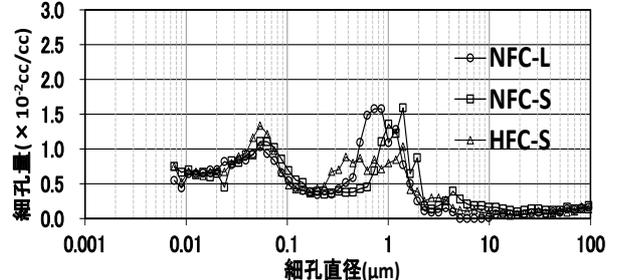


図-4 各細孔直径における細孔量分布

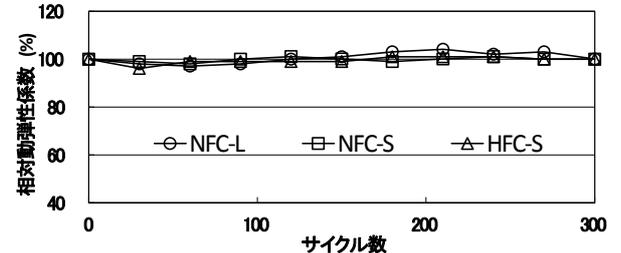


図-5 凍結融解試験における相対動弾性係数

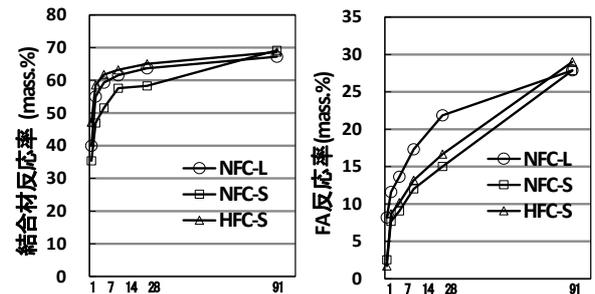


図-6 結合材反応率

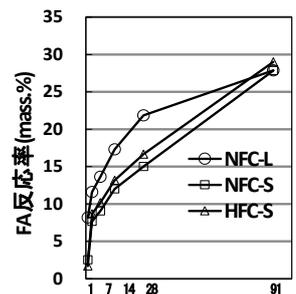


図-7 FA 反応率

気養生時間に大きく影響された。

- (3) 全パターンにおいて連行空気量分布と気泡間隔係数は同等となり、蒸気養生条件、ベースセメントの変化による影響は見られず十分な耐凍害性を保つことが分かった。

参考文献

1) 浅賀喜与志ほか：セメント-石英系水熱反応における未反応石英の定量，窯業協会誌，No.90，pp.397-400，1982