

H1-12

蒸気養生を施したフライアッシュコンクリートの空隙構造と耐凍害性  
 Pore structure and frost damage resistance of fly ash concrete subjected to steam curing

○川元崇寛<sup>1</sup>, 佐藤正己<sup>2</sup>, 梅村靖弘<sup>2</sup>

\*Takahiro Kawamoto<sup>1</sup>, Masaki Sato<sup>2</sup>, Yasuhiro Umemura<sup>2</sup>

Abstract: Precast (PCa) concrete is attracting attention from the viewpoint of productivity improvement at the i - Construction currently undertaken by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport, but improvement of freezing harmfulness is required for PCa concrete in cold climates. Mixing of fly ash (FA) is effective for improving durability, but in the case of substituting cement for interior splitting, the initial strength development is extremely delayed and it is avoided in the field cast concrete. On the other hand, it is clear from the authors' research that steam curing of PCa concrete mixed with FA promotes pozzolanic reaction of FA and increases strength development quickly as the maximum curing temperature is raised. However, in general FA concrete is reported to be inferior in freezing and thaw resistance as compared with NC concrete using ordinary Portland cement [1]. Therefore, in this study, we examined the effect of steam curing on FA frost resistance of FA concrete.

1. はじめに

現在、国土交通省で取り組まれている i-Construction では生産性向上の観点からプレキャスト(PCa)コンクリートが注目されているが、寒冷地における PCa コンクリートでは耐凍害性の向上が求められる。フライアッシュ(FA)の混和は耐久性向上に効果的であるが、セメントに内割り置換した場合は初期強度発現が極めて遅くなり現場打込みコンクリートでは敬遠されている。一方、著者らの研究から FA を混和した PCa コンクリートに蒸気養生を施した場合、最高養生温度を上げていくと FA のポズラン反応が促進し強度発現が早く大きくなることが明らかになっている。しかし、一般的に FA コンクリートは NC コンクリートと比較して凍結融解抵抗性が劣ると報告されている [1]。そこで、本研究では、蒸気養生が FA コンクリートの耐凍害性に及ぼす影響を検証した。

2. 研究概要

使用材料を Table 1, FA コンクリート(NFA)と NC コンクリート(NC)の配合を Table 2 に示す。コンクリートのフレッシュ性状は、スランブ 10.5±2.5cm, 空気量は 4.5±1.5%を目標とした。Table 3 と Figure 1 に蒸気養生プログラムのパターンを示し、養生プログラムは、全 4 水準とした。□□□

3. 試験方法

Table 4 に各試験の試験方法に準拠した規格を示す。スランブ試験、空気量試験、圧縮強度試験、凍結融解試験は JIS 規格に準拠した。気泡間隔係数はリニアトラバース法、細孔径分布は水銀圧入式ポロシメータを用いて測定し、凍結融解試験の開始材齢は 14 日とした。

Table 1 Material list used

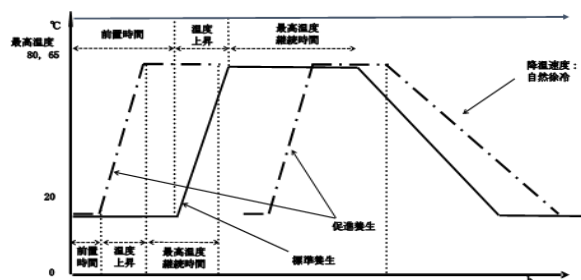
材料名	記号	材料の種類	備考
水	W	水道水	—
セメント	B	N	普通ポルトランドセメント 密度=3.16g/cm <sup>3</sup> ブレン値=3260cm <sup>3</sup> /g
		FA	フライアッシュⅡ種 密度=2.25g/cm <sup>3</sup> ブレン値=3700cm <sup>3</sup> /g 表乾密度=2.63g/cm <sup>3</sup> FI=2.34
細骨材	S	山砂	表乾密度=2.71g/cm <sup>3</sup> FI=6.87
粗骨材	G	石灰増砕石	—
混和剤	SP	AE減水剤	リグニンスルホン酸化合物とポリオール複合体
	AE	AE剤	変性ロジン酸化合物系

Table 2 Recipe

配合	目標スランブ (cm)	目標空気量 (%)	水縮合比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )						スランブ (cm)	空気量 (%)	
					W	B		S	G	SP (B%)			AE (B%)
NC	10.5 ± 2.5	4.5 ± 1.5	50.0	45	162	324	—	817	1030	0.015	0.250	11.0	4.5
NFA	10.5 ± 2.5	4.5 ± 1.5	50.0	45	145	203	87	855	1035	0.09	0.014	10.0	5.4

Table 3 Test method

養生パターン	配合	最高温度 (°C)	前置時間 (h)	昇温速度 (°C/h)	最高温度継続時間 (h)	降温速度 (°C/h)
NC65 °C 標準	NC	65	2	15	4	4.5
NFA65 °C 標準	NFA	65	2	15	4	4.5
NFA65 °C 促進		65	0.5	30	2	—
NFA80 °C 標準		80	2	15	4	4.5
NFA80 °C 促進		80	0.5	30	2	—



□ Figure 1. Method of curing

1 : 日大理工・院(前)・土木 2 : 日大理工・教員・土木

4. 試験結果と考察

4.1 養生パターンが圧縮強度に及ぼす影響

Figure 2 に全パターンの圧縮強度結果を示す. NC65°C標準と他のパターンを比較すると NFA80°C標準, NFA80°C促進は材齢 1 日(脱型)強度で 73%, 25%になり, 同様に NFA65°C標準, NFA65°C促進は 46%, 25%となった. 材齢 28 日強度で同じように NFA65°C標準, NFA65°C促進は各々72%, 43%となり, NFA80°C標準, NFA80°C促進は 66%, 46%となった.

4.2 コンクリートの耐凍害性と空隙構造

Figure 3, Figure 4 に材齢 14 日の細孔径分布を示す. 細孔径分布について NC65°C標準と他のパターンを比較すると NFA80°C標準を除いたすべてのパターンで第一ピーク(0.8~1.4μm)が粗大化した. FA コンクリートの場合, 最高温度を 80°Cにし標準蒸気養生を行うと NC65°C標準と同等の細孔量となり細孔量の増加を抑制することができた. 鎌田らの研究では直径 0.15~1.5μm の細孔量が凍結融解抵抗性と相関があると報告されている [2]. また, 気泡間隔係数が 300μm 以下となり凍結融解抵抗性は得られていると考えられた [3].

Figure 5, Figure 6 に凍結融解試験結果を示す. FA コンクリートの 300 サイクルの相対動弾性係数は, 65°C標準では約 60%, 65°C促進, 80°C標準では 70%~75%, 80°C促進では約 80%となり, NC65°C標準と比較して, FA コンクリートは凍結融解抵抗性が低下した. また, FA コンクリートはスケーリングによる質量減少が顕著であったことから, 蒸気養生によるコンクリート表面部の気泡の摩滅が推察され, このことから凍結融解抵抗性が低下したものと考えられる.

5. まとめ

FA コンクリートにおける蒸気養生では, 従来の最高温度 65°C養生から 80°Cに上げることで初期強度の低下が抑制され,耐凍害性を示す指標である気泡間隔係数と相対動弾性係数を満足し,スケーリングによる質量変化率は十分に耐凍害性を示す値となった.

6. 参考文献

- [1] 千歩修ら:フライアッシュコンクリートの空気連行性・気泡組織と耐凍害性, 日本建築学会構造系論文集,第 67 巻, 第 558 号 p.1-6, 2002
- [2] 鎌田英治ら:コンクリートの耐凍害性におよぼす細孔構造の役割についての統計的解析 日本建築学会構造系論文集, 第 61 巻, 第 487 号, p.1-9, 1996
- [3] 濱幸雄ら:コンクリートの気泡組織に影響する要因と耐凍害性に関する研究,日本建築学会構造系論文集,第 73 巻, 第 634 号, p.2061-2067, 2008

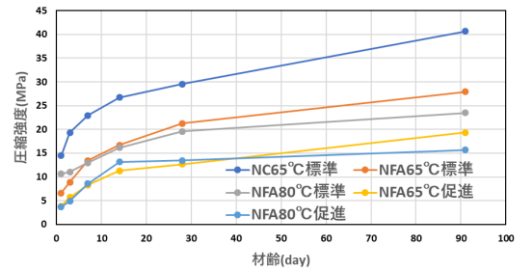


Figure 2. Compressive Strength Test Result

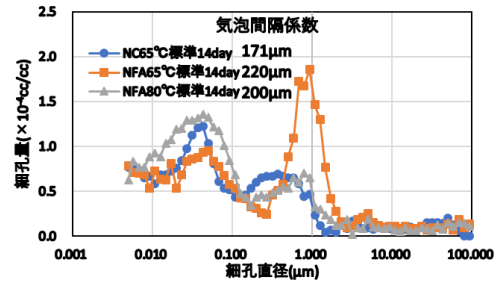


Figure 3. Pore size distribution(standard)

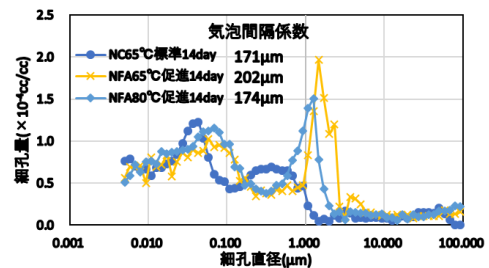


Figure 4. Pore size distribution(promotion)

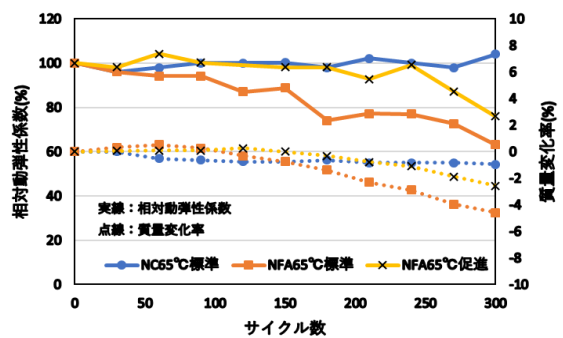


Figure 5. Freeze-thaw test (Maximum temperature 65°C)

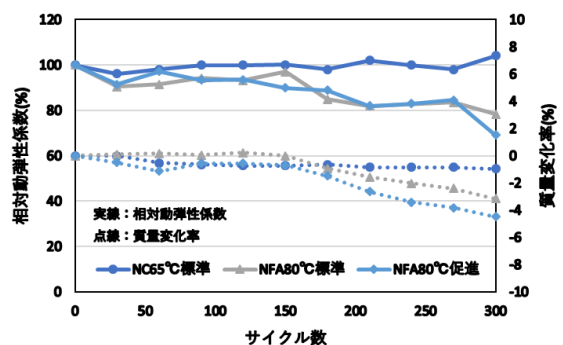


Figure 6. Freeze-thaw test (Maximum temperature 80°C)