

# 石灰系膨張材が凍結融解試験途中の気泡径分布へ及ぼす影響 Influence of Lime-based Expansion Material on Air-void Distribution During Freezing and Thawing Test

○大塚桃菜\*・緒方英彦\*\*・兵頭正浩\*\*\*

OTSUKA Momona, OGATA Hidehiko, HYODO Masahiro

## 1. はじめに

積雪寒冷地に供用されるコンクリート構造物には耐凍害性の確保が求められる。AE 剤による微細な気泡の連行は、毛細管空隙中の水分が凍結する際の凍結膨張圧を緩和する役割を果たすことから、耐凍害性の確保において気泡は重要になる。既往の研究より、石灰系膨張材を混和したコンクリートを対象に凍結融解試験を行った結果、試験終了後の気泡内に水酸化カルシウムが析出し気泡が閉塞していることが確認された<sup>1)</sup>。一方で、凍結融解試験前の養生期間（材齢 28 日）において気泡径分布の変化は確認されなかった<sup>2)</sup>。これらの結果より、石灰系膨張材を混和したコンクリートでは、凍結融解の繰返し作用で気泡が変質し、気泡径分布が変化することが推察される。

そこで本報では、石灰系膨張材混和の有無が凍結融解試験途中の気泡の変質に及ぼす影響を明らかにすることを目的に実験を行った。具体的には、石灰系膨張材を混和、無混和のコンクリート供試体を作製し JIS A 1148 に規定される凍結融解試験を行った。凍結融解試験開始時である相対動弾性係数 100%と凍結融解試験により相対動弾性係数を 80%程度まで低下させた供試体で気泡径分布測定を行った。

## 2. 試験概要

凍結融解試験に使用したコンクリートの配合を表 1 に示す。配合は 2 種類であり、配合 1 は石灰系膨張材を無混和、配合 2 は混和である。セメントは両者とも高炉セメント B 種（密度 3.04g/cm<sup>3</sup>）である。配合 1 では細骨材は混合砂（密度 2.61g/cm<sup>3</sup>、吸水率 1.44）、粗骨材は碎石（密度 2.68g/cm<sup>3</sup>、吸水率 0.91）、高性能 AE 減水剤としてポリカルボン酸エーテル系化合物、配合 2 では細骨材（1）は陸砂（密度 2.58g/cm<sup>3</sup>、粗粒率 3.30）、細骨材（2）は砕砂（密度 2.58g/cm<sup>3</sup>、粗粒率 3.30）、粗骨材は碎石 2005（密度 2.70g/cm<sup>3</sup>、実積率 60.0）、AE 減水剤としてリグニンスルホン酸系化合物を使用した。水セメント比は配合 1 では 61.7%、配合 2 では 53.5%である。作製した供試体は円柱供試体（φ100×200mm）である。打設後の養生方法は、配合 1 では材齢 1 日目か

表 1 コンクリートの配合

Table 1 Concrete mix proportion

種類	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )							フレッシュ性状	
	セメント	水	細骨材 (1)	細骨材 (2)	粗骨材	混和剤	混和材	空気量 (%)	スランプ (cm)
配合 1	339	209	1241		1123	68 (g/m <sup>3</sup> )		1.9	2.5
配合 2	288	154	570	243	1037	2.88	20	5.1	13.5

\*鳥取大学大学院 持続性社会創生科学研究科 Graduate school of sustainability science, Department of dryland science, Tottori university \*\*鳥取大学大学院 連合農学研究科 The united graduate school of agricultural science, Tottori university \*\*\*鳥取大学 農学部 生命環境農学科 Department of agricultural, life and environmental science, Tottori university

石灰系膨張材、凍結融解試験、気泡

ら材齢 28 日まで標準水中養生、配合 2 では材齢 1 日から材齢 2 日まで標準水中養生、材齢 3 日から 5 日まで封緘養生、材齢 5 日から材齢 28 日まで標準水中養生とした。凍結融解試験は水中凍結融解試験（A 法）である。円柱供試体の容器は JIS A 1148 に規定される水膜が 3mm 確保されるように設計したゴムスリーブを用いた。相対動弾性係数はたわみ振動による一次共鳴振動数より算出した。サイクルが進行し、たわみ振動が測定不可能になった際には相対超音波伝播速度から評価した。気泡径分布測定は ASTM C 457 に準拠したリニアトラバース法により行った。測定試料は各配合の円柱供試体をそれぞれ 2 本使用し、中央部で約 4cm 幅に輪切り状に切断した上で、砥粒の粗さを順次細かくしながら研磨盤を用いて研磨（#80、#200、#800）を行ったものである。

### 3. 結果

表 2 に各分析試料の情報を示す。相対動弾性係数は BBFT1 と BBFT3 は初期値のため 100%、BBFT2 と BBFT4 はそれぞれ相対動弾性係数が約 80% のものである。BBFT2 と BBFT4 は配合が異なるためサイクル数も異なる。図 1、図 2 に気泡径分布の結果を示す。図 1 は石灰系膨張材無混和の供試体の結果である。相対動弾性係数の低下による気泡径分布の変化は確認されなかった。また気泡測定装置より得られる画像では閉塞した気泡は見られなかった。一方で、図 2 に示す石灰系膨張材を混和した供試体では 50～150 $\mu\text{m}$  の範囲で気泡比率が減少する傾向が見られた。また気泡画像では、気泡内に白色の析出物が気泡内に全体的に析出し閉塞している気泡や、気泡の円周部に析出し閉塞途中の気泡が確認できた。今回は相対動弾性係数が約 80% のときの比較を行ったが、劣化が進行すると供試体内に水が浸入することで析出物が生成しやすくなると考えられることから相対動弾性係数を 80% 以下に低下させた供試体でも測定を行い、気泡径分布の違いを評価する必要がある。

### 4. まとめ

本報で得られた知見としては、石灰系膨張材を混和したコンクリートでは、相対動弾性係数を 80% 程度まで低下させると 50～150 $\mu\text{m}$  の範囲の気泡比率が減少することが確認された。

#### 参考文献

- 1) 大塚桃菜、緒方英彦、兵頭正浩：JIS A 1148 凍結融解試験前後における気泡径分布の比較、第 75 回セメント技術大会講演要旨、pp. 178-179（2021）
- 2) 大塚桃菜、緒方英彦、兵頭正浩：石灰系膨張材を使用したコンクリートの材齢進行に伴う気泡の評価、第 76 回セメント技術大会講演要旨（2022）

表 2 各分析試料の情報

Table 2 Information of each analysis sample

	名称	相対動弾性係数 (%)	サイクル (回)
配合 1	BBFT1	100	0
	BBFT2	79.6	20
配合 2	BBFT3	100	0
	BBFT4	77.4	240

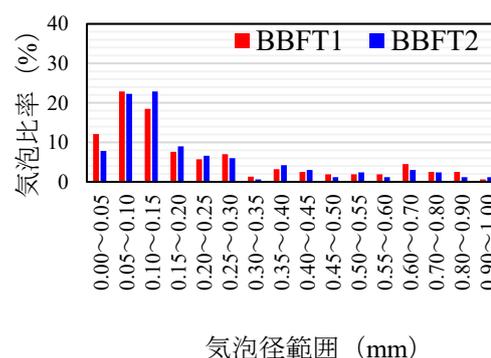


図 1 気泡径分布図：膨張材無混和  
Fig. 1 Air-void Distribution  
: Non-expansive concrete

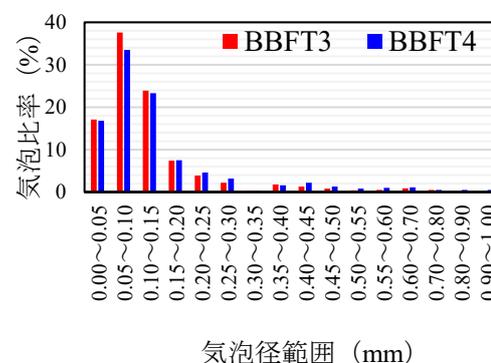


図 2 気泡径分布図：膨張材混和  
Fig. 2 Air-void Distribution  
: Expansive concrete