

## 蒸気養生における前養生時間の違いがコンクリート中の気泡の形態と分布に及ぼす影響 Effects of Differences of Pre-curing of steam curing on forms and distribution of air voids in concrete

○山崎 康史\*、周藤 将司\*\*、兵頭 正浩\*\*\*、緒方 英彦\*\*\*\*

○Yamasaki Koji, Suto Masashi, Hyodo Masahiro and Ogata Hidehiko

### 1. はじめに

積雪寒冷地に建造されたコンクリート構造物は、凍結融解の繰返し作用を受けることで凍害が生じることがある。耐凍害性が高いコンクリート構造物を建造するためには、材料であるコンクリートの凍結融解抵抗性を高める必要がある。そして、凍結融解抵抗性を高めるために最も一般的な対策となるのが、AE剤によりコンクリート中に微細な気泡を連行することである。これは、現場打ちコンクリートだけでなくコンクリート二次製品であるプレキャストコンクリート（以下、PCa）においても同じである。PCaでは、主に常圧蒸気養生（以下、蒸気養生）を実施するが、既往の研究より蒸気養生条件の違いがコンクリート二次製品の品質に違いを生じさせることが明らかになっている。しかし、蒸気養生が連行された微細な気泡にどのような影響を及ぼしているのかを微視的観察により検討した事例は少ない。そこで本研究では、前養生時間が異なるコンクリート供試体に蒸気養生を行い、供試体の打設面および中央部の断面を対象に気泡の形態の観察および気泡個数を評価した。

### 2. 試験概要

本実験で用いた円柱供試体（φ100×200mm）の配合を表1に示す。フレッシュ時の空気量は7.0%、スランプは19.0cmである。材齢28日の標準水中養生（水温20±1°C）を行った供試体における圧縮強度は36.0N/mm<sup>2</sup>であった。本実験で用いた供試体は、3条件の前養生時間で蒸気養生を行った供試体（SIW（始発後）、SFW（終結後）およびSHW（硬化後））と水中養生を行った供試体（CT）の合計4種類である。SIW、SFWおよびSHWの前養生時間はJIS A 1147:2019（コンクリートの凝結時間試験方法）で求められる始発時間および終結時間を踏まえ、練混ぜ後から430分（SIW）、500分（SFW）、600分（SHW）とした。蒸気養生は各前養生時間を経た後、昇温速度20°C/h、最高温度60°C、保持時間3時間、養生槽内外の温度差が小さくなるまで徐冷した温度履歴で実施した。蒸気養生後、供試体は材齢1日で脱型し、その後水温20±1°Cの

表1 配合

Table 1 Mix proportions

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				
		W	C	S	G	Ad
53.0	45.9	160	302	583	954	0.181

セメント：研究用セメント（密度3.14g/cm<sup>3</sup>）

細骨材：岡山県産の砕砂と鳥取県産の砂丘砂を重量換算で等量混合した混合砂（密度2.58g/cm<sup>3</sup>、吸水率1.60%）

粗骨材：山口県産安山岩砕石（密度2.68g/cm<sup>3</sup>、吸水率0.91%）

混和材：高性能AE減水剤（レオビルドSP8N、エヌエムビー）

\* 鳥取大学大学院持続性社会創生科学研究科国際乾燥地科学専攻 Department of Dryland Science Graduate school of Sustainability Science, Tottori university \*\*松江工業高等専門学校環境・建設工学科 Department of Civil and Environmental Engineering, National Institute of Technology, Matsue College \*\*\*鳥取大学農学部 Department of Agricultural, Tottori university \*\*\*\*鳥取大学大学院連合農学研究科 The united graduates school of Agricultural Sciences, Tottori university

キーワード：プレキャストコンクリート、蒸気養生、気泡

水中養生を材齢 28 日まで行った。CT は材齢 1 日で脱型し、水温 60°C の水中養生を材齢 28 日まで行った。気泡測定は ASTM C 457 のリニアトラバース法に準拠して行った。測定面は打設面および打設面から底面方向へ 7.5cm、12.5cm における切断面である。

### 3. 結果と考察

図 1 に各断面の総気泡個数を示す。全ての供試体の打設面の気泡個数は、打設面から 7.5cm、12.5cm の供試体中央部の切断面の気泡個数よりも多い。これは供試体作製時の締め固め（木づちによる振動）によって気泡が打設面に移動したことが原因だと考えられる。また、各供試体の打設面を比較すると SIW の気泡個数が最も多い。蒸気養生を行った供試体は打設面を露出して養生したため、打設面は最も蒸気の影響を受けたと考えられる。そのため、SIW は蒸気養生によって供試体温度が上昇し、微細な気泡が上部に移動したために打設面における気泡個数が多くなったと考えられる。一方、SIW と比較して、SFW および SHW の気泡が少なくなったのは、前養生時間が長くなるにつれてコンクリートは水和反応が進行し、流動性を失うためと推察される。

蒸気養生を行った供試体では、全ての断面に気泡同士が合体したような形態の気泡が水中養生を行った供試体と比較して数多く見られた。図 2 に健全な気泡の例、図 3 に合体した気泡の例を示す。図 3 より、気泡の内面に別の気泡が合体した気泡や、上下に重なるように合体した気泡が確認できた。打設面では、合体した気泡が相対的に大きく、同時に気泡個数も多く見られたことから、蒸気養生は供試体表面部および内部における気泡の形成に影響を及ぼすと考えられる。また、合体した気泡は粗大な空隙となるため、凍結融解抵抗性が低下する可能性が考えられる。よって蒸気養生による気泡の移動および気泡の合体は、凍結融解抵抗性を低下させる要因の一つになる可能性が示唆された。

### 4. まとめ

本研究では、打設面と供試体中央部を対象に気泡の形態の観察および各断面の気泡個数を評価した。その結果、総気泡個数は全ての供試体において、供試体内部よりも打設面の方が多いことがわかった。また、蒸気養生を行った供試体では、打設面に合体した気泡が数多く見られることがわかった。

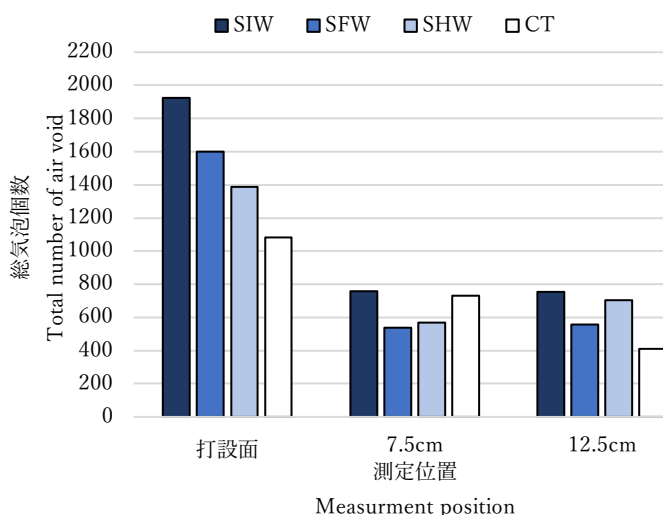


図 1 総気泡個数

Fig.1 Total number of air void

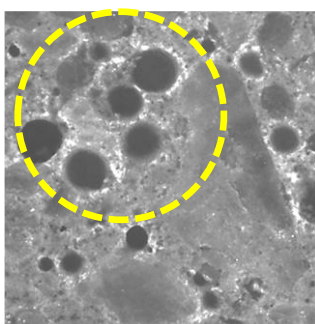


図 2 健全な気泡  
Fig2 Original air void

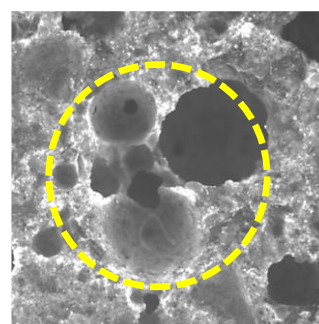


図 3 合体した気泡  
Fig.3 Coalesced air void