

蒸気養生後の二次養生条件の違いが骨材周囲の元素組成に及ぼす影響
Effects of Differences of Subsequent curing condition of Steam curing on Elemental composition
around Aggregate

○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。この対策の一つに、セメントペーストの空隙率を下げる事が挙げられる。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）を実施後、出荷日まで二次養生として主に気中養生や水中養生が行われる。蒸気養生および二次養生条件の違いは、PCaの品質に違いを生じさせる^{1),2)}。既往の研究より蒸気養生は、細孔度が高いとされる遷移帯の厚さを増加させ¹⁾、セメントペーストの空隙率を増加させる³⁾。本研究の一環で別途実施した凍結融解試験の結果から二次養生条件が気中養生の供試体は、水中養生の供試体より凍結融解抵抗性が優れていた。この結果を踏まえ、本研究では蒸気養生を行ったコンクリート供試体の二次養生に水中養生または気中養生を実施し、遷移帯に着目した骨材周囲の元素組成をEDXによる元素分析から評価した。

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/mm²であった。本実験で用いた供試体は、蒸気養生の前養生時間が異なる供試体（I（始発後）、F（終結後）およびH（硬化後））に、二次養生として水中養生(W)または気中養生(A)を組み合わせた6種類である。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(I)、500分(F)、600分(H)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、二次養生として水温20±1°Cの水中養生(W)または気温20°C±1°Cの気中養生(A)を材齢28日まで行った。元素

表1 配合

Table 1 Mix proportions

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
		W	C	S	G	Ad
53.0	45.9	160	302	853	954	0.181

セメント：研究用セメント（密度3.14g/cm³）

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/cm³、吸水率1.60%）

粗骨材：山口県産安山岩砕石（密度2.68g/cm³、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、元素組成

分析は、既往の研究⁴⁾を参考に EDX を用いて材齢 28 日以降の供試体を実施し、分析結果から算出した Ca/Si 比を用いて評価した。Ca/Si 比は、打設面の無作為に選定した骨材および骨材とセメントペーストの境界から 70 μm まで 10 μm 間隔を目安に 8 点の計 9 点を分析し、得られた原子数濃度 (atm%) から算出した。

3. 結果と考察

図 1 に元素分析の結果を示す。今回の元素分析からは、二次養生条件の違いが元素組成に及ぼす影響は確認できなかった。遷移帯は水和反応中に生じるイオン拡散によって水酸化カルシウムが積層する³⁾。また、蒸気養生の徐冷期間

にコンクリート供試体と養生槽内温度の間の温度差から生じる蒸気圧勾配によって乾燥収縮が起きる²⁾。よって、徐冷期間中に乾燥した供試体に、水中養生を実施すると、水分が骨材とセメントペーストの境界相に供給され、気中養生の供試体よりイオン拡散が促進されるため遷移帯厚さが大きくなり、分析結果に違いが生じると考えられた。しかし、現在までの限られた分析では確認できなかったことから、分析結果を蓄積する事で実証したい。

4. まとめ

二次養生条件が異なる供試体の打設面における骨材周囲の元素組成を遷移帯に着目して評価した。その結果、二次養生条件の違いによる元素組成の違いは見られなかった。これまで二次養生条件の違いがコンクリートの性質に及ぼす影響が議論されている中¹⁾²⁾、本研究で実施した凍結融解試験の結果となる要因を元素分析および文献調査から追求する必要がある。

【参考文献】

- 1) Abdulla M. Zeyad et al, Review on effect of steam curing on behavior of concrete, Cleaner Materials 3 100042 (2022)
- 2) Liu et al, Effects of curing methods of concrete after steam curing on mechanical strength and permeability, Construction and Building Materials, Volume 256, 119441 (2020)
- 3) Ollivier et al, Interface transition zone in concrete, Advanced Cement Based Materials, Volume 2 Issue 1, 30-38 (1995)
- 4) Wattanachai et al, A STUDY ON CHLORIDE ION DIFFUSIVITY OF POROUS AGGREGATE CONCRETES AND IMPROVEMENT METHOD, Doboku Gakkai Ronbunshuu E, Vol.65 No.1, 30-44 (2009)

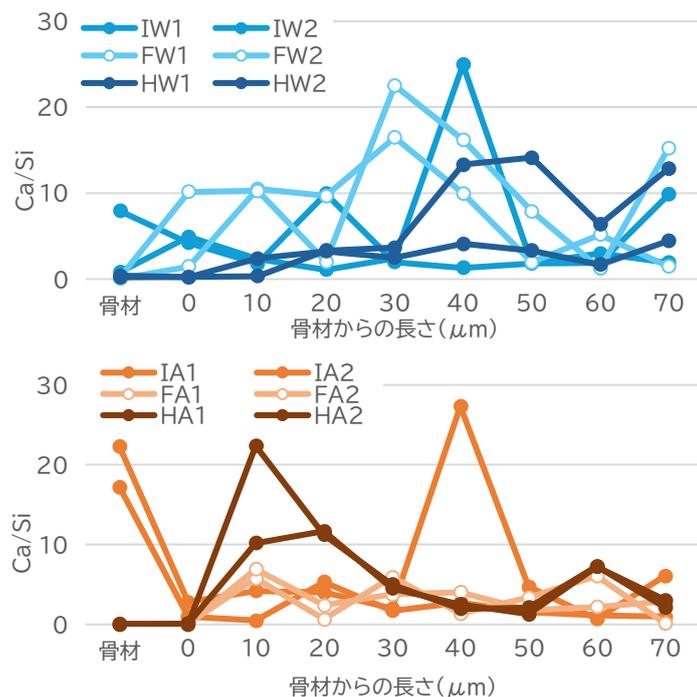


図 1 元素分析
Fig.1 Elemental analysis