

蒸気養生および中性化促進を施したコンクリートの凍結融解抵抗性 Freeze-Thaw Resistance of Concrete Subjected to Steam Curing and Accelerated Carbonation

○桑原 慎太郎*, 河野 葉*, 周藤 将司**, 緒方 英彦***

Shintaro Kuwahara, Shiori Kawano, Masashi Suto and Hidehiko Ogata

1. はじめに

近年、工期の短縮および現場における人員削減の観点からプレキャストコンクリートの利用が推進されている。プレキャストコンクリートの多くは、促進養生として蒸気養生を施す。蒸気養生は、初期の水和反応を促進させる一方で、耐凍害性低下の要因となることが知られている。例えば、大塚らは、蒸気養生を施したコンクリートの表面には、微細なひび割れが発生することを明らかにしている¹⁾。

また、プレキャストコンクリートは、出荷されるまで屋外に静置され、供用開始後も外気に曝されるものが多い。このことから、寒冷地で外気に曝される環境で供されるプレキャストコンクリートでは、凍害に加えて中性化についても考慮する必要がある。しかし、プレキャストコンクリートの中性化と凍害の複合劣化に関する研究は少ないのが実情である。そこで、本研究では、蒸気養生を受けたコンクリート供試体に中性化促進を施し、その後に凍結融解試験を行うことで、プレキャストコンクリートの複合劣化に関する検討を行った。

2. 概要

本研究で用いるコンクリートの使用材料を表1、配合表を表2に示す。作製する供試体の前養生時間は、95分と365分の2水準とした。これらの時間は、コンクリート

表1 使用材料

Table1 Materials

| 使用材料 | 記号 | 性質 |
|------|------------|--|
| 水 | W | 上水道水 |
| セメント | C | 普通ポルトランドセメント 密度 3.16g/cm ³ |
| 細骨材 | S | 加工砂 密度 2.56g/cm ³ 粗粒率 3.05 |
| 粗骨材 | G | 碎石 1505 密度 2.72g/cm ³ 粗粒率 6.40 |
| 混和剤 | Ad1 Ad2 | コンクリート製品用高性能減水剤 コンクリート用空気連行剤 |

表2 配合表

Table2 Mix Proportions

| W/C (%) | 単位量 (kg/m ³) | | | | | Ad2 (×C%) |
|------------|--------------------------|-----|-----|------|------|--------------|
| | W | C | S | G | Ad1 | |
| 46 | 175 | 381 | 730 | 1023 | 1.71 | 0.03 |

の凝結開始時間と、凝結終了時間に合わせて蒸気養生を開始することを念頭に置いて設定した。同一の蒸気養生槽で蒸気養生を施すために、水準ごとに分けて打設を行った。1バッチ目（前養生時間 365 分）のスランプは 19.0cm, 空気量は 4.5%であった。2バッチ目（前養生時間 95 分）のスランプは 6.5cm, 空気量は 5.5%であった。

本研究の供試体寸法は、横・縦（打設面）が 10cm, 高さが 40cm の角柱供試体とした。蒸気養生後は、翌日に脱型し、材齢 21 日まで中性化促進を行った。中性化促進は温度 20°C, CO₂濃度 5% の条件で行い、供試体のシールは行わなかった。その後、材齢 21 日から 7 日間水中養生を実施した後、材齢 28 日から凍結融解試験を開始した。凍

*松江工業高等専門学校専攻科生産・建設システム工学専攻 Advanced Production and Construction Systems Course, Advanced Engineering Faculty, Matsue College **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、凍結融解抵抗性、中性化

結融解試験は JIS A 1148 に準拠して行った。測定項目は JIS A 1148 の項目に加えて、直接法による超音波伝播時間とした。直接法は、表面から深さ 100, 200, 300mm の点で測定を行った。得られた値から相対伝播時間を算出²⁾し、凍結融解抵抗性の評価を行った。

3. 結果と考察

中性化促進後、中性化深さの測定を行った。中性化深さは、供試体側面部からの深さを測定した。その結果、前養生時間 95 分の供試体で 5.4mm、前養生時間 365 分の供試体で 4.8mm であった。今回の測定では、前養生時間が短いほうが、中性化深さが大きい結果となった。前養生時間が短いものは、凝結が進行する前に蒸気養生を受けており、コンクリート表面の密実性が低くなっていたことが考えられる。その結果として CO₂ の浸透が容易となり中性化深さも大きくなつたと推察される。

相対動弾性係数の変化を図 1 に示す。図中の黒線は、同配合で標準養生を行った供試体の結果である。前養生時間が短く、中性化深さが大きい供試体は、試験終了時まで 100%付近で推移している。一方、前養生時間が長く、中性化深さが小さい供試体の値は、試験終了時に 76% であった。

直接法によって得られた相対伝播時間を図 2 に示す。超音波伝播時間も相対動弾性係数と同様の傾向を示している。この結果からも中性化深さが大きい供試体のほうが凍結融解抵抗性に優れているといえる。

本研究では、既往の報告³⁾とは異なり、前養生時間が短いほうが凍結融解抵抗性に優れる結果が得られた。これは、中性化により生成される炭酸カルシウムによって緻密な層が発生することが関係していると考えられる。この緻密な層の存在が、一次共鳴振動数の低下および超音波伝播時間の上昇を抑制した可能性が考えられる。この考

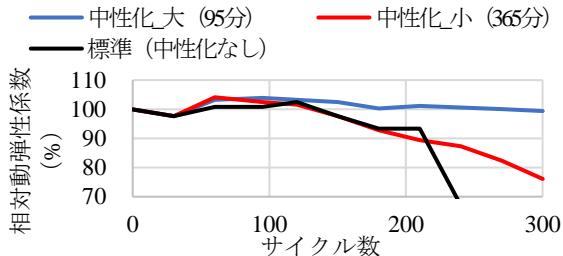


図 1 相対動弾性係数
Fig.1 Relative Dynamic Modulus

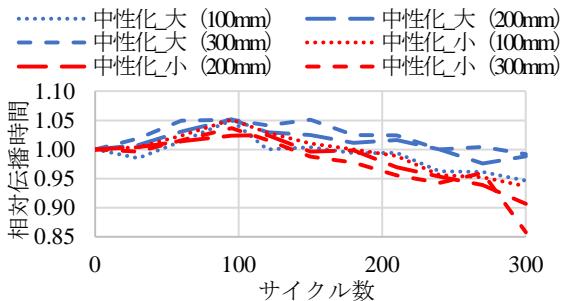


図 2 相対伝播時間
Fig.2 Relative Ultrasonic Time

察は、図 1 の標準の供試体が中性化促進を受けた供試体よりも早く値が低下していることの説明にもつながる。

4. まとめ

蒸気養生を施した供試体に、促進中性化を施した場合、前養生時間が短いほうが、中性化深さが大きいという結果となった。また、中性化深さが大きい供試体のほうが、中性化深さが小さい供試体と比較して、凍結融解抵抗性に優れるという結果を、相対動弾性係数、相対伝播時間から確認した。

参考文献

- 1) 大塚ら：コンクリートの蒸気養生過程で発生する表面微細ひび割れの性状に関する検討，土木学会論文集，No.520, V-28pp.143-155, 1995
- 2) 谷口ら：JIS A 1148 凍結融解抵抗性試験の指標値（測定項目）に関する検討，コンクリート工学年次論文集, Vol.43, No.1, pp.580-585, 2021
- 3) 桑原ら：蒸気養生を施したコンクリートの位置による凍結融解抵抗性の違いについて，農業農村工学会大会講演会公演要旨集, pp.53-53, 2024