

促進養生がコンクリート製品の耐凍害性に与える影響

Influence of Accelerated Curing Method of Precast Concrete to Frost Damage Resistance

○周藤 将司*, 高田 龍一*, 松浦 知希**

SUTO Masashi, TAKATA Ryuichi and MATSUMURA Tomoki

1. はじめに

近年、水利施設などの建設現場においてプレキャストコンクリート（以下、PCa）への期待が高まっている。PCaは、一般に促進養生によって強度増進を促し、脱枠強度や出荷強度を早期に満足するようにして製造されている。PCaを寒冷地において使用する場合には、耐凍害性を考慮しなければならない。凍害に対する製造段階における対策としては、空気量や気泡径の調整が行われている。ここで、フレッシュコンクリート中の気泡組織は、製造時の打込みや締固めなどによって変化することが知られている¹⁾。PCaで行う促進養生も気泡組織を変化させる一因となるが、その影響度合いやメカニズムについての研究事例は少ないのが現状である。

そこで、本研究では、十分な耐凍害性を有するPCaの製造条件の確立を最終的な目的として、主に養生条件の違いによる凍結融解抵抗性の違いについての検討を行った。また、養生条件の違いが気泡間隔係数に与える影響についての検討も併せて行った。

2. 試験概要

本試験で使用したコンクリートの現場配合表をTable 1に示す。セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材には島根県仁多郡奥出雲町産花崗岩、粗骨材には広島県三次市布野町産安山岩を使用した。混和剤には、コンクリート製品向け高性能減水剤とAE剤を用いた。フレッシュコンクリートの品質は、スランプ $8.0\pm 2.5\text{cm}$ 、空気量 $6.0\pm 1.0\%$ で管理した。

配合は、W/Cを変化させた種々の配合とした。これは、PCaの製造過程を経た上で、要求性能を満足できるコンクリートのW/Cの目安を明らかにすることを目的としたものである。本研究では、圧縮強度

と凍結融解抵抗性の双方を検討材料とした。

型枠打込み時には、突き棒による突固めを行ったうえで、振動台式振動機で15秒間振動を加えた。空気量の測定時にも同様に15秒の振動を加え、振動後の空気量として測定を行った。なお、振動後の空気量は目標値を $4.5\pm 1.0\%$ とした。空気量の実測値は、Table 1に配合と合わせて示す。

打込み後に前置き時間を確保した後、蒸気養生を行った。養生条件はTable 2に示す3種である。

圧縮強度試験はPCaの出荷材齢を考慮して材齢14日でJIS A 1108に準じて、凍結融解試験はJIS A 1148に準じて行った。試験開始材齢は28日を基準とし、No.6, 7は14日とした。これも出荷材齢を考慮してのことである。供試体の評価には、一次共鳴振動数から求まる相対動弾性係数を用いた。

3. 結果と考察

圧縮強度試験結果をFig.1に示す。1回転（規格通り）では 30N/mm^2 を超えた一方で、2回転では1回転と比較して強度が劣ることが確認された。特に、No.7のW/C40%で2回転のコンクリートでは、同配合で1回転（規格通り）のNo.6の半分程度の強度発現となった。2回転での強度発現性を考慮して行ったW/C35%のNo.5においても 25N/mm^2 程度の値となった。これらは、急激な水和反応によって、初期に強固でない水和生成物が生成されたためであると考えられる。

凍結融解試験より得られた相対動弾性係数の結果をFig.2に示す。養生方法の違いに着目すると（No.1とNo.2, No.3とNo.4）、凍結融解抵抗性は1回転（急勾配）の方が1回転（規格通り）よりもやや劣るものの、その差は僅かであった。この2つの養生方法

*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, **長岡技術科学大学 環境社会基盤工学課程, Department of Civil and Environmental Engineering, Nagaoka University of Technology, キーワード: コンクリート, 二次製品, 凍害, 促進養生, 気泡間隔係数

Table1 現場配合および凍結融解試験条件
Mix proportion and making conditions of concrete

No.	凍結融解試験条件			単位量 (kg/m ³)					実測空気量 (%)					
	W/C (%)	養生方法	試験開始材齢 (日)	水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤	振動前	振動後				
1	45	1回転 (規格通り)	28	144	362	734	1045	5.79	5.4	-				
2		1回転 (急勾配)							5.4	3.3				
3	1回転 (規格通り)	145							408	701	1040	6.12	7.1	5.7
4	1回転 (急勾配)												6.8	5.7
5	35	2回転 (急勾配)	148	466	662	1027	6.99	7.0	6.5					
6	45	1回転 (規格通り)	14	163	362	715	1045	4.34	6.0	5.0				
7		2回転 (急勾配)							6.7	5.7				

Table2 養生条件
Curing condition

養生	前置き時間	温度上昇勾配	最高温度	等温保持時間
1回転 (規格通り)	2h	20°C/h	65°C	約1.5h
1回転 (急勾配)	2h	約50°C/h	65°C	約2.5h
2回転	なし	約50°C/h	78°C	約2.5h

は、最高温度は同じ65°Cである。このことから、温度上昇勾配の違いが凍結融解抵抗性に与える影響は小さいことが示唆される。凍結融解抵抗性に与える影響については、前置き時間や等温保持時間の違いによる影響も含めて複合的な要因を検討することで明らかにできると考えられる。

No.6 と No.7 の結果は、両者ともに 300 サイクルで相対動弾性係数が 85% を上回る結果となった。ここで、No.6, 7 については別途供試体を作製して気泡間隔係数の測定を行った。その結果、No.6 は 245 μ m, No.7 は 236 μ m となり、両者の気泡間隔係数は同等であった。既往の報告により蒸気養生の温度勾配は、気泡間隔係数に影響を及ぼさないことが明らかにされている¹⁾。本試験の結果もそれに当てはまるものだったと言える。しかし、同報告では、高温で養生することで気泡間隔係数が大きくなるとの報告もあり、これは本試験結果とは合致しない。また著者らの既往の研究²⁾では、1回転と2回転では2回転の方が高い凍結融解抵抗性を示すことを確認している。これらのことから、蒸気養生が気泡間隔係数や凍結融解抵抗性に与える影響については、今後試験データを蓄積しながら、更なる検討を行うことが必要であると言える。

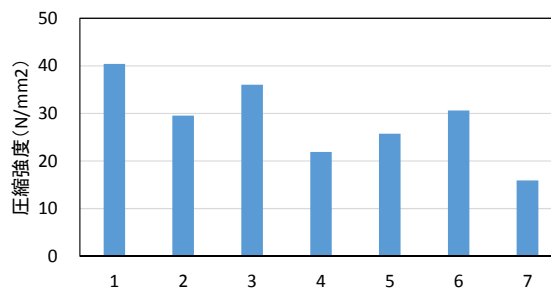


Fig.1 圧縮強度
Compressive Strength

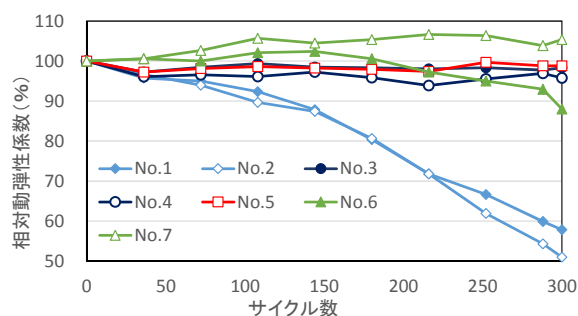


Fig.2 相対動弾性係数
Relative dynamic modulus of elasticity

4. まとめ

本試験では、圧縮強度と相対動弾性係数を指標として凍結融解抵抗性を有する PCa の製造条件についての検討を行った。促進養生の条件は圧縮強度については大きく影響するものの、凍結融解抵抗性に及ぼす影響は少ないことが確認された。現在、本試験と同条件で製造したいくつかの供試体を暴露試験に供している。今後は、それらの経過観察も行いつつ、さらなる製造条件の精査を進める予定である。

参考文献

- 1) コンクリート中の気泡の役割・制御に関する研究委員会 (2016) : コンクリート中の気泡の役割・制御に関する研究委員会報告書, 日本コンクリート工学会, pp.68-72
- 2) 周藤将司ら (2016) : 島根県における耐凍害性を有するコンクリート製品に関する検討, 第 65 回農業農村工学会大会講演会, 発表概要集 (CD-ROM)