

## 促進養生方法の違いによるコンクリートの気泡間隔係数と耐凍害性

松江工業高等専門学校 正会員 ○周藤将司 高田龍一  
長岡技術科学大学 松浦知希

## 1. はじめに

近年、プレキャストコンクリート（以下、PCa とする）への期待が高まっている。PCa は、工場において打設され、一般に促進養生によって強度増進を促して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 が積雪寒冷地において使用される場合には、PCa が耐凍害性を有していなければならない。長谷川の作成した凍害危険度マップからは、「危険度 I」のエリアが九州、四国地方にも分布していることがわかる<sup>1)</sup>。凍害は凍結融解の繰返し作用によって進行する現象であるが、有効な対策として AE 剤によるエントレインドエアの添加が挙げられる。エントレインドエアに限らず、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。PCa で行う蒸気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は、明らかにされてい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 の製造条件の確立に向けて、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表 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

野町産安山岩をそれぞれ使用した。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は、スランプ 8.0±2.5cm、空気量 6.0±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（ここでは圧縮強度と耐凍害性）を満足できるコンクリートの W/C の限界を明らかにすることを目的としたものである。本試験の圧縮強度の要求値は、圧縮強度  $\sigma_{14}=30\text{N/mm}^2$  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±1.0%とした。空気量の実測値は、表 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。養生条件は表 2 に示す 3 種である。回転とは、養生装置の一日の稼働回数のことを指している。ここで、気泡間隔係数の測定は、表 1 の No.6 と No.7 の養生方法の異なるコンクリート供試体を用いて行った。

圧縮強度試験は、材齢 14 日で JIS A 1108 に準じて行った。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。これは、材齢 14 日でも出荷される場合を考慮してのことである。供試体の評価には、相対動弾性係数を用いた。

表 1 現場配合および凍結融解試験条件

No.	凍結融解試験条件			単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					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	40	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

キーワード 凍害、凍結融解試験、気泡間隔係数、二次製品、プレキャストコンクリート、蒸気養生

連絡先 〒690-8518 島根県松江市西生馬町 14-4, TEL/FAX 0852-36-5260

表2 養生条件

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

3. 結果と考察

圧縮強度試験結果を図1に示す。1回転(規格通り)では30N/mm<sup>2</sup>を満足した一方で、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<sup>2</sup>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。このことから、2回転でPCaを製造する場合には、強度発現に注視しなければならないことが確認された。

凍結融解試験より得られた相対動弾性係数の結果を図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少ないのではないかと考えられる。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、気泡間隔係数に着目すると、No.6は245μm, No.7は236μmであり、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<sup>2)</sup>。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<sup>2)</sup>、これは本試験結果とは合致しない。蒸気養生が気泡間隔係数に与える影響については、未解明な点も多く、今後試験データを蓄積しながら、詳細な検討をしていくことが必要であると考えられる。

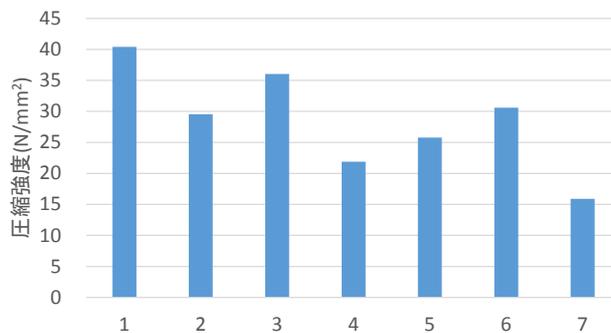


図1 圧縮強度試験結果

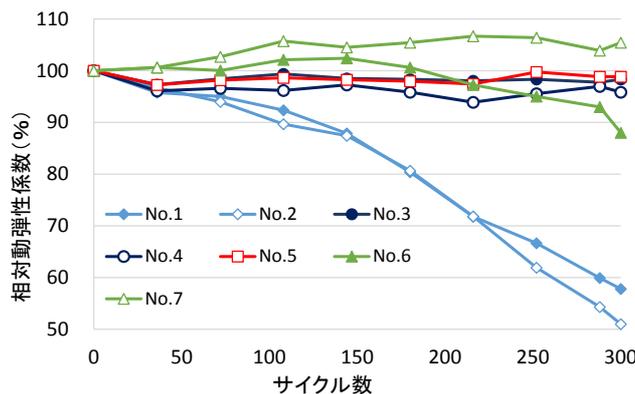


図2 相対動弾性係数結果

本試験結果の範疇からは、2回転で製造した供試体は、強度面からは本試験で目標とした30N/mm<sup>2</sup>を満足しないものの、凍結融解抵抗性は有する結果となった。しかし、W/Cを35%まで下げた場合では、実際の製造にはセメント量の観点から不適とされることが想定される。2回転での製造では、要求性能と製造コストの調整が必要になると言える。

4. まとめ

本試験から得られた結論を以下に示す。

- (1) 促進養生条件を厳しくすると、圧縮強度は影響を受けて低下する。特に本試験においては、2回転とすると半分程度の値まで低下する。
- (2) 促進養生条件を厳しくしても、相対動弾性係数に与える影響は少ない。しかし、既往の報告と異なる点もあるため、今後さらなる検討が必要となる。

参考文献

- 1) 長谷川寿夫(1975):コンクリートの凍害危険度算出と水セメント比限界値の提案,セメント技術年報, No.29, pp.248-253
- 2) 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