

## 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 Study on Precast Concrete Having Frost Damage Resistance in Shimane Prefecture

○周藤 将司\*, 高田 龍一\*, 江木 俊雄\*\*

SUTO Masashi, TAKATA Ryuichi and EGI Toshio

### 1. はじめに

寒冷地で供用されるコンクリートでは、AE 剤の添加によってコンクリート内の空気を調整し、凍害の対策を行う必要がある。凍害危険度マップによれば、島根県と広島県との県境付近の中山間地は「危険度 I」とされている<sup>1)</sup>。しかし、島根県内で製造されるコンクリート製品では凍害に対する対策が十分ではないために、中山間地域では供用期間中に凍害劣化を生じるコンクリート製品が存在している。

そこで筆者らは、コンクリート製品の製造的要因を総合的に検討することで、凍結融解抵抗性を有するコンクリートの配合を探っている。本報では、配合や養生方法などを種々に変化させて作製したコンクリートのフレッシュ性状や凍結融解抵抗性について検討した結果について述べる。

### 2. 試験概要

本実験では、振動締固め、養生および W/C の条件をそれぞれ種々に変化させた場合の凍結融解抵抗性を検討した。供試体の作製に使用するセメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は仁多郡奥出雲町産、粗骨材は松江市八雲町産のものを使用した。混和剤は、高性能減水剤と AE 剤の双方を使用した。全供試体のスランプ値、空気量の設計値はそれぞれ 8.0±2.5cm, 6.0±1.0%である。

振動締固めは、コンクリート製品打設の際には不可欠な作業である。しかし、AE 剤によってもたらされた良質な気泡は、振動によって減少することが懸念される<sup>2)</sup>。そこで、振動による空気量の減少と凍結融解抵抗性の差を検討した。振動有りの場合には、コンクリートを型枠に詰めた状態で、テーブルバイブレーターで15秒間の振動を与えた。空気量の測定は、練上がり後（振動前）と、エアメーターにコンクリートを詰めて振動を加えた後の二回行った。

養生条件の違いについては、気中養生、蒸気養生（1回転、2回転）の3パターンで試験を行った。1回転、2回転とは、養生装置の一日の運転回数を表現している。1回転とは、供試体を2時間前置きした後、温度上昇

Table 1 配合および打設条件

Mix proportion and making conditions of concrete

説明 No.	W/C (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )				混和剤
		W	C	S	G	
① - 45 - 0 - 気	45	163	362	715	1045	4.34
② - 45 - 15 - 気	45	163	362	715	1045	4.34
③ - 45 - 0 - 1	45	163	362	715	1045	4.34
④ - 45 - 0 - 2	45	163	362	715	1045	4.34
⑤ - 45 - 15 - 1	45	163	362	715	1045	4.34
⑥ - 45 - 15 - 2	45	163	362	715	1045	4.34
⑦ - 40 - 0 - 1	40	163	408	683	1045	5.71
⑧ - 40 - 0 - 2	40	163	408	683	1040	5.71
⑨ - 40 - 15 - 1	40	163	408	683	1040	5.71
⑩ - 40 - 15 - 2	40	163	408	683	1040	5.71
⑪ - 50 - 15 - 1	50	163	362	708+FA40	1040	4.39
⑫ - 50 - 15 - 2	50	163	326	708+FA40	1034	4.39

※説明 No.の見方

No. - W/C - 振動時間 (秒) - 養生方法 (気中養生, 1回転, 2回転)

20°C/h で 65°C まで上昇させ、その後 1 時間定温保持した後に徐冷する方法である。2 回転とは、前置き時間をとらず急速に最高温度 78°C まで上昇させ、2.5~3 時間定温保持した後にすぐに室外へ出す方法である。製造効率の面からは、2 回転で製造する製品で凍結融解抵抗性を有するものが望ましい。

W/C については、製品製造の際は通常 45% 程度である。しかし、ここでは凍結融解抵抗性を確実に確保させることを念頭に置き、40% まで低下させた配合での試験も試みた。また、W/C は 50% とし、FA を添加した場合の評価も試みた。

Table 1 に配合と打設・養生条件を示す。凍結融解試験は、JIS A 1148 に準拠して行った。試験開始材齢は、工場製品を意識して 14 日とした。測定項目は、一次共鳴振動数とし、相対動弾性係数から評価を行った。また、同様の条件で φ10×20cm の円柱供試体を作製し、材齢 14 日の圧縮強度を測定した。

以下、各供試体は記号を用いて説明する。例えば「① - 45 - 0 - 気」は「W/C が 45%、振動なし (0 秒)、気中養生」であることを示している。

\*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, \*\*島根県産業技術センター, Shimane Institute for Industrial Technology, キーワード: コンクリート, 二次製品, 凍害, 凍結融解抵抗性, 配合, 蒸気養生

Table 2 空気量の測定結果  
Result of air content

No.	空気量(%)		No.	空気量(%)	
	振動前	振動後		振動前	振動後
①	6.4	-	⑦	6.0	-
②	6.3	4.7	⑧	6.4	-
③	6.2	-	⑨	6.2	4.7
④	6.3	-	⑩	6.5	4.1
⑤	6.2	3.9	⑪	6.0	4.9
⑥	6.0	4.5	⑫	5.8	4.9

### 3. 結果と考察

振動締め前後の空気量の変化を Table 2 に示す。振動をかけることによって、約 1~2%の空気量の減少がみられた。⑪、⑫の FA を混合した配合では、空気量の減少がやや少ないことが分かる。

材齢 14 日での圧縮強度の結果を Fig.1 に示す。振動の有無による比較では、振動をかけた供試体の方が圧縮強度が高くなる傾向を示した。これは、振動によって空気量が減少したためであると考えられる。養生方法については、2 回転では 1 回転よりも強度が劣る結果となった。これは、2 回転では脱枠強度を意識して初期の強度発現を高めたことで、その後の水和反応が促進されなかったためである。

凍結融解試験によって得られたサイクル毎の相対動弾性係数を Fig.2 に示す。振動締めの有無については、試験結果に大きな差は見られなかった (①と②、③と⑤、④と⑥の比較)。これは、本研究の振動時間が 15 秒と短かったためであると考えられる。振動時間を 30 秒として同様の試験を行った場合には、空気量の低減量は大きな差が出ることを確認している。したがって、抜ける空気気泡径に違いがあることが考えられる。振動をかける時間は、製品の形状や寸法によって異なる。今後は、実際の製品の製造条件と照らし合わせて検討を行う必要がある。

養生条件の違いについては、促進養生を行った供試体は気中養生を行った供試体よりも凍結融解抵抗性が劣る傾向が確認された。これは、高温で養生することでコンクリート中の微細気泡が移動し、径の大きな気泡を生じることが要因と考えられる。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した。これは、急激な温度上昇によってコンクリートが煮上がった様な状態になり、空気が追い出されたことが要因として考えられる。

結果として、300 サイクルで相対動弾性係数 60%以上となったものは、W/C を 40%とした場合と、W/C を 50%として FA を混合したものであった。FA の利用は、コンクリートに粘りを与え、振動による空気量低減の抑止効果があったと言える。また、強度面で出荷基準

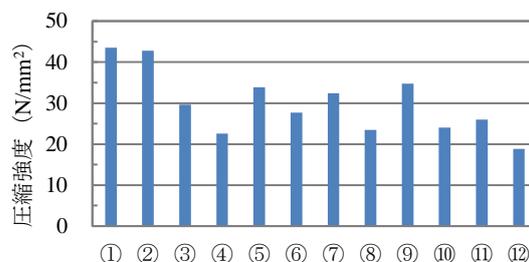


Fig.1 圧縮強度  
Compressive Strength

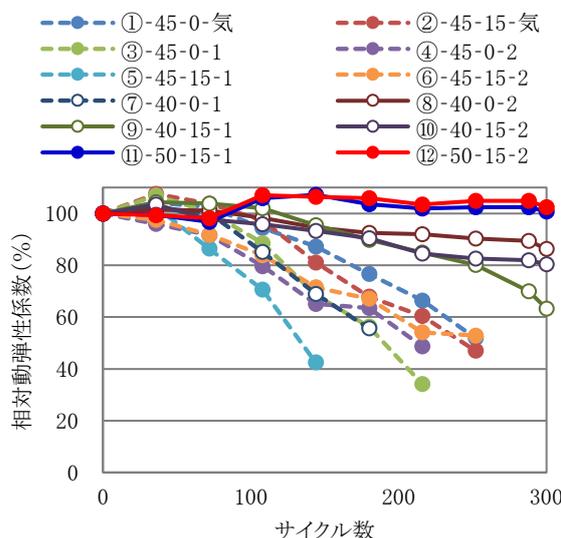


Fig.2 相対動弾性係数  
Relative dynamic modulus of elasticity

となる 30N/mm<sup>2</sup> と凍結融解抵抗性の双方を満足する条件は、「⑨ - 40 - 15 - 1」のみであった。

### 4. まとめ

本試験で強度と凍結融解抵抗性の双方を満足した条件は、W/C 40%、振動締め 15 秒、促進養生 (1 回転) であった。今後は、2 回転の条件で要求性能を満足する配合の検討を行う予定である。凍結融解抵抗性の面からは、FA の利用も有効であることが確認されたため、今後の検討材料とする。

### 謝辞

本報の執筆にあたり、島根県コンクリート製品協同組合から多くの協力を得た。ここに記して謝意を示す。

- 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 (2015) : コンクリート中の気泡の役割と施工過程における空気量の変化, コンクリート工学, Vol.53, No.11, pp.970-976