

配合と養生期間の違う LPC-FA 系コンクリートの耐凍害性と気泡測定結果との比較

八戸工業高等専門学校 学生会員○野藤陸 小野寺仁志
正会員 庭瀬一仁 菅原隆

1. はじめに

寒冷地のコンクリート構造物は、凍害によるスケーリングの被害が問題となっており、塩害などとの複合劣化を踏まえた対策が求められている。そこで本研究では、低熱ポルトランドセメント-フライアッシュ系（LPC-FA 系）コンクリートの配合や養生期間の違いによる耐凍害性への影響，ならびに，耐凍害性と空気量や気泡間隔係数などの気泡測定結果との相関性に着目し，凍結融解試験と気泡測定を実施した。供試体は，W/B が 45%,60%,75%で，それぞれ空気量が 2.5%,5.0%,7.5%の 9 供試体とした。養生期間は，28 日と 91 日とした。結果，耐凍害性と気泡測定結果には，それぞれの条件において相関性が認められた。

2. 試験方法

表 1 に示す配合条件（W/B：45%,60%,75%，空気量：2.5%,5.0%,7.5%）の 9 供試体を作製し，材齢 28 日と 91 日で試験を行った。

凍結融解試験は，ASTM-C666B 法に準拠して気中凍結水中融解方式で行い，気泡測定試験は，リニアトラバース法(ASTM-C457)に準拠し各供試体の気泡測定を行った。

3. 凍結融解試験

凍結融解試験は，300 サイクルまで 30 サイクル毎に質量，共振周波数を測定した。結果を W/B ごとにそれぞれ分けて整理し図 1，図 2 および図 3 に示す。

試験結果を耐凍害性に着目し比較すると，材齢 28 日においていずれの供試体も空気量 2.5%のものは 300 サイクル以内に破壊され，W/B75%においては空気量 5.0%も破壊に至っている。また，破壊前には共振周波数が急激に大きくなる傾向が見られた。若材齢時の耐凍害性には，W/B よりも空気量の方が強い相関性を示すことが確認できた。一方，材齢 91 日の供試体は，材齢 28 日と比べ W/B45%空気量 2.5%の供試体は破壊に至らず，W/B60%でも破壊に至るサイクル数が 60 サイクルから 120 サイクルまで改善されており，耐凍害性が向上している。各供試体の 300 サイクルまでの破壊状況を材齢別にまとめたものを表 2 に示す。○は破壊に至らなかった供試体，×は破壊に至った供試体を（ ）は破壊に至ったサイクル数を示している。

表 1 供試体の示方配合表

W/B (%)	G _{max} (mm)	s/a (%)	Slump flow (cm)	Air (%)	単位量 (kg/m³)							
					W	粉体P		LS	S	G	SP	AS
						結合材B					P × %	B × %
						LPC	FA					
45	20	53.4	65±5.0	2.5	160	249	107	178	883	780	0.95	—
				5								0.06
				7.5								0.15
60	20	53.4	65±5.0	2.5	156	186	80	265	886	780	0.95	0.005 ※
				5								0.06
				7.5								0.03
75	20	53.4	65±5.0	2.5	155	148	64	318	887	780	0.95	—
				5								0.015
				7.5								0.09

LPC：低熱ポルトランドセメント，FA：フライアッシュ，LS：石灰石微粉末，SP：高性能 AE 減水剤，AS：空気量調整剤 ※消泡剤

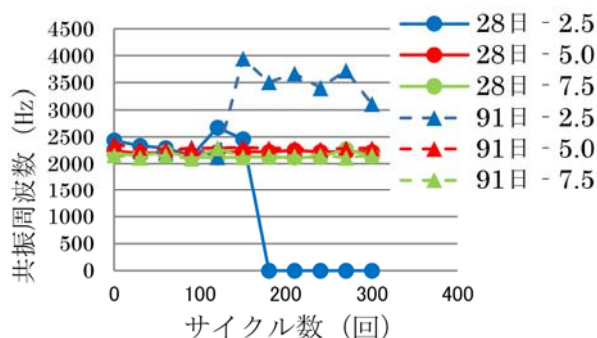


図1 凍結融解試験結果 (W/B45%)

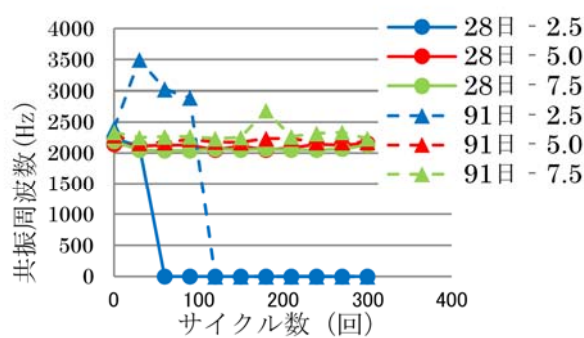


図2 凍結融解試験結果 (W/B60%)

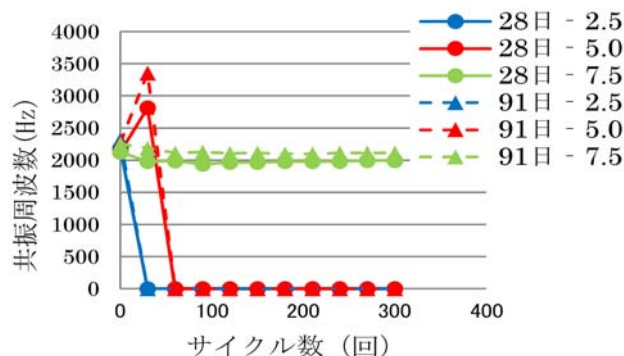


図3 凍結融解試験結果 (W/B75%)

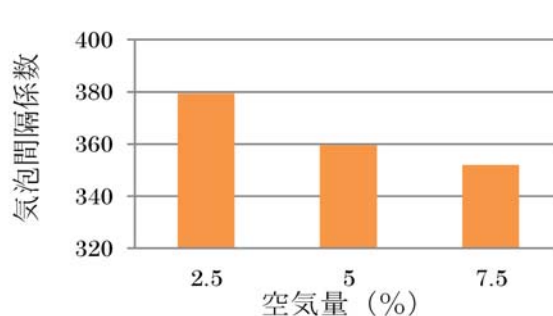


図4 空気量ごとの平均気泡間隔係数

W/B45%の空気量 2.5%は当初、供試体の中で最も高強度で緻密なことから、空気量が小さくても高い耐凍害性を期待した。結果は、材齢 28 日では 180 サイクルで破壊に至ったが、材齢 91 日となる

と破壊には至っていない。これは、28 日から 91 日の間に水和が進行し、引張強度が大きくなるとともに水の浸入が低減されたことが要因だと考えられる。実際の寒冷地では、一年に 30～40 サイクル程度の凍結融解が作用する。この結果により W/B45%の LPC-FA 系コンクリートは、空気量 2.5%でも実際には凍害による劣化が生じない可能性があると考えられる。

4. 気泡測定結果

気泡測定を行い得られた気泡間隔係数を、空気量ごとに平均した値を図 4 に示す。気泡間隔係数は、空気量 7.5%, 5.0%, 2.5%の順に小さい値が得られた。この気泡間隔係数は、凍結融解試験結果とも整合している。LPC-FA 系コンクリートは、一般のコンクリートと同様に、耐凍害性と気泡間隔係数との間に相関性を有するものと考えられる。

5. まとめ

強度発現に時間のかかるコンクリートは、若材齢で凍結融解試験が行われ、十分に強度発現していない状態での試験結果で耐凍害性が評価されることが多い。一方、十分に養生された混合セメントや高ビーライト系セメントを利用したコンクリートは、緻密で高耐久であることが知られている。凍結融解作用が多いとされる八戸でも年間の凍結融解サイクルは 60 サイクル程度であり、これを過ぎた後になお水和が進行し、さらに耐凍害性は向上する。以上により、塩害や中性化等の複合劣化にも強い LPC-FA 系コンクリートの様なゆっくり硬化し緻密になるコンクリートの耐凍害性評価は、材齢や養生条件などを考慮する必要があると考える。

参考文献 濱幸雄ら：コンクリートの気泡組織に影響する要因と耐凍害性に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, Vol. 73, 2008

表 2 300 サイクルまでの破壊状況

材齢28日				→	材齢91日			
W/B\空気量	2.5%	5%	7.5%		W/B\空気量	2.5%	5%	7.5%
45%	×	○	○		45%	○	○	○
60%	×	○	○		60%	×	○	○
75%	×	×	○		75%	×	×	○
	(180)					(120)	(60)	
	(30)	(60)				(30)		