

## 配合と養生期間の違う LPC-FA 系コンクリートの耐凍害性の比較

八戸工業高等専門学校 学生会員○大前聖斗

八戸工業高等専門学校 正会員 庭瀬一仁

八戸工業大学 正会員 迫井裕樹

### 1. はじめに

寒冷地のコンクリート構造物は、凍害による被害が問題となっており、塩害などとの複合化を踏まえた対策が求められている。そこで本研究では、塩害などに強いコンクリートとして、低熱ポルトランドセメントーフライアッシュ系（LPC-FA 系）コンクリートを取り上げ、配合や養生期間の違いによる耐凍害性を検討した。また、耐凍害性と細孔径分布や気泡間隔係数などの相関性に着目し、凍結融解試験と水銀圧入試験、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、養生期間は、28 日、91 日、365 日とした。

### 2. 配合および試験方法

#### 2. 1 供試体

配合は、表 1 に示すとおり、LPC-FA 系コンクリートの W/B が 45%の配合を基本とした。W/B を 60%、75%とする際に、W、P、S、G の単位量をフレッシュが許す限り同じにするように配合を決定した。また、それぞれ混和剤添加量の調整を行い空気量 2.5%、5.0%、7.5%の合計 9 つの供試体（10×10×40 cm）を作製し、材齢 28 日、91 日、365 日の水中養生を行った。

#### 2. 2 試験方法

凍結融解試験は、ASTM-C666B 法に準拠して気中凍結融解試験方法を用いた。凍結融解の 1 サイクルは、供試体中心温度が 1℃から、-17℃まで下がり、-17℃から 1℃まで上がるものとし、30 サイクルごとに質量と共振周波数を測定し、試験の終了は 300 サイクルとした。表面が剥離し、共振周波数が測定できなくなった時点で、その供試体の凍結融解試験を終了した。

水銀圧入試験は、供試体を破砕し、2.5～5.0 mm の粒度に調整した後、アセトン処理および炉乾燥処理を行った試料を用い、細孔径分布を測定した。

気泡測定試験は、マニュアルリニアトラバース法により、カメラで拡大された気泡を目視で 90×90 mm、ピッチ 3 mm、30 ラインの範囲で中心を通過する気泡のみを測定した。フレッシュコンクリートの空気量測定は、JIS A 1128-2005 に準じて実施した。

表 1 供試体の示方配合表

W/B (%)	G <sub>max</sub> (mm)	s/a (%)	Slump flow (cm)	Air (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )							
					W	粉体P		S	G	SP	AS	
						結合剤B						LS
						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

キーワード：耐凍害性、気泡測定、低熱ポルトランドセメント、フライアッシュ

連絡先：〒039-1192 青森県八戸市大字田面木字上野平 16-1 TEL.0178-27-7223

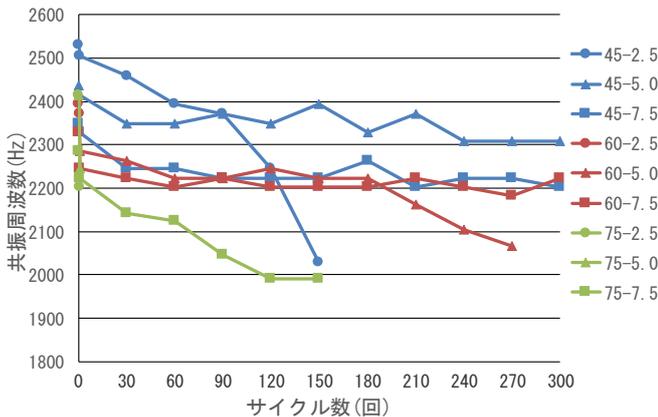


図1 凍結融解試験結果

W/B 空気量	材齢28日			材齢91日			材齢365日		
	2.5%	5.0%	7.5%	2.5%	5.0%	7.5%	2.5%	5.0%	7.5%
45%	×	○	○	○	○	○	×	○	○
60%	×	○	○	×	○	○	×	×	○
75%	×	×	○	×	×	○	×	×	×

表2 300サイクルまでの破壊状況

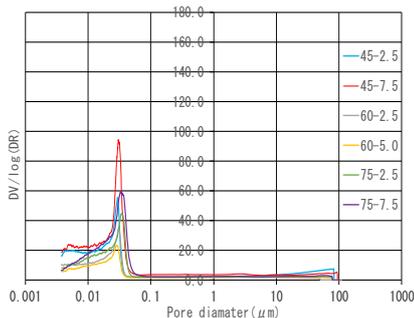


図2 細孔径分布 (91日)

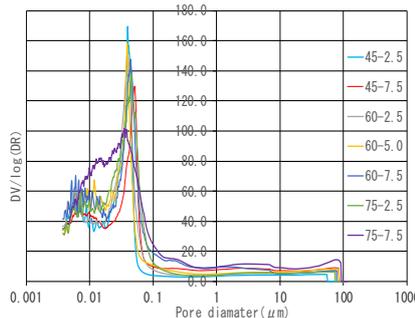


図3 細孔径分布 (365日)

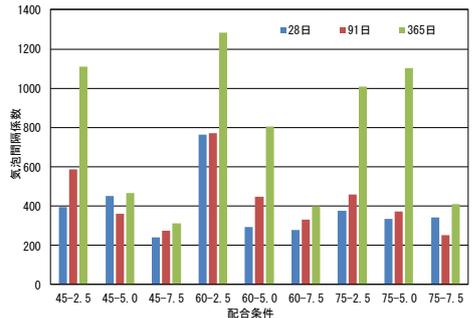


図4 気泡間隔係数

### 3. 試験結果と考察

凍結融解試験により得られた共振周波数の測定結果を図1に示す。300サイクルを過ぎても破壊に至らなかった供試体はW/B45%の空気量5.0%、7.5%とW/B60%の空気量7.5%であった。また、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。材齢365日の供試体は、材齢28日、91日どちらの供試体と比べても破壊に至るサイクル数が減少しており、耐凍害性が低下している。これは、91日から365日の間に水和が進行し、緻密化が進んだことにより凍結融解作用時の水の膨張圧に耐えられなかったものと考えられる。

細孔径分布の測定結果を図2および図3に示す。材齢91日では、細孔径が0.04 μm周辺に集中していたが、材齢365日では、0.03 μm程度に移動している。また、全ての配合において全体的に細孔容積が減少していることから、緻密化が進んでおり、凍結融解試験結果と整合している。

気泡間隔係数の測定結果を図4に示す。凍結融解試験結果と照らし合わせて見ると、気泡間隔係数が600以上の供試体は全て破壊に至り、600以下の供試体の多くが破壊に至らなかったことが確認できる。気泡間隔係数が600を下回っているのに破壊に至った供試体があるが、原因として、若材齢のため十分に強度発現していなかったことや、W/Bが大きいため高強度なコンクリートにならなかったことなどが考えられる。

### 4. まとめ

材齢28日から91日にかけて耐凍害性が向上したため、材齢365日ではさらに凍害に強いコンクリートになると推測されたが、耐凍害性が大幅に低下するという結果になった。原因として、緻密化に伴い凍結時の膨張圧が大きくなったことによるものと考えられる。実際のコンクリート構造物では、エントレインドエアを十分に付与することや、空気量を小さくする必要がある際には、水の浸入を防止するなどの対策が必要である。

参考文献 庭瀬一仁, 杉橋直行, 枝松良展, 坂井悦郎: 低レベル放射性廃棄物処分施設における異なるフライアッシュを用いたセメント系材料の品質と非破壊試験の適用性に関する検討, コンクリート工学論文集, Vol.23, No.1, Jan. 2012