

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細孔径分布の比較

八戸工業高等専門学校 学生会員○小野寺仁志 野藤陸

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

耐凍害性の向上には、適切な連行空気量が不可欠である。一方、水の浸入に対しては、緻密なコンクリートが望ましい。本研究では、緻密なコンクリートとするため LPC-FA 系コンクリートを対象とし、W/B が 45%, 60%, 75%, 空気量が 2.5%, 5.0%, 7.5% の配合により、養生期間 28 日と 91 日の凍結融解試験と水銀圧入法による細孔径分布の測定を実施し、結果を比較検討した。

2. 配合および試験方法

2.1 配合

配合は、表 1 に示すとおり、低熱ポルトランドセメントーフライアッシュ系（LPC-FA 系）コンクリートの空気量 2.5% を基本とした。粉体が同じ体積になるように石灰石微粉末の単位量を設定し、W/B が 45%、60%、75% の 3 種類、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（10×10×40cm）を作製し、材齢 28 日、91 日の水中養生を行った。

2.2 凍結融解試験

凍結融解試験は気中凍結水中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とした。

2.3 水銀圧入試験

試験に用いる試料は、表 1 に示した配合で作製した φ10×20cm の円柱供試体を破砕し、2.5～5.0mm の粒度に調整した。その後、アセトン処理及び炉乾燥処理を行った試料を用いて水銀圧入試験を行い、細孔径分布を測定した。

3. 結果

凍結融解試験の 28 日養生の結果を図 1 に示す。共振周波数が 0 となっているものは表面が剥がれ、破壊に至ったもので、30 サイクルで W/B75% 空気量 2.5%、60 サイクルで W/B60% 空気量 2.5% と W/B75% 空気量 5.0%、180 サイクルで W/B45% 空気量 2.5% が破壊した。他の供試体は、共振周波数の減少率は 95～100% の範囲内であり、質量も減少率が 1% に満たなかったことから、ほとんど劣化していないと考えられた。

表 1 供試体の示方配合

W/B (%)	G _{max} (mm)	s/a (%)	Slump flow (cm)	Air (%)	単位量 (kg/m³)						
					W	粉体P		S	G	SP	
						結合材B					LS
						LPC	FA				
45	20	53.1	65±5.0	2.5	160	249	107	178	883	780	0.95
60	20	53.2	65±5.0	2.5	156	186	80	265	886	780	0.95
75	20	53.2	65±5.0	2.5	155	148	64	318	887	780	0.95

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

キーワード：耐凍害性、細孔径分布、低熱ポルトランドセメント、フライアッシュ

039-1192 青森県八戸市田面木字上野平 16-1

八戸工業高等専門学校 建設環境工学科 コンクリート研究室 0178-27-7307

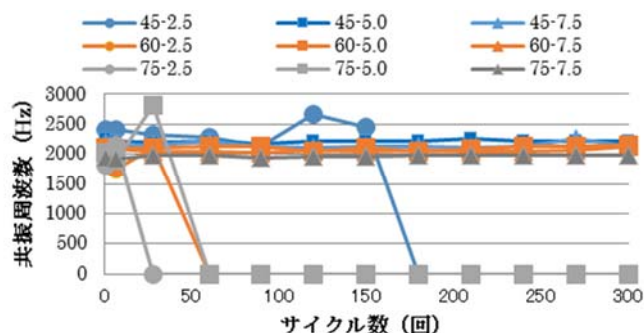


図1 28日養生共振周波数減少率

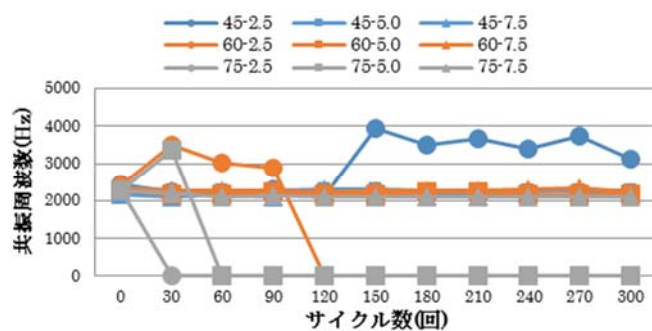


図2 91日養生共振周波数減少率

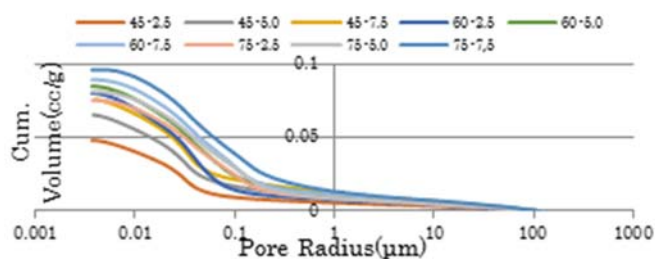


図3 28日養生累積細孔径量

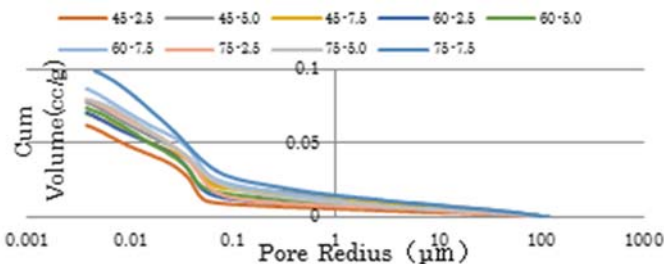


図4 91日養生累積細孔径量

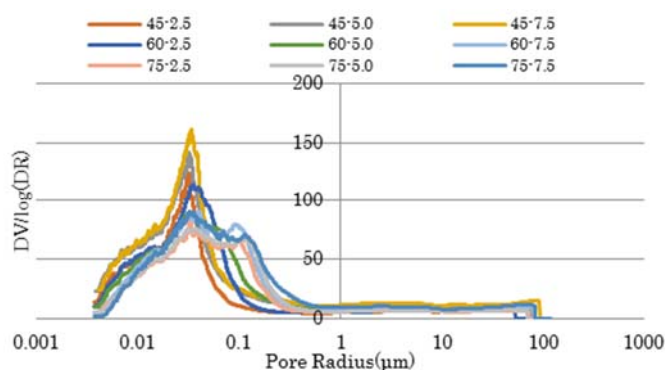


図5 28日養生細孔径分布

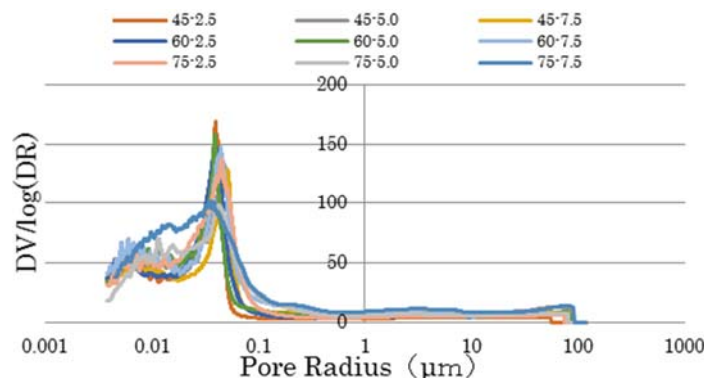


図6 91日養生細孔径分布

91日養生の結果を図2に示す。30サイクルでW/B75%空気量2.5%の供試体が、60サイクルでW/B75%空気量5.0%、120サイクルでW/B60%空気量2.5%がそれぞれ破壊した。

一方、水銀圧入試験については、累積細孔径量の材齢28日の結果は図3のとおり、同じく材齢91日の結果は図4のとおりであった。それぞれの測定値は、空気量が多いほど、W/Bが大きいほど上に位置する。また、細孔径分布は、それぞれ図5および図6のとおりであった。分布は、全体的に $0.5\mu\text{m}$ 以下が多く、どの供試体も概ね $0.01\sim 0.1\mu\text{m}$ の範囲にある。28日養生と91日養生を比較すると、 $0.1\mu\text{m}$ 周辺の細孔径が $0.03\mu\text{m}$ 程度に移動している。また、W/Bが小さいほど $0.03\mu\text{m}$ 程度の径の空隙量が多い。

4. 考察

2材齢の破壊した供試体の状況を比較すると、W/B75%は同じサイクル数で破壊に至っているが、W/B60%では破壊までのサイクル数が増加しており、さらにW/B45%では、28日材齢で破壊していた空気量2.5%が91日材齢では破壊しなかった。このとき、W/B45%の気泡間隔係数は、大きくなっていることが確認されている。長期に細孔構造が変化する緻密な材料の凍結融解抵抗性の指標としては、詳細な細孔構造を反映する必要がある。

凍結融解試験において破壊に至った供試体に着目してみると、他の供試体に比べ、 $0.5\mu\text{m}$ 以上の径の空隙量が少ない。細孔径分布は、気泡間隔係数と合わせて耐凍害性の指標として重要であると考えられる。

5. まとめ

材齢28日では、W/Bが大きく空気量が小さい供試体ほど耐凍害性は低い。しかし、実際の構造物は、水和の進行により引張強度や気泡間隔係数などの空隙構造が変化する。今後は、1年材齢の供試体により、材齢や細孔構造をより詳細に評価することで、より現実的な耐凍害性評価指標を研究する計画である。