

屋外暴露前後におけるコンクリートの耐凍害性の変化

正会員 ○浜 幸雄*1 同 千歩 修*3
同 濱田英介*2 同 友澤史紀*4耐凍害性 暴露試験 空気量
気泡間隔係数 高強度・高流動コンクリート

1. はじめに

コンクリートの耐凍害性評価のための促進凍結融解試験は、2週または4週水中養生後の供試体で行なわれるのが標準であるが、試験開始までの養生条件によってその結果は大きく異なる。つまり、凍結融解試験の結果は試験実施時におけるポテンシャルとしての耐凍害性を表わすものであり、実環境下で経年したコンクリートが初期の耐凍害性を確保しているかどうかは明らかではない。本研究では、7～12年間屋外暴露した43調合のコンクリートを用いた凍結融解試験を行い、暴露前後における耐凍害性の変化について比較した。

2. 実験概要

使用したコンクリートは表1に示す高流動コンクリート(HPC)、高強度コンクリート(HFC)、普通強度コンクリート(NSC)の合計43種類である。7～12年間札幌市の北大工学部建築棟屋上で高さ80cmの架台上に打ち込み面を下にして暴露されていたものである。また、2週水中養生後の標準条件での凍結融解試験結果が既知のものである^{1), 2), 3)}。これらの暴露後の供試体を用いて、2日間の吸水後にJIS A 1148-2001 A法に準じた凍結融解試験を行った。供試体は7.5×7.5×40cmの角柱であり、測定項目は一次共鳴周波数、長さ、気中質量とした。なお、実験に用いたすべての供試体で、暴露開始時(2週水中養生後)に対して90%以上の相対動弾性係数を示しており、屋外暴露では明確な凍害劣化は受けていないものと判断した。

3. 実験結果および考察

図1に暴露前(2週水中養生)と暴露後の凍結融解試験における耐久性指数の関係を示す。暴露後の耐久性指数が暴露前に比べて大幅に低下する傾向にあり、低水結合材比のHSC・HFCでその傾向が顕著である。

図2に空気量と耐久性指数の関係を示す。NSCでは暴露前・後ともに空気量が多いほど耐久性指数が高い傾向にある。しかし、HSC・HFCでは暴露前には空気量が少ないコンクリートでも高い耐久性指数を示しているにもかかわらず、暴露後には空気量に関係なくほぼすべての供試体で耐久性指数が20以下と大幅に低下しており、空気の連行によって必ずしも耐凍害性が確保できていないことを示している。

図3に気泡間隔係数と耐久性指数の関係を示す。NSCでは、暴露前(2週水中養生)、暴露後のいずれの凍結融解試験でも、気泡間隔係数が250～300μm以下で優れた耐凍害性を示している。しかし、HSC・HFCの場合には、暴露前(2週水中養生)の凍結融解試験では気泡間隔係数が大きくても高い耐久性指数を示している。それに対して、暴露後の凍結

融解試験での気泡間隔係数と耐久性指数の関係は、NSCの場合と同等の傾向にあり、気泡間隔係数を指標としたコンクリートの耐凍害性の評価ができる可能性がある。今回の実験で用いたHFCの気泡間隔係数はすべて250μm以上であり、気泡間隔係数を指標とした場合には、連行空気による耐凍害性の向上は期待できないものとなる。

図4にHSC・HFCの暴露前・後での凍結融解試験中の質量と相対動弾性係数の変化の一例を示す。暴露前の供試体は2週水中養生したものであり、ほぼ飽水状態と考えられ、凍結

表1 コンクリートの種類

シリーズ	分類	記号	W/B (%)	空気量 (%)	結合材	高性能AE減水剤	増粘剤	暴露期間		
I 高流動コンクリート	微粉末系	6P	34	2	OPC + 高炉スラグ微粉末	ポリカルボン酸系	-	8年		
				4.5						
		6S	36	2		アミノスルホン酸系				
				4.5						
		6N	34	2		ナフタレン系				
				4.5						
	LB	33	2	高炉B種 + 石灰石微粉末	ポリカルボン酸系					
			4.5							
	増粘剤系	3BA	32	2	高炉B種	アミノスルホン酸系	-	7年		
				4.5						
				2						
				4.5						
				4.5						
II 高強度コンクリート	A	35H	35	1	OPC	ナフタレン系	-	9年		
				2						
				3.5						
	B	28TM	28	2						
				32TM					32	5
				37TM						37
III 普通強度コンクリート	A	55T	55	2	OPC	-	-	8年		
				3						
				4						
				5						
	B	55H	55	2	-	-	-	9年		
				5						
	C	45TM	45	2	OPC	ナフタレン系	-	-	12年	
				2						
				3						
	55TM	55	4	-	-	-	-	12年		
			5							

Comparison of frost resistance of concrete between before and after exposure test

Yukio HAMA, Eisuke HAMADA, Osamu SENBU and Fuminori TOMOSAWA

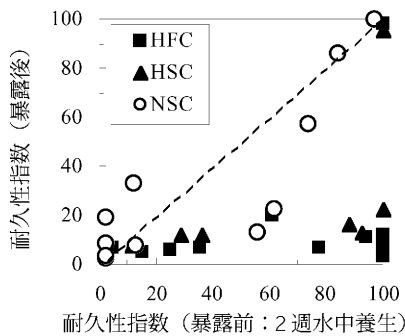


図1 暴露前後の耐久性指数の比較

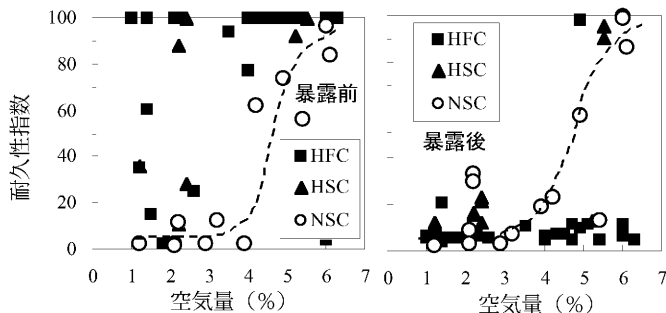


図2 空気量と耐久性指数の関係

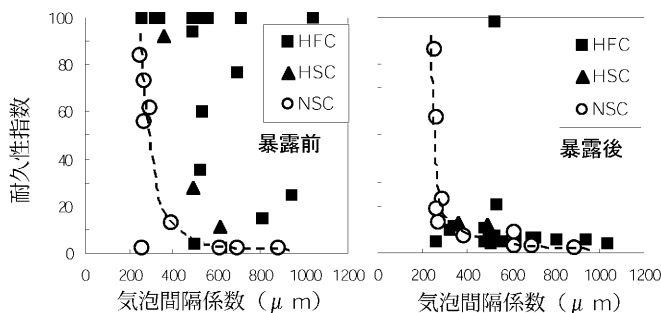


図3 気泡間隔係数と耐久性指数の関係

融解中の質量増加は認められない。それに対して、暴露後の供試体では凍結融解中に質量が増加するとともに、急激に相対動弾性係数が低下した。HSC・HFCの凍害劣化の形態は、スケリングをとまわずに相対動弾性係数が低下する特徴があり、実構造物を想定すると、外観上は健全と判断される場合でも内部組織の崩壊により強度が大幅に低下している可能性のあることを意味しており、NSCでの凍害以上に危険な現象と考えられる。

図5には2週水中養生後の質量と暴露後の凍結融解試験中の最大質量の差と暴露前後の耐久性指数の差の関係を示すが、吸水による質量の増加が大きくなるほど暴露後の耐久性指数が低下する傾向を示している。これは、暴露したHSC・HPCでは自己収縮や乾燥収縮に起因する微細なひび割れが発生し、耐凍害性に悪影響を及ぼしている可能性のあることを示唆している。

*1 室蘭工業大学 助教授・博士 (工学)
 *2 北海道大学大学院生 修士課程
 *3 北海道大学大学院 助教授・工博
 *4 北海道大学大学院 教授・工博

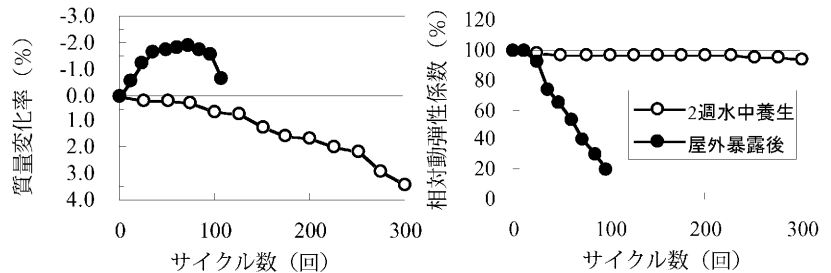


図4 暴露前後の凍結融解試験における質量減少率と相対動弾性係数の変化の一例 (40A-4.5)

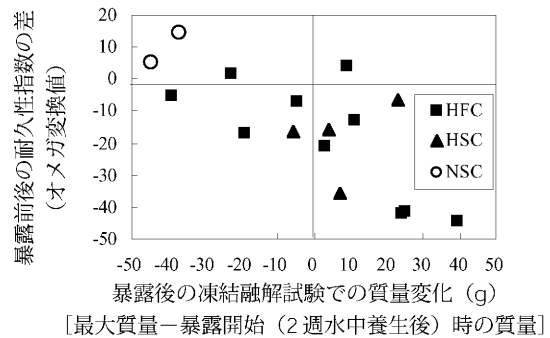


図5 暴露後の凍結融解試験による質量変化と暴露前後の耐久性指数の差の関係

4. まとめ

本研究では、7～12年間屋外暴露した43調合の供試体を用いて凍結融解試験を行ない、標準条件での凍結融解試験結果と比較検討した。その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 低水結合材比のHSC・HFCでは、標準条件の凍結融解試験で優れた耐凍害性を示すAEコンクリートであっても、暴露後の凍結融解試験では大幅に耐凍害性が低下し、初期の耐凍害性を確保できない。
- 2) 暴露後のHSC・HFCでは凍結融解中の吸水による質量増加が大きく、暴露中に生じた微細なひび割れが耐凍害性に悪影響を及ぼしているものと考えられる。
- 3) HSC・HFCでは気泡間隔係数が大きくなる傾向があるが、標準条件の凍結融解試験では気泡間隔係数が大きくても、組織が緻密であるために高い耐凍害性を示す。しかし、暴露後の耐凍害性と気泡間隔係数の関係は、NSCと同等であり、HSC・HFCであっても、供用中の耐凍害性を確保するには、気泡間隔係数が250 μm以下である必要がある。

<参考文献>

- 1) 柏野謙次：高強度コンクリートの耐凍害性および圧縮強度に関する研究、北海道大学修士論文、1989
- 2) 谷口円：高流動コンクリートの気泡組織と耐凍害性、北海道大学修士論文、1995
- 3) 韓千求、浜幸雄、鎌田英治：自然環境下での乾燥の影響を考慮したコンクリートの耐凍害性実験、日本建築学会大会学術講演梗概集A (北海道)、pp1113-1114、1995

*1 Asso. Prof., Muroran Institute of Technology, Dr. Eng.
 *2 Graduate Student, Hokkaido University
 *3 Asso. Prof., Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.
 *4 Prof., Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.