

V-155 コンクリートの凍結融解作用が中性化および塩化物イオンの浸透に及ぼす影響

北海道開発局 開発土木研究所 正会員 西沢隆宏  
 北海道開発局 開発土木研究所 正会員 堺 孝司

1. まえがき

近年、コンクリートの耐久性に関する研究が数多くなされ、凍結融解、中性化、塩害などによるコンクリートの個々の劣化機構に関して多くの情報が得られるようになった。しかしながら、実際のコンクリート構造物は、これらの劣化要因が複合して作用する環境におかれている。したがって、コンクリートの真の耐久性を評価するためにはこれらの作用の複合効果に関する情報が必要となるが、このような研究は極めて少ない。

本研究は、コンクリートの凍結融解作用が中性化および塩化物イオンの浸透に及ぼす影響について検討したものである。合わせて、養生水、凍結融解試験水および中性化が凍結融解抵抗性に及ぼす影響についても検討した。

2. 実験概要

表-1 コンクリートの配合および圧縮強度

2.1 使用材料および配合 セメントは、高炉セメントB種（比重3.05）を使用し、細骨材として苫小牧樽前産の海砂（比重2.79、吸水量 0.89%）、粗骨材として小樽見晴産の碎石（比重2.67、吸水量1.66%、最大寸法25mm）を使用した。また、混和剤としてAE減水剤および空気連行剤を使用した。コンクリートの配合および圧縮強度を表-1に示す。スランブは8±2.5cmを目標とした。凍結融解試験用供試体寸法は10×10×40cmとした。供試体は、打ち込み後24時間で脱型し、材令28日まで淡水または海水中で養生した。

シリーズ	配合番号	水セメント比 W/C (%)	空気量 (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				材令28日での圧縮強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	
I	a	50	4.5±1	41	142	284	824	1133	372
	b		6.0±1	40	136	272	798	1145	347
II IV	c	55	4.5±1	42	144	262	850	1121	329
	d		6.0±1	41	136	247	827	1138	292

2.2 試験方法 凍結融解試験は、土木学会基準のコンクリートの凍結融解試験方法に準拠して淡水中または海水中で所定のサイクルまで行い、質量およびたわみ振動の一次共鳴振動数を測定した。塩水噴霧試験は、供試体の側面2面をエポキシ樹脂でシールし、塩水噴霧機を用いて、5%NaCl水溶液を室温35℃で3日間噴霧、温度20℃湿度60%RHで4日間乾燥を1サイクルとして行った。塩化物イオンは、供試体表面から深さ方向にスライスに切断し、採取した試料を微粉碎した後、40gの試料に20℃の水200mlを加え30分間振とう攪拌し、5分間放置した後、ろ過をしてイオンクロマト法により測定を行った。中性化促進試験は、温度30℃、湿度60%RH、CO<sub>2</sub>濃度10%の条件で行った。中性化深さの測定は、フェノールフタレイン法によった。

2.3 実験概要

実験概要を表-2に示す。シリーズIでは、凍結融解100サイクル後の供試体を用いて塩水噴霧試験を行い、塩化物イオン量を測定した。シリーズIIでは、凍結融解0,96,188および306サイクル後の供試体を10×10×10cmに切断し、供試体上面および下面をエポキシ樹脂でシールした後、中性化促進試験を2および4ヶ月間行い、中性化深さを測

表-2 実験概要

シリーズI

番号	養生	凍結融解試験	塩水噴霧試験
a	淡水中	淡水中	8 サイクル
		気中	
b	海水中	海水中	0.8 サイクル
		気中	

シリーズII

番号	養生・凍結融解試験	中性化促進試験
c	淡水中	凍結融解 0,96,188,306 サイクル
d	海水中	中性化促進 2.4ヶ月間

シリーズIII

番号	養生	凍結融解試験
c	淡水中	淡水中
		海水中
d	海水中	淡水中
		海水中

シリーズIV

番号	養生	凍結融解試験
c	淡水中	促進中性化 2ヶ月後、淡水中
		気中 2ヶ月後、淡水中

定した。シリーズIIでは、凍結融解0,96,188および306サイクル後の供試体を10×10×10cmに切断し、供試体上面および下面をエポキシ樹脂でシールした後、中性化促進試験を2および4ヶ月間行い、中性化深さを測

定した。シリーズIIIでは、養生および凍結融解試験水に淡水または海水を用い凍結融解試験のみを行った。シリーズIVでは、中性化促進試験を2ヶ月間行った後、淡水中で凍結融解試験を行った。また、比較のために、エポキシ樹脂で全面シールした供試体を中性化促進試験機の中に放置し、同様に2ヶ月後に淡水中で凍結融解試験を行った。

3. 実験結果および考察

養生および凍結融解試験水に海水を用いた場合の塩水噴霧試験前後の塩化物イオン量を図-1に示す。海水を養生および凍結融解試験に用いることにより、コンクリート内部に塩化物イオンが浸透することがわかる。また、塩水噴霧試験8サイクル後により多くの塩化物イオンが内部まで浸透している。

養生、凍結融解試験および塩水噴霧試験の全行程終了後の塩化物イオン量を図-2に示す。塩水噴霧試験前に海水が作用した場合は、作用しない場合と比べてコンクリート表面部の塩化物イオンが少なくなっている。また、内部では、海水が作用した場合の塩化物イオン量が多くなっている。これは、塩水噴霧試験前に塩化物イオンが内部に浸透していたことおよび海水が作用した場合の方が淡水が作用した場合より劣化が著しかったことによると考えられる。なお、本実験では塩水噴霧試験開始時の乾燥度が異なっていたことから、塩水噴霧による塩化物イオンの浸透に対する凍結融解作用の厳密な意味での評価はできなかった。

中性化に及ぼす凍結融解作用の影響を図-3に示す。凍結融解サイクル数が多くなると、中性化深さは増加しており、凍結融解作用によってコンクリートに生じた微細クラックが中性化深さに大きく影響することが明らかになった。また、海水を養生および凍結融解試験に用いた場合、淡水の場合より中性化深さが小さくなったが、これは、海水の作用によりコンクリートの表面が緻密化したことによるものと思われる。

凍結融解抵抗性に及ぼす養生および凍結融解試験水の影響を図-4に示す。凍結融解試験を海水中で行った場合、質量減少率は大きなものとなっている。また、養生に海水を用いた場合相対動弾性係数は淡水の場合より低下している。これは、水和生成物と海水との化学反応に起因してコンクリート表面部が緻密化したことが一つの原因と考えられる。

凍結融解抵抗性に及ぼす中性化の影響を図-5に示す。表面が中性化した供試体の相対動弾性係数は、中性化のない場合と比べて大きく低下している。これは、コンクリート表面が中性化により緻密になったため、凍結融解作用による内部圧力がコンクリートの外に抜けづらくなりコンクリート内部が弛緩したものと考えられる。なお、凍結融解試験開始前の中性化深さは7.0mmであった。

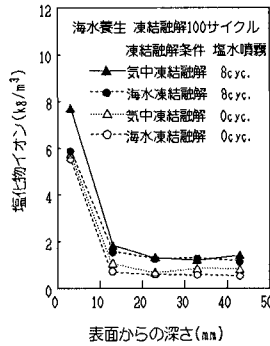


図-1 養生および凍結融解試験水に海水を用いた場合の塩水噴霧試験前後の塩化物イオン量

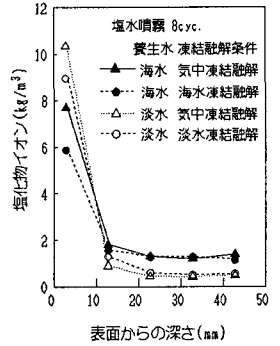


図-2 養生、凍結融解および塩水噴霧試験の全行程終了後の塩化物イオン量

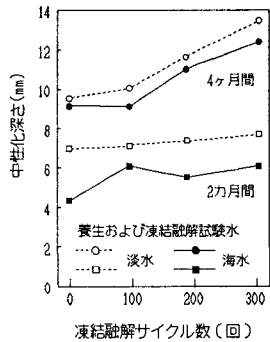


図-3 中性化に及ぼす凍結融解作用の影響

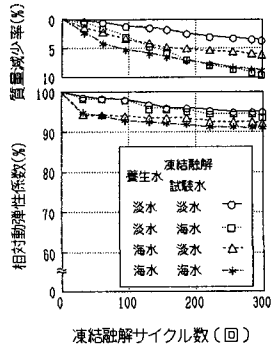


図-4 凍結融解作用に及ぼす養生水および凍結融解試験水の影響

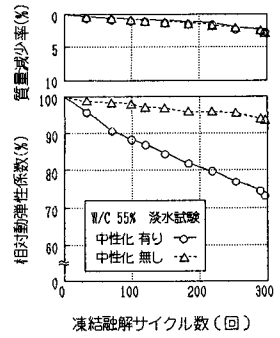


図-5 凍結融解作用に及ぼす中性化の影響