

コンクリートの耐凍害性と凍結融解時の吸水性状におよぼす乾燥の影響

コンクリート 耐凍害性 乾燥  
限界飽水度法 CIF試験 吸水性状

正会員 ○ 千歩 修\*  
正会員 浜 幸雄\*\*  
正会員 三森 敏司\*\*\*  
正会員 友澤 史紀\*

1. はじめに

凍結融解作用を受ける部材の劣化予測の方法として ASTM相当サイクルを用いた方法が提案されている<sup>1)</sup>が、促進試験結果から予測されるよりも実際の暴露における劣化が小さいとの報告<sup>2)</sup>もある。また、低水セメント比のコンクリートはnonAEであっても耐凍害性が高いといわれているが、このようなコンクリートを数年間の暴露後に ASTMの水中凍結水中融解試験を行うと耐凍害性が低い結果を示す<sup>3)</sup>との報告もある。これらの結果には乾燥の影響が考えられ、乾燥にはコンクリートの含水率を低下させるというプラスの効果と微細なひびわれを発生させるというマイナスの効果があるものと考えられる。

本研究では、乾燥行程を加えた水中凍結融解試験と限界飽水度試験によりコンクリートの耐凍害性に及ぼす乾燥の影響を把握し、CIF試験と下面吸水試験により凍結融解時の吸水性状に及ぼす乾燥の影響について検討した。

2. 実験の概要

実験計画を表1に示す。使用したコンクリートは水セメント比35、55、65%の3水準とし、nonAEコンクリートを標準としたが、試験A、Bでは水セメント比55%について空気量3、5%のAEコンクリートを加えた。コンクリートの調合を表2に示す。

試験項目A～Cは、それぞれの基準に準じて行ったが、水中凍結融解試験では、試験開始条件を4週水中養生および4週水中養生+2週乾燥(20℃、60%RHで12日、水中浸漬2日)とし、連続凍結融解(標準)と凍結融解60サイクルごとに2週間の乾燥または水中養生を行う条件を加えた。また、限界飽水度試験の限界飽水度(S<sub>CR</sub>)の決定では、養生した試験体を50℃乾燥・真空吸水し、飽水

表1 実験計画

試験項目	試験内容
A 水中凍結融解試験 (ASTM C666 A法)	①: 標準条件(連続凍結融解試験) ②: 60サイクル毎2週乾燥 <sup>※1</sup> ③: 60サイクル毎2週水中養生
B 限界飽水度試験 (RILEM CDC3-1993)	①: S <sub>CR</sub> 決定のための凍結融解試験 ②: S <sub>GAP</sub> 決定のための吸湿試験
C CIF試験	下面吸水・凍結融解
D 凍結融解時の下面吸水性状試験	①: 下面吸水(N) ②: 下面吸水・凍結融解(FT) ③: 封緘凍結・下面吸水融解(TA) ④: 下面開放凍結・下面吸水融解(TB)

※1: 12日間気中・2日水中とする。

度を調節した供試体を用いてを定める過程がある。CIF試験では、前養生の条件を4週水中養生とし、この後の条件として、乾燥なしに加え、20℃60%RH、50℃および105℃の乾燥後、20℃60%RHで1週放置したものとした。凍結融解時の下面吸水性状試験は、10φ×25mmの試験体を

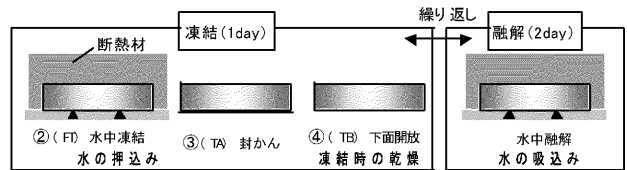


図1 試験項目Dにおける凍結融解時の吸水条件

表2 コンクリートの調合

試験項目	W/C (%)	目標 AIR (%)	s/a (%)	単位水量 (kg/m <sup>3</sup> )	絶対質量(kg/m <sup>3</sup> )			AE剤量(%)	
					セメント	細骨材	粗骨材	AE剤 <sup>※</sup>	高性能AE減水剤
A B	35	1	46.1	175	500	803	941	0.01	0.85
					345	893	941	-	-
	55	3	49.1	175	318	903	941	0.0015	-
					318	850	941	0.0035	-
65	1	50.0	190	292	938	941	-	-	
				292	955	941	-	-	
C D	35	1	46.7	175	500	820	941	0.01	0.85
					345	910	941	-	-
	65	1	50.6	190	292	955	941	-	-

※: W/C=35%のコンクリートは消泡剤を使用。

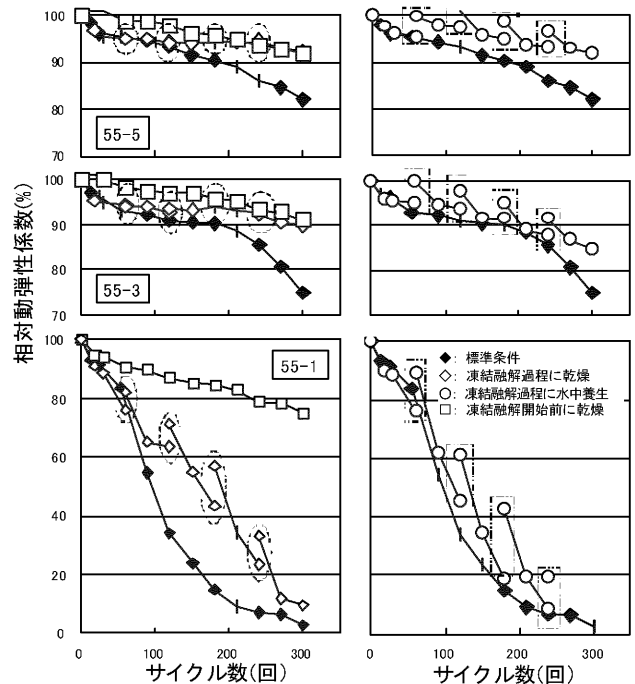


図2 水中凍結水中融解試験結果

用い、14 日間の下面吸水後に図 1 に示す 3 条件で凍結融解を行った。また、比較として下面吸水の継続も行った。

### 3. 結果および考察

水中凍結融解試験における相対動弾性係数の変化を図 2 に示す。凍結融解試験開始前の乾燥、凍結融解過程の乾燥のいずれにおいても、その後の相対動弾性係数の低下は小さく、耐凍害性が向上している。これは、乾燥により水を含まない空隙ができ、凍害を引き起こす水圧が緩和されるためと考えられる。また、凍結融解過程の水中養生においても耐凍害性が改善しているが、劣化が顕在化している nonAE コンクリートではそれまでの劣化がある程度回復されるものの、その後の劣化は標準条件の場合と同程度であり、凍結融解過程における水中養生は、本質的な改善にはなっていないといえる。

限界飽水度試験による耐凍害性は、限界飽水度 (Scr) と吸水特性 (Scap) の差  $F(=Scr-Scap)$  で評価される。この限界飽水度法と ASTM 法による耐凍害性の関係を図 3 に示す。全体的には両者は対応しているが、水セメント比 35% のコンクリートは ASTM 法において耐凍害性が高い評価にも関わらず、限界飽水度試験では耐凍害性に劣るものとして評価される結果となった。この理由は、限界飽水度試験で行う 50℃ の乾燥が、低水セメント比のコンクリートに微細なひび割れを発生させることが考えられる。

CIF 試験によるコンクリートの吸水量と相対動弾性係数の変化を図 4 に示す。50℃ の乾燥を受けたコンクリートは、20℃ の乾燥を受けたものと比べて、凍結融解時の吸水量が大きく、凍害劣化が大きいことがわかる。

コンクリートの凍結融解時の吸水性状を図 5 に示す。なお、この図で吸水量とは同時に行っている 20℃ での吸水試験との差を示している。すべての条件において凍結融解作用を受けることで吸水量が大きくなっており、凍結過程の押込み、融解過程の吸込みの効果があると考えられる。また、乾燥を受けた試験体は融解時の吸込みの効果が大きい傾向が認められる。

### 4. まとめ

1. 凍結融解前および凍結融解途中の適度な乾燥はがコンクリートの耐凍害性を改善する効果がある。
2. 50℃ 以上の乾燥は、コンクリートの耐凍害性を低下させることがあり、乾燥によって生じる微細なひび割れが影響していると考えられる。
3. 凍結融解時の水分上昇効果として凍結過程の押込みと融解過程の吸込みがあり、乾燥の影響は融解過程の吸込みを大きくする。

### 謝辞

本研究の実施にあたり、ご協力いただいた当時の大学院生の馬場雄一郎君に謝意を表します。

\* 北海道大学      \*\*\* 釧路工業高等専門学校  
\*\* 室蘭工業大学

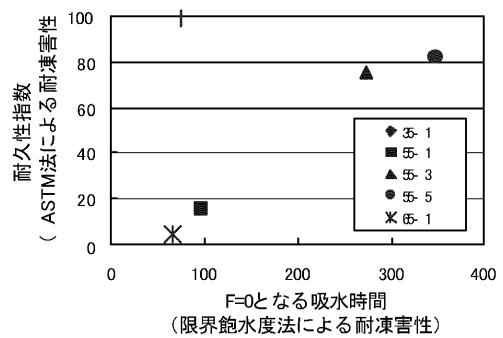


図 3 ASTM 法と限界飽水度法の耐凍害性評価の比較

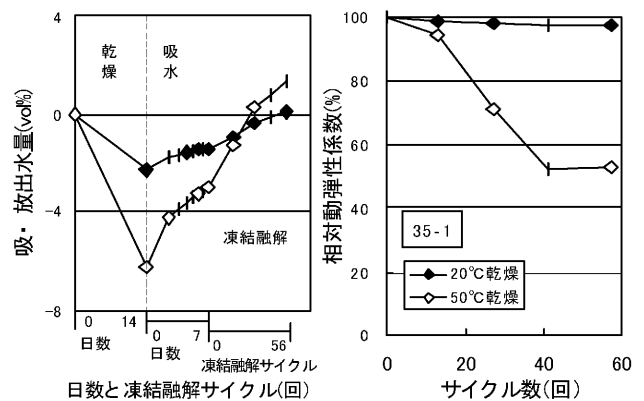


図 4 CIF 試験結果の一例

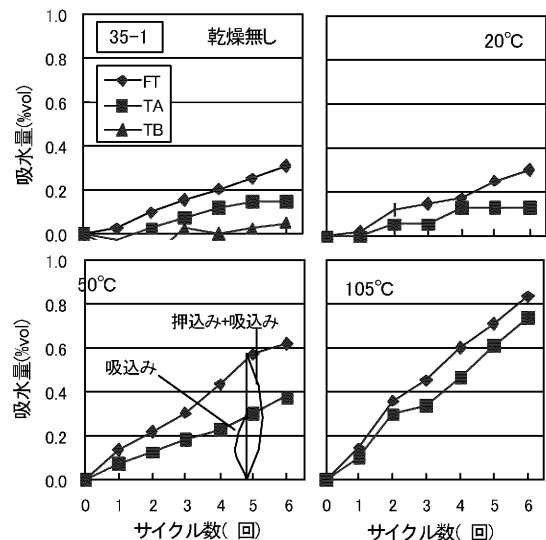


図 5 試験項目 D における凍結融解時の吸水性状

### 参考文献

- 1) 浜他：気象因子を考慮したコンクリート凍害劣化予測、日本建築学会構造系論文集 No. 523, 1999
- 2) 田畑：コンクリートの凍害における環境条件の影響に関する研究、北海道大学学位論文、1986
- 3) 浜他：7-12年間の屋外暴露によるコンクリートの耐凍害性の変化、第56回セメント技術大会要旨、2002

\* Hokkaido University      \*\*\*Kushiro National College of Technology  
\*\*Muroran Institute of Technology