

繰返し圧縮载荷と凍結融解作用を受けたコンクリートの塩化物イオン透過性

金沢工業大学 正会員 石森 広
金沢工業大学 正会員 斉藤 満
金沢工業大学大学院 田仲信吾

1. はじめに

コンクリート内部に生じた微細ひび割れは、塩化物イオンの移動を促進する可能性がある。著者らは、繰返し圧縮载荷を受けた普通骨材コンクリートの塩化物イオン透過性をAASHTO T-277に基づく急速塩化物イオン透過性試験法を用いて検討し、ほんの数万回程度の荷重繰返しでさえ塩化物イオン透過性を著しく増加する場合のあることを明らかにした¹⁾。寒冷地の塩分環境下にあるコンクリート橋は、繰返し荷重に加えて凍結融解作用をも受ける苛酷な状況下にある。この複合作用によるコンクリートの塩化物イオン透過性を明らかにすることは、苛酷環境下に置かれたコンクリート構造物の耐久性を検討するうえで重要である。本研究は、繰返し圧縮载荷後にさらに凍結融解繰返しを受けた普通骨材コンクリートの塩化物イオン透過性を急速塩化物イオン透過性試験法を用いて明らかにし、すでに報告した繰返し载荷のみを受けた場合の塩化物イオン透過性の結果と比較検討したものである。

2. 実験概要

セメントは、普通ポルトランドセメントを使用し、細骨材および粗骨材として手取川産の川砂（表乾比重2.58、吸水率1.92%、粗粒率3.06）と碎石（表乾比重2.61、吸水率1.61%、粗粒率6.80）を用いた。また、AE剤としてヴィンソルレジンを使用した。コンクリートの配合と圧縮強度を、それぞれ表-1と表-2に示す。供試体寸法はφ10×20cmとし、打込み後48時間で脱型し、材齢28日まで温度20℃の水中養生を行った。繰返し圧縮载荷試験は、荷重波形を正弦波、荷重速度を5 Hz、上限荷重レベルを材齢28日の圧縮強度の50、60および70%の3種とし、下限荷重レベルはすべて6%とした。载荷試験では、データロガとコンプレッソメータを用いて载荷試験終了直後の供試体の

表-1 コンクリートの配合

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)
25	6.0	4.2	60	42.3
単 位 量 (kg/m ³)				
W	C	S	G	AE剤
167	278	757	1046	0.085

表-2 コンクリートの圧縮強度

材 齢 (日)	圧 縮 強 度 (kg/cm ²)	供試体数 (個)	変動係数 (%)
28	256	5	4.3

残留ひずみを求めた。繰返し载荷試験の終了した供試体の中央部分より切り出した厚さ5 cmの円盤型供試体を凍結融解試験に供した。真空状態で飽水処理した円盤型供試体をプラスチック製容器に納め、供試体の全面が厚さ約2 mmの水で覆われた状態で水中凍結・水中融解方式による凍結融解試験を実施した。凍結融解槽内の温度は、凍結融解中の供試体中心温度が8℃から-20℃の範囲を1サイクル6時間で変動するように制御した。円盤型供試体には、すべて24サイクルの凍結融解繰返しを加えた。繰返し圧縮载荷や凍結融解繰返しに伴うコンクリートの劣化の程度を把握するために、それぞれの試験の前後において、供試体を通過する超音波パルス伝ば速度を測定し、相対動弾性係数を算出した。凍結融解試験終了後、AASHTO T-277に規定する急速塩化物イオン透過性試験法を用いて塩化物イオン透過性の測定を行った。この試験方法は、円盤型供試体の端面に接する3%-NaCl水溶液と0.3N-NaOH水溶液の間に60Vの定電圧を6時間負荷し、供試体中を通過した電気量の大小により塩化物イオン透過性を評価するものである。

3. 実験結果および考察

材齢28日まで水中養生を行った供試体（以下、標準供試体という）の電気量は、6,632クーロン（供試体数：8個、変動係数：7.6%）であり、この値を基準として繰返し载荷と凍結融解繰返しを受けた供試体の塩化物イオン透過性の検討を行った。

上限荷重レベルの範囲を50～70%とし、3,900～70,000回の範囲の繰返し載荷を受け、さらに24サイクルの凍結融解繰返しを受けた供試体の電気量を表-3に示す。表には、繰返し載荷後の供試体の残留ひずみと相対動弾性係数および凍結融解繰返し後の相対動弾性係数の結果をも示してある。なお、表中の動弾性係数欄の※記号は、超音波パルス伝ば速度の測定が不可能であったことを示すものである。表より、上限荷重レベル50%における電気量の平均値は6,664クーロンであり、標準供試体の電気量6,632クーロンとほとんど差異のないことがわかる。上限荷重レベル60%では平均7,328クーロンとなり、標準供試体の場合よりも10%程度の電気量の増加が認められる。上限荷重レベル70%では、電気量は6,117から13,186クーロンの範囲となり、標準供試体の電気量の2倍程度の電気量を示す場合がある。以上の結果より、繰返し載荷と凍結融解繰返しは、上限荷重レベル60%と70%においてはコンクリートの塩化物イオン透過性を増加させることがわかる。

図-1は、繰返し載荷後の供試体の残留ひずみと電気量比の関係を示すものである。図には繰返し載荷のみを受けた場合の既往の結果¹⁾をも示してある。ここでいう電気量比とは、繰返し載荷を受けた供試体の電気量および繰返し載荷と凍結融解繰返しを受けた供試体の電気量の、標準供試体の電気量に対する比である。図より明らかなように、繰返し載荷と凍結融解繰返しを受けた供試体の電気量比は、残留ひずみの増加とともに増加するが、繰返し載荷のみを受けた供試体の電気量比の増加傾向と大きく異なることはない。この事実は、24サイクルの凍結融解繰返しがコンクリートの塩化物イオン透過性に影響しないことを示すものである。

表-3の結果より、繰返し載荷後の凍結融解繰返しが相対動弾性係数を低下するよう作用することが明らかである。しかしながら、この程度の相対動弾性係数の低下を示すダメージは、コンクリートの塩化物イオン透過性に影響を及ぼすことのないことが図-1の結果から明らかである。

【参考文献】

- 1) Saito, M. and Ishimori, H.: Chloride Permeability of Concrete Under Static and Repeated Compressive Loading, Cement and Concrete Research, Vol. 25, No. 4, pp. 803-808, 1995

表-3 繰返し圧縮載荷と凍結融解繰返しを受けたコンクリートの電気量

上限荷重レベル	荷重繰返し回数(回)	繰返し載荷後の残留ひずみ($\times 10^{-6}$)	相対動弾性係数(%)		電気量(クーロン)
			繰返し載荷終了後	凍結融解終了後	
50 %	20,000	20	98	95	6,858
	20,000	30	99	96	7,236
	20,000	45	102	88	6,578
	20,000	55	100	99	6,279
	20,000	80	98	97	6,407
	20,000	100	103	94	6,285
	20,000	195	95	93	7,005
60 %	20,000	115	102	92	6,119
	20,000	125	94	88	7,168
	20,000	135	98	92	7,159
	20,000	185	98	87	6,793
	20,000	330	94	88	6,833
	20,000	360	92	84	7,361
	20,000	385	90	85	8,154
	20,000	425	92	※	8,848
	20,000	435	92	85	6,129
	20,000	500	89	61	8,717
70 %	3,900	815	79	※	10,020
	4,100	1,095	82	※	8,698
	5,000	85	100	98	7,135
	5,000	115	103	99	6,624
	5,000	125	102	94	6,854
	5,000	185	100	96	7,251
	5,000	725	98	80	6,204
	7,600	1,165	75	※	8,919
	8,500	1,145	68	※	9,629
	9,200	1,000	70	※	10,333
	13,000	785	88	78	7,290
	20,000	310	96	90	7,567
	40,000	560	92	92	7,288
	45,310	1,345	※	※	13,186
	58,000	440	91	92	6,117
	70,000	600	91	90	7,946

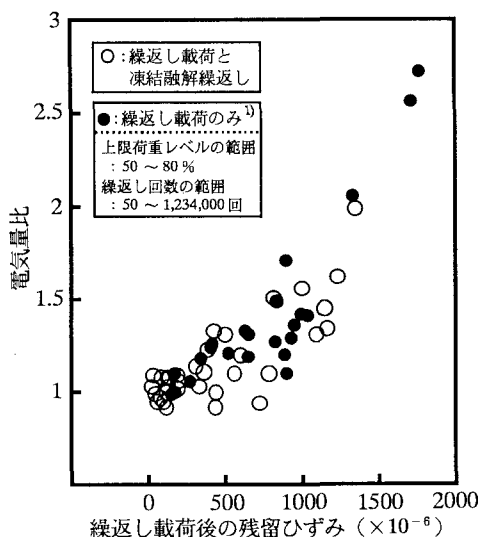


図-1 電気量比と残留ひずみの関係