

V-33

コンクリートの凍結融解抵抗性に及ぼす塩分の作用に関する基礎的検討

八戸工業大学 学生会員 ○村山 賢治
月永 洋一
正会員 庄谷 征美

1. はじめに

寒冷地のコンクリート構造物にもっともポピュラーにみられる劣化形態は、凍結融解の繰返しによる劣化、すなわち凍害であろう。凍害のメカニズムや特性については既に多くの研究があるが、最近塩害との複合作用が注目されてきている。すなわち、海岸線の構造物や舗装コンクリートに浸透した海塩や融氷剤として散布された塩類が凍結融解作用により深部に移動する可能性、また、外部塩分が浸透して一定濃度下において凍結融解をうけて生ずるスケーリング劣化などが指摘される。後者については、古くから研究はあるものの、必ずしもその機構や程度が明確ではなく、今後融氷剤がスパイクタイなどの規制によってその使用量の著しい増加が予測され、寒冷地のコンクリート構造物にとっては益々苛酷な環境になりつつある。本研究は、第1段階として塩分の種類や作用形態の違いに着目し、あわせて種々のボゾランなど活性を期待しうる混和材の影響を調べたものである。

2. 実験の概要

2.1 使用材料および配合：セメントは普通ポルトランドセメント、粗骨材は碎石（最大寸法25mm、粗粒率6.90、絶乾比重2.70）、細骨材は陸砂（粗粒率2.74、絶乾比重2.52）を使用した。混和剤はA E剤（ヴィンソル）を使用し、ワーカビリティが著しく損われる場合は高性能減水剤を併用した。（本実験には、活性を期待しうる混和材の効果を調べる事も計画し、ここでは表1に示す4種類を使用した。）内部混入塩分は人口海水（塩素イオン量換算で1.98%）とした。外部塩分はNaClを水希釈濃度で1%および3%としたものを用いた。配合は大別して2シリーズに分かれるがここでは外部塩分についての配合を表2に示した。尚、内部塩分の場合は表層コンクリートの報告の配合と同様であり、ここでは割愛する。

2.2 実験方法：ASTM C 666A 法に準じて水中急速凍結融解試験を行なった。実験シリーズIでは予め塩分を混入した供試体（内部塩分）を用い、実験シリーズIIでは供試体容器に塩水を張った条件（外部塩分）で実験を行った。その他、圧縮強度および気泡間隔係数の測定も行なった。

3. 結果および考察

3.1 実験シリーズI：凍結融解試験による耐久性指数と圧縮強度の関係を図1に示す。圧縮強度は塩分混入の有無に関わり無く特に大きな差はみられない。耐久性指数はW/C50%混和材混入の場合は塩分の有無に係わらず90%以上の値を示した。水結合材比50%および60%のシリカフューム混入の場合とW/C60%混和材無混入の場合は、塩分を混入したもののほうが耐久性指数は劣る傾向にあり、塩化物による浸透圧の発生が影響しているものと考えられる。特にシリカフューム混入の場合この傾向は著しい。シリカフュームを混入した場合、凍結融解抵抗性が低下し気泡間隔係数も大きな値を示すことがあることは、既に大和ら¹⁾が

混和材の品質

表 1

混 和 材		比 重	比 表 面 積 (cm^2/g)
種 類	記号		
シリカフューム	S F	2.03	28×10^4
高炉スラグ4000	B 4	2.90	4,000
高炉スラグ8000	B 8	2.91	8,000
フライアッシュ	F A	2.13	3,300

表 2

コンクリート配合表（外部塩分）

B/E	25mm 実量 (cm)	実量 (kg)	水/セメント 比 (kg)	配合量 (kg/m ³)				気泡間隔係数 Cx (%)
				W	C	S	G	
45NOM	8.0	1.4	42.8	187	418	733	1020	—
45AE2.5	8.0	3.0	48.5	175	389	705	1092	20.015% = 58.4
45AE6.5	8.5	6.5	38.6	180	356	607	1045	20.045% = 100.2
55NOM	8.8	1.2	44.8	191	347	788	1019	—
55AE2.5	7.0	3.2	42.8	175	318	755	1099	20.015% = 47.7
55AE4.5	7.0	5.0	48.5	165	300	723	1121	20.027% = 81.0
55AE8.5	9.0	8.0	39.0	155	282	693	1142	20.037% = 104.3

報告しているが、本実験の結果からも図3に示すようにシリカフェームを混入した場合の気泡間隔係数はより大きな値を示す傾向にあることが指摘される。フライアッシュおよび高炉スラグ比表面積 $4,000\text{cm}^2/\text{g}$ の場合は塩分混入の場合のほうが耐久性指数は大きく、また、気泡間隔係数の値も小さくなっている。この原因の一つとして塩分が初期水和を促進した可能性があるという点が指摘される。

図2に、コンクリートの空気量と耐久性指数の関係を示した。塩分混入の有無に係わらず空気量が3.5%程度あれば耐久性は確保できることが分かる。図3には、気泡間隔係数と耐久性指数の関係を示した。これによって同一耐久性指数を得るには、塩分混入の場合では30~50 μm 程度気泡間隔係数を小さくする必要があり、塩分混入の場合はこれまで云われているように空気量を増加させて気泡間隔係数を下げることが有効な手段と思われる。

3. 2実験シリーズII： 図4に各種コンクリートの外部塩分濃度と耐久性指数の関係を示す。W/C55%AE4.5%の場合は外部塩分の濃度に関わらず耐久性指数はほぼ100%と高い値を示した。W/C55%AE2.5%の場合は外部塩分無しで耐久性指数は100%であったが、外部塩分1%および3%の場合は共に約20%と大差なく低下がみられた。W/C55%nonAEの場合の耐久性指数は外部塩分無しで約20%、外部塩分1%および3%では共に約4%と大差なく、W/C45%nonAEの場合もやや高い値を示すものの同様の傾向がみられた。図5にW/C55%AEの場合の凍結融解の各サイクルにおける相対動弾性係数および重量変化率をまとめて示す。AE2.5%の場合相対動弾性係数は90サイクルあたりから急激に低下するが、重量は極く初期のサイクルから低下する傾向にある。また、その他の供試体も同様の傾向にあり、300サイクルまで相対動弾性係数がほぼ100%であっても重量は60サイクルあたりから徐々に低下する。このように相対動弾性係数の低下がみられない場合でも重量の減少が著しい場合があり、両者は必ずしも比例関係にはないことが認められる。これまでの知見のとおり、動弾性係数の低下は膨張による組織のゆるみをとらえているのに対し、重量変化は膨張としての劣化とは異なりスケリングとしての劣化指標であることを示すものであり、相対動弾性係数の測定からだけでは表面の劣化程度は把握できないようである。

参考文献

1) 添田、江本、辰本、大和、コンクリートの諸性質に及ぼすシリカフェームの影響

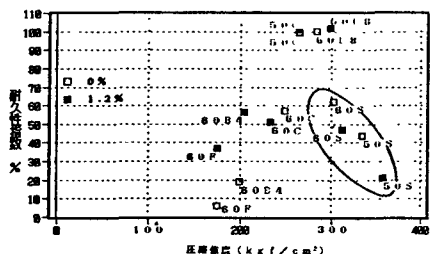


図1 耐久性指数と圧縮強度の関係

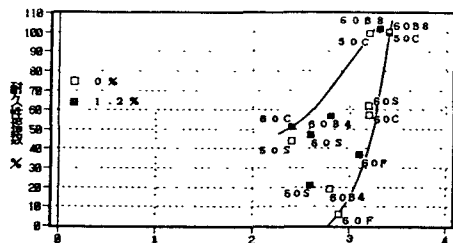


図2 コンクリートのair (%)
と耐久性指数の関係

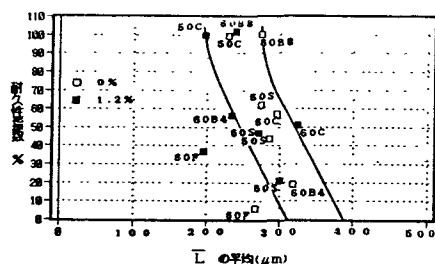


図3 気泡間隔係数と耐久性指数の関係

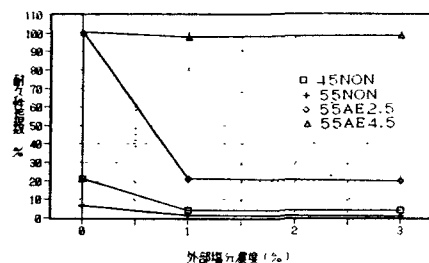


図4 外部塩分濃度と耐久性指数の関係

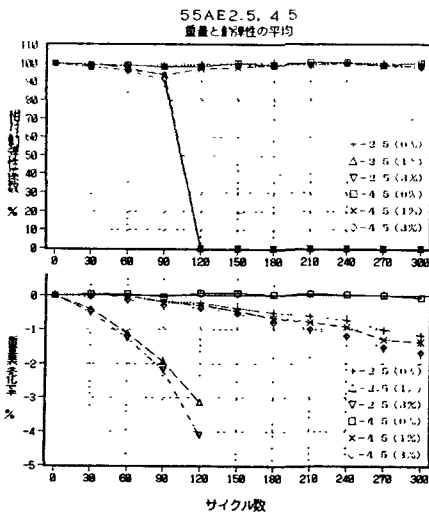


図5 劣化指標とサイクル数