

V - 92

コンクリートの複合劣化に関する基礎的研究

北海道開発局 開発土木研究所 正会員 西沢隆宏 堺 孝司
 間 組 技 術 研 究 所 正会員 喜多達夫 山下英俊

1. まえがき

コンクリート構造物は、凍害、中性化、塩害などにより耐久性が低下する。これらの劣化の要因となる凍結融解、二酸化炭素、塩化物などは実際の環境下においては複合して作用するのが一般的と考えられる。しかしながら、コンクリートの複合劣化に関する研究は極めて少ないのが現状である。

このようなことを背景に、本研究は、コンクリートの複合劣化に関する基礎的な研究として、凍結融解作用が塩化物イオンの浸透に及ぼす影響および中性化が凍結融解抵抗性に及ぼす影響について検討したものである。

2. 実験概要

セメントは、高炉セメントB種（比重3.04）を使用し、細骨材として苫小牧樽前産の海砂（比重2.68、吸水率1.17%）、粗骨材として小樽見晴産の碎石（比重2.68、吸水率1.58%、最大寸法25mm）を使用した。また、混和剤としてAE減水剤および空気調整剤を使用した。コンクリートの配合および圧縮強度を表-1に示す。空気量は $4.5 \pm 1\%$ 、スランプは 8 ± 2.5

表-1 コンクリートの配合および圧縮強度

水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)				圧縮強度 材令28日 (kgf/cm ²)
		水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	
45	42	145	322	789	1093	431
55*	42	144	262	850	1121	329
60	45	146	243	876	1074	290

*前年度実施

cmを目標とした。供試体は $10 \times 10 \times 40$ cmとし、両引き供試体は、異形鉄筋D19、SD30を供試体中央に配置した。供試体は、打ち込み後24時間で脱型し、材令28日まで水中で養生した。

シリーズIでは、凍結融解作用を0、44、110、300サイクル受けた後の供試体を用いて塩水浸漬乾燥試験を行い、塩化物イオンを測定した。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水中で所定のサイクルまで行った。なお、両引き供試体は、鉄筋を降伏点まで引張したもの、降伏点の75%程度引張したものおよび引張しないものを用いた。また、はみ出した鉄筋部分は切断し、シリコン接着剤で供試体端面をシールした。塩水浸漬乾燥試験は、供試体の側面1面以外をエポキシ樹脂接着剤でシールし、温度20℃湿度60%RHで5日間乾燥、温度20℃、5%NaCl水溶液に2日間浸漬を1サイクルとして6サイクル行った。また、乾燥および塩水浸漬後の重量を測定した。塩化物イオンの測定用試料は、供試体表面から10cm幅で深さ方向にスライスに切断したものを用いた。なお、ひびわれを加えた供試体については、ひびわれのない部分およびひびわれを中心とした部分からそれぞれ試料を採取した。塩化物イオンは、採取した試料を微粉砕した後、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。シリーズIIでは、中性化促進試験を0、4、8週間行った後、凍結融解試験を行った。中性化促進試験は、温度30℃、湿度60%RH、CO₂濃度10%の条件で行い、供試体は凍結融解試験開始前に2日間吸水を行った。

3. 実験結果および考察

凍結融解試験の結果を図-1に示す。相対動弾性係数は、ひびわれを加えることにより低下しており、ひびわれによる水の供給が劣化に影響を与えていることが考えられる。しかしながら、試験に用いた供試体は鉄筋が入っており、導入したひびわれにより供試体としての形態が変化したため、一般的なたわみ振動を測定することができず、この試験方法は劣化の評価法として用いることができない。

塩水浸漬乾燥試験の1サイクル目の吸水率を図-2に示す。鉄筋のない場合、凍結融解サイクルが増加すると吸水率は増加しており、凍結融解作用によって生じたクラックが塩水の浸透を増大させたと考えることが

できる。鉄筋のある場合は、凍結融解作用が44サイクルまでは鉄筋のない場合と同様の傾向であるが、110サイクルでは吸水率が全体的に低下している。これは、供試体それぞれ異なることおよび凍結融解作用による影響よりもひびわれの程度による影響が大きかったことによるばらつきと考えられる。

凍結融解作用が塩化物イオンの浸透に及ぼす影響を図-3に示す。W/Cが45%の場合、表面部（0～0.6cm）では、凍結融解0サイクルと比べて44サイクルでは塩化物イオン量が多くなっており、凍結融解作用による微細なクラックが影響している

と考えられる。110サイクル以上では逆に少なくなっているが、スケーリングによる影響が大きくなったと考えられる。W/Cが60%の場合、W/Cが45%の場合と比較して、0サイクルで塩化物イオン量が多く、44サイクルでの増加も少なく110サイクル以上では同様に減少している。内部につい

ては、ひびわれのない場合、凍結融解サイクル数が多くなると、塩化物イオン量は増加する傾向があり、凍結融解作用によって生じた微細なクラックが塩化物イオンの浸透量を増大させたと考えられる。ひびわれのある場合も一部を除いてこのような傾向がみられる。しかしながら、ひびわれを加えた場合には、供試体ごとにひびわれの程度が若干異なるため、このことが結果に影響していると考えられる。

中性化が凍結融解抵抗性に及ぼす影響を図-4に示す。前年度行ったW/Cが55%の場合を除いて、中性化の進行に伴ない質量減少率は小さくなり、また相対動弾性係数の低下も小さくなっている。これは、中性化により組織が密実になり水の浸透を抑制したことによるものと思われる。一方、W/Cが55%の場合は中性化により相対動弾性係数が大きく低下しており、これはコンクリート表面において中性化収縮による微細なクラックが発生し水の浸透を容易にしたことによるものと思われる。このように、表面が中性化した場合の凍結融解抵抗性は、コンクリートの品質または中性化深さ等によって微妙に変化することが考えられる。

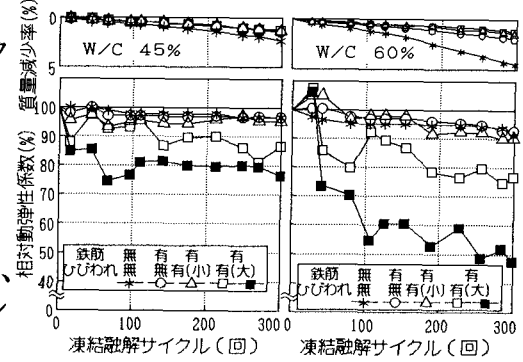


図-1 凍結融解試験結果

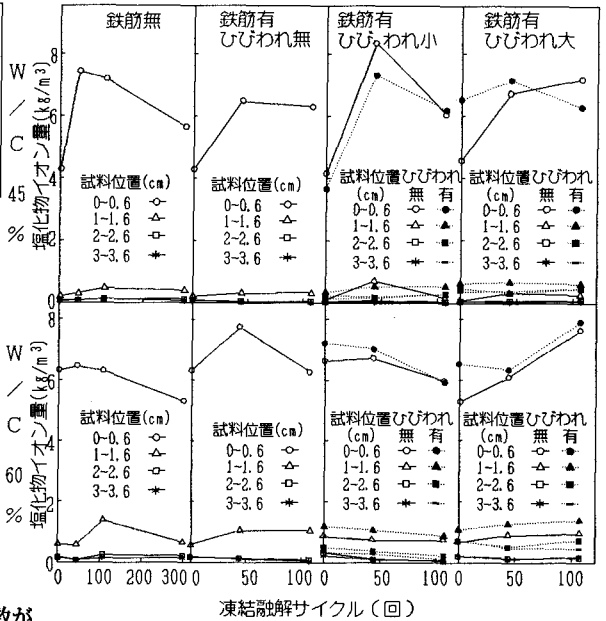


図-3 凍結融解作用が塩化物イオンの浸透に及ぼす影響

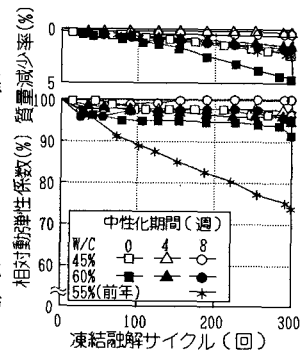


図-4 中性化が凍結融解抵抗性に及ぼす影響