

低水セメント比・Non-AE コンクリートによる河川護岸の凍害劣化形態

国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 耐寒材料チーム 正会員 ○野々村佳哲、内藤勲、安中新太郎
 〃 寒地河川チーム 正会員 横山洋、伊波友生

1. はじめに

北海道のオホーツク地域の結氷する河川の直立護岸（コンクリート矢板構造）において、建設から 30～40 年が経過した現在、**写真-1～3**に示すような、主鉄筋と平行なひび割れ、コンクリートの剥離剥落、および鉄筋露出などの変状が、矢板凸部の水面付近に生じている。本報では、これらの変状の発生要因が凍害であると推定し、建設当時の配合および配筋を模して凍結融解試験を行った結果について報告する。



写真-1 河川護岸の変状



写真-2 主鉄筋に平行なひび割れ



写真-3 露出鉄筋例

2. 変状の進行過程と要因の推定

矢板設置区間は潮位変動の影響を受ける感潮区間であり、1日に1～2回、最大で1.5m程度の水位変動がある。各変状はその干満帯の下部で生じた後（**写真-1**）、干満帯の上部側へと進展していく傾向にあった。また、進展方向である変状上端に着目すると、矢板凸部に主鉄筋と平行なひび割れが複数生じていた（**写真-2**）。このひび割れ箇所をプラスチックハンマーで叩くと、軽微な力で容易に剥落したことから、ひび割れ発生後に河川流下物などが衝突して剥落し、鉄筋露出に至ったと考えられる。

各変状の起因となったひび割れの発生要因としては、鉄筋露出部において異径鉄筋の節が残っている（**写真-3**）ことから、塩害・中性化などによる鉄筋腐食の可能性は低い。一方、このコンクリート矢板は、W/C=36%の低水セメント比のコンクリートで作製されたプレキャスト製品であるが、空気量1.5%程度のNon-AEコンクリートであるため、凍結融解抵抗性が定かではない。また、河川護岸の干満帯は、外気による凍結行程と、河川水による融解行程・水分供給行程が繰り返される非常に厳しい凍結融解環境である。特に、著しい変状が生じていた矢板凸部は3面から凍結融解作用を受けるため、影響が大きいと考えられる。そのため、凍害によるコンクリートの内部劣化ひび割れが鉄筋露出の起因になった可能性が疑われる。そこで今回、劣化要因の推定のため、コンクリート矢板の配合および配筋を模した供試体を作製し、凍結融解抵抗性を検証した。

3. 実験方法

実験では矢板凸部（幅15cm×奥行14cm）と同程度の大きさである□10×40cm供試体を用い、JIS A 1148による水中凍結融解試験を行った。なお、供試体の長手方向端部にはピンを埋め込み、ノギスにて試験中の長さ変化も測定した。また、実験は一般的な「無筋供試体」と、矢板凸部の主鉄筋D19×4本を模して**図-1**に示すような長手方向にD16鉄筋4本を配置した「D16供試体」の2水準で実施した。なお、鉄筋はスペーサーを使わずに型枠の端部で保持した状態で打設し、凍結融解試験の直前に供試体端部で切り揃えた。

表-1に配合を示す。供試体のかぶりが20mmであるため粗骨材の最大寸法を13mmとし、所定のスランプが得られるよう単位水量および細骨材率で調整した。なお、セメントは普通ポルトランドセメントとし、混和剤は使用していない。各供試体は打設2日後に脱型した後、材齢28日まで水中養生を行った。

キーワード 河川護岸、コンクリート矢板、Non-AEコンクリート、凍害、ひび割れ再現
 連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34 TEL 011-841-1696

表-1 コンクリートの配合およびフレッシュ性状など

	管理値		G _{max} (mm)	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)				結果		
	スランブ	空気量			W	C	S	G	スランブ	空気量	圧縮強度
建設当時	3.5	1.5	20	36	151	420	735	1110	—	—	600 kgf/cm ² ※1
本実験	±1.5cm	±1.0%	13	36	164	456	806	994	2.8cm	0.5%	71.1 N/mm ² ※2

※1:設計基準強度、※2:標準養生28日強度

4. 実験結果および考察

凍結融解試験結果を図-2に示す。なお、D16 供試体は鉄筋の影響で一次共鳴振動数の測定が困難なため、相対動弾性係数の算定は行っていない。

無筋供試体の相対動弾性係数を見ると、120cyc程度で60%を下回っており、凍結融解抵抗性は低い結果となった。そのため、低水セメント比の場合であっても、耐凍害性を得るためにはAE剤による空気連行が必須であると考えられる。なお、無筋供試体の180cyc以降では一次共鳴振動数の測定が困難となったが、供試体の形状は保たれていたことから、300cycまで凍結融解試験を継続し、質量変化および長さ変化を測定した。

次に、無筋供試体の長軸方向の長さ変化率を見ると、300cycで約9000 μ と非常に大きな膨張量となった。これはコンクリート内部の水分凍結による膨張の影響で、コンクリートの組織がゆるんだためと考えられる。一方、D16 供試体では鉄筋による内部拘束があるため、膨張量は約400 μ と小さかった。そのため、写真-4に示すように、無筋供試体では亀甲状にひび割れが生じた一方で、D16 供試体では現地の河川護岸(写真-2)と同様に、鉄筋と平行な方向のみにひび割れが生じた。

また、質量減少率を見ると、どちらの供試体も質量が増加する傾向にあった。これは、凍結融解によって生じたコンクリートの膨張ひび割れの隙間に水分が浸透したためと考えられる。

5. まとめ

感潮河川のコンクリート護岸では干満帯の範囲で厳しい凍結融解作用を受け、特に3面から作用を受ける矢板凸部において変状が著しくなる傾向があった。また、室内試験の結果、Non-AEコンクリートでは凍結融解作用を受けると内部劣化によってコンクリートが膨張し、主鉄筋と平行な方向にひび割れが生じることを確認した。

そのため、調査対象のコンクリート矢板では、凍害劣化によって矢板凸部にひび割れ等が生じた後、河川流下物などの衝突によってコンクリートが剥落し、鉄筋露出に至ったと推定される。

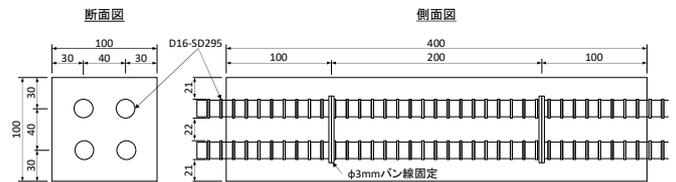


図-1 供試体配筋図

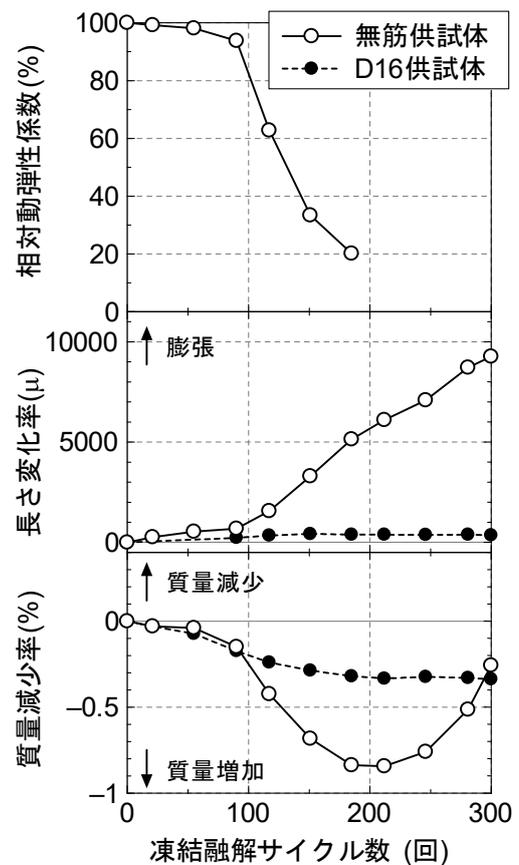
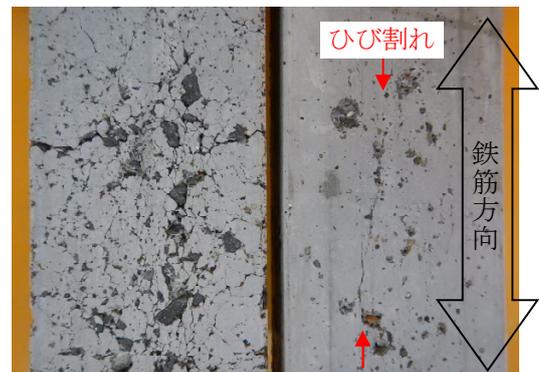


図-2 凍結融解試験結果



(a) 無筋供試体 (b) D16 供試体

写真-4 凍結融解試験後の外観性状