

V-193 透水性コンクリートの耐凍害性

清水建設技術研究所 正会員 橘 大介
 清水建設 技術本部 正会員 今井 実
 清水建設 土木本部 正会員 武川芳広
 清水建設 技術本部 高木史人

1. 目的

植生が可能な透水性に富むコンクリートは、海岸・河川・湖の護岸や擁壁、魚礁などへの利用が考えられる。寒冷地の河川や湖などにこの種のコンクリートを適用した場合、冬季にコンクリートが繰返しの凍結融解作用を受けることになる。透水性コンクリートの空隙率は大きく、一般にコンクリートの含水率が高くなることから、同環境下では凍害を受けることが危惧される。

本研究は、植生を目的とした透水性コンクリートを凍結融解作用を受ける寒冷地の護岸用コンクリートとして適用することを前提として、その耐凍害性を実験的に検討したものである。

2. 実験概要

表-1 使用材料

2.1 使用材料とコンクリート配合

透水性コンクリートに用いた材料、配合を表-1～2に示す。コンクリートの配合は、結合材にセメントのみを用いた配合（Nコンクリート）とシリカフュームを内割で10% 混和したもの（Sコンクリート）の2種類とした。このような配合で製造したコンクリートの空隙率は21%、透水係数は $3 \sim 4 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ 程度になる。

2.2 実験方法

材齢28日を経過した供試体（ $10 \times 10 \times 40 \text{cm}$ 、各配合4本）を用いて、ASTM C666 A法「急速水中凍結融解試験方法」に準拠した凍結融解試験を実施した。ただし、護岸用コンクリートの実際の暴露条件を模擬して、図-1および写真-1に示すように、供試体収納容器の底部からのみ冷却・加温する一面凍結融解条件下で300回の繰返し試験を行うこととした。また、凍結融解のサイクルタイムは17～20時間/回程度であった。

3. 実験結果と考察

凍結融解試験結果を図-2～4、写真-2に示す。

相対動弾性係数の経時変化は図-2に示すとおり

になった。シリカフュームを使用しないセメント単味のNコンクリートでは、凍結融解サイクル数269回において相対動弾性係数が59.0%まで低下した。一方、シリカフュームを混和したSコンクリートでは、試験終了の300回において相対動弾性係数が73.8%になった。すなわち、シリカフュームの混和は、透水性コンクリートの耐凍害性を改善する効果があることが認められた。この結果から耐久性指数を算定すると、Nコ

材料	種 類	物 性 / 成 分
セメント	普通	比重=3.16, 比表面積 (Blaine) =3260 cm^2/g
細骨材	山砂 (君津産)	表乾比重=2.60, 吸水率=2.28%, 粗粒率=2.05
	石灰石砕砂 (鳥形産)	表乾比重=2.64, 吸水率=1.54%, 粗粒率=3.45
粗骨材	硬質砂岩砕石 (青梅産)	最大寸法=20mm, 表乾比重=2.64, 吸水率=0.57%, 粗粒率=6.62
混和材	シリカフューム	比重=2.22, 比表面積 (BET) =20.0 m^2/g , SiO_2 =92.8%
混和剤	AE減水剤	リグニルスルホン酸化合物, 溶液比重=1.07

注) 細骨材は、山砂と砕砂を6:4に混合したものを用いた

表-2 コンクリート配合

配合名	水結合材比 W / CB (%)	細骨材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)					
			水	セメント	シリカ フューム	細骨材	粗骨材	AE 減水剤
N	30.2	19.8	95	315	—	315	1286	0.95
S		19.9		283	32		1274	

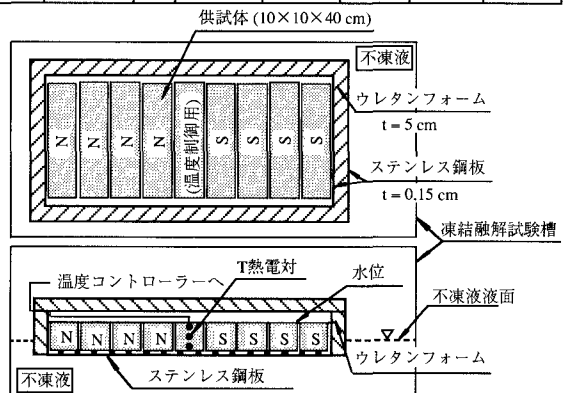


図-1 凍結融解試験供試体収納容器

ンクリートが51.6、Sコンクリートが73.8になり、Nコンクリートでは一般に良好な耐凍害性を確保するための耐久性指数のしきい値60を若干下回った。次に、供試体の質量変化は、図-3に示すとおりになった。いずれのコンクリートにおいても質量減少量は極めて少なくなり、凍結融解サイクル数300回において0.5%程度以下の値になった。試験終了後の供試体には、写真-2に示すように、表面部にわずかにスケーリングが認められるものの、ポップアウトやスポーリングの発生は認められず、スケーリングなどの表面劣化に対する抵抗性は顕著に大きいことが明らかになった。以上の結果から、本実験で用いた透水性コンクリートは、極めてポーラスであるにもかかわらず、比較的高い耐凍害性を有するものと考えられる。

なお、本実験では共振装置により一次たわみ振動数を測定し、相対動弾性係数を算出して内部劣化の程度を判定したが、実際のコンクリートの強度低下の程度を把握するために、図-4に示すように強度比（凍結融解作用を受ける前の供試体強度に対する凍結融解試験終了後の供試体強度の比、%）を求めた。いずれのコンクリートにおいても、相対動弾性係数の低下割合に比較して、曲げ強度の低下割合は大きくなり、圧縮強度の低下割合は逆に小さくなった。このようにポーラスなコンクリートでは、凍結融解作用によって発生するひび割れは圧縮強度には小さく、曲げ強度には大きく影響を及ぼすことが明らかになり、相対動弾性係数は曲げ強度比と圧縮強度比の中間の値を示す結果になった。

4. まとめ

植生を目的とした透水性コンクリートを寒冷地の河川・湖の護岸に適用する場合の耐凍害性に関して実験検討した。本実験に用いた透水性コンクリートは、空隙率が大きい、比較的高い耐凍害性を示すことが明らかになった。また、シリカフェウムを混和材として使用することで耐凍害性改善効果が認められた。

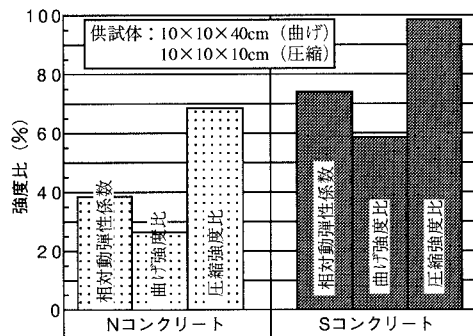


図-4 相対動弾性係数と残存強度の関係

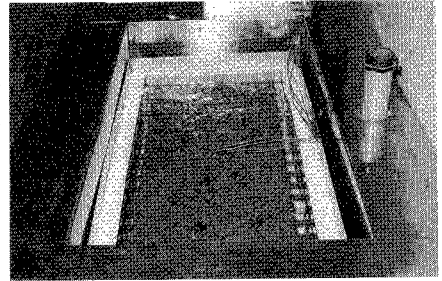


写真-1 凍結融解試験供試体セット状況

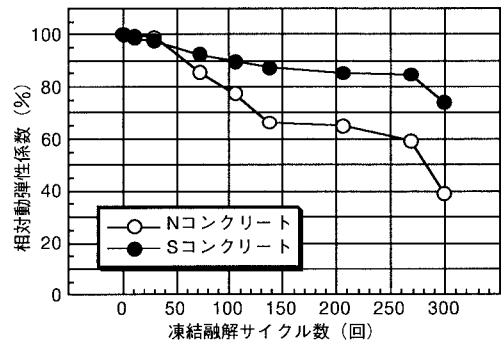


図-2 相対動弾性係数の経時変化

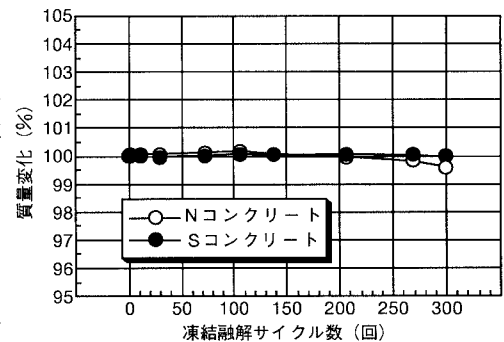


図-3 供試体の質量変化

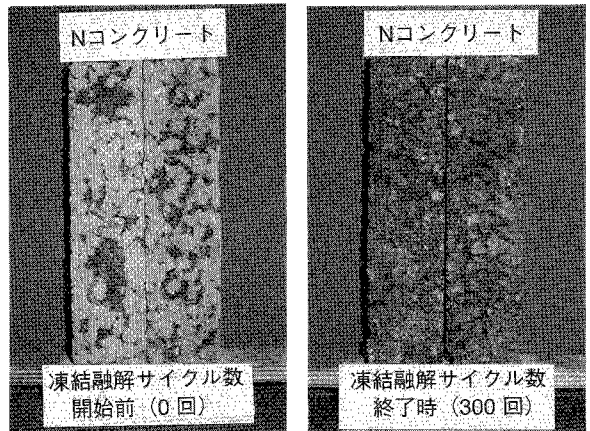


写真-2 凍結融解試験開始前および終了時の供試体の外観