

## ポーラスコンクリートの耐凍害性挙動

北海道大学大学院 学生員 徳重英信  
 建設省土木研究所 木村 慎  
 北海道大学大学院 栗田幸治  
 北海道大学工学部 正 員 佐伯 昇

## 1. はじめに

著者等は、近自然工法などにおける河川を取り巻く生態系に対する配慮などにおいて、生態系の保全に対し、護岸材料としてのコンクリートの新たな側面を考え、現在、ポーラスコンクリートの適用を試みている。この際、寒冷地に於いて一番問題となるのは、凍結融解作用による劣化である。本研究では、透水性コンクリートの耐凍害性確保とその凍害のメカニズムに対するアプローチとして、凍結融解作用下での劣化挙動をコンクリートのひずみにより実験的に把握する事、ならびに鋼繊維および撥水剤を用いる事による耐凍害性に対する効果を、基礎的に検討する事を目的としている。

## 2. 実験概要

## 2.1 供試体

供試体は、骨材の粒形操作により構造的に空隙を作り、透水性をもたせたポーラスコンクリートを透水性コンクリートの供試体として用いた。また、W/C=50%、空気量4.1%の通常のAEコンクリートも、比較のため用いた。凍結融解試験用供試体は10×10×40cmの角柱を用い、供試体の長軸方向に、温度、ひずみ共に測定可能なカールソントタイプの埋めこみ式ひずみゲージを専用アダプターを用い設置し、表面付近のひずみを測定した（以降これを外付けゲージと称する）。また、AEコンクリートは同様のゲージを供試体中心部長軸方向に埋めこんで用いた。表-1に供試体概要を示す。

## 2.2 鋼繊維と撥水剤について

鋼繊維は、ポーラスコンクリートの空隙構造の性質より両端にフックを有するものが効果的と考え、0.5φ、30mmのフック付結束型を用いた。また混入率を決定するにあたって試験練りを行い、ポーラスコンクリートが十分にその空隙構造を維持できる

|  | 供試体名                | 透水性係数 | ゲージ設置法                | 測定項目            |
|--|---------------------|-------|-----------------------|-----------------|
|  | AEコンクリート            | AE    | 埋めこみ                  | ひずみ・温度<br>(実験1) |
|  | AE-鋼繊維コンクリート        | PA    | 10 <sup>-3</sup> cm/s | ひずみ・温度<br>(実験1) |
|  |                     | PC    | 10 <sup>-1</sup> cm/s | ひずみ・温度<br>(実験1) |
|  | 鋼繊維<br>AE-鋼繊維コンクリート | PSA   | 10 <sup>-2</sup> cm/s | ひずみ・温度<br>(実験1) |
|  |                     | PSC   | 10 <sup>-1</sup> cm/s | ひずみ・温度<br>(実験1) |
|  | 撥水<br>AE-鋼繊維コンクリート  | PCA   | 10 <sup>-2</sup> cm/s | ひずみ・温度<br>(実験1) |
|  |                     | PCC   | 10 <sup>-1</sup> cm/s | ひずみ・温度<br>(実験1) |

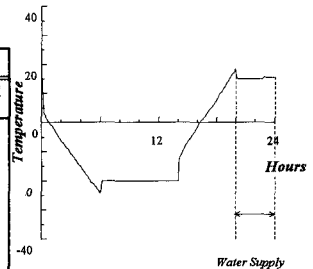


図-1 低温室内気温

るワーカビリティ等の検討より $V_f=0.5\%$

前後を基準と考えた。鋼繊維混入、無混入の差異を検討するため、本研究では混入率を一律0.5%とした。また撥水剤の種類については、連続空隙に浸透しやすい事、ならびに空隙壁に確実に撥水層を形成する事を想定しシリコン系浸透型のものを用いた。なお鋼繊維と同様に、撥水剤を使用することによる劣化の差異を検討するために、本研究では撥水剤の種類を一種類に限って検討を行った。

## 2.3 凍結融解試験方法

低温室内における温度変化は供試体内温度約13°C～-21°Cで、24時間を1サイクルとした。低温室内での実験方法は2通りのもの（実験1、実験2）を行った。実験1は、融解時にシャワー方式により供試体に水分を供給するものである。また実験2は、供試体長軸方向の下半分を水中に没し凍結融解を行った。それぞれの実験方法で用いた供試体、また測定項目は表-1に示す。図-1に低温室内の温度サイクルを示す。"Water Supply"は実験1における水分供給時間を表わす。

### 3. 実験結果および考察

#### 3. 1 ひずみ測定結果について

13℃における各サイクルでの残留ひずみの推移を図-2に示す。鋼繊維ポーラスコンクリート（PSA, PSC）とポーラスコンクリート（PA, PC）ではあまり残留ひずみの差異は認められなかったものの、0℃以下での温度-ひずみ曲線の経路が、温度降下時と上昇時で異なり、この差が残留ひずみに影響している。一方、撥水ポーラスコンクリート（PCA, PCC）については残留ひずみの値はかなり大きなものとなっており、サイクル増加と共に膨張側にひずみ移動している。また、PCとPSCでは温度変化に伴うひずみ変化はあまり差異を認められなかったが、撥水剤使用のPCCにおいては、サイクルが進むに従い0℃以下での膨張が顕著となり、これが残留ひずみに直接影響している。

#### 3. 2 相対動弾性係数および質量減少率について

相対弾性係数、質量減少率共に、実験1の方が過酷な結果となっており、ひずみ測定結果と同様に、特にPCA, PCCの劣化が見受けられる。また質量減少率の変化に比べて、特に実験1においては相対動弾性係数の変化が著しく、表面的な劣化よりも内部の劣化が進んでいるものと思われる。鋼繊維については2つの実験共に多少なりとも耐凍害性に対して効果があるものと思われる。しかし $\omega^P$ 撥水剤においては実験2においては鋼繊維と共に透水係数の小さいもの（PSA, PCA）については効果があると思われるが、実験1においては劣化がむしろ激しくなっている。

### 4. まとめ

1) 凍結融解作用を受けるポーラスコンクリートは、その内部温度変化に於いて0℃付近で温度が停滞する現象が顕著となることがわかった。これはポーラスコンクリート自身の熱的性質、およびコンクリート中の水分の潜熱の影響などが考えられる。

2) ポーラスコンクリートの凍害は、

0℃以下での膨張や温度降下時と上昇時のひずみ履歴の差により生じるものと思われる。

3) 鋼繊維ポーラスコンクリートは本研究での鋼繊維混入率（ $V_f=0.5\%$ ）において、多少ではあるが耐凍害性の向上があるものと思われる。

4) シラン系浸透型撥水剤を用いたポーラスコンクリートは、実験環境によって耐凍害性が異なり、水分の供給を融解時にのみ行う実験1では、表面に比して内部の劣化が激しくなる。しかし常時水中での試験（実験2）では、特に透水係数が $10^{-1}$ より $10^{-2}$ cm/sのものに対して有効であると思われる。

以上の事を含め、今後、透水係数と耐凍害性の相関の検討を進める必要がある。

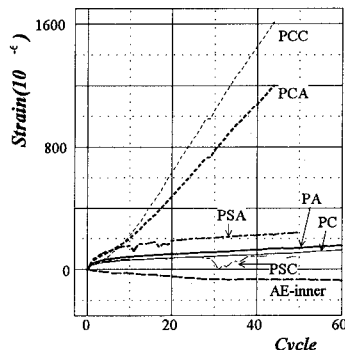


図-2 残留ひずみの推移

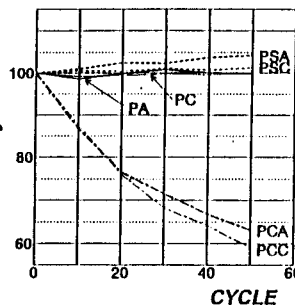


図-3(a) 相対動弾性係数（実験1）

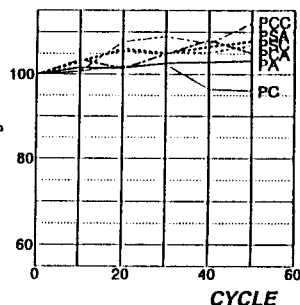


図-3(b) 相対動弾性係数（実験2）

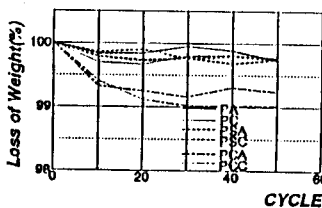


図-4(a) 重量減少率（実験1）

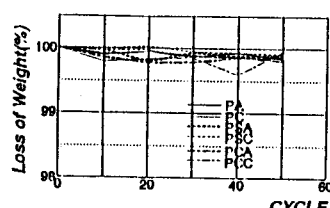


図-4(b) 重量減少率（実験2）

【謝辞】北海道大学工学部の志村和紀助手、三上 隆助教授、ならびに実験に際して多大な助力を得た北海道ポラコン株式会社の山田 茂氏に感謝の意を表します。