

高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの疲労寿命に凍結融解作用が及ぼす影響

岡山大学大学院 正会員 ○藤井 隆史
 岡山大学大学院 学生会員 榊原 至崇
 岡山大学大学院 フェロー 綾野 克紀

1. はじめに

走行車両による荷重の繰返しや寒冷地における凍結融解作用および凍結防止剤の散布によって多くの道路橋の劣化が顕在化している¹⁾。とくに、床版防水が機能をしていないことで水が侵入し、荷重の繰返し作用による損傷がより大きくなっている場合がある。本研究では、高炉スラグ細骨材を用いたコンクリート（以下、BFS コンクリートとよぶ）に凍結融解作用を与え、その後に疲労寿命について検討を行った。

2. 実験概要

セメントは、早強ポルトランドセメント（以下、HPC とよぶ）、普通ポルトランドセメント（以下、OPC とよぶ）および高炉セメント B 種（以下、BB とよぶ）を使用した。細骨材には、高炉スラグ細骨材（表乾密度： 2.77g/cm^3 、吸水率： 0.69% 、粗粒率： 2.32 ）を、粗骨材には、硬質砂岩碎石（最大寸法： 20mm 、表乾密度： 2.75g/cm^3 、吸水率： 0.56% ）を、混和剤には、ポリカルボン酸系高性能減水剤、消泡剤および増粘剤を用いた。コンクリートの配合は、水セメント比を 35% 、単位水量を 155kg/m^3 、また、単位粗骨材量を $1,090\text{kg/m}^3$ として決定した。凍結融解後に水中疲労を与える供試体には、 $\phi 75 \times 150\text{mm}$ の円柱供試体を用いた。供試体は、脱型後、材齢 13 週まで水中養生を行った後、凍結融解作用を与えた。凍結融解作用は、JIS A 1148: 2010 に規定される A 法に準じて作用させた。ただし、凍結水には、質量パーセント濃度で 10% の塩化ナトリウム水溶液を用いた。所定のサイクルの凍結融解作用を与えた供試体には、水中にて繰返し荷重を載荷した。最大応力および最小応力は、それぞれ、凍結融解作用を与える前の圧縮強度の 25.0% および 2.5% とし、周波数は 20Hz とした。

3. 実験結果および考察

図 1 は、高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの水中疲労寿命にセメントの種類が与える影響を示したものである。HPC を用いたものは 300 サイクル程度で、OPC を用いたものは 500 サイクル程度で相対動弾性係数が低下している。それに対し、BB を用いたものは、1,200 サイクルまで凍結融解を作用させても、相対動弾性係数は 90% 以上ある。強度発現の遅いセメントを用いた場合ほど、BFS コンクリートの凍結融解抵抗性は向上している。図 2 は、凍結融解を作用させた後の BFS コンクリートの疲労寿命を調べた結果である。HPC、OPC および BB を用いたものは、それぞれ、300 サイクル、550 サイクルおよび 1,200 サイクルの凍結融解を作用させると、疲労寿命が 100 万回程度に低下していることが分かる。図 3 は、OPC および BB を用いた BFS コンクリートの凍結融解後の圧縮強度を、凍結融解前の圧縮強度との比で示したものである。相対動弾性係数は低下していない場合でも、凍結融解作用によって、いずれのセメントを用いたコンクリートの圧縮強度も直線的に低下している。OPC を用いたものは 550 サイクル程度で、また、BB を用いたものは 1,200 サイクル程度で、圧縮強度比が 70% を下回っている。図 4 は、550 サイクルの凍結融解を作用させた OPC を用いた BFS コンクリートと、1,200 サイクルの凍結融解を作用させた BB を用いた BFS コンクリートの疲労試験結果である。いずれのセメントを用いたものも、凍結融解作用により圧縮強度が、凍結融解前の圧縮強度に対して 70% となるサイクルで、応力強度比 25.0% の繰返し荷重を作用させると、 50% 破壊確率の疲労寿命が 100 万回を下回ることが分かる。図 5 は、30 サイクルの凍結融解作用と 20 万回の繰返し荷重を交互に作用させた BFS コンクリートの累積損傷度を示したものである。繰返し荷重は、上限応力および下限応力が、それぞれ、凍結融解前の圧縮強度の 25.0% および 2.5% となるように載荷している。従って、凍結融解作用を受ける毎に、繰返し

キーワード 高炉スラグ細骨材、水中疲労、凍結融解、セメントの種類、マイナー則

連絡先 〒700-8530 岡山市北区津島中 3-1-1 岡山大学大学院環境生命科学研究科 TEL&FAX 086-251-8155

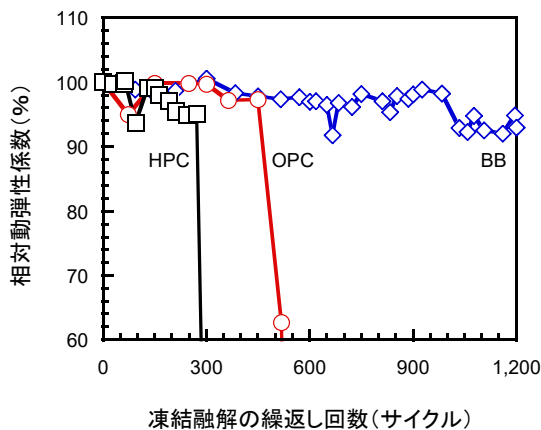


図1 セメントの種類が相対動弾性係数に与える影響

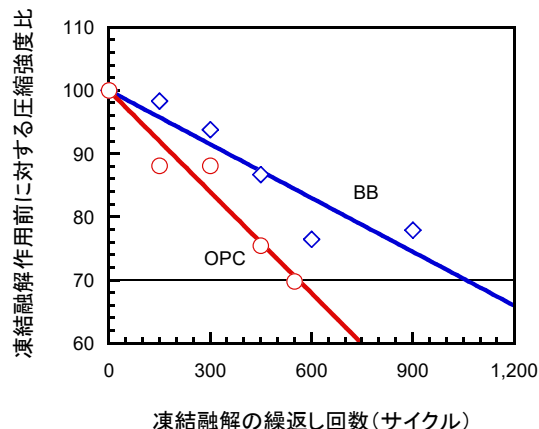


図3 凍結融解作用が圧縮強度に与える影響

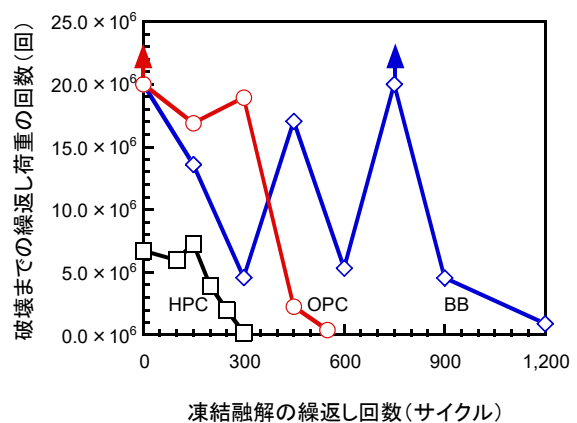


図2 セメントの種類が疲労寿命に与える影響

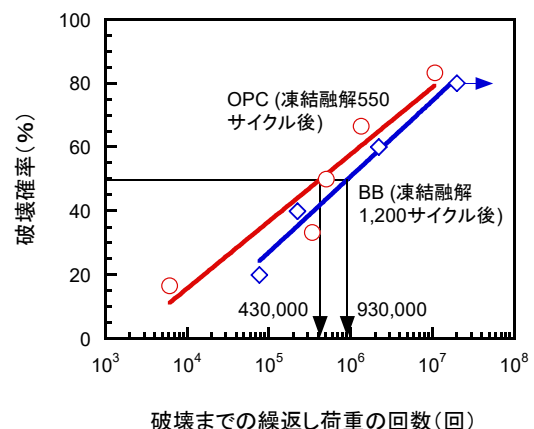


図4 凍結融解作用後の破壊確率

荷重による応力は、凍結融解後のコンクリートの圧縮強度の低下に応じて大きくなっている。図中の曲線は、凍結融解作用による圧縮強度の低下を考慮して求めた累積疲労損傷度を示している。なお、図中の□は、8回目の凍結融解作用後、累積で161万回の繰返し荷重で破壊に至った供試体および9回目の凍結融解作用後、累積で186万回の繰返し荷重で破壊に至った供試体の結果を示している。2本の試験体によって行われた結果は、いずれも、累積疲労損傷度が1.0を超えてから破壊に至っている。凍結融解作用下での繰返し荷重による破壊は、凍結融解作用による圧縮強度の低下を考慮に入れ、マイナー則に基づき計算すればほぼ妥当な結果が得られるものと思われる。

4. まとめ

BFS コンクリートは、セメントの種類の種類によって、凍結融解抵抗性および疲労寿命は影響を受ける。上限の載荷応力を25.0%とした水中疲労試験では、凍結融解作用によってコンクリートの圧縮強度が凍結融解前の圧縮強度の70%になると、繰返し荷重によって破壊に至るまでの回数が100万回程度となる。凍結融解作用によるコンクリートの疲労寿命の低下は、凍結融解作用によって生じる圧縮強度の低下によって説明できる。

参考文献

- 1) 石川裕一ほか：劣化した道路鋼橋 RC 床版の凍結防止剤による塩分浸透特性，コンクリート工学年次論文集，Vol/32，No.2，pp.1393-1398，2010.6

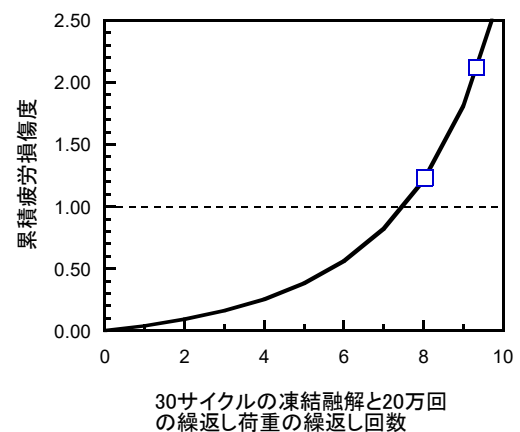


図5 凍結融解と繰返し荷重による累積損傷度