

凍結融解作用を受けた BFS コンクリートの水中疲労に関する研究

岡山大学大学院 学生会員 ○榊原 至崇

岡山大学大学院 正会員 藤井 隆史

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，AE 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。繰返し荷重の上限応力および下限応力は、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. 実験結果及び考察

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、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方が凍結融解抵抗性は向上している。また、AE 剤を用いれば 1,500 サイクルでも相対動弾性係数は 90% 以上を維持しており、BFS コンクリートに AE 剤を用いれば高い凍結融解抵抗性が得られる。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。一方、OPC を用いたものに AE 剤を添加した場合には、1,500 サイクルの凍結融解作用が与えられても、900 万回以上の疲労寿命を維持していることが分かる。図 3 は、凍結融解を作用させた後の BFS コンクリートの圧縮強度を、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% を下回っているのに対し、OPC を用いたものに AE 剤を添加した場合には、1,500 サイクルの凍結融解作用が与えられても、凍結融解前の圧縮強度の 70% 以上の圧縮強度が保たれている。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、1,200 サイクルの凍結融解を作用させた BB を用いた BFS コンクリートおよびキーワード 高炉スラグ細骨材，水中疲労，凍結融解，繰返し荷重，セメントの種類

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 086-251-8920

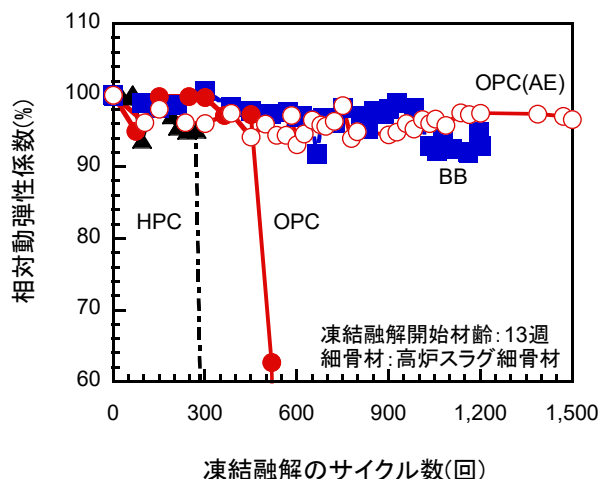


図1 セメントの種類が凍結融解抵抗性に与える影響

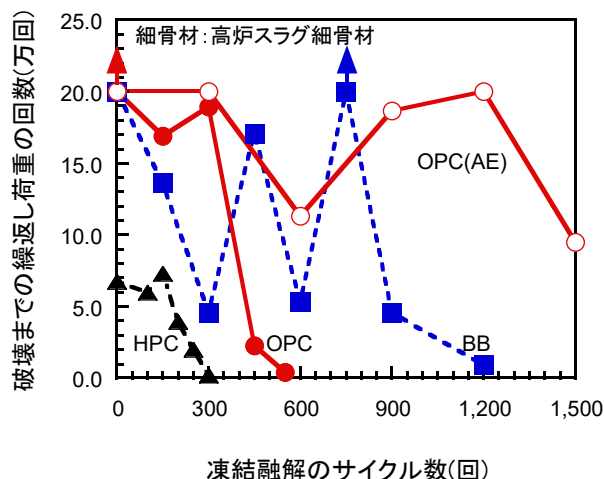


図2 セメントの種類が疲労寿命に与える影響

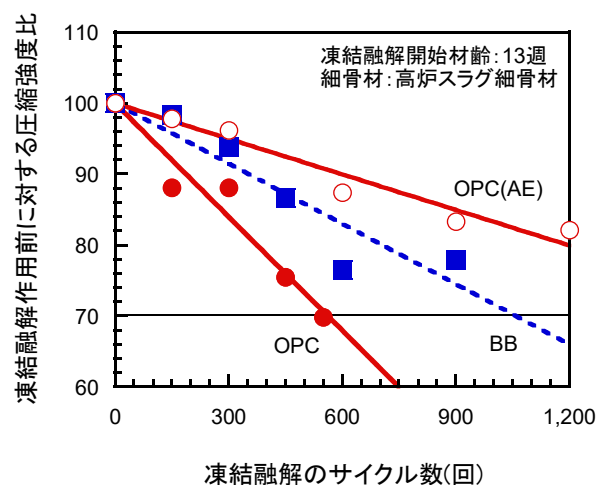


図3 凍結融解作用が圧縮強度に与える影響

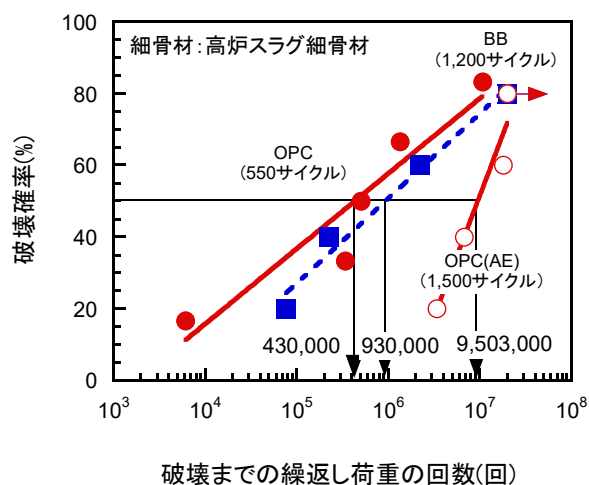


図4 凍結融解作用後の破壊確率

び 1,500 サイクルの凍結融解を作用させた OPC と AE 剤を用いた 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。それに対して、AE 剤を用いた BFS コンクリートは、1,500 サイクルの凍結融解を作用させた場合であっても、圧縮強度の比は 70%を下回っていないため、50%破壊確率の疲労寿命は 900 万回を超えている。ゆえに、BFS コンクリートであっても、AE 剤を用いることで、より凍結融解抵抗性が向上し、塩水環境下で凍結融解作用を受けた後の疲労寿命の低下が抑えられている。

4. まとめ

BFS コンクリートは、セメント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、早強ポルトランドセメントに比べ、強度発現の遅い普通ポルトランドセメントや高炉セメント B 種を用いた方が、高い凍結融解抵抗性を得られ、疲労寿命も長くなる。また、BFS コンクリートに AE 剤を用いれば、凍結融解抵抗性や凍結融解作用後の疲労強度は、さらに向上する。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。

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性，コンクリート工学年次論文集，Vol.32，No.2，2010