

シース内滞留水の凍結によるひび割れ発生に関する一考察

高知高専 学生会員 ○横飛翔太 CORE 技術研究所 正会員 西弘
高知高専 正会員 近藤拓也 正会員 横井克則

1. はじめに

シース内のグラウト充填不良部に滞留する水は、PC 鋼材の腐食に影響するだけでなく、寒冷地域においては滞留水が凍結することが原因でコンクリート表面に軸方向ひび割れが発生すると示唆されている¹⁾。しかし、軸方向ひび割れとシース内滞留水の凍結膨張圧の関係性には不明な点が多い。この原因を把握し、対策につなげることは維持管理上必要であると考えられる。そのため、本研究ではシース内のグラウト充填不良を模擬した供試体を低温環境下に設置し、凍結融解時にコンクリート内に発生するひずみを測定することにより、シース内滞留水の凍結による軸方向ひび割れ発生メカニズムについて述べる。

2. 実験概要

本研究の実験で使用したコンクリートは、山陽新幹線で使用されている配合を参考に、水セメント比を40%とした。また、グラウトは、水材料比を36%とした。実験ではコンクリート内にアクリルリングを配置し、アクリルリングに貼り付けたひずみゲージからひずみを、熱電対から温度を測定した。それらの配置図を図1に示す。供試体は100mm×100mm×400mmの角柱供試体とし、断面中央に鋼製スパイラルシースを配置した。材齢3日でプレストレスを導入し、その後シース内にグラウトと水をそれぞれ充填した。実験は材齢105日で開始した。温度の低下による発生応力の変化を確認するため、最低温度を-5℃に設定(1～3サイクル)、そして-15℃に設定(4～6サイクル)の2種類とした。いずれのタイムサイクルにおいても供試体を設定温度に設定した冷凍庫内に24時間設置した。その後、20℃一定環境下に供試体を24時間設置した。これを各3回繰り返した。

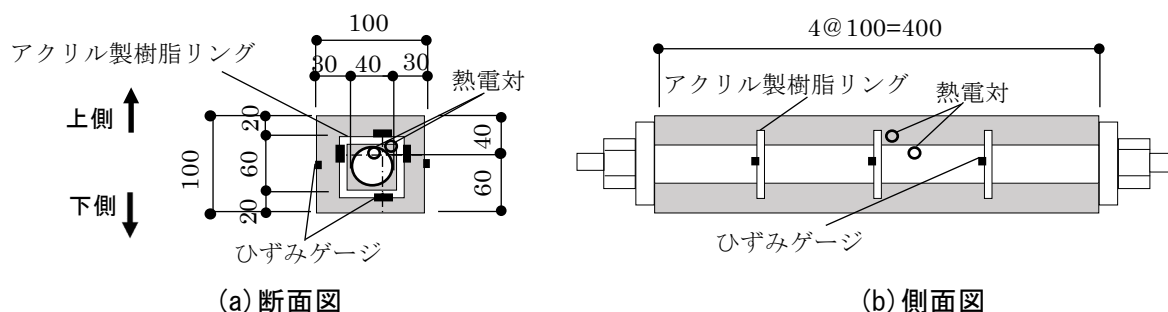


図1 測定機器配置図(図中単位: mm)

3. 実験結果

4辺にひずみゲージを貼り付けたアクリルリング3個から得た、各貼付け位置におけるひずみデータの平均を凍結融解による軸直角方向ひずみとした。シース内をグラウトで充填したタイプ(以下、「グラウト充填タイプ」という)における下面のひずみを図2に、シース内を水で充填したタイプ(以下、「水充填タイプ」という)における下面のひずみを図3および図4に示す。

水充填タイプでは、冷却時において0℃以下になった時、一度0℃付近まで温度が上昇していることが確認できる。これは、液体が固体に変化する際に潜熱が発生したため、シース内の水の凍結が一時妨げられているものと考えられる。そのため、水充填タイプではいずれのひずみゲージも、一旦ひずみ増加が妨げられているものと考えられる。冷却速度が大きい4～6サイクルでは、0℃を下回ってからの潜熱発生期間が短いことが分かる。これは、4～6サイクルにおいても潜熱が発生するが、外気による冷却温度が速すぎるため、1～3サイクルと比較し、潜熱の発生期間が短くなったものと考えられる。そのため、ひずみの変化期間も短

くなっていると考えられる。

4. 軸方向ひび割れ発生メカニズムの考察

図3のうち、測定0日から2日間のひずみについて図5に再掲する。このシース内にグラウトが充填されていれば、図2に示すようにひずみ発生状況がなめらかな分布になると考えられる。そのため、シース内がグラウトで充填されている場合における想定ひずみ状況を図5中に点線で示す。この想定したひずみ(無拘束ひずみ)と測定したひずみとの差がコンクリートに発生する拘束応力に相当すると考えられる。この差をコンクリートの応力に換算すると $1.0 \sim 1.5 \text{ N/mm}^2$ の引張応力に相当すると考えられる。そのため、この引張応力の繰返し作用により、コンクリートが疲労破壊を生じることになると考えられる。これが、シース内に水が滞留することによるひび割れ発生メカニズムであると考えられる。

この理論により、水充填タイプの1~3サイクルと4~6サイクルで比較すると、4~6サイクルの方が潜熱の発生期間が短いため、発生する拘束応力が小さくなる可能性がある。そのため、実構造物においては、急激に氷点下になる気象条件下よりも、徐々に温度が低下する環境条件化でシース内滞留水によるひび割れが発生しやすいものと考えられる。

今回の実験の範囲では、実構造物と比較して供試体断面が小さいため、供試体断面内に顕著な温度勾配が発生していないものと考えられる。そのため、今回の条件では温度による拘束応力は小さいものと考えられる。しかし、実PC構造物では、断面が大きくなることから、断面の比較による検討が今後必要である。また、実構造物ではシース断面でみた場合に、グラウト充填不良箇所は必ずしも多くないこと、そして西らが指摘しているように、シースのかぶりによりコンクリートに発生する応力が変化することが想定されるため²⁾、より実構造物に即した条件で試験を行う必要があると考える。

5. まとめ

シース内に水が滞留している場合、温度低下中に 0°C 以下になった際、一旦ひずみ増加が妨げられていることが確認できた。シース内がグラウトで充填されている場合、ひずみ発生状況がなめらかな分布になるため、その差がコンクリートに発生する拘束応力となると考えられる。この拘束応力の繰返し作用により、ひび割れが生じると考えられる。

【参考文献】

- 1) 公益社団法人日本コンクリート工学会：コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針、2013
- 2) 西弘、近藤拓也、中谷明登、大西弘志：PC部材のシースの腐食ひび割れに与えるシース径とかぶりの影響、コンクリート工学年次論文集、Vol.39、pp.1267-1272、2017.7

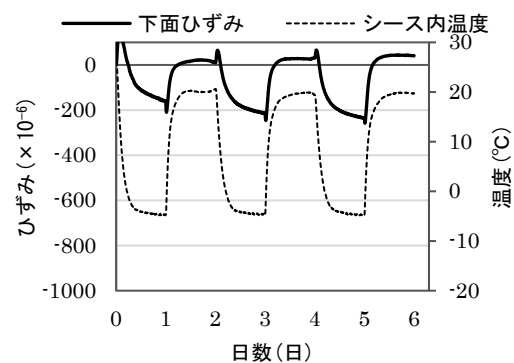


図2 グラウト充填タイプ(1~3サイクル)のひずみおよび温度の変化

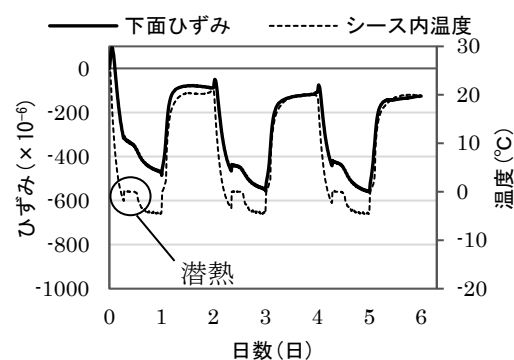


図3 水充填タイプ(1~3サイクル)のひずみおよび温度の変化

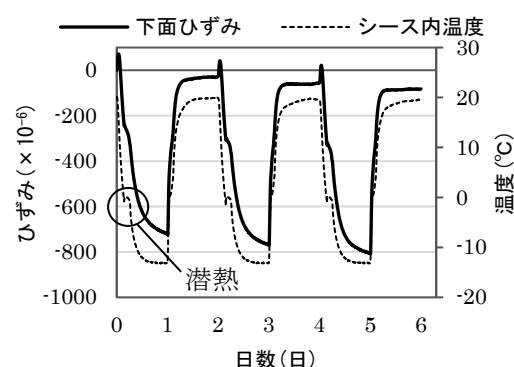


図4 水充填タイプ(4~6サイクル)のひずみおよび温度の変化

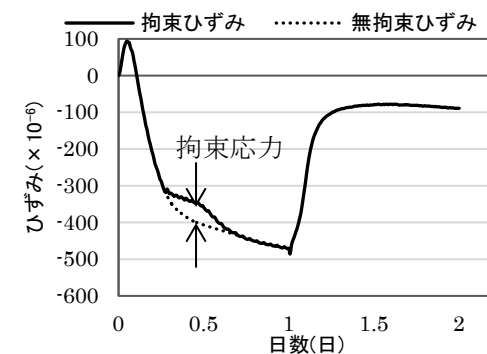


図5 拘束ひずみの概念図