

ポーラスコンクリートの骨材と結合材との界面部分における微細ひび割れに関する研究

東北学院大学工学部	正会員	○大友 鉄平
東北学院大学工学部	正会員	武田 三弘
東北学院大学工学部	フェロー	大塚 浩司

1. はじめに

近年ポーラスコンクリート(以下PoCと記す)は、環境負荷低減型および生物共生型のコンクリートとして積極的に利用されている。しかしながら、PoCは多くの空隙を有する構造上、一般のコンクリートに比べて強度や耐久性の低く、脆性的であることが懸念されている。とくに凍結融解作用に対しては、空隙内に水が容易に浸入するために脆弱な構造になっている。

本研究室では、これまで、一般のPoCよりも強度および耐久性(耐凍害性)が向上した新しい補強PoCの作製に成功している。しかしながら、土木学会や建築学会が規定している耐凍害性の判断基準に到達できていない。また、PoCの構造で最も脆弱な骨材と結合材との界面部分における凍結融解時の破壊性状については不明な点が多い。今後ポーラスコンクリートの適用範囲を拡げるためにもさらなる高強度および高耐久性を有することが必要と思われ、そのためには上記の問題を解決しなければならない。そこで本研究は、PoCを用いて凍結融解実験をおこない、PoCの骨材と結合材との界面部分に発生するひび割れの微視的観察および定量化をおこない、無補強PoCと補強PoCとの比較結果からひび割れ性状を明らかにすることを目的としたものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料および実験供試体について

セメントは、早強ポルトランドセメントを使用し、骨材は、粒径の異なる2種類(5~10mm:Gmax10mm および 10~20mm:Gmax20mm)を使用した。混和材はシリカフュームを使用し、補強PoCのセメント量に対して30%置換した。また繊維は、ポリビニルアルコールを使用した。この繊維は微細な短繊維であり、補強PoCに対して混入した。繊維の混入率は、0.5(以下F0.5)、1.0(以下F1.0)および1.5(以下F1.5)Vol%とし、PoCの単位容積比に対して設定した。なお、繊維は、エアーコンプレッサを用いて分散させた後に使用した。また、PoCの施工性を考慮して高性能AE減水剤を使用し、添加量をセメント質量比の1%とした。PoCの配合は水結合材比を30%一定とした。実験に使用した供試体は、走査型電子顕微鏡による微視的観察用として、PoC供試体(φ50mm×10mm)と結合材供試体(φ50mm×10mm)を用いた。なお、微視的観察用の供試体は、観察する一面以外をコーティングし、側面から凍結融解の影響が及ばないように考慮している。

2.2 各凍結融解実験およびその評価方法について

PoC供試体を用いた凍結融解試験は、JISA1148A法に準じた一面水中凍結水中融解とし、10サイクルごとに走査型電子顕微鏡によるひび割れの観察とその定量化をおこなった。なお、観察箇所は、PoCの構造上最も脆弱な箇所と思われる骨材と結合材との界面部分とし、撮影範囲を5mm×5mmとした。撮影した画像は9枚の画像を繋ぎ合わせて1枚とし、その画像の中からひび割れの定量化をおこなった。ひび割れは、幅1μm以上のものを抽出してその長さや幅を測定し、無補強PoCと補強PoCとの比較をおこなった。また、本研究では、結合材自体の耐凍害性を評価するために、結合材供試体を作製し、走査型電子顕微鏡によるひび割れの観察とその定量化をおこなった。ひび割れの観察とその定量化については、サイクルごとに微視的観察をおこない、PoC供試体の凍結融解実験と同評価をおこなっている。

3. 実験結果および考察

図-1は、凍結融解100サイクル後に撮影した無補強PoC供試体(Gmax10mm)の画像であり、倍率は35倍である。無補強PoC供試体では、100サイクル時において骨材と結合材との界面に発生した界面ひび割れと結合材に発生した結合材ひび割れが確認できており、とくに界面ひび割れが多い結果となった。また、結合材や骨材の剥離が確認できた。

図-2は、凍結融解100サイクル後に撮影した補強PoC供試体(Gmax10mm)の画像であり、倍率は35倍である。繊維の混入率

キーワード 補強ポーラスコンクリート、ひび割れ、繊維、シリカフューム、走査型電子顕微鏡

連絡先 〒985-8537 宮城県多賀城市中央1-13-1 TEL 022-368-1115 FAX 022-368-1116

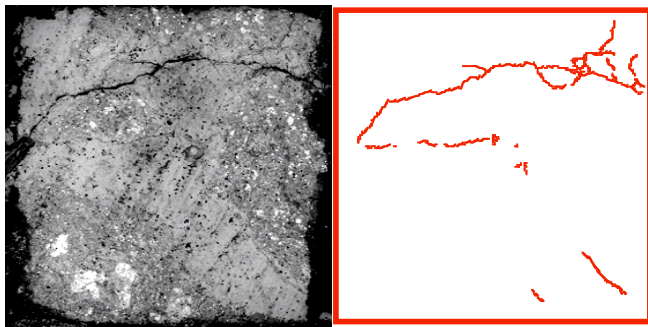


図-1 無補強 PoC 供試体の画像の一例 (Gmax10mm)

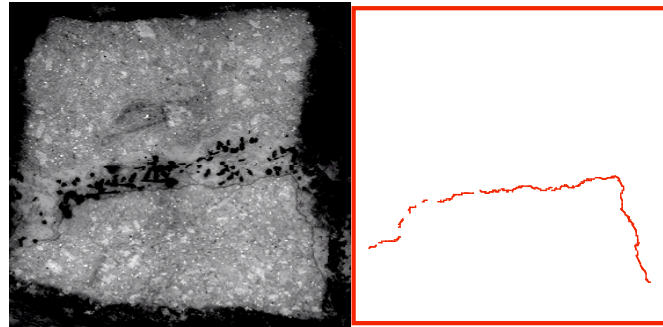


図-2 補強 PoC 供試体の画像の一例 (Gmax10mm)

は 1.5Vol%である。補強 PoC では、ひび割れの発生が無補強 PoC と同様に、界面および結合材に発生しているものの、ひび割れの割合としては界面ひび割れがきわめて多い結果となった。また、発生した界面ひび割れは、結合材へ進展せず、界面部分で留まる傾向がみられた。したがって、PoC を補強することによって、結合材が補強され、結果として、界面部分から発生したひび割れの進展を抑制できることが確認できた。なお、Gmax20mm の無補強および補強 PoC 供試体のひび割れ性状は、Gmax10mm の供試体と同様の傾向であり、骨材寸法による違いはみられなかった。

図-3 は、上記ひび割れ長さを測定し、累積した結果である。初期段階でひび割れ長さは、無補強 PoC がいずれの補強 PoC よりも長い結果が得られており、最大で 18 倍の差が確認できた。また、100 サイクル時においては、無補強 PoC が補強 PoC に比べ最大で 1.7 倍であった。繊維混入量の差は、混入量が多いもののほど、ひび割れ長さを抑制する効果がみられた。図-4 は、上記ひび割れ幅を測定した結果である。初期段階でひび割れ幅は、無補強 PoC がいずれの補強 PoC よりも大きい結果が得られ、最大で 2.1 倍の差が確認でき、100 サイクル時においては、無補強 PoC が補強 PoC に比べ最大で 5.4 倍であった。したがって、ひび割れ長さと同様にひび割れ幅に関しても無補強 PoC と補強 PoC において差が確認できることから、PoC を補強することは、ひび割れ発生、進展およびひび割れ幅の抑制に与える効果があると考えられる。

結合材自体の耐凍害性として、結合材供試体の表面に発生したひび割れ長さは、無補強 PoC がいずれの補強 PoC に比べて長い結果となった。このことから、補強は、PoC の骨材と結合材との界面部分ばかりでなく、結合材自体の補強にも効果を与えることがわかった。また、100 サイクル時において、補強 PoC における繊維混入量の差は確認できなかった。

4. まとめ

(1) 無補強 PoC に発生するひび割れは、結合材および界面部分から発生し、その後、ひび割れが進展して骨材や結合材の剥離が生じることが確認できた。一方、補強 PoC では無補強 PoC のようなひび割れの進展が確認できなかった。したがって、補強は PoC の脆性改善に与える効果があると考えられる。

(2) PoC 供試体に発生したひび割れ長さおよびひび割れ幅は、初期および 100 サイクル時の段階において、無補強 PoC の値に比べ、いずれの補強 PoC の値とも小さかった。また、補強量が多いもののほど、その結果は顕著であった。したがって、補強することは、脆弱な界面部分および結合材に発生するひび割れとその進展を抑制できることがわかった。

(3) 結合材供試体の耐凍害性の評価として、結合材供試体の表面に発生したひび割れ長さは、無補強 PoC に比べていずれの補強 PoC においても短い結果となった。したがって、補強は、結合材自体にも耐凍害性の向上効果を与えると考えられる。また、補強量の差は確認できなかった。

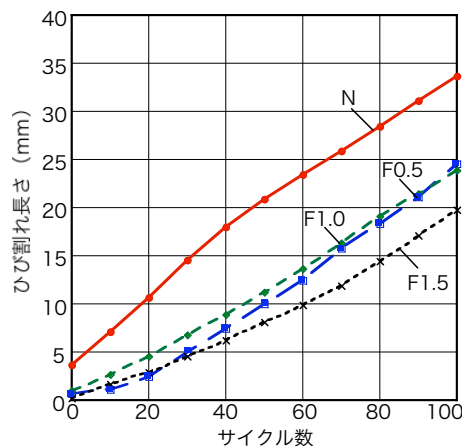


図-3 PoC 供試体のひび割れ長さ(Gmax10mm)

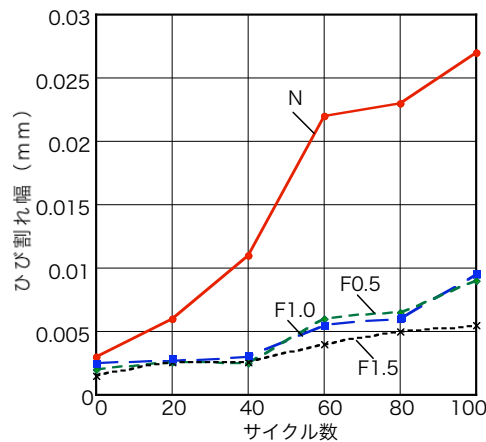


図-4 PoC 供試体のひび割れ幅(Gmax10mm)