

乾燥湿潤繰り返し作用によって発生したポーラスコンクリートの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

1. はじめに

ポーラスコンクリート（以下 PoC と記す）は、環境負荷低減型の材料としてその利用が期待されている。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が低い。とくに乾燥湿潤繰り返し作用に対しては、PoC の表面積が一般のコンクリートに比べて大きいため、その影響を受けやすいことが懸念される。

そこで本研究では、無補強の PoC と本研究室において作製した補強 PoC を用いて乾燥湿潤繰り返し試験をおこない、PoC の骨材と結合材との界面部分およびその周辺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、普通 PoC と補強 PoC との比較結果から微細なひび割れ性状を明らかにし、PoC の耐久性向上を目的として実験をおこなったものである。

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、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、練混ぜ前に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 の配合は表-1 に示す。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）を使用した。なお、微視的観察用の供試体は、観察する面以外のコーティングをおこない、観察面以外からの乾燥湿潤による供試体への影響がおよばないように考慮している。

2.2 乾燥湿潤繰り返し試験およびその評価方法について

乾燥湿潤繰り返し試験は、JCI ポーラスコンクリートの設計・施工法の確立に関する研究委員会報告書に記載されている乾湿繰り返し試験方法 B 案に準じておこなった。1 サイクルは、湿潤条件 20℃、水中 12 時間、乾燥条件 40℃、45%R. H. 24 時間として 50 サイクルまで実験をおこなった。なお、走査型電子顕微鏡によるひび割れの微視的観察とその定量化は、10 サイクルごとにおこなった。観察箇所は、骨材と結合材との界面部分とその周辺の結合材とし、撮影範囲を 5mm × 5mm とした。ひび割れの定量化は、撮影画像 9 枚の画像を繋ぎ合わせて 1 枚とし、その画像の中から幅 1 μm 以上のひび割れを抽出してその長さや幅を測定し、普通 PoC と補強 PoC との比較をおこなった。また、本研究では、結合材自体の耐久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微視的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、10 サイクルごとに微視的観察をおこない、PoC 供試体と同様の評価をおこなっている。

3. 実験結果および考察

50 サイクル時において無補強 PoC 供試体の微細ひび割れは、観察の段階においてきわめて多いことが確認できた(図-1)。また、ひび割れは主として骨材と結合材との界面部分から発生した界面ひび割れであるが、結合材自体に発生した結合材ひび割れも多く発生していた。さらに無補強 PoC 供試体では、結合材や骨材の剥離や剥落箇所が多くみられた。一方、50 サイクル時において補強 PoC 供試体の微細ひび割れは、無補強に比べて少ない結果となり、いずれの補強 PoC 供試体にお

表-1 PoC の配合

Gmax (mm)	W/C (%)	P/G (%)	単位量 (kg/m ³)			シリカ フューム S (%)	繊維 F (vol%)
			W	C	G		
10	30	30.9	88	294.5	1551	30	0.5, 1.0, 1.5
20		31.2					0.5, 1.0, 1.5

キーワード 乾燥湿潤繰り返し試験, 補強ポーラスコンクリート, 微細ひび割れ, 繊維, シリカフューム
 連絡先 〒985-8537 宮城県多賀城市中央 1-13-1 TEL 022-368-1119 FAX 022-368-1116

いても同様であった(図-2)。また、微細ひび割れは無補強と同様に界面ひび割れと結合材ひび割れのいずれも発生していたものの、とくに界面ひび割れが多く発生していた。これは、補強によって脆弱な界面部分や結合材自体の耐久性が向上するが、とくに結合材の補強効果が高いことから、界面ひび割れの発生割合が多くなったと考えられる。

図-3 および図-4 は、ひび割れ長さをサイクルごとに測定し、示したものである。いずれのサイクルに関してもひび割れ長さは、無補強PoCに比べて補強PoCの値が減少しており、初期段階において最大で 12.9% (Gmax10mm) と 2.7% (Gmax20mm), 50 サイクル時において最大で 24% (Gmax10mm) と 11.3% (Gmax20mm) に減少した。また、無補強 PoC においてひび割れは、乾燥湿潤のサイクルを重ねるごとに進展するが、いずれの補強PoC に関しては、無補強 PoC に比べてひび割れの進展が緩やかであった。とくに補強量が最も大きい F1.5 に関しては、ひび割れ進展の抑制効果が顕著であった。

さらに、発生したひび割れ幅をサイクルごとに測定したところ、0~50 サイクルのいずれに関してもひび割れ幅はひび割れ長さ同様、無補強 PoC に比べて全ての補強 PoC の値が小さく、結果としてひび割れ幅についても抑制できる結果となった。したがって、いずれのサイクルにおいても補強は、乾燥湿潤繰り返し作用によるひび割れの発生、累積および連結を抑制できることがわかった。結合材供試体においては、PoC 供試体と同様の傾向がみられ、ひび割れ長さおよびひび割れ幅が、無補強結合材に比べいずれの補強結合材の値が小さい結果となった。このことから、繊維およびシリカフェームを混入することで結合材にも補強効果が得られることが確認できた。また、繊維混入量の差は、混入量が多いものほど、ひび割れの抑制効果がみられた。

4. まとめ

(1) 無補強 PoC に発生するひび割れは、主として界面ひび割れであるが、同時に結合材ひび割れも多く発生していた。また、骨材や結合材の剥離が生じていることが確認できた。一方、補強 PoC ではひび割れが発生するものの、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 の乾燥湿潤繰り返し作用によるひび割れ抑制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、いずれのサイクルにおいても、無補強 PoC の値に比べて補強 PoC の値が小さい結果となった。また、補強量が多いものほど、その結果は顕著であった。したがって、補強することは、最も脆弱な界面部分および結合材に発生するひび割れの発生、累積および連結を抑制することがわかった。

(3) 結合材供試体に発生するひび割れ長さおよびひび割れ幅は、PoC 供試体と同様の傾向がみられ無補強結合材に比べていずれの補強結合材のひび割れ長さおよびひび割れ幅が小さく、ひび割れが抑制された結果となった。したがって、補強は、結合材自体にも耐久性の向上効果を与えると考えられる。

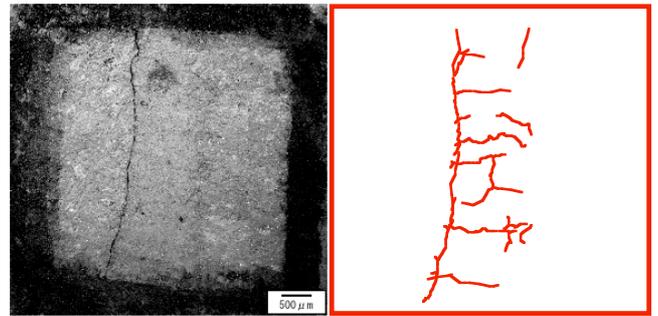


図-1 無補強 PoC・50 サイクル(Gmax20mm)

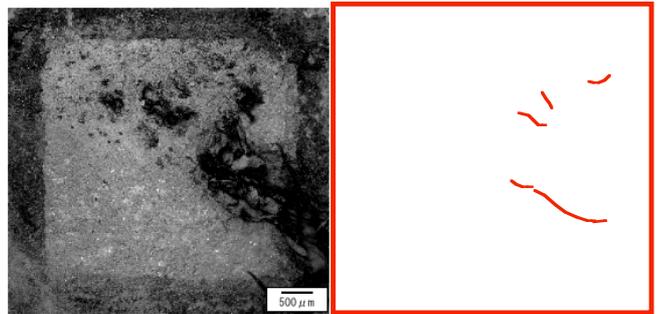


図-2 補強 PoC (F1.5)・50 サイクル(Gmax20mm)

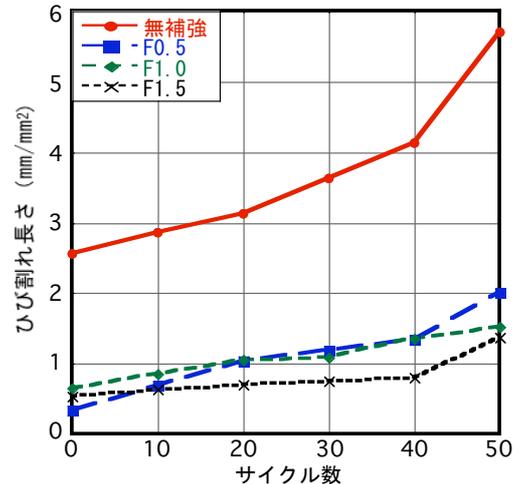


図-3 PoC 供試体のひび割れ長さ (Gmax10mm)

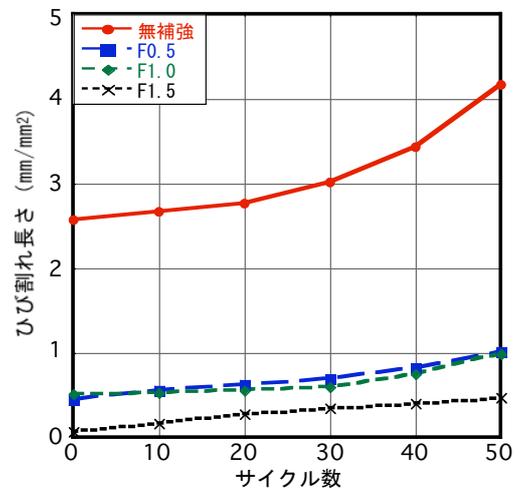


図-4 PoC 供試体のひび割れ長さ (Gmax20mm)