

高靱性セメント複合材料を用いた靱性性能向上実験

九州工業大学大学院 学生会員 〇脇田 和也 九州工業大学 正会員 幸左 賢二
九州工業大学 正会員 合田 寛基 (株) クラレ 正会員 小川 敦久

1. 目的

高靱性セメント複合材料（以下，HPFRCC：High Performance Fiber Reinforced Composite）は，靱性の大幅な改善が期待できるが，コスト的な問題が多く，効果的な使用法が望まれる．本実験では，HPFRCCを柱断面の外殻部にのみ使用した手法を考案し，その効果を正負交番実験により確かめた．

2. 試算による評価

図-1 に供試体断面および配筋図，表-1 に考案した断面および基準断面を示す．基準となる柱は，400mm×400mm の正方形断面を有し，軸方向鉄筋比は 1.43%，横拘束筋体積比は 0.63% で，破壊形式は曲げ破壊になるように設計している．

試算は道路橋示方書 V 耐震設計編に基づいて行った．ただし，HPFRCC の損傷抑制効果を考慮するため，終局時でもかぶりコンクリートが応力を受け持つと仮定し，さらに HPFRCC の引張応力も考慮した．図-2 に試算した P-δ 関係を示す．かぶりを考慮することで，荷重は 1～2 割上昇した．また，No.2，4，5 はかぶり考慮の有無によらず効果が期待できる結果となったが，No.3 はかぶり考慮の有無により効果に差が生じた．このことから，既往の道路橋示方書の試算方法においても効果が期待でき，なおかつ HPFRCC の使用量が少なく効率的であるといえる No.4 と，全面に使用する No.2 を実験対象とした．

3. 実験概要および実験結果

実験は正負交番载荷を行った．試算で求めた降伏荷重までは荷重制御を行い，それ以降は降伏変位（δ_y）の整数倍を変位制御により载荷した．各载荷ステップの繰返し回数は 1 回とし，荷重が 0.5P_{max} に低下した時点で実験を終了した．また，実構造物の死荷重を考慮し，柱供試体の上面より 1.0N/mm² 相当の一定軸力を载荷した．

以下，No.2 と No.4 はほぼ同様の実験結果を示したため，No.1 と No.4 の比較のみ行っている．

図-3 に 9δ_y における No.1 と No.4 のひび割れ状況図を示す．No.1 では基部から 400mm の範囲のかぶりコンクリートが大きく剥落しており，その他ひび割れも幅が大きいものが多かった．なお，No.1 はこの载荷で実験を終了している．一方，No.4 では基部から 600mm の広い範囲に幅の小さいひび割れが多数発生しており，ひび割れの分散傾向が見られた．

図-4 に各载荷ステップの最大荷重時におけるひび割れ開口の最

キーワード 高靱性セメント複合材料，靱性，かぶりコンクリート

連絡先 〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1 番 1 号九州工業大学建設社会工学科維持管理研究室 TEL 093-884-3123

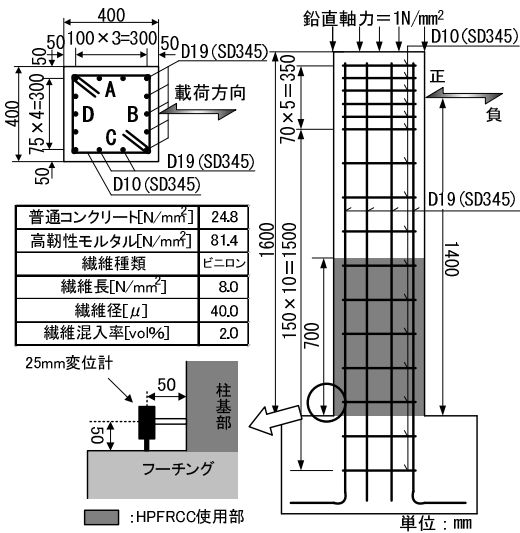


図-1 供試体形状および配筋図

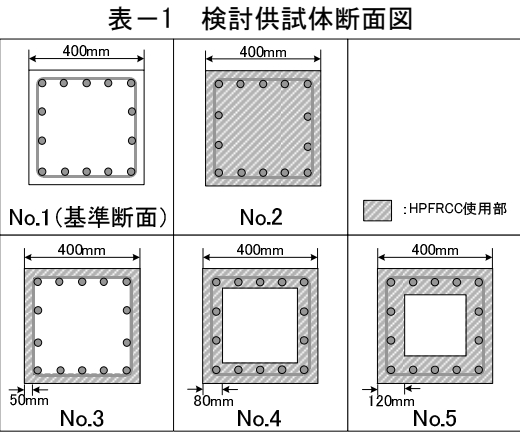


表-1 検討供試体断面図

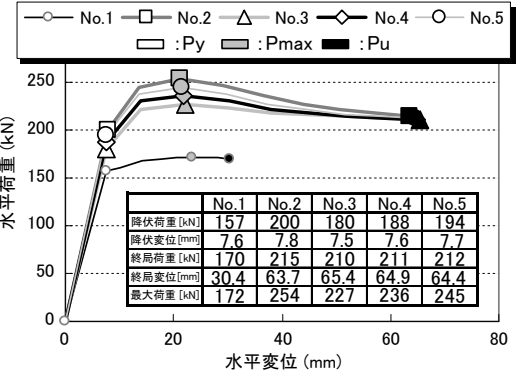


図-2 载荷荷重—水平変位関係（試算）

大値と水平変位の関係を示す。No.1 は $8\delta_y(71.4\text{mm})$ 時に急激にひび割れ開口が大きくなり、その後かぶりコンクリートの大部分が剥落し終局を迎えた。しかし、No.2, 4 は $12\delta_y$ (約 110mm) 前後までひび割れ開口は 5mm 程度に抑えられており、その後かぶりコンクリートの剥落が見られたが、No.1 に比べその範囲は小さかった。このことから、HPFRCC を使用することにより、損傷抑制効果を確認できた。

図-5 に No.1 と No.4 の P- δ 履歴曲線の包絡線を示す。No.1 は最大荷重(201kN)到達後、 $7\delta_y(62.1\text{mm})$ まで荷重を保持していたが、その後かぶりコンクリートの剥落とともに急激に荷重が低下し、 $9\delta_y(81.2\text{mm})$ で荷重が $0.5P_{\max}$ を下回った。No.4 は最大荷重(222kN)到達後、 $13\delta_y(115.2\text{mm})$ まで荷重を保持していたが、柱基部のはらみ出しの発生とともに荷重が低下し、 $15\delta_y(134.9\text{mm})$ で荷重が $0.5P_{\max}$ を下回った。この結果より、No.4 の HPFRCC の使用法で、終局変位が No.1 に比べ 50mm 程度増加した。

図-6 に実験値と試算値および画像計測により算出した曲率を積分して求めた変位を比較したものを示す。なお、基部に取り付けた変位計(図-1)により測定した、フーチングからの主鉄筋の抜け出しによる影響も示している。ただし、No.1 については測定を行っていない。これを見ると、実験値は試算値の約 1.8 倍を示している。No.1 の場合は 2.3 倍となっており、同程度の評価となっている。また、抜け出しによる影響が大きい、これは打継ぎ面の処理不足による柱基部のフーチングからの浮きが原因と考えられる。

図-7 に各载荷ステップの最大荷重時における曲率分布を示す。両供試体とも曲率は基部に集中しており、基部のみの補強で十分であるといえる。また、No.1 では最大曲率が約 $0.12(1/\text{m})$ に対して、No.4 では約 $0.25(1/\text{m})$ と約 2 倍大きくなっている。このことから、HPFRCC により変形性能が向上することがわかる。

図-8 に各载荷ステップの最大荷重時における帯鉄筋のひずみ分布を示す。No.1 では変形量の増加とともにひずみが顕著に進展し、 $7\delta_y(62.1\text{mm})$ で、降伏ひずみを超えるようなひずみが発生している。しかし、No.4 ではひずみの進展があまり見られず、 $7\delta_y(61.9\text{mm})$ においても 1000μ 以下のひずみしか発生していない。これは、かぶり部に設置した HPFRCC が帯鉄筋の横拘束力を負担しているものと考えられる。その結果、軸方向鉄筋の座屈やコアコンクリートの損傷が抑制され、大変形時まで荷重を保持し、終局変位が大きく向上したと考えられる。

4. まとめ

- 1) HPFRCC の使用により普通 RC 供試体に比べ、ひび割れの分散効果が発揮され、約 1.6 倍の終局変位の向上、約 1.1 倍の荷重の増加が確認できた。また、道路橋示方書での試算において終局時にかぶりコンクリートを考慮した結果に対し、十分な変形性能を発揮した。
- 2) HPFRCC を断面外殻部 80mm および全面に使用した場合でほぼ同等の最大荷重・終局変位を示したため、断面外郭部に HPFRCC を配置する方法は、耐震性能向上に有効であった。

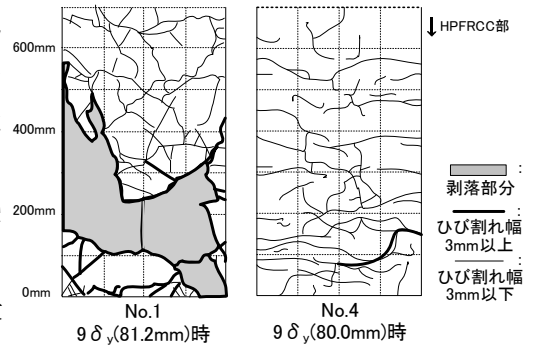


図-3 ひび割れ状況図 (A 面)

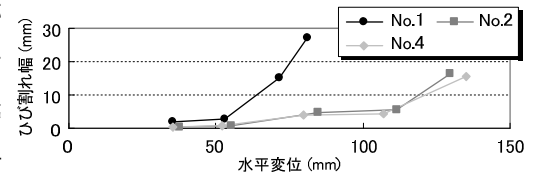


図-4 ひび割れ開口の推移

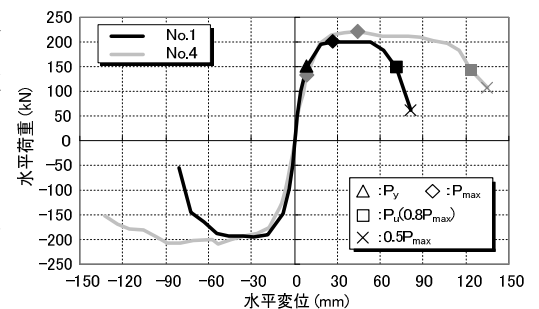


図-5 载荷荷重-水平変位関係 (実験値)

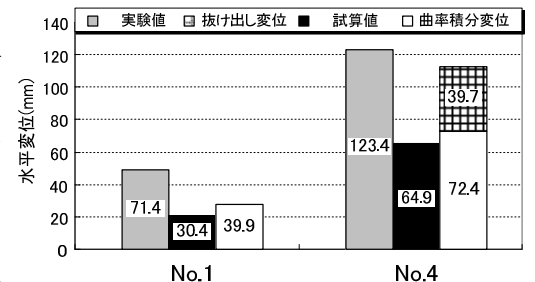


図-6 各変位算出値の比較

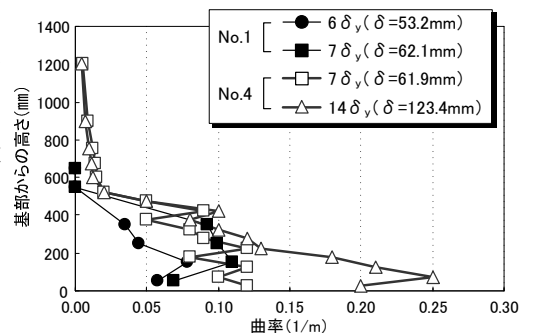


図-7 曲率分布

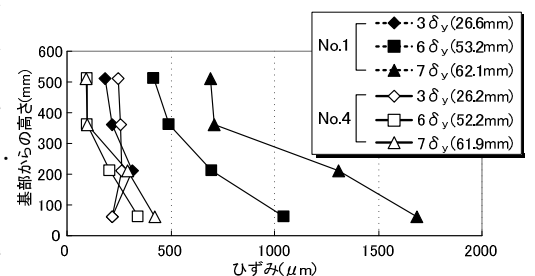


図-8 帯鉄筋ひずみ分布