

吹き付け HPFRCC による RC 橋脚の耐震補強に関する評価

(株)デーロス・ジャパン 正会員 ○林 承燦 (株)レックス 非会員 小林 徹
昭和コンクリート工業(株) 非会員 岩山 健治 岐阜大学 正会員 国枝 稔

1. 目的

複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材 (High Performance Fiber Reinforced Cement Composites, 以下 HPFRCC) は引張力作用下において、ひび割れ発生後も応力の低下が無くみかけのひずみの増加に伴って応力が増加するひずみ硬化特性と、複数の微細ひび割れが分散するマルチプルクラック特性を示す材料の一つであり、コンクリート構造物の補修・補強への適用が期待される。本試験では、HPFRCC 吹付け工法で巻立てを行った RC 柱の正負交番載荷試験より耐震補強効果について検討を行った。

2. 実験概要

供試体の形状及び断面図を図-1 と 2 に示す。供試体は、一般的な RC 単柱式橋脚を想定してモデル化しており、供試体 N の主鉄筋 (D19 (SD345)) 比および帯鉄筋 (D13 (SD295)) 比は、せん断破壊形式となるように設定した。

補強供試体は、超高圧 WJ 工法による表面処理 (処理深さ約 1~2mm) と帯鉄筋の配置後にコンクリート (供試体 NC, 厚み 50mm) 並びに HPFRCC (供試体 NS, 厚み 50mm) による巻立てを行った。なお、空間的な制約等により柱の増幅が困難なケースを想定し、供試体の既設コンクリート表面をハンドブレイカにてはつり (深さ約 20~25mm)、帯鉄筋の配置後にはつり箇所のみを HPFRCC で巻立てを行った供試体 (供試体 NSH) も作製した。全ての補強供試体における補強帯鉄筋 (D10 (SD295)) の間隔は 80mm とし、その定着方法は、ラップ長 10ϕ のフレアー溶接とした。巻立て方法は、コンクリートの場合、型枠による流し込み法で、HPFRCC の場合は吹付法とした。使用コンクリートは供試体の既設部および巻立て部ともに同じ配合 (単位水量: 167 kg, W/C=52.6%, s/a=48.8%) とした。HPFRCC は PVA 繊維 (直径 0.04mm, 長さ 8mm, 混入率 1.7%) プレミックスタイプの市販品とし、圧縮及び曲げ供試体に加え引張供試体 (中央部の検長区間の寸法: 長さ 80mm, 幅 30mm, 厚さ 13mm) も作製した。載荷方法は供試体高さ 1050mm の位置を載荷点とし、正負交番載荷により行った。引張側主鉄筋が降伏する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載荷した。なお、各載荷ステップの繰返し回数は 1 回とし、荷重が降伏荷重 (P_y) に低下した時を終局荷重とし、その時の変位を終局変位とした。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/mm^2 相当の一定軸力を載荷した。

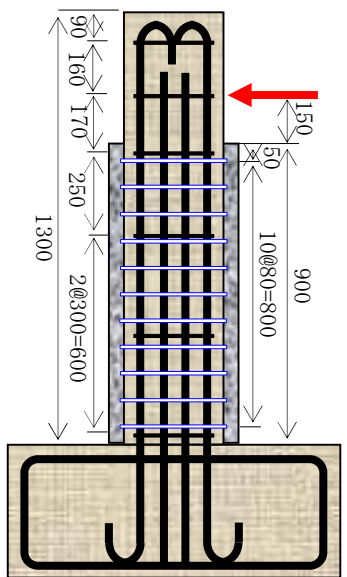


図-1 供試体断面及び形状

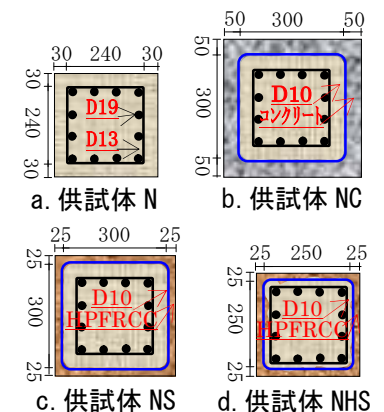


図-2 検討断面

3. 試験結果および考察

(1) 圧縮および引張特性

表-1 に材齢 28 日における巻立て材料の圧縮及び曲げ試験結果を、図-3 に HPFRCC の一軸直接引張試験による引張応力-ひずみ関係を示す。HPFRCC はコンクリートに比べ圧縮及び曲げ強度は大きい、弾性係数は半分程度であった。引張性能においては、短繊維の架橋効果に伴うひずみ硬化特性が明らかに表れ、引張終局ひずみは 1%程度で、引張強度は 4MPa 程度であった。

表-1 コンクリート及び HPFRCC の強度特性 (28d)

	圧縮強度 (MPa)	弾性係数 (GPa)	曲げ強度 (MPa)
コンクリート	32.4	29.3	4.1
SHCC	40.8	17.6	6.5

キーワード HPFRCC, 耐震補強, 巻立て, ひずみ硬化特性, マルチプルクラック特性, 架橋効果

連絡先 〒921-8005 石川県金沢市明間町 2-70 (株)デーロス・ジャパン TEL 076-229-7260

(2) 荷重－変位関係

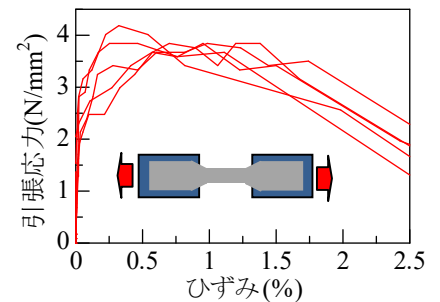
図－4 に各供試体の水平荷重-変位関係の履歴曲線を示す。供試体 N は主鉄筋ひずみが降伏ひずみを超え、 $2\delta_y$ (19.7mm) で最大荷重 (144kN) に達したが、その後、載荷側面での斜め方向のひび割れの発生・開口とともに急激に荷重が低下する、曲げ降伏後のせん断破壊の破壊傾向を示した。これに比べ、帯鉄筋と巻立てによるせん断補強を行った供試体 NC、NS 及び NHS 場合は、最大荷重後にも緩やかに荷重が低下し、柱基部のはらみ出しに伴う剥離・剥落とともに破壊に至る曲げ破壊の破壊傾向を示した。しかし、巻立て方法や巻立て材料の違いにより、最大荷重、最大荷重後の荷重の低下程度並びに終局変位は大きく異なる結果となった。コンクリートで巻立てを行った供試体 NC の場合、巻立てに伴う断面寸法の増大より、最大荷重は無補強 (N) の 1.5 倍程と大きいが、最大荷重後においては HPFRCC 巻立て供試体に比べ荷重の低下が急で、柱基部でははらみ出しによる剥離・剥落が顕著に表れた。HPFRCC 巻立て供試体 (NS) の場合、巻立て厚みの薄さ等により最大荷重は無補強 (N) の 1.25 倍程度であるが、最大荷重後の荷重の低下が緩やかで、終局変位はコンクリート巻立ての約 2 倍程度と大きく、柱基部でははらみ出しによる剥離は生じるが剥落はなかった。一方、既設コンクリートのはつり後、HPFRCC で巻立てを行った供試体 NHS の場合、最大荷重は無補強 (N) と同程度であり、最大荷重後の荷重の低下が最も緩やかで、巻き立て HPFRCC の剥落はないが、終局変位は供試体 NS に比べ若干小さくなる結果であった。

(3) 帯鉄筋のひずみ分布

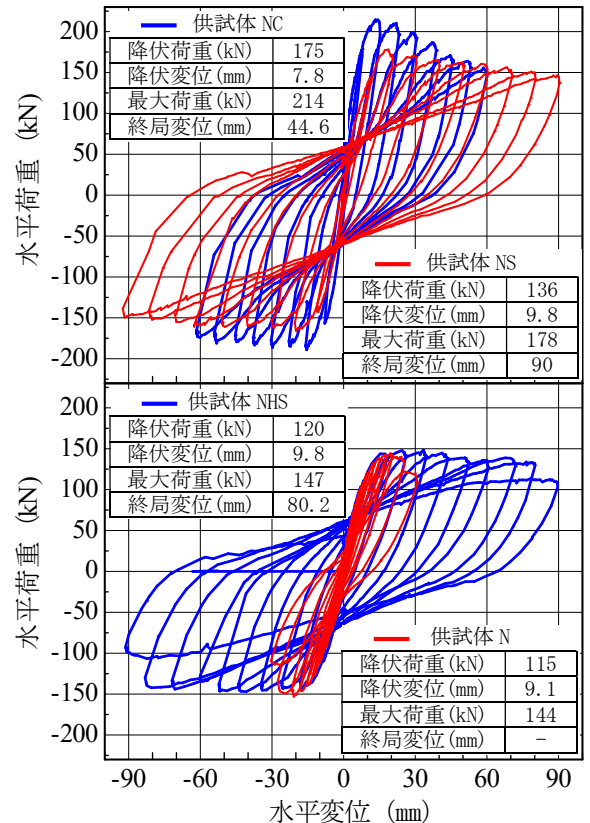
図－5 に補強帯鉄筋のひずみ分布を示す。水平変位 $6\delta_y$ とそれ以上において、コンクリート巻立て供試体 (NC) の場合、補強帯鉄筋のひずみが降伏ひずみを超え、供試体基部での巻立てコンクリートの剥離・剥落が顕著となり、既設部のかぶりコンクリート部にも多くのひび割れが観察された。一方、HPFRCC 巻立て供試体 (NS) の場合は、供試体基部中央付近から高さ方向に発生したひび割れが大きく開口したが剥落はなく、補強帯鉄筋のひずみもコンクリート巻立ての半分程度であった。これより、コンクリート巻立て供試体の主鉄筋の座屈の進行は、変位 $6\delta_y$ 付近であると考えられる。HPFRCC 巻立ての場合、短繊維の架橋効果に伴う拘束効果より、補強帯筋のひずみが小さく、主鉄筋の座屈の進展も抑制され、終局荷重時の終局変位も増大したと考える。

4. まとめ

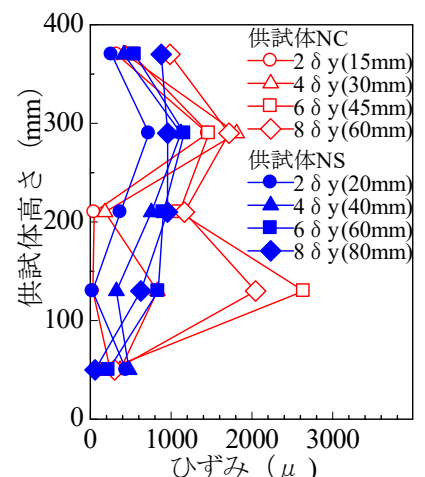
- 1) HPFRCC 吹付による既設 RC 橋脚の耐震補強効果が確認され、コンクリート巻立てに比べ最大荷重後の荷重の低下が緩やかで、終局変位が 2 倍程度大きく、補強帯筋のひずみが小さくなり、供試体基部での巻立て HPFRCC の剥落もなかった。これは、HPFRCC の短繊維の架橋効果に伴う拘束効果であると考えられる。
- 2) 既設コンクリートのはつり後に HPFRCC で巻立てを行った場合、増圧 HPFRCC 巻き立てに比べ最大荷重後の荷重の低下は緩やかであるが、終局変位は若干小さくなる結果であった。



図－3 HPFRCC の応力－ひずみ



図－4 水平荷重-変位関係



図－5 補強帯鉄筋のひずみ分布