

鋼繊維コンクリートを用いた RC 橋脚の実験的検討

九州工業大学 学生会員 内野 裕士
九州工業大学 正会員 Ph.D 幸左 賢二

1. はじめに

RC 橋脚の変形性能を向上させる手法として鋼繊維コンクリートを用いる方法がある。鋼繊維補強コンクリートを塑性ヒンジ部などのあらかじめ想定される曲げ損傷部に適用することにより、合理的に変形性能の向上が図れると考えられる。本稿ではその効果について確認する目的で SFRC 柱および RC 柱の供試体を作成し、正負交番試験を行い、その有用性について検討を行った。

2. 実験概要

図-1 に供試体の断面および配筋形状、表-1 に供試体諸元を示す。供試体は一般的な単柱式橋脚を 1/8 スケールでモデル化し正負交番載荷実験を行った。解析パラメーターは、コンクリートの種類および軸力の有無とした。コンクリートの種類は、一般的な普通コンクリート(以下 RC)、変形性能を向上させる目的で鋼繊維補強コンクリート(以下 SFRC)を検討対象とした。鋼繊維には付着性の良い両端フック型の鋼繊維を採用し、繊維混入率は 1.0%(体積比)とした。正負交番載荷方法としては、繰り返し回数を 1 回とし、実強度を用いた計算により求めた曲げ降伏荷重までは荷重制御で、降伏荷重以降は降伏変位を基本としてその整数倍を変位制御で載荷した。

また、本実験では B、D 面の正面にデジタルカメラを設置し、そのデジタル画像データを用いてかぶりコンクリートはらみ出しの進展状況を測定した。はらみ出し測定方法を写真-1、および以下に示す。

- 1) 載荷前の画像を用いて、柱中央位置からかぶりコンクリートの表面位置までの距離(L1)を測定する。
- 2) 載荷時の画像を用いて、柱中央位置からかぶりコンクリート表面位置までの距離(L2)を測定する。

上記で求めた L2 と L1 の差をはらみ出し量とし、はらみ出し量が確認された高さ方向距離をはらみ出し領域とした。

3. 実験結果

a) 荷重-変位関係

図-2 に水平力-水平変位の履歴を示す。初降伏荷重時、最大荷重時まで各供試体ともにほぼ同様の履歴を示している。その後、No.1 供試体(以下 No.1)と No.2-2 供試体(以下 No.2-2)を比較すると、No.1 が 53mm 程度まで荷重を保持しているのに対して、No.2-2 は 78mm 程度まで荷重を保持している。また終局変位は No.2-2 供試体が 107mm と No.1 供試体の 1.5 倍程度向上した。荷重の低下に関しては、No.1 は軸方向鉄筋の座屈に伴い急激に低下した。それに対し No.2-2 は軸方向鉄筋の座屈後、緩やかな耐力の低下を示し、最終的には軸方向鉄筋の破断で実験を終了した。これより、SFRC を用いることにより、変形性能が向上し、座屈発生後の耐力低下も緩やかであることが分かる。

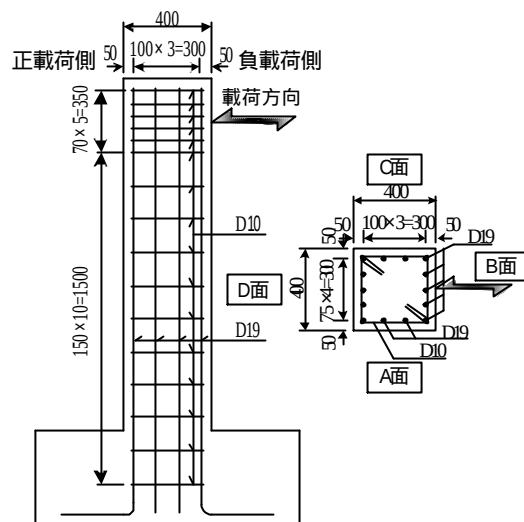


図-1 供試体断面および配筋
(単位: mm)

表-1 実験供試体諸元

		No.1 供試体	No.2-1 供試体	No.2-2 供試体
断面幅	b [mm]	400	400	400
断面高さ	h [mm]	400	400	400
有効高さ	d [mm]	350	350	350
せん断スパン	a [mm]	1400	1400	1400
せん断スパン比	a/d	4	4	4
コンクリート	種類	通常コンクリート	SFRC	SFRC
	(設計基準強度) [N/mm ²]	27	27	27
主鉄筋	降伏強度 f_{yd} [N/mm ²]	345	345	345
	径	D19	D19	D19
	軸方向引張鉄筋比 ρ_t [%]	1.43	1.43	1.43
帯鉄筋	降伏強度 f_{wyd} [N/mm ²]	345	345	345
	径	D10	D10	D10
	間隔	150	150	150
	横拘束筋体積比 ρ_s [%]	0.63	0.63	0.63
軸圧縮応力度 [N/mm ²]		1.0	0	1.0

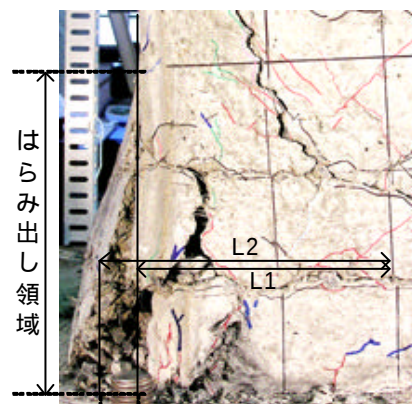


写真-1 はらみ出し測定方法

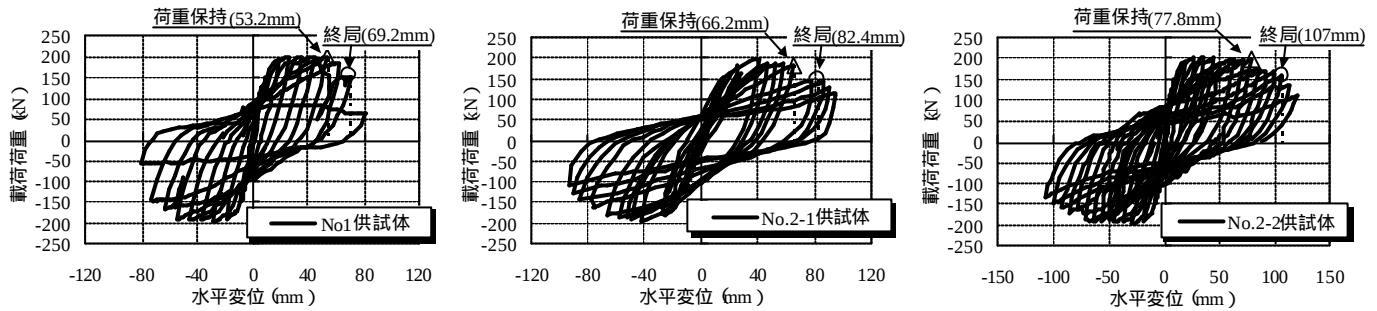


図-2 各供試体の水平力-水平変位履歴曲線

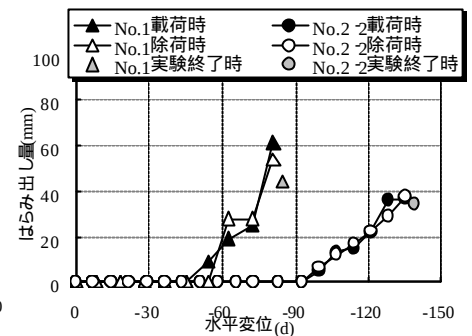
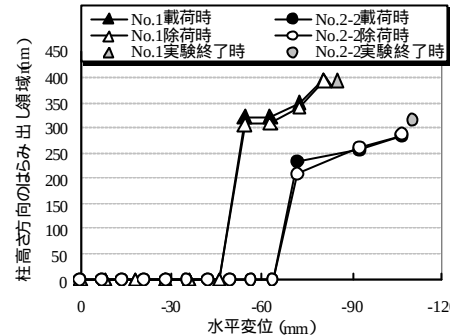
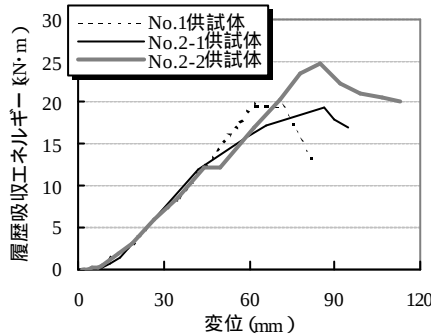


図-4 各载荷ステップの履歴吸収エネルギー 図-5 柱基部ではらみ出し領域の比較(B 面) 図-6 柱基部ではらみ出し量の比較

b) 履歴吸収エネルギー

図-4に各载荷ステップの履歴吸収エネルギーを示す。No.1は、履歴吸収エネルギーが変位60mm程度で最大値20kN・mとなり、その後急激に低下している。一方、No.2-2は変位85mm程度で最大値25kN・mとなり、その後も緩やかに低下している。累積吸収エネルギーで比較するとNo.1が100kN・mであるのに対して、No.2-2は210kN・mと2倍以上のエネルギー吸収能力を有しており、履歴吸収エネルギーの能力が優れているといえる。

c) 座屈の検討

図-5, 6に画像解析によるB面のはらみ出し領域、および座屈発生位置におけるはらみ出し量を示す。No.1, No.2-2ともに荷重を保持できなくなる水平変位からはらみ出しが確認された。図-5の柱高さ方向のはらみ出し領域に着目すると、No.2-2は、変位73mmで230mmであったはらみ出し領域が、最大変位時では290mm程度まで進展した。このように、No.1, No.2-2ともに荷重を保持できなくなる変位においてほぼ座屈長が決まるが、その後も高さ方向に若干ではあるが進展がみられた。一方、はらみ出し量については図-7に示すように、载荷終了後、主鉄筋の座屈状態を把握するため、はらみ出したかぶりコンクリート部をはつり、主鉄筋座屈最大位置を測定した。図-6は座屈最大位置におけるはらみ出し量を示している。はらみ出し発生後、载荷の進展に伴いNo.1, No.2-2ともに、はらみ出し量が増大する事が分かる。その後、No.1では終局変位を超え、急激に荷重が低下する直前である変位73mmにおいて25mmであったはらみ出し量が、変位81mm時には、62mmと急激な荷重の低下とともに、はらみ出し量も大幅に増加している。それに対して、No.2-2は、著しいはらみ出し量の増加はみられず一定の割合で増加しており、荷重の低下も緩やかであった。

これらの事から、主鉄筋の座屈によるかぶりコンクリートのはらみ出し領域はほぼ一定で決まるのに対して、はらみ出し量は载荷の進展に従い、徐々に増大していくと考えられ、荷重の低下と相関性があると考えられる。

4. まとめ

- 1) 正負交番载荷実験により、SFRCはRCと比べて約1.5倍変形性能が向上した。
- 2) 履歴吸収累積エネルギーは、No.1供試体が100kN・m、No.2-2供試体が210kN・mと、SFRCを用いることによりRCより2倍以上向上した。また、荷重低下後の履歴吸収エネルギーの低下も緩やかであった。
- 3) 主鉄筋の座屈に伴うはらみ出しと、変形性能との相関が確認され、SFRCの方がRCと比べて、はらみ出し開始変位、最大はらみ出し量、はらみ出しの進展勾配ともに小さくなる結果が得られた。

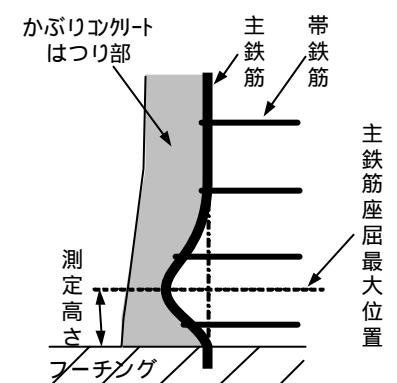


図-7 はらみ出し量測定位置