

複合荷重を受ける3室中空断面RC部材に対するCFRP補強効果に関する研究

九州大学大学院工学研究院 フェロー 大塚 久哲
西日本高速道路株式会社 正会員 福永 靖雄

九州大学大学院 学生会員○ 箆島 隆司
九州大学大学院工学研究院 正会員 山崎 智彦

1. 目的

上路式RCアーチ橋が地震力を受けた場合、アーチリブには、軸力・曲げモーメントに加えて大きなねじりモーメントが生じることになるため、ねじりモーメントに対する照査が必要となる。実橋梁におけるアーチリブの断面形状は、地震動が作用する時の慣性力を軽減するため、中空断面が採用されることが多い。

一方、コンクリート構造物の補修・補強方法として、炭素繊維シート（以下、CFRP）工法が着目されているが、中空断面部材に対する補強に関する知見は未だ十分でない。本研究は、CFRPせん断補強を施した、実橋梁アーチリブ模擬RC試験体に、複合載荷実験を行うことによって、その補強効果を確認するものである。

2. 対象橋梁および検討ケース

対象橋梁は昭和 55 年道路橋示方書を適用して設計されたアーチ支間長 235m の上路式 RC アーチ橋である。

供試体の概略と断面寸法を図-1 に示す。本文では、供試体断面の長辺をフランジ、短辺をウェブと呼ぶ。主鉄筋および帯鉄筋はSD295A、径 D6 を用いた。また、炭素繊維シートは一般的に用いられる繊維目付け 200g/m² を用いた。

検討ケースを表-1 に示す。実験パラメータは①補強の有無、②載荷比率（図-2）, である。供試体 No.3,4 の補強は幅 30mm の炭素繊維シートを 30mm 間隔で2層に巻きつけることで、補強後の帯鉄筋間隔 30mm 相当となるようにした（図-3）。載荷比率とは、曲げとねじり複合載荷時に、どちらが卓越荷重かを角度で表すパラメータである。

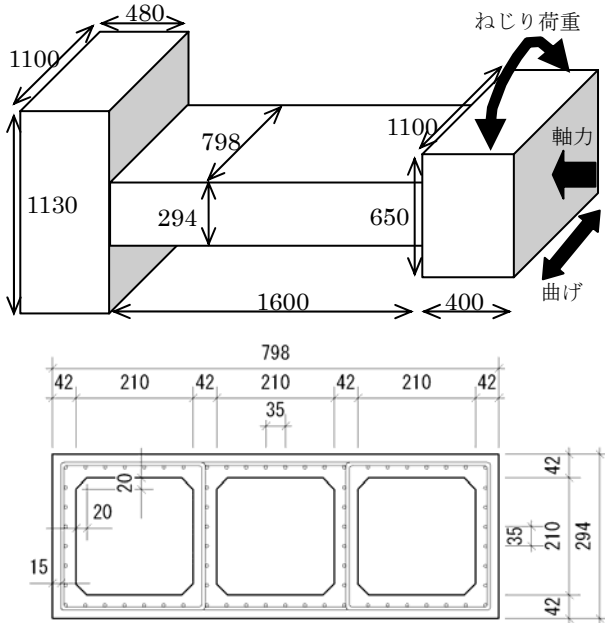


図-1 供試体寸法（単位：mm）

表-1 検討ケース

供試体No.	軸力 (kN)	帯鉄筋間隔 ctc (mm)	載荷状態		備考
			載荷比率(°)	載荷パターン	
1	8.0	60	90	純ねじり	
2			70	ねじり卓越	
3		30*	90	純ねじり	補強部材
4			53	ねじり卓越	

※帯鉄筋+CFRP の換算帯鉄筋間

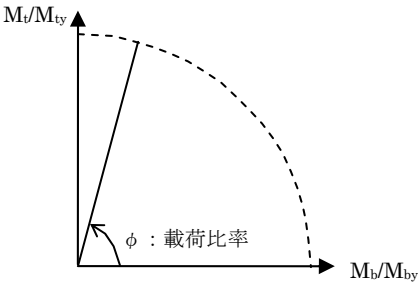


図-2 載荷比率イメージ

表-2 コンクリート材料試験結果

供試体No.	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング率 (kN/mm ²)
1	52.4	3.2	24.8
2	61.9	3.6	29.0
3	61.1	3.6	27.7
4	68.7	3.9	20.9

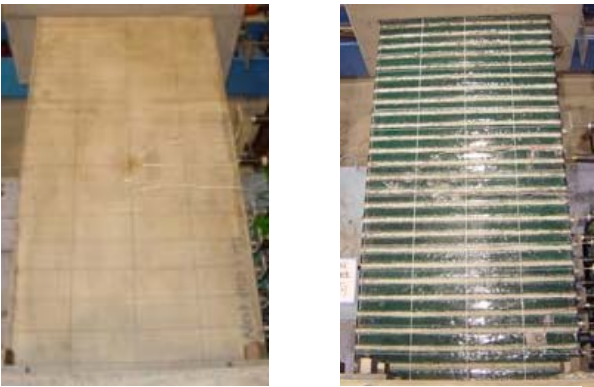


図-3 CFRP 補強概観(右が補強供試体)

3. 荷重-変位関係

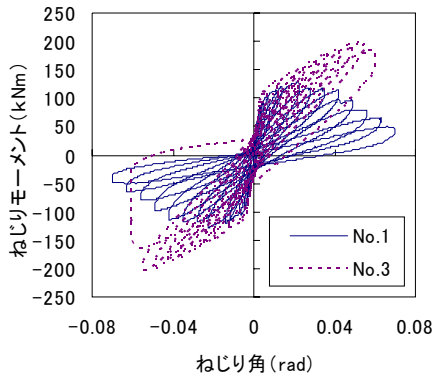
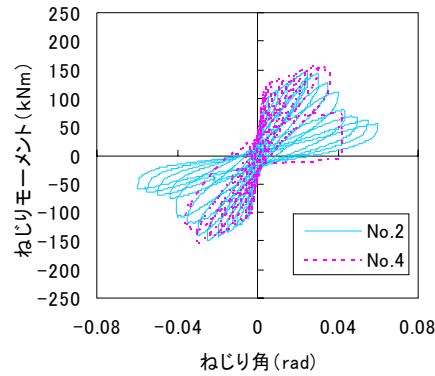
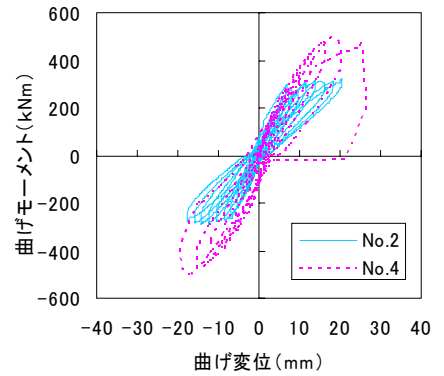
図-4 Mt- θ 関係 (No. 1, 3)図-5 Mt- θ 関係 (No. 2, 4)図-6 Mb- δ 関係 (No. 2, 4)

図-4 に純ねじり载荷を行った供試体 No.1,3 の Mt- θ 関係を、図-5,6 にねじり卓越载荷を行った供試体 No.2,4 の Mt- θ 関係および Mb- δ 関係を示す。図-4 より、純ねじり時には補強部材 No.3 の最大耐力までの靱性が向上しており CFRP 補強が純ねじりに対して効果を有することが分かる。これは、実験時に確認された、補強部材 No.3 のコンクリートひび割れ幅拡大の抑制および、ひび割れ分散効果により、ひび割れ後もせん断力が有効に伝達されているためと考えられる。図-5,6 より、複合载荷時の CFRP 補強効果を確認すると、ねじりに関しては補強供試体 No.4 には降伏耐力・最大耐力・最大耐力までの変形性能に若干の改善が確認されるが、純ねじり補強部材 No.2 と比較すれば、その効果は小さい。一方、曲げに関しては No.4 は最大耐力までの曲げ剛性低下は小さい。しかし、No.4 ではねじりおよび曲げが最大耐力を迎えると、その次のループでは CFRP が破断することにより急激な耐力低下を呈する。これは、CFRP に靱性が乏しいことと、隅各部の炭素繊維シートに応力が集中することによるものであると考えられ、靱性を有する炭素繊維シートを用いることによって、ポストピークの変形性能も改善されるものと考えられる。

4. 剛性低下

図-7,8 にねじりおよび曲げの剛性低下を示す。縦軸の剛性比は各ループ頂点の荷重を、純荷重ひび割れ時の剛性で除したものであり、横軸の塑性率は各ループ頂点の変位を、純荷重時の降伏変位で除したものである。純ねじり载荷である No.1 と No.3 の比較では、CFRP 補強を施した No.3 の剛性低下は緩やかになっており、純荷重時にはねじりの補強効果があるといえる。複合载荷を行った部材に関しても、ねじりの剛性低下は改善されているが、むしろ曲げ側の改善が顕著に見られる。これは、No.2 と No.4 で载荷比率が異なるためである可能性もあるため、今後、No.2 と同程度の载荷比率で载荷する補強実験を行い、CFRP 補強効果の確認をする予定である。

5. ねじり-曲げ相関関係

図-9 に本文で述べた実験および既往の研究から得られた相関関係を示す。図より、CFRP 補強部材にも、無補強時と同様の相関関係が存在すると思われるため、新たに実験を行い(図中白抜き三角)、確認する。

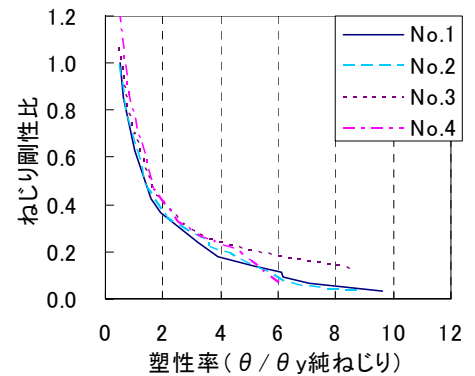


図-7 ねじり剛性低下

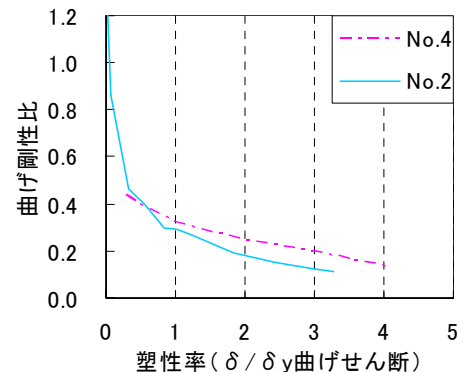


図-8 曲げ剛性低下

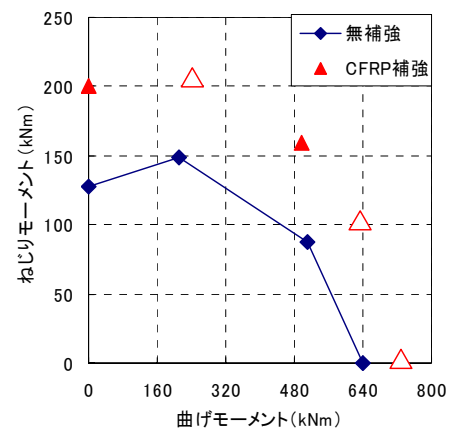


図-9 ねじり-曲げ相関