

炭素繊維を貼り付けた矩形断面鋼製橋脚の耐震補強に関する基礎的実験

大阪市立大学工学部 正 員○松村 政秀

大阪市立大学工学部 正 員 北田 俊行

阪神高速道路管理技術センター 正 員 林 秀侃

1. まえがき

鋼製橋脚の耐震補強工事においては、それらの変形性能を高めるため、施工性・経済性から橋脚柱内にコンクリートを充填し合成断面とするコンクリート充填工法、あるいは、補強に伴う耐荷力の上昇を抑え、発生する座屈モードを改善するために縦補剛材を補剛・増設する縦補剛材補強工法などが採用されている。いずれにしても、アンカー部の耐荷力を考慮すると補強に伴う耐荷力の上昇を許容できない場合も多い。本研究では、鋼断面の座屈変形の発生を抑制するより簡便で効果的な方法として、文献 1)を参考に、一部の RC 橋脚の耐震補強に用いられている炭素繊維補強工法を鋼製橋脚に適用している。そ

表-1 主な座屈パラメータの設定

して、4 体の実験供試体を用いた漸増繰返し水平変位載荷実験を行い炭素繊維を用いた耐震補強法についての基礎的資料、その補強効果ならびに問題点を検討している。

2. 実験供試体の設計

表-1 に示すような範囲の座屈パラメータを有する既設の鋼製橋脚、およびそれに炭素繊維シートを用いて補強を施した 3 体、

計 4 体の実験供試体を製作した (表-3 参照)。各実験供試体には、高さ $L/5$ (L : 下端から水平荷重の荷重位置

までの距離) までコンクリートを充填した。これは、車両衝突による大損傷を防止するために充填されている中詰めコンクリートに相当する。さらに、炭素繊維シートの貼付高さは $2L/3$ あるいは $L/2$ とした。ここで、

表-1 には、実験供試体の主な座屈に関するパラメータを、表-2 には使用した炭素繊維シートの機械的性質 (規格値) を示す。

既設補剛材間の板パネルの 幅厚比パラメータ R_R	0.616~0.638
補剛板全体の 幅厚比パラメータ R_F	0.468~0.471
縦補剛材の 幅厚比パラメータ R_S	0.568~0.589

表-2 炭素繊維シートの機械的性質 (規格値)

繊維目付 g/m ²	引張強度 N/mm ²	ヤング係数 ×10 ⁵ N/mm ²	単位幅当り CF 断面積 cm ² /m
200	3,400	2.30	1.11

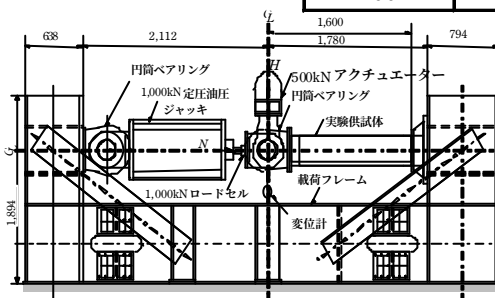


図-1 載荷装置 (寸法: mm)

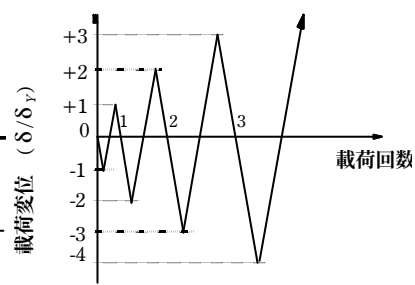


図-2 水平変位の載荷パターン

表-3 実験供試体の概要

実験供試体名	CEO-L/5	CCF13	CCF31	CCF01
実験供試体の概要 (L: 実験供試体長さ)				
炭素繊維の層数				
鉛直方向	-	1	3	0
水平方向	-	3	1	1

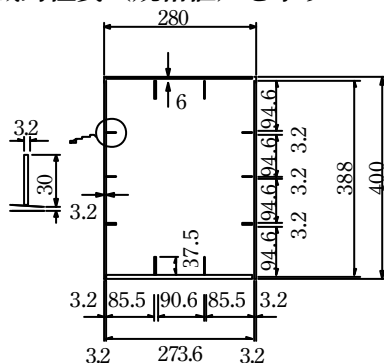


図-3 実験供試体の断面図 (寸法: mm)

Key Words: 鋼製橋脚, 炭素繊維, 耐震補強, 繰返し載荷実験

連絡先: 〒558-8585 大阪市住吉区杉本3-3-138 大阪市立大学工学部土木工学科 TEL:06-6605-2735 FAX:06-6605-2765

3. 漸増繰返し水平変位載荷実験

図-1 に示すように、1,000kN ジャッキを水平方向に、また 500kN アクチュエーターを鉛直方向に設置し、それぞれ独立あるいは同時に載荷できる装置を用いた。水平変位の漸増繰返し載荷方法としては、まず、上部構造の死荷重に相当する鋼断面の全塑性軸方向圧縮力の 11% を作用軸方向圧縮力 N ($=232\text{kN}$) を導入した。つぎに実験供試体頂部には、絶対最大値が $\pm n\delta_Y$ ($n=1, 2, \dots$) となるように降伏水平変位 δ_Y ずつ水平変位マイナス側から水平変位 δ を繰返し漸増させて (図-2 参照)、耐荷力の低下が認められるまで載荷した。ここで、 δ_Y は、軸方向圧縮力の影響も考慮した水平荷重による降伏水平変位であり、実験供試体の基部の弾性支持に起因する剛体水平変位を含む実験的に算定した降伏水平変位 δ_Y である。図-4 には、実験結果の一例として実験供試体 CCF13 の水平荷重-水平変位曲線を示す。同図の縦軸は作用水平荷重 H を、横軸は作用水平変位 δ を示す。図-5 には、実験供試体の塑性率および最大水平荷重 (終局水平荷重) を比較するために各載荷サイクルのマイナス側のピーク時点での絶対値をプロットした包絡線を示す。同図の縦軸は、作用水平荷重 H を鋼断面のみを考慮した降伏水平荷重 H_Y で、また横軸は頂部の作用水平変位 δ を各実験供試体の剛体変形を取り除いた降伏水平変位 δ_{Y0} で、それぞれ、無次元化したものである。さらに表-4 には、各実験供試体の塑性率 μ_u ($=$ 終局水平荷重時の水平変位 δ_u /降伏水平変位 δ_{Y0}) と実験供試体 CEO-L/5 に対する強度上昇率 β ($=$ 終局水平荷重 H_u /実験供試体 CEO-L/5 の終局水平荷重 $H_{u,CEO-L/5}$) とを比較してまとめている。

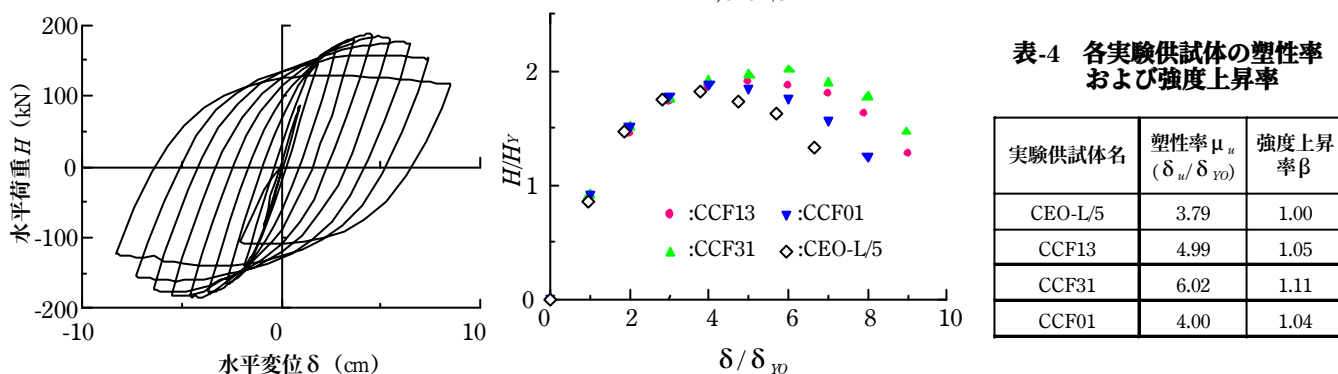


図-4 水平変位-水平荷重曲線 (実験供試体 CCF13) 図-5 各実験供試体の包絡線 (変位マイナス側)

図-4 から、炭素繊維シートを鋼製橋脚に貼り付けると終局水平荷重に至るまで安定した紡錘形のヒステリシスを描いていることがわかる。また、図-5 および表-4 によると、炭素繊維シートを貼付けない実験供試体 CEO-L/5 と、鉛直方向に 1 層、水平方向に 3 層の炭素繊維シートを貼付した実験供試体 CCF13 とを比べると、補強による耐荷力の上昇をほとんど伴うことなしに、塑性率 μ_u を約 4 から 5 程度にまで改善できることがわかる。また、水平方向に 1 層だけ炭素繊維シートを貼付した実験供試体 CCF01 では、塑性率・強度上昇率ともに実験供試体 CEO-L/5 のそれらとほとんど変わらないものの、終局水平荷重後の包絡線の落込みは緩やかになる。さらに、鉛直・水平方向の炭素繊維シートの貼付層数を逆転させた実験供試体 CCF13 と CCF31 とから、貼付方向の違いが塑性率および強度上昇率に与える影響は小さいと考えられる。これは、鋼が箱断面内側へ座屈し変形すると、鋼板と炭素繊維シートとが剥離し、補強効果が十分に得られないためと考えられる。

4. まとめ

i) 矩形断面の鋼製橋脚に炭素繊維シートを貼付すると、補強に伴う耐荷力の上昇をほとんど伴うことなしに、塑性率 μ_u を 5 程度にまで改善できる。ii) 鋼板が箱断面内側へ座屈変形する場合でも、炭素繊維シートを有効に活用した補強が可能となる方法についての検討が今後必要と考えられる。

参考文献

- 1) 松沼政明, 山口隆裕, 池田尚治: 橋脚の複合化による補強とその耐震性能, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.21, No.1, 日本コンクリート工学協会, pp.409-414, 1999.6.