座屈損傷を受けた円形鋼製橋脚の炭素繊維 シート巻立てによる補修に関する実験的検討

岡崎 直斗1・中村 一史2・岸 祐介3・松井 孝洋4

1学生会員 首都大学東京大学院博士前期課程 都市環境科学研究科都市基盤環境学域(〒192-0397東京都八王子市南大沢1-1)

²正会員 首都大学東京大学院准教授 都市環境科学研究科都市基盤環境学域(〒192-0397東京都八王子市南大沢1-1)

E-mail: hnaka@tmu.ac.jp

³正会員 首都大学東京 助教 都市環境科学部都市基盤環境コース (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1) E-mail: kishi@tmu.ac.jp

⁴正会員 東レ株式会社 コンポジット技術第1部 (〒455-8502 愛知県名古屋市港区大江町9番の1) E-mail: Takahiro Matsui@nts.toray.co.jp

本研究は、地震により座屈損傷を受けた円形鋼製橋脚の効率的な応急復旧を目的として、炭素繊維シー ト巻立てによる補修効果を縮小模型を用いて、実験的に検討したものである. 試験体の径厚比パラメータ および細長比パラメータは道路橋示方書の適用範囲で作製した. 試験体は、無補強のケースに加え、予め 7層の炭素繊維シートを巻き立てた補強、座屈損傷後に7層の炭素繊維シートを巻き立てた補修の3ケース を用意した. 鉛直荷重を一定として、水平方向に漸増繰り返し荷重を載荷して、水平耐力、エネルギー吸 収率を比較した. その結果、損傷前の補強では、無補強に対して、水平耐力の増加は小さいが、エネルギ ー吸収率は約2割増加することが分かった. 損傷後の補修では、炭素繊維シート巻立てにより、水平耐力、 エネルギー吸収率の向上は見られなかったものの、損傷前と同程度まで水平耐力が回復することが確かめ られた.

Key Words : carbon fiber sheets, circular steel bridge pier, sismec retrofitting, elephant foot bulge

1. はじめに

円形鋼製橋脚は都市部の高架橋などに多く適用されて いる.円形鋼製橋脚が地震時に損傷を受けた場合,都市 機能への影響は大きいため,効率的な補強対策や損傷時 の応急復旧が必要となる可能性がある.実際に,旧基準 に基づいて設計された鋼製橋脚では、レベル2地震によ り,板厚変化部の近傍を起点とする座屈損傷の被害を受 けた事例¹⁾がある.既設の鋼製橋脚に対する一般的な耐 震補強工法としては、コンクリート充填工法や鋼板当て 板が採用されてきた.しかし、いずれの施工においても 重機等が必要であり、作業空間や重量増加の面から、必 ずしも施工性や効率がよいとはいえない.

このような背景を踏まえ,適用が進められているのが 炭素繊維シート接着工法^{2,3}である.炭素繊維シートは 軽量かつ高強度であり,耐久性が高く,施工が容易であ るという特徴を持つ材料である.炭素繊維シートはコン クリート構造物の耐震補強などに多くの施工事例²があ り、鉄筋代替材などの用途で広く用いられている.

一方、鋼構造物に対しても炭素繊維シートをはじめと して、CFRP接着による補修・補強が進められている⁴. また、鋼製橋脚に対する繊維シート巻立て補強⁹⁻⁷によ る実験的検討も行われており、板厚変化部に炭素繊維シ ートを複数層巻立てることにより、局部座屈の発生を遅 らせて塑性変形の進行を遅らせることが可能であること、 また、靭性が向上することが明らかになっており、鋼製 橋脚に対する耐震補強工法³として提案されている.

このように、鋼製橋脚の耐震補強に関しては、繊維シート接着工法以外にも様々な工法が提案されているものの、損傷した鋼製橋脚の補修に関する検討例^{8,9}は非常に少なく、十分に検討されていない.

そこで本研究では、座屈損傷を受けた円形鋼製橋脚の 炭素繊維シート巻立てによる耐震性能の回復を目的とし て、実験的な検討を行った.なお、本検討で目標とする 補修による性能は、地震時に座屈損傷した円形鋼製橋脚 が、損傷前と同程度まで水平耐力を回復する状態である.

(1) 実験の手順

試験体は、比較のために無補強、補強、補修の3ケースを設定して、漸増正負交番載荷による実験を行った. 無補強は補強を行わない試験体、補強は載荷前に炭素繊維シート接着を行った試験体である。補修では、はじめに無補強の状態で、漸増正負交番の一次載荷により最大荷重がピーク時の95%程度まで低下し、損傷が目視で確認できる状態として、炭素繊維シート巻立てを行った. その後、再び漸増正負交番載荷を行った.

(2) 試験体の設計

実験に用いた試験体は図-1 に示すように、高さ *h*=1900mm,外径 *D*=457.2mmの中空円形断面である.試 験体の基部から 150mm までの位置には、基部の座屈を 防止する目的で板厚 16mmの補剛リブ(12本)が溶接 接合されている.また、補剛材付近から破壊が先行しな いように、基部から 300mmの位置で板厚 *t*=12.7mmから *t*=9.5mm に断面変化させている.試験体は、底盤および 載荷ブロック治具に接合するために、上下に板厚 32mm の鋼板を溶接接合した.試験体表面は、ジングリッチペ イントが塗布された状態である.試験体の寸法は既往の 研究³を参考に、実験環境で試験可能な最大寸法を採用 した.試験体の径厚比パラメータ *Rt* および細長比パラ メータはれば、式(1)、(2)に示すように、道路橋示方書¹⁰ の適用範囲内になるように設計した.

$$Rt = \frac{R}{t} \frac{\sigma_y}{E} \sqrt{3(1 - v^2)} \quad (0.03 \le Rt \le 0.08) \tag{1}$$

$$\lambda = \frac{2h}{\pi r} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \quad (0.2 \le \lambda \le 0.4) \tag{2}$$

ここで, *R*:板厚中心半径, *t*:板厚 *t*₁, *σ*_y:降伏応力, *E*:ヤング率, *v*:ポアソン比, *h*:有効座屈長, *r*:断

鋼種	STK400
高さh (mm)	1900
外径D (mm)	457.2
内径d (mm)	438.2
降伏応力oy (N/mm ²)	368.9
ヤング率E(kN/mm ²)	205.0
降伏ひずみµ	1800
ポアソン比v	0.3
板厚中心半径R(mm)	223.8
断面二次半径r(mm)	158.6
降伏水平荷重Hy(kN)	289.4
径厚比パラメータRt	0.07
細長比パラメータλ	0.323
軸力比P/Py	0.1
径厚比D/t	48.1

表-1 試験体諸元



図-2 炭素繊維シートの巻立て範囲

面二次半径である.鋼材の降伏応力 σ_{y} 、ヤング率Eおよ びポアソン比 ν は材料試験よる値を用いた.**表-1**に, 試験体諸元を示す.軸力比は橋脚の降伏軸力に対する上 部構造の自重の比であり,一般的な値として 0.1 を採用 した.

(3) 実験装置および載荷方法

図-3,図-4 に、漸増正負交番載荷に用いる実験装置の 概要、セットアップ状況をそれぞれ示す.実験には、鉛 直ジャッキ(ストローク±200mm、静的容量±1000kN) および水平ジャッキ(ストローク±100mm、静的容量± 500kN)を用いた.上部工重量を想定した一定鉛直荷重 Pを載荷後、変位制御により水平荷重を載荷させている. 水平荷重の載荷位置は、試験体天端に設置された載荷ブ ロックの板厚中心とし、その位置は試験体の基部から 1982mmの高さである.

試験体に作用させる鉛直荷重 Pは、上部工の自重を

想定して、前述したように降伏軸力の 10% (491.3kN) とした.降伏水平変位 δ_{y} は、断面変化位置が降伏する 時の載荷点の水平変位であり、その値は 10mm である. 載荷実験では、この降伏水平変位 δ_{y} を基準とし、実験 装置の最大ストロークを考慮して、 $\pm 9\delta_{y}$ (± 90 mm) ま でとした.実験では、図-3 に併記したように、水平ジ ャッキを引き込む方向を正方向 (+)、押し出す方向を 負方向 (-) としている.載荷速度は、載荷ステップに 応じて、 $\pm 0.5\delta_{y} \sim \pm 1\delta_{y}$ の範囲で 0.2mm/sec、 $\pm 2\delta_{y} \sim \pm 9\delta_{y}$ の範 囲で 0.5mm/sec とした.図-5 に、載荷プログラムを示す.

実験の測定項目は、1)荷重作用点における水平変位と 水平荷重、2)試験体の高さ方向各点における水平変位、 3)試験体および底盤の浮き上がり変位、4)局部座屈の発 生が予想される位置付近の軸方向および周方向のひずみ である.水平荷重および水平変位は、水平ジャッキの値 を用いて評価した.高さ方向における水平変位は、変位 計を用いて測定した.ひずみの測定には、ひずみゲージ を用いたが、局部座屈が予想される箇所には、塑性ひず みゲージを用いた.

(4) 補修・補強

a) 炭素繊維シート巻立ての方法

本検討に用いた炭素繊維シートは、すべて、破断ひず みの大きい高強度タイプ(繊維重量 300g/mm²,引張強 度 3.4kN/mm²,弾性係数 245kN/mm²)である.炭素繊維 シートの配置と積層数は、既往の研究³³および FEM 解 析による事前検討を参考に、補修・補強ともに基部から の高さ 300~600mm の 300mm の範囲で、周方向に 7 層 とした.

図-6 に、炭素繊維シートの巻付け方法を示す. 応急 復旧の観点から、急速施工を想定して、炭素繊維シート は、1回の施工で3層巻き立てた. 連続で積層するため、 積層の前に、下層の表面が指触硬化していることを確認 した. 炭素繊維シートの周方向の拘束効果が確実に発揮 されるように、周方向のラップ長を約 200mm とした. また、継手は同一の位置とならないように、最低 300mm以上の間隔を設けた.

炭素繊維シートの巻立て方法は、以下の手順で行った. 1) 接着範囲の罫書きと炭素繊維シートの割り付けを行う. 2) ディスクサンダーによる素地調整後、アセトンで脱脂 を行う.3) 鋼材と炭素繊維シートの接着性の向上を目的 として、鋼材表面にプライマー(AUP40W)を塗布する. 4) 含浸接着樹脂(AUR80W)を塗布し、その上に炭素繊 維シートを巻き立て、ローラーで脱泡しながら、接着を 行う.5) 所定の積層数まで4)を繰り返す.

補強においては,無載荷の状態で,炭素繊維シート巻 立てを行った.



図-3 実験装置の概要



図-4 セットアップ状況



b) 補修の手順

補修による検討では、はじめに漸増正負交番載荷の一 次載荷により所定の損傷を試験体に与えた.前述したと おり、円形鋼製橋脚の水平耐力がピーク時の95%程度ま



で低下し、座屈が目視で確認できる状態を補修時の損傷 と定義した.本検討では、±65,載荷終了時点で水平耐 力がピーク時の95%程度まで低下し、座屈が目視で確認 できたため、これを補修時の損傷とした.一次載荷(± 65,)の終了後、水平ジャッキの水平力を除荷してゼロ としたが、自重を想定した鉛直荷重Pは作用させた状態 で、炭素繊維シート巻立て(7層)による補修を行った. 補修の手順は、前項で述べた方法と同様である.

図-7に、一次載荷により座屈損傷を受けた試験体の補 修状況を示す.図-7(a)に示すように、補修前には、残 留変位が発生した.このような残留変位が生じた試験体 の表面に密着させて、炭素繊維シートを巻き立てた.図 -7(b)に示した補修後の状況より、炭素繊維シートには、 残留変形に対してしわ等は生じていないことがわかる.

3. 実験結果と考察

(1) 座屈損傷の進展挙動

図-8 および**図-9** に,実験後の試験体の損傷状況をそれぞれ示す.

図-8 (a)に,無補強試験体の正負交番載荷後の状況を示す.無補強では,-66,時点で,基部から400mmの位置に,載荷軸方向に対して外側にはらみだす提灯座屈の形成が確認された.その後の載荷により座屈変形はさらに進行し,載荷軸直角方向にも座屈が進展した.載荷軸 方向の座屈は基部から400mmの位置に発生したが,載荷軸直角方向の座屈は基部から350mmの位置に発生したが,載荷軸直角方向の座屈は基部から350mmの位置に発生した.載荷終了後には試験体は大きく傾き,残留した面外方向変位は円周の面外方向に一様に約40mm発生した.

図-8 (b)に、炭素繊維シート巻立てによる補強を行った試験体の損傷の状況を示す.載荷開始から+3δ,の範囲では座屈は発生せず、炭素繊維シートにも変化は見られなかった.-3δ,の載荷途中に、載荷軸直角方向で樹脂が割れる音が確認された.その後も漸増載荷を続けると徐々に複数箇所から同様の音が発生したが、炭素繊維シートの変化は、目視では確認されなかった.+9δ,で大き



(a) 補修前の残留変位(±66),載荷後) (b) 補修後の状況 図-7 一次載荷により座屈損傷を受けた試験体の補修状況



(a) 無補強 図-8 載荷後の損傷の状況

な音とともに基部から 400mm の位置に周方向の割れが 発生した.この時,表面から 3~4 層の炭素繊維シート が周方向に割れたが,鋼材に近い層には割れは発生して いなかった.同時に,試験体の曲げ引張が生じる側で内 側に入り込む変形が生じた.補強の試験体については, ±9.5δ,まで載荷を行った.±9.5δ,の載荷では,内側に入り 込む方向の変形はさらに進展し,載荷終了後の損傷の状 況は,図-9のような4波のダイヤモンド座屈が形成され た.

(b) 補強

図-10 に、炭素繊維シート巻立てによる補修を行った 試験体の載荷終了後の損傷状況を示す.無補強の状態で ±66,まで一次載荷を行った結果、基部から 400mm の位 置に提灯座屈が形成された、損傷の状況は、無補強の場 合と同様であった.この時、試験体頭頂部の残留水平変 位は-35.2mm であった.補修後の載荷では、+16,載荷途 中で樹脂が割れる音が発生し、+26,で、炭素繊維シート 中のガラス繊維の部分が破損した.ガラス繊維は、含浸 接着樹脂の含浸を確認するために設置された一方向材で



図-9 補強した試験体のダイヤモンド座屈(4波)の状況



(a) -1*δ*,の載荷時
(b) -7*δ*,の載荷時
図-10 補修後の載荷中の状況

あり、炭素繊維に比べて弾性率、強度が小さいため、先行して破壊したものと判断された.+3δ,で、正面側において基部から 410mm の位置で周方向に割れが発生し、+5δ,で、基部から 370mm の位置で長さ 200mm にわたって周方向の割れが発生した.その後も周方向の割れや部分的なはく離が徐々に進展し、-7δ,で、正面側の座屈部の炭素繊維シートが全てはく離した(図-10 (b)).この時、炭素繊維シートは、プライマーとの界面ではく離し、鋼材の表面が目視で確認できた.+8δ,で、基部からの高さ 375~450mm の範囲の炭素繊維シートがほぼ全て破壊され、その後の挙動は、無補強の実験時と同様となった.

(2) 座屈変形部におけるひずみの挙動と抑制効果

図-11 に、水平荷重とひずみの関係を、試験体ごとに 比較して示す.図-11 (a)は、無補強および補強の試験体 において、載荷軸方向の基部から 400mm の高さ位置に おける周方向ひずみである.基部から 400mm の位置は、 無補強の試験体による座屈変形が最も顕著な位置である が、炭素繊維シート巻立てによって、周方向ひずみが十 分に抑えられていることがわかる.特に、正負交番載荷 の水平変位 δ ,が大きくなった時の拘束効果が顕著であ り、この傾向は、図を略したが、軸方向ひずみに関して





も同様であった.

図-11 (b)は、補修の試験体に貼付した載荷軸方向の基部から400mmの高さ位置における周方向ひずみである. 基部から400mmの位置でのひずみは+3δ,で約-7000×10⁶の圧縮ひずみの計測後に、計測不能となっている.前述した通り、+36yでは、基部から410mmの位置で周方向の割れが発生しており、炭素繊維シートの損傷の挙動がひずみゲージの値として表れている.また、ひずみゲージの値から、炭素繊維シートが健全な状態においては、周方向の拘束効果より座屈部のひずみが低減されており、補修効果が確認できた.しかしながら、補修前の一次載荷終了後に、大きな残留変位が生じた負側(-)においては、水平変位が増加すると、圧縮力が炭素繊維シートに働くために、炭素繊維シートにはく離や周方向の割れが生じ、+分にひずみを抑制できないこともわかった.

(3) 水平荷重と水平変位の関係

図-12 に,各試験体における水平荷重と水平変位の関係を示す.

図-12 (a)の無補強の試験体の結果より、最大荷重は正 側で 410.95kN (+5δ_y) 、 負側で-392.72kN (-5δ_y) となっ た.また、±6δ_yの正側で 390.3kN、 負側で-350.1kN とな った.ピーク後の崩落線は急激に低下し、+9δ_yでは 195.86kN、-9δ_yでは-136.15kN となり、正側ではピーク荷 重の 47.7%, 負側では 34.7%まで低下した. 無補強の実 験結果より, ピーク後の水平耐力は急激に低下すること がわかった. したがって, 損傷を受けた円形鋼製橋脚の 水平耐力の向上は重要であるといえる.

図-12 (b)の補強の試験体の結果より,最大荷重は正側 で 459.49kN (+7δ,),負側で-441.93kN (-6δ,)となり, 無補強結果と比較すると正側で 11.8%,負側で 12.5%増 加した. ピーク後の耐荷力の低下は 9δ,の載荷ステップ 時点で,正側ではピーク時の 81.9%,負側では 91.7%と なり,正側と比較して負側の最大荷重の低下が緩やかと なったが,いずれも水平耐力が向上することが確かめら れた.以上のことから,炭素繊維シートの補強では,周 方向の拘束効果により座屈変形の進展を抑える効果があ るといえた.

図-12 (c)の補修の試験体の結果より,最大荷重は正側 で 399.43kN (+6δ_y),負側で-372.99kN (-3δ_y)となり, 無補強時の実験結果と同程度の値となった.水平荷重と 変位変位の関係から,±3δ,程度までは,最大荷重は,損 傷を受ける前の状態と同程度に性能が回復するが,炭素 繊維シートのはく離後(±6δ_y以後)は,無補強の状態と 同程度の耐力低下傾向となることがわかる.炭素繊維シ ートには,+0.5δ_y付近で周方向の割れが発生しているが, 水平荷重の低下は見られないことから炭素繊維シートの 割れによる水平荷重への影響は小さく,はく離が支配的 であると考えられる.そのため,炭素繊維シート巻立て による補修では,はく離の防止が重要である.

(4) エネルギー吸収率による性能回復の比較

図-13 には、水平荷重と水平変位の関係から包絡線を 求め、両軸を無次元化したものを示す.縦軸は降伏水平 荷重 Hで,,横軸は降伏水平変位 &,でそれぞれ除して無 次元化している.各試験体の結果より、曲線で囲まれた 領域をエネルギー吸収率として比較する.

表-3 に、エネルギー吸収率の比較を示す.炭素繊維 シート巻立てによる補強では、エネルギー吸収率が、無 補強実験結果と比較して正側では約 17%、負側では約 27%向上していることがわかる.吸収エネルギーは正負 で差異があり、負側では、ピーク荷重後の耐荷力の低下 が大きく無補強の場合と同程度である.これは、補強で は座屈の形状が内側へと変形したことによるものである と考えられる.しかしながら、正側ではピーク荷重を迎 えてからの水平荷重の低下も無補強時と比較して緩やか であり、より安定した挙動となったことがわかる.した がって、炭素繊維シート巻立てによる補強は、円形鋼製 橋脚の補強に有効であると考えられる.

補修前の一次載荷(±65,)におけるエネルギー吸収 率は、無補強と同様であることがわかる.また、補修後 の実験結果(図-12 (c)、表-3)より、エネルギー吸収率



表-2 最大荷重の比較

する
昇率

図-13 H/Hyとがるyの関係

試験体 ፲	正 . 白	無補強に対するエネルギー吸収率	
	正・貝	$0 \sim 9 \delta_y$	$6\delta_y \sim 9\delta_y$
無補強	正	1.000	-
	負	1.000	-
補強	正	1.169	-
	負	1.266	1.740
補修	正	0.956	-
	負	0.897	1.348

は、座屈損傷した円形鋼製橋脚の炭素繊維シート巻立て 補修をした場合、無補強実験と比較して正側では約 95.6%, 負側では約 89.7%となった. エネルギー吸収率 は、損傷前と同程度まで回復することが確かめられた. また、実験結果を補修後の残留変位を考慮した 6ん~9ん の範囲で比較すると、無補強と比較してエネルギー吸収 率が約35%向上することがわかる.したがって、炭素 繊維シート巻立てによる補修は、座屈損傷して円形鋼製 橋脚の補修に有効であると考えられる.しかしながら、 正側と負側で補修効果に大きな差異が生じている. これ は、負側では補修前の一次載荷によって大きな残留変位 が発生しており、補修後に載荷した場合に面外方向に残 留変形を生じた箇所に巻立てた炭素繊維シートに圧縮力 が発生し、はく離が発生するためである. そのため、炭 素繊維シート巻立てによる補修では、圧縮力による座屈 部分の炭素繊維シートのはく離と座屈の変形進展の防止 が重要である.

4. まとめ

本研究では、座屈損傷した円形鋼製橋脚の応急復旧を 目的として、炭素繊維シート巻立て補修に関する実験的 な検討を行った.得られた成果を以下に示す.

(1) 炭素繊維シート巻立ての補強では、エネルギー吸収 率は 26.6%向上し、十分な補強効果が得られること

がわかった.また,水平耐力の増加は 11.8%程度で あり,水平耐力の増加が小さいため,下部構造等へ の影響も小さいと考えられる.さらに,水平荷重と ひずみの関係からも,炭素繊維シート補強によるひ ずみの低減が確認できた.

- (2) 損傷した円形鋼製橋脚の炭素繊維シート巻立て補修では損傷前と同程度(正側 97.2%,負側 94.9%)まで水平耐力を回復させることが可能である.また,エネルギー吸収率は約 35%向上したことから,応急復旧に有効であることがわかった.荷重-ひずみ履歴曲線より,補修によって炭素繊維シートのはく離や割れが発生するまでは,補強時と同等のひずみを低減していることがわかった.
- (3) 損傷した円形鋼製橋脚の炭素繊維シート巻き立て補 修においては、座屈変形が大きい場合、圧縮側で炭 素繊維シートが早期に破断し、補修効果が低下する ことがわかった。

これらの結果より、本震で損傷した円形鋼製橋脚に炭 素繊維シート巻き立て補修を行う場合、本震と同程度の 余震に対しても有意な効果があることが確かめられた.

以上の知見は、基部にコンクリートが充填されていな い円形鋼製橋脚を対象としたものである.一般に鋼製橋 脚の基部には、コンクリート充填や補剛リブの設置がな されており、これらの影響を含めて今後のより詳細な検 討が必要である.

また、今回の検討では想定する地震動は、余震は本震 と同程度としているが、2016年4月14日に発生した熊 本地震においては、連続して大規模な地震が発生し、前 震でも本震に匹敵する大きな地震が発生している.この ような連続する大きな地震動に対する補修工法について は、さらなる検討が必要である.

参考文献

- 阪神高速道路管理技術センター編:大震災を乗り越えて 震災復旧工事誌,阪神高速道路公団,1997.9
- 2) 土木学会コンクリート工学委員会:連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針,コンクリート ライブラリ 101,2000.7
- (財)土木研究センター:炭素繊維シートによる鋼製橋脚の補強工法ガイドライン(案),2002.7
- 土木学会複合構造委員会: FRP 接着による鋼構造物の補 修・補強技術の最先端,複合構造レポート 05, 2012.6
- 5) 渡辺貴之,石田圭吾,林和彦,山口隆裕,池田尚治:炭 素繊維シートを用いた鋼製橋脚の耐震補強,構造工学論 文集, Vol.48A, pp.725-734, 2002.3
- 6) 松村政秀,北田俊行,徳林宗孝,池田啓士,岡田崇:炭 素繊維シートを円周方向に貼付する橋脚鋼管柱の耐震補 強に関する実験的研究,土木学会論文集 No.766/1-68, pp.17-31,2004.7
- 7) 小室雅人,岸徳光,三上浩,西弘明:AFRP シート巻き付 けによる実規模鋼管橋脚の耐震補強に関する静載荷実験,

構造工学論文集, Vol.52A, pp.1327-1336, 2006.3

- 8) 嶋口儀之,鈴木森晶:損傷した円形断面鋼製橋脚にコン クリート充填修復した場合の耐震性能,構造工学論文集, Vol.61A, 2015.3
- 9) 大田樹,鈴木森晶,嶋口儀之:異なる損傷度合いの円形 断面鋼製のコンクリート充填修復と耐震性能に関する検

討, 土木学会論文集 A2(応用力学), Vol.69, No.2(応用 力学論文集 Vol.16), I 381-I 390, 2013.

10) 日本道路協会:道路橋示方書・同解説, V耐震設計編, pp225-230, 2012.3

EXPERIMENTAL STUDY ON REHABILITATION OF BUCKLED CIRCULAR STEEL BRIDGE PIER BY EXTERNALLY BONDED CARBON FIBER SHEETS

Naoto OKAZAKI, Hitoshi NAKAMURA, Yusuke KISHI and Takahiro MATSUI

This study is aimed at rapid seismic retrofitting using externally bonded carbon fiber sheets for the buckled circular steel bridge pier by earthquake. 3 test specimens were fabricated as follows: 1) the reference spesimen, 2) the spesimen reinforced by 7 layers of carbon fiber sheets, 3) the buckled spesimen repaired by 7 layers of carbon fiber sheets. Test specimens were designed considering JSHB. The reversed cyclic horizontal load under the constant vertical load was applied. The horizontal strength and energy absorption rate were investigated experimentally. As a result, it was found that in the reinforced specimen, the increase in the horizontal strength was small, and the energy absorption rate increased about 20% for the reference spesimen. In the repaired spesimen, the horizontal strength and energy absorption rate were equivalent for the reference spesimen.