

I - A251 軸方向圧縮力をパラメータとした既設鋼製橋脚の耐震補強法に関する実験的研究

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  
 大阪市立大学工学部 正員 中井 博 阪神高速道路公団 正員 加賀山泰一

1. まえがき 阪神高速道路公団では、既設鋼製橋脚の耐震補強のための補強設計要項（案）<sup>1)</sup>を作成している。本研究では、既設の鋼製橋脚を想定し、この耐震補強法にもとづいて、作用軸方向圧縮力の全塑性軸方向力に対する比（以下、軸方向力比という）の異なる3体の実験供試体を補強した。そして、これらの実験供試体に漸増繰返し水平変位を与え、軸方向力比の大きさが、耐震補強による柱部材の強度上昇、あるいは塑性率に及ぼす影響を調べた。

2. 実験供試体の設計 3体の実験供試体の断面は、既設縦補剛材間の板パネルの幅厚比パラメータ  $R_R$  を0.4以下にするため、図-1、および表-1に示すよう既設縦補剛材の間に少し小さめの縦補剛材（以下、増設縦補剛材という）を、増設した<sup>2)</sup>。さらに、縦補剛材自身の幅厚比パラメータ  $R_S$  を0.5以下にするるとともに、補剛板全体の幅厚比パラメータ  $R_F$  を0.4以下にした。そのため、縦補剛材の先端に補強フランジを、増設した<sup>3)</sup>。なお、同図(b)に示すよう、これらの追加部材が強度上昇に寄与しないように、これらの部材の端部は、横補剛材（あるいはダイヤフラム）位置で切断した。

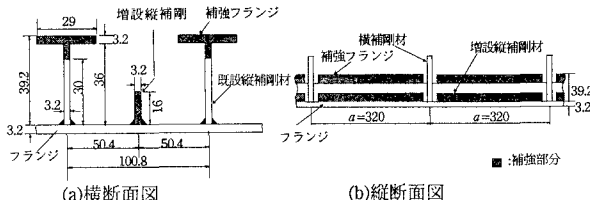


図-1 増設縦補剛材、および補強フランジ（寸法単位：mm）

表-1 補強前・後の幅厚比パラメータ

主なパラメータ	補強前	補強後
既設補剛材間の板パネルの幅厚比パラメータ $R_R$	0.616	0.396
補剛板全体の幅厚比パラメータ $R_F$	0.471	0.232
縦補剛材の幅厚比パラメータ $R_S$	0.564	0.119

3. 漸増繰返し水平変位載荷実験 図-2に示すように、100tf ジャッキを水平方向に、また50tf 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。そして、水平に設置された実験供試体には、水平ジャッキにより実験供試体に軸方向圧縮力を導入し、またアクチュエーターによって制御された鉛直変位により実橋脚への水平変位を想定した漸増繰返し変位を与えた。ただし、実際の橋脚は鉛直に設置されているため、以下、この鉛直変位を水平変位、また、それに対応する荷重を水平荷重と称することにする。水平変位の漸増繰返し載荷方法としては、建設省土木研究所において単柱形式の鋼製橋脚供試体に用いられた静的繰返し載荷実験を参考にして、 $\pm n\delta_Y$  ( $n=1, 2, \dots$ )として降伏水平変位  $\delta_Y$  ずつ繰返し水平変位  $\delta$  を漸増させた（図-3参照）。ここで、 $\delta_Y$  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、実験が行われる前に、弾性範囲（ $\pm 3tf$ ）における繰返し水平変位を3回載荷したデータを用いて、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降伏水平変位  $\delta_Y$  を実験的に求め、それを用いて繰返し漸増水平変位を制御した。

表-2に示す実験供試体 CER-3、および実験供試体 CER-4には、一定な軸方向圧縮力  $N$  として、耐震補強を施さない既設鋼製橋脚を対象とした断面にお

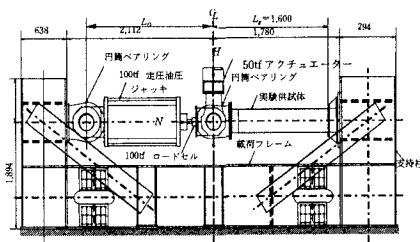


図-2 載荷装置の概要（寸法単位：mm）

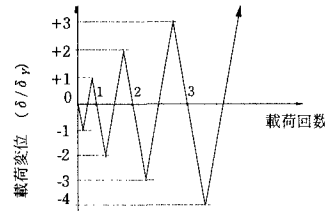


図-3 漸増繰返し水平変位の与え方

キーワード：既設鋼製橋脚、漸増繰返し水平変位載荷実験、耐震補強法、変形性能、終局強度

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

る全塑性軸方向力  $N_p$  のそれぞれ 11%、および 18% を載荷した。また、実験供試体 CER-5 では、作用水平荷重の変動により、作用軸方向圧縮力の変動を伴うラーメン橋脚柱を想定している。すなわち、全塑性軸方向力  $N_p$  の 11% の作用軸方向圧縮力の条件のもとで、終局強度に至らない荷重レベルまで一方向の漸増水平変位載荷実験を行い、その後  $N=0.30N_p$  の条件のもとで漸増繰返し水平変位載荷実験を行った。

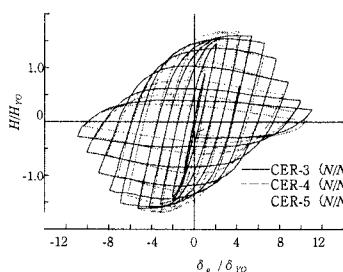


図-4 水平荷重-水平変位曲線

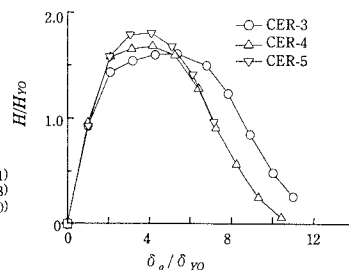


図-5 各実験供試体から得られた包絡線

表-2 各実験供試体の強度上昇率、および塑性率

実験供試体名	軸方向力比 $N/N_p$	強度上昇率	塑性率 $\mu_u$
CER-3	0.11	1.00	5.5
CER-4	0.18	1.05	4
CER-5	0.30	1.13	4

図-4には、これらの実験供試体頂部の水平荷重-水平変位曲線を示す。また、図-5には、終局水平荷重(各載荷サイクルのピーク荷重の最大値)、および塑性率  $\mu_u$  を比較するため、各載荷サイクルの正側、および負側の水平変位-水平荷重曲線のピーク時点の座標値の絶対値の平均値をプロットした包絡線を示す。これらの図の縦軸は、作用水平荷重  $H$  を各実験供試体の降伏水平荷重  $H_{Y0}$  で無次元化したものである。また、横軸は、頂部の水平変位を各実験供試体の降伏水平変位  $\delta_{Y0}$  で無次元化したものである。なお、 $\delta_{Y0}$  は、実験供試体の基部が弾性支持されていることによる剛体変形を取り除いた降伏水平変位である。そして、表-2には、これらの図から得られた実験供試体 CER-3 の終局水平荷重に対する強度上昇率、および塑性率を比較してまとめている。ただし、実験供試体 CER-5 に関しては、上述のように、軸方向圧縮力が変動するラーメン橋脚の柱部材を想定しているため、他の2つ実験供試体(CER-3、および CER-4)と載荷方法が若干異なっている。しかしながら、図-4、図-5、および表-2によると、軸方向力比が大きければ、終局水平荷重が上昇し、また少ない繰返し回数で終局水平荷重に達する傾向があることがわかる。すなわち、軸方向力比の増加は、終局水平荷重の上昇と、塑性率の低下とつながることがわかる。しかし、軸方向力比が 0.18 と 0.30 とでは、塑性率に有意な差異が見られない。なお、軸方向力比 0.11 の実験供試体 CER-3 と軸方向力比が 0.30 の実験供試体 CER-5 との終局水平荷重における差異は、約 13% である。

また、実験終了後の崩壊状況を調べてみると、軸方向力比が大きいと、補剛板全体にわたって著しい局部座屈波形が発生していた。また、ダイアフラム直上の隙間部分においては、補強縦補剛材の無補強区間で著しい横ねじり座屈変形を生じていることが確認できた。

#### 4. まとめ

- i) 全塑性軸方向力に対する軸方向圧縮力の比が大きくなるのに伴って、数少ない繰返し回数で終局水平荷重に到達し、さらに、水平降伏荷重  $H_{Y0}$  で無次元化した終局水平荷重は、大きくなる傾向が認められた。
- ii) 軸方向力の比が大きければ、補剛板パネルでは、補剛板全体にわたって著しい局部座屈波形が発生していた。

#### 参考文献

- 1) 阪神高速道路公団：既設鋼製橋脚の耐震補強設計要項(案)・同施行マニュアル(案)、平成9年。
- 2) 北田俊行・中井 博・加賀山泰一・松村政秀：既設鋼製橋脚における補剛板の耐震補強に関する研究、構造工学論文集、土木学会、Vol.45A, pp.215-226, 1999年3月。