

京都大学工学部 正員 ○渡辺英一

京都大学工学部 正員 丹羽義次

阪神高速道路公団 正員 北沢正彦

大阪ガス株式会社 正員 山内 徹

1. まえがき 我が国の都市高速道路には鋼製橋脚が多く用いられている。鋼製橋脚は通常薄肉の補剛板を用いて作られている。これが地震荷重を受けた場合、通常問題になるのは上部構造から伝達される軸方向圧縮力と地震による繰返し曲げモーメントの影響である¹⁾。その際には鋼製橋脚の挙動は圧縮フランジの座屈等の不安定性を含む複雑なものになり、その極限耐荷力や崩壊形式、さらには劣化特性の解明が望まれる。本研究ではマイクロコンピュータ制御の2軸サーボ試験システムを用い、鋼製橋脚をモデル化した鋼箱桁柱に一定軸力を作作用させながら上下方向に漸増たわみを与えて繰返し曲げモーメントを作作用させるという、基礎的な載荷実験を行った。²⁾ さらに、供試体の断面のパラメータを変化させ、鋼製橋脚の耐震性・劣化特性についての考察を行ってみた。

2. 実験方法 載荷装置は図-1に示すような2軸サーボ試験システムであり、水平方向アクチュエータによる一定軸力と鉛直方向アクチュエータからの2点載荷による繰返し曲げモーメントが発生する。供試体はこの図の⑥の純曲げ区間に図-2に示す、A, B, Cの3つのタイプの断面を持ったものが挿入され接合される。ただし、材質はすべてSS41材である。これらのタイプの断面の唯一の相違点はフランジの補剛材の有無であり、Aは無補剛、Bは $\gamma/\gamma^*=1$ 、Cは $\gamma/\gamma^*=3$ である。ここに γ は補剛材剛比、 γ^* はDIN4114に示される基準剛度である。繰返し曲げは一定の率で供試体のたわみが漸増するように作作用させられた。

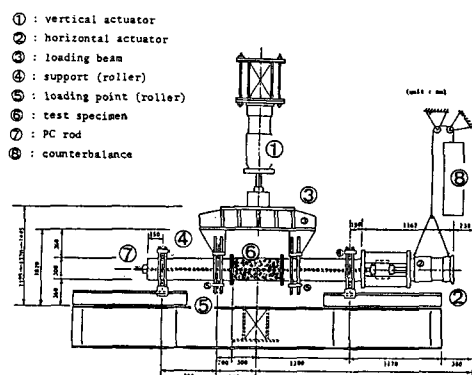
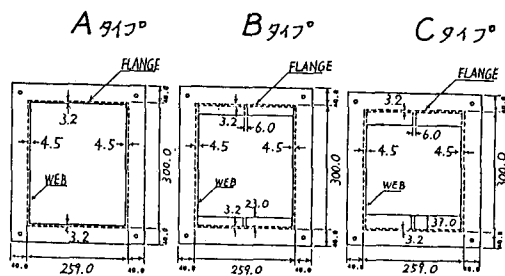


図-1. 載荷装置

3. 実験結果と考察 各載荷サイクルにおける作用モーメントの最大値を全塑性相関曲線内にプロットしたのが図-3である。無補剛のAタイプ供試体では桁柱の耐荷力がフランジの局所的な弾性座屈に支配され、最大耐荷力は弾性限界内にある。これに対し、補剛されたBタイプは弾性限界を越えてもモーメントが上昇し、最大耐荷力は弾性限界と全塑性相関曲線の間にある。これはBタイプの一般化幅厚比が0.7と小さく、圧縮フランジの局部座屈が目立たないためである。

モーメント-曲率関係の履歴曲線を図-4に示すが、このモーメントはロードセルの読みを用いて算定されている。一方、同様の履歴曲線を計測ひずみの値を用いて作成したのが図-5であり、これらの図は本質的には図-4のものに一致する。ただし、細い実線はフランジの、細い点線はウェブの、そし



$$R = 1.4 \quad R = 0.7 \quad R = 0.7$$

$$\left(R = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_f}{E} \frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2 k}} \right)$$

図-2. 供試体の断面 (単位 mm)

て太い実線は断面全体のたわみ曲げモーメントを表している。
Aタイプの場合、最大モーメントも小さく、最大モーメントを過ぎれば耐力低下が著しくなる。これに対し、Cタイプでは最大モーメントも大きく、最大モーメントに対応する曲率も大きいので変形能がより優れているといえよう。また、無軸力の下で繰り返し曲げ試験を行ってみると、各载荷サイクルでの最大耐力はある包絡線上に並ぶのに反し、軸力下ではこのような包絡線は認められず、サイクルを追う毎に、より小さな曲率で最大耐力を迎えるようになることがわかった。

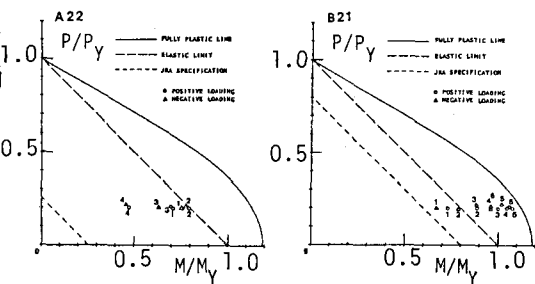


図-3. 軸力と曲げモーメントの相関図

繰り返し圧縮・引張を受けるフランジ部の典型的な面外たわみ波形を図-6に示すが、無補剛のAタイプの場合、長さ方向に3半波長、横方向に1半波長の面外たわみ崩壊モードが卓越する。補剛されたCタイプの場合、大きな補剛材剛度を有するにも拘わらず、補剛材が板とともにたわむモードが大きくでる。しかし、局部的に見れば、補剛材を節とする、長さ方向に6~7半波長のモードが出ている。

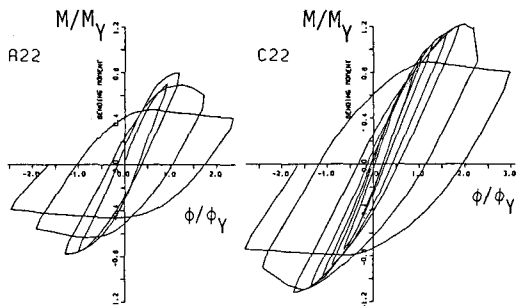


図-4. モーメント-曲率図 (load cellの値より)

4. むすび 一定軸方向圧縮力と繰り返し曲げを受ける鋼箱桁柱はつぎのように崩壊する：まず、圧縮フランジに弾塑性座屈が発生し圧縮フランジの面外たわみが増大する。しかし、耐力力はウェブによって維持された形で更に上昇する。ウェブにはフランジの面外変形と連成した面外変位が生じ次第にあるいは急速に崩壊へと進む。また、フランジとウェブの溶接線に沿って亀裂が生じる場合には即時に崩壊する。鋼製橋脚の耐震設計を考えると、圧縮フランジの一般化幅厚比を適切に小さく、そしてその補剛材の剛度を適切に大きく（例えば、 $\gamma/\gamma^* \sim 3$ ）とれば、軸方向圧縮力による耐力力の低下や最大の耐力力を過ぎた後の载荷サイクルにおける耐力力の低下を小さく抑えることができ、靱性を向上させることができよう。

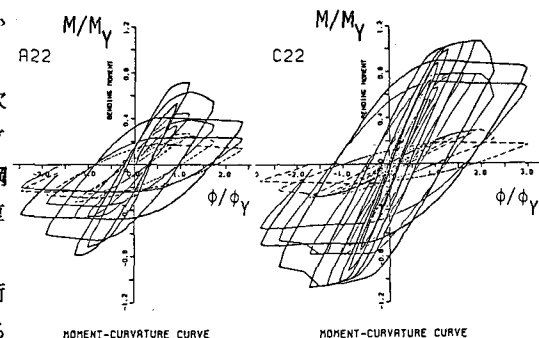


図-5. モーメント-曲率図 (ひずみ計測値より)

5. 参考文献

- 1) 中井・河合・吉川・北田・酒造：鋼製ラーメン橋脚の実績調査（上）、橋梁と基礎、No. 6、pp. 35~40、1982。
- 2) Niwa, Y., E. Watanabe and H. Isami: Automated Structural testing using microcomputer system. Proc JSCE No. 332, pp. 145~158, 1983。

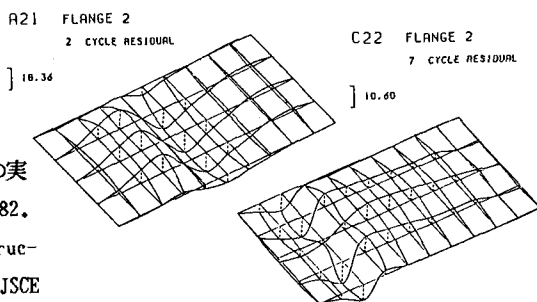


図-6. フランジの面外たわみ波形図