

I - 24 隅角部を曲面とした箱形断面鋼製橋脚の繰返し载荷特性について

愛媛大学工学部 正 員 大賀 水田生
愛媛大学大学院 学生員 竹村 慎一郎
川田建設(株) 正 員 今村 寛
愛媛大学大学院 学生員 ○新 大輔

1.はじめに

箱形断面鋼製橋脚の隅角部を曲面とすることにより、橋脚の耐力力が上昇し、変形性能に優れた構造となることが明らかになっている。しかし、今日まで行われてきた研究は個々の断面形状を対象としたものが多く、隅角部の曲面が部材の非線形挙動や耐力力に及ぼす影響を詳細に検討した研究はあまり行われていない。そこで、本研究では FEM 耐力力解析を行うことにより隅角部の曲面の大きさが橋脚の非線形挙動に及ぼす影響を検討した。なお、図-1 に示すようなモデル($E=205.8\text{GPa}$, ポアソン比 $\mu=0.3$, 降伏応力 $\sigma_y=450.8\text{MPa}$, $h=b=210\text{cm}$, $t=t_s=3\text{cm}$, $b_s=23.5\text{cm}$, $r/b=0.0, 0.1, 0.2, 0.3$, $L=580\text{cm}$)を用いた。また、境界条件については橋脚基部を固定端とし、上端部を自由とした。

2.FEM 耐力力解析

本研究での FEM 耐力力解析では、9 節点を有するアイソパラメトリック退化シェル要素を用い、かつ、幾何学および材料学的非線形性を考慮している。材料は von Miss の降伏条件に従う。また、応力-ひずみ関係として、ひずみ硬化の影響を考慮した二次勾配 $E/100$ のバイリニア型を採用する。

3.载荷方法

解析において、载荷方法として荷重増分法および強制変位法を用いる。

上部構造重量を想定した荷重を軸方向に軸方向荷重 N を载荷後、地震動を想定した水平荷重 H を橋脚上端部に繰返し载荷した。軸力 N については全断面降伏荷重を N_y とし、 $N/N_y=0.0, 0.1, 0.15, 0.2, 0.3$ となるように载荷した。また、強制変位法により得られる各節点の節点力の和は、水平荷重と等しくなるようにした。

4.解析結果

図-3 に無補剛橋脚に関する繰返し载荷により得られた履歴曲線の包絡線を示している。なお、この図の縦軸には水平荷重 H を初降伏水平荷重 H_{y0} で除した値を、横軸には橋脚上端部での変位 δ を初降伏水平変位 δ_{y0} で除したものでとっている。なお、初降伏水平荷重とは、軸力がかかってない状態で橋脚基部に初めて降伏が生じる時の水平荷重で、初降伏水平荷重とは、初降伏水平荷重に対応する変位である。図-5 には無補剛橋脚および補剛橋脚の最大耐力力状態での橋脚基部の変形図を示している。また、図-6 には、最大耐力力状態での応力分布図を示している。

図-3 より明らかなように、曲率比 $r/b=0.2, 0.3$ においては最大耐力力が箱形断面 ($r/b=0.0$)と比較して大きくなっている。一方、曲率比 $r/b=0.1$ においては、箱形断面と比較してほとんど変わらない。これは、図-5 に見られるように箱形断面および曲率比 $r/b=0.1$ においては、橋脚基部における変形量が大きくなり、したがって、図-6 に示すように、応力が橋脚基部の隅角部およびフランジの一部に集中するためである。それに対し

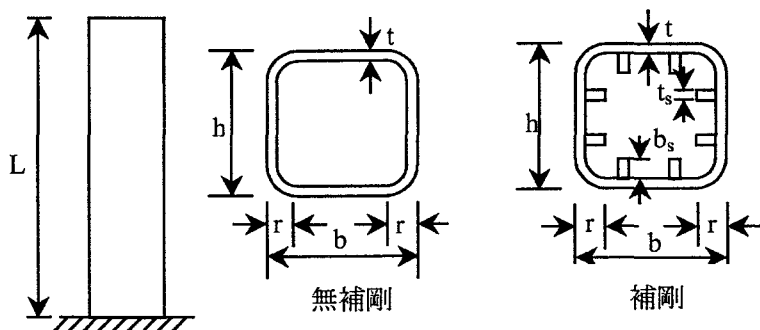


図-1 解析モデル

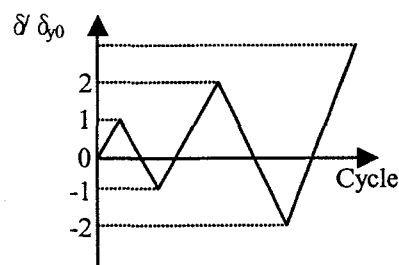


図-2 载荷サイクル

て、曲率比 $r/b=0.2, 0.3$ においては、変形量がより小さくなり、橋脚基部に生じる応力をフランジ全体で受け持っている。以上の原因により最大耐力力に差が見られるものと考えられる。

最大耐力力以降の挙動については、箱形断面および曲率比 $r/b=0.1$ においては橋脚の強度、強度の低下はほぼ同じである。しかし、曲率比 $r/b=0.2, 0.3$ においては最大耐力力以降の強度は箱形断面と比較して大きくなっている。また、最大耐力力以降の強度の低下も緩やかになっている。

図-4 に補剛橋脚における包絡線を示す。図-6 より明らかなように、橋脚基部中央の補剛材間に局部座屈が発生したときに最大耐力力を示す。これにより、箱形断面の場合、最大耐力力は局部座屈強度に依存していると考えられる。曲率比 $r/b=0.1$ においても箱形断面と同様の傾向を示す。また、曲率比 $r/b=0.2, 0.3$ においては、橋脚基部中央の補剛材間に局部座屈が発生したあとも強度は増加を続け、フランジおよびウェブに座屈が進行した状態で最大耐力力を示している。また、補剛橋脚においては、曲面の大きさによる最大耐力力の差が無補剛橋脚と比較して小さくなっている。これは、補剛材を導入したことにより、橋脚の局部座屈強度が上昇したためだと考えられる。

5. 結論

本研究を行った結果、無補剛橋脚では曲率比 $r/b=0.1$ において最大耐力力および最大耐力力以降の強度は箱型断面と比較してあまり差はなかった。しかし、曲率比 $r/b=0.2, 0.3$ においては、最大耐力力は箱型断面と比較して大きく上昇することが明らかとなった。強度の低下が緩やかになっている。また、補剛橋脚においても無補剛橋脚と同様な結果が得られたが、補剛材の効果により無補剛橋脚ほど曲率比による最大耐力力の差は見られなかった。以上の結果より、隅角部を曲面とすることで橋脚の最大耐力力および最大耐力力以降の挙動を改善させるためには、補剛橋脚、無補剛橋脚ともに曲率比 $r/b=0.2$ 程度の曲面が必要であることが明らかとなった。

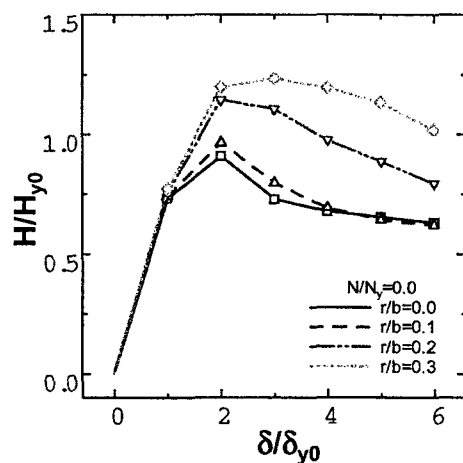


図-3 包絡線(無補剛)

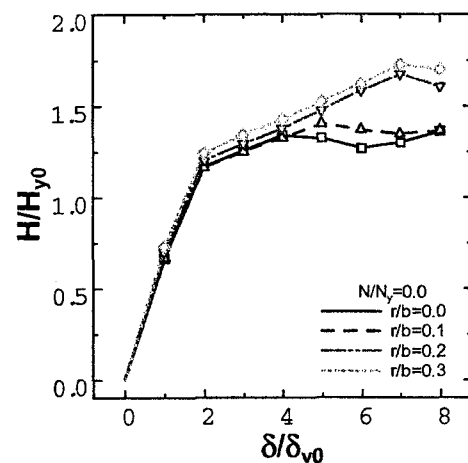


図-4 包絡線(補剛)

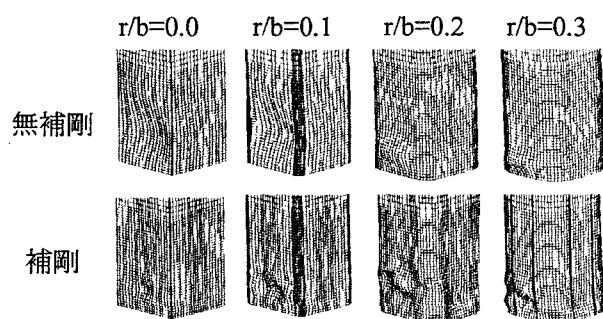


図-5 最大耐力力状態での変形図

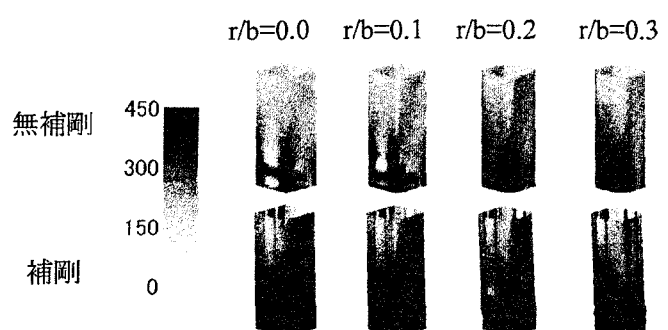


図-6 最大耐力力状態での応力分布図