隅角部を曲面とした箱形断面鋼製橋脚の非線形挙動について

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

1.はじめに

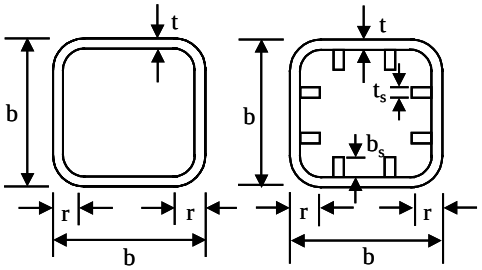
箱形断面鋼製橋脚の隅角部を曲面とすることにより，部材の耐荷力が上昇し，変形性能に優れた構造となることが明らかになっている [1),2)]．しかしながら，今日まで行われてきた研究は個々の断面形状を対象としたものが多く，隅角部の曲面の大きさが部材の耐荷力や非線形挙動に及ぼす影響を詳細に検討した研究はあまり行われていない．そこで，本研究では繰り返し水平荷重を受ける場合において，隅角部を曲面とした箱形断面鋼製橋脚の曲面の大きさが部材の耐荷力及び変形性能に及ぼす影響について，FEM 耐荷力解析を行なうことによって考察するとともに，隅角部の曲面の有用性について検討する．

2.FEM 耐荷力解析

本研究での FEM 耐荷力解析では，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ており，解析では幾何学的及び材料学的非線形性（von-Mises の降伏条件）を考慮している．なお，非線形計算は荷重増分法を用いているが，各荷重増分段階における載荷方法としては，部材の端部に一定の変位を与える強制変位法を用いている．

3.解析概要

本研究では，図－1 に示すような隅角部を曲面とした無補剛橋脚及び補剛橋脚についての解析を行った．解析モデルの諸元を表－1 に示す．鋼材の応力－ひずみ関係は，ひずみ硬化の影響を考慮して二次勾配 E/100 のバイリニア型とした．また，解析対象は断面の対称性を考慮して 1/2 断面とし，境界条件は橋脚基部を固定支持，上端部を自由としている．荷重は，橋脚頭部に上部構造重量を想定した軸方向荷重を載荷した後，水平荷重を強制変位により作用させた．繰り返し載荷は，橋脚を片持ち梁と考え軸方向荷重を考慮しない状態で橋脚の基部に初めて降伏が生じる時の水平荷重 H_{y0}（初降伏水平荷重）に対する載荷点での水平変位 δ_{y0}（初降伏水平変位）を基準とし，図－2 に示すように水平変位を漸増させた．



(a)無補剛橋脚　(b)補剛橋脚

図－1　解析モデル

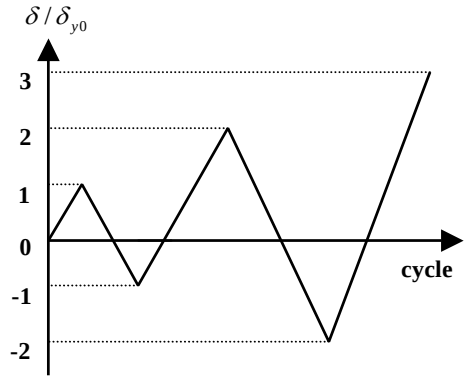
表－1　解析モデルの諸元

	無補剛橋脚	補剛橋脚
断面幅 b	210 (cm)	
高さ L	580 (cm)	
板厚 t	3 (cm)	
補剛材高さ b_s		23.5 (cm)
補剛材厚 t_s		3 (cm)
曲率比 r/b	0.0,0.1,0.2,0.3	
軸力比 N/N_y	0.0,0.1,0.15,0.2	0.0,0.1,0.2,0.3
ヤング係数 E	205.8 (GPa)	
ポアソン比 μ	0.3	
降伏応力 σ_y	450.8 (MPa)	

4.解析結果

図－3 に無補剛橋脚（軸力比 N/N_y=0.1）における包絡線を示している．なお，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，横軸には水平変位 δ を初降伏水平変位 δ_{y0} 除した値を示している．図－4 には，最大耐荷力時の応力分布図を示している．

図－3 より明らかなように，無補剛橋脚においては，隅角部の曲面が小さい場合（r/b=0.1），箱形断面（r/b=0.0）と比較して最大耐荷力にほとんど変化は見られないが，曲面が大きくなると（r/b=0.2,0.3）最大耐荷力が大きく増加する傾向を示している．これは，図－4 より明らかなように，箱形断面及び曲率比 r/b=0.1 の場合においては，最大耐荷



図－2　載荷パターン

キーワード　：　隅角部の曲面，耐荷力，非線形挙動，繰り返し載荷
連絡先　：　〒790－8577　愛媛県松山市文京町 3 愛媛大学工学部 環境建設工学科　TEL089－927－9816

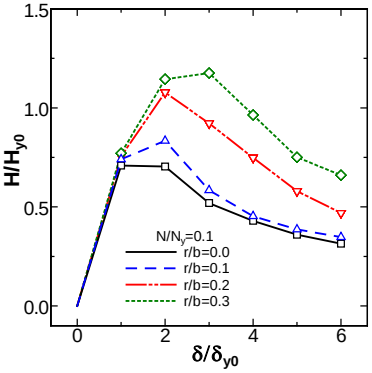
力時に橋脚基部のフランジに大きな局部座屈が発生し，隅角部及びフランジの一部に応力集中が生じている．このため，フランジ全体で荷重を受け持つことができないために最大耐荷力が上昇しなかったものと考えられる．一方で，曲率比 r/b=0.2,0.3 の場合においては，大きな局部座屈は発生せず応力集中が生じていないためにフランジ全体で荷重を受け持てている．このため，最大耐荷力が大きく上昇したものと考えられる．

図－5 は，補剛橋脚（軸力比 N/N_y=0.1）での包絡線を示している．図－5 より明らかなように，補剛橋脚においても無補剛橋脚同様，隅角部の曲面が小さい場合（r/b=0.1），箱形断面（r/b=0.0）と比較して最大耐荷力にほとんど変化は見られないが，曲面が大きくなると（r/b=0.2,0.3）最大耐荷力が増加する傾向を示している．しかしながら，曲面が大きくなっても無補剛橋脚程の増加は見られなかった．

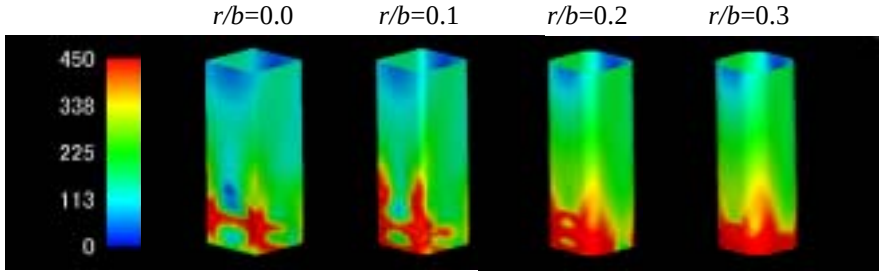
図－6 は，無補剛橋脚におけるエネルギー吸収量曲線を示している．縦軸には各 cycle のエネルギー吸収量 ΔW を弾性エネルギー吸収量 W_{y0}（$=H_{y0}\delta_{y0}/2$）で除した値を，横軸には cycle 数を示している．図－6 と図－3 の包絡線を比較すると，いずれの曲率比においても最大耐荷力以降エネルギー吸収量の増加が見られる．しかしながら，増加の程度は曲率比によって異なっており，曲率比 r/b=0.2,0.3 と大きな曲面を挿入すると箱形断面と比較してエネルギー吸収量が大きく増加し，変形性能が大きく改善できることが明らかとなった．また，図－7 に示す補剛橋脚でのエネルギー吸収量においても無補剛橋脚と同様の傾向を示しているが，耐荷力の場合と同様に大きな曲面を挿入しても無補剛橋脚のような大きな増加は見られなかった．

5.結論

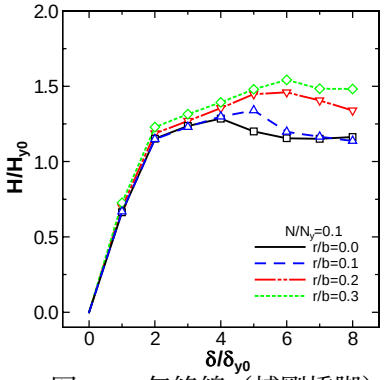
本研究では，繰り返し載荷を受ける箱形断面鋼製橋脚の隅角部の曲面の大きさが部材の耐荷力及び変形性能に及ぼす影響について検討を行なった．その結果，無補剛橋脚においては曲率比 r/b=0.2 程度の曲面を設けた場合に耐荷力，変形性能ともに大きく改善できることが明らかとなった．一方，補剛橋脚においても隅角部に曲面を挿入することにより耐荷力，変形性能に改善は見られるが，その効果は無補剛橋脚に比較して小さくなっている．



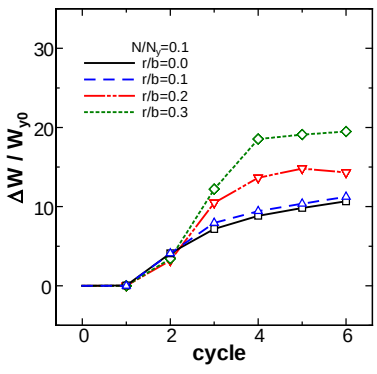
図－3　包絡線（無補剛橋脚）



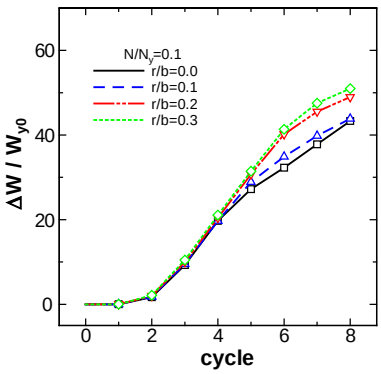
図－4　応力分布図（無補剛橋脚）



図－5　包絡線（補剛橋脚）



図－6　エネルギー吸収量曲線（無補剛橋脚）



図－7　エネルギー吸収量曲線（補剛橋脚）

参考文献

1)　北田俊行・中井博・徳林宗孝・坂口三代治・川副孝行：コンクリートを充填し，コーナー部に曲率を設けた鋼製橋脚中の耐荷力と変形性能とに関する実験的研究，構造工学論文集，Vol.46A，pp.51-60，2000 年 3 月．

2)　日本道路協会：道路橋示方書・同解説，Ⅴ.耐震設計編，2002 年 3 月．