

I-7 隅角部を曲面とした箱形断面鋼製橋脚の耐震性能に関する研究

愛媛大学工学部	正 員	大賀 水田生
北川鉄工所(株)	学生員	竹村 慎一郎
松山市役所	学生員	新 大輔
愛媛大学大学院	学生員	○相原 弘和

1. はじめに

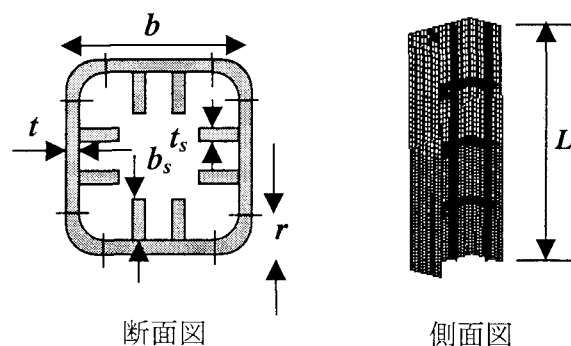
1995年に発生した阪神淡路大震災により、それまでじん性に富み大地震に強い構造物であると考えられていた鋼製橋脚においても隅角部の角割れ等の脆性的な破壊が見られた¹⁾。これを機に道路橋示方書が二度にわたり改訂された²⁾。そのなかに、脆性的な破壊を防ぐための構造形式の一つとして隅角部を曲面とした橋脚(以下 R 付き橋脚)が挙げられている。隅角部を曲面とした橋脚は箱形断面橋脚と比較して耐震性能が優れていることはこれまでの研究で明らかとなっているが、それらの研究は個々の断面形状についての研究がほとんどであり、曲面の大きさが橋脚の耐震性能に及ぼす影響について系統的に取り扱った研究はあまりなされていないのが現状である³⁾。そこで本研究では R 付き橋脚の耐震性能を評価するために、曲面の大きさをパラメータとし FEM 耐荷力解析を行い、曲面の大きさが R 付き橋脚の非線形挙動、極限強度、エネルギー吸収量に及ぼす影響について検討を行った。解析に用いた鋼材は溶接構造用鋼材 SM580(ヤング係数 $E=250.8\text{GPa}$, ポアソン比 $\mu=0.3$, 降伏応力 $\sigma_y=450.8\text{MPa}$)とした。境界条件については橋脚基部を固定端とし、上端部を自由端としている。

2. FEM 耐荷力解析

本研究で用いた 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耐荷シェル要素を用い、幾何学的非線形性、材料学的非線形性を考慮している。材料の降伏条件は von Mises の降伏条件に従うものとする。また、材料の応力 - ひずみ関係として、ひずみ効果の影響を考慮した二次勾配 $E/100$ のバイリニア型としている。

3. 解析結果

本研究では、まず R 付き橋脚の力学的な挙動を把握するために、無補剛、補剛 R 付き橋脚において幅厚比パラメータを種々変化させて曲面の大きさの影響について検討を行い、その後、実際の橋脚の挙動を把握するために、設計基準の範囲内で 4 種類の橋脚高さを設け曲面の大きさの影響についての検討を行っている。解析モデルは図 - 1 に示している。また、荷重方法については、上部構造重量を考慮した一定軸力 N を荷重した後、上部構造の慣性力により生じる水平荷重を強制変位法により図 - 2 に示す荷重パターンで繰り返し荷重させている。なお軸力 N は、全断面降伏軸力($\sigma_y \times$ 断面積)の 15%としている。また水平荷重については、各節点の節点力の和としている。ここでは、幅厚比パラメータを変化させた場合については結論のみとし、図 - 1 の解析モデルの中で、 $t=43\text{mm}$, $b_s=209.88\text{mm}$, $t_s=31.8\text{mm}$, $L=10290\text{mm}$ の橋脚についての解析結果の



$b=2100\text{mm}$
$t=43.0, 21.5, 14.4, 10.8\text{mm}$
$b_s=209.88, 122.76, 90.42, 72.60\text{mm}$
$t_s=31.8, 18.6, 13.7, 11.0\text{mm}$
$L=5880, 7350, 8820, 10290\text{mm}$

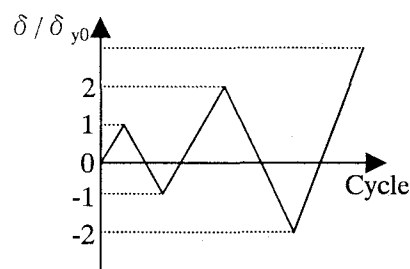


図 - 2 荷重パターン

みを述べる。

図 - 3 には曲率比ごとの包絡線を示している。なお、包絡線とは解析で得られた履歴曲線のサイクルごとの頂点をプロットし、線で連ねたものである。グラフの縦軸には橋脚の水平荷重 H を初降伏水平荷重 H_y で除したものを、横軸には変位 δ を初降伏水平変位 δ_y で除したものをっている。図 - 4 には曲率比ごとの極限強度時の応力分布図を示している。図 - 5 には、曲率比ごとのエネルギー吸収量を示している。グラフの縦軸には橋脚のエネルギー吸収量 ΔW を弾性エネルギー吸収量 W_y で除したものを、横軸はサイクルとなっている。なお、橋脚のエネルギー吸収量 ΔW は、履歴曲線の 1 サイクル分の荷重変位曲線で囲まれた面積としている。

非線形挙動及び極限強度については、図 - 3 に示すように、箱形断面橋脚は 5 サイクル目で極限強度に達している。曲率比 $r/b=0.1$ においても箱形断面橋脚と同様に 5 サイクル目で極限強度に達していて、極限強度も箱形断面橋脚と比較して同程度である。一方、曲率比 $r/b=0.2, 0.3$ の橋脚では、箱形断面橋脚とは異なり、6 サイクル目で極限強度に達していて、極限強度も箱形断面橋脚と比較して上昇しており、この傾向は曲率比が大きくなるほど顕著に現れている。また、図 - 4 に示すように、それぞれの曲率比で極限強度時の応力状態を比較してみると、箱形断面橋脚及び曲率比 $r/b=0.1$ の橋脚では断面隅角部の応力集中が見られる。一方、曲率比 $r/b=0.2, 0.3$ の橋脚では、隅角部の応力集中があまり見られず、橋脚基部全体で応力を受け持っていることがわかる。エネルギー吸収量については、図 - 5 に示すように、箱形断面橋脚が極限強度に達する 5 サイクルまではエネルギー吸収量に差は見られない。しかしその後は、曲率比 $r/b=0.1$ の橋脚では箱形断面橋脚と比較してエネルギー吸収量にあまり差は見られないが、曲率比 $r/b=0.2, 0.3$ の橋脚では箱形断面橋脚と比較してエネルギー吸収量は上昇しており、この傾向は曲率比が大きくなるほど顕著に現れている。

4. 結論

本研究で得られた結果は以下の通りである。

- ・ 曲率比 $r/b=0.1$ の橋脚では、箱形断面橋脚と比較しても耐震性能の向上は見込めない。これは幅厚比パラメータ、橋脚高さを変化させても変化は見られなかった。
- ・ 曲率比 $r/b=0.2, 0.3$ の橋脚では、箱形断面橋脚と比較して耐震性能は向上することが明らかとなった。またその傾向は、幅厚比パラメータが大きくなるほど、また曲率比が大きくなるほど顕著に現れていた。
- ・ また、橋脚高さを変化させても、曲率比 $r/b=0.2, 0.3$ の橋脚では一定以上の耐震性能の向上が得られた。

5. 参考文献

- (1) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会：阪神・淡路大震災調査報告・土木構造物の被害，土木学会・地盤学会・日本建築学会・日本地震学会，2002 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，丸善，2002 年 3 月。
- (3) 奈良敬・村上茂之・伊藤安男：隅角部に丸みをもつ鋼管断面の極限曲げ強度特性と評価法，鋼構造年次論文報告集，第 8 巻，日本鋼構造協会，pp17-24，2000 年 11 月。

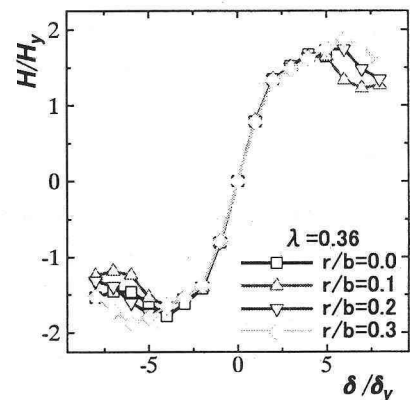


図 - 3 包絡線

$r/b=0.0$ $r/b=0.1$ $r/b=0.2$ $r/b=0.3$

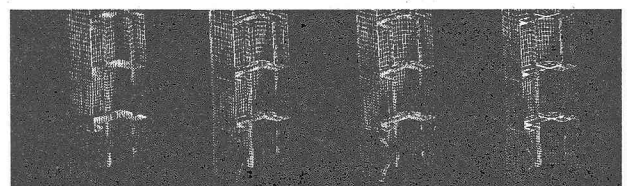


図 - 4 応力分布図

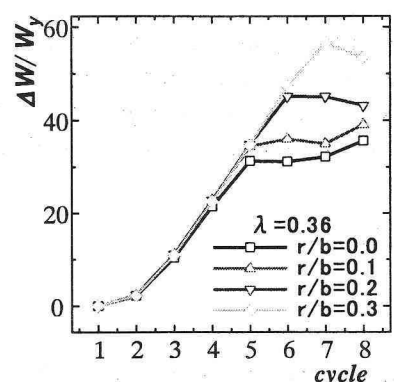


図 - 5 エネルギー吸収量