

## 中路式鋼アーチ橋の地震時応答解析と耐震性向上策

九州大学大学院 学生会員 飯星智博 フェロー 大塚久哲 正会員 矢倉 亘  
(株)構造技術センター 正会員 大江 豊

### 1. まえがき

1995年の阪神大震災における橋梁被害を教訓として、今後中径間以上の橋梁の耐震補強を真剣に考えて行く必要がある。ここでは、既設の中路式鋼アーチ橋についての地震時挙動を明らかにし、さらにその橋梁について耐震補強策を考え、耐震性能の向上を試みた。

### 2. 解析モデル

図-1は中路式鋼アーチ橋の解析モデルである。アーチリブは2ヒンジャーチ、補剛桁は一端がピン(図-1左側)、片方がローラー支承である。補剛桁はI型断面(アーチリブの結合部では箱型断面)、アーチリブは箱型断面である。補剛桁とアーチリブは非線形はり要素、横繋ぎ材、横桁と鉛直材を線形はり要素、その他は線形トラス要素とした。この橋梁の基礎は、直接基礎であるので地盤バネは考慮していない。

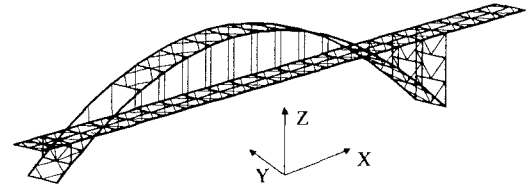
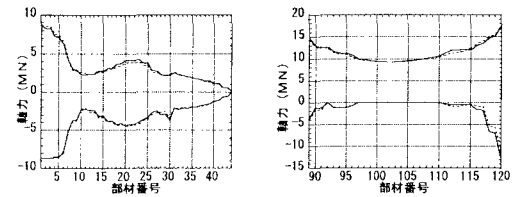
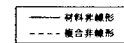
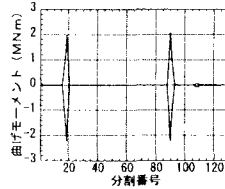


図-1 解析モデル

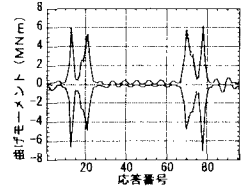


(a) 補剛桁の最大軸力応答

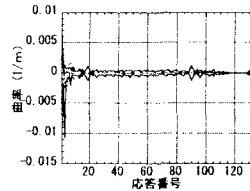
(b) アーチリブの最大軸力応答



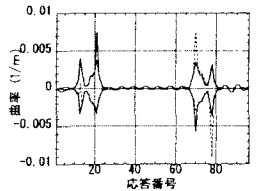
(c) 補剛桁の面外曲げ応答



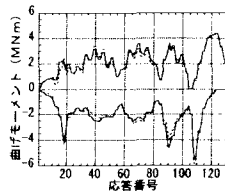
(d) アーチリブの面外曲げ応答



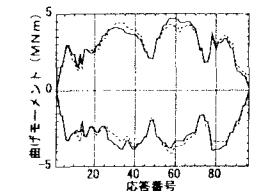
(e) 補剛桁の面外曲率応答



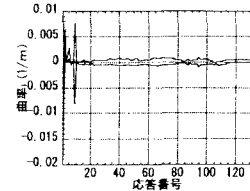
(f) アーチリブの面外曲率応答



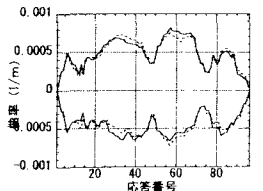
(g) 補剛桁の面内曲げ応答



(h) アーチリブの面内曲げ応答



(i) 補剛桁の面内曲率応答



(j) アーチリブの面内曲率応答

図-2 鋼アーチ橋の最大断面力応答

表-1 対象橋梁の諸元

橋長	L0	199.0m
アーチ支間	L	160.0m
ライズ	f	30.0m
ライズ比	f/L	1/5.3
総幅員	B0	8.8m
有効幅員	B	6.5m

### 3. 地震時応答解析

骨格曲線は軸力変動を考慮した弾完全塑性とし、軸力変動におけるMN相関は線形相関とした。地震波には神戸海洋気象台で観測された3波を用いた。EW成分を橋軸方向、NS成分を橋軸直角方向、UD成分を鉛直方向から同時に入力した。解析手法は、ニューマークβ法(β=0.25)である。非線形動的解析では材料非線形のみを考慮した場合と材料非線形に加え幾何学的非線形性を考慮した複合非線形解析を行なった。(図-2)

### 4. 地震時応答に対する解析結果

補剛桁ではピン支承付近において大きな軸力が発生し、降伏軸力に至っている(図-2(a), 図-7)。また、MN相関を考慮しているためピン支承部では曲げモーメントの応答は小さいが、大きな塑性変形が生じていることが曲率応答(図-2(e))によって判る。補剛桁とアーチリブの結合部および結合部に近い横繋ぎ材がある位置で面外曲げによる塑性が発生している(図-2(f))。

幾何学的非線形性の影響については材料非線形のみの場合が大きかったり、複合非線形の場合の方が大きかったりと、幾何学的非線形性を考慮することによって応答値が大きくなるとは限らない。しかし、曲率応

答から判るように塑性域に達した後の変形で幾何学的非線形性が大きな影響を及ぼしている。

### 5. 耐震性向上策について

耐震性向上策として、塑性部材を補強する方法と橋梁の免震化をはかる方法がある。ここでは後者の方法によって既存橋梁の耐震性向上をはかる。

- case1:従来のモデル
- case2:4支承積層ゴムモデル
- case3:2支承積層ゴムモデル

Case-2は図-5(a)に示すように補剛桁のピンローラー支承を積層ゴムに、Case-3はピン支承のみを積層ゴムに変更した。積層ゴムの非線形特性はCase-2、Case-3ともに高減衰積層ゴム修正バイリニア型(低弾性KL301)を用いた。

### 6. 免震モデルの解析結果

図-7と図-8は免震モデルと従来のモデルの結果を比較したものである。図-7は桁端部(図-5(a)での1番の位置)の最大軸力応答値、図-8では補剛桁とアーチリブの接合部(図-5(b)の2番と3番の位置)の最大曲げモーメント応答と塑性率を示す。桁端部では免震化することで補剛桁の軸力が大幅に低減されていることが判る。結合部の曲げモーメント応答も応答値が低減され、結合部3の位置においては免震化することで塑性化が防げる結果となっており、結合部2では塑性に至ることは防げなかったが、従来のモデルでは塑性率が2.614であるのに対して、case2およびCase3では、塑性率はほぼ1に近い値となっている。

### 7. まとめ

鋼アーチ橋に地震時挙動について検討したところピン支承部で大きな軸力が発生しているため、軸力で降伏し、その部材で発生している曲げモーメントは小さいが、曲げ応答によっても降伏している。また、補剛桁とアーチリブの結合部で大きな応答が生じていることがわかった。

耐震性向上策として補剛桁の支承部をゴム支承に変更したモデルを耐震性について検討したところよい結果が得られた。ゴム支承に変更したことで桁端部の軸力が低減できた。また、結合部2では塑性化を防ぐことはできなかったが、塑性率の値から部材の損傷を最小限にとどめることができる。

Case-2、Case-3の免震モデルによって鋼アーチ橋の耐震性を向上させることができた。

### 謝辞

本解析は、社団法人鋼材倶楽部の平成12年度教育助成によるご支援を賜りました。ここに記して厚くお礼を申し上げます。

### <参考文献>

- 1) (株)構造計画研究所：RESP-T 理論マニュアル Ver3.1.1997

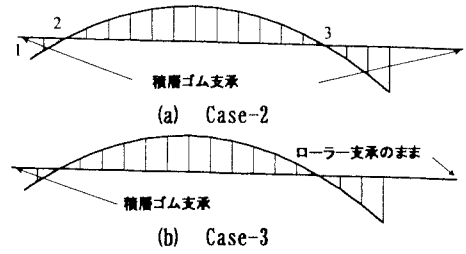


図-5 鋼アーチ橋の補強(免震)モデル

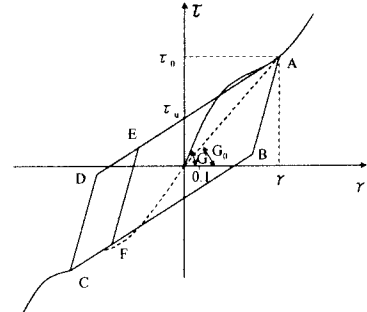


図-6 高減衰積層ゴム修正バイリニア型(1)

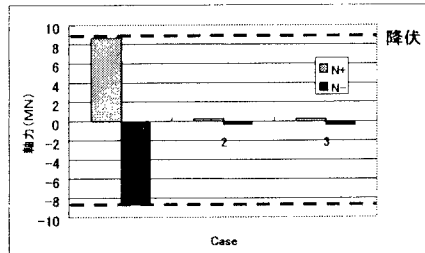
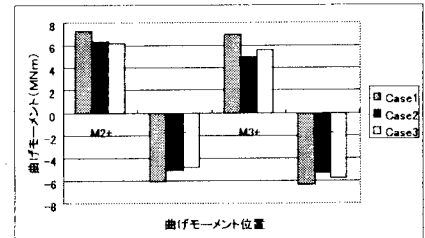
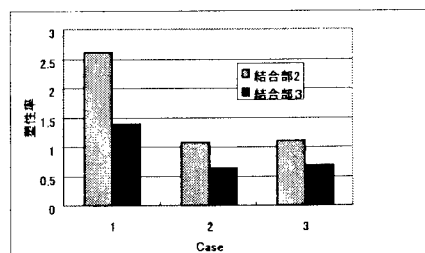


図-7 桁端部1の最大軸力の比較



(a) 結合部2と3の最大最小曲げモーメント応答



(b) 結合部2と3の塑性率

図-8 曲げモーメントの比較