

I - A329 鋼上路式アーチ橋の地震応答解析と部材設計に関する検討

住友重機械工業(株) 正会員 池田茂 正会員 藤本朗 正会員 宮川力
(有)エス・ユー・イー 正会員 鈴木成雄

1. はじめに

兵庫県南部地震後、単柱を対象にした橋脚に対する耐震性向上のためのさまざまな試験研究が実施され、門形ラーメンなどについてもいくらかの試験が行われてきている。これらの成果は今後の設計技術の上で貴重な資料となるものである。

ここでは、橋脚や床版を鉄筋コンクリートとした鋼上路式アーチ橋について、耐震性能を確保した設計法に興味を持ち、立体骨組構造モデルの地震応答解析を実施して、橋梁部材の試設計を行い、上路式アーチ橋の全体的な構造変形性能を検討した。

鋼上路式アーチ橋では、鉄筋コンクリート床版を有し、補剛桁と一体となっており、鉛直荷重について、これを支材と介してアーチリブが支える。耐震性能上特に考慮が必要なケースは、道路橋示方書のタイプⅠやタイプⅡなど保有耐力照査を行う上での橋軸直角方向地震である。

2. 立体骨組構造モデル

活荷重に対して補剛桁を合成桁として設計していないが、地震時保有水平耐力照査レベルでは、スタッドジベルを用いた合成桁とした。これは、道路橋示方書などで、コンクリートの強度区分が $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$ と $27\sim 35\text{N/mm}^2$ と異なることや、コンクリートの引張部が広範囲であることなどのためである。鋼部材は支材などは弾性部材として設計し、アーチリブのみ当初バイリニアモデルの弾塑性とした。しかし、設計の最終段階では、これらの鋼部材の許容応力度を降伏応力度に設定することとしたため、コンクリート部材以外は弾性部材となった。

ここで、アーチ部材は箱桁部材であり、鉛直荷重などによる断面力と地震荷重による横方向断面力の2軸曲げを受けることとなる。汎用プログラムを用いた骨組部材の非線形性能では、各軸間の関係が実験結果などと整合できる段階でないこと、強地震による横方向塑性変形により鉛直荷重に対する耐力低下が予想されることなどから、鋼部材の許容応力度を降伏とした。

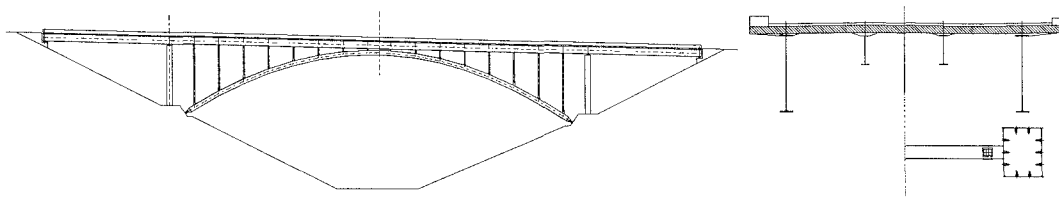


図-1 一般形状図

・床版、補剛桁のモデル化

図-1に示すような床版・補剛桁の横断面の横曲げに対しては、図-6に示す中央の部材剛性(側部の部材の断面積=0)で、鉛直曲げに対しては、側部の部材(補剛桁)の剛性で評価した。

・コンクリート橋脚および床版のモデル化

バイリニアモデルを道路橋示方書などの方法により計算し用いた。

3. 解析結果

図-2は最大変位時の変位を、図-3は床版・補剛桁部材の横方向最大曲げモーメントの分布を示す。図-4(a),(b)に橋脚部および支間中央の曲げモーメント-曲率($M-\phi$)の履歴を示す。また、図-5(a),(b)にアーチリブ支点部の軸力と曲げモーメントの時刻歴を示す。

4. 部材の設計

アーチリブなど鋼部材が降伏以下となることから、床版・補剛桁を一体とする断面はねじれモードなどの座屈を生じないと考え、ある程度の塑性域を許容できると考えた。ここで、アーチリブは局部座屈などに対して許容応力度を低減しないような剛性を有するものとして考える。図-6に降伏をこえる範囲を太線で表し、降伏耐力との比で断面力を示す。

アーチリブが負担する水平力は、リブ間を結ぶ横構を省略すれば、十分小さくすることも可能であるが、架設時を含めた全体的な剛性不足が考えられることから、省略しないとして試設計した。この場合、横構は従来の設計に比べ大きな力を負担することとなり、ガセット部に工夫が必要となる。また、アーチリブの反力は、片側に負反力を生ずるほどになり、耐震連結のような構造で対応する。

表-1は、震度法レベルとの各部位の比較を示す。

5. まとめ

アーチ橋のような全体構造の耐力や変形性能を実験で評価確認することは、規模的な制限から困難と考えられる。しかし、橋梁を単純な形式のみで適用することも現実的でないと思われる。ここでは、比較的長径間となる谷部に架かる上路式アーチ橋を想定して、地震応答解析により地震時保有耐力照査レベルの試設計を行った。

この結果、従来の震度法レベルの設計に対して、橋脚、床版に塑性域を考慮し、アーチリブなどにいくらかの補強を必要とするものの、実現可能な範囲であることがわかった。また、支承、耐震連結、伸縮装置などのデバイスも含めた最適性や、部分実験など今後の課題への興味も尽きない。

キーワード：非線形骨組解析、上路式アーチ橋、耐震設計

連絡先：〒141-8686 東京都品川区北品川 5-9-11 住友重機械工業(株) 鉄構機器事業本部技術部
TEL:03-5488-8170 FAX:03-5488-8147 E-mail:sgr_ikeda@shi.co.jp

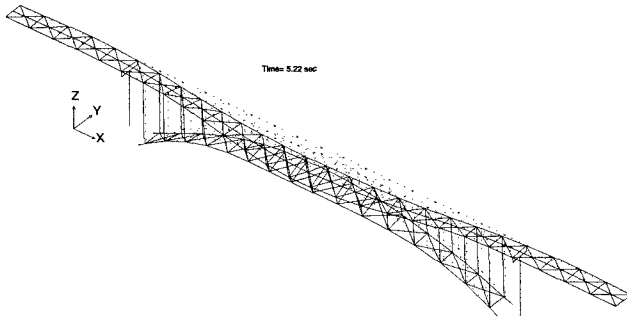


図-2 変形図(最大変位時)

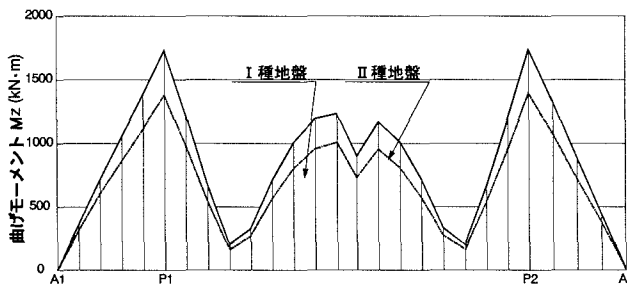


図-3 床版・補剛桁の最大曲げモーメント図

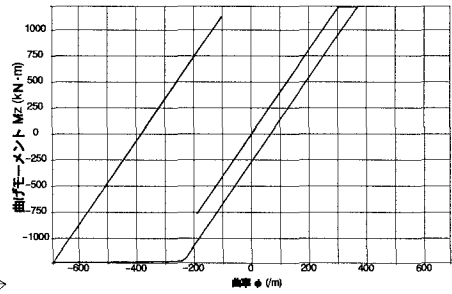


図-4(a) 床版・補剛桁(橋脚部)のM-φ履歴

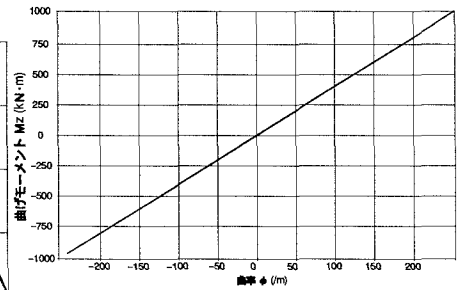


図-4(b) 床版・補剛桁(支間中央)のM-φ履歴

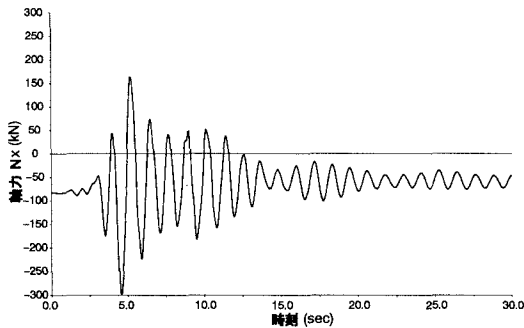


図-5(a) アーチリブ支点部の時刻歴応答軸力

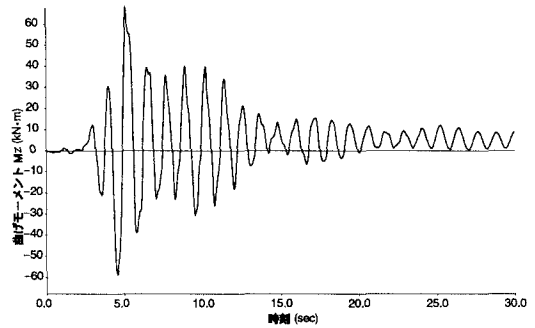


図-5(b) アーチリブ支点部の時刻歴応答曲げモーメント

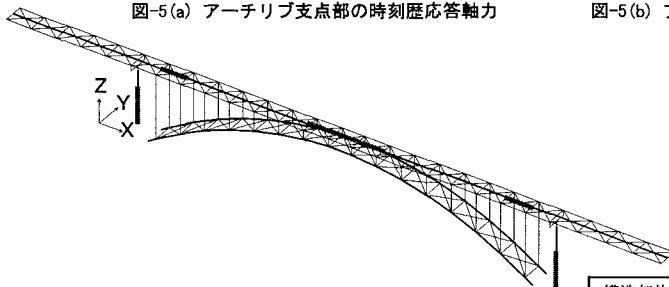


図-6 構造モデル図(太線: 塑性域)

【参考文献】

池田, 広兼, 奥, 石毛, 黒川: 鋼製門形ラーメン橋脚の部材変形性能の設定に関する1手法; 第53回土木学会年次学術講演会概要集 I-B105, 1998. 10

表-1 震度法と保有耐力照査の比較

構造部位	震度法と保有耐力照査での変更点
床版	スタッドジベルの採用 張出し部の補強 (配力筋の本数増加、材質アップ)
補剛桁	中央支間の材質: SM400 → SM490Y
アーチリブ	端部の断面アップ (t=16 → t=22) 中間部の断面アップ (t=14 → t=15)
アーチ横構	断面アップ (As=60~71 → 141~223)
アーチ横桁	断面アップ (As=98 → 114~194)
垂直材	上下端は塑性領域にはいるが、軸圧縮力に対しては安定を保つ。(変更無し)