

下路式アーチ橋の地震応答解析と部材設計に対する考察

住友重機械工業(株) 正会員 池田 茂 (株)横河ブリッジ 安藤 康人
(株)CRC総合研究所 正会員 泉 和伸 石川島播磨重工業(株) 田中 元章
日本鋼管(株) 中村 信秀

1 はじめに

兵庫県南部地震では、単柱橋脚に甚大な被害を受け、このような構造形式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、次いで門形ラーメンなどについても大規模な試験が行われてきている。これらの成果は今後の耐震設計技術の上で貴重な資料となるものである。

ここでは、床版を鉄筋コンクリートとした下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、震度法レベルの試設計を行い、立体骨組構造モデルの地震応答解析を実施して、全体的な構造の耐震性能を検討した。

下路式アーチ橋では、縦桁に支持された鉄筋コンクリート床版を有し、鉛直荷重を吊材を介してアーチリブが支える。また、地震荷重などの横荷重は床版や下横構の負担率が大きいと考えられる。これに道路橋示方書のタイプⅡやタイプⅢ地震のような強震時における耐震性能を動的応答解析により照査した。

2 立体骨組構造モデル

主構は常時荷重である死荷重およびB活荷重、下横構は設計震度を $K_h=0.30$ とした震度法レベルの地震荷重、上横構は風荷重により決定される断面を有する下路式ローゼ橋(図-1)を対象に立体骨組構造モデルを作成した(図-2)。

常時荷重に対して縦桁を合成桁として設計しないが、動的応答解析においては、床版と縦桁が一体の鉄筋コンクリート断面として挙動する部材とした。

これに必要なスタッドジベルは配置することとする。また、鋼部材のうちアーチリブ、補剛桁、吊材などを弾性部材として設定し、横構部材は圧縮側を座屈強度、引張側を降伏強度で設定する立体骨組構造モデルとした。支持条件は、強固な橋台上の支承を想定し、剛支点を主構の端部4カ所に設定した。

入力地震動は、タイプⅡ地震、地盤の3波について行い、本文では、そのうち最大となったタイプⅡ-3について結果を示す。

・床版・縦桁のモデル化

図-3に示すような床版・縦桁の鉄筋コンクリート断面の横方向の曲げに対して、 $M-\phi$ 関係を図-4に示す劣化トリリニア(武田)型の復元力特性を用いた。鉛直およびねじり変形に対する剛性は弾性部材として評価した。なお、要素分割は横桁間を9等分に細分した。

・上下横構のモデル化

横構は鋼材の降伏点から計算した引張強度と座屈より計算される圧縮強度で定義したバイリニアの応力-歪み関係を用い、移動硬化を考慮しない復元力特性とした。また、断面積を2倍した弾性部材としたケースについても解析を行い、比較検討した。

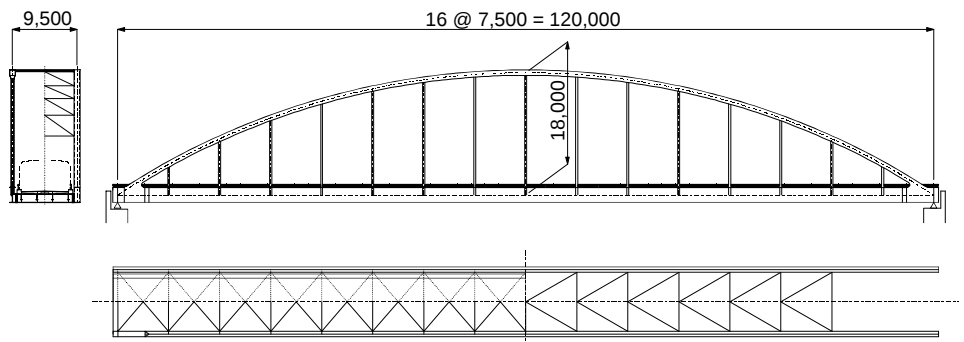


図-1 構造一般図

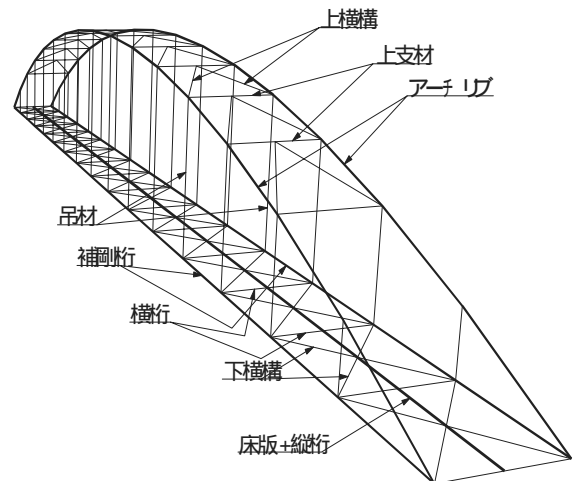


図-2 立体骨組構造モデル

3 解析結果

図-5に最大変位時の変形を、図-6に床版・縦桁部材の支間中央における横方向の曲げモーメント-曲率($M-\phi$)の履歴を示す。また、図-7に下横構の軸力の時刻歴を示す。

表-1には支間中央における床版・縦桁部材の横方向最大加速度、最大変位(水平変位、曲率)および補剛桁の最大応力度を横構を座屈・降伏させる場合と断面積を2倍にし完全弾性とした場合を比較して示す。

4 部材の設計

下路式アーチ橋では、橋脚の変形性能により上部工の受ける加速度を低減することを期待できないケースが多いと考えられる。主構の大きい塑性変形が発生した場合の補修法が容易にベントなどで支えられないことから、鉛直荷重を主に支える主構は、強地震時においても弾性範囲で設計されることが望ましいと考え構造モデルを設定した。

アーチリブでは、橋門構部で高い応力度が発生するが、通常程度の橋門構部材の補強により対処できた。これ以外のアーチリブや上横構についても風荷重に対する設計断面で十分であった。下横構は、床版・縦桁を一体とする鉄筋コンクリート断面の塑性化を可能とする範囲にあることが望ましく、降伏後の伸びに追従できるよう連結部などの局部的な強度が母材断面より低くならないよう設計されることが前提となる。

キーワード: 非線形骨組解析、下路式アーチ橋、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

5. まとめ

本文で扱ったアーチ橋は比較的中規模な構造であるが、耐力や変形性能を実験で評価確認することも規模的な制限から困難と考えられる。また、解析や結果の整理に多くの時間を要する。ここでは、構造モデルの塑性化部位を床版・縦桁を一体化した鉄筋コンクリート部材とした地震応答解析から震度法レベルの設計断面に対してほとんど補強のない範囲で十分であることがわかった。他方、ゴム支承などを用いた免震性による最適化なども考えられる耐震設計法にメニューができつつある。本研究は、(社)日本橋梁建設協会でのワーキングとして進めてきた成果の一部であり、関係者に感謝する。

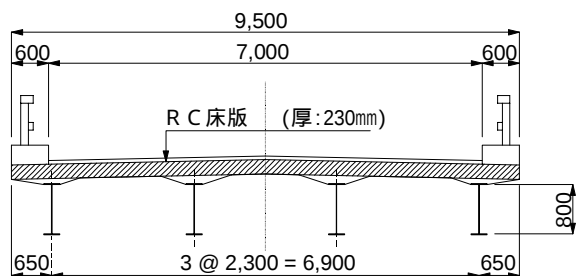


図-3 床版・縦桁断面

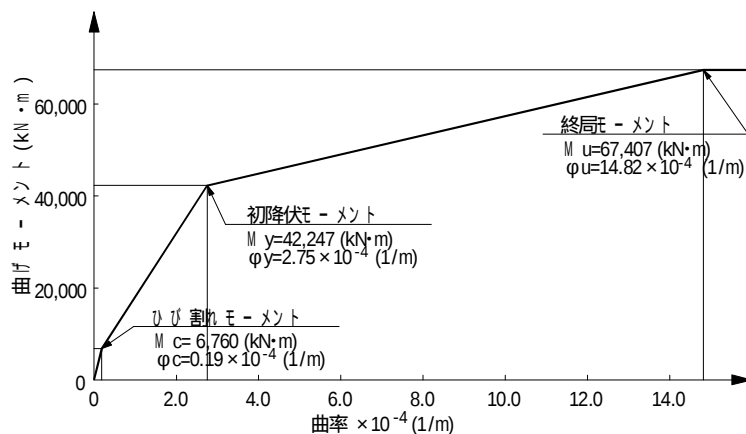


図-4 床版・縦桁断面のM - φ 関係

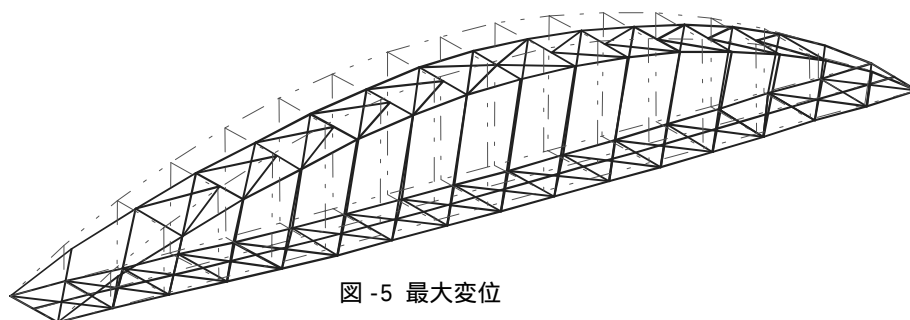


図-5 最大変位

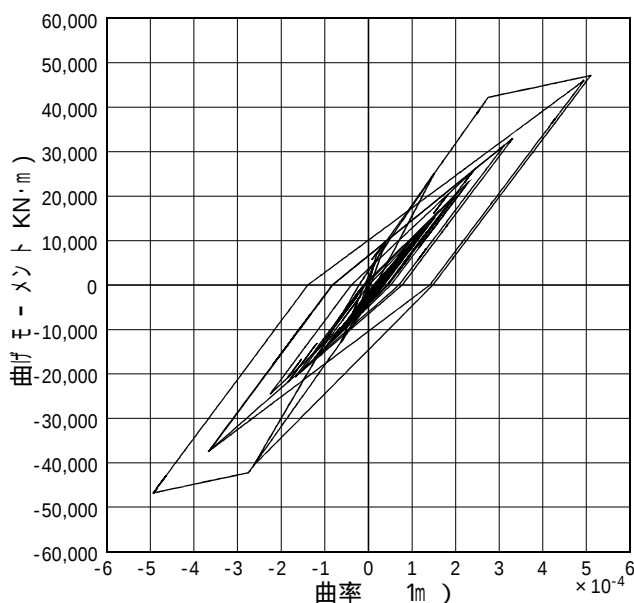


図-6 床版・縦桁のM - φ履歴図(支間中央)

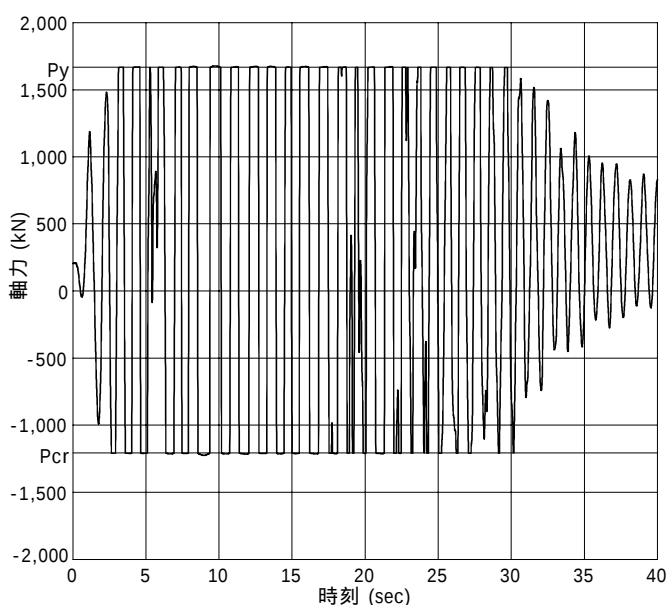


図-7 下横構の軸力(時刻歴)

表-1 下横構の弾性 / 弾塑性特性に対する解析結果の比較

下横構 の 復元力	支間中央		床版・縦桁		補剛桁
	加速度 (m/s^2)	最大変位	曲率	最大曲げ	最大応力度
		残留変位	ϕ (1/m)	M (kN・m)	σ (N/mm^2)
		(m)	ϕ / ϕ_y	M / M_y	σ / σ_y
非線形	18.607	0.8691 [0.0077]	5.102E-04 [1.855]	47,118 [1.116]	272 [0.756]
弾性	20.783	0.3614 [0.0065]	2.705E-04 [0.984]	41,593 [0.985]	337 [0.936]