

## 鋼アーチ橋の耐震照査法に関する研究

日本車輛製造株式会社 正会員 高橋 昌利  
 名古屋大学 フェロー 宇佐美 勉<sup>1</sup>  
 名古屋大学 正会員 葛 漢彬・葛西 昭

### 1. 緒言

アーチ橋のような複雑な構造物に対しては、道路橋示方書・同解説 耐震設計編(日本道路協会, 1996)によれば、動的解析を行い、その結果を設計に反映させるよう推奨している。しかし、鋼アーチ橋の動的解析を行った事例は未だに少なく、また、耐震照査法も確立されていないのが現状である。

本研究はこのような背景を受けて、変形照査法の1つとして位置づけられる損傷部材セグメントにおけるひずみで終局状態を照査する動的耐震照査法<sup>1)</sup>を用いて、アーチ橋の耐震照査を試みるものである。

### 2. 対象モデル

解析対象としたのはJSSC鋼橋の性能照査型設計対応研究委員会、鋼橋の耐震性部会が作成した、図-1に示されるようなコンクリート床版を有する上路式鋼2ヒンジアーチ橋(アーチスパン=114m, アーチライズ=16.87m)である。補剛桁, アーチリブともに横桁の間隔で要素分割をし、基部は有効破壊長区間を2要素でモデル化している。

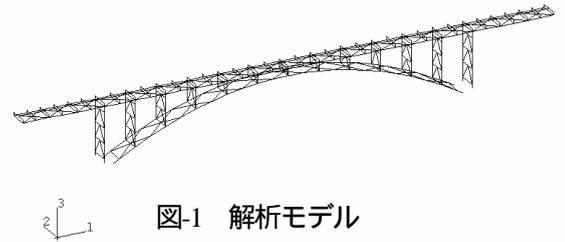


図-1 解析モデル

鋼材の構成則はバイリニア型移動硬化則を用い、コンクリートの構成則には最大強度に達した後も強度劣化が生じないモデルとした。

### 3. 地震応答解析

解析は橋軸直角方向に地震波を入力して行った。使用した地震波はJR 警報地震計鷹取駅東西方向観測地震波である。その結果、塑性化が生じたのは図-2に示した端柱基部, アーチリブ基部である。そこで、これらの部材を損傷部材セグメントに設定し、動的耐震照査法を用いた耐震照査を行った。その際、損傷部材セグメント内に非常に大きな軸力が発生するため、箱形断面における終局ひずみ算

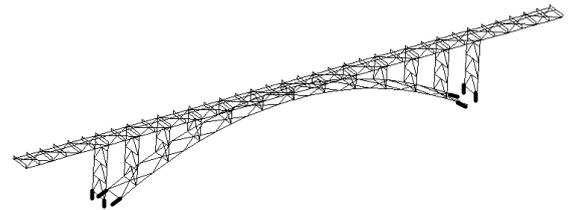


図-2 塑性化部材(橋軸直角方向解析)

定式<sup>2)</sup>の適用範囲( $N/N_y \leq 0.5$ )を越えてしまう場合がある。そこで、軸力のみを受ける板要素を対象にした終局ひずみの算定式<sup>3)</sup>より得られた終局ひずみ $\epsilon_{up}$ と箱形断面を対象にした終局ひずみの算定式より得られた終局ひずみ $\epsilon_{ub}$ とを比較し、大きいほうの値を終局ひずみとして採用する。

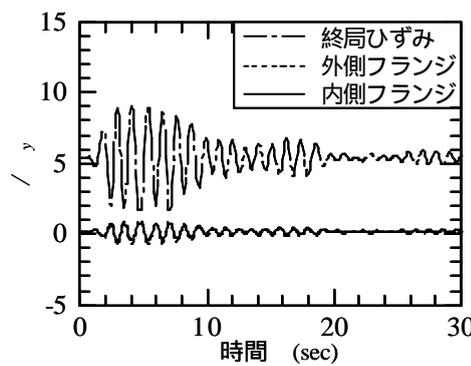


図-3 アーチリブ基部照査結果

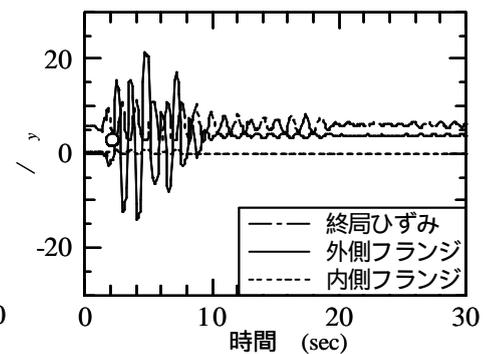


図-4 端柱基部照査結果

また、瞬間的に終局ひずみの算定式の上限值  $20 \epsilon_y$  を超える

終局ひずみが求まる場合があるが、算定式が低サイクル疲労を考慮して上限を  $20 \epsilon_y$  とした点を考慮し、瞬間的(1回のみ)であれば上限値 ( $20 \epsilon_y$ ) 以上の終局ひずみを許容するものとする。

このようにして定めた終局ひずみを用いて行った動的耐震照査の結果を、図-3, 図-4に示す。図中、実線が外側フランジ応答ひずみ、破線が内側フランジ応答ひずみ、1点鎖線が終局ひずみである。

耐震照査の結果  $t=1.78\text{sec}$  の時、端柱基部外側フランジの応答ひずみが終局ひずみに達し終局を迎えた。動的耐震照査法では、損傷部材セグメントが1つでも終局を迎えた時、構造物全体系も終局状態に至るとしている。したがって、端柱基部が終局を迎えた  $t=1.78\text{sec}$  の時点で対象橋梁全体が終局に至ったものと判定される。

このことより、対象橋梁が非常に早い段階で終局を迎えるため、耐震性能の向上が必要であると思われる。

**キーワード:** 鋼アーチ橋, 動的耐震照査法, 耐震性能向上策

<sup>1</sup> 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 TEL052-789-4617

#### 4. 改善手法の提案

端柱基部に着目すると、幅厚比パラメータ  $R_f$  は 0.57，発生した最大軸力は 13.1MN，最大応答ひずみは 21.4 % であった。そこで、幅厚比パラメータを小さくすることにより、この程度の軸力、ひずみに耐え得る断面の設計を行う必要がある。以下にその設計手法を示す。

##### 1. 幅厚比パラメータ $R_f$ の設定

板要素を対象にした終局ひずみの算定式により求まる終局ひずみ  $\epsilon_{up}$  が発生した最大ひずみより大きくなるような幅厚比パラメータを設定する。

##### 2. 最小終局ひずみの算定

降伏軸力  $N_y$  が求まるので、箱形断面を対象とした終局ひずみの算定式より求まる終局ひずみ  $\epsilon_{ub}$  の値が求まる。 $\epsilon_{up}$  と  $\epsilon_{ub}$  を比較し大きい方を最小終局ひずみとする。

##### 3. 幅厚比パラメータ $R_f$ の再設定

板厚を厚くした場合、最大応答ひずみが減少することが予想される。従って、得られた終局ひずみが応答ひずみと同程度の値となるように 1, 2 を繰り返す。

##### 4. 動的解析

動的解析を行い動的耐震照査法により耐震照査を行う。その結果が危険側、或いは極度に安全側なら、再び 1 からやり直す。

##### 5. 他部材の確認

一部材の断面形状の変化により、他の部材が終局に至っていないか確認を行う。

対象橋梁に対してこの手法を適用すると以下ようになる。

##### 1. 最大応答ひずみが 21.4 % であったので、 $\epsilon_{up}=27.2$ % となるように $R_f=0.30$ とする。

##### 2. $N/N_y=0.62$ のとき、 $\epsilon_{ub}=70.1$ % となる。 $\epsilon_{up}$ と $\epsilon_{ub}$ を比較して、 $\epsilon_{ub}$ の方が大きいためこの値が最小終局ひずみとなる。

##### 3. 最大応答ひずみと比較して最小終局ひずみの値が非常に大きい。そこで、板厚を小さくした $R_f=0.35$ に関して、最小終局ひずみを再計算すると、 $N/N_y=0.70$ 、 $\epsilon_{up}=10.4$ %、 $\epsilon_{ub}=15.4$ % となる。 $\epsilon_{up}$ と $\epsilon_{ub}$ を比較して、 $\epsilon_{ub}$ の方が大きいためこの値が最小終局ひずみとなる。この値は最大応答ひずみの 72.0% 程度と小さめの値をとる。

##### 4. 動的耐震照査法を用いて耐震照査を行った結果を図-6

に示す。断面の再設計を行った結果、安全側になったことが分かる。最小終局ひずみは 13.4 % に対し、応答ひずみの最大値は 6.75 % と終局ひずみの 50% 程に抑えることができた。ここで、この結果を安全側過ぎるとみた場合、 $R_f=0.40$  について、最小終局ひずみを求めると、

$\epsilon_{ub}=6.0$  % となり、応答ひずみ 6.75 % を超えるため、不適当となることが分かる。

##### 5. アーチリブに関して、再び照査を行った結果を図-7 に示す。アーチリブに関しては改善前と同様、安全側であることが分かった。

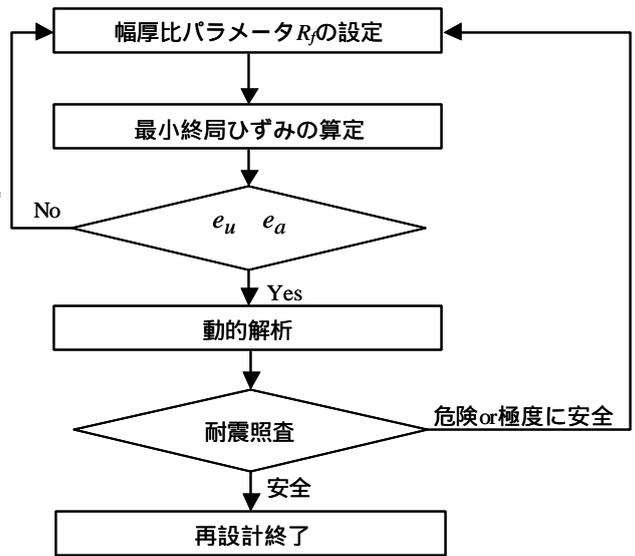


図-5 再設計手法

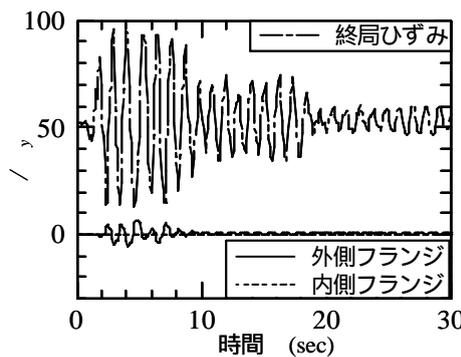


図-6 端柱基部照査結果(改善後)

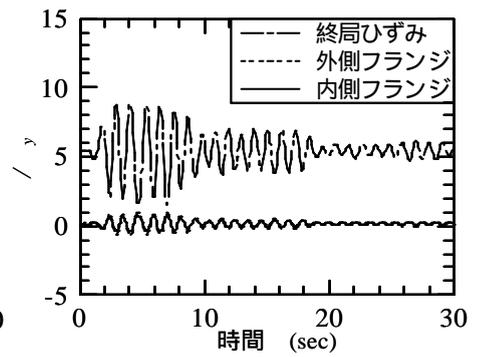


図-7 アーチリブ基部照査結果(改善後)

#### 参考文献

1. 森下邦宏ら(2002)：鋼製橋脚の動的耐震照査法に関する検討，土木学会論文集に掲載予定。
2. 鄭沂ら，鋼構造物の強度と変形能の統一の評価法，第3回鋼構造物の非線形数値解析と耐震設計への応用に関する論文集，pp.25-32。
3. 宇佐美勉ら，コンクリートを部分的に充填した鋼製橋脚の地震時保有水平耐力照査法の提案，土木学会論文集，No.525/I-33，pp.69-85，1995年10月。