

## 西海橋の地震応答解析に及ぼす RC 床版の非線形性の影響

長崎大学工学部 学生会員 ○向井大吾 長崎大学工学部 正会員 呉 慶雄  
 長崎大学工学部 フェロー会員 高橋和雄 長崎大学工学部 正会員 中村聖三

## 1. まえがき

アーチ橋の地震応答解析においては床版の非線形性の影響を検討する必要があるが、先に発表した上落式鋼アーチ橋である西海橋(スパン 216m)の地震応答解析<sup>1)</sup>においては、RC 床版の非線形性を考慮しなかった。そこで、本研究は床版の非線形性を考慮できるモデルを作成し、固有振動および地震応答解析を行う。地震応答解析の結果を床版の剛性を考慮しない場合と比較して、床版の剛性および非線形性の影響を明らかにする。

## 2. 西海橋の概要と解析モデル

西海橋は、大村湾口の伊ノ浦瀬戸にかかる道路橋であり、佐世保市と西彼杵郡西彼町を結ぶ橋梁で、橋梁形式は、上落式構肋固定アーチ橋である。橋長は 316.20m、支間 216.00m、幅員 7.50m、橋面高は平均水面高より 43.31m である(図-1、2)。床版は合成床版(厚さ 13cm)で、鋼材は SS400 を使用している。有限要素モデル<sup>1)</sup>は、アーチリブは非線形はり、支柱・主桁・横桁は線形はり、横構・支柱の斜材はトラスとして作成した(図-3)。RC 床版と補剛桁を別々のはり要素でモデル化し、RC 床版と補剛桁の間は剛部材で剛結合として床版の非線形性を考慮し、床版のモデルを作成した(図-4)。床版モデル中の●はコンクリート床版、地覆、付属物等の集中質量・回転慣性で、○はピン結合、ピン結合を橋軸直角方向に結んでいる棒部材はダミー要素である。

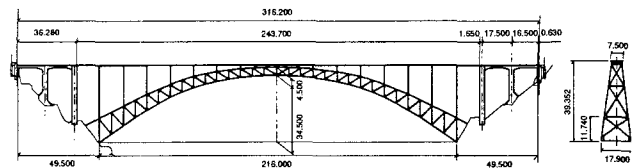


図-1 側面図(単位:m)

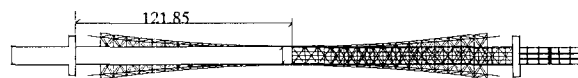


図-2 平面図(単位:m)



図-3 解析モデル

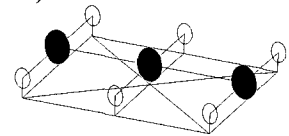
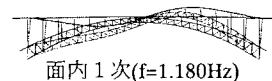
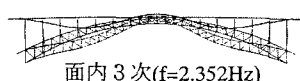


図-4 床版の解析モデル



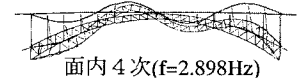
面内 1 次(f=1.180Hz)



面内 3 次(f=2.352Hz)



面内 2 次(f=1.609Hz)



面内 4 次(f=2.898Hz)



面外 1 次(f=0.798Hz)



面外 2 次(f=1.535Hz)

図-5 振動モード

表-1 固有振動数の比較

|        | モデル 1 (Hz) | モデル 2 (Hz) | モデル 3 (Hz) | 実測値(Hz)     |
|--------|------------|------------|------------|-------------|
| 面内 2 次 | 1.609      | 1.507      | 1.483      | 1.695~1.786 |
| 面内 4 次 | 2.898      | 2.834      | 2.805      | 2.817~3.030 |

## 3. 固有振動解析

図-4 のような床版の剛性と質量を考慮した場合をモデル 1、横桁を支点とする連続剛性桁とみなし、コンクリート床版の有効幅を算出

し、コンクリート床版の有効幅の剛性と縦桁の剛性を考慮する場合をモデル 2、RC 床版と縦桁剛性を無視した場合をモデル 3 として、固有振動解析を行い、各モデルの解析値の比較と解析値と実測値<sup>1)</sup>の比較を行う。モデル 1 の固有振動数と振動モードを、面内 1 次~4 次および面外 1 次と 2 次を図-5 に示している。面内方向ではアーチ橋特有の逆対称モードが基本振動モードで現れている。また、面外方向では 1 次モードが対称振動モードである。各モデルの固有振動数と実測値との比較を表-1 に示す。表-1 よりモデル 1 が実測値によく一致しており、床版全体の剛性の評価が必要なことを示している。

4. 応答地震解析

非線形応答地震解析においては、橋軸直角方向および橋軸方向に地震波を入力する。入力地震波は道路橋示方書に基づくⅠ種地盤用のタイプⅠおよびタイプⅡの標準波形のうちタイプⅠではT111タイプⅡではT213を選んだ。この理由は先の解析結果<sup>1)</sup>からこの2つが最大軸力を示したためである。なお、地震波は地域別補正係数 ( $C_2=0.7$ ) で振幅補正した。解析にはTDAPⅢを用い、非線形モデルはファイバーモデルを使用する。応答地震解析はNewmarkの $\beta$ 法 ( $\beta=1/4$ )を用い、減衰定数は0.02とし、Rayleigh減衰を用いて解析を行う。時間刻みは0.0025sec、継続時間は40secとする。

図-6には、Ⅰ種地盤用タイプⅡ地震波(T213)の橋軸直角方向加震時におけるモデル1および2のアーチリブの最大軸力と最大曲げモーメントを示す。図-6より、両モデルにおいて、軸力、曲げモーメントともにアーチリブのスプリング部で最大値が表れている。図-6を用いて、スプリング部の断面力に及ぼすモデルの影響を比較する(表-2)。表中の比は、モデル1の値をモデル2の値で割ったものである。表より両モデルで差が小さく、床版の剛性の影響は小さいといえる。

図-7に床版のひずみ応答を示す。横軸は橋軸方向の座標、縦軸は実ひずみとコンクリートの降伏ひずみの比である。図-7より両モデルとも最大値が1.0より小さいことから、床版は降伏していないことがわかる。図-7を用いて、床版のひずみを比較する(表-3)。表中の比は、モデル1の値をモデル2の値で割ったものである。表より最大で36%の差があり、床版のひずみを求めるためには床版の剛性を考慮する必要がある。

5. まとめ

本解析より、固有振動解析や床版のひずみを求めるにあたっては、床版の剛性を考慮する必要があることが明らかとなった。さらに、アーチリブの地震応答解析に及ぼす床版の剛性の影響は小さいことが判明した。今後、アーチリブや床版が降伏する場合についても検討する予定である。

参考文献

1) 呉・高橋・小林・中村：西海橋の固有振動特性および非線形地震応答に関する研究，鋼構造年次論文報告集，第11巻，pp.185～192，2003.11  
2) 村上・吉田：伊ノ浦橋の応力測定(第2報)及鋼材の温度分布並に振動測定について，第3回橋梁・構造工学研究発表会講演概要，pp.73～87，1956.9

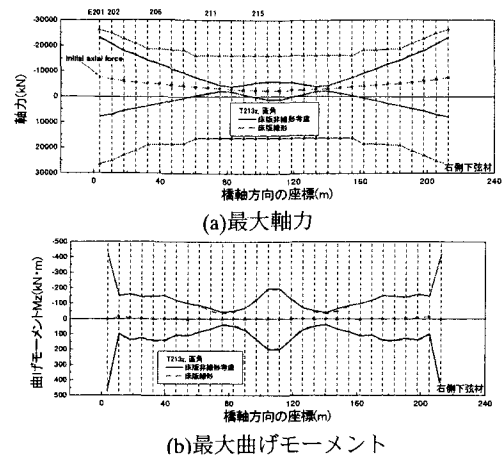


図-6 最大応答

表-2 最大断面力の比較

| (a) 軸力 (kN) |        |        |      |
|-------------|--------|--------|------|
|             | モデル1   | モデル2   | 比    |
| 正の最大値       | 7684.8 | 7804.9 | 0.98 |
| 負の最大値       | -23369 | -22952 | 1.02 |

| (b) 曲げモーメント (kN・m) |         |         |      |
|--------------------|---------|---------|------|
|                    | モデル1    | モデル2    | 比    |
| 正の最大値              | 461.02  | 434.09  | 1.06 |
| 負の最大値              | -421.86 | -421.54 | 1.00 |

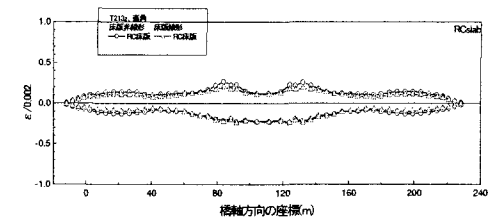


図-7 床版の最大ひずみ

表-3 床版の最大ひずみの比較

| (a) 正のひずみ  |         |         |      |
|------------|---------|---------|------|
| 橋軸方向座標 (m) | モデル1    | モデル2    | 比    |
| 83.875     | 0.27280 | 0.20081 | 1.36 |

| (b) 負のひずみ  |          |          |      |
|------------|----------|----------|------|
| 橋軸方向座標 (m) | モデル1     | モデル2     | 比    |
| 124.23     | -0.23137 | -0.24452 | 0.95 |