

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

長崎大学大学院 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. はじめに

上・中路式アーチ橋の地震時における挙動は複雑である。そのため、地震応答解析を行う場合には床版および補剛桁の剛性を正しく評価する必要があるが、先に発表されている上路式鋼アーチ橋である西海橋の解析¹⁾では、それらを過小評価していた。そこで本研究では、床版および補剛桁の剛性を正しく評価できるモデルを作成して固有振動解析を行い、先の解析値¹⁾および実測値²⁾と比較することでモデルの妥当性を評価する。また、2つの床版モデル（コンクリートの非線形性を考慮するものとししないもの）を用いて非線形地震応答解析を行い、床版の材料の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、橋梁形式は上路式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RC床版（厚さ13cm）で、鋼材はSS400を使用している。

有限要素モデルは、アーチリブ接線材・縦桁は非線形はり、アーチリブ垂直材、斜材・支柱・横桁は線形はり、ラテラル・支柱の斜材はトラスとして作成した（図-3）。

固有振動解析に用いる3種類の床版モデルを説明する。モデル1は床版および補剛桁の剛性を正しく評価できるモデルであり、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したものである（図-4）³⁾。また、モデル2は、横桁を支点とする連続合成桁とみなし、コンクリート床版の有効幅を算出し、その剛性と縦桁の剛性を考慮したものである。モデル3は、RC床版と縦桁の剛性を無視したものである。

3. 固有振動解析

先に説明した3種類の床版モデルを用いて行う。モデル1の面内1次～4次および面外1次と2次の固有振動数と固有振動モードを図-5に示している。そして、各モデルの解析値の比較お

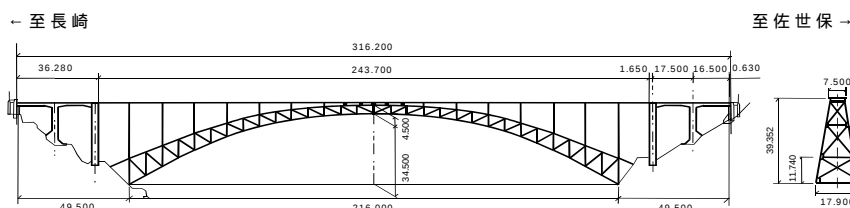


図-1 側面図（単位：m）

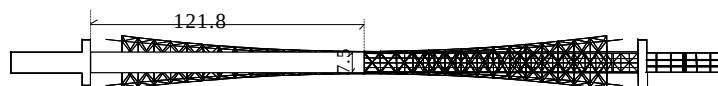


図-2 平面図（単位：m）

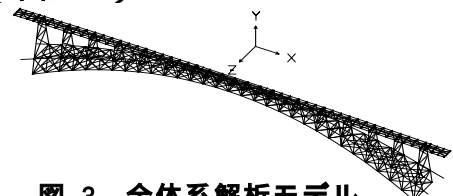


図-3 全体系解析モデル

床版、地覆、附属物等の
集中質量・回転慣性

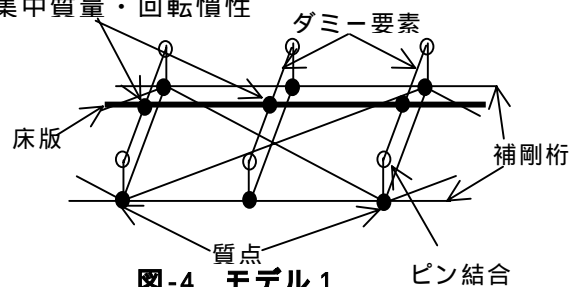


図-4 モデル1

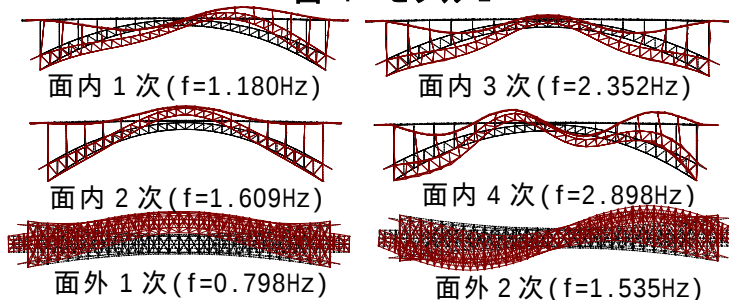


図-5 固有振動モード

キーワード：鋼アーチ橋 西海橋 非線形地震応答解析 材料非線形性

連絡先：高橋 和雄 〒852-8521 長崎県長崎市文教町 1-14 TEL：095-819-2610 FAX：095-819-2627

よび解析値と実測値の比較
を行う（表-1）。表-1 より
面内 2 次モード、面内 4 次
モードの固有振動数ともに、

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	2.639	2.817 ~ 3.030

モデル 1 が実測値に最も近い値になっていることから、モデル 1 が実測値によく一致しており、固有振動数を求めるにあたっては床版の剛性の正しい評価が必要であることを示している。

4.非線形地震応答解析

実測値によく一致していると判断されたモデル 1 を用いて、2 つの床版の材料モデル（コンクリートの非線形性を考慮するモデルとしないモデル）を作成して行う。地震波は橋軸直角方向および橋軸方向に入力する。入力地震波は道路橋示方書に基づく 種地盤用のタイプ およびタイプ の標準波形のうちタイプ では T111、タイプ では T213 を選んだ。この選定理由は先の解析結果からこの 2 波がアーチリブで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（ $C_z = 0.7$ ）で振幅補正した。解析には TDAP を用い、非線形モデルはファイバーモデルを使用する。解析方法は Newmark β 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。

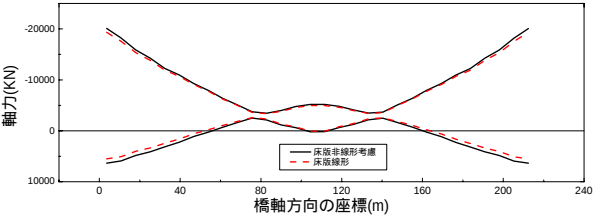
図-6 に 種地盤用タイプ 地震波（T111）が橋軸直角方向に作用した時のアーチリブの最大軸力と最大曲げモーメントを示す。両グラフより最大値はスプリング部で発生していることが読み取れる。また、図-6 のグラフより得られた応答比の最大値を表-2 に示す。なお、表中の比は床版線形モデルの値を床版非線形考慮モデルの値で除したものである。表-2 より軸力では 28%の差が生じており、曲げモーメントでは 13%の差が生じているのがわかる。次に他の着目点として RC 床版と補剛桁の断面力について述べる。まず、RC 床版については、軸力応答では T111 地震波が橋軸直角方向に作用した場合に 62%、曲げモーメントでは T111 地震波が橋軸方向に作用した場合に 96%である。次に、補剛桁について、軸力応答では T111 地震波が橋軸直角方向に作用した場合に 53%、曲げモーメントでは T213 地震波が橋軸直角方向に作用した場合に 50%であった。以上の結果から、床版の材料の非線形性の影響はアーチリブの応答よりも RC 床版と補剛桁の応答に大きく表れてくる。

5．まとめ

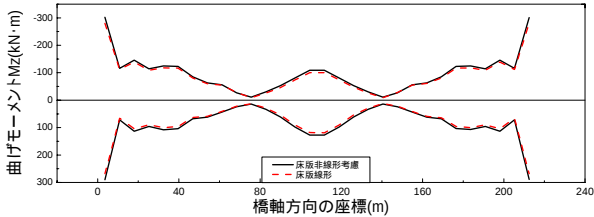
固有振動解析を行った結果からは床版の剛性を正しく評価する必要があることが明らかとなった。また、非線形地震応答解析を行った結果からは、RC 床版と補剛桁の応答に材料の非線形性の影響が顕著に表れており、非線形性の影響を考慮した地震応答解析の必要性が明らかになった。

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
3) 日本鋼構造協会・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：鋼橋の耐震性能設計の基本と応用，2000.9



(a) アーチリブ最大軸力（kN）



(b) アーチリブ最大曲げモーメント（kN・m）

図-6 アーチリブ最大断面力

表-2 応答比の最大値

(a) 軸力（kN）

橋軸座標（m）	床版非線形考慮 モデル	床版線形 モデル	比
176.4470	2257	1629	0.72

(b) 曲げモーメント（kN・m）

橋軸座標（m）	床版非線形考慮 モデル	床版線形 モデル	比
82.8195	33	29	0.87