

ストラット付き PC 箱桁橋における非対称性を考慮した地震時応答解析

西日本高速道路株式会社 正会員 ○得津 萌佳
西日本高速道路株式会社 正会員 和田 圭仙
株式会社ピーエス三菱 非会員 後藤 友和

1. はじめに

城陽第二高架橋は新名神高速道路の大津 JCT（仮称）～城陽 JCT（仮称）間に位置するストラット付き PC 箱桁橋で、有効幅員 14.28m、最大床版張出幅 5.96m の非対称構造となっている（図-1）。上部構造が左右非対称構造であること、一般的な左右対称構造に比べて拡幅部の張出長が大きいことから、地震応答特性に注意を払う必要がある。そこで、十分な構造安全性を確保するため、地震時におけるストラット取付部の挙動を明らかにする解析的検討を実施した。

2. 解析手法の検討

ストラット取付部の地震応答に着目した数値解析を行うためには、拡幅部の形状、剛性、及び質量分布を適切にモデル化する必要があるが、これらの要素は通常の耐震設計に用いる平面骨組みモデルでは表現できない。そこで、本検討では三次元非線形 FEM 解析による検討を組み合わせることを試みた。

三次元非線形 FEM 解析を用いて上部構造の地震時応答に着目した構造解析モデルは事例が乏しく、評価技術が確立されていない。本検討の実施にあたっては、「計算規模を考慮した解析実現性」「現行耐震設計の評価との整合性」に着目して解析手法を検討した。その結果、ストラット構造をモデル化した全体系骨組み解析モデルによる非線形動的解析を実施することとし、この骨組みモデルのモデル化にあたって、部分ソリッド詳細モデルと骨組みモデルの固有値解析を行うこととした。すなわち、両モデルの固有振動数及び固有モードが一致するように骨組みモデルの拡幅部材の梁要素の剛度を調整し、ストラット付き張出し床版の等価剛性を有した骨組みモデルを作成した。

解析フローを図-2 に示す。本手法を採用することにより、設計で使用している動的解析モデルとの整合性を確認した上で、ストラット構造及び張出床版構造の挙動の再現性を担保した。

3. 解析モデルの概要

(1) 部分ソリッド詳細モデル及び部分骨組みモデル[STEP-1, STEP-2]

固有値解析に用いた拡幅後の部分ソリッド詳細モデルおよび部分骨組みモデルを図-3 に示す。部分骨組みキーワード 橋梁拡幅, ストラット, 固有値解析, 動的解析

連絡先 〒567-0871 大阪府茨木市岩倉町 1-13 西日本高速道路(株)建設事業部構造技術課 TEL 06-6344-9603

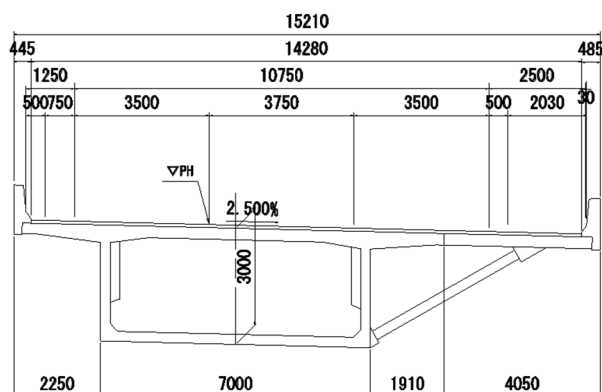


図-1 城陽第二高架橋 断面図

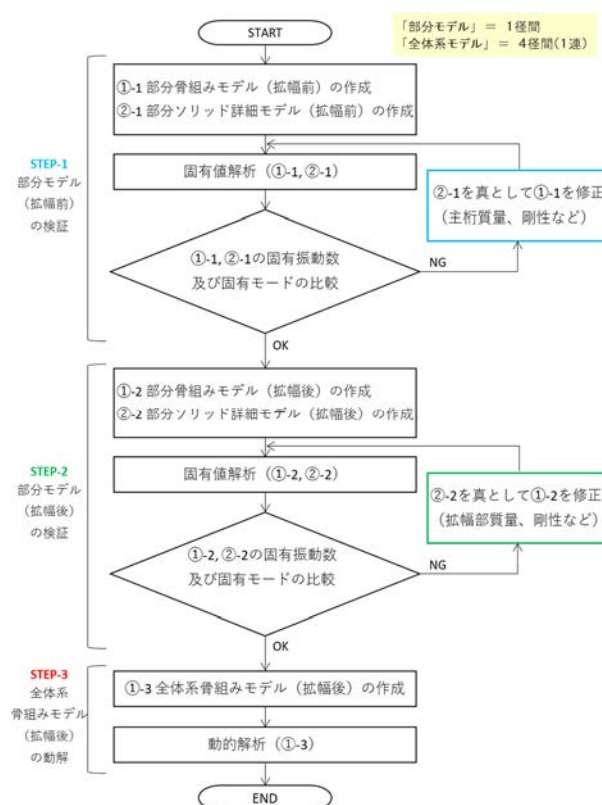


図-2 解析フロー

モデルにおける主桁及び拡幅部の節点はストラット間で2分割とし、境界条件は主桁両端を単純支持とした。両モデルの固有振動数及び固有モードが一致するように、部分骨組みモデルにおける拡幅部材の梁要素（橋軸方向および橋軸直角方向）の剛度を拡幅床版の有効幅を調整することにより修正した。

(2) 全体系骨組みモデル[STEP-3]

固有値解析により作成した上部構造の部分骨組モデルを1連（4径間）に拡張し、下部・基礎構造と組み合わせることで、非対称性を表現した全体系立体骨組みモデルを作成した。このとき、橋軸方向梁要素の剛度は拡幅床版の有効幅を考慮した断面で、3方向質量及び橋軸周りの完成モーメントは拡幅床版の全幅で算出した。橋軸直角方向梁要素の剛度はストラット間の有効幅を考慮した断面で算出した。

4. 動的解析によるストラット接合部の安全性照査

前章で作成した全体系骨組みモデルにより動的解析を行い、地震時にストラットに発生する応力の影響を確認した。ここで、入力地震波は道路橋示方書(平成24年3月)に規定されるレベル1地震動及びレベル2地震動(3波平均)とした。各検証に共通して見られた傾向を下記に示す。

- ・ストラットは軸力卓越部材であり、曲げモーメント及びせん断力の応答値は微小である
- ・発生軸力は、橋軸直角方向加振時に大きくなる
- ・支点部に対して、支間中央部のストラットに発生する応答値が大きくなる

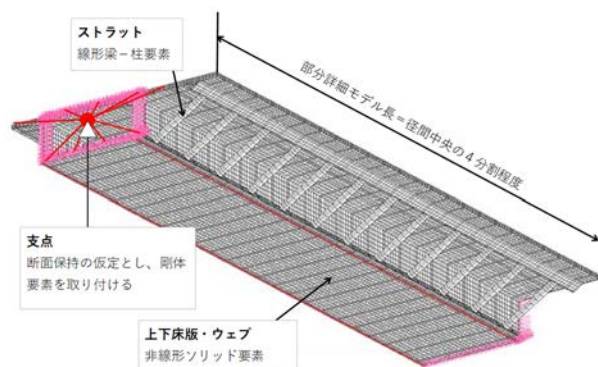
ここで、ストラットに発生する応答軸力が最大であったレベル2地震動(タイプI)による動的解析結果を図-4に示す。本応答値に対して、軸引張力・軸圧縮力の2つの観点より、ストラットの安全性を確認した。

①軸引張力に対する照査は、「地震時最大軸引張力 (N_{q-}) < 死荷重時の軸圧縮力 (N_d)」の比較に着目した。すなわち、 $N_{q-} < N_d$ であれば地震時においてもストラットに引張力が生じず、ストラットに浮き上がりは発生しないものと考えた。本解析では、 $N_{q-} = -244\text{kN}$ 、 $N_d = 328\text{kN}$ で84kNの圧縮力が残存する結果となり、軸引張力に対して問題ないことが確認できた。

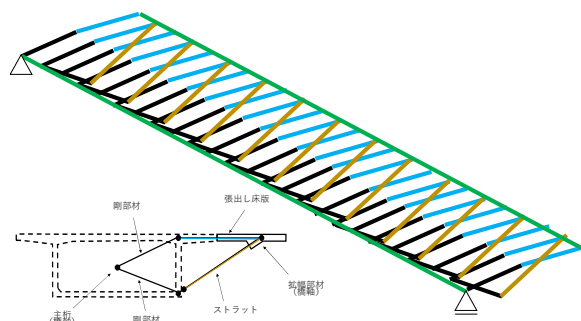
②軸圧縮力に対する照査は、「地震時最大軸圧縮力 (N_{q+}) + 設計荷重時の軸圧縮力 ($N_d + N_L$) < 軸圧縮応力度の制限値より算出される圧縮力の制限値」であることにより行った。本解析では、 $N_{q+} = 267\text{kN}$ 、 $N_d + N_L = 680\text{kN}$ で発生する軸圧縮力の最大値は947kNとなり、軸圧縮応力度の制限値 14N/mm^2 より算出した軸圧縮力の制限値1,260kNを下回ったため、安全と判断した。

5. 今後の課題

本検討では、非対称性が大きいストラット構造について新たなモデル化の手法を提案し、地震時における一定の安全性を示した。今後は想定外の外力が発生した場合のストラット部材の破壊順序の検討や、維持管理・補修計画の策定等を進め、高耐久な構造物の建設を実現することでより安全・安心な高速道路サービスの提供に寄与して参る所存である。



(a) 部分ソリッド詳細モデル



(b) 部分骨組みモデル

図-3 固有値解析に用いたモデル

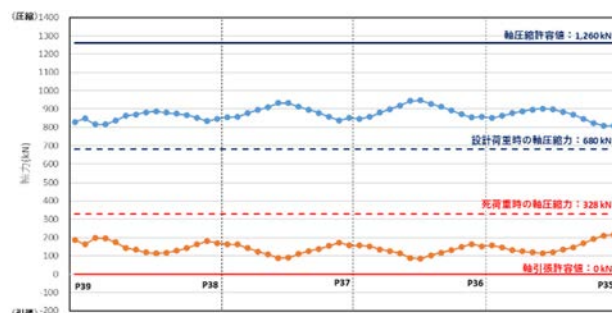


図-4 レベル2地震動(タイプI)
動的解析結果