

女神大橋の斜ペントを転用した3径間連続箱桁橋の振動解析

九州旅客鉄道(株) 正会員 ○園部浩昭 長崎大学工学部 フェロー 高橋和雄
 長崎大学工学部 正会員 中村聖三 中国・福州大学 非会員 呉 慶雄
 長崎県土木部 正会員 北原雄一

1. まえがき

現在, わが国では公共工事におけるコスト縮減や環境負荷低減を目的としたリサイクルの促進に対する関心が高まっている. 研究対象である仲沖橋(仮称)は女神大橋の斜ペント¹⁾を解体後の有効活用の方策として主構造物材へ転用し構成された橋梁である. なお, 斜ペントの有効活用として橋梁本体への転用は本橋梁が初の試みである. しかし, 転用橋の設計・製作時において様々な諸問題を解決する必要があった. さらに, 本橋は自重が大きいために耐震性が問題となることが予想される. 以上のことを受けて本研究では, 転用橋の設計・製作時の各段階にける諸問題に対する調査を行う. 次に, 仲沖橋の3次元FEM骨組モデルを作成し, 実橋に近い合成桁の5本主桁モデルと5本の主桁を一体化した主桁一体モデルを用い, 固有振動解析により固有振動特性を比較し, 主桁一体モデルの評価を行う. また, 非線形地震応答解析を行い, 地震時の挙動を明らかにする.

2. 仲沖橋の概要

仲沖橋は, 長崎県諫早市破籠井町の国道34号線との交点を起点に同市鷺崎町の国道57号線との交点を終点とした破籠井鷺崎線を形成する一部の橋梁である. 橋長は120m(支間割 36.44m + 47.46m + 36.1m), 桁長は119.5m(総桁長 119.5m×5本 = 597.5m)である. そのうち, 転用部材長は579.5m, 新規製作部材長は18mである. 橋梁を構成する主桁の割合は, 転用部材 97%, 新規製作桁はわずか 3%である. また, 本橋梁は軸力部材である斜ペントを形状変更せずに本橋の主桁に曲げ部材として用いられたため桁高が不足し, 板厚が大きくなっている.

3. 設計・製作時の諸問題

設計時に, 転用部材量の増加を目的に支間割の検討, 変断面部の横桁取付部の応力集中の問題が生じた. 検討の結果, 3径間にすることで最大限に転用部材量を増すことができ, 変断面部に許容応力度を超過する応力は生じないことがわかった. 架設時には斜ペントと転用部材の仕上げの塗装系の違いによる問題, 支口および添接部の既設孔の仕上げの問題が生じた. これらは, 塗装剥がしと外気接触部を鋼板で覆う処理を施し解決に至った.

4. 構造のモデル化

モデルの作成にあたって, 設計時に行われた動的解析の主桁一体の構造モデルを参考にして3次元FEM骨組モデルを作成する. 上部工のモデル化に際して, 5本主桁モデルの場合は床版および主桁を合成桁とするフレームモデルとし, 主桁一体モデルは合成桁を1本のはり部材としたモデルとする. 下部工躯体は両モデル共に1本のはり部材としたモデルとする. また, 支承は線形バネ要素によりモデル化を行った. 支承条件は全ての下部工(橋台:1基, 橋脚3基)に地震時水平力分散ゴム支承を用いた弾性固定方式である. 橋脚の基部については全自由度固定する. 図-1に5本主桁モデル, 図-2に主桁一体モデルをそれぞれ示す.

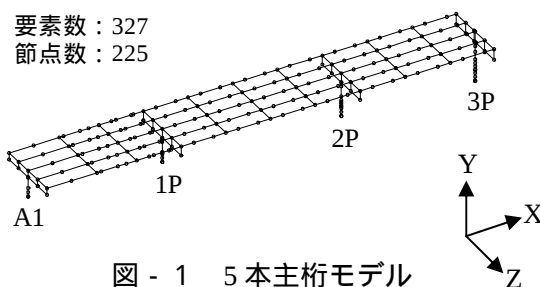


図-1 5本主桁モデル

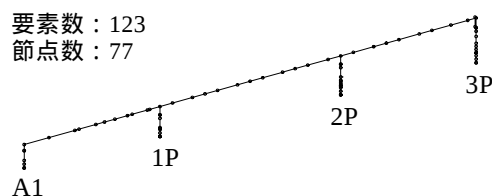


図-2 主桁一体モデル

キーワード: 女神大橋, 斜ペントの有効活用, 3径間連続箱桁橋, 固有振動, 非線形地震応答解析

連絡先: 〒852-8521 長崎市文教町 1-14 長崎大学工学部社会開発工学科 Tel.095-819-2610 Fax.095-819-2627

5. 固有振動特性

仲沖橋の5本主桁モデルと主桁一体モデルから求めた固有振動を20次まで示すと、表-1の結果を得る。5本主桁モデルを基準として対応する主桁一体モデルの結果を表示している。主桁一体モデルでは、5本の主桁の振動に差が現われるねじれ振動や鉛直振動は得ることが出来ない。したがって、これらに対応する主桁一体モデルの固有振動数は空欄にしている。次に固有振動数に着目すると、橋軸方向及び鉛直方向の固有振動数は両者がよく一致している。したがって、橋軸方向の地震応答解析については、主桁一体モデルを使用できると考えられる。しかし、面外振動については、面外3次振動、面外4次振動には、主桁一体モデルの固有振動数が高く、大きな差が見受けられる。この2つの固有振動形は、主桁の面外方向の曲げ変形モードを示すもので、主桁一体モデルでは、剛性を過大に評価しているおそれがある。したがって、橋軸直角方向の地震応答解析を行う場合は、モデルの検討を行う必要がある。主桁の断面に比べて、横桁の断面が小さいために、ねじれ振動のモードが多く現われているが、地震応答に及ぼす影響は少ないことから、問題にならないと予想される。

6. 非線形地震応答解析

6.1 解析条件 直接積分法による非線形地震応答解析を用いる。積分方法は、Newmarkの β 法($\beta = 1/4$)を使用し、時間間隔を0.01秒、継続時間を60秒と設定する。入力地震波は、道路橋示方書²⁾に準ずる種地盤用標準地震波のタイプ 地震動およびタイプ 地震動を使用する。入力地震波は地域別補正係数(長崎県: $C_z = 0.7$)で振幅補正し、橋軸方向および橋軸直角方向にそれぞれ入力する。減衰は、ひずみエネルギー比例減衰のRayleigh型減衰とする。

6.2 解析結果 上部工の応答について、図-3にタイ

プ 地震動を橋軸直角方向に入力した場合の主桁の橋軸直角方向変位の3波平均値を示す。グラフから分かるように変位では5本主桁が大きい値を示す。また、断面力ではモデルの違いによるバラつきが生じる結果を得た。下部工の応答について、タイプ 地震動の3波を橋軸方向および橋軸直角方向に入力した際の結果の例として2P支承部の最大応答加速度および最大応答変位の平均値を表-2に示す。橋軸方向および橋軸直角方向加震時において5本主桁モデルと主桁一体モデルの応答加速度および応答変位の差はほとんど見受けられない。また、この結果は他の支承部、節点でも同じである。下部工の応答には上部工のモデル化の影響はないと考えられる。

7. 結論

本研究の結果より、上部工のモデル化にあたっては主桁一体モデルと5本主桁モデルの固有振動数や地震応答は差があるため、より正確な5本主桁モデルを使用すべきことを示した。また、下部工の地震応答には上部工のモデル化の影響は小さいことを示した。

参考文献

- 1) 国土交通省九州地方整備局・長崎県・長崎県道路公社：女神大橋工事誌，全194頁，2006.3.
- 2) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説(V 耐震設計編)，2002.3.

表-1 固有振動数の比較

モード 次数	固有振動数(Hz)		差(%) (-) / ×100	振動 モード
	5本主桁 モデル	主桁一体 モデル		
1	0.930	0.939	0.9	面外1次
2	0.936	0.936	0.0	橋軸1次
3	1.060	1.082	2.1	面外2次
4	1.966	1.968	0.1	鉛直1次
5	2.615	5.088	94.5	面外3次
6	2.939	2.945	0.2	鉛直2次
7	3.042	13.494	343.6	面外4次
8	3.518	-	-	ねじれ1次
9	3.603	3.628	0.7	鉛直3次
10	3.768	3.769	0.0	橋軸2次
11	4.301	-	-	ねじれ2次
12	4.377	4.377	0.0	橋軸3次
13	4.483	-	-	ねじれ3次
14	4.908	-	-	ねじれ4次
15	4.944	4.944	0.0	橋軸4次
16	5.111	-	-	ねじれ5次
17	5.127	-	-	鉛直4次
18	5.162	5.162	0.0	橋軸5次
19	5.243	-	-	ねじれ6次
20	5.401	-	-	ねじれ7次

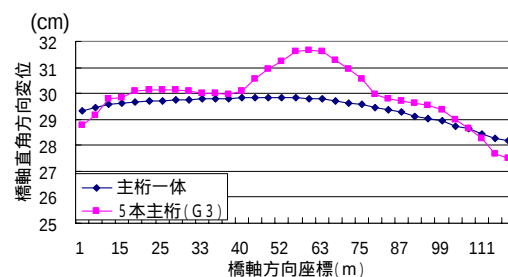


図-3 橋軸直角方向変位

表-2 2P 支承部の応答

		橋軸方向 加震時	橋軸直角方向 加震時
5本主桁 モデル	応答加速度(gal)	1007.0	1036.0
	応答変位(cm)	29.4	29.4
主桁一体 モデル	応答加速度(gal)	1007.0	1029.0
	応答変位(cm)	29.4	29.8