

支間1400m級吊橋の地震応答特性に関する研究

九州大学大学院工学府
九州大学大学院工学研究院
住友重機械工業株式会社

学生員 崔 準 祐
フェロー 大塚 久哲
正会員 山平 喜一郎

1. 目的

吊橋は構造形式が複雑で、地震時の挙動も複雑であることから、動的応答解析による耐震性評価を行う必要がある。¹⁾ しながら吊橋全体系の非線形性を考慮した地震応答解析事例は少なく、その耐震性の評価手法については十分に確立されているとは言えない。このような現状を踏まえて、兵庫県南部地震のような巨大地震時に長大吊橋がどのような挙動を示すのか、また地震時における吊橋という構造物の弱点がどこにあるのかを明らかにすることを目的に解析的研究を実施した。

ここでは、全長2490 mの長大吊橋を対象にして、6種類の入力地震動を用いて地震応答解析を行い、地震波形が応答に与える影響や上下動成分の影響を比較した。

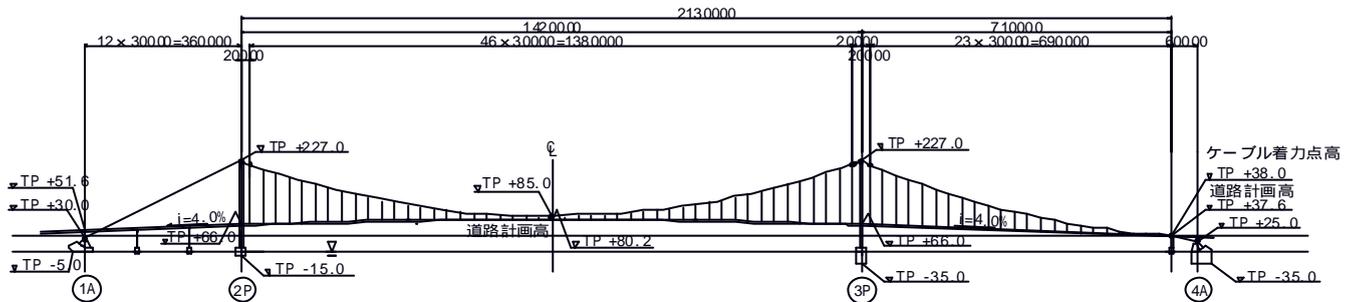


図 - 1 解析対象橋梁

2. 解析概要

解析対象とした吊橋の一般図を図 - 1に示す。中央支間 1420 m、側径間 710 m、サグ比 1/10の2径間2ヒンジ補剛箱桁吊橋である。補剛桁は鋼床版箱形式、主塔はRCラーメン主塔であり、コンクリートは設計基準強度が60N/mm²の高強度材料、鉄筋は降伏強度が490N/mm²のSD490Aを想定して断面の試設計を行った。

図 - 2に解析モデルを示す。補剛桁、主塔は梁要素で、ケーブルは棒要素とした。今回解析に用いたケーブル要素には死荷重による初期応力状態を考慮した。減衰にはレーリー減衰を用いた。また、地盤は1種地盤とし、RC主塔の非線形復元力特性はバイリニア武田モデルとした。表 - 1は、今回解析に用いた入力地震動の水平方向成分である。上下動成分には、それぞれの地震動の上下動成分を用いた。

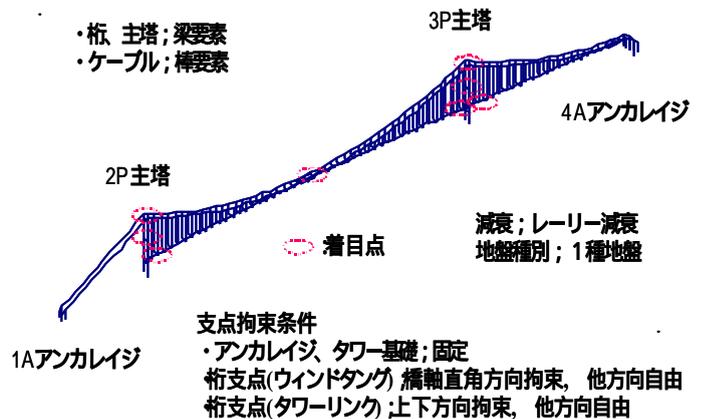


図 - 2 解析モデル

表 - 1 入力地震動

種類	名称	方向	最大加速度
TYPE111	1978 KAIHOKU BRG.	LG	318.839 Gal
TYPE112	1978 KAIHOKU BRG.	TR	319.891 Gal
TYPE211	1995 JMA KOBE OBS.	NS	812.020 Gal
TYPE212	1995 JMA KOBE OBS.	EW	765.884 Gal

キーワード 吊橋, 固有振動数, 地震応答解析, 耐震性評価

連絡先 〒812-8581 福岡市東区箱崎6丁目1番1号 九州大学大学院 工学研究院 建設デザイン部門
TEL&FAX:092-642-3266 E-MAIL:otsuka@doc.kyushu-u.ac.jp

3. 解析結果

(1) 固有値解析

固有値解析を行った結果を表 - 2 に示す。1 次モードは周期 16.323 秒，5 次モードは 7.040 秒，40 次でも 1.789 秒と高次まで周期が長くなっており，高次固有値の影響が無視できないことが分かる。

(2) 入力地震動による影響

図 - 3，図 - 4 は，それぞれ，図 - 2 に示す着目点において，橋軸方向加震、橋軸直角方向加震に対する最大応答変位を示したものである。橋軸方向に対しては，主塔やケーブルで TYPE 地震時の応答が上回っているものの，補剛桁では TYPE 地震時の応答が若干大きくなっているところもあり，構成する部位によって応答値が異なっていることが分かる。一方，橋軸直角方向に対しては，TYPE の応答変位が TYPE に比べ補剛桁中央部で 2.2 倍，主ケーブル中央部で 2.1 倍と大きくなるなど，全着目点において TYPE の応答値が大きくなっていることが分かる。また，図 - 5 は，TYPE，TYPE 地震時に対する主塔の最大応答曲げモーメントを示したものである。面外において，TYPE の最大応答曲げモーメントが若干大きくなっているものの，面内，面外，いずれにおいてもほぼ一致しており，主塔の応答曲げモーメントには入力地震動による顕著な影響が見られなかった。また，図 - 6 は各着目点において，3 方向加震時の 2 方向加震時に対する鉛直方向最大応答変位の比をプロットしたものである。補剛桁において TYPE で最大約 2.2 倍，TYPE で約 1.5 倍の応答変位の差が出ており，上下動成分が応答に与える影響は無視できないといえる。

4. まとめ

解析対象に対して非線形を考慮した地震応答解析を行い，入力地震動による影響を評価したところ，構成する部位や入力地震動の方向によって応答特性が異なっていることが明らかとなった。また，2 方向加震と 3 方向加震時の上下方向応答変位を比較したところ，その差が顕著であった。本橋のような吊橋では，3 方向加震による応答解析を行う必要があると考えられる。これらの検討を踏まえ，幾何学的非線形性の影響に関する検討も実施中であり，その詳細は講演時に発表する予定である。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 耐震設計編，平成 14 年 3 月
- 2) 楠田広和：吊橋の幾何学的非線形を考慮した地震応答解析および耐震性向上策の検討，構造工学論文集，Vol149A，2003.3

表 - 2 固有値解析結果

次数	振動数 (Hz)	固有周期 (sec)	有効質量比			モード
			X	Y	Z	
1	0.0613	16.323	0	0	0.219	面外曲げ1次
5	0.1421	7.040	0.001	0.056	0	面内曲げ1次
6	0.1700	5.883	0.001	0.244	0	面内曲げ2次
7	0.1781	5.614	0	0	0.116	面外曲げ2次
40	0.5591	1.789	0.392	0	0	主塔曲げ1次

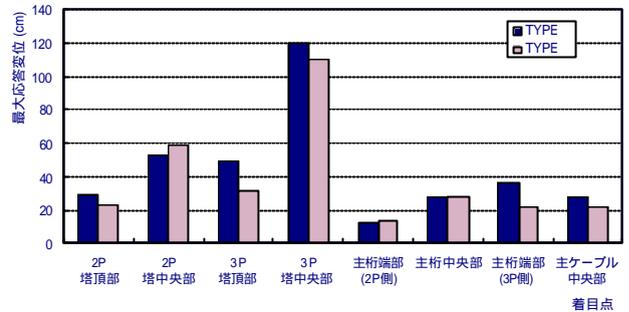


図 - 3 最大応答変位比較 (面内)

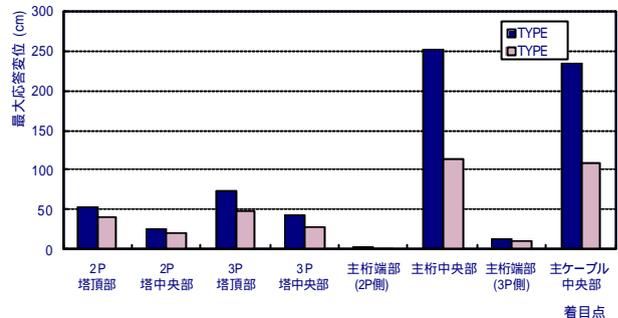


図 - 4 最大応答変位比較 (面外)

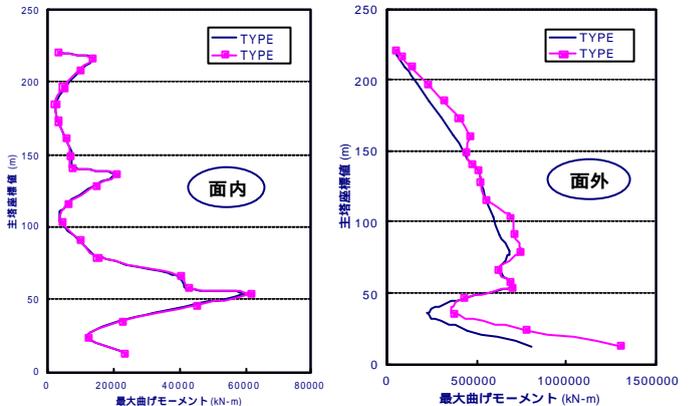


図 - 5 主塔の最大曲げモーメント比較

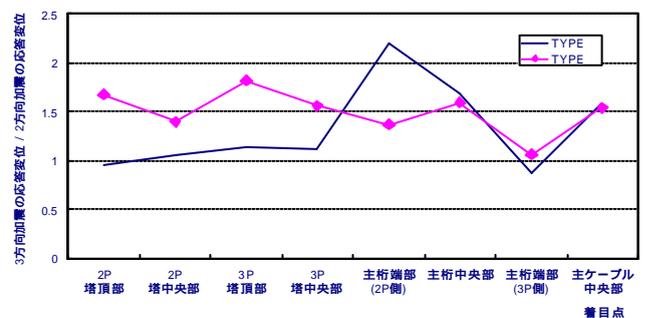


図 - 6 上下動成分の影響