

## 新潟県中越地震における横浜ベイブリッジの振動性状

|                |     |     |    |
|----------------|-----|-----|----|
| 首都高速道路公団       | 正会員 | 山本  | 泰幹 |
| 首都高速道路公団       | 正会員 | 小田桐 | 直幸 |
| リックエンジニアリング(株) |     | 徳山  | 清治 |
| リックエンジニアリング(株) | 正会員 | ○新井 | 曜子 |

## 1. 目的

横浜ベイブリッジは、中央径間 460m、全長 860m の 3 径間連続鋼トラス斜張橋であり、振動特性として 1 次固有周期が約 7.7sec（遊動円木モード）を有する長周期構造物である。昨年の中越地震（以下中越地震）では関東地方で長周期の地震動が観測されたため、横浜ベイブリッジの中越地震を含む最近の比較的大きな地震における振動性状について、本橋で実施している地震観測記録に基づき分析を行った。

## 2. 固有振動数と振動モード

地震観測で得られた加速度波形をスペクトル解析し、加速度振幅と位相より固有振動数（表-1）と振動モード（図-1）を得た。これら振動モードのうち、特に遊動円木モードは後述するその他の地震記録の全てにおいて捉えられたモードではないことから、中越地震の地震動には長周期成分が卓越していたことが推察される。

## 3. 長周期成分に対する振動性状

中越地震を含めて過去の 11 地震記録（表-2）から、本橋の長周期地震動に対する振動性状を調べた。各地震での基盤加速度（橋軸方向成分）の加速度応答スペクトル曲線を図-2 に示す。

これより、中越地震に加え東海道沖での地震等（地震番号、 ）においても長周期成分が卓越していたことがわかった。図-3 に各地震での支間中央における最大変位、図-4 に 1 次から 3 次モードの変位が最大変位に占める割合を示す。なお、各次モードの変位は、加速度波形を卓越振動数においてバンドパスフィルターで処理し、その後 2 回の時間積分によって求めたものである。前掲の長周期成分が卓越する 4 地震において、変位は相対的に大きく、また各次モードの応答が変位に占める割合も大きくなっているのが確認できた。

## 4. 地震動の長周期成分

図-5 に震央距離と基盤加速度の最大値の関係を示す。基盤加速度は距離減衰性によって小さくなっており、これからは長周期成分が卓越した 4 地震の地震動を特徴づけることはできない。ここでは、長周期成分の特性を、本橋の低次モードの固有振動数における基盤の加速度応答値について、地震の震源深さやマグニチュード（以下 M）の関係で整理して調べた。震源深さとの関係を図-6、M との関係を図-7 に示す。

震源深さについては、M が 6.0 以上の地震で比較して、震源深さが浅いほど 1 次モードの加速度応答値は大きくなっている。M については、同一規模の震源深さの地震データを比較して、M が大きいほど加速度応答値が大きくなる傾向が見られた。また、他の低次モードでも加速度応答値は同様の傾向を示したが、高次モードに移行するにつれてその傾向は減少し、今回の地震記録では 8 次（固有振動数 0.78Hz）以降ではほぼ同程度の加速度応答値であることがわかった。

## 5. まとめ

横浜ベイブリッジにおいて、昨年の中越地震では長周期成分が卓越していたため、低次モードが励起されたことがわかった。また、過去に記録された地震においても長周期成分が卓越した地震動があり、今回の地震記録からは震源深さが浅く、M が大きいほど、本橋の地震応答に与える長周期成分の影響が大きくなることが推察される。長周期成分については、震源深さや M のほかに地震動が伝播する地盤構造が影響するといわれている。地盤構造を含めた影響については、今後さらに分析を行う必要がある。

キーワード 長大斜張橋、地震観測、長周期地震動

連絡先 〒100-8930 東京都千代田区霞ヶ関 1-4-1 首都高速道路公団工務部設計技術課

TEL:03-3539-9463 FAX:03-3502-2411

表-1 固有振動数

| 次数 | モード形状   | 振動数 Hz | 次数 | モード形状     | 振動数 Hz   |
|----|---------|--------|----|-----------|----------|
| 1  | 遊動円木    | 0.17   | 6  | 主桁面内逆対称   | 0.54     |
| 2  | 主桁面外対称  | 0.29   | 7  | 主桁面外逆対称   | 他地震で0.65 |
| 3  | 主桁面内対称  | 0.34   | 8  | 主桁面内対称 2次 | 0.78     |
| 4  | 主塔面内逆位相 | 0.39   | 9  | 主桁ねじれ対称   | 0.85     |
| 5  | 主塔面内同位相 | 0.44   |    |           |          |

表-2 解析対象の地震

| 地震<br>番号 | 発生日時             | M   | 震源地      | 震源深さ<br>km | 震度 |    |
|----------|------------------|-----|----------|------------|----|----|
|          |                  |     |          |            | 横浜 | 東京 |
|          | 1993.05.21,11:36 | 5.4 | 茨城県南部    | 61         | 4  | 4  |
|          | 1993.10.12,00:54 | 6.9 | 東海道沖     | 391        | 4  | 4  |
|          | 1998.08.29,08:46 | 5.3 | 東京湾      | 65         | 4  | 4  |
|          | 2000.07.15,10:30 | 6.3 | 新島・神津島近海 | 10         | 4  | 3  |
|          | 2003.09.20,12:54 | 5.8 | 千葉県南部    | 70         | 4  | 4  |
|          | 2004.07.17,15:10 | 5.5 | 房総半島南東沖  | 69         | 4  | 3  |
|          | 2004.08.06,03:23 | 4.6 | 千葉県北西部   | 75         | 3  | 3  |
|          | 2004.09.05,19:07 | 7.1 | 紀伊半島沖    | 38         | 2  | 2  |
|          | 2004.09.05,23:59 | 7.4 | 東海道沖     | 44         | 3  | 2  |
|          | 2004.10.06,24:40 | 5.7 | 茨城県南部    | 66         | 3  | 4  |
|          | 2004.10.23,17:56 | 6.8 | 新潟県中越地方  | 13         | 3  | 4  |

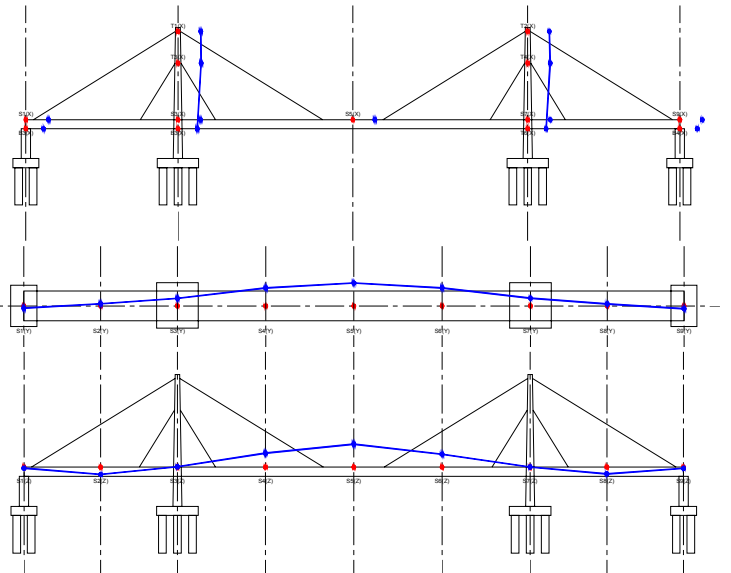


図-1 固有振動モード(上より1、2、3次モード)

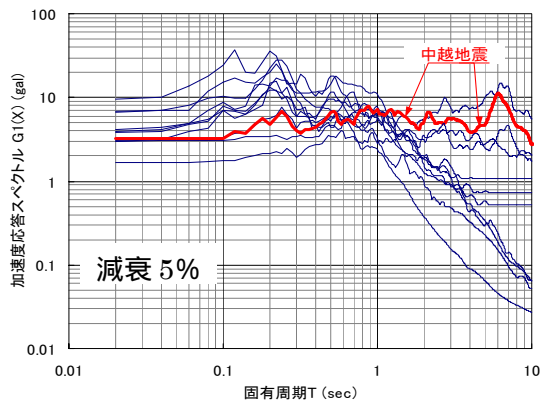


図-2 基盤加速度の加速度応答スペクトル

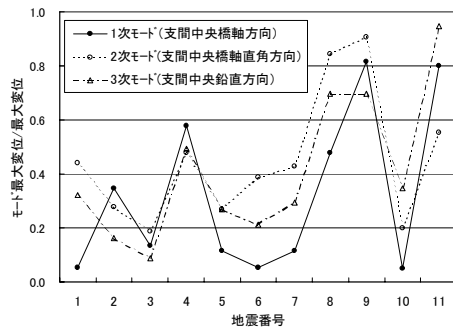


図-4 最大変位に占める各次モードの割合

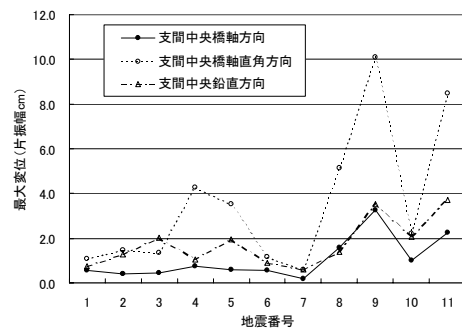


図-3 支間中央の最大応答変位

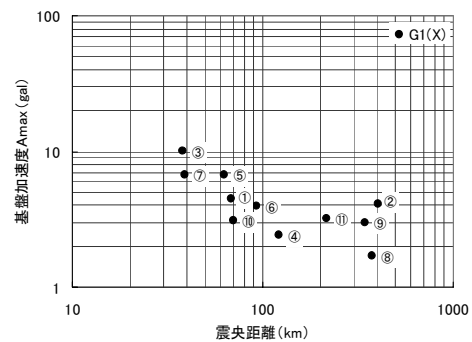


図-5 震央距離と基盤の最大加速度

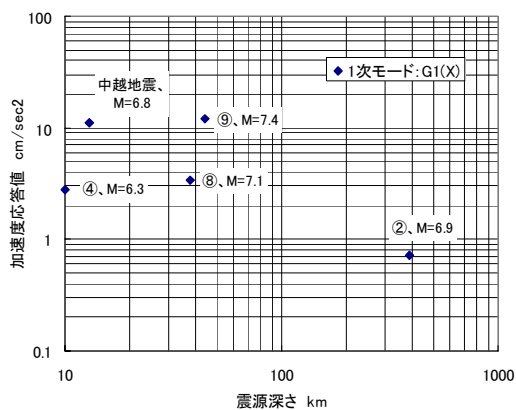


図-6 震源深さと加速度応答値(1次モード)

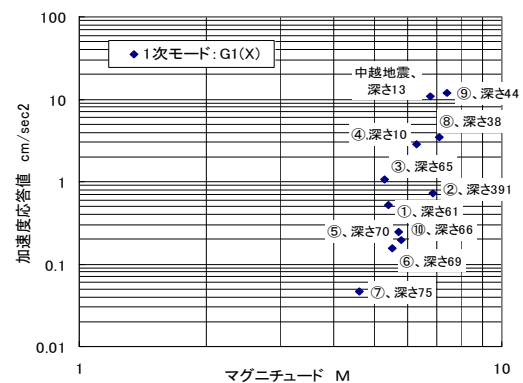


図-7 Mと加速度応答値(1次モード)