

# 目次

頁

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| § 1 . 概要                 | ..... |
| 1.1 設計条件                 | ..... |
| 1.2 解析条件                 | ..... |
| § 2 . 解析法および解析モデル        | ..... |
| 2.1 解析法                  | ..... |
| 2.2 解析モデル (モデル図 / 入力データ) | ..... |
| 解析モデル図                   | ..... |
| 節点座標および質量                | ..... |
| 断面定数                     | ..... |
| 基礎地盤バネ定数                 | ..... |
| 2.3 非線形部材                | ..... |
| (1) はり部材の曲げモーメント - 曲率の関係 | ..... |
| § 3 . 固有値解析              | ..... |
| 3.1 減衰定数                 | ..... |
| 3.2 固有値解析                | ..... |
| 固有値解析結果 / Rayleigh 減衰    | ..... |
| § 4 . 非線形動的解析            | ..... |
| 4.1 入力地震動                | ..... |
| 4.1 非線形動的解析結果            | ..... |
| § 5 . 照査                 | ..... |
| (1) 曲率に対する照査             | ..... |

## 添付資料

固有値解析 / 振動モード図

1 次 ~ 14 次

時刻歴応答値図 / 履歴図

タイプ およびタイプ / 各 3 波

## § 1 . 概要

当該橋梁は、上部下部が一体となったラーメン橋である。

ラーメン橋は、「道路橋示方書：V耐震設計編（平成14年3月）」により、地震時の挙動が複雑な橋と位置付けされている。

この場合、静的照査法では地震時の挙動を十分に表すことができない場合もあるため道示7章に規定されている動的照査法によって耐震性能を照査する。

動的照査法としては、タイプ およびタイプ の地震動に対して、橋脚躯体に材料的非線形性を考慮した非線形時刻歴応答解析を用いた。

### 1.1 設計条件

地盤種別 : 種地盤  
地域区分 : B地域 ( $C_z=0.85$ )  
使用材料 : 下部工 STK400

### 1.2 解析条件

解析対象 : 橋梁全体  
解析モデル : 立体モデル  
加振方向 : 橋軸・橋軸直角方向  
解析方法 : 直接積分時刻歴応答解析  
非線形モデル : 下部工 バイリニアモデル (M - モデル)  
減衰評価タイプ : Rayleigh 減衰  
使用プログラム : 道路橋示方書対応耐震設計支援システム「EARMEST」

## § 2 . 解析法および解析モデル

### 2.1 解析法

動的照査法は、タイプ およびタイプ の地震動に対して、橋脚躯体の柱部材に材料の非線形性を考慮した直接積分法による時刻歴応答解析法を採用した解析により行った。

積分方法は、最も一般的に使用されている Newmark 法（平均加速度法  $\gamma = 1/4$ ）を採用した。

### 2.2 解析モデル

解析モデルは、橋梁全体系を 3次元の立体解析モデルとしてモデル化し、上部構造および下部構造を棒モデルに置換した骨組モデルである。また、上部構造については線形はり要素、下部構造については橋脚の柱部を非線形はり要素としてモデル化した。支承や基礎地盤バネについては、同一座標に 2つの節点を設け、それらを線形バネ要素で結合しモデル化した。

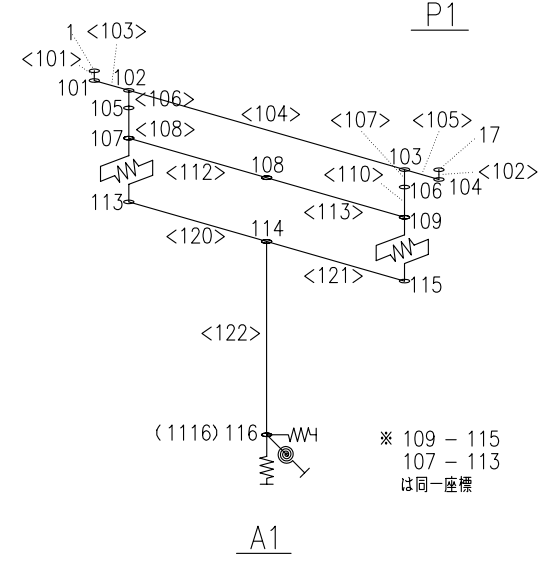
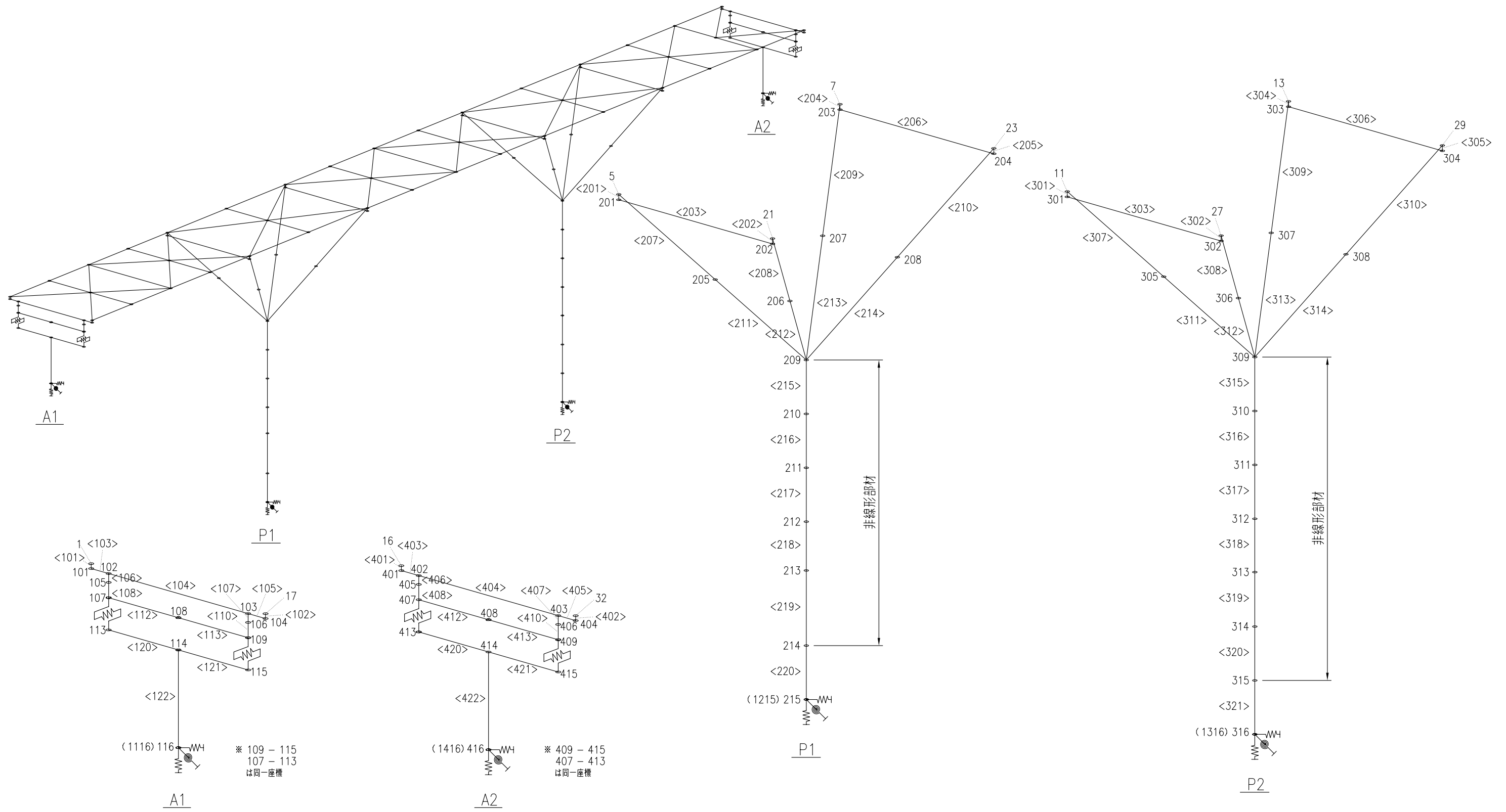
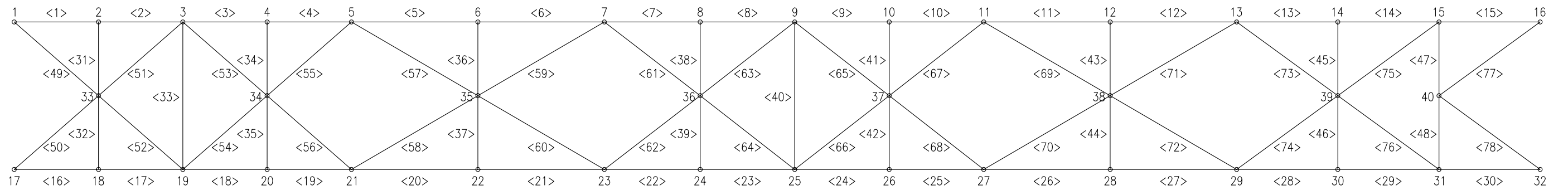
本解析における解析モデルの節点番号および部材番号を次ページのモデル図に示す。また、節点座標および各節点に集中させた質量値を表 - 2.2.1、はり要素の断面定数を表 - 2.2.2~2.2.3、各橋台・橋脚の基礎地盤バネ定数を表 - 2.2.4~表 - 2.2.5 に示す。支承のバネ値を表 - 2.2.6 に示す。

### 2.3 非線形部材

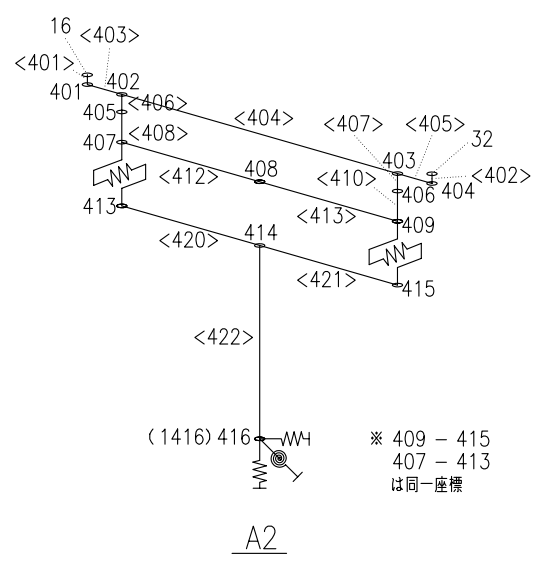
材料の非線形性は、橋脚柱部に考慮した。材料非線形のスケルトン曲線は、曲げモーメント-曲率の関係をを用いた M -  $\phi$  モデルとした。履歴特性においては、圧縮縁降伏と引張縁降伏の数値を算出し小さい方の数値を降伏値としたバイリニア型でモデル化した。

柱部材の曲げモーメントと曲率（M -  $\phi$ ）の関係

|               | 圧縮縁降伏    | 引張縁降伏     | 終局        |
|---------------|----------|-----------|-----------|
| 曲げモーメント(kN・m) | 434.96   | 474.92    | 631.90    |
| 曲率(1/m)       | 0.004484 | 0.0050143 | 0.0585699 |



※ 109 - 115  
107 - 113  
は同一座標



※ 409 - 415  
407 - 413  
は同一座標

解析モデル図



表-2.2.3 断面性能

(1/4)

| 番号 | ヤング率<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | せん断<br>弾性係数<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 断面積<br>(m <sup>2</sup> ) | X軸廻り<br>ねじり定数<br>(m <sup>4</sup> ) | Y軸廻り<br>断面2次モーメント<br>(m <sup>4</sup> ) | Z軸廻り<br>断面2次モーメント<br>(m <sup>4</sup> ) |
|----|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|--|--|
| 1  | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 2  | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 3  | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 4  | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 5  | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 6  | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 7  | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 8  | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 9  | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 10 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 11 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 12 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 13 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 14 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 15 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 16 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 17 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 18 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 19 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 20 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 21 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 22 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 23 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 24 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 25 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 26 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 27 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 28 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 29 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 30 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0126000                | 0.0000010                          | 0.0004170                              | 0.0004440                              |
| 31 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0038110                | 0.0000010                          | 0.0000050                              | 0.0000260                              |
| 32 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0038110                | 0.0000010                          | 0.0000050                              | 0.0000260                              |
| 33 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0038110                | 0.0000010                          | 0.0000050                              | 0.0000260                              |
| 34 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0038110                | 0.0000010                          | 0.0000050                              | 0.0000260                              |
| 35 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0038110                | 0.0000010                          | 0.0000050                              | 0.0000260                              |
| 36 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0038110                | 0.0000010                          | 0.0000050                              | 0.0000260                              |
| 37 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0038110                | 0.0000010                          | 0.0000050                              | 0.0000260                              |
| 38 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0038110                | 0.0000010                          | 0.0000050                              | 0.0000260                              |
| 39 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0038110                | 0.0000010                          | 0.0000050                              | 0.0000260                              |
| 40 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0038110                | 0.0000010                          | 0.0000050                              | 0.0000260                              |
| 41 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0038110                | 0.0000010                          | 0.0000050                              | 0.0000260                              |
| 42 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0038110                | 0.0000010                          | 0.0000050                              | 0.0000260                              |
| 43 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0038110                | 0.0000010                          | 0.0000050                              | 0.0000260                              |
| 44 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0038110                | 0.0000010                          | 0.0000050                              | 0.0000260                              |
| 45 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0038110                | 0.0000010                          | 0.0000050                              | 0.0000260                              |
| 46 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0038110                | 0.0000010                          | 0.0000050                              | 0.0000260                              |
| 47 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0038110                | 0.0000010                          | 0.0000050                              | 0.0000260                              |
| 48 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0038110                | 0.0000010                          | 0.0000050                              | 0.0000260                              |
| 49 | 2.000E+008                   | 7.700E+007                          | 0.0017000                | 0.0000010                          | 0.0000010                              | 0.0000010                              |

表 - 2.2.4 基礎条件 (橋軸方向)

|     | X方向 (kN/m) | X-Yの連成 (kN/m) | X-Z回転の連成 (kN/rad) |
|-----|------------|---------------|-------------------|
|     | -----      | Y方向(kN/m)     | Y-Z回転の連成 (kN/rad) |
|     | -----      | -----         | Z回転(kN・m/rad)     |
| A1脚 | 1.0500E+06 | 0.0000E+00    | 2.0530E+05        |
|     | ----       | 1.2700E+05    | 0.0000E+00        |
|     | ----       | ----          | 5.6800E+06        |
| P1脚 | 3.0400E+05 | 0.0000E+00    | 0.0000E+00        |
|     | ----       | 9.1100E+05    | 0.0000E+00        |
|     | ----       | ----          | 3.3500E+05        |
| P2脚 | 3.0400E+05 | 0.0000E+00    | 0.0000E+00        |
|     | ----       | 9.1100E+05    | 0.0000E+00        |
|     | ----       | ----          | 3.3500E+05        |
| A2脚 | 9.9000E+05 | 0.0000E+00    | 2.2270E+05        |
|     | ----       | 1.8100E+05    | 0.0000E+00        |
|     | ----       | ----          | 7.4710E+06        |

表 - 2.2.5 基礎条件 (橋軸直角方向)

|     | Z方向 (kN/m) | Z-X回転の連成 (kN/rad) | Z-Y回転の連成 (kN/rad)   |
|-----|------------|-------------------|---------------------|
|     | -----      | X回転 (kN・m/rad)    | Y,Z回転の連成 (kN・m/rad) |
|     | -----      | -----             | Y回転 (kN・m/rad)      |
| A1脚 | 1.0500E+06 | -2.0530E+05       | 0.0000E+00          |
|     | ----       | 5.6800E+06        | 0.0000E+00          |
|     | ----       | ----              | 1.0000E+10          |
| P1脚 | 3.0400E+05 | 0.0000E+00        | 0.0000E+00          |
|     | ----       | 1.7100E+05        | 0.0000E+00          |
|     | ----       | ----              | 1.0000E+10          |
| P2脚 | 3.0400E+05 | 0.0000E+00        | 0.0000E+00          |
|     | ----       | 1.7100E+05        | 0.0000E+00          |
|     | ----       | ----              | 1.0000E+10          |
| A2脚 | 9.9000E+05 | -2.2270E+05       | 0.0000E+00          |
|     | ----       | 7.4710E+06        | 0.0000E+00          |
|     | ----       | ----              | 1.0000E+10          |

### § 3 . 固有値解析

動的解析に先立ち、解析の対象となる橋梁の固有周期や振動モードの把握、および動的解析で用いる減衰項を定義する Rayleigh 減衰を設定することを目的として、固有値解析を行う。

#### 3.1 減衰定数

固有値解析を行う際の各構造要素の減衰定数は、道路橋示方書 V 耐震設計編(平成 14 年 3 月)の表-解 7.3.1 より、表-3.1.1 のように定義した。

表-3.1.1 各構造要素の減衰定数

|      | 減衰定数 |
|------|------|
| 上部構造 | 2 %  |
| 支 承  | 2 %  |
| 下部構造 | 2 %  |
| 基 礎  | 10 % |

#### 3.2 固有値解析

固有値解析は、一般的な解析法として使用されている Subspace 法を用いた。固有値解析では、固有周期、振動モード、ひずみエネルギー比例減衰、有効質量等を算出した。算出結果を表 - 3.2.1 ~ 表 - 3.2.2 に示す。ここで算出された固有振動数およびひずみエネルギー比例減衰より、橋軸方向 1 次と 7 次、橋軸直角方向 2 次と 13 次の 2 つのモードを選択し、動的解析で使用する Rayleigh 減衰を図 - 3.2.1 ~ 図 - 3.2.2 のように設定した。



表 - 3.2.1 固有値解析結果 (橋軸方向)

| モード次数 | 振動数<br>( 1/s ) | 固有周期<br>( s ) | 刺激係数 (有効質量比) |              |              | ひずみエネルギー<br>比例減衰 |
|-------|----------------|---------------|--------------|--------------|--------------|------------------|
|       |                |               | X軸方向         | Y軸方向         | Z軸方向         |                  |
| 1 *   | 2.2833         | 0.4380        | 5.2370 (21)  | 0.0235 (0)   | 0.0000 (0)   | 0.04300          |
| 2     | 4.4155         | 0.2265        | 0.0000 (0)   | 0.0000 (0)   | -4.4260 (15) | 0.02332          |
| 3     | 6.4795         | 0.1543        | 0.1867 (0)   | -0.5614 (0)  | 0.0000 (0)   | 0.03472          |
| 4     | 6.7522         | 0.1481        | 0.0000 (0)   | 0.0000 (0)   | -2.4810 (5)  | 0.05573          |
| 5     | 7.6311         | 0.1310        | 0.0000 (0)   | 0.0000 (0)   | 0.6072 (0)   | 0.05357          |
| 6     | 8.9559         | 0.1117        | -0.2807 (0)  | 5.6650 (24)  | 0.0000 (0)   | 0.08948          |
| 7 *   | 10.1263        | 0.0988        | -0.6611 (0)  | -4.8830 (18) | 0.0000 (0)   | 0.05155          |
| 8     | 11.0620        | 0.0904        | 0.3370 (0)   | -5.3600 (22) | 0.0000 (0)   | 0.08411          |
| 9     | 12.0037        | 0.0833        | 0.0000 (0)   | 0.0000 (0)   | 0.0957 (0)   | 0.02578          |
| 10    | 14.9380        | 0.0669        | -0.1988 (0)  | -2.1740 (4)  | 0.0000 (0)   | 0.02945          |
| 11    | 15.4894        | 0.0646        | 0.0000 (0)   | 0.0000 (0)   | -1.2180 (1)  | 0.02763          |
| 12    | 17.4192        | 0.0574        | 0.0000 (0)   | 0.0000 (0)   | -1.1930 (1)  | 0.03123          |
| 13    | 18.8370        | 0.0531        | -0.0003 (0)  | 0.0001 (0)   | 4.1660 (13)  | 0.07538          |
| 14    | 19.5239        | 0.0512        | 0.0142 (0)   | -0.0038 (0)  | 2.7370 (6)   | 0.07573          |

\* Rayleigh減衰の算定に用いた次数

**Rayleigh減衰**

算定に用いる次数    i = 1    次            hi = 0.0430    i = 14.3462  
                               j = 7    次            hj = 0.0516    j = 63.6256

質量マトリックスの係数    = 0.94849  
 剛性マトリックスの係数    = 0.00139

ここに、  

$$= \frac{2h_i \omega_i^2 - \omega_i^4}{\omega_i^2 - \omega_j^2}$$

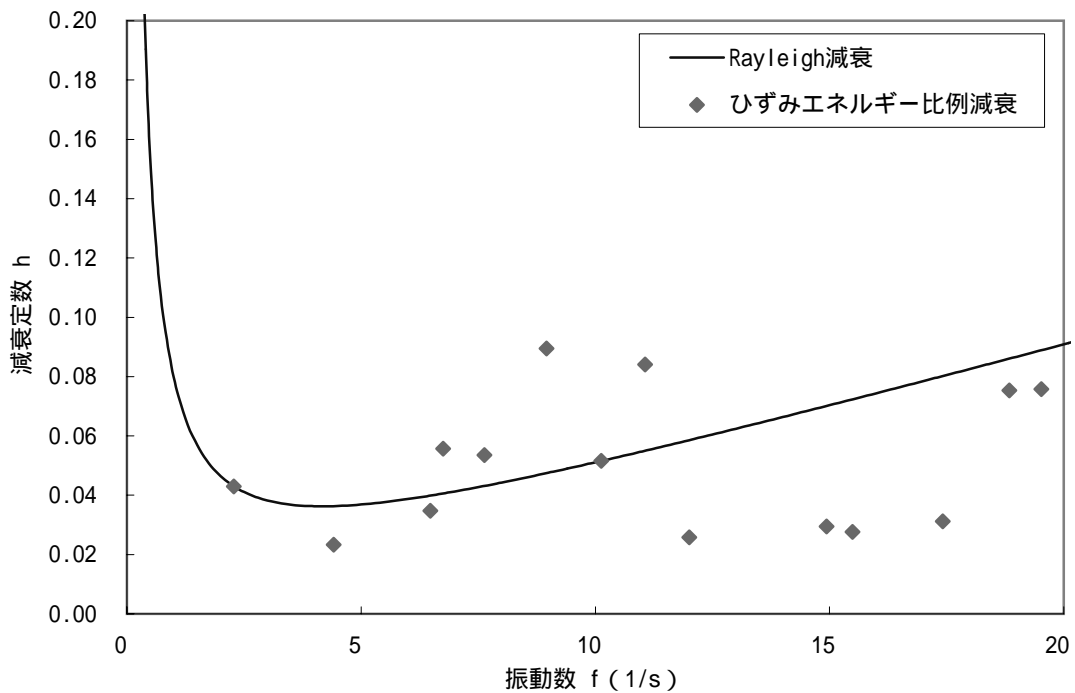


図 - 3.2.1 動的解析に用いた減衰と振動数の関係 (橋軸方向)

表 - 3.2.2 固有値解析結果 (橋軸直角方向)

| モード次数 | 振動数<br>( 1/s ) | 固有周期<br>( s ) | 刺激係数 (有効質量比) |              |              | ひずみエネルギー<br>比例減衰 |
|-------|----------------|---------------|--------------|--------------|--------------|------------------|
|       |                |               | X軸方向         | Y軸方向         | Z軸方向         |                  |
| 1     | 2.2833         | 0.4380        | 5.2370 (21)  | 0.0235 (0)   | 0.0000 (0)   | 0.04300          |
| 2 *   | 4.4155         | 0.2265        | 0.0000 (0)   | 0.0000 (0)   | -4.4260 (15) | 0.02332          |
| 3     | 6.4795         | 0.1543        | 0.1867 (0)   | -0.5614 (0)  | 0.0000 (0)   | 0.03472          |
| 4     | 6.7522         | 0.1481        | 0.0000 (0)   | 0.0000 (0)   | -2.4810 (5)  | 0.05573          |
| 5     | 7.6311         | 0.1310        | 0.0000 (0)   | 0.0000 (0)   | 0.6072 (0)   | 0.05357          |
| 6     | 8.9559         | 0.1117        | -0.2807 (0)  | 5.6650 (24)  | 0.0000 (0)   | 0.08948          |
| 7     | 10.1263        | 0.0988        | -0.6611 (0)  | -4.8830 (18) | 0.0000 (0)   | 0.05155          |
| 8     | 11.0620        | 0.0904        | 0.3370 (0)   | -5.3600 (22) | 0.0000 (0)   | 0.08411          |
| 9     | 12.0037        | 0.0833        | 0.0000 (0)   | 0.0000 (0)   | 0.0957 (0)   | 0.02578          |
| 10    | 14.9380        | 0.0669        | -0.1988 (0)  | -2.1740 (4)  | 0.0000 (0)   | 0.02945          |
| 11    | 15.4894        | 0.0646        | 0.0000 (0)   | 0.0000 (0)   | -1.2180 (1)  | 0.02763          |
| 12    | 17.4192        | 0.0574        | 0.0000 (0)   | 0.0000 (0)   | -1.1930 (1)  | 0.03123          |
| 13 *  | 18.8370        | 0.0531        | -0.0003 (0)  | 0.0001 (0)   | 4.1660 (13)  | 0.07538          |
| 14    | 19.5239        | 0.0512        | 0.0142 (0)   | -0.0038 (0)  | 2.7370 (6)   | 0.07573          |

\* Rayleigh減衰の算定に用いた次数

**Rayleigh減衰**

算定に用いる次数     $i = 2$     次                     $h_i = 0.0233$      $i = 27.7434$   
                                   $j = 13$     次                     $h_j = 0.0754$      $j = 118.3564$

質量マトリックスの係数    =    0.33176  
 剛性マトリックスの係数    =    0.00125

ここに、  

$$= \frac{2h_i \omega_i^2 - \omega_i^4}{\omega_i^2 - \omega_j^2}$$

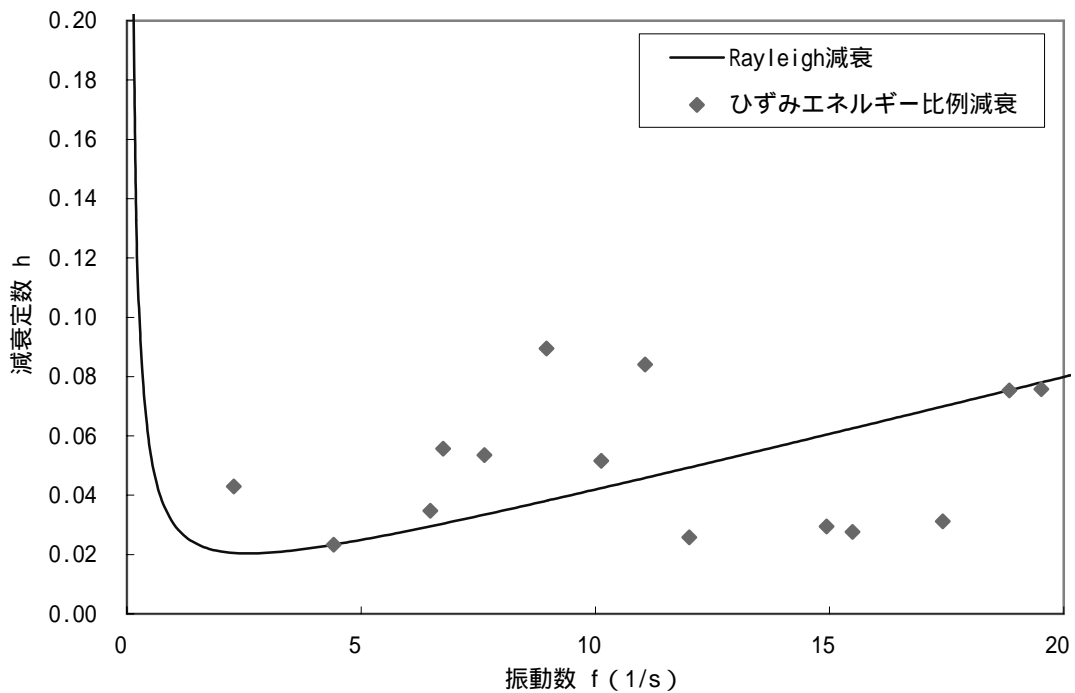


図 - 3.2.2 動的解析に用いた減衰と振動数の関係 (橋軸直角方向)

## § 4 . 非線形動的解析

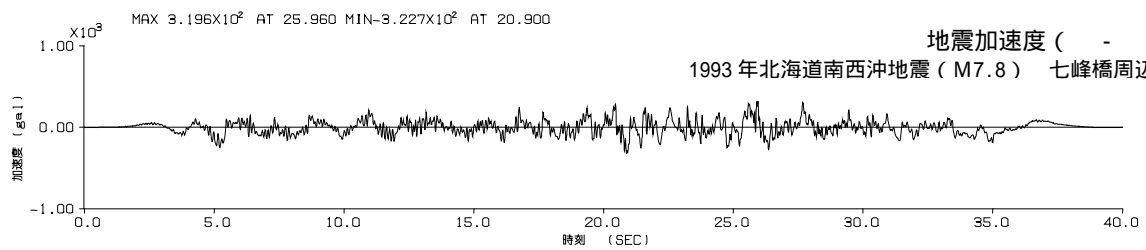
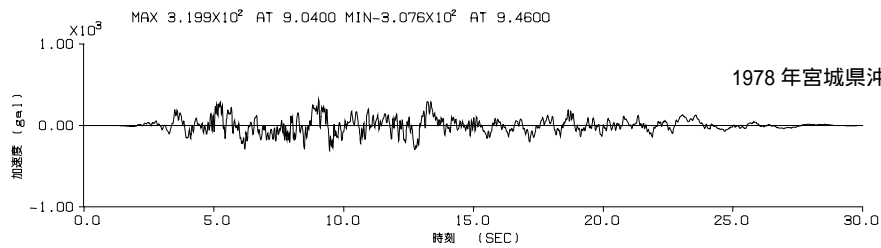
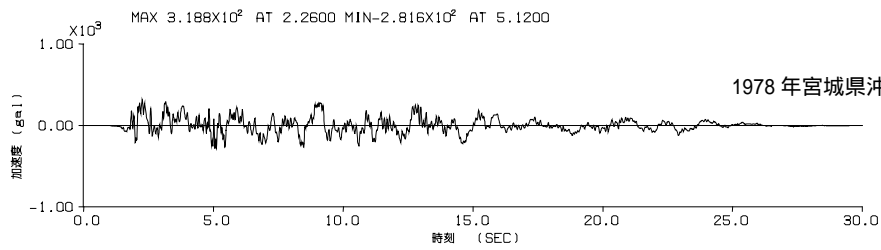
### 4.1 入力地震動

非線形動的解析に考慮した入力地震動は、タイプ とタイプ の 種地盤における加速度波形（各 3 波）を使用する。ここでは、その加速度波形の合計 6 波を橋軸方向に作用させるものとする。使用した強震記録およびその地震加速度波形を次ページに示す。

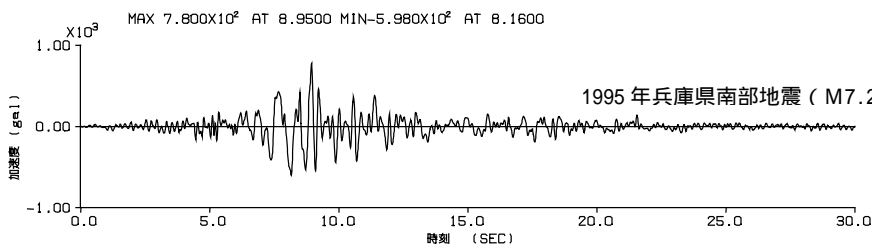
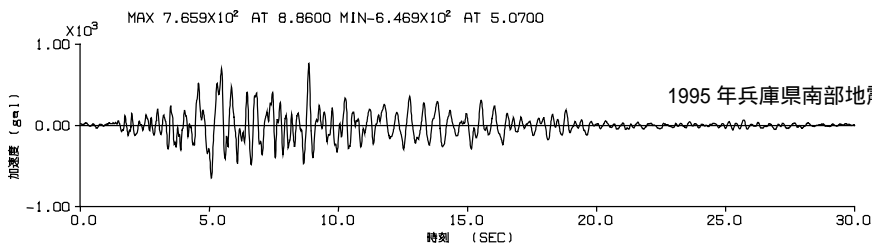
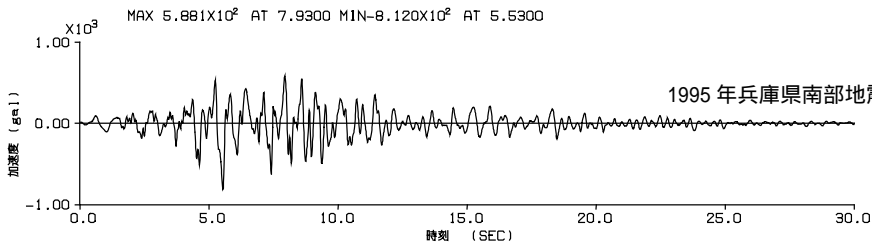
なお、当該地域は B 地域であることから、の加速度波形に地域別補正係数（ $C_z = 0.85$ ）を乗じて作用させた。

### 4.2 非線形動的解析結果

入力地震動による動的解析結果として得られた最大応答値の一覧を表-4.2.1～4.2.2 示す。なお、各橋脚毎の時刻歴図および履歴図については添付資料に示す。



(a) タイプ



(b) タイプ

入力地震加速度波形 ( 種地盤 )

表-4.2.1 動的解析結果 (橋軸方向)

|                         |  | タイプ の地震動 |        |           |           |           | タイプ の地震動 |           |           |           |          |          |          |
|-------------------------|--|----------|--------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
|                         |  | - 1      | - 2    | - 3       | 平均        | - 1       | - 2      | - 3       | 平均        |           |          |          |          |
| 入力地震動の最大加速度             |  | gal      | 271.01 | 271.91    | -274.30   | -         | -        | -         | 651.00    | -         | -        | 663.04   | 平均       |
| 最大応答加速度<br>(上部工慣性力作用位置) |  | amax     | 693.52 | -573.61   | 666.33    | 644.49    | -1677.78 | -1580.60  | 1649.51   | 1635.96   | 1628.64  | 1636.20  | 1628.68  |
| 最大応答変位<br>(上部工慣性力作用位置)  |  | max      | cm     | 3.14      | 3.14      | 3.14      | 3.14     | 3.14      | 3.14      | 3.14      | 3.14     | 3.14     | 3.14     |
| 最大曲げモーメント<br>(M- )      |  | Mmax     | kN-m   | 63.23     | -57.32    | 60.73     | 60.43    | -202.39   | -168.98   | 184.57    | 185.31   | 50.21    | 50.21    |
|                         |  |          |        | -5.54     | -5.34     | -5.92     | 5.60     | -58.31    | -41.28    | 51.05     | 179.48   | 307.87   | 446.02   |
|                         |  |          |        | -74.82    | 60.89     | -71.89    | 69.20    | -184.66   | -168.61   | 185.18    | 179.48   | 307.87   | 446.02   |
|                         |  |          |        | -141.17   | 117.81    | -135.33   | 131.44   | 308.40    | 313.45    | 313.45    | 307.87   | 446.02   | 446.02   |
|                         |  |          |        | -221.59   | 186.93    | -212.43   | 206.98   | 448.31    | 443.04    | 443.04    | 307.87   | 446.02   | 446.02   |
|                         |  |          |        | 76.16     | -61.13    | 71.90     | 69.73    | -205.35   | -181.73   | 197.68    | 194.92   | 68.97    | 68.97    |
|                         |  |          |        | 18.50     | -14.93    | 17.51     | 16.98    | -76.89    | -58.92    | 71.09     | 105.61   | 105.61   | 105.61   |
|                         |  |          |        | -39.74    | 32.50     | -38.55    | 36.93    | -111.92   | -97.33    | 107.57    | 221.48   | 221.48   | 221.48   |
|                         |  |          |        | -98.12    | 79.34     | -93.90    | 90.45    | -226.78   | -215.08   | 222.58    | 337.97   | 337.97   | 337.97   |
|                         |  |          |        | -157.12   | 126.89    | -149.80   | 144.60   | -342.80   | -334.18   | 336.92    | 446.71   | 446.71   | 446.71   |
|                         |  |          |        | -216.63   | 175.29    | -206.32   | 199.41   | 449.08    | 443.24    | 443.24    | 0.001910 | 0.001910 | 0.001910 |
| 最大応答曲率<br>(M- )         |  | max      | 1/m    | 0.000652  | -0.000591 | 0.000626  | 0.000623 | -0.002086 | -0.001742 | 0.001903  | 0.000518 | 0.000518 | 0.000518 |
|                         |  |          |        | -0.000057 | -0.000055 | -0.000061 | 0.000058 | -0.000601 | -0.000426 | 0.000526  | 0.001850 | 0.001850 | 0.001850 |
|                         |  |          |        | -0.000771 | 0.000628  | -0.000741 | 0.000713 | -0.001904 | -0.001738 | 0.001909  | 0.003174 | 0.003174 | 0.003174 |
|                         |  |          |        | -0.001455 | 0.001215  | -0.001395 | 0.001355 | 0.003179  | 0.003111  | 0.003231  | 0.007522 | 0.007522 | 0.007522 |
|                         |  |          |        | -0.002284 | 0.001927  | -0.002190 | 0.002134 | 0.008151  | 0.006703  | -0.007712 | 0.002009 | 0.002009 | 0.002009 |
|                         |  |          |        | 0.000785  | -0.000630 | 0.000741  | 0.000719 | -0.002117 | -0.001873 | 0.002038  | 0.000711 | 0.000711 | 0.000711 |
|                         |  |          |        | 0.000191  | -0.000154 | 0.000180  | 0.000175 | -0.000793 | -0.000607 | 0.000733  | 0.001089 | 0.001089 | 0.001089 |
|                         |  |          |        | -0.000410 | 0.000335  | -0.000397 | 0.000381 | -0.001154 | -0.001003 | 0.001109  | 0.002283 | 0.002283 | 0.002283 |
|                         |  |          |        | -0.001012 | 0.000818  | -0.000968 | 0.000933 | -0.002338 | -0.002217 | 0.002295  | 0.003484 | 0.003484 | 0.003484 |
|                         |  |          |        | -0.001620 | 0.001308  | -0.001544 | 0.001491 | -0.003534 | -0.003445 | 0.003473  | 0.007711 | 0.007711 | 0.007711 |
|                         |  |          |        | -0.002233 | 0.001807  | -0.002127 | 0.002056 | 0.008363  | 0.006757  | -0.008014 | 0.063    | 0.063    | 0.063    |
| 支承の移動量                  |  | max      | m      | 0.025     | 0.021     | 0.024     | 0.023    | 0.066     | 0.059     | 0.065     | 0.063    | 0.063    | 0.063    |
|                         |  |          |        | 0.025     | 0.021     | 0.024     | 0.023    | 0.066     | 0.059     | 0.065     | 0.063    | 0.063    | 0.063    |
|                         |  |          |        | 0.025     | 0.021     | 0.024     | 0.024    | 0.067     | 0.060     | 0.065     | 0.064    | 0.064    | 0.064    |
|                         |  |          |        | 0.025     | 0.021     | 0.024     | 0.024    | 0.067     | 0.060     | 0.065     | 0.064    | 0.064    | 0.064    |
| 支承の水平力                  |  | Pmax     | kN     | 13.10     | 10.70     | 12.60     | 12.13    | 34.55     | 30.87     | 33.68     | 33.03    | 33.03    | 33.03    |
|                         |  |          |        | 13.10     | 10.70     | 12.60     | 12.13    | 34.55     | 30.87     | 33.68     | 33.03    | 33.03    | 33.03    |
|                         |  |          |        | 12.40     | 10.30     | 11.89     | 11.53    | 32.99     | 29.42     | 31.98     | 31.46    | 31.46    | 31.46    |
|                         |  |          |        | 12.40     | 10.30     | 11.89     | 11.53    | 32.99     | 29.42     | 31.98     | 31.46    | 31.46    | 31.46    |

表-4.2.2 動的解析結果 (橋軸直角方向)

| 入力地震動の最大加速度<br>最大応答加速度<br>(上部工慣性力作用位置) | タイプ の地震動 |      |           |           |           | タイプ の地震動 |           |           |           |           | 平均       |        |   |
|--|----------|------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--------|---|
|  | -        | -    | -         | -         | -         | -        | -         | -         | -         | -         |          |        |   |
|  | 平均       | -    | -         | -         | -         | 平均       | -         | -         | -         | -         |          |        |   |
| A1G1                                   | gal      | amax | 271.01    | 271.91    | -274.30   | -        | -         | -         | -         | -         | -        | 663.04 | - |
| A1G2                                   | gal      | amax | -325.93   | -329.50   | 349.46    | 334.96   | -692.90   | 674.23    | 651.00    | 674.23    | 702.01   | 689.71 | - |
| A2G1                                   |          |      | -323.35   | -328.85   | 347.14    | 333.11   | -693.24   | 673.74    | 673.74    | 701.36    | 689.45   | -      | - |
| A2G2                                   |          |      | -325.93   | -329.50   | 349.46    | 334.96   | -692.91   | 674.23    | 674.23    | 702.01    | 689.72   | -      | - |
| A1G1                                   | cm       | max  | -323.35   | -328.86   | 347.14    | 333.12   | -693.24   | 673.74    | 673.74    | 701.36    | 689.45   | -      | - |
| A1G2                                   |          |      | -0.03     | 0.02      | -0.03     | 0.03     | -0.06     | -0.07     | -0.06     | -0.06     | 0.06     | -      | - |
| A2G1                                   |          |      | -0.03     | 0.02      | -0.03     | 0.03     | -0.05     | -0.06     | -0.05     | -0.05     | 0.05     | -      | - |
| A2G2                                   |          |      | -0.03     | 0.02      | -0.03     | 0.03     | -0.06     | -0.07     | -0.06     | -0.06     | 0.06     | -      | - |
| P1-215                                 | kN-m     | Mmax | -29.52    | 35.53     | -23.02    | 29.36    | 61.81     | -56.76    | -41.77    | -41.77    | 53.45    | -      | - |
| P1-216                                 |          |      | -20.52    | 26.50     | -18.88    | 21.97    | 51.05     | -48.21    | -48.21    | 34.47     | 44.58    | -      | - |
| P1-217                                 |          |      | -14.26    | -18.47    | -16.63    | 16.45    | 40.49     | -40.03    | -40.03    | 32.31     | 37.61    | -      | - |
| P1-218                                 |          |      | 15.22     | -19.23    | -17.58    | 17.34    | -37.93    | 41.04     | 41.04     | 30.68     | 36.55    | -      | - |
| P1-219                                 |          |      | 22.67     | 25.89     | -29.77    | 26.11    | -46.80    | 49.01     | 49.01     | 40.62     | 45.48    | -      | - |
| P2-315                                 |          |      | -31.74    | 37.89     | 29.69     | 33.11    | 60.83     | 56.64     | -41.31    | -41.31    | 52.93    | -      | - |
| P2-316                                 |          |      | -23.02    | 28.70     | 20.77     | 24.16    | 49.15     | -44.56    | -44.56    | -31.80    | 41.84    | -      | - |
| P2-317                                 |          |      | -15.06    | 19.46     | -15.13    | 16.55    | 39.07     | -36.67    | -36.67    | 28.53     | 34.76    | -      | - |
| P2-318                                 |          |      | 12.69     | -16.20    | -13.51    | 14.13    | -32.21    | 32.77     | 32.77     | 26.62     | 30.53    | -      | - |
| P2-319                                 |          |      | 19.85     | 19.86     | -21.77    | 20.49    | -37.36    | 39.05     | 39.05     | 35.07     | 37.16    | -      | - |
| P2-320                                 |          |      | 29.08     | -30.65    | -31.90    | 30.54    | -45.57    | 53.07     | 53.07     | 51.03     | 49.89    | -      | - |
| P1-215                                 | 1/m      | max  | -0.000304 | 0.000366  | -0.000237 | 0.000302 | 0.000637  | -0.000585 | -0.000431 | -0.000431 | 0.000551 | -      | - |
| P1-216                                 |          |      | -0.000212 | 0.000273  | -0.000195 | 0.000227 | 0.000526  | -0.000497 | -0.000497 | 0.000355  | 0.000459 | -      | - |
| P1-217                                 |          |      | -0.000147 | -0.000190 | -0.000171 | 0.000169 | 0.000417  | -0.000413 | -0.000413 | 0.000333  | 0.000388 | -      | - |
| P1-218                                 |          |      | 0.000157  | -0.000198 | -0.000181 | 0.000179 | -0.000391 | 0.000423  | 0.000423  | 0.000316  | 0.000377 | -      | - |
| P1-219                                 |          |      | 0.000234  | 0.000267  | -0.000307 | 0.000269 | -0.000482 | 0.000505  | 0.000505  | 0.000419  | 0.000469 | -      | - |
| P2-315                                 |          |      | -0.000327 | 0.000391  | 0.000306  | 0.000341 | 0.000627  | 0.000584  | 0.000584  | -0.000426 | 0.000546 | -      | - |
| P2-316                                 |          |      | -0.000237 | 0.000296  | 0.000214  | 0.000249 | 0.000507  | -0.000459 | -0.000459 | 0.000328  | 0.000431 | -      | - |
| P2-317                                 |          |      | -0.000155 | 0.000201  | -0.000156 | 0.000171 | 0.000403  | -0.000378 | -0.000378 | 0.000294  | 0.000358 | -      | - |
| P2-318                                 |          |      | 0.000131  | -0.000167 | -0.000139 | 0.000146 | -0.000332 | 0.000338  | 0.000338  | 0.000274  | 0.000315 | -      | - |
| P2-319                                 |          |      | 0.000205  | 0.000205  | -0.000224 | 0.000211 | -0.000385 | 0.000403  | 0.000403  | 0.000362  | 0.000383 | -      | - |
| P2-320                                 |          |      | 0.000300  | -0.000316 | -0.000329 | 0.000315 | -0.000470 | 0.000547  | 0.000547  | 0.000526  | 0.000514 | -      | - |
| A1G1                                   | m        |      | -         | -         | -         | -        | -         | -         | -         | -         | -        | -      | - |
| A1G2                                   |          |      | -         | -         | -         | -        | -         | -         | -         | -         | -        | -      | - |
| A2G1                                   |          |      | -         | -         | -         | -        | -         | -         | -         | -         | -        | -      | - |
| A2G2                                   |          |      | -         | -         | -         | -        | -         | -         | -         | -         | -        | -      | - |
| A1G1                                   | kN       | Pmax | 33.31     | 40.73     | 42.15     | 38.73    | 96.66     | 98.69     | 98.69     | 79.97     | 91.77    | -      | - |
| A1G2                                   |          |      | 33.31     | 40.73     | 42.15     | 38.73    | 96.66     | 98.69     | 98.69     | 79.97     | 91.77    | -      | - |
| A2G1                                   |          |      | 33.79     | 41.38     | 42.46     | 39.21    | 97.69     | 99.35     | 99.35     | 80.94     | 92.66    | -      | - |
| A2G2                                   |          |      | 33.79     | 41.38     | 42.46     | 39.21    | 97.69     | 99.35     | 99.35     | 80.94     | 92.66    | -      | - |

## § 5 . 照査

動的解析による安全性の照査は、橋脚基部の曲率、橋脚柱のせん断力、残留変位、塑対して行った。非線形動的解析結果の照査は、地震動の各タイプに応じた3波の入力地震動を用いて得られた応答値の平均値により行った。ここで、各項目に対する照査は以下のように行った。

本解析の照査結果を表 - 5.1.1 ~ 表 - 5.1.4 に示す。

### ( 1 ) 応答曲率に対する照査

柱部の応答曲率が許容曲率以下であることを照査した。

表-5.1.1 最大応答曲率の照査(橋軸方向)

|        | タイプ の地震動  |           |           |          |          |    |
|--------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----|
|        | - - 1     | - - 2     | - - 3     | 平均       | 許容値      | 判定 |
|        | max       | max       | max       | mean     | y0       |    |
| (1/m)  | (1/m)     | (1/m)     | (1/m)     | (1/m)    |          |    |
| P1-215 | 0.000652  | -0.000591 | 0.000626  | 0.000623 | 0.058570 | OK |
| P1-216 | -0.000057 | -0.000055 | -0.000061 | 0.000058 | 0.058570 | OK |
| P1-217 | -0.000771 | 0.000628  | -0.000741 | 0.000713 | 0.058570 | OK |
| P1-218 | -0.001455 | 0.001215  | -0.001395 | 0.001355 | 0.058570 | OK |
| P1-219 | -0.002284 | 0.001927  | -0.002190 | 0.002134 | 0.058570 | OK |
| P2-315 | 0.000785  | -0.000630 | 0.000741  | 0.000719 | 0.058570 | OK |
| P2-316 | 0.000191  | -0.000154 | 0.000180  | 0.000175 | 0.058570 | OK |
| P2-317 | -0.000410 | 0.000335  | -0.000397 | 0.000381 | 0.058570 | OK |
| P2-318 | -0.001012 | 0.000818  | -0.000968 | 0.000933 | 0.058570 | OK |
| P2-319 | -0.001620 | 0.001308  | -0.001544 | 0.001491 | 0.058570 | OK |
| P2-320 | -0.002233 | 0.001807  | -0.002127 | 0.002056 | 0.058570 | OK |

表-5.1.2 最大応答曲率の照査(橋軸方向)

|        | タイプ の地震動  |           |           |          |          |    |
|--------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----|
|        | - - 1     | - - 2     | - - 3     | 平均       | 許容値      | 判定 |
|        | max       | max       | max       | mean     | y0       |    |
| (1/m)  | (1/m)     | (1/m)     | (1/m)     | (1/m)    |          |    |
| P1-215 | -0.002086 | -0.001742 | 0.001903  | 0.001910 | 0.058570 | OK |
| P1-216 | -0.000601 | -0.000426 | 0.000526  | 0.000518 | 0.058570 | OK |
| P1-217 | -0.001904 | -0.001738 | 0.001909  | 0.001850 | 0.058570 | OK |
| P1-218 | 0.003179  | 0.003111  | 0.003231  | 0.003174 | 0.058570 | OK |
| P1-219 | 0.008151  | 0.006703  | -0.007712 | 0.007522 | 0.058570 | OK |
| P2-315 | -0.002117 | -0.001873 | 0.002038  | 0.002009 | 0.058570 | OK |
| P2-316 | -0.000793 | -0.000607 | 0.000733  | 0.000711 | 0.058570 | OK |
| P2-317 | -0.001154 | -0.001003 | 0.001109  | 0.001089 | 0.058570 | OK |
| P2-318 | -0.002338 | -0.002217 | 0.002295  | 0.002283 | 0.058570 | OK |
| P2-319 | -0.003534 | -0.003445 | 0.003473  | 0.003484 | 0.058570 | OK |
| P2-320 | 0.008363  | 0.006757  | -0.008014 | 0.007711 | 0.058570 | OK |



表-5.1.3 最大応答曲率の照査(橋軸直角方向)

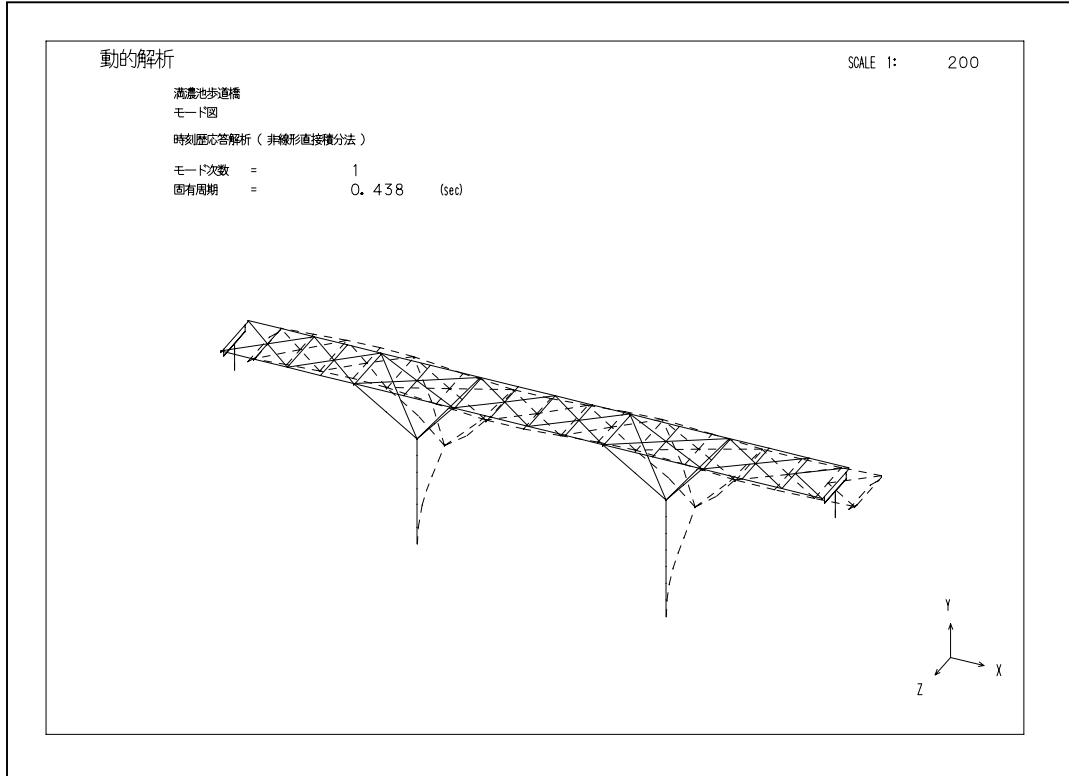
|        | タイプ の地震動  |           |           |          |          |    |
|--------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----|
|        | - - 1     | - - 2     | - - 3     | 平均       | 許容値      | 判定 |
|        | max       | max       | max       | mean     | y0       |    |
| (1/m)  | (1/m)     | (1/m)     | (1/m)     | (1/m)    |          |    |
| P1-215 | -0.000304 | 0.000366  | -0.000237 | 0.000302 | 0.058570 | OK |
| P1-216 | -0.000212 | 0.000273  | -0.000195 | 0.000227 | 0.058570 | OK |
| P1-217 | -0.000147 | -0.000190 | -0.000171 | 0.000169 | 0.058570 | OK |
| P1-218 | 0.000157  | -0.000198 | -0.000181 | 0.000179 | 0.058570 | OK |
| P1-219 | 0.000234  | 0.000267  | -0.000307 | 0.000269 | 0.058570 | OK |
| P2-315 | -0.000327 | 0.000391  | 0.000306  | 0.000341 | 0.058570 | OK |
| P2-316 | -0.000237 | 0.000296  | 0.000214  | 0.000249 | 0.058570 | OK |
| P2-317 | -0.000155 | 0.000201  | -0.000156 | 0.000171 | 0.058570 | OK |
| P2-318 | 0.000131  | -0.000167 | -0.000139 | 0.000146 | 0.058570 | OK |
| P2-319 | 0.000205  | 0.000205  | -0.000224 | 0.000211 | 0.058570 | OK |
| P2-320 | 0.000300  | -0.000316 | -0.000329 | 0.000315 | 0.058570 | OK |

表-5.1.4 最大応答曲率の照査(橋軸直角方向)

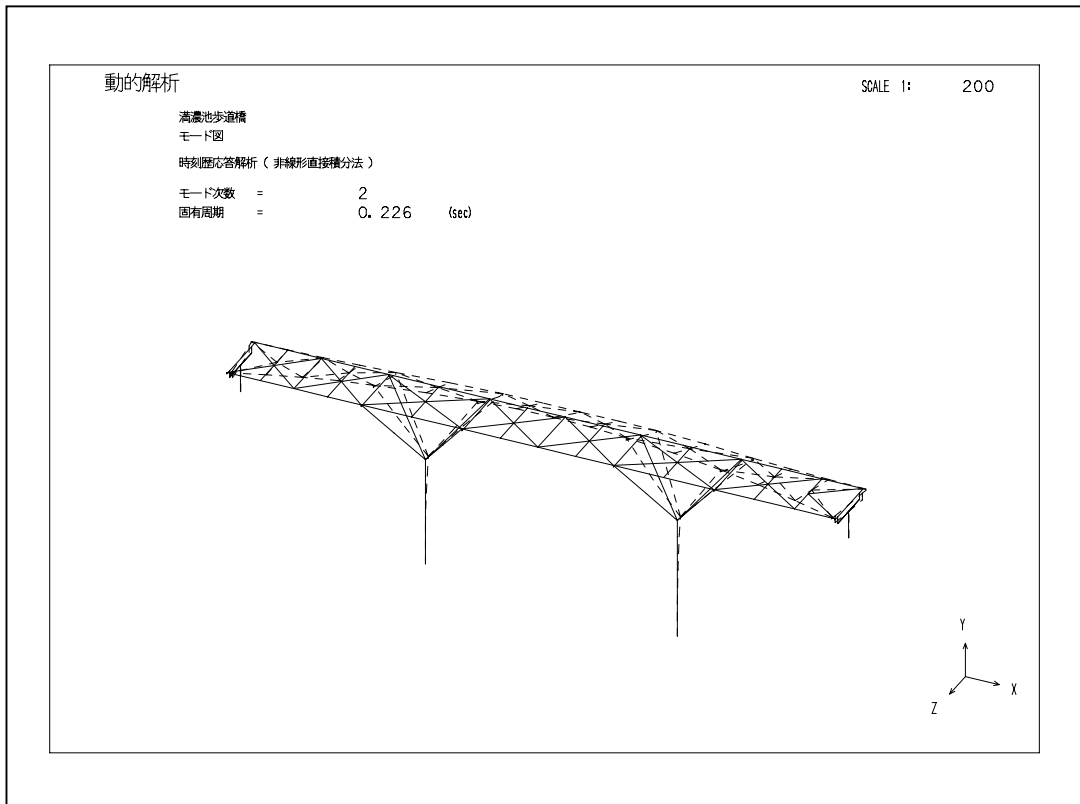
|        | タイプ の地震動  |           |           |          |          |    |
|--------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----|
|        | - - 1     | - - 2     | - - 3     | 平均       | 許容値      | 判定 |
|        | max       | max       | max       | mean     | y0       |    |
| (1/m)  | (1/m)     | (1/m)     | (1/m)     | (1/m)    |          |    |
| P1-215 | 0.000637  | -0.000585 | -0.000431 | 0.000551 | 0.058570 | OK |
| P1-216 | 0.000526  | -0.000497 | 0.000355  | 0.000459 | 0.058570 | OK |
| P1-217 | 0.000417  | -0.000413 | 0.000333  | 0.000388 | 0.058570 | OK |
| P1-218 | -0.000391 | 0.000423  | 0.000316  | 0.000377 | 0.058570 | OK |
| P1-219 | -0.000482 | 0.000505  | 0.000419  | 0.000469 | 0.058570 | OK |
| P2-315 | 0.000627  | 0.000584  | -0.000426 | 0.000546 | 0.058570 | OK |
| P2-316 | 0.000507  | -0.000459 | -0.000328 | 0.000431 | 0.058570 | OK |
| P2-317 | 0.000403  | -0.000378 | 0.000294  | 0.000358 | 0.058570 | OK |
| P2-318 | -0.000332 | 0.000338  | 0.000274  | 0.000315 | 0.058570 | OK |
| P2-319 | -0.000385 | 0.000403  | 0.000362  | 0.000383 | 0.058570 | OK |
| P2-320 | -0.000470 | 0.000547  | 0.000526  | 0.000514 | 0.058570 | OK |

## 固有値解析 / 振動モード図

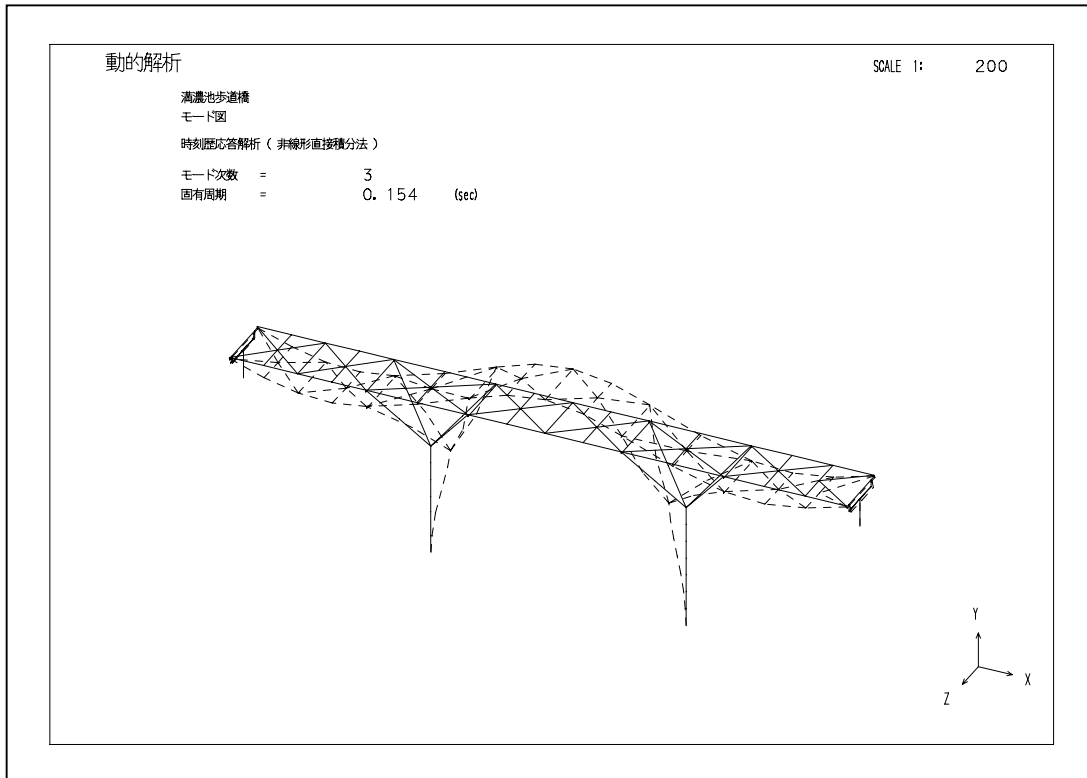
1 ~ 14 次 (7 枚)



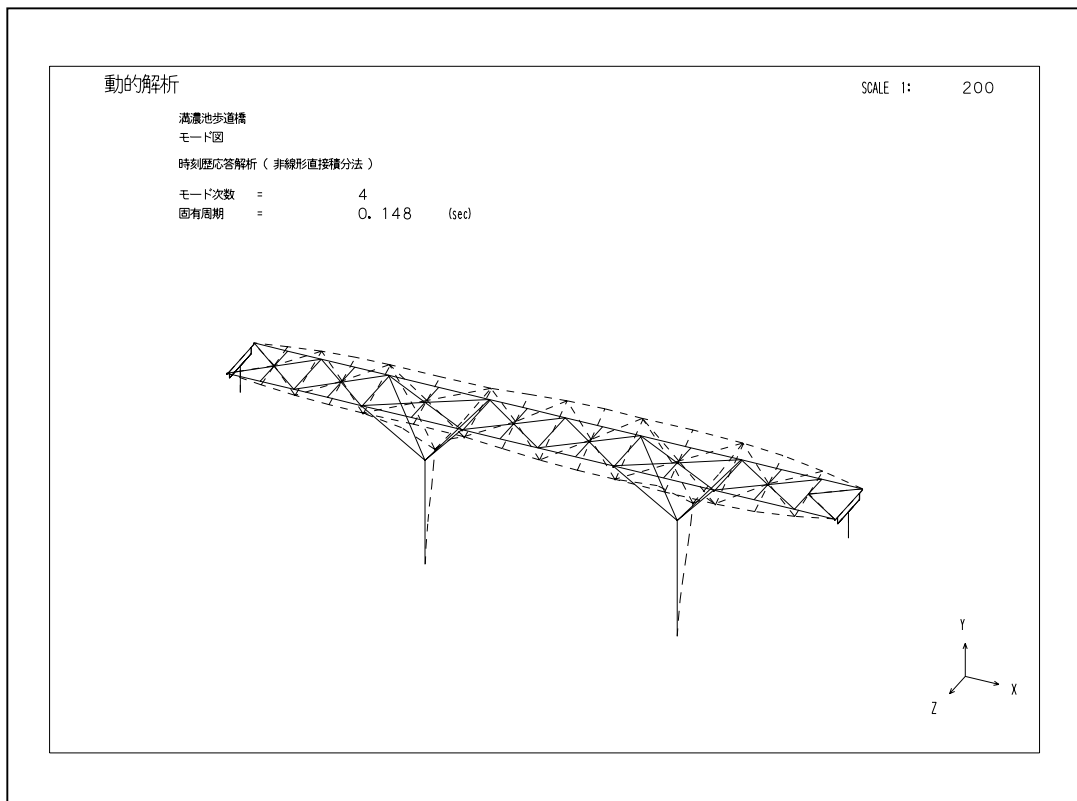
1次モード



2次モード



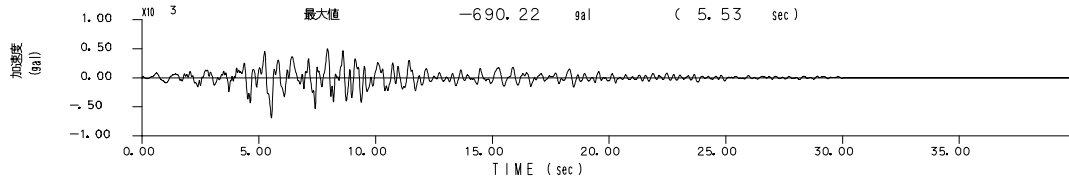
3次モード



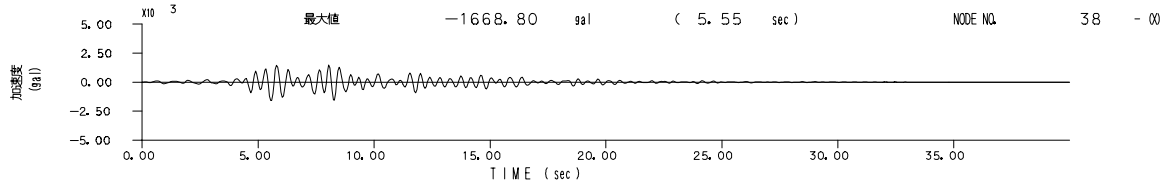
4次モード

## 時刻歴応答値図 / 履歴図

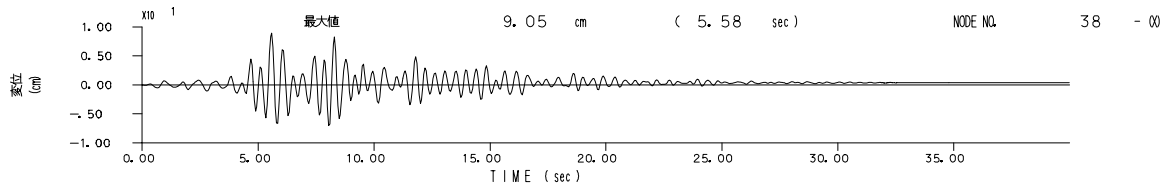
入力地震加速度



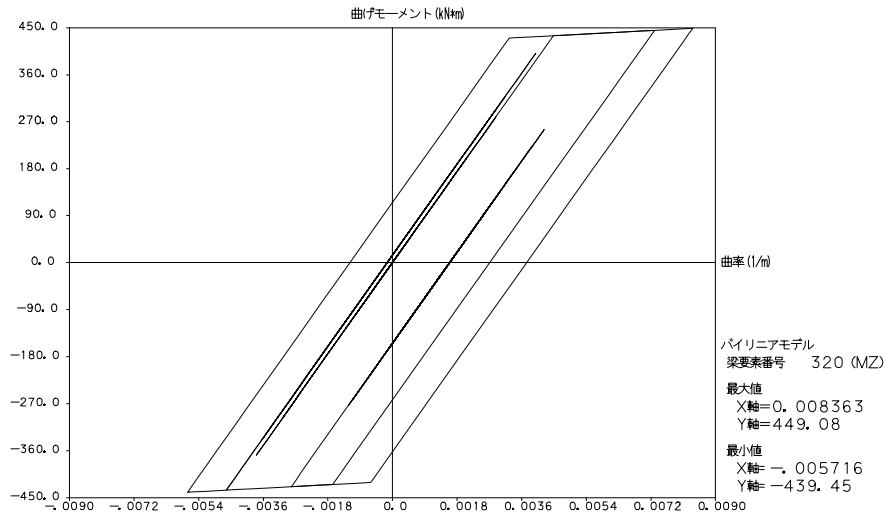
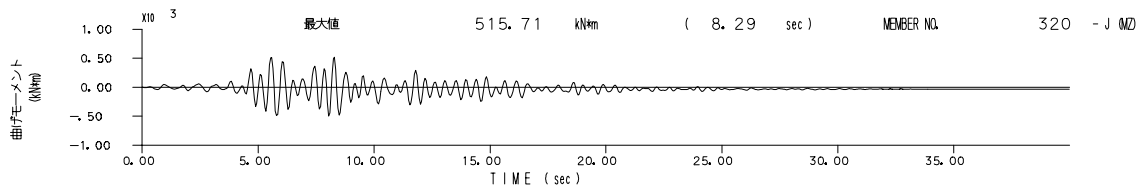
上部構造慣性力作用位置の加速度



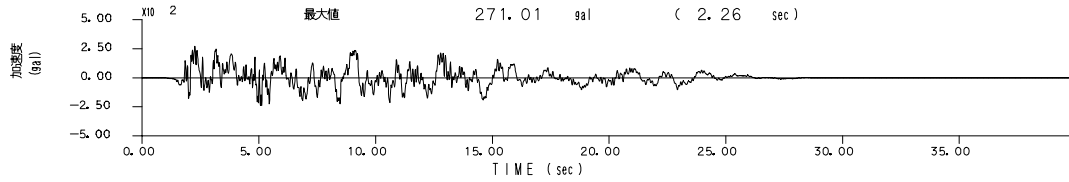
上部構造慣性力作用位置の変位



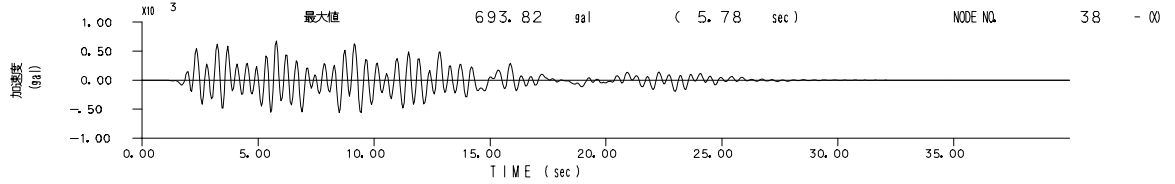
M-φ履歴図



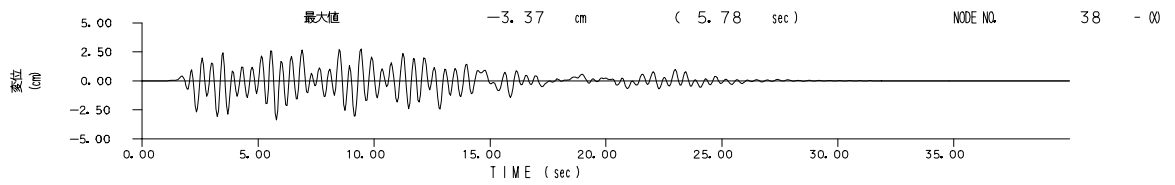
入力地震加速度



上部構造慣性力作用位置の加速度



上部構造慣性力作用位置の変位



M-φ履歴図

