

## I - 380

## ゴム支承を用いた連続橋(北明橋)の応答予想手法

㈱ピー・エス 正 尾崎健治  
 日本道路公団 正 河村幸夫  
 日本道路公団 正 加古川公志  
 ㈱ピー・エス 正 佐藤正明

## 1. まえがき

北明橋は北海道横断自動車道の清水IC～池田IC間に位置する橋長303mの11径間連続PC中空床版橋である。北明橋ではゴム支承を用いることで地震力が多脚分散されることを期待しており、その動的挙動を確認するため1991年7月振動試験を実施した。

振動試験の結果、ゴム支承は小振幅域において非線形性を有しており、その小振幅域におけるバネ定数は設計バネ定数の1.7～1.8倍であることが分かった。この結果を基に数値解析を行い、ゴム支承を用いた連続橋の応答予想手法の検討を行った。数値解析に用いた北明橋モデルを図1に示す。

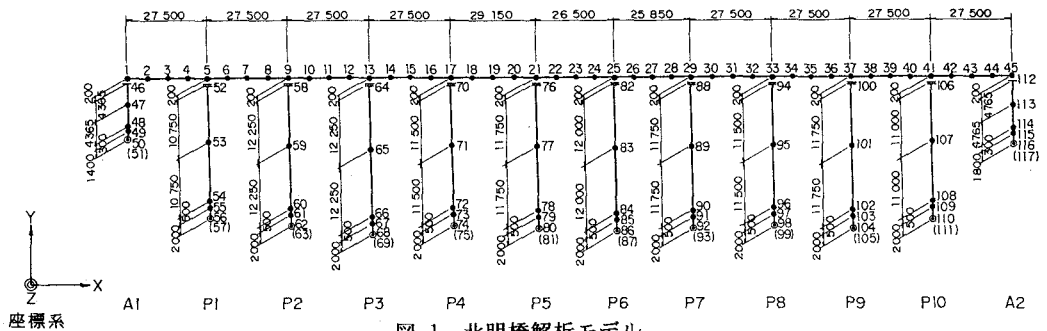


図-1 北明橋解析モデル

## 2. 地震力多脚分散橋梁の応答設計

応答計算法の中では、地震力を静的な水平力として計算する方法が最も簡便である。載荷試験で得た変形—荷重曲線を折れ線でモデル化し、時刻歴応答計算を行う方法が橋の挙動を最も正確に表している。P1 ゴム支承の変形履歴を図2に示す。この他に応答スペクトル法があるが、ゴム支承の非線形性を評価できない。以下に示す5つの方法で応答計算を行い、応答値を比較検討した。なお、減衰定数は0.05とし、時刻歴応答計算には道路橋標準示方書のI種地盤用の標準地震波を用いた。5つの方法で計算した、主桁の最大応答変位、橋脚天端の最大応答変位及びゴム支承に作用する最大せん断力を表1に示す。

- ① ゴム支承を設計バネで入力した静的載荷法 (hokus4)
- ② ゴム支承を設計バネで入力した応答スペクトル法 (hokua4)
- ③ ゴム支承を小変形バネで入力した応答スペクトル法 (hokua41)
- ④ ゴム支承を折れ線バネで入力した時刻歴応答計算 (hokun4)
- ⑤ ゴム支承を設計バネで入力した時刻歴応答計算 (hokun5)

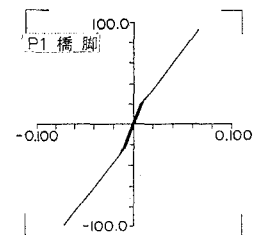


図-2 ゴム支承の変形履歴

## 2-1. 応答スペクトル法で最適予想する場合のゴム支承のバネ定数

応答スペクトル法は時刻歴応答計算法に比べ安全側の計算法である。応答スペクトル法で最大応答変位を予想する場合、設計バネを用いた応答値がより大きく安全側であるが、小変形域バネを用いた応答値も折れ線時刻歴による応答値より大きかった。最大応答加速度を予想する場合、小変形域バネを用いた応答値がより大きく安全側であるが、設計バネを

用いた応答値も折れ線時刻歴による応答値より大きかった。橋脚最大応答せん断力を予想する場合、最大応答加速度を予想する場合に準ずるのが適当と考えられる。

## 2-2. ゴム支承のせん断力分担率・変形分担率

④折れ線時刻歴による各橋脚のせん断力分担率は①の静的方法よりも均一化され、1/10に近くなっている。この現象は、ゴム支承の小振幅域における非線形性によるものと考えられる。

①ゴム支承を設計バネで入力した静的載荷法 (hokus4)

| hokus4 (Kh=0.15) |    | P 1    | P 2    | P 3    | P 4     | P 5    | P 6    | P 7    | P 8     | P 9    | P 10   |
|------------------|----|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|
| 主桁最大応答変位         | cm | 11.000 | 10.997 | 10.993 | 10.988  | 10.986 | 10.986 | 10.986 | 10.986  | 10.990 | 10.995 |
| 橋脚最大応答変位         | cm | 3.452  | 4.322  | 4.487  | 3.075   | 2.835  | 4.518  | 4.346  | 2.774   | 3.440  | 3.843  |
| 橋脚/主桁            | -  | .314   | .393   | .408   | .280    | .253   | .411   | .396   | .253    | .313   | .350   |
| ゴム支承最大応答せん断力     | tf | 92.994 | 79.759 | 73.314 | 111.410 | 91.868 | 68.366 | 89.510 | 105.770 | 87.660 | 85.824 |
| 分担率 (Pi/Σ)       | -  | .105   | .090   | .083   | .126    | .104   | .077   | .101   | .119    | .099   | .097   |

②ゴム支承を設計バネで入力した応答スペクトル法 (hokua4)

| hokua4 (設計バネ) |    | P 1     | P 2     | P 3     | P 4     | P 5     | P 6    | P 7     | P 8     | P 9     | P 10    |
|---------------|----|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 主桁最大応答変位      | cm | 11.066  | 11.061  | 11.057  | 11.052  | 11.050  | 11.050 | 11.050  | 11.051  | 11.056  | 11.061  |
| 橋脚最大応答変位      | cm | 2.951   | 3.651   | 3.792   | 2.634   | 2.434   | 3.734  | 3.747   | 2.406   | 2.940   | 3.278   |
| 橋脚/主桁         | -  | .267    | .330    | .343    | .238    | .220    | .338   | .339    | .218    | .266    | .296    |
| ゴム支承最大応答せん断力  | tf | 117.870 | 108.170 | 104.720 | 136.840 | 121.440 | 99.852 | 119.520 | 132.420 | 115.950 | 112.320 |
| 分担率 (Pi/Σ)    | -  | .101    | .093    | .090    | .117    | .104    | .085   | .102    | .113    | .099    | .096    |

③ゴム支承を小変形バネで入力した応答スペクトル法 (hokua41)

| hokua41 (小変形バネ) |    | P 1     | P 2     | P 3     | P 4     | P 5     | P 6     | P 7     | P 8     | P 9     | P 10    |
|-----------------|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 主桁最大応答変位        | cm | 9.649   | 9.645   | 9.640   | 9.634   | 9.631   | 9.631   | 9.630   | 9.629   | 9.635   | 9.641   |
| 橋脚最大応答変位        | cm | 3.938   | 4.565   | 4.657   | 3.188   | 2.905   | 4.510   | 4.494   | 3.128   | 3.756   | 4.069   |
| 橋脚/主桁           | -  | .408    | .473    | .483    | .331    | .302    | .468    | .467    | .325    | .390    | .422    |
| ゴム支承最大応答せん断力    | tf | 153.340 | 136.670 | 130.210 | 166.680 | 148.650 | 121.820 | 144.330 | 174.660 | 150.800 | 141.010 |
| 分担率 (Pi/Σ)      | -  | .107    | .093    | .088    | .113    | .101    | .083    | .098    | .119    | .102    | .096    |

④ゴム支承を折れ線バネで入力した時刻歴応答計算 (hokun4)

| hokun4 (折れ線時刻歴) |    | P 1     | P 2     | P 3     | P 4     | P 5     | P 6    | P 7     | P 8     | P 9     | P 10    |
|-----------------|----|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 主桁最大応答変位        | cm | 9.350   | 9.340   | 9.340   | 9.330   | 9.330   | 9.330  | 9.330   | 9.330   | 9.340   | 9.340   |
| 橋脚最大応答変位        | cm | 2.790   | 3.640   | 3.630   | 2.280   | 2.080   | 3.540  | 3.550   | 2.100   | 2.700   | 3.120   |
| 橋脚/主桁           | -  | .298    | .390    | .389    | .244    | .223    | .379   | .380    | .225    | .289    | .334    |
| ゴム支承最大応答せん断力    | cm | 113.530 | 110.350 | 104.270 | 121.860 | 108.190 | 98.888 | 115.980 | 118.950 | 109.880 | 109.260 |
| 分担率 (Pi/Σ)      | -  | .102    | .099    | .094    | .110    | .097    | .089   | .104    | .107    | .099    | .098    |

⑤ゴム支承を設計バネで入力した時刻歴応答計算 (hokun5)

| hokun5 (設計バネ時刻歴) |    | P 1     | P 2    | P 3    | P 4     | P 5     | P 6    | P 7     | P 8     | P 9     | P 10   |
|------------------|----|---------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|
| 主桁最大応答変位         | cm | 10.160  | 10.160 | 10.150 | 10.150  | 10.150  | 10.150 | 10.150  | 10.150  | 10.150  | 10.160 |
| 橋脚最大応答変位         | cm | 2.600   | 3.130  | 3.190  | 2.350   | 2.110   | 3.170  | 3.230   | 2.120   | 2.530   | 2.830  |
| 橋脚/主桁            | -  | .256    | .308   | .314   | .232    | .208    | .312   | .318    | .209    | .249    | .279   |
| ゴム支承最大応答せん断力     | tf | 104.320 | 94.964 | 89.870 | 120.440 | 104.030 | 85.619 | 105.130 | 113.760 | 100.600 | 98.828 |
| 分担率 (Pi/Σ)       | -  | .103    | .093   | .088   | .118    | .102    | .084   | .103    | .112    | .099    | .097   |

## 3. まとめ

表-1 北明橋の最大応答値

数値解析の結果より以下のことが結論される。

- 1) ゴム支承は小振幅域において非線形性を有している。振動試験の結果から小振幅域におけるバネ定数として設計バネ定数の 1.7~1.8 倍の値が計算された。小振幅域で小振幅バネ、小振幅域を超える領域で設計バネを用いて時刻歴計算を行えば、ゴム支承を用いた橋の地震時挙動を予想することが出来る。
- 2) 振動時においてゴム支承は弾性せん断バネとして機能することが確認された。従って、地震力の多脚分散を設計すること、ゴム厚を調整することで1次の固有周期を長周期化し、橋脚に作用する応答せん断力を減少させることが可能である。
- 3) 応答スペクトル法によってもまた、ゴム支承の線形バネ定数を適当に選定することで、非線形性を考慮した応答値を予想することが可能である。