

I - 381

ゴム支承を用いて地震力の多脚分散を図った北明橋の振動試験

(株)ピー・エス 正 久保明英
 日本道路公団 正 加古川公志
 日本道路公団 正 熊井三晃
 (株)ピー・エス 正 尾崎健治

1. まえがき

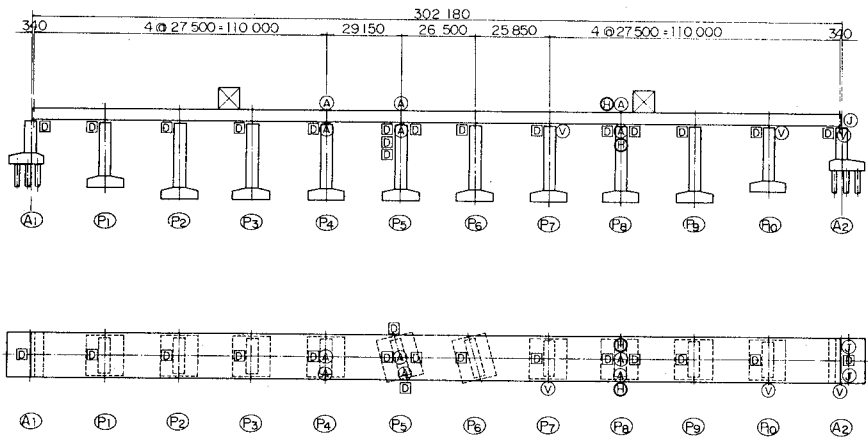
北明橋は北海道横断自動車道の清水IC～池田IC間に位置する橋長303mの11径間連続PC中空床版橋である。標準支間は27.5m、橋脚高は24.0～27.0m、主桁重量は6000ton、平面半径 $r=3000m$ である。支承は、通常の四角形積層ゴム支承である。北明橋ではゴム支承を用いることで地震力が多脚分散されることを期待している。ゴム支承を用いた連続橋の動的挙動を確認するため1991年7月振動試験を実施した。

なお、同じく地震力の多脚分散を図った、橋長544mの8径間連続PC箱桁橋石狩川橋において1989年5月に振動試験が実施されている。

2. 振動試験方法

出荷時にゴム支承の圧縮せん断試験を実施した。

振動試験では主桁を急速解放機構付きジャッキで強制変位させておき、強制変位を一時に解放することで主桁に自由振動を起こさせた。また、主桁を強制変位させる時、荷重と変形を測定した。振動試験では両橋台及び各橋脚と主桁の間の相対変位を変位計で計測した。相対変位はゴム支承の変形でもある。主桁上及び橋脚天端にはサーボ型加速度計を配置し加速度を計測した。振動試験時の計器配置を図1に示す。



3. 試験結果

図-1 北明橋振動試験における計器配置

3-1. 減衰定数

相対変位波形から次式を用いて減衰定数を計算した。

$$h = (1/2\pi) \cdot \log(a_1/a_2)$$

a_1 , a_2 は、波形を包む包絡線を描き、それを切る、互いに1周期隔たった振幅である。振幅約3mm以上の場合の減衰定数を求めることができ、 $h = 0.06 \sim 0.07$ であった。A1橋台と主桁の相対変位波形から計算した減衰定数を図2に示す。

3-2. 振動初期と末期の振動周期

主桁上P5橋脚位置の加速度記録のスペクトル解析を行い、振動開始時と末尾とで、振動周期が同じであることを検討した。

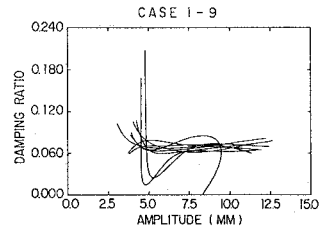
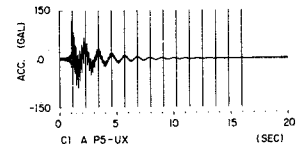


図-2 減衰定数

2048個ずつ約3.5秒間隔でデータを取り込み、5つのスペクトル図を描いた。1回目の加振で得た加速度波形とそのパワースペクトル図を図3に示す。スペクトルの周波数計算間隔は0.09766Hzである。

振動開始時の1次モードの固有振動数は0.879Hzであったが、末尾では0.977Hzであった。これは、ゴムの非線形性による。



3-3. ゴム支承の動的せん断バネ定数

ゴム支承の動的せん断バネ定数を以下の手順で求めた。

- 1) ゴム支承のせん断荷重試験の結果からバネ定数の初期値を仮定した。設計値を用いて橋脚の剛性初期値を仮定した。
- 2) 現地で行った静的荷重試験の結果からゴム支承のせん断バネ定数及び橋脚の剛性を修正した。
- 3) 北明橋モデルに2)の結果を入力した。モード解析を行い北明橋の固有振動周期を求めた。これが、主桁上の加速度記録のスペクトル解析から求めた振動周期と一致するようにゴム支承のせん断バネ定数及び橋脚の剛性を調整した。

ゴム支承のせん断バネ特性を図4に示す。ゴム支承には初期変形が与えられており、各々与えられた初期変形に応じた応力状態にある。しかし、総てのゴム支承の振動時における平均バネ定数は、100ton荷重時のバネ定数に一致し、設計バネ定数の1.7~1.8倍の値であった。

設計バネ定数の1.7~1.8倍のバネ定数値が、北明橋振動試験のゴム支承の動的バネ定数と考えられる。これは、ゴム支承のせん断変形量が20mm以下と小さく、ゴム支承のバネ定数は、変形が小さい領域で大きくなるためと考えられる。この結果は、圧縮せん断試験の結果に反するものではない。

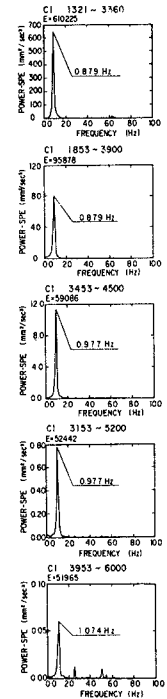


図-3 パワースペクトル

5. まとめ

ゴム支承を用いた2つの橋梁に対して行った振動試験の結果から、またその解析から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。

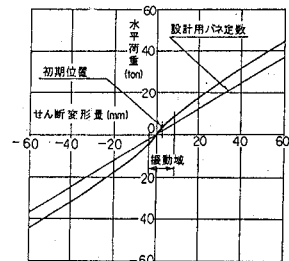


図-4 ゴム支承のせん断バネ定数

- 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) 石狩川橋の振動試験では0.05~0.06の減衰定数が計算された。北明橋の振動試験では0.06~0.07の減衰定数が計算された。これより、積層ゴム支承を用いた橋の減衰定数は0.05~0.06程度と考えられる。