

第 I 部門

免震支承の鉛直剛性が橋梁の三次元固有振動に及ぼす影響

立命館大学理工学部 学生員 ○勝田つかさ
立命館大学理工学部 正会員 伊津野和行

1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震を受けて、耐震設計に関する道路橋示方書が改訂され、橋梁の補強時にも免震構造が採用されるケースが増えてきている。免震橋梁は地震時の負担を軽減する効果が期待されている一方で、免震化することによって橋梁の振動特性が変化し、交通振動などの常時の振動が大きくなったという報告がある。そこで本研究では、支承剛性が低くなることによって橋梁の固有振動数にどのような影響があるか検討するため、単径間5主桁橋をモデル化し、支承剛性の異なる橋梁モデルに対して固有値解析を行った。

2. 解析モデル

まず、スパン $L=30\text{m}$ 、単位長さあたりの質量 $m=4\text{ t}$ の梁を想定し、金属支承で単純支持した場合に固有振動数が 3 Hz となるように曲げ剛性 EI を設定した。

$$EI = \frac{4L^4 m f_0^2}{\pi^2} \quad (1)$$

この梁を用いて、スパン $L=30\text{m}$ 、幅員 10m の単径間5主桁橋をモデル化した。横桁を 10m 間隔に配置し、床版はブレースによって置換した。支承は、金属支承を想定して両端を単純支持した場合と、免震ゴム支承を想定してバネを用いた場合について固有値解析を行った。バネの剛性は、水平方向は 10MN/m に固定し、鉛直方向は $50\sim 1000\text{MN/m}$ と変化させ、支承の剛性の違いによる固有振動数への影響を検討した。

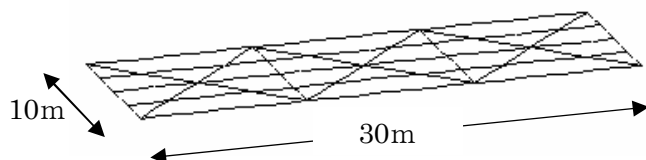


図-1 単径間5主桁モデル 構造図

3. 支承鉛直剛性の影響

図-2 に支承鉛直剛性を $50\sim 1000\text{MN/m}$ まで変化させた場合の固有振動数について、金属支承を想定した

場合の固有振動数を 100% とする百分率で示した。対称1次振動モードに関しては、支承鉛直剛性が 200MN/m よりも低い剛性では急激に振動数が低下しているが、 350MN/m 以上では、金属支承で支持した場合の固有振動数との違いは 2.0% 以下で、その影響は小さいものと考えられる。この結果は、幅員を考えない一次元梁モデルの解析結果¹⁾と同様である。

また、曲げ振動では高次振動モードになるほど支承鉛直剛性による影響が大きくなっている。一般的なゴム支承の鉛直剛性の範囲は $500\sim 1000\text{MN/m}$ だと考えられる¹⁾。これより、支承鉛直剛性が交通振動に影響を与えるとすれば、高次の振動モードの影響である可能性が考えられる。

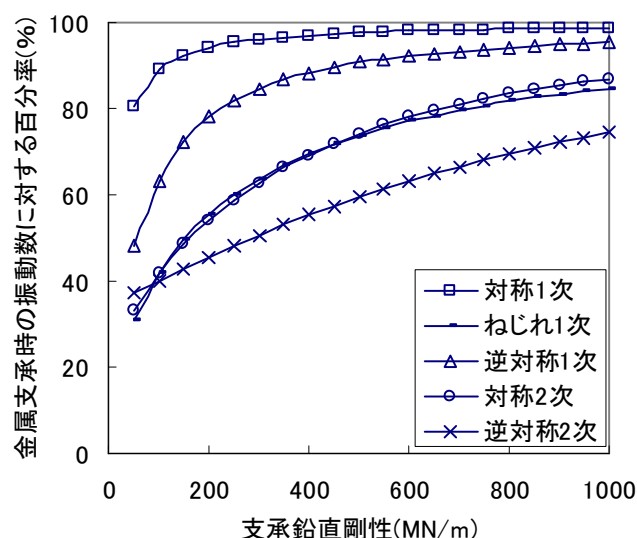


図-2 金属支承を想定した場合の振動数に対する百分率

金属支承を想定した場合の固有振動数がほぼ同じ値を示したねじれ1次振動モードと逆対称1次振動モードを比較すると、支承鉛直剛性による影響はねじれ1次振動モードの方が大きいという結果を得た。ねじれ1次振動モードのモード図を図-3に示した。金属支承の場合、桁中央部のねじれ形状になっているが、支承鉛

直剛性を低くすると桁全体の回転形状になっている。これより、桁端部を車両が通過した際に桁全体の振動を励起し、対向車線の交通振動に影響を与える可能性が考えられる。

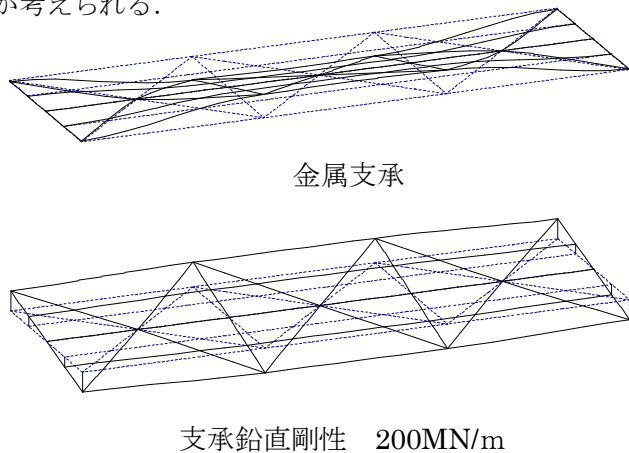


図-3 ねじれ1次振動モード形

次に、交通振動が共振しやすい領域の1つである20Hz付近の振動モードについて、支承鉛直剛性による固有振動数の変化を図-4に示した。支承鉛直剛性の値によっては、複数の振動モードが同じ固有振動数を有する場合がある。複数の振動モードが同時に励起されることによって振動が複雑になる可能性があると考えられる。

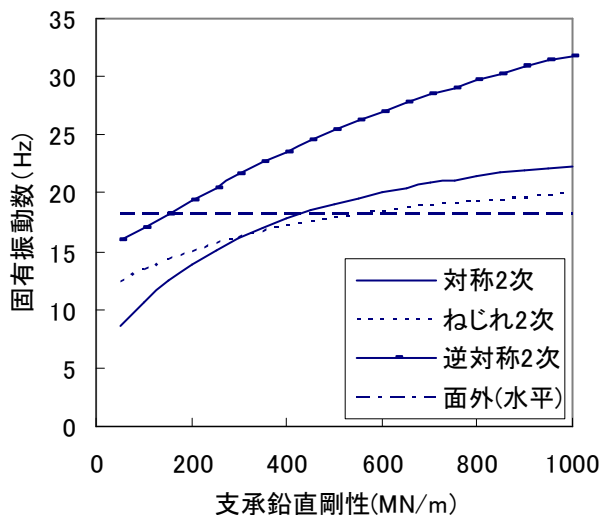


図-4 支承鉛直剛性による固有振動数の変化

4. 幅員の影響

各種パラメータを固定して、幅員を16mとしたモデルを作成し、幅員10mのモデルと比較した。幅員を大きくすることによって、固有振動数は低くなった。また、金属支承を想定した場合の振動数による百分率を比較すると、対称・逆対称振動モードは幅員による影

響はなかった。しかし、ねじれ振動モードでは図-5に示したように、幅員を大きくすることによって百分率が高くなっており、支承鉛直剛性が振動数に及ぼす影響は小さくなっている。

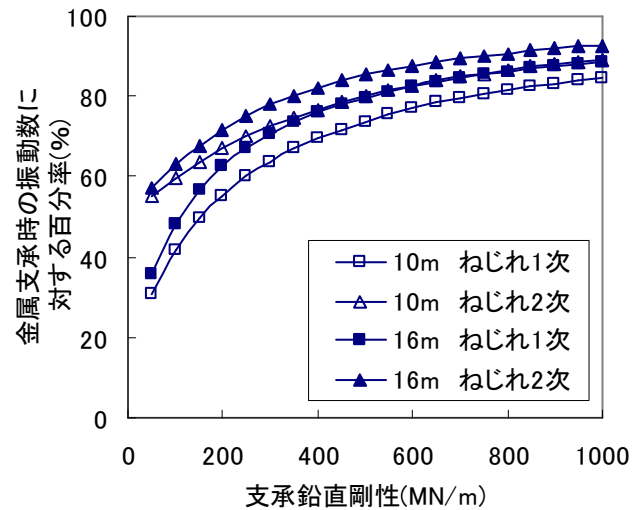


図-5 金属支承を想定した場合の振動数に対する百分率

5. おわりに

本研究では単径間5主桁橋をモデル化し、支承鉛直剛性を変化させた場合に固有振動数にどのような影響があるかについて検討し、以下のような結論を得た。

- ① 支承鉛直剛性の変化による固有振動数への影響は低次のたわみ振動モードでは小さく、ねじれ振動や高次のたわみ振動に顕著であった。
- ② ねじれ振動モードでは支承鉛直剛性を低くすることによって振動が桁全体の回転形状となり、桁端部の加振に伴って桁全体の振動が励起される可能性がある。
- ③ 支承鉛直剛性によっては複数の振動モードが同じ振動数を有することがあり、振動を複雑にする可能性が考えられる。
- ④ 幅員を大きくすることによって、ねじれ振動モードでは支承鉛直剛性による固有振動数への影響は小さくなり、他の振動モードでは幅員による影響は見られなかった。

参考文献 1) 伊津野和行・小林紘士：免震支承の剛性が桁の固有振動に与える影響に関する一考察，構造工学論文集，土木学会，Vol.52A，pp. 593-602，2006年3月。