

振動シミュレーションによる橋梁の振動抑制対策

歩行者に不快感を与える振動が問題となっている橋梁についての、振動シミュレーションソフトを用いた振動抑制対策の検討を紹介します。

はじめに

1960年代から70年代前半にかけて、経済及び社会活動の発展のため、社会資本の投入が積極的に行われました。橋梁についても数多く建設され、供用後30年以上経過したものが多く存在します。今日では、近年の車両大型化や設計基準の変遷により、当初の設計とは異なる自動車荷重が作用する橋梁が数多く見受けられます。なかでも、図1のような鋼ランガー桁橋等、比較的単位質量が小さい骨組構造では、荷重の大型化により鉛直振動が容易に発生し、固有振動と走行車両の速度によって共振現象が発生するため、走行上の不安や橋梁の劣化を招くことが予想されます。

紹介の事例は、大型トラックの交通が多くなって橋梁の振動が歩行者に不快感を与え、振動対策が必要な鋼ランガー桁橋を対象としたもので、当社が開発した「振動シミュレーションソフト」を用いて振動抑制対策の検討を行ったものです。

振動シミュレーションソフトの概要

このシステムは、車両が走行するときに橋がどのような挙動を示すかを、3次元モデルを用いてシミュレーションするものです。橋梁基本データ(節点、部材、床版、路面不平等)を入力し、その橋梁に車両を走行させることで時刻歴の挙動を解析します。解析結果として求められるものは、橋梁の振動固有値及び固有ベクトル、各節点の変位・加速度及び断面力であり、また解析結果は画像表示が可能です(図1)。



図1 振動シミュレーションソフトによる出力データ(3D画像表示)

振動対策の流れ

振動対策の流れについて、以下に示します(図2)。

- 1) 振動測定調査
現況の振動状況を把握するために、現地にて実測調査を実施。
- 2) 現況モデルの作成
振動シミュレーションソフトによる解析を行うための現況モデルを作成。
- 3) 振動対策工の検討・選定
現況モデルを基本とし、各対策工別のモデルをそれぞれ作成して振動状況を比較検討し、最適な対策案を選定。

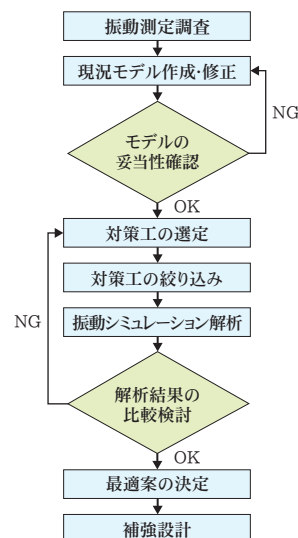


図2 振動対策フロー

振動シミュレーションによる振動対策

振動測定調査及び現況モデルの作成

現況の橋の振動特性を把握し、振動シミュレーションの基礎資料を得るために振動測定調査を行いました。現況モデルは、最大変位が発生していた40km/h・右車線走行のケースに着目して作成したものです。

1) 鉛直加速度

鉛直加速度のFFT(高速フーリエ変換)結果を図3に示します。測定結果については、桁の振動に加えて、各部材レベルの微少な振動の高次成分が合計されるため、解析結果による加速度より大きくなったと考えられます。部材レベルの振動成分を無視すれば、周波分布はほぼ一致しています。

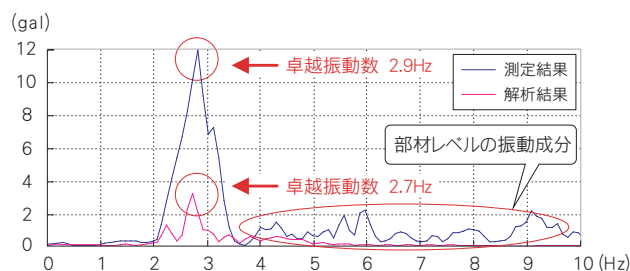


図3 鉛直加速度のFFT(高速フーリエ変換)結果

2) 鉛直変位

次に、鉛直変位の調査結果を図4に示します。測定結果では最大鉛直変位5.8mmとなったのに対して、解析結果では最大鉛直変位5.1mmとやや小さい結果となりました。車両40km/h走行時の3回の計測結果の平均値が5.0mmであったことを考えると、誤差は2%以内であり、ほぼ一致しているといえます。

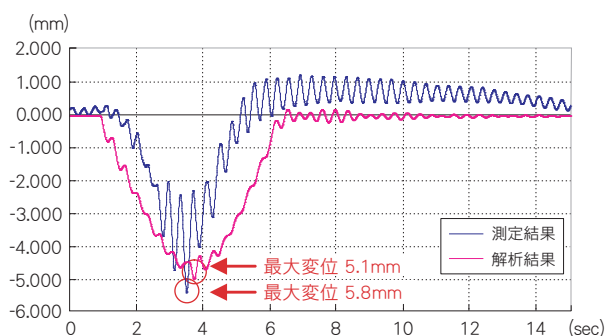


図4 鉛直変位の結果

上記により、作成した現況モデルの妥当性を確認しました。振動シミュレーションの解析については、このモデルを基本として行います。

振動抑制対策の検討

振動抑制対策の検討として、以下の2案について、振動シミュレーション解析により現況との比較を行いました。

第1案:主部材の補強案

橋梁の各部材に対して、鋼部材を溶接・ボルト締め等の方法で取り付けることによって部材剛性を高める案です。補強断面は、部材の応力により決定されているものを想定します(図5)。

第2案:主部材の補強+斜材案

第1案に、斜材の設置を組み合わせた案です(図6)。

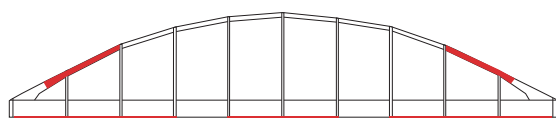


図5 第1案概略図(赤着色部:断面補強)

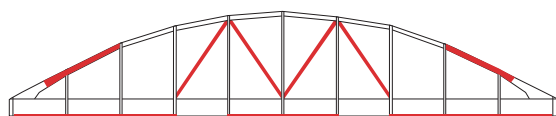


図6 第2案概略図(赤着色部:断面補強及び斜材設置)

車両による応答振動レベルが人体にどの程度影響を及ぼすかについて、人体の振動影響評価基準として用いられる「Meisterの振動感覚曲線」による評価を図7に示します。

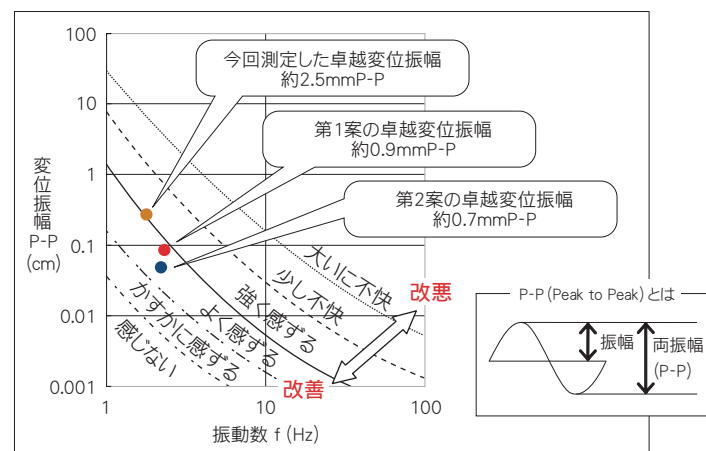


図7 Meisterの振動感覚曲線による評価

現況断面の最大たわみ量は5.8mmで、卓越振動数(約2.9Hz)の変位振幅は約2.5mmP-Pでした。一方、第1案による補強後の断面については、最大たわみ4.1mm・卓越振動数(約3.6Hz)での変位振幅は0.9mmP-Pであり、Meisterの振動感覚曲線上においても、改善する方向にシフトしたことがわかります。第2案は、第1案よりもさらに改善する方向とはなりますが、改善の程度は小さいものです。

ここでは、重量増加に伴う下部工への影響や斜材設置に関するコスト等を総合的に判断して、第1案を推奨します。

おわりに

橋の老朽化や荷重の増大で橋の振動が走行性を悪くし、周辺の環境悪化や、利用者の不安を増大させています。このような場合、振動シミュレーションを活用することで、振動の原因解明、変位量、不快感を分析し、簡易に、机上で振動抑制対策の計画を行うことができます。

これによって、今後は、補修・補強を控えた数多くの既設橋梁に対して、橋の振動を考慮した既設橋梁の保全計画を提案することが可能となりました。

〔参考文献〕

『土木技術者のための振動便覧』(土木学会,1985)