

桁橋のモード減衰評価の関する 2, 3 の考察

埼玉大学大学院 学生員 飯野 元 東京機械製作所 長尾 拓
埼玉大学工学部 正会員 山口 宏樹 正会員 松本 泰尚

1. はじめに 著者らは橋梁上部構造の減衰のモード依存性に着目し、各減衰要因による減衰エネルギーを個別に評価して積み重ねるエネルギー的減衰評価法を提案して、斜張橋¹⁾および桁橋²⁾への適用を試みてきた。桁橋については単径間形式の桁橋に対して内部減衰と支承摩擦を考慮したモード減衰比の理論的評価式を導いているが、本研究ではその評価式の適用性を模型振動実験により検討すると同時に、近年建設事例が増えている合成 2 主桁橋の減衰性状を数値解析的に考察することを試みた。

2. モード減衰のエネルギー的評価 桁橋の n 次モード減衰比 ξ_n は、式(1)のように、1 周期での散逸エネルギー D_n と桁の変位によって蓄えられるポテンシャルエネルギー U_n の比で表わされる¹⁾。減衰エネルギーの主要因を桁の内部減衰と可動支承の摩擦減衰としそれぞれ評価すると n 次モード減衰比は、参考文献²⁾より、最終的に式(2)で表される。

$$\xi_n = D_n / 4\pi U_n \quad (1) \quad \xi_n = \frac{\eta}{2} + \frac{2gh}{(n\omega_1 L)^2} \mu \diamond \frac{1}{A_n / (L/n)} - \frac{2}{3} \mu \diamond \frac{A_n}{(L/n)} \quad (2)$$

ここで η : ロスファクター、 μ : 動摩擦係数、 A_n : モード振幅、 L : スパン長、 h : 支承上高さ、 ω_1 : 基本振動数

3. 支承摩擦の影響に関する模型振動実験 評価に必要なデータなどの条件が明確な模型による振動実験を行い、モード減衰比の理論的評価式(2)の適用性を支承摩擦の影響に着目して検証した。図 1 に示すように実験には矩形断面桁と、支承の変位に影響する桁中立軸—可動支承間の高さ h を与えた模型を用いて、桁振幅と支承移動量を測定した。桁 $L/2$ 点、 $L/4$ 点、支承部分にレーザー変位計を配置し、加振には桁 $L/4$ 点に動電型加振器をセットした。

図 2 は、1 次モードの振動実験結果より、可動支承の変位と桁 $L/2$ 点の変位を示したものである。これより、可動支承が振動している状態の時は桁の振幅も減少していくが、可動支承が静止してしまうと桁振幅の減少量が小さくなっていることが分かる。このことから、桁の減衰には支承の摩擦減衰が大きく影響していると言える。

図 3 は 1 次モードにおける振動振幅比とモード減衰比の関係を実験値、理論値を比較して示したものである。実験値では振幅比が 0.001 より小さくなるあたりで可動支承が静止し、それより小さい振幅では減衰が大きく低下している。これに対し、理論では可動支承が運動を続けるものとしているため、減衰比は非常に大きくなっている。実際の橋梁では模型実験と同様に、振動振幅がある程度小さくなると静止摩擦の影響によって可動支承が静止するものと考えられる。支承が動く振幅域では、理論値は比較的良く表せており、減衰評価式(2)の適用性がある程度示せたと言える。

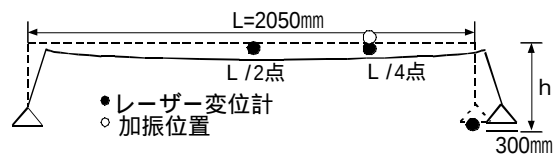


図 1 模型実験

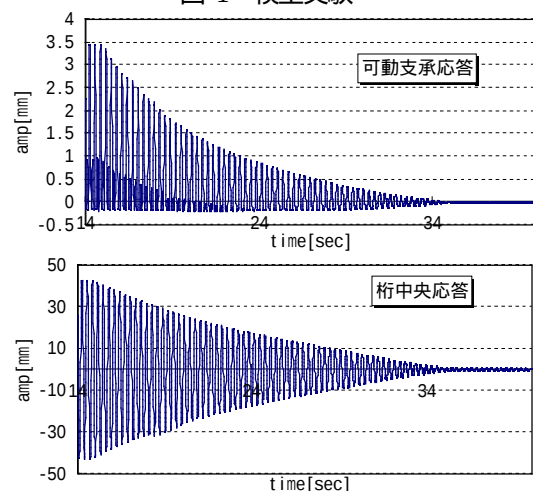


図 2 1次モードの応答

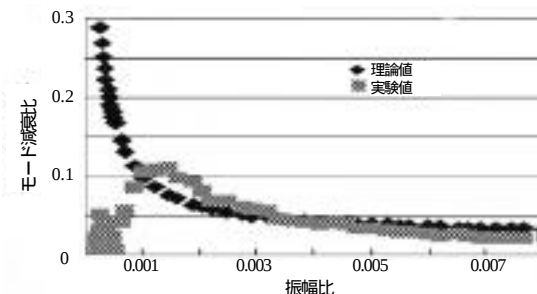


図 3 1次モード振幅比とモード減衰比の関係

キーワード：モード減衰、桁橋、エネルギー評価、支承摩擦

連絡先：〒338-8570 浦和市下大久保255 TEL:048-858-3552 FAX:048-858-7374

4. 合成2主桁橋の減衰能に関するエネルギー的評価の試み 次に合成2主桁橋の減衰特性を解析により評価することを試みた。解析対象は文献3)に実験データが示されている千鳥の沢川橋を選んだ。式(1)において、減衰エネルギーをロスファクターを導入してひずみエネルギーに比例する形で表す。ロスファクターは既存の研究を参考に仮定し、ひずみエネルギーはFEMにより評価した。解析モデルは図4に示すように材料的な違いに着目し、コンクリート床版と鋼桁をそれぞれ別のはり要素でモデル化した。支承構造として採用されているゴム支承については水平バネでモデル化している。固有値解析により各振動モードにおけるひずみエネルギーを算出し対数減衰率を求めた。なお桁断面を等価な1本のはりでモデル化したものについても式(1)より減衰を評価した。ここで等価ロスファクターは合成桁断面に換算して求めている。

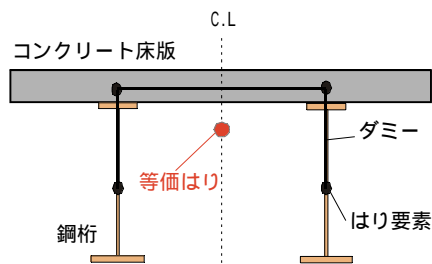


図4 桁断面と解析モデル

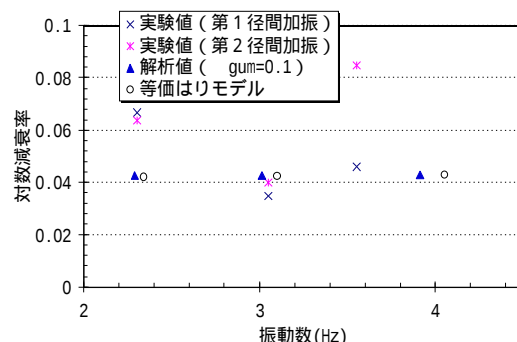


図5 対数減衰率の実験値と解析値の比較

図5は、縦軸に対数減衰率、横軸に固有振動数を取り、解析によって評価された減衰値と実験値³⁾とをプロットしたものである。また等価なはりモデルで求めた対数減衰率も示している。実験値と比較すると、2次モードではほぼ等しく、1次、3次モードで多少の違いがあるもののその差は大きくはなく、2主桁橋の減衰として0.04程度が解析的に評価されている。これより、仮定したロスファクターを前提として解析により減衰能を評価できたと言える。なお、等価なはりでモデル化した値とも差は小さく等価はりでも減衰を評価できる。

図6は縦軸に対数減衰率を取り、部分構造の減衰への寄与を積み上げる形で表している。部分構造の寄与率については、コンクリート床版と鋼桁からなる合成桁の減衰に占める割合がどのモードも90%以上でモードによって変化する傾向は見られない。このことより対象橋梁においては、桁の減衰への影響が支配的であると言える。ゴム支承、橋脚についてはモードによって変化が見られ、ゴム支承は1次モードへの影響が、橋脚は3次モードへの影響が他のモードよりも大きい結果となったが、全体の対数減衰率に影響を与える程ではない。

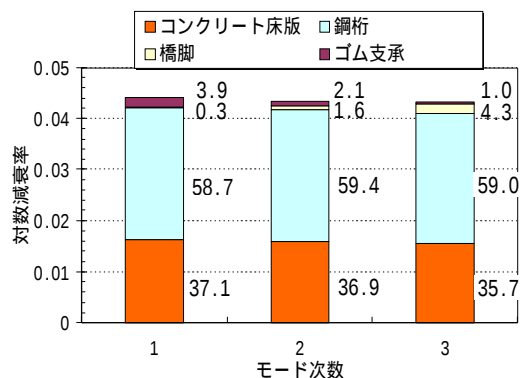


図6 部分構造の減衰の寄与率

合成2主桁橋の減衰解析のモデル化には不確定要因が多いため、ゴム支承のモデルに回転バネも加えて解析を行い、モードによる影響の変化を考察した。図7は縦軸に対数減衰率、横軸に固有振動数を取りゴム支承のモデルごとに解析値をプロットした。水平バネのときと同様に1次モードへの影響が大きいことが分かるが、全体の対数減衰率には大きな変化は見られないことから、ゴム支承の減衰への影響は大きくないと考えられる。

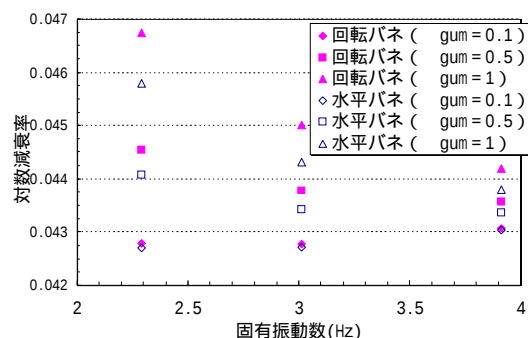


図7 ゴム支承のモデル化による減衰値の変化

5. まとめ 桁橋のモード減衰の理論的定量評価式(2)は、模型振動実験結果にみるモード減衰比の傾向、とくに可動支承における摩擦減衰の影響をよく表していると考えられる。また、対象とした2主桁橋でエネルギー的評価法を適用した結果、実測データの特徴を表し得ること、2主桁橋の減衰はとくには小さくならないこと、ゴム支承の減衰への影響は小さいことが確認できた。

[参考文献] 1) 山口他：斜張橋振動減衰のエネルギー的評価法と鶴見つばさ橋への適用、土木学会論文集、No.543/I-36, pp217-227, 1996。

2) 長尾他：桁橋の減衰特性と支承摩擦の影響に関する理論的考察の試み、土木学会年次講演会、I-B75, 2000 3) 大垣他：千鳥の沢川橋—PC床版連続合成2主桁橋—の実橋振動実験、土木学会年次講演会、I-B253, 1999