

合成 2 主桁橋の減衰能に関する実験同定とエネルギー的評価法に基づく考察

宮地鐵工所 正会員 ○飯野 元
 埼玉大学 正会員 山口 宏樹
 埼玉大学 正会員 松本 泰尚

1. はじめに 近年、合成 2 主桁橋は、建設コスト削減、維持管理の観点から建設事例の増えている形式である。

2 主桁橋の静的特性は明らかにされ、実用に供するようになってきたが、構造が合理化され、適用支間も大きいことから、剛性が低下する、減衰が小さくなるなどの振動問題が懸念され、振動実験も行われている。本研究では、実橋振動実験データから 2 主桁橋減衰特性を同定するとともに、エネルギー的評価法に基づく減衰解析から、2 主桁橋の減衰特性の解明を行った。

2. 振動実験データに基づくモード特性同定

実橋加振実験データに ERA を適用してモード特性を同定した。ERA は、自由振動波形に対して複数のモード成分を同時に精度良く同定することができる方法である。同定した結果を、縦軸にモード減衰比、横軸に振動数を取り、報告されている実験値、ERA 同定値、さらに常時微動測定データから NExT/ERA により求めた同定値をプロットして、図 1 に示す。ERA 解析における固有振動数は、同一モードではほぼ等しく、精度良く同定されたと考えられる。モード減衰比は、曲げ 1 次モードではばらつきが大きい結果となった。報告されている実験値と比較すると、ERA 同定値のモード減衰比が大きくなっているが、常時微動測定データから同定された結果ではそうはならず、モード減衰比については実験条件によって結果に差が見られた。2 主桁橋の減衰特性は、ねじれ 2 次のモード減衰比が 0.007 で最も小さく、それ以上は確保されると言え、従来の橋梁と比べても小さくはないと考えられる。

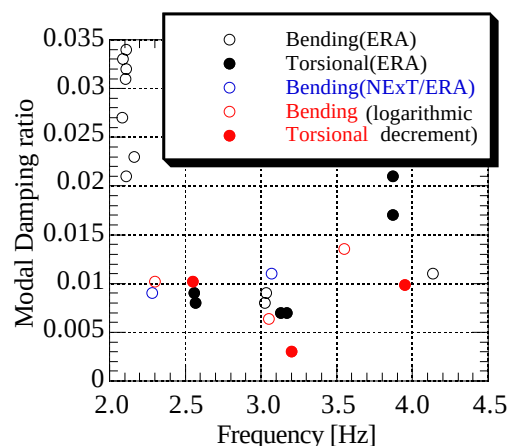


図 1 モード特性同定結果

3. エネルギー的減衰解析とその妥当性 次に、対象とした合成 2 主桁橋のモード特性を解析から評価することを試みた。桁橋の n 次モード減衰比 ξ_n は、1 周期での減衰エネルギー 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 $\xi_n = D_n / 4\pi U_n$ と表される¹⁾。減衰エネルギーは材料的な損失係数である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した。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 3 次元 FEM による固有値解析結果から振動モードごとに評価した。図 2 は縦軸にモード減衰比を取り、曲げ、ねじれそれぞれ 3 次までの解析結果を部分構造の減衰への寄与ごとに積み上げ式で表したものである。図には振動実験データから ERA を用いて同定された実験値もプロットしたが、複数同定されているモードについては平均値を取っている。図より、曲げ 1 次、ねじれ 3 次で多少の違いがあるものの、その他のモードでは解析値は実験値にほぼ等しく、

2 主桁橋の減衰特性が解析により評価できたとと言える。また、その減衰のうちわけは、曲げモードでは鋼桁の、ねじれモードではコンクリート床版および橋脚の減衰への寄与が大きいと言える。

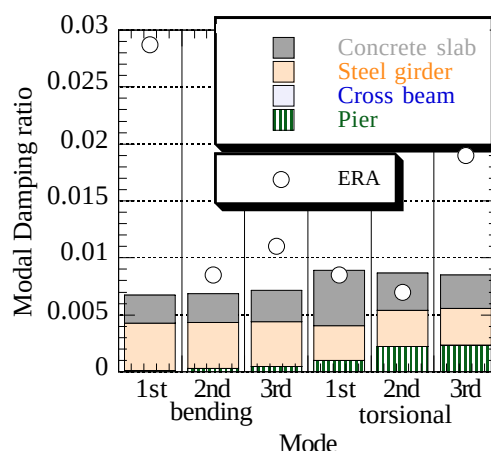


図 2 減衰の解析値と実験値との比較

キーワード モード減衰 2 主桁橋 実験同定 エネルギー評価

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

4. 4主桁橋減衰特性との比較 エネルギー的減衰評価法を用いて、2主桁橋減衰特性と4主桁橋のそれとの定性的比較を行った。そのため、2主桁橋、およびそれと同規模の4主桁橋を試設計している。図3に試設計を行った2主桁橋および4主桁橋の断面図を比較して示す。これらの断面を持つ同スパン50mの3径間連続橋として、前節と同様にエネルギー的評価法により減衰解析を行った。減衰の要因は、桁の内部減衰のみとし、コンクリート床版、鋼桁および補剛材に分けて解析を行った。

図4は、縦軸にモード減衰比をとり、2主桁橋、4主桁橋における曲げ、ねじれモードそれぞれのモード減衰比を、部分構造の減衰への寄与別に積み上げて表したものである。これより、2主桁橋の曲げモード減衰比は、4主桁橋のモード減衰比に比べて小さいこと、主桁部分のひずみエネルギーが大きく、減衰の大きいコンクリート床版部分の減衰への寄与が、4主桁橋に比べて小さいことが分かる。ねじれモードについては、4主桁橋で鋼桁の寄与が小さいものの、補剛材の寄与が大きく、結果として2主桁橋とほぼ変わらないと言える。つまり、2主桁橋ねじれモードでは、4主桁橋と比べて補剛材部分の寄与が極めて小さくなり、補剛材部分の減衰を主桁で受け持っていることが分かる。

次に、任意断面内において理論的にひずみエネルギーを計算し、桁高の変化によるひずみエネルギーへの影響を考察した。図5は、横軸に桁高を、縦軸に、コンクリート床版のひずみエネルギー U_c と、鋼桁のひずみエネルギー U_s の比 U_s/U_c をとり、2主桁橋と4主桁橋のそれを示した。また、有限要素法による解析結果も同様にプロットした。これより、有限要素法による解析結果は、断面計算で求めた理論値と近い値となる。桁高が大きくなるにつれて、ロスファクターの大きいコンクリート床版のひずみエネルギーが大きくなるため、減衰は大きくなると言える。

図6は、横軸にスパン、縦軸に減衰比をとり、実験値の得られている2主桁橋の曲げの基本振動数のモード減衰比を、既存橋梁の加振実験値²⁾と比較して示した。図より、2主桁橋のモード減衰比は、同規模橋梁と比較すると小さい傾向にあり、4主桁橋減衰特性の比較と同様の傾向が示されていると言えるが、全体として小さすぎることはないと考えられる。

5. 結論 エネルギー的減衰評価法から求められた2主桁橋の減衰特性は、ロスファクターの大きいコンクリート床版の影響が4主桁橋よりも小さくなり、そのため、同規模橋梁よりも減衰が小さくなる可能性が高いことが明らかとなった。しかし、解析例では、減衰の減少量は約2割程度となっており、必ずしも大きくはないと考えられる。

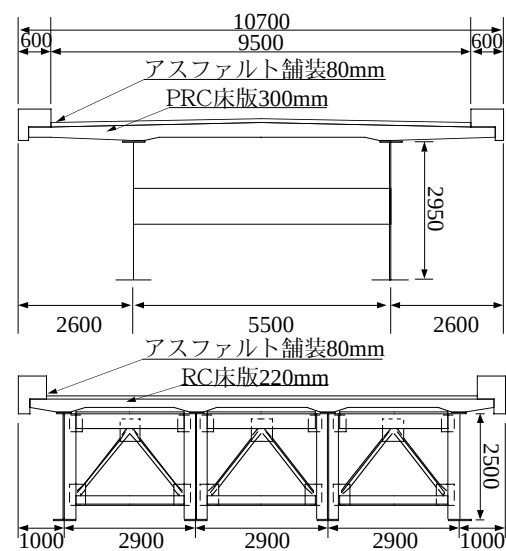


図3 2主桁橋および4主桁橋の断面

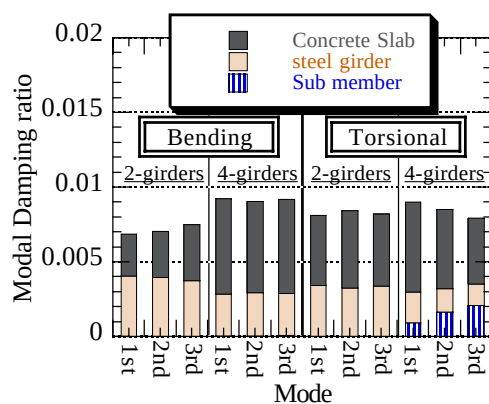


図4 減衰比の比較

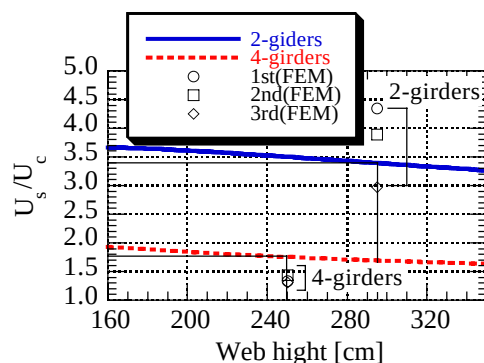


図5 桁高の影響

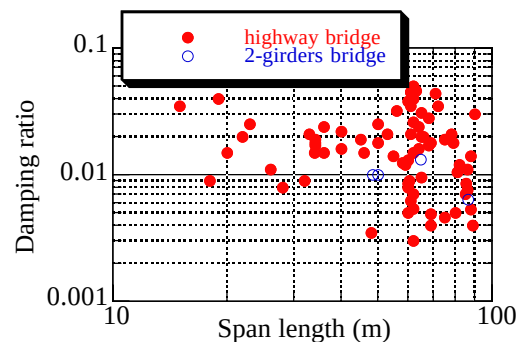


図6 スパン長ー減衰比

【参考文献】1) 山口宏樹他：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、pp.217-227、1996。

2) 加藤雅史，島田静雄：「橋梁実測振動特性の統計解析」，土木学会論文報告集，No.311，pp.49～58，1981.7