

桁端ダンパによる橋梁の減衰性能向上

その1、実験による効果の検証と理論的考察

神戸製鋼所 正会員 ○本家浩一，岡田徹，宇津野秀夫，清水義和

1. まえがき

近年、橋梁の合理化・低コスト化を目的とした少数主桁橋梁等の合理化橋梁が増加している。これらの橋梁では固有振動数や減衰特性が従来形式の橋梁に比べて低下する傾向にあると言われ、風や交通振動の問題が懸念されている¹⁾。これら振動問題の対策として、各種方法が提案されているが²⁾、最も効果的な方法は橋梁自体の減衰性能を向上させることと考えられる。これに対して、著者らは簡便な装置で高い減衰付加性能を発揮する制振手法（キールダンパ）を提案する。ここでは、このダンパの基本構造を紹介し、模型実験による効果の検証及びダンパの設計方法に関係する理論的な考察について報告する。

2. キールダンパの基本構造

キールダンパの基本構造を図1および図2に示す。橋桁の底フランジからヒレ状の板（これがヨットのキールを彷彿させることからキールダンパと呼んでいる。以後この板のことをキールと呼ぶ。）を伸ばし、また橋台や橋脚からこのキールを挟みこむ様に出した2枚の板部材の間に制振材料を設けた構造である。次にキールダンパの動作原理を図3に示す。橋梁が曲げ変形する際、桁の端部における上下変位は小さいが、桁がゴム支承などの移動ピン支持構造になっている場合、回転変形は橋梁長手方向で最大となる。この回転変形は、桁下から伸ばしたキールにより並進運動に拡大変換され、橋梁の僅かな変位に対しても制振樹脂の部分に大きなせん断変形を生じさせることができる。また、この回転運動の中心は、ゴム支承部で無く、その上方の桁の曲げ中心との交点となり、キールの長さ以上に回転半径が大きくなる。この結果、比較的コンパクトなダンパでも、効率的にエネルギー吸収を行うことができ、高い制振性能の付加が可能となる。

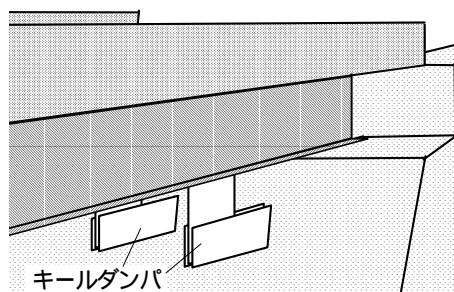


図1 キールダンパ概略図

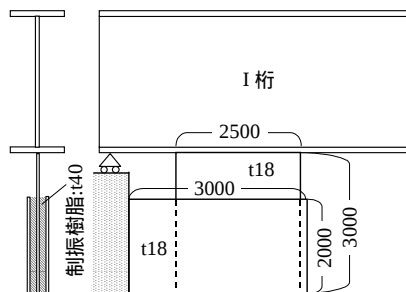


図2 側面図と概略寸法

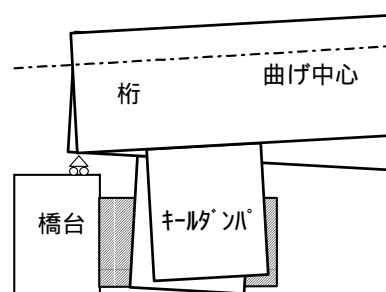


図3 動作原理

3. 模型実験による検証

3.1 実験装置 支間長約 50m の 2 主桁橋に対して曲げ変形に関して相似を満足する模型を製作し、キールダンパを取付けて実験を行った。実験装置を図4に示す。模型の基本縮尺は 1/10 で、重量比は 1/1000 とした。固有振動数は、周波数依存性のある樹脂の特性を観察する為、実橋とほぼ一致させた。これらの相似則を満足させるため、橋梁部は 25mm 厚の平板で模擬し、ダンパ部はその面積を実橋想定 of $1/10^3$ とした。また樹脂厚は実橋適用想定時の 40mm に一致させた。さらに、キール部分の弾性変形の影響を無視するため、ダンパを構成する各部材は実橋に比べて相対的に剛にした。これは、今回の実験が主に樹脂特性と減衰性能との関係に着目したことが理由である。図4(b)に実際の橋梁の形状を破線で示している。実験に使用した制振樹脂の材料特性を図5に示す。樹脂特性の温度依存性の影響も調べる為、樹脂部を取り囲む様に冷却水タンクを取付け、タンク内の水の温度を 0～45 に変化させて実験を行った。

キーワード：制振装置、2主桁橋、粘弾性体、耐風対策、交通振動

〒651-2271 神戸市西区高塚台 1-5-5 TEL 078-992-5640 FAX 078-993-2056

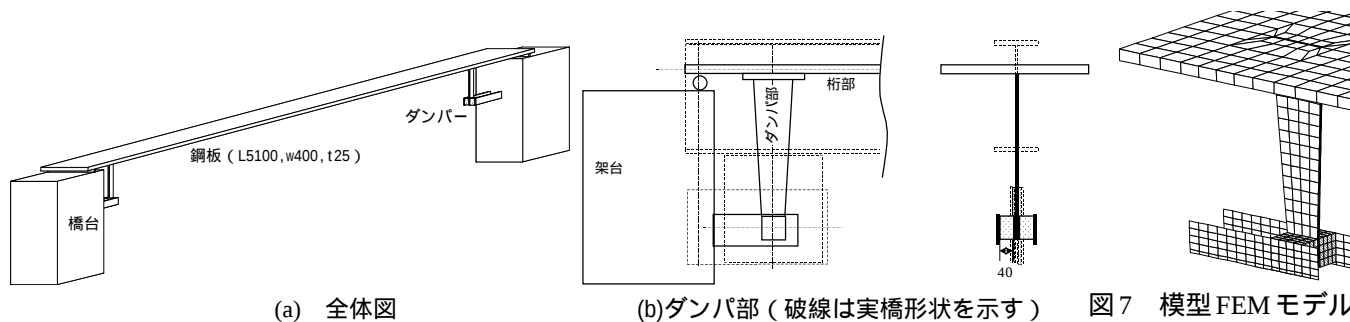


図4 実験装置

3.2 実験結果 図6に実験結果を示す。図には実験結果に合わせて図7のFEMモデルにより算出した解析結果も合わせて表示する。一般に同程度の橋梁の減衰比が1%程度であることを考えると、本ダンパにより比較的広い温度範囲（0～50℃）で高い減衰性能を付加できることが確認できる。温度が低くなるほど固有振動数が増加しているが、これは図5から分かる様に樹脂が硬くなる為である。ダンパの減衰付加性能は、材料の損失係数だけでなく、ダンパの等価剛性も大きく関係する。ダンパの等価剛性は、樹脂の面積および樹脂の厚さで調整できる。次章でその設計方法に関する説明を行う。

4. ダンパ設計に関する理論的考察

キールダンパの減衰付加性能の簡易評価用グラフを作成した。そのグラフを図8に示す。ダンパの等価剛性 K と樹脂の損失係数 η から、橋梁全体系の付加減衰比を推定できる。ここでは橋梁の両端にキールダンパが取付けられていることを想定している。ダンパの等価剛性 K は、橋の長さを L 、桁の等価剛性 EI 、樹脂のせん断係数 G 、キールダンパの桁端部を基準とする回転剛性 k をもとに式(1)で表される。

$$K = \frac{kL}{EI} \quad (1) \quad k = 2 \frac{l^2}{d} AG \quad (2)$$

図から、樹脂の損失係数 η に応じて、等価剛性 K を調整した場合の付加減衰比 ζ の最大値が決まることが分かる。また、等価剛性 K に応じて付加減衰比 ζ が大きく変化することが確認できる。

5. まとめ

少数主桁橋梁等の減衰性能を向上させることが可能な制振手法（キールダンパ）を開発した。模型実験により効果を確認したところ、温度依存性があるものの、比較的広い温度範囲にわたって高い減衰性能を示すことがわかった。

【参考文献】1)山田均：少数主桁橋の耐風特性、第四回鋼構造と橋に関するシンポジウム論文報告集、pp59-67、2001、2)比江島慎二、藤野陽三：桁端ダンパによる橋梁の交通振動の軽減、土木学会論文集、No465/I-23、pp.107-116、1993

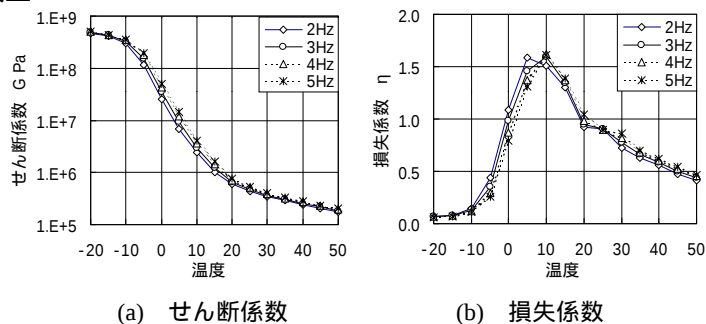


図5 制振材料の材料特性

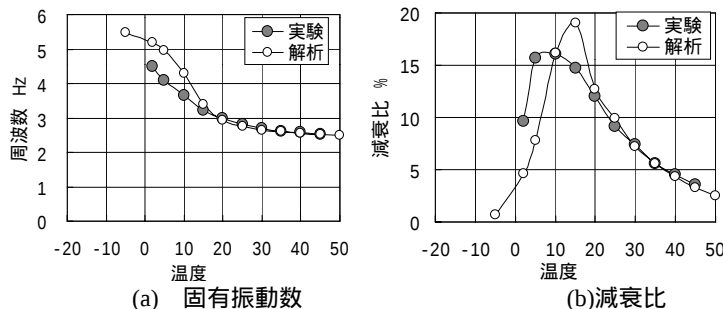


図6 実験結果（ダンパ無し時は2.44Hz、0.6%）

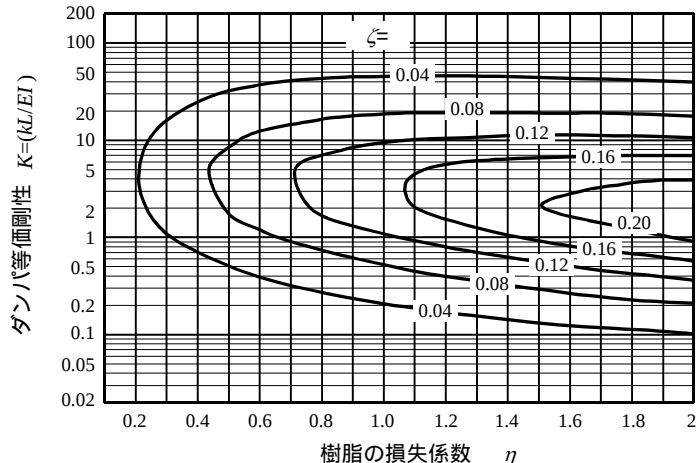


図8 ダンパ特性と減衰付加性能の関係