

I-204

衝撃質量ダンパー (IMD) のさぬき府中湖橋主塔への適用 (風洞試験)

日本道路公団 正員 小島治雄 日本道路公団 正員 井手俊也
 川崎重工業(株) 正員 小川一志 川崎重工業(株) 正員 斎藤敏雄
 川崎重工業(株) 正員 古川満男 三井造船(株) 正員 江藤徹郎

1. まえがき

さぬき府中湖橋は四国横断自動車道の一環として香川県に架設される橋長196.7m(支間割:130m+65m)の2径間連続鋼斜張橋である。主塔は主桁と完全に構造分離した高さ53mの1本柱で、ケーブルは1面マルチファン型(7段)となっている。主塔が本橋のような1本柱形式の場合、橋梁完成後においても風向によっては橋軸直角方向の振動を発生する恐れがある。構造物の制振装置として衝撃質量ダンパー(IMD)の開発が行われているが¹⁾²⁾³⁾、この度、さぬき府中湖橋完成後の主塔に対する制振装置としてIMDを適用するに当たり、その耐風制振性能を風洞試験で検討したので、その結果について報告する。

2. 主塔の耐風制振対策の必要性

橋梁完成後の主塔の耐風性を調べるために、3次元弾性体の主塔模型(縮尺1/30)を用いて一様流中での風洞試験を行った。主塔模型の振動条件を表1に、風洞試験結果の1例を図1に示す。これによると橋軸方向の風によって風速10 m/s位から橋軸直角方向曲げ1次の自励振動(ギャロッピング)が発生しており何らかの耐風制振対策が必要である。構造減衰(無風時対数減衰率)とギャロッピング発生風速との関係を図2に示すが、構造減衰を増加できればギャロッピング発生風速を引き上げることができる。また、曲げ振動(渦励振)の応答振幅を低減させることができる(図3)。構造減衰を増加させるための手段として、ここではIMDによる減衰付加を考えることとする。

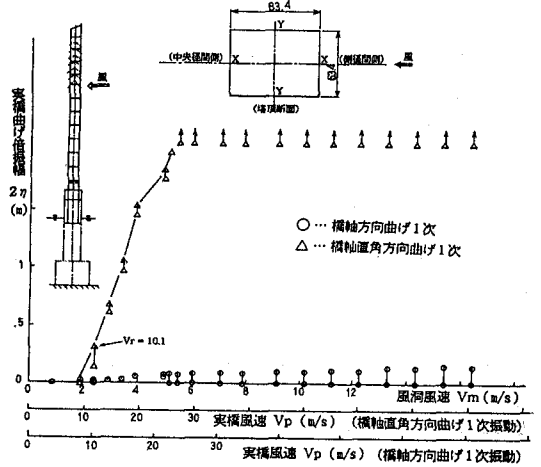


図1 V-A図(主塔全体模型試験、橋梁完成後、一様流)

表1 試験条件

模型縮尺	1/30
風向	橋軸方向(側径間側→中央径間側)
塔柱見付幅	63.4 mm
等価質量	$m_x: 498.7 \text{ gf}\cdot\text{s}^2/\text{m}^3, m_y: 500.8 \text{ gf}\cdot\text{s}^2/\text{m}^3$
無風時減衰	$\delta_x: 0.007, \delta_y: 0.021$
空気密度	$0.120 \text{ kgf}\cdot\text{s}^2/\text{m}^3$
振動数	$N_x: 4.288 \text{ Hz}, N_y: 3.752 \text{ Hz}$
風速倍率	$X: 4.32, Y: 4.91$

X: 橋軸方向の振動 Y: 橋軸直角方向の振動

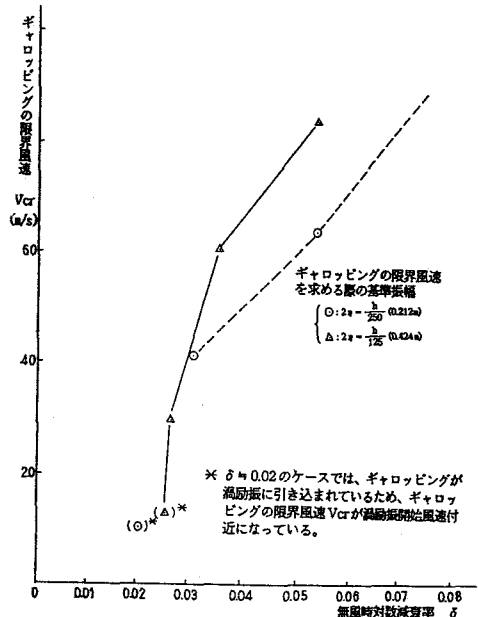


図2 無風時対数減衰率とギャロッピングの限界風速との関係

3. IMDの耐風制振性能

IMDは、重錘と塔の衝突の際のエネルギー散逸に伴う付加減衰作用を、塔の制振に利用したID (Impact Damper) の一種であるが、従来のIDに比べて下記の特徴を有している。

- ①塔と重錘の振動数比を2:1とする。
→ 重錘は塔と正面衝突して大きな制振効果を発揮。
- ②塔と重錘の間のクリアランスを0とし、片当たりとする。
→ 微小振幅から大振幅まで有効に制振。

IMD模型は、図4に示すように、塔模型の頂部に設置した架台から重錘(鋼製の球)をワイヤロープで吊り下げたもので、重錘に接する塔側面には緩衝材として硬質ゴムを張り付けている。重錘と塔の一般化質量比 μ とIMDによる付加減衰 δ の関係を図5に示すが、重錘の質量が大きくなるとIMDの付加減衰は大きくなり、一般化質量比0.01に対して付加減衰0.09となる。有風時におけるIMDの耐風制振効果を、主塔模型の風洞試験で調べた結果を図6に示す。IMDの振動条件は、塔と重錘の振動数比1.99、重錘と塔の一般化質量比0.011である。図より明かなようにIMDの作動によってギャロッピングは高風速域まで抑制されている。また、風速10m/s~20m/s近傍で発生する渦励振(橋軸直角方向曲げ1次振動)は微小振幅に制振されており、図3の試験結果と対応している。

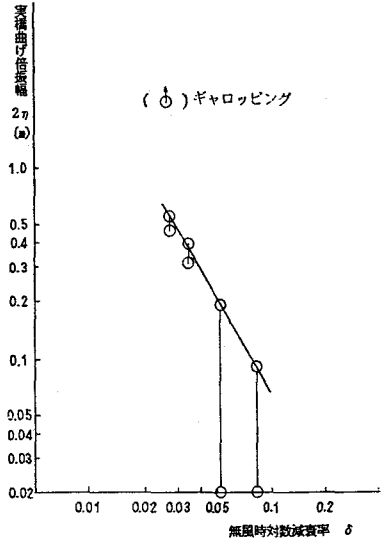


図3 無風時対数減衰率と渦励振の最大応答振幅との関係

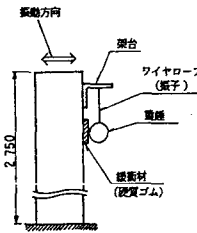


図4 試験体

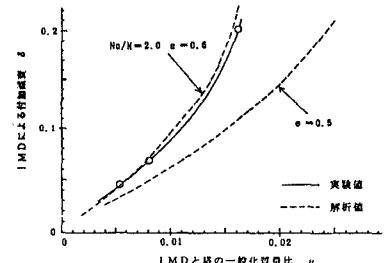


図5 IMDと塔の一般化質量比に対するIMDによる付加減衰

4. あとがき

IMDの無風時における減衰付加性能は有風時においても同様に発揮され、IMDが主塔の耐風制振装置として有効であることが風洞試験によっても確認された。

<参考文献>

- 1)小川, 泰永; 衝撃質量ダンパー(IMD)による主塔の制振効果について, 土木学会第44回年次学術講演会, 第1部, 1989
- 2)小川, 坂井, 林; 衝撃質量ダンパーの開発と塔状構造物への適用, 川崎重工技報, 第108号, 1991
- 2)小川, 坂井, 斎藤; 衝撃質量ダンパー(IMD)の耐風制振装置への適用, 振動制御コロキウム PART. B 講演論文集, 1991

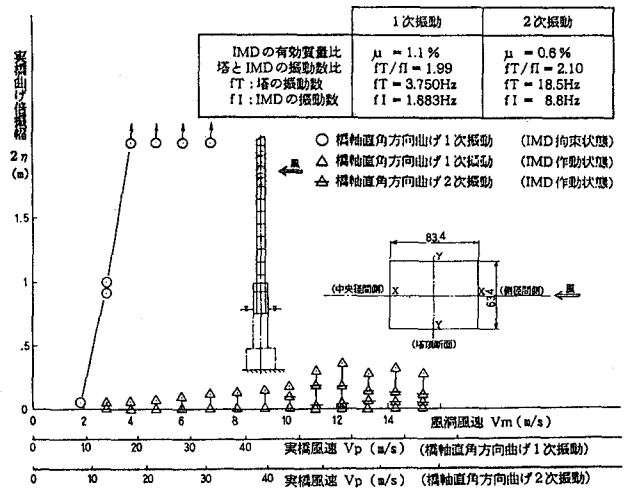


図6 V-A図(主塔全体模型試験, 橋梁完成後, 一様流)