第Ⅰ部門

橋梁上に設置された照明柱の渦励振とその防止対策

立命館大学大学院　学生員　○高松　健太郎
立命館大学理工学部　正会員　小林　紘士

1　緒言

構造物の流れに直角方向の固有振動数が風による渦の周波数と一致する風速（励振流速）において振動が急激に増大する渦励振は，フラッターやギャロッピングのような発散型の振動ではないため，直接破壊につながることはないとされているが，設計風速よりはるかに低い風速で起こることが多いので，振動の発生頻度が高くなることにより部材の疲労破壊を生じさせるのである．

本研究で渦励振防止策として着目したのが，1980 年代に考案された鋼硬球をもちいたＳＭＤ（衝撃減衰器）[1]であった．これは照明柱内部の衝撃室に設置された鋼球が照明柱に同期して運動し，容器壁に衝突することによって振動エネルギーを減衰させるというものであり，実機である道路上照明柱の渦励振において，優れた制振効果をあげた．しかし，照明柱内部に鋼硬球をいれるための多数の衝撃室を必要とし，設置の面で手間とコストがかかるという問題点を有しているため，瀬戸大橋や明石海峡大橋などで実用化がなされているチェーンダンパーなどと比較すると実用性に乏しいといえる．そこで，我々は鋼硬球のＳＭＤの発想をもとに，鋼硬球よりも設置の手間がかからず，安価なボルト締結用の鋼製制振ワッシャーをもちいて，照明柱の振動抑制をはかった．また，風洞内に照明柱を箱桁橋梁模型上に置いた場合の振動振幅測定実験を行い，励振曲線が気流の傾斜角によってどのように変化するかを調べた．

2　供試模型および実験装置

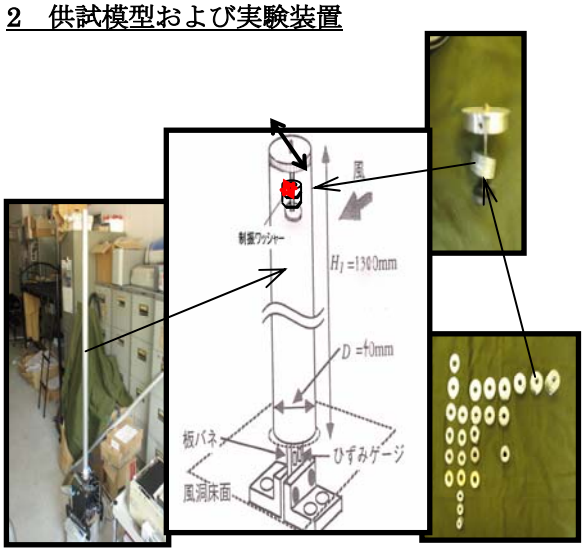

図 1　ＳＭＤ設置供試模

図１が実機の 1/6 の寸法で制作した１自由度ロッキング照明柱模型の容器内先端部に制振ワッシャーをとりつけた図である．模型を黒矢印のように振動させると，模型先端内部に設置された制振ワッシャーも赤矢印で示すように同期運動を行い，振動を減衰させるのである．

なお，風洞気流の振動応答は板バネにつけた歪みゲージがブリッジとアンプをとおしてトレース用紙に振動波形を出力する仕組みとなっている．

3　実験結果及び考察

1．SMD をもちいた渦励振抑制

図 2 は質量 7（ｇ），内径 8.6（ｍｍ），外径 13（ｍｍ）の制振ワッシャー（SMD）を 1/6 ロッキング照明柱模型に設置したときの励振曲線と励振時にペンレコーダーに出力された強制振動波形を示す．実験は励振流速域において，気流に垂直方向成分振動を測定した．応答 A は主振動，応答 B は副振動を示す．

結果より，励振流速付近（V/fD=6）においてSMD を設置すると，無次元化渦励振振幅値が 1/6 程度に激減していることがわかる．また，図中の黒矢印でしめした衝撃音のあった流速域が振動抑制領域と一致することから，制振ワッシャーが照明柱模型壁面に接触することで振動エネルギーが減衰したと推測できる．

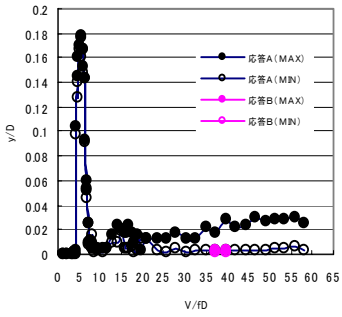

図 2-a　ランプケースなし照明柱模型励振曲線（ワッシャーダンパー付属せず）

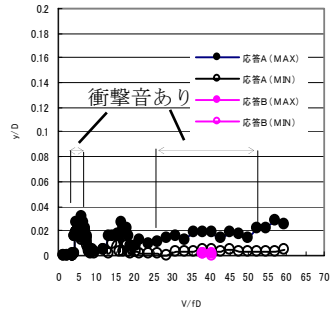

図 2-b　ランプケースなし照明柱模型励振曲線（m＝7gl＝7.8gsteel製ワッシャーダンパー付属）

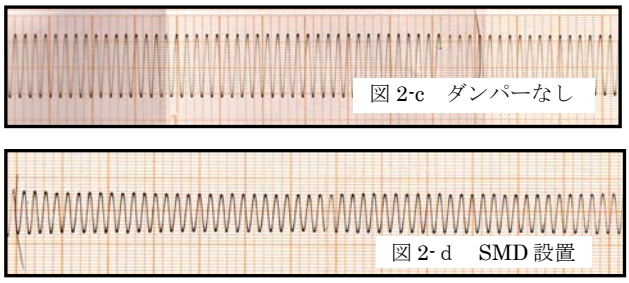

図 2　SMD をもちいた渦励振動の抑制

Kentarou TAKAMATSU, Hiroshi KOBAYASHI

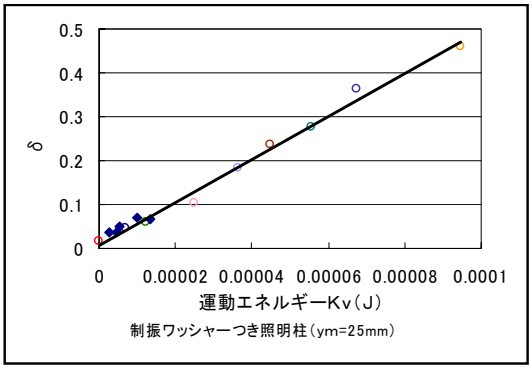

図 3　最適な減衰値 δ の評価

図 3 はランプケースなし照明柱模型において，横軸にワッシャーの運動エネルギーKv，縦軸に平均振幅ｙｍ＝25（ｍｍ）における模型のδ値をとった図である．模型のδ値は設置する制振ワッシャーのKv 値に比例して増加していることがわかる．

なお，同期運動が行われている場合にはＫｖ値はワッシャーの質量：ｍと照明柱の固有振動数：ｆとワッシャーの遊間距離：１の積（$=\frac{1}{2}*mU^2=\frac{1}{2}*m(fl)^2$）としてあらわすことができ，衝撃減衰器（ＳＭＤ）として制振ワッシャーを十分に機能させるためには，このKv 値が最大となるように設計すればよいのである．なお，固有振動数ｆは照明柱の構造によって決定される値であるため，本研究で開発したＳＭＤは固有振動数ｆの小さい照明柱には振動抑制効果をあらわさないという結果に至った．

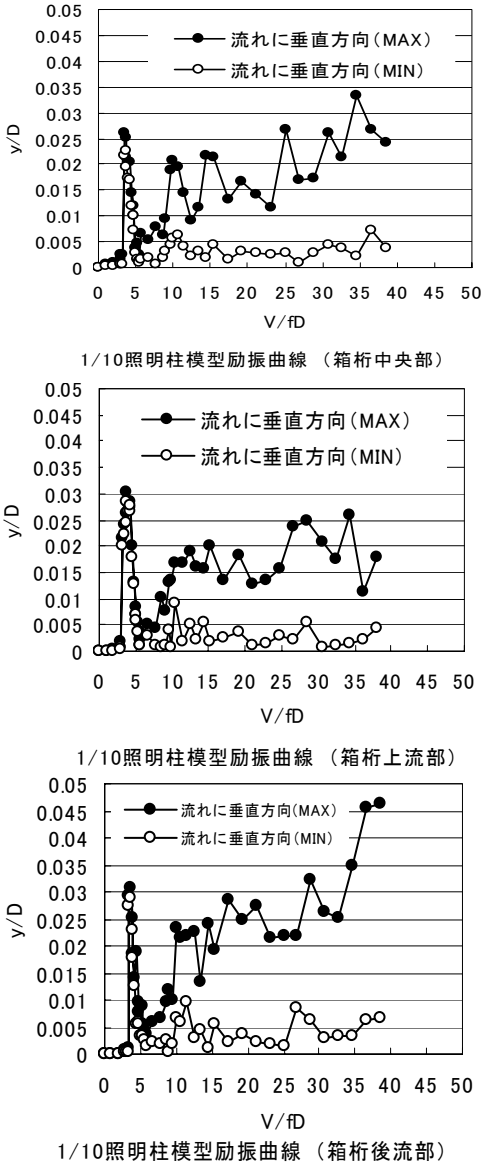

図 5 箱桁上に設置した 1/10 照明柱模型の励振曲線

2. 橋梁上に設置された照明柱の挙動

図 4 は実機の 1/10 のロッキング照明柱模型と実橋の 1/10 の箱桁模型をしめしている．なお，1/10 照明柱模型の設計は，1/6 照明柱模型の相似則にならい，ひずみゲージはバネとなる小円柱の金属表面にはりつけている．

なお，振動応答実験は照明柱模型を **a）気流の中央部にもってきた場合，b）気流の上流部にもってきた場合，c）気流の後流部にもってきた場合**の三パターンを行った．この実験をとおして，SMD 設置の対象となる橋梁上照明柱においてどのような振動挙動がおきているかを調べるのである．

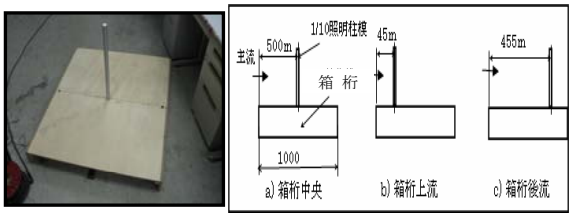

図 4　箱桁供試模型と 1/10 照明柱供試模型

照明柱模型を中央部から模型先端部に移動させると，励振点における無次元化振動振幅応答 MAX 値が若干，大きくなっている．
励振点をこえた広流速域における振動応答 MAX 値は，模型を下流部においたときがもっとも高い値となっている．

5　結言

1）制振ワッシャーをもちいた衝撃減衰器（SMD）は照明柱において，渦励振動抑制効果を発揮する．制振ワッシャーの質量ｍと遊間距離１が一定の場合，照明柱の固有振動数ｆ値が高ければ高いほど，渦励振抑制効果は大きくなる．
2）照明柱模型を橋梁上に設置した場合，励振点を超えた広流速域に渡って，高振幅が持続されていた．

6　参考文献

1）城　郁夫，金子　忠男，永津　省吾，高橋　千代丸，木村　正夫：「耐風照明柱の開発」川崎製鉄技報（1988.4　p308-314）
2）吉田　祐昭：「照明柱の風による振動とその防止対策」　立命館大学学士論文（2003.3）