

## I - B162

## 照明支柱の振動を大幅に低減可能な新しい制振装置の開発

新日本製鐵(株) 正員○小崎 照卓

新日本製鐵(株) 村橋 喜満

新日本製鐵(株) 川上 寛明

## 1. 緒言

高架道路や橋梁に設置される照明支柱は、風による渦励振や車両通行時に発生する振動を常時受けている。これらの振動数と支柱の振動数が一致すると共振現象が発生し、照明灯具の故障や、繰返し荷重による基礎ボルトの破断など支柱の機能低下につながる可能性が高い。新日本製鐵(株)は、昭和電線電纜(株)、ヨシモトボール(株)と共同で、この振動問題を解決しうる新しい振動低減技術の開発に取り組んできた。

## 2. 問題となる振動の特定

## 2. 1. 風によるカルマン渦励振

図1に示す照明支柱のような棒状構造物は、風による振動が発生しやすい構造である。図2に照明支柱の固有値解析結果と共振風速の関係を示す。共振風速は、カルマン渦励振による渦励振振動を表す次式を用いている。

$$S_t = ND/V \quad \text{----- (1)}$$

ここで、N：風の流れにある物体の振動数

D：物体の代表径（ここでは、支柱の代表径）

V：風速

$S_t$ ：ストローハル数

一般に共振が問題となる風速は、風の乱れが起きにくい4m/s～20m/s程度であり、今回対象とした照明支柱は、2次モードと3次モードでの共振の可能性が高いことが分かる。なお、ストローハル数は、既往の文献等により0.16と仮定している。

## 2. 2. 交通振動の振動特性

道路における交通振動は、鉛直方向の振動が主であり2.5Hz～15Hzの周波数成分が卓越（土木技術資料：平成7年5月号）している。照明支柱の固有振動数と比較すると、風と同様に2次モードと3次モードでの共振の可能性が高い。

## 3. 振動低減に向けた技術課題

以上より、照明支柱の振動は風においても交通振動においても2次モードと3次モードが卓越し、このモードでの振動低減が必要になる。図2の固有値解析結果から、2次は灯具部の鉛直と水平振動、3次は支柱高さ方向中央部の水平振動が対象となる。図3に今回採用した質量効果型制振装置の原理を示すが、詳細な説明は割愛する。

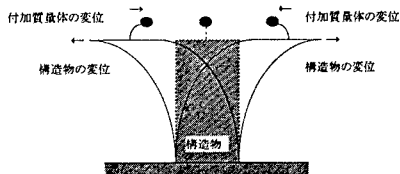


図3 TMDの原理

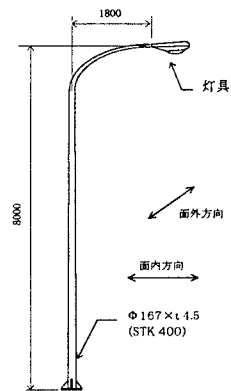


図1 照明支柱形状

|      | 1次振動モード           | 2次振動モード           | 3次振動モード             |
|------|-------------------|-------------------|---------------------|
| 面内方向 |                   |                   |                     |
|      | 1.61 Hz (2m/s 程度) | 5.41 Hz (7m/s 程度) | 14.11 Hz (19m/s 程度) |
| 面外方向 |                   |                   |                     |
|      | 1.61 Hz (2m/s 程度) | 4.51 Hz (6m/s 程度) | 13.71 Hz (18m/s 程度) |

図2 固有値解析結果と共振風速

【キーワード】 振動制御（パッシブ），TMD，高粘性液体，照明支柱

【連絡先】 〒293 千葉県富津市新富20-1 Tel 0439-80-2535, Fax 0439-80-2760

#### 4. 制振装置の特徴

今回考案した制振装置を図4に示す。重錘を照明支柱と同じ固有振動数を持つ金属バネに支持させ、高い減衰性能を発揮する高粘性液体に浸したものである。本装置は、①.金属バネにより、水平・鉛直振動の同時制振が可能、高い減衰性能を有する高粘性液体を用いることから②.小さな付加質量で高い制振効果を発揮するので装置が非常にコンパクト、③.構造物の固有振動数を中心とした幅広い振動数帯にわたる制振が可能、といった優れた性能を有している。

#### 5. 実験概要と制振装置の仕様

図5に示すように実大の照明支柱を振動台に設置し、面内2次5.41Hzの正弦波(入力加速度20gal)で加振しa部(灯具部)の鉛直・水平方向の振動低減効果を、面内3次14.1Hzの正弦波で加振しb部(本体支柱部)の水平方向の振動低減効果をそれぞれ測定した。制振装置の仕様としては、固有振動数は支柱の固有振動数と一致、付加質量1.0kg(本体重量の1.0%)、減衰定数10%とし、取付位置は2次モード用をa部、3次モード用をb部とした。

#### 6. 実験結果

図6に面内2次振動を入力した時のa部の鉛直加速度を示す。制振装置無しの場合では、2,358galあった最大加速度が、制振装置を設置した場合で約1/10の227galまで低減している。図7に面内3次振動時のb部の水平加速度を示す。図6と同様、制振装置の設置により、最大加速度を1/6まで低減している。この結果から、本制振装置は1.0kgという非常に小さな質量で支柱の鉛直・水平振動と同時に、かつ大幅に低減可能であることが分かる。

#### 7. 考察

TMDの質量比と減衰定数をパラメータとした2質点系の周波数応答解析結果を図8に示す。尚、本体の応答倍率は実験より得られた減衰定数0.2%より250倍(1/2h)となる。TMDの減衰を1%に下げかつ振動低減効果を大きくするため重錘の質量を現状の3倍(質量比3%)にしても、振動低減効果は現状より1/2低下する。このことから、本制振装置は高い減衰性能を発揮する高粘性液体により、付加質量を小さく装置をコンパクトにできるものである。

図9に質量比を1%と一定にしてTMDの固有振動数を±5%変動させた2質点系の周波数応答解析結果を示す。減衰を1%に下げ、TMDの固有振動数を本体振動数より5%ずらすと、振動低減効果は現状より1/3.5低下する。一方、減衰10%で同様に振動数を5%ずらすと、その効果は現状の1/2に低下するに止まっている。このことから、本制振装置は施工状況等により実構造物の固有振動数に多少誤差が生じても高い制振効果を得ることができる。

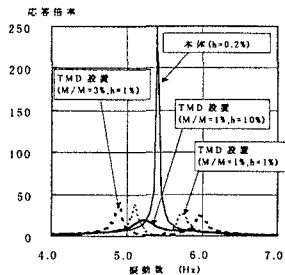


図8 周波数応答解析結果(その1)

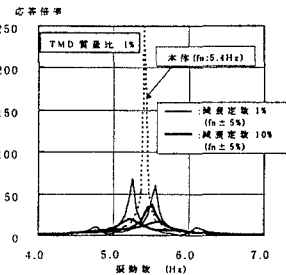


図9 周波数応答解析結果(その2)

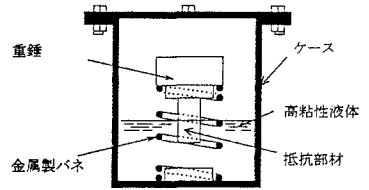


図4 制振装置の概要図



図5 実験状況

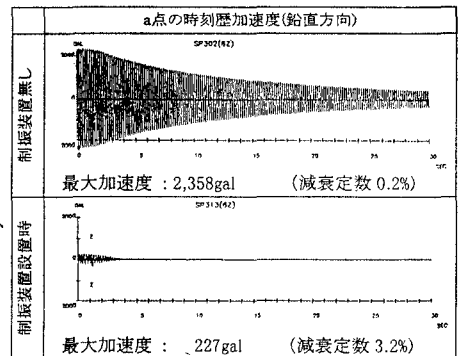


図6 面内方向2次振動の実験結果

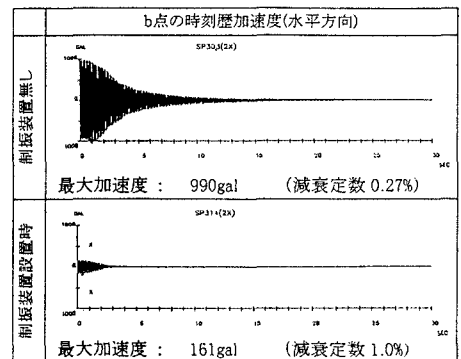


図7 面内方向3次振動の実験結果