

I-467

衝撃質量ダンパ（IMD）の塔状構造物への適用

川崎重工業 正員 小川一志

川崎重工業 林 邦昭

1. まえがき 衝撃質量ダンパ（以下、IMDと呼ぶ）は、構造物質量の数%程度の質量を有する重錘を、構造物に付設したクッション材（硬質ゴム等）と衝突させることによって構造物の減衰性能を高める装置である¹⁾。IMDは一見TMDと機構が似ているが、TMDには油圧ダンパ（またはダンパ相当品）があるのに対し、IMDには油圧ダンパがなく、その分IMDの方の機構が簡単でメンテナンスの問題も少ない。TMD、IMDの両装置共に、制振性能を発揮するには装置自体の振動数を所要値（TMDの場合は構造物の振動数、IMDの場合は構造物振動数の1/2）に調整する必要があるが、IMD振動数の調整精度はTMDのときに比べてかなり粗くても性能上問題なく、IMDの長所として挙げられる。IMDを実構造物に適用するに当たって、IMD重錘の衝突に伴う衝撃音および衝撃力の発生が危惧され、その対策が問題点として残されていたが、今度、避雷針支柱の制振装置としてIMDを採用し、その制振性能を実機で確認する機会があったので、その結果について報告する。

2. 避雷針支柱IMDの概要 空港レーダ鉄塔上の避雷針支柱が、7～8m/s程度の風によって渦励振を発生する可能性があったため、その制振対策として、現地条件（制振用ケーブルに対する空間的制約、10年間程度のフリーメンテナンス）や施工性等を考慮してIMDを採用した。避雷針支柱の一般図を図1に、IMDの概念図を図2に示す。避雷針支柱IMDの設計に際して留意したことは次のようである。

① 支柱断面が円形であることから、全方向（360°）の振動に対する制振が必要なこと→リング状の重錘（3kgf）を上下2段設けて、各段に180°方向ずつの振動に対する制振を分担させた。

② 渦励振の発生が問題となる振動（曲げ2次振動）が約8Hzとなり、吊橋や斜張橋の塔の場合に比べて振動数が高いこと→IMD重錘に引張バネを付設して、IMD自体の振動数を高めた。

③ IMD性能試験 避雷針支柱IMDの制振性能を実機で確認するために、工場内で避雷針支柱とIMDを組合せて振動試験を実施した。避雷針支柱の加振には電磁式加振機を用いて、IMDが作動しないように重錘を固定した場合と、IMDを作動させた場合について、支柱応答振幅から共振曲線を求めた。図3に振動モードを、表1に振動数、一般化質量を、図4に共振曲線を示す。IMDを作動させない場合の構造減衰 $\delta=0.05$ と、IMDを作動させた場合の構造減衰 $\delta=0.15$ の比較から、IMDによる付加減衰は $\delta=0.10$ であることがわかる。このとき、避雷針支柱の構造減衰はIMDの作動によって約3倍になっており、共振振幅が約1/3に低下するのに対応している。なお、IMD自体の振動数4.25Hzは、所要振動数3.79Hzに比べて約12%ずれているが、この場合でも減衰性能を十分に発揮していることが認められる。強制加振を受けた避雷針支柱の履歴曲線は図5に示すように加振方向と加振直角方向の連成した楕円運動を呈したが、加振方向に有効なIMD（上側）と加振直角方向に有効なIMD（下側）の両方が作動して制振効果をあげることができた。ところで、心配されたIMD重錘とクッション材（ネオプレンゴム）との衝突による音はIMD近傍でもほとんど聞きとれなかった。また、IMD重錘の衝突による衝撃力はクッション材により吸収され、避雷針支柱（加速度波形）への衝撃の影響は微弱であった。

4. あとがき IMDの制振性能は実機においても十分に発揮され、衝撃音や衝撃力に対しては、適切なクッション材（この場合はネオプレンゴム）の使用により、その影響を実用上問題ない程度まで緩和できることが確認された。

<参考文献> 1) 小川, 泰永; 衝撃質量ダンパ（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, 平成元年10月

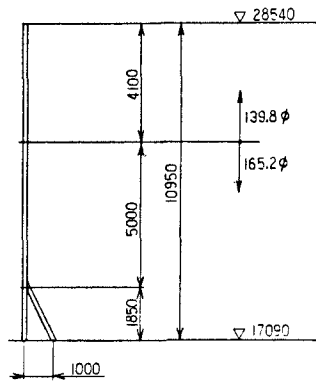


図1 避雷針支柱の一般図

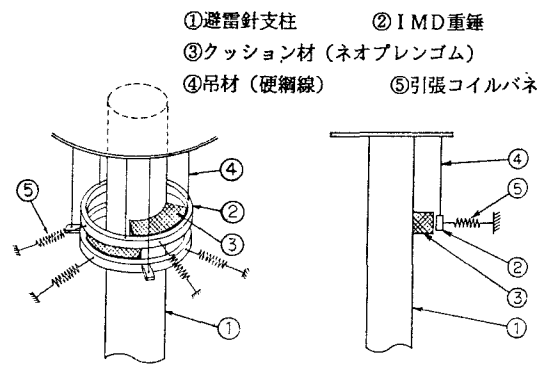


図2 避雷針支柱IMD

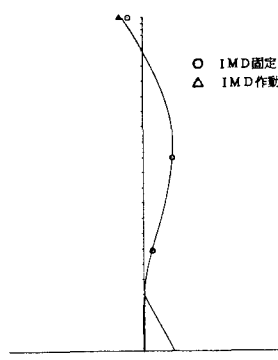


図3 避雷針支柱の振動モード
(曲げ2次振動)

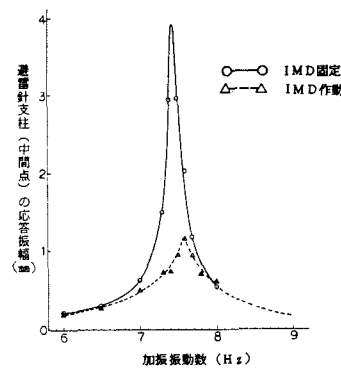


図4 変位共振曲線

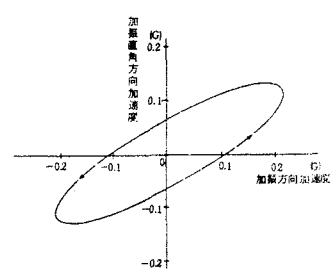


図5 避雷針支柱頂部の加速度履歴曲線
(IMD固定時)

表1. 振動特性

	避雷針支柱	IMD
振動数 N	7.58 Hz (IMD作動時)	上段IMD: 4.25 Hz 下段IMD: 4.08 Hz
一般化質量 M	11.8 kgf・S ² /m	上段IMD: $\frac{3.35}{9.8} \times 0.540^2 = 0.10 \text{ kgf} \cdot \text{S}^2/\text{m}$ 下段IMD: $\frac{3.67}{9.8} \times 0.493^2 = 0.09 \text{ kgf} \cdot \text{S}^2/\text{m}$

$$M = \int m(x) \eta^2(x) dx$$

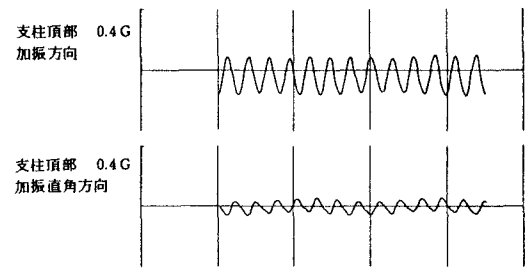


図6 避雷針支柱の加速度波形
(IMD作動時)