

塔状構造物の制振対策に関する 2, 3 の研究

大阪産業大学 学生会員 ○鈴木 大貴 大阪産業大学 正会員 飯田 毅
大阪産業大学 細川 寿樹

1. 緒言

高架橋等に設置された照明柱や標識柱などの塔状構造物は風による振動や車両走行に伴う路面振動などに起因して大きく揺れ、疲労損傷など寿命の短命化が懸念されている。これまで制振装置としてチェーンダンパー^{1) 2)}、多方向転動型同調質量ダンパー³⁾、粒状体ダンパー⁴⁾等が開発され、実用化されてきている。それぞれのダンパーは効果的で有効であるが効果を発揮する振動数領域に制約があることから、幅広い振動数領域に対応可能な制振装置の開発が望まれている。そこで、各振動数領域で効果的なダンパーを組み合わせることで広範囲の振動数領域において有効なダンパーを模索しており、この度開発された液体を封入した袋体ダンパー⁵⁾、粒状体ダンパー及びチェーンダンパーを含め 2, 3 の制振装置を組合わせたダンパーについて基礎的実験を行ったので、ここに結果概要について報告する。

2. 実験概要

供試管は外形 34mm の鋼管で下端固定とし、固有振動数が 2Hz～14Hz になるように供試管長さを 4.0、3.2、2.8、2.5、1.8、1.5m とし、順に供試管 No. I～VII とした。使用した粒状体は粒径 4mm の鉛玉、液体は水道水である。粒状体収納容器は、半球形状で直径 200mm のものを使用した。袋体ダンパーとは、柔らかい袋に液体を封入したもので、振動外力を受けた際に液体の移動により振動を抑制するダンパーである。袋体収納容器は幅 181mm、奥行き 112mm、高さ 26mm の直方体容器を使用する。外付けチェーンダンパーに使用する外付け管は直径 25mm と 78mm の樹脂性円筒管であり、チェーンは鋼製で長さ 525mm で重量 385g、長さ 630mm で重量 465g を使用した。粒状体、袋体の重さはチェーンダンパーと比較するために 385g を基準とした。供試管 No. I～VII の 7 種類に対して、自由振動実験を行い以下の場合について制振効果を検討した。①制振装置を装着しない場合、②袋体ダンパーを供試管上部に固定した場合、③粒状体ダンパーを装着した場合、④粒状体ダンパーと袋体ダンパー、チェーンダンパーを併用した場合、⑤供試管外部にチェーンを懸架した場合の 5 ケースについて自由振動実験を行った。実験概要を図 1 に示す。なお、自由振動付与は、供試管上端を手で引っ張り瞬時に開放することにより行った。

3. 実験結果と考察

(1) 各種制振装置と減衰定数 h について

粒状体ダンパー、袋体ダンパー、チェーンダンパーについて減衰定数 h と振動数の関係を図 2 に示す。図 2 より、①粒状体ダンパーは振動数 2～3.5Hz の低振動数領域では制振効果が高く、袋体ダンパー、チェーンダンパーより効果的である。②袋体ダンパーは振動数 3～9Hz でチェーンダンパーより制振効果が高く高振動数領域で効果的である。③チェーンダンパーは、振動数 5～11Hz の高振動数領域で効果的である。

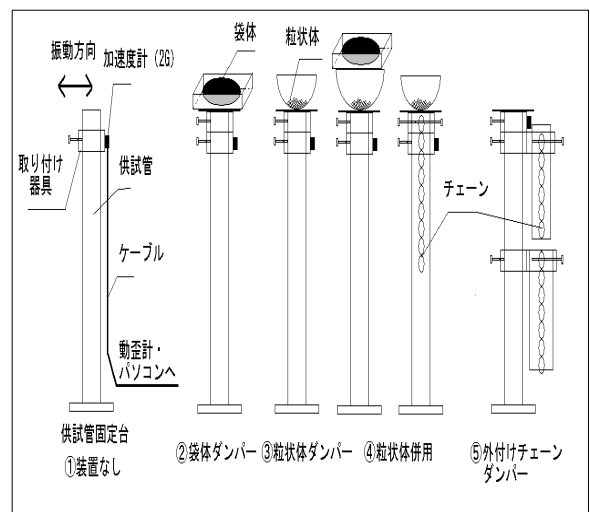


図 1 実験概要

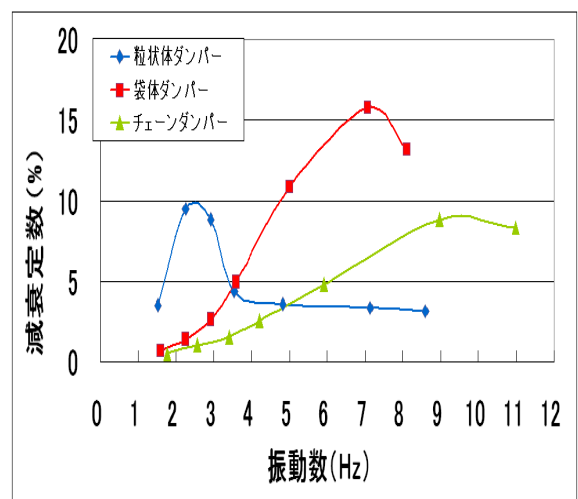


図 2 各種制振装置の減衰定数

キーワード：制振対策、粒状体ダンパー、袋体ダンパー、チェーンダンパー、塔状構造物、振動実験

連絡先：〒574-8530 大阪府大東市中垣内 3-1-1 大阪産業大学 TEL 072-(875)-3001

(2) 袋体ダンパーの液体量を変化させた場合

袋体ダンパーの液体を入れる割合を変化させた場合（全体容積に対する液体比率を β とする）について、減衰定数 h と振動数の関係を図3に示す。図3より、①液体比率 β が25%、50%では減衰定数5%以下であり、 $\beta=75\%$ 以上と比べ制振効果は低い。②液体比率 β が75%以上では低振動数領域での制振効果は低い、高振動数領域では高くなった。③以上より、液体比率 β を変化させ高振動数領域で効果を発揮するには液体比率 β は75%程度以上必要と考えられる。

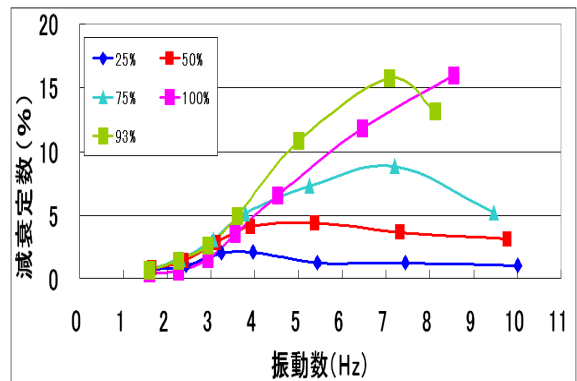


図3 袋体ダンパーの液体比率 β の変化が減衰定数に与える影響

(3) 粒状体ダンパー併用時の制振効果について

粒状体ダンパーとチェーンダンパー、粒状体ダンパーと袋体ダンパーをそれぞれ併用した場合について減衰定数 h と振動数の関係を図4に示す。図4より、①粒状体ダンパーとチェーンダンパーを併用した場合、振動数2Hz以上において、減衰定数5%以上の制振効果があり広範囲の振動数領域において効果がみられる。②粒状体ダンパーと袋体ダンパーを併用した場合、振動数2Hz以上において、減衰定数7%以上の制振効果があり、チェーンと併用した場合より高い制振効果が得ることができた。

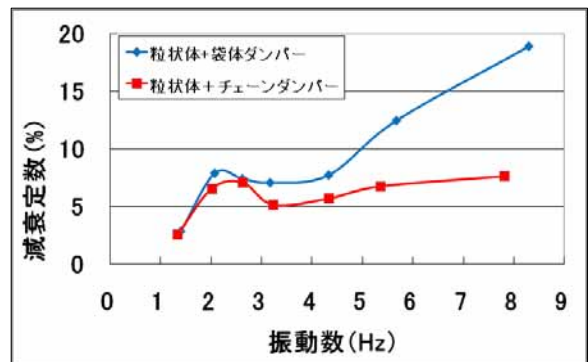


図4 各種ダンパーと粒状体ダンパー併用時の減衰定数

(4) 外付けチェーンダンパーの制振効果について

外付けチェーンダンパーについて減衰定数 h と振動数の関係を図5に示す。また、比較のために外付け管(小)、外付け管(大)の2ケースについても示す。図5より、①低振動数領域では管(大)の制振効果が大きく、高振動数領域では管(小)の制振効果が高い。これは低振動数領域では、供試管の振幅が大きいいため外付け管(大)の内壁とチェーンとのクリアランスを大きくしチェーンの移動が大きく、かつ激しく内壁に衝突させると効果的であること、高振動数領域では、供試管の振幅が小さいため外付け管(小)にてチェーンが内壁に衝突させると効果的であることがわかる。②外付けチェーンダンパーの管2本では振動数3Hz以上の幅広い振動数領域で減衰定数4%以上の制振効果を発揮した。③以上より、外付け管直径をうまく組み合わせることで適用性の高い制振装置を提供できる可能性がある。

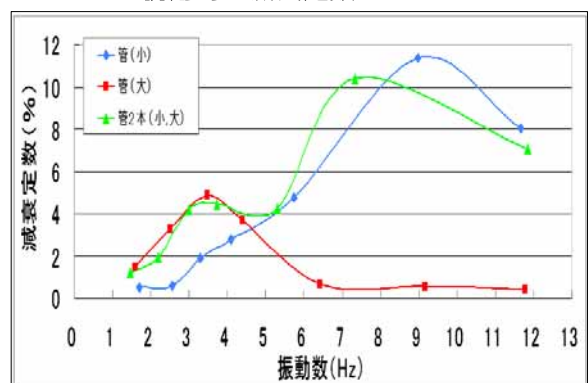


図5 外付けチェーンダンパーの減衰定数

4. 結言

①粒状体ダンパー、②袋体ダンパー、③粒状体ダンパーと袋体ダンパー併用、④粒状体ダンパーとチェーンダンパー併用、⑤外付けチェーンダンパーの5種類の制振装置について自由振動による基礎実験を行い以下の知見を得た。(1) ダンパーを装着しない場合、供試管の減衰定数 h が0.15%程度であるのに比して、粒状体ダンパーを装着した場合は振動数2~3.5Hzで $h=10\%$ 程度、袋体ダンパーを装着した場合は振動数5Hz以上で $h=10\%$ 以上を示す。このことより、粒状体ダンパーは低振動数領域で、袋体ダンパーは高振動数領域で制振効果が高いと言える。(2) 袋体ダンパーに入れる液体比率 β を変化させた場合、液体比率 β が25%、50%では減衰定数5%以下を示し、液体比率 β が75%以上ではより高い減衰定数を示す。このことより、袋体ダンパーは液体比率 β が75%以上で効果的である。(3) 粒状体ダンパーと袋体ダンパー、チェーンダンパーを併用した場合、振動数2~10Hz程度の広範囲で制振効果が高い。(4) チェーンダンパーは管の直径を変化させることで、広振動数領域で効果的なダンパーを提供できる可能性がある。

参考文献：1) 河野健二、飯田毅、立石一真：チェーンダンパーによる照明柱振動減衰効果に関する研究、鋼構造年次論文報告集、第8巻、2000
2) 武田一平、飯田毅、谷内大介：柱状構造物のチェーンダンパーによる制振効果、土木学会第61回年次学術講演会、2006.9 3) 井田剛史、丸岡晃、平野廣和、尾松大道、富岡昇：多方向回転型同調質量ダンパーを用いた自然風下でのCCTV柱の制振対策に関する長期現地試験、応用力学論文集Vol.12、2009.8 4) 江守良介、飯田毅、尾田健太郎、河野健二：塔状構造物の制振対策に関する2.3の研究、土木学会第62回年次学術講演会、2007 5) 中村友道：新しい概念に基づくダンパーの開発、大阪産業大学論集 自然科学編121、2009.10