

柱状構造物のチェーンダンパーによる制振効果

大阪産業大学工学部 学生員 ○武田 一平 大阪産業大学工学部 正員 飯田 毅
大阪産業大学工学部 谷内 大介 住友金属建材(株) 岡部 健

1. 緒言

近年、通行車両の増大、大型化、鋼製支承からゴム支承への取替えによる橋梁の振動特性の変化等に伴い高架橋の路面振動による照明柱等の柱状構造物の振動が問題視され、安全性検討並びに制振法の確立が必要されている¹⁾。その制振対策の1つとしてチェーンダンパーを用いる方法が実験的に検討され風による振動対策としては実用化されている²⁾。しかしながら、今回対象の振動数が高架橋の卓越振動数に依存することから3～6Hz前後と低くチェーンダンパーの効果の確認が求められていた。そこで、チェーンダンパーの制振効果を基礎実験にて検討することとした。主な研究目的は次の通りである。チェーン重量比が減衰に及ぼす影響、供試体の固有振動数がチェーンダンパーの制振効果に及ぼす影響、径とチェーンのクリアランスの違いが減衰に及ぼす影響

2. 実験概要・方法

内部・外部にチェーンを取り付けた供試管を自由振動させ、チェーンダンパーの制振効果を基礎的に検討した。供試体は外径34mmの鋼管で固有振動数が2, 3, 4, 5, 10, 14Hzになるように供試体長さを約4.0, 3.2, 2.8, 2.5, 1.8, 1.5mにし、使用したチェーンも鋼製で長さが300, 500, 900, 1200, 3000mmのものである。供試体名は長さの長いほうからNo. ～ No. とした。外付け用としての塩ビ管径は89, 60, 48, 31mmのものを使用し、径の太いほうから塩ビA～塩ビDと名付けた。実験の種類は供試体No. ～ の6種類の供試体に対して、チェーンを装着しない場合、チェーン内蔵実験：供試体内部にチェーンを懸架した場合、塩ビ管外付け実験：供試管側面に塩ビ管を装着し、その内部にチェーンを懸架する場合（チェーン長さは500mmに統一）の3ケースについて自由振動実験を行った。これらの概要を図1に示す。供試管はRCベースにアンカーボルトを介し固定され、上端には加速度計が取り付けられ、動ひずみレコーダDC-104Raに接続し波形を記録した。自由振動付与は、供試体上端を手で引っ張り瞬時に開放することにより行った。

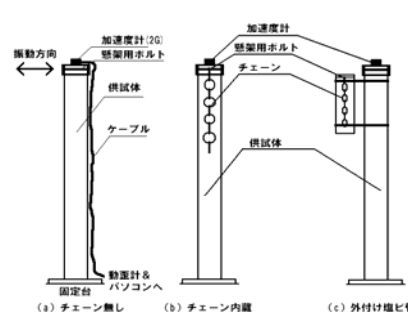


図1 実験概要

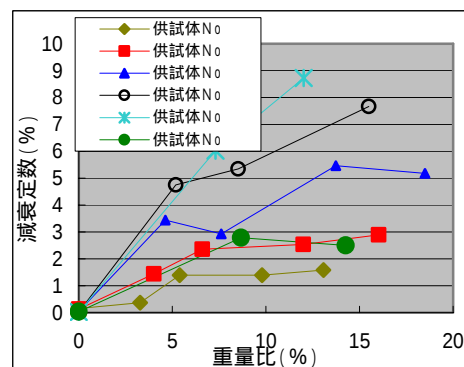


図2 重量比と減衰定数(重量比20%以下)

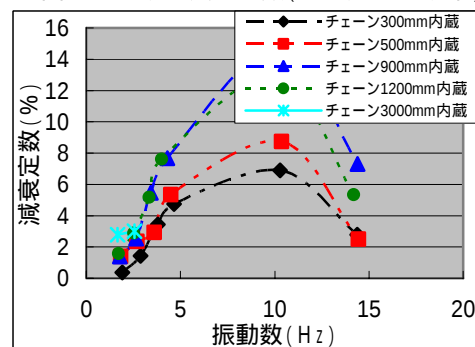


図3 減衰定数と振動数

3. 実験結果と考察

(1) 減衰定数hと重量比について

減衰定数と重量比の関係を重量比20%以下について、図2に示す。ここで、重量比とはチェーン重量の供試管全重量に対する比である。なお、チェーン無しの減衰定数は0.02～0.15%である。図2より、重量比が大きくなるにつれて減衰定数も大きくなる傾向が見られた。重量比が大きいほどチェーンが供試体内壁に衝突するエネルギーが大きくなり振動エネルギー消散に効果的であると考えられる。

キーワード：制振対策、チェーンダンパー、柱状構造物、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

TEL072-875-3001

（２）減衰定数と振動数について

減衰定数と振動数との関係を図 3 に示す。図 3 より、振動数が低いところ、特に固有振動数が 3 Hz 程度以下の供試体 No. 1 では、チェーンダンパーの振動抑制効果が低い。全ての供試体において 11 Hz 付近の振動数でピークがみられ、それよりも高い振動数になると効果が低くなる結果となった。これは管径とチェーンとのクリアランスの影響も大きい。振動数が低いところではパーシャルインパクトになり振動数が高すぎるとノーインパクトになっている可能性があると考えられる。チェーンの固有振動数（0.46～0.91 Hz）と供試体の固有振動数の間に相関が認められないため、チェーンによる制振は TMD（Tuned Mass Damper）ではないと言える。

（３）塩ビ管装着時の重量比と減衰定数

各塩ビ管装着時の重量比と減衰定数の関係を図 4 に示す。図 4 より次のことがわかる。塩ビ管装着時はチェーン内蔵と違い、重量比が増えれば必ずしも減衰定数が増加するとは言えない。これは塩ビ管の径が異なり、この事が大きく関係しているからだと言える。

（４）チェーンと振動体との間隔と減衰効果について

本実験における d/x と $(LM/lm) \cdot h$ との関係を図 5 に示す。ここに、 d ；チェーンと供試管内壁との間隔、 x ；変位、 L ；供試管長、 l ；チェーン長さ、 $M \cdot m$ ；供試管・チェーンの単位長さ質量

間隔 d が大きい程、チェーンが供試管内壁に衝突した時の衝撃力が大きくなり、減衰効果は高くなるが、間隔 d が大きくなり過ぎると、チェーンが供試管内壁に衝突しなくなり、減衰効果が小さくなると考えられる。減衰効果が急激に減少する d/x の限界値は 8.0 程度のようなものである³⁾。図 5 には直線式も示しているが、各ケースともバラツキはあるが大旨 $d/x = 8$ で減衰効果が減少する傾向にある。

４．結言

チェーン無し、チェーン内蔵実験および塩ビ管外付け実験によりチェーンダンパーの制振効果を検討した結果、以下の知見を得た。(1) チェーン無しの減衰定数 $h=0.02 \sim 0.15\%$ であるのに比して、チェーン内蔵では約 1～14% 程度を示し、塩ビ管外付けでは約 1.0～9.3% とチェーンダンパーの制振効果が高いことが確認された。(2) 低振動数領域 (5 Hz 以下) では径の太い塩ビ管 A・B を取り付けることにより $h=1.3 \sim 6.0\%$ と比較的高い減衰効果を得ることができた。(3) チェーン内蔵の重量比と塩ビ管装着時の重量比を比べて、同じクリアランス d (チェーンと振動体との間隔) であるときは重量比が増えるにつれて減衰定数も増加した。しかしクリアランス d を考慮した検討が必要と考えられる。(4) チェーンと振動体との間隔と減衰効果について、間隔 d / 変位 x 8 において概略次の関係式が成立つことが確認できた。

$$\frac{LM}{lm} h = \frac{2}{\pi^2} \left(\frac{d}{x} \right)$$

参考文献： 1) 立石一真、波多野保史、多田仁志、飯田毅、河野健二：走行荷重による高架橋上照明柱の振動計測とチェーンダンパーの制振効果、土木学会第 57 回年次学術講演会、2002.9 2) 河野健二、飯田毅、立石一真：チェーンダンパーによる照明用柱振動の減衰効果に関する研究、鋼構造年次論文報告集、第 8 巻、2000. 3) W.H.Read ; Hanging-Chain Impact Dampers: A Simple Method for Damping Tall Flexible Structures, NASA Langley Research Center

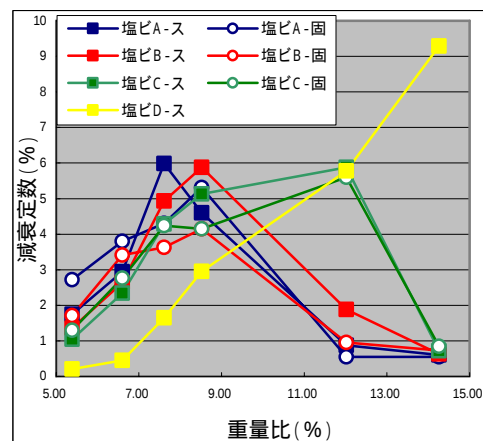


図 4 塩ビ管装着時の重量比と減衰定数

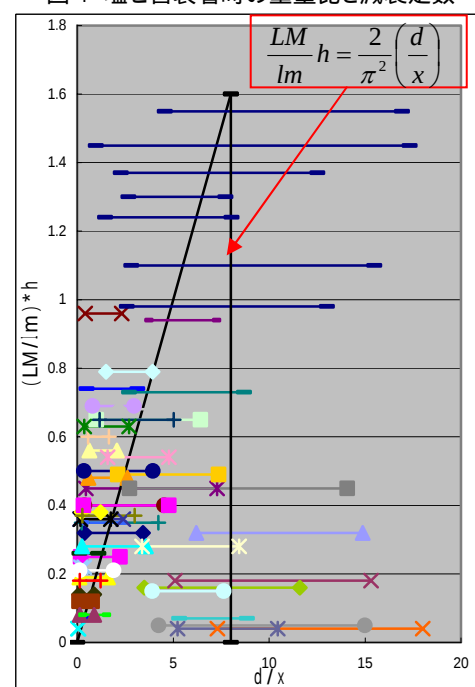


図 5 間隔と減衰定数との関係