

衝撃ダンパーによる構造物の制振効果

九州大学工学部	学生員	○稲田雅裕
九州大学工学部	正 員	鳥野 清
九州大学工学部	正 員	堤 一
九州大学工学部	正 員	北川正一
川崎製鉄(株)	正 員	城 郁夫

1. まえがき

道路用照明柱をはじめとするスレンダー塔状構造物はカルマン渦によって渦励振振動を起こす。その制振対策としての衝撃ダンパーは、設置箇所を適切に選べば高次振動まで制御可能なため非常に有効である¹⁾²⁾。これまでの研究によると、衝撃ダンパーの制振効果に影響を及ぼす因子として、ダンパーの遊間距離C(制振子が運動する間隔)や、構造物に対する制振子の重量比等が挙げられる。これらの設計パラメータの影響が実際にはどの程度かを調べるとともに、高次振動までの制振効果を確認する目的で、模型3層ラーメンを製作し、これに衝撃ダンパーを実際に設置して振動実験を行った。また、衝撃ダンパーの設置パターンを種々変化させることによって、その設置位置が制振効果に及ぼす影響についても調べた。

2. 振動実験概要

実験で用いた模型3層ラーメンと変位モードを図-1、図-2に示す。衝撃ダンパーは遊間距離 $C = 2.0, 2.5, 3.0$ mm を有するもの各々3個づつを準備した。ラーメンは各層とも最大3個のダンパーを装着できるように製作しており、ダンパーの遊間距離、設置個数、および配置パターンを色々変化させて振動実験ができるように配慮した。ラーメンの固有振動数は、どのようなダンパー配置でも概ね 1次 2.7 Hz、2

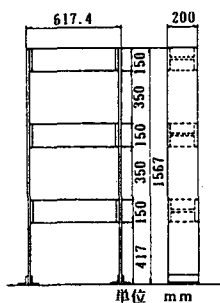


図-1 3層ラーメン

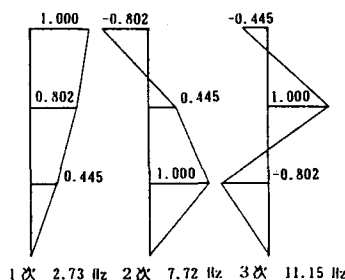


図-2 変位モード

次 7.7 Hz、3次 11.1 Hz 前後の値であり、各層の質量分布が変化することによる影響は少なかった。振動実験は、加振力一定の下、制振対策を施さない状態での各層の応答加速度と、ダンパーを配置した場合の定常状態における応答加速度を測定した。制振効果を見る指標として、次式で定義される制振効率を用いた。

制振効率 = $1 - (\text{ダンパー設置時の最大応答加速度} / \text{無対策時の最大応答加速度})$

また、各測定状態における自由減衰振動曲線から、減衰定数も併せて求めた。

3. 振動実験結果

制振子の個数および遊間距離Cの違いが制振効率に及ぼす影響について示したのが図-3である。ラーメン総重量に対する制振子の重量比は、1個のとき 0.68 %、2個で 1.36 %、3個で 2.04 %である。この図より、制振子個数に比例して制振効率は増加することがわかる。特に制振子3個を装着した場合、制振効率は 0.5 以上となり、良好な制振効率が得られている。遊間距離による違いは顕著ではないが、 $C = 2.5$ mm の場合の制振効率が多少大きくなっている。これまでの研究によれば、遊間距離が大きいほどダンパーの衝撃力は大きくなるが、入力条件との兼ね合いで最大衝撃力が得られる最適遊間距離が存在することから、図-3の入力条件では $C = 2.5$ mm 近傍が2次振動に対する最適遊

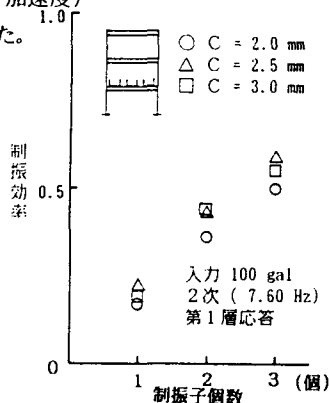


図-3 制振子個数および遊間距離Cの影響

間距離であると考えられる。

図-4には入力加速度の違いによる制振効率と減衰定数の変化を示した。入力加速度の上昇に伴って、ラーメン本体の構造減衰も大きくなることから、ダンパーの設置による減衰効果は相対的に減少するものと考えられ、結果として制振効率も低下している。この傾向は、応答変位が相当大きくなる低次振動ほど顕著であった。すなわち、制振効率に対して構造減衰が大きく影響することを示している。

ダンパーの設置位置を種々変化させて実験を行った結果、共振時の変位モードの大きな層にダンパーを設置するのが最も有利であり、概ね変位モードの値に比例した制振効率を得られることが確認できた。制振子1個を用いた場合の一例を図-5に示す。制振子3個を用いた場合、その設置パターンは種々あるが、1次から3次までを比較的良く制御できたパターンを表-1に示す。入力100galでは、3次振動における応答変位が小さく、遊間距離 $C=2.0\text{mm}$ であっても、最小変位モード層である第3層で制振子は同期しにくかった。また、1次振動では構造減衰が大きいいため、制振効率はかなり小さい。

4. まとめ

模型3層ラーメンを用いた振動実験から、衝撃ダンパーの制振効果、設計パラメータの影響、設置位置と変位モードの関係等を確認できた。複数のダンパーを用いて低次から高次までの振動を制御可能とするための最適配置を考える際、各次数での制振効率のバランスの問題や、入力、応答の違いにより同期の有無があることなどから、その評価方法の定量化が難しく、今後の検討が必要であろう。

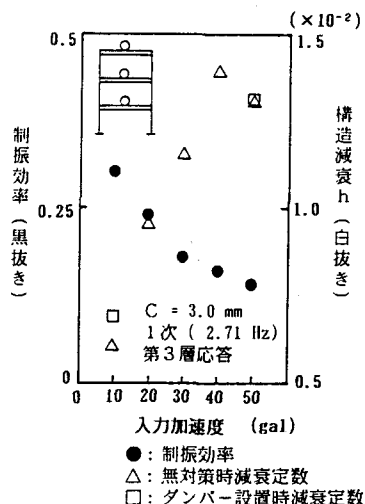


図-4 入力加速度の影響

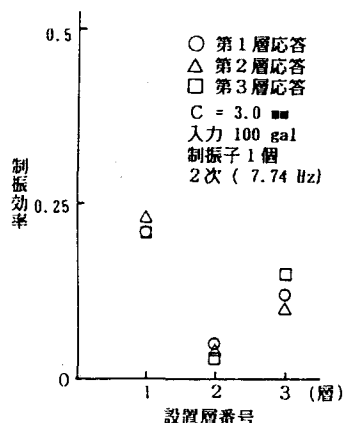


図-5 ダンパーの設置位置による影響

参考文献

- 1) 稲田、鳥野、堤、城：
衝撃ダンパーによる照明
柱の制振効果、土木学会
第44回年次学術講演会、
1989年10月
- 2) 鳥野、北川、堤、城：
衝撃ダンパーによる照明
柱の制振効果、構造工学
論文集Vol. 36A、1990年3月

表-1 ダンパー配置の影響

($C = 2.0 \text{ mm}$, 入力 100 gal, 制振子3個)

ダンパー配置図	次 数	応 答 測 定 層	最大応答加速度 (gal)		制振効率
			ダンパー 無	ダンパー 有	
	1次 2.73 Hz	3 層	1382	1241	0.10
	2次 7.72 Hz	1 層	2078	1257	0.40
	3次 11.15 Hz	2 層	1270	343	0.73 *
	1次 2.67 Hz	3 層	1485	1287	0.13
	2次 7.67 Hz	1 層	2079	1406	0.32
	3次 11.27 Hz	2 層	1428	883	0.38 *

ただし、*印は最小変位モード層において制振子の不同期が生じた。