

I-478

衝撃ダンパー配置位置と制振効果

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

1. まえがき

道路用照明柱等のスレンダー塔状構造物は風によるカルマン渦によって渦励振振動を起こす。その制振対策の一つとして衝撃ダンパーがある。これは可動質量（制振子）が容器の壁面に衝突する際の衝撃力により振動を打ち消そうとするものであり、設置箇所を適切に選べば高次振動まで制御可能なため、非常に有効な手段である。これまでの研究により、ダンパーの遊間距離（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、制振効果に影響を与えることが明かとなった。これらの設計パラメータの実際的な影響を調べるとともに、高次振動までの制振効果を確認する目的で、模型3層ラーメンに衝撃ダンパーを設置して振動実験を行った。実験時に衝撃ダンパーの設置パターンを種々変化させ、高次振動まで効果的に制御するためのダンパーの設置位置について検討を行った。

2. 振動実験

図-1に示すような模型3層ラーメンを作成し、各層に最大3個の衝撃ダンパーを装着できるようにした。ダンパーは遊間距離 $C = 2.0, 2.5, 3.0$ mm を有するものを各々3個ずつ用意し、配置パターンをいろいろと変化させて実験を行った。ラーメンの固有振動数は、どのようなダンパー配置でもほとんど変化はなく、概ね 1次 2.7 Hz、

2次 7.7 Hz、3次 11.1 Hz 前後の値であった。同一加振力下の制振対策を施さない状態での各層の応答加速度と、ダンパーを設置した場合の定常状態における応答加速度を測定した。制振効果は次式で定義される制振効率により評価することとした。

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

図-2に制振子の個数および遊間距離の違いが制振効率に及ぼす影響について示す。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、良好な制振効果が得られている。遊間距離による違いは顕著ではないが、図-2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間距離であると考えられる。

入力加速度の違いによる制振効率と減衰定数の変化を図-3

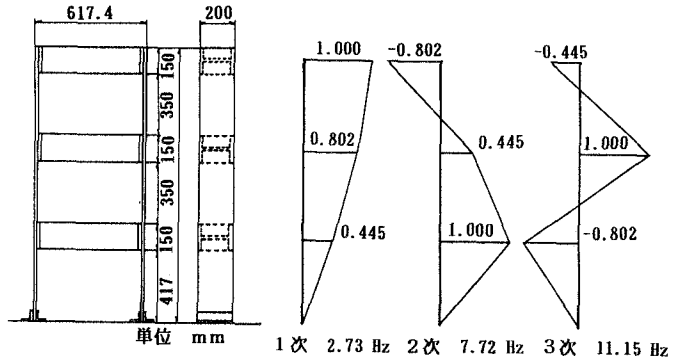


図-1 3層ラーメンと変位モード

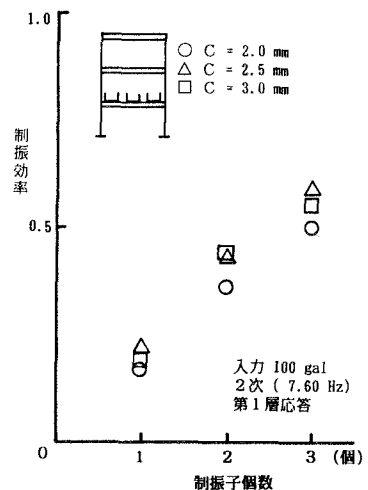


図-2 制振子個数および遊間距離の影響

に示した。入力加速度の上昇に伴いラーメン本体の構造減衰が増大した結果、ダンパーの設置による減衰効果は相対的に減少し、制振効率も低下したと考えられる。

ダンパーの設置位置の影響については、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制振上最も効果的であり、制振効率は変位モードの値にほぼ比例することが確認できた。

3. 応答計算

3層ラーメンを3自由度の振動系と考え、モーダルアナリシスを用いて、各層各次数の応答計算を行った。ラーメンの応答は基盤変位による応答値と制振子の衝突による衝撃力による応答値の和として求めることにした。衝撃力については衝突後の速度を仮定して衝撃力を計算し、それを用いて速度を求め、再び衝撃力を算出するという反復計算を行った。また、衝撃力はその変動がほぼ放物線に近い形状を示すことから、衝突前後の運動量変化を作用時間（実験より2ms）でわりそれを2/3倍することにより求めた。これにより、実験結果と計算結果はよく一致した。さらにダンパーが複数の層に設置されている場合の応答計算については、まず1カ所の衝撃力を求め、それをモードの比率倍することにより他の層からの衝撃力を算出するという簡易法を採用した。本実験において模型が非常にフレキシブルであるにもかかわらず、ダンパーの設置によっても振動モードがほとんど変化せず、制振子が安定した同期振動を行う場合にはこの簡易法で十分と考えられる。

表-1に計算結果と実験値との比較を示す。計算値は実験値の傾向をよく再現しているといえる。これより本解析法の妥当性が確認できた。

4. まとめ

模型3層ラーメンを用いた振動実験から、設計パラメータの影響を確認し、衝撃ダンパーの制振効果と設置位置、変位モードの関係等を調べた。計算機を用いて応答解析を行い、衝撃ダンパーの制振メカニズムをシミュレートすることができた。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に関しては、その評価方法の定量化は容易ではなく、各次の振動の発生頻度、特に制振したい次数の応答制限値、そのときの制振子の同期状況などから総合的に判断する必要がある。

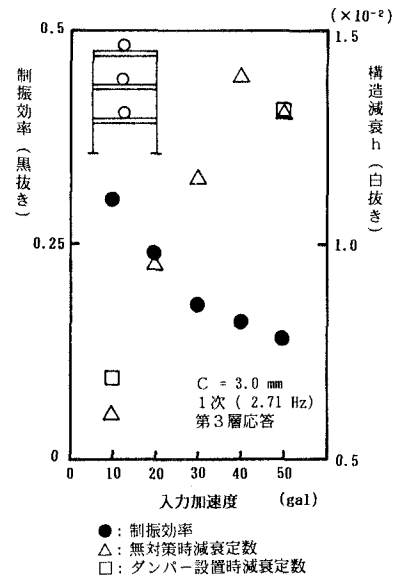


図-3 入力加速度の影響

表-1 ダンパー配置の影響

ダンパー 配置図	次 数	実 験 値			計 算 値		
		ダンパー		制振 効率	ダンパー		制振 効率
		無	有		無	有	
	1	626	439	0.30	716	475	0.34
	2	1429	675	0.53	1321	561	0.58
	3	2948	1799	0.39	2884	1662	0.42
	1	595	426	0.28	610	389	0.36
	2	1506	809	0.46	1464	657	0.55
	3	2726	1754	0.36	3178	2127	0.33
	1	557	479	0.14	599	462	0.23
	2	1376	534	0.61	1260	453	0.64
	3	2722	1776	0.35	2889	1736	0.40
	1	558	506	0.09	597	448	0.25
	2	1368	1035	0.24	1224	647	0.47
	3	2648	1217	0.51	2903	1512	0.48

参考文献

- 1) 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
- 2) 稲田、鳥野、堤、北川、城：衝撃ダンパーによる構造物の制振効果、土木学会西部支部研究発表会、1990年3月