

京都大学工学部 正 員 家村浩和

大成建設 正 員 渡辺典男

東京大学大学院 学生員○成川和也

1. はじめに

隣接する建物や橋梁の群の制震方法として、ジョイントダンパーによるエネルギー吸収効果の利用が考えられる。ジョイントダンパーとしては受動的で、簡単な機構のものを利用できること、隣接構造物の振動周期は免震支承の採用により、かなりの範囲で調節できることなどを考えると、実用上のメリットは大きいと考えられる。

本研究では、構造物を質量とバネでモデル化し、それぞれの構造物をダンパーで相互に結合した場合の制震効果についてパラメトリックに考察する。

2. ジョイントダンパーシステムの原理

ジョイントダンパーシステムの原理は、隣接する構造物をダンパーで接合することにより、各構造物の周期の差による相対変形でダンパを働かせて振動エネルギーを相殺・吸収させ、地震時の揺れを相互に低減させることである。また2連に限らず複数の建物にも適用が可能である。

隣接構造物の周期が等しい場合には、両者間の相対変形が発生しないので、ダンパーが働かない。ダンパーを有効に作動させるため、両者の周期が適度に離れている必要がある。また、ダンパーの減衰率が大きすぎると各建物を緊結したのと変わらない一体化に近い揺れとなり、逆に小さすぎると何もしないのと同様に各々独立に近い揺れとなるため、いずれの場合もダンパーによる低減効果を十分に発揮することができない。

なお、本研究において用いるダンパーは粘性型ダンパーであり、粘性型ダンパーはオイルや粘性体などの材料を用いて振動時に粘性抵抗力が働くようにしたものである。

3. ジョイントダンパーによる並列桁構造物のモデル化

図1にジョイントダンパーシステムの概念図を示した。同図のように、2つの桁橋梁があり、個々の橋梁を一質点系モデルに近似した。このとき両モデルを粘性減衰係数 C で表されるダンパーで結合している。質点#1の固有周期 T_1 は2.0秒のまま固定し、質点#2の固有周期 T_2 をパラメーターとして1.0秒から3.0秒まで0.2秒刻みで変化させた場合の最大応答値を調べて解析する。なお、構造物の減衰定数は質点#1、質点#2とも1%とし、ジョイントダンパーは速度比例型の減衰係数 C を有し、この C 値をパラメーターにした考察も行う。その際 C 値は1つの目安として、 ω を構造物1の固有円振動数、 M を上部構造物の質量とし、 $C = 2h\omega M$ とした。入力地震波形には道路橋示方書（V耐震設計編）に時刻歴応答解析用標準波形例として示されたI種地盤用波形を用い、最大加速度は105galとした。

4. 解析結果と考察

まずはじめに、共振曲線を描くことによりこの構造物の振動特性について検討し、その上で地震波を入力した場合の最大応答値について考察を行った。図2に $T_2 = 3.0$ 秒の場合の共振曲線を一例として示した。

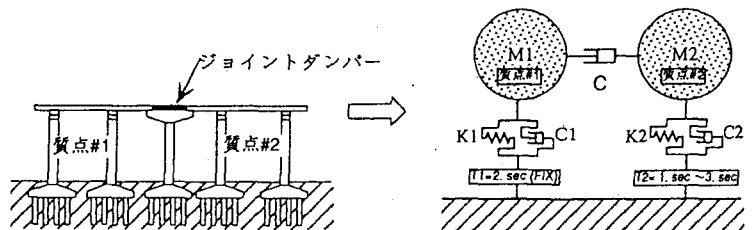


図1 隣接構造物とジョイントダンパーのモデル化（概念図）

図2より、 h が約10%強のときに共振曲線を最もフラットに出来、このときの変位振幅比の最大値は質点#1は $[X1/U]=5.0$ 、質点#2は $[X2/U]=4.0$ となる。このようにして $T2$ をパラメーターとして3.0秒まで0.4秒刻みに変化させて最適となる h とそのときの変位振幅比の最大値を求めると、表1のようになる。また、図3、図4に地震波を入力した場合の最大応答値を質点#2の固有周期 $T2$ をパラメーターとしてプロットした。各図の(a)には質点#1の、(b)には質点#2の最大応答絶対加速度、最大応答変位を示した。ここで図(a)の質点#1に注目してみると、加速度応答、変位応答とも両構造物の固有周期の差が大きいほど良好に低減されている。また加速度応答に関しては $T2$ が2.0秒より大きい場合のほうがより良好であり、 $T2=3.0$ 秒のときに約50%の低減がなされている。このとき h の値にかかわらず安定している。一方、変位応答に関しては $T2$ が2.0秒より小さい場合のほうがより良好であり、 $T2=1.0$ 秒のときに $h=30\%$ で約55%の低減がなされている。またこれらの結果は共振曲線から判断した最適減衰の考察の結果ともよく一致する。

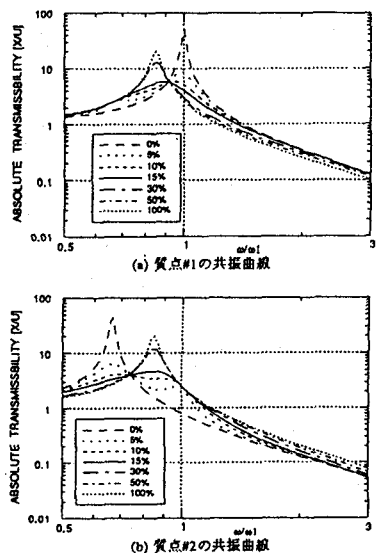


図2 変位応答の共振曲線 ($T1=2.0$ 秒, $T2=3.0$ 秒)

表1 共振曲線による解析結果 (最適減衰と最大振幅比)

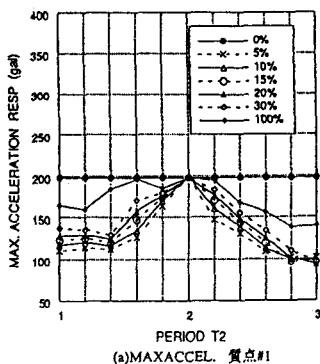
$T2$ (秒)	h (%)	$[X1/U]$	$[X2/U]$
3.0	12.0	5.0	4.0
2.6	7.0	9.0	6.5
2.4	2.0	25.0	20.0
1.8	2.5	20.0	21.0
1.4	14.5	5.0	7.0
1.0	29.0	2.5	4.5

5. まとめ

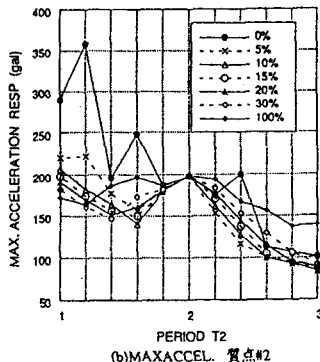
隣接構造物をジョイントダンパーで接合することにより加速度応答、変位応答とも低減できることが判明した。両構造物の固有周期とジョイントダンパーの減衰定数 h を適切に調節することにより、加速度応答、変位応答ともに約50%の低減効果が得られことが判明した。

参考文献

岩波孝一・鈴木浩平・瀬戸一登：
「並列構造物の制振効果に関する研究」日本機械学会論文集 (C編)
52巻484号 1986年

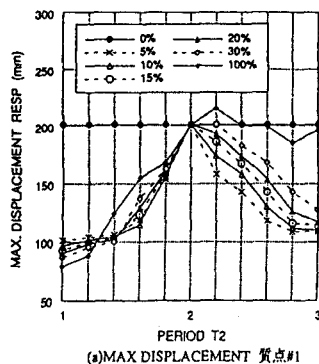


(a) MAX ACCEL. 質点#1

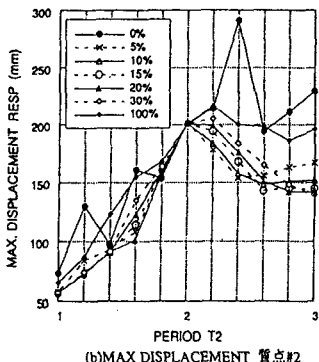


(b) MAX ACCEL. 質点#2

図3 最大応答加速度の低減効果



(a) MAX DISPLACEMENT 質点#1



(b) MAX DISPLACEMENT 質点#2

図4 最大変位応答の低減効果