

I - B156

ジョイントダンパーによる隣接建造物の震動制御と最大応答の評価

京都大学大学院	学生員	藤原寅士良
京都大学工学研究科	フェロー	家村浩和
京都大学工学研究科	正員	五十嵐晃

はじめに 本研究は隣接した2つの建造物をジョイントダンパーで連結した場合の地震応答低減効果について検討したものである。全体構造系の複素振動モード解析、周波数応答関数を用いた指標等に基づき、最適な制御効果が得られる条件および制震効果の予測について考察を行った。

解析モデルについて 本研究では、標準的な参照構造系モデルとして、図1に示す5層、および3層の2つの建造物を連結したものをを用いた。構造系の動特性を定義するパラメータのうち、質量マトリックスと剛性マトリックスは、予め同定実験により与えられているものとする。

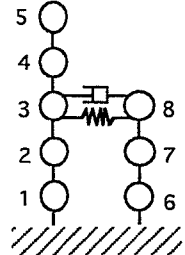


図1 解析モデル

複素固有モード解析 ダンパーを付加した構造全体系の減衰は古典的な比例減衰では表現できないことから、各振動モードの減衰を厳密に評価するためには、複素固有モード解析を行う必要がある。各々の建造物の減衰については、1次モード減衰定数、2次モード減衰定数を、各々0.5%、0.3%としたRayleigh減衰を仮定している。図2は複素固有モード解析に基づき、ダンパー粘性係数を変化させた場合における1次モード減衰定数と1次固有振動数の関係を示したものである。ダンパーの剛性は一定としている。図2に示されるように、1次モード減衰定数を最大とするような、ダンパー粘性係数の値が存在する。これを以て最適粘性係数とすることは妥当な条件であると考えられる。図3は同様に2次モード減衰定数と2次固有振動数の関係を示したものである。この図を見ると2次モード減衰定数は1次モード減衰定数よりもはるかに値が大きく、粘性係数の設定によっては、臨界減衰とすることも可能である。この時の粘性係数の値は1109kN/m/secと算出されたが、実際にこの値を想定して応答計算を行った場合、最大応答変位の低減効果の低い結果が得られる。全体系の応答においては1次モード応答が卓越する事と、粘性を過度に増大させると2つの建造物同士を剛結した状態と同様になり、前述のように1次モードの減衰定数が低下することによるものであると考えられる。1次モード応答の卓越に関しては、各モードについて算出された複素刺激係数の値によっても明確に示される。

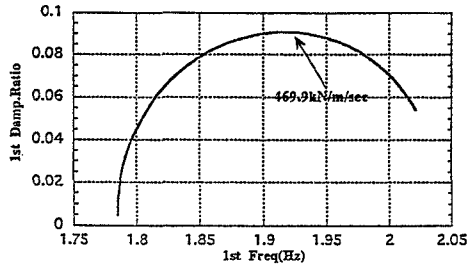


図2 1次モード減衰定数—1次固有振動数

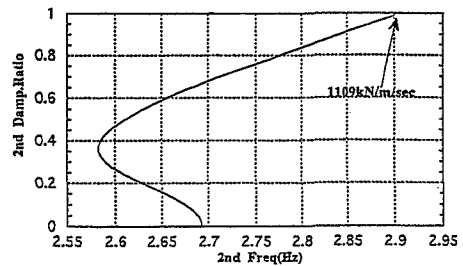


図3 2次モード減衰定数—2次固有振動数

応答スペクトルに基づく応答予測 前節の考え方に基づきダンパー装置のパラメータを定めた場合において、入力地震動の応答スペクトルとモーダルアナリシスを用いて、最大応答値の予測と応答低減の評価を行った。この際に、ジョイントダンパーを付加した構造系においては複素振動モードを考える必要があるため、従来のモーダルアナリシス手法を用いるに当たっては、その適用法および結果の信頼性に注意する必要がある。モーダルアナリシスにより得られる応答値および低減効果の評価の妥当性を、時刻歴応答計算と比較することにより検討した。最適制御時におけるモーダルアナリシスによる各節点の最大応答変位予測値

キーワード ジョイントダンパー 複素振動モード解析 周波数応答関数

連絡先 京都市左京区吉田本町 TEL:075-753-5087 FAX:075-753-5926

と、時刻歴応答計算により得られた最大応答変位を表1に示す。なお、入力地震動として、兵庫県南部地震の神戸海洋気象台記録を最大50galにスケールしたものをを用いた。表1に

表1 ジョイントダンパーを付加した構造系の最大応答変位

	節点1	節点2	節点3	節点4	節点5	節点6	節点7	節点8
#1予測値	0.218	0.497	0.809	1.088	1.242	0.254	0.534	0.732
#1応答値	0.211	0.459	0.710	0.926	1.042	0.189	0.388	0.518
#2予測値	0.222	0.481	0.760	1.065	1.248	0.251	0.539	0.747
#2応答値	0.244	0.529	0.821	1.089	1.237	0.246	0.577	0.760

#1 $c = 469.9$ #2 $c = 1109$

(kN/m/sec)

単位(cm)

示されるように、粘性係数が小さい場合の予測値は、概ね実際の応答値を約20%程度上回っている。対して、粘性係数が大きい場合には、予測値が実際の応答値を下回っている。この誤差は、前述の複素振動モードに対するモーダルアナリシスの適用性に加え、複素固有値、ベクトルを求める際の計算誤差に起因している可能性が推定される。しかしながら、相対的な応答低減効果の評価については、時刻歴応答計算によるものと概ね同等の結果が得られているため、応答スペクトルによる評価法はジョイントダンパー付加系においても有効であると言える。

周波数応答関数を用いた指標 複素振動モードに対する周波数応答関数を求め、それに基づき得られる指標による応答低減効果の評価について考察する。考慮した指標は、周波数応答関数の面積比(Sr)と低次4モードのピーク和の比(SPr)である。前者は入力地震動の周波数成分が一樣な場合、後者は周波数成分が構造物の固有振動数と一致している場合の低減効果を表す指標となると考えられる。表2に得られた結果を示す。なお、結果は5層構造物、3層構造物それぞれの最上階についての値である。これらの指標によると、一次モード減衰定数が最大となる粘性係数を用いた場合において、低減効果が大きいということが示されており、実際の応答値の傾向に合致している。しかしながら、指標値は入力を単純化しているため、実際の地震動を入力した場合に得られる応答低減効果を直接的に示していないことは留意すべきである。

表2 周波数応答関数に基づいた指標

	#1 節点5	#2 節点5	#1 節点8	#2 節点8
Sr	0.794	0.789	0.692	0.696
SPr	0.120	0.160	0.108	0.165

まとめ 粘性ダンパーによる制御と応答スペクトルに基づく応答予測の妥当性を検討した。周波数応答関数に基づいた指標も、比較指標としては有効であると考えられる。また、複素振動モード解析における複素固有値・ベクトルを求める際に、ジョイントダンパーのパラメータ値が増大すると誤差も増大する傾向があるため、周波数応答関数から得られる指標とあわせて総合的に検討することが望ましい。今後の課題として、入力情報が予め与えられている場合の周波数応答関数を用いた応答低減効果の評価法を行う必要がある。

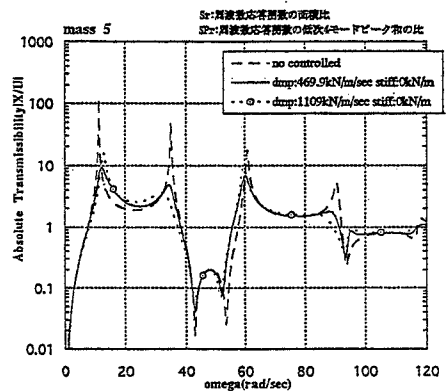


図4 周波数応答関数

参考文献 1) 井上豊ほか、構造物の制震機構に関する一考察(2つの建物の連結による制震システムについて)、日本建築学会近畿支部研究報告集、pp. 189-192, 1988. 2) 橋英三郎、離散径の固有周期を調整するための2つの公式、日本建築学会構造系論文報告集365号、pp. 58-62, 1985. 3) 井川望ほか、2棟連結による制震システムに関する研究、アクティブ制震シンポジウム論文集、pp. 333-340, 1992.