

素固有値解析を行う際の Formula(3-1-1)に示す基準座標と Formula(3-1-2)に示す刺激関数により Formula(3-1-3)を求め、算出している。

Figure3-1-1 a)より、刺激関数(変位)と比較すると刺激関数(加速度)において、高次モードの影響が大きいことが言える。また、Figure3-1-1 b)より、モード制御することで2次モード、3次モードが0になっていることがわかる。しかし、減衰を非比例減衰系に付与することによって刺激関数(変位)ではわかりづらいが、刺激関数(加速度)では2次モード、3次モードが再び現れていることがよくわかる(Figure3-1-1 c)。

つまり、モード制御した構造物に減衰を付与することでモード制御が崩れるのである。このことから、モード制御法を採用する際の構造設計では剛性比例型減衰でないといけない。

$$\begin{Bmatrix} \ddot{q}_1 \\ \ddot{q}_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} -2h_1\omega_1 & -\omega_1^2 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} 1 \\ 0 \end{Bmatrix} \ddot{y} \quad (3-1-1) \quad x_j \approx [p_j^v(i\omega_j) + p_j^a] \dot{q}_j^* \quad (3-1-2)$$

$$a_j \approx (2h_j\omega_j^2 + \omega_j^2) [p_j^v(i\omega_j) + p_j^a] \dot{q}_j^* \quad (3-1-3)$$

h_j : j 次の減衰定数 ω_j : j 次の固有振動数
 q_j : j 次の応答値 p_j : j 次の刺激関数
 x_j : j 次のモードの刺激関数(変位) a_j : j 次のモードの刺激関数(加速度)

3-2 検討概要

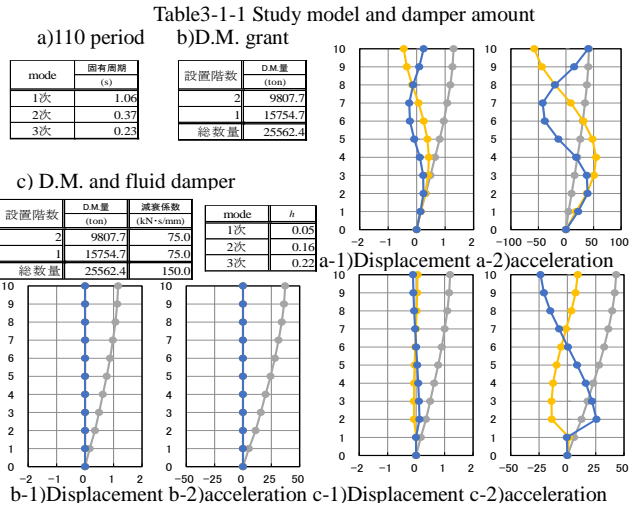
モデルに流体系ダンパーを付与し、応答低減率を示す。検討モデルは Table3-2-1 に示す層数の 10%から 30%、D.M.を配置したモデルを対象に減衰を剛性比例型で 1%、3%、5%と付与し、応答低減率を算出する。なお、応答低減率算出方法は 2-3 と同様の操作を行う。また、ダンパーコストとして、D.M.を慣性質量 1ton あたり 800 円、流体系ダンパーをダンパー反力 1ton あたり 1 万円としてコスト比較をする。

3-3 応答低減率とコスト比較

ハイブリッド制震についての応答低減率は Figure3-3-1 に示すとおりである。また、Table3-3-1 はダンパーコストである。Figure3-3-1、Table3-3-1 の a) は 110 の結果、b) は 215 の結果、c) は 330 の結果、d) は 430 の結果となっている。Figure3-3-1 より、減衰定数が大きくなるほど応答低減率が低減していることがわかる。同様に、モード制御の数を増やすと応答低減率は低減していることがわかる。次に、Table3-3-1 a) , Figure3-3-1 a) において、流体系ダンパーのみ(1次減衰定数 0.03)の応答低減率とハイブリッド制震の応答低減率を比較すると同等なコストに対してハイブリッド制震の方が性能が良いことがわかる。一方、Table3-3-1 c) , Figure3-3-1 c) では同等な性能に対して流体系ダンパーのみの方が低コストで済むことがわかる。最後に、Table3-3-1 d) , Figure3-3-1 d) ではコストは上がるが特に加速度応答低減率が著しく下がっている。

4 まとめ

本研究では、モード制御法と流体系ダンパーを用いた制震設計手法を提案し、ハイブリッド制震の応答低減率を比較した。

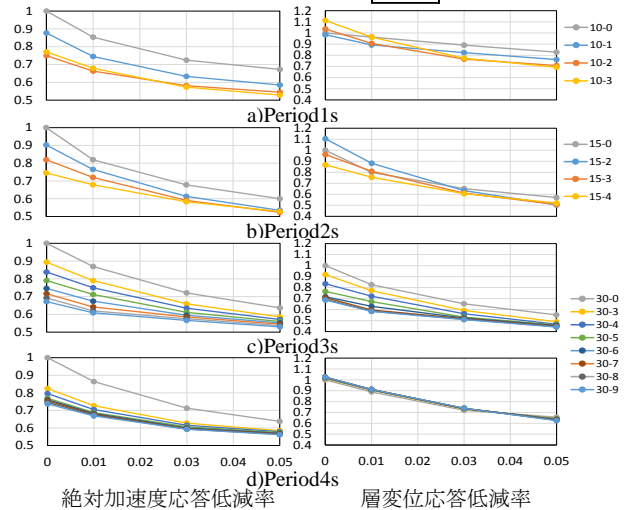


b-1) Displacement b-2) acceleration c-1) Displacement c-2) acceleration

Figure3-1-1 stimulus function

Table3-2-1 Number of model and D.M. installation layer

1次固有周期 (s)	質点数	D.M.設置階	モデル数
1	10	0~3	4
2	15	0&2~4	4
3	30	0&3~9	8
4	30	0&3~9	8
計24			



1次減衰定数 h

Figure3-3-1 Response reduction rate

Table3-3-1 Damper cost

a)Periods 1s model		c)Period3s		d)Period4s	
D.M.-OD	万円	D.M.-OD	万円	D.M.-OD	万円
0-0.01	1175	0-0.01	4368	0-0.01	3109
0-0.03	3014	0-0.03	10414	0-0.03	7494
0-0.05	4758	0-0.05	15019	0-0.05	10493
1-0.01	2323	3-0.01	29194	3-0.01	9196
1-0.03	4063	3-0.03	34690	3-0.03	12779
1-0.05	5715	3-0.05	38593	3-0.05	15395
2-0.01	3014	4-0.01	36449	4-0.01	11186
2-0.03	4779	4-0.03	41830	4-0.03	14615
2-0.05	6352	4-0.05	45747	4-0.05	17146
3-0.01	3807	5-0.01	43468	5-0.01	13282
3-0.03	5475	5-0.03	48690	5-0.03	16552
3-0.05	6987	5-0.05	52680	5-0.05	19036
		6-0.01	50284	6-0.01	15433
		6-0.03	55369	6-0.03	18714
		6-0.05	59511	6-0.05	21120
		7-0.01	56931	7-0.01	17622
		7-0.03	62024	7-0.03	20884
		7-0.05	66212	7-0.05	23270
		8-0.01	63207	8-0.01	19771
		8-0.03	68383	8-0.03	23008
		8-0.05	72538	8-0.05	25369
		9-0.01	69440	9-0.01	21886
		9-0.03	74628	9-0.03	25091
		9-0.05	78741	9-0.05	27431

※OD は流体系ダンパーである

【参考文献】

- [1] 登坂遼太郎,古橋剛ら: 入力エネルギーによる擬似モード制御システムの性能評価用した超高層免震建物の設計