ハイブリッド制震の応答低減率とコストの比較に関する研究

Study on comparison of response reduction rate and cost of hybrid vibration control system

浅見大作¹,○松野真啓¹, 髙橋純太¹,本田瑠偉¹,古橋剛²

Daisaku asami¹,*Mahiro Matsuno¹,Junta Takahashi¹,Rui honda¹,Takeshi Huruhashi²

Abstract: This study proposes an efficient model that reduces the cost by calculating the response reduction rate by the mode control method. The study model calculates the response reduction rate with the rigidity proportional type for the model with D.M. placed. The response reduction rate is compared with the damper cost.

1 はじめに

本研究では,モード制御法により応答低減率を計算 することにより,コストを削減する効率的なモデルを 提案する.

ここで,モード制御法とは D.M.(Figure 1)の慣性質 量効果により構造物の刺激関数 βr = 0 となるよう操作 し,構造物の任意のモードの影響を消去させるもので ある.本研究で用いる部分モード制御法^[1]は特定の 2 次モードなら2次モード,3次モードなら3次モードを 一層の D.M.量に対して一つのモードを 0 化すること のできる方法である.

2 モード制御対象の条件

2-1 モデルの概要

本研究に用いる検討モデルは Figure2-1-1,Table2-1-1 に示す1次固有周期1s~4s,10 質点から40 質点のせん 断型モデルである.質量は各層一律 1000ton であり,剛 性はせん断型モデルを用いるので全体曲げ変形を考 慮して 5:3 の台形分布となるように設定している.検 討モデルの構造減衰は剛性比例型で1 次固有周期に 2%付与している.

これらの検討モデルに対して層数の約 50%まで D.M.を設置し,2 次モードから順に部分モード制御を 行う(2-1-2).例として1次固有周期1s modelの各層の D.M.量とそのモデルのD.M.総数量を記載している.

2-2 入力地震動

入力地震動は設計でよく用いられる 3 波の他,パル ス性地震動,長周期地震動を 2 波ずつ加えた計 7 波を 用いる.なお,最大速度を 50cm/s に基準化している. 3 ハイブリット制震の応答低減率

3-1 流体系ダンパー併用方法

次に,ハイブリット制震について検討をす る.Table3-1-1,Figure3-1-1は110であり,a)は非制震時の 固有値解析結果,b)はモード制御時のDM.量と刺激関 数図,c)はモード制御に減衰を非比例減衰系に付与し た際のダンパー量と刺激関数図である.ま た,Table3-1-1 a-2),b-2),c-2)に示す加速度刺激関数は複



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

(ex) 1s model D.M.amount

1次固有周期	質点数	D.M.設置層	モデル数	設置階数	D.M.量				
(s)					(ton)				
1	10	0~5	6	5					4152.7
2	15	0~7	8	4				6261.8	7040.7
	20	0~10	11	3			7956.9	8684.7	9744.8
3	20	0~10	11	2		9807.7	10569.6	11606.8	12766.1
	25	0~12	13	1	14767.2	15754.7	17164.7	18616.7	20116.8
	30	0~15	16	総数量	14767.2	25562.4	35691.2	45169.9	53821.0
4	30	0~15	16						
	35	0~17	18						
	40	0~20	21						
			計120						

1:日大理工・学部・建築 2:日大理工・教員・建築

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.

 $\begin{cases} \dot{q}_{j}^{v} \\ \dot{q}_{j}^{v} \\ \dot{q}_{j}^{v} \end{cases} = \begin{bmatrix} -2h_{j}\omega_{j} & -\omega_{j}^{2} \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q_{j}^{v} \\ q_{j}^{v} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}^{v} & (3-1-1) & x_{j} \approx \left[p_{j}^{w}(i\omega_{j}) + p_{j}^{m} \right] q_{j}^{s} & (3-1-2) \\ a_{j} \approx \left(2h_{j}\omega_{j}^{2} + \omega_{j}^{2} \right) \left[p_{j}^{w}(i\omega_{j}) + p_{j}^{m} \right] q_{j}^{s} & (3-1-3) \\ h_{j}; j \gtrsim \mathcal{N} \mathcal{O}$ 協義定数 $\omega_{j}; j \gtrsim \mathcal{O}$ 因有振動数 $q_{j}; j \gtrsim \mathcal{O}$ 応答値 $p_{j}; j \gtrsim \mathcal{O}$ 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 Figure 3-3-1 に示すとおりである.また, Table 3-3-1 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ト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ト制震の方 が性能が良いことがわかる.一方.Table03-3-1 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,ハイブリット制震の応答低減 率を比較した.



【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