B-22

連結制震に関する基礎的研究

最適設計による主系の制御時の質量比及び剛性比の関係

Fundamental Study on Coupled Vibration Control System

The relation of Mass ratio and rigidity ratio when we control the main system by the optimal design

○張芸², 古橋剛¹, 譚傑耀³ *Gei Chou², Takeshi Furuhash¹, Jieyao Tan³

In this paper, we make six models and control the main system by using the connective type(C type, CK type and MC type) of model, to examine the results of response analysis and the response magnification.

<u>1. はじめに</u>

従来の研究の多くでは、各型の連結モデルそれぞれの適応範囲及び連結部に設ける連結部要素の最適 値が検討されたが、各型の効果の大小は検討されていない、そこで本報では、六つのモデルを作ってそれぞれに連結モデルC型、CK型、MC型モデルを 用い主系を制震対象として最適設計を行い、連結制 震システムとは、並列する二つ以上の構造物間にダンパーを用いて、連結することにより、両棟の制震 性能を向上させるものである.応答倍率曲線及び時 刻歴解析の結果に対して検討していく.

<u>2. 検討モデルの概要</u>

検討モデルは左右ともに5 質点系のせん断型で弾 性範囲内の検討とする.モデル図を Figurel に,諸元 を Table1 に示す.検討モデルの主系の諸元を固定し 副系の1層あたりの質量と剛性を変化させる.それ ぞれを主系と合わせてモデル1~6と呼称するモデル 1~4 では副系の質量を固定し,剛性を変化させる. モデル2,5,6 では質量と剛性ともに異なるが,固有振 動数比 ω₁₂が同じとなる.主系及び各モデル副系の固 有周期は,Table2 に示すようにモデル1~4 の固有周 期がそれぞれ異なり,モデル2,5,6 の固有周期が同じ となっている.内部減衰は主系及び副系に対し剛性 比例型として,非制震時の1次モードに対して1% としている.連結ダンパーは Figure1 に示すように最 上層の5層に配置する.

副系 Table1. Model specifications 1層あたりの質量 1層あたりの剛性 kN/m ton 主系モデル 200 10000 80 60000 モデル1 副 モデル2 80 25000 系 モデル3 80 10000 モ モデル4 2000 80 モデル5 40 12500 モデル6 160 50000

Figure1. Study model

 Table2. Analysis the results of system and the secondary system

モード	主系モデル		副系モデル								
			モデル1		モデル2,5,6		モデル3		モデル4		
	固有周期	- 減衰定数	固有周期	減衰定数	固有周期	減衰定数	固有周期	减衰定数	固有周期	减衰定数	
	[S]	154347234	[s]	19432 12 94	[8]	1943CAL 9A	[S]	19432 12.94	[S]	1943CAL 9A	
1次	3.12	0.01	0.81	0.01	1.25	0.01	1.97	0.01	4.42	0.01	
2次	1.07	0.03	0.28	0.03	0.43	0.03	0.68	0.03	1.51	0.03	
3次	0.68	0.05	0.18	0.05	0.27	0.05	0.43	0.05	0.96	0.05	
4次	0.53	0.06	0.14	0.06	0.21	0.06	0.33	0.06	0.75	0.06	
5次	0.46	0.07	0.12	0.07	0.19	0.07	0.29	0.07	0.65	0.07	

<u>3. 各モデルの最適設計</u>

まず,モデル1~6の非制震時において1次モード

に対する等価1質点系モデルに置換し,各諸元を Table3 に示す.次に連結モデルの決定する.既往の研 究にて提案された適応範囲図を Figure2 に示す.適応 範囲図とは,振動数比 ω_{12} と質量比 γ_m から連結モデ ルを決定することができ適応範囲図にそれぞれの諸 元を照らし合わせ連結モデルを決め,結果を Table4 に示す.

Table3. specification of the equivalent SDOF model

	主	系	副	系	質量比	剛性比	振動数比		
	m ₁	k ₁	m ₂	k ₂					
	ton	kN/m	ton	kN/m	γm	μ _k	ω_{12}		
モデル1	880	3560	352	21400	0.40	6.01	15.03		
モデル2	880	3560	352	8910	0.40	2.50	6.25		
モデル3	880	3560	352	3560	0.40	1.00	2.55		
モデル4	880	3560	352	713	0.40	0.20	0.50		
モデル5	880	3560	176	4450	0.20	1.25	6.25		
モデル6	880	3560	704	178000	0.80	5.00	6.25		



Figure2. Performance chart

ここでは各連結モデルの最適式及び複素固有値解析 を用いてダンパーのパラメータを決定する. 各連結モデルのパラメータを Table5 に示す.





		Та	ble	e 5. mo	odel pa	aramet	er			
			モデル2			モデル3				
	h ₁	0.41	Γ		h ₁	0.22		h ₁	0.15	
減衰定数	h ₂	0.07	i	減衰定数	h ₂	0.31	減衰定数	h ₂	0.08	
	減衰式	0.30	L		減衰式	0.27		減衰式	0.12	
減衰係数c _d [kN·s/m]		875		減衰係数c _d [kN・s/m]		480	減衰係数。	減衰係数c _d [kN·s/m]		
k _d [k]	N/m]	3.27		$T_{\infty}[s]$		1.98	k _d [k	k _d [kN/m]		
τ	k	0.0009			予測性能		τ κ		0.11	
T	[s]	1.40		X/Y _{max}		2.33	Ta	$T_{\infty}[s]$		
予測性能								予測性能		
X/Y _{max} 1.50							X/1	r' _{max}	3.64	
モデル4			モデル5				モデル6			
	h ₁	0.05			h ₁	0.25		h ₁	0.22	
減衰定数	h ₂	0.11	i	減衰定数	h ₂	0.14	減衰定数	h ₂	1.16	
	減衰式	0.08	L		減衰式	0.22		減衰式	0.22	
減衰係数c _d [kN·s/m]		122		減衰係数cd[kN·s/m]		395	減衰係数。	減衰係数c _d [kN·s/m]		
k _d [kN/m]		350.56		k _d [kN/m]		148.30	k _d [k	k _d [kN/m]		
τκ		0.10		τk		0.17	τ	τk		
T _∞	[s]	3.37		$T_{\infty}[s]$		2.28	T	$T_{\infty}[s]$		
			予測性能	-	予測性能					
X/Y max		5.47	L	X/Y _{max}		2.17	X/Y _{max}		2.07	

1:日大理工・教員・建築 2:日大理工・学部・建築 3:(前)日大理工・学部・建築

4. 相対応答倍率曲線による検討

各モデルの最適設計時に対して複素固有値解析を 行い,モデル1~6の主系(左側)のみの相対応答倍率 曲線を Figure3 に示す.



Figure3. The relative response magnification of model 1~6

以上の相対応答倍率曲線(主系)から最大周期 T_∞の 時に最大応答倍率 $|X/Y|_{max}$ を読み取ると,予測値と多 少の誤差が見られるが,ほぼ一致していることが確 認できる.結果から質量比 γ_m が一致するモデル 1-4 において,最大周期 T_∞の時にモデル 1(CK型)が一番 良い応答を得たことを分かった.また,振動数比 ω_{12} が一致するモデル 2,5,6 において最大周期 T_∞の時に モデル 6 (CK型)が一番良い応答を得たことを分か った.その理由として,同じ質量比 γ_m の場合,振動 数比 ω_{12} の増加に伴い,主系を制震する性能が高ま ったためだと考えられる.このことから,質量比 γ_m と振動数比 ω_{12} が大きくなるほど制震性能が優れる と考えられる.

5. 入力地震動

検討モデルの制震性能を確認するため,地震波 El Centro1940NS と BCJ-L2 と JMA-KOBE 1995NS を用 いる.最大速度を 50kine に基準化した. Figure4 に各 地震波の応答スペクトルを示す.



6. 時刻歴応答解析結果

三つの地震波を入力した時の応答解析結果(主 系)をそれぞれ, Figure5、6、7 に示す.



Figure 5. The results of response analysis(El Centro 1940 NS)





Figure7. The results of response analysis (JMA-KOBE 1995 NS)

以上の関係性は相対応答倍率曲線の結果とほぼ一 致している.しかし、モード干渉により高次モード が隆起されてしまい、多少の誤差がみられる.

<u>7. まとめ</u>

本報では各連結モデルを用い主系を制震対象として最適設計を行った. 質量比及び剛性比などの関係について,質量比 γ_m と振動数比 ω_{12} が大きくなるほど制震性能が優れることを示した.しかし,固有周期が短い副系と固有周期の長い主系と連結することによりモード干渉が生じ,高次モードによる,予測性能との誤差が発生すると考えられる.

【参考文献】

 油野球子 他: D.M.(ダイナミック・マス)を用いた連結制震システムに関する基礎的研究,日本大学 平成 22 年度 修士論文 2011

2)石丸辰治,三上淳治,秦一平,古橋剛他:D.M.同調システムの簡易設計法 日本建築学会構造系論文
 集 75(652)1105-1112 2010年6月

3) 蔭山満: 定点理論による連結制振を対象としたパ ッシブ系の多モード最適制振の設計法に関する研 究,日本大学学位論文,2005.12