

ばね-粘性減衰(K-C) 並列型 D. M. 同調新システムの応答性能に関する基礎的研究

その4. K-C 並列型 D. M. 同調新システムを用いた設計例

A basic study on the performance of spring-viscous damping parallel configured new tuned dynamic mass system

Part.4 Design example using K-C parallel configured new tuned dynamic mass system

○加藤亮³, 秦一平¹, 阿久戸信宏², 市川達也²

川口雄暉², 梶山瑞生³, 織田悠汰³, 田代直生³

* Ryo Kato³, Ippei Hata¹, Nobuhiro Akuto², Tatsuya Ichikawa²

Yuki Kawaguchi², Mizuki Kajiyama³, Yuta Oda³, Naoki Tashiro³

By the previous report, a new K-C parallel system was proposed and its effectiveness was confirmed through vibration tests using a reduced model. In this report, we examine the applicability of the new system to buildings. In addition, the vibration control effect of the new system and the conventional system will be compared. Prototype design using a skyscraper model.

1. はじめに

前報その1~3では,K-C並列型D.M.同調新システム(以降,新システム)の最適設計式を提案し,振動試験を通して従来のD.M.同調システム(以降,従来システム)の課題であった高次モードに対しても有効性があることを示した.更に粘弾性ダンパーを用いて,新システムのコンパクト化を図り,効率の良い制震構造の可能性を示した.本報その4では,建築物への適用性および従来システムとの比較を行うため,超高層建築物を対象とした設計を行い,新システムの有効性を示す.

2. 解析モデル概要

本検討では,パッシブ制振構造設計・施工マニュアル1)に示す在来タイプの20層鉄骨造建築物を対象とする.解析モデルは,せん断型質点系モデルとし,Table1に解析モデル諸元および固有値結果を示す.解析モデルの内部減衰は,剛性比例型減衰 $h_1=0.01$ として検討を行う.

3. 検討方針

本検討では,従来システムおよび新システムを用いた設計例より時刻歴応答解析による制震性能の比較を行う.両システムは定点理論に基づいたモード同調により,対象モードに粘性減衰定数を付加する手法である.本検討では,1次モードを制御対象とし,従来システムの設計諸元は,D.M.同調システムの簡易設計法2)3)で求める.新システムの設計諸元は,前報その1で示した新システムの最適設計で求める.応答解析は,Newmark- β 法($\beta=1/4$)の弾性時刻歴応答解析とする.

4. 従来システムおよび新システムの最適諸元

本検討では,従来システムおよび新システムを対象建築物の1~5層に配置し,目標の最適粘性減衰定数を $h=0.15$ となるように,それぞれ最適設計を行う.両システムの最適設計諸元をTable2に示す.なお,配置した全層でパラメータは同一とする.Table3に内部減衰を除いた際の複素固有値解析結果を示す.新システムの設計例では高次モードの減衰定数の付与が確認される.

Table1.Model specifications & Eigenvalue results

FL	mass (ton)	rigidity (kN/m)	FL	mass (ton)	rigidity (kN/m)	mode	natural period (s)	h
20	1,883.7	612,650	10	1,469.9	1,501,370	1	2.465	0.010
19	1,423.0	700,090	9	1,469.9	1,525,120	2	0.922	0.027
18	1,439.3	819,980	8	1,472.9	1,615,610	3	0.567	0.044
17	1,439.3	892,570	7	1,474.9	1,663,860	4	0.411	0.060
16	1,460.2	1,103,630	6	1,474.9	1,693,950	5	0.320	0.078
15	1,465.4	1,138,200	5	1,478.7	1,892,760	6	0.267	0.093
14	1,465.4	1,202,990	4	1,486.6	1,949,720	7	0.227	0.109
13	1,474.3	1,268,000	3	1,497.2	2,226,560	8	0.199	0.125
12	1,478.9	1,447,080	2	1,507.7	2,333,520	9	0.179	0.139
11	1,483.4	1,474,640	1	1,553.3	1,873,070	10	0.164	0.152

Table2.Damper specifications

Conventional system			New system		
md (ton)	cd (kN·s/m)	kd (kN/m)	md (ton)	cd (kN·s/m)	kd (kN/m)
119,000	212,500	1,890,000	107,600	184,500	768,000

Table3.Complex eigenvalue analysis results

Conventional system			New system		
mode	T	h	mode	T	h
1	2.634	0.150	D.M.	2.878	0.086
D.M.	1.920	0.150	1	2.188	0.150
2	0.834	0.004	2	0.866	0.080
3	0.523	0.001	3	0.539	0.109
4	0.386	0.000	4	0.405	0.089
5	0.306	0.000	5	0.312	0.047

5. 検討用入力地震動

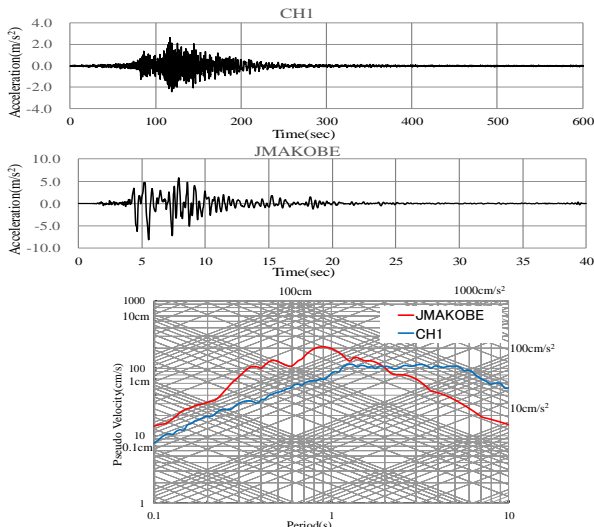


Figure1. Earthquake waveform & response spectrum

検討用入力地震動は、対象建築物の1次モード固有周期の成分が卓越する長周期地震動、および2次・3次モードの固有周期の成分が卓越するパルス性地震動とする。なお、長周期地震動は、平28国住指第1111号に示される中京地方「基整促波 CH1」の基盤波とし、パルス性地震動は、1995年兵庫県南部地震の際の、気象庁による神戸海洋気象台（以降、JMAKOBE）のNS成分記録波形とする。Figure1に入力地震動波形および応答スペクトルを示す。

6. 時刻歴応答解析結果

最大応答結果を Figure2, Figure3 に示す。長周期地震の基整促波 CH1 波に対して、応答加速度、応答変位、層間変形角の3種全ての応答値において、新システムが従来システムよりも低減効果を発揮していることが確認できる。これから長周期地震動に対する新システムの制振効果の有効性が確認できる。

パルス性地震動の JMAKOBE 波に対して、応答変位は両システム共に同程度の応答値を示しているが、応答加速度、層間変形角においては従来システムでは非制振状態と同等かそれ以上の応答値を示している。一方新システムでは応答の低減が確認できる。これは高次モードに対する減衰性能の差であると考えられる。

Figure4 に最上層の共振曲線を示す。新システムは、モード同調した1次モードだけではなく、内部減衰を剛性比例型減衰 $h_1=0.01$ とした高次モードにも応答低減効果があることが確認できる

7. まとめ

本報その5では、超高層建築物を想定したモデルに対して、新システムを用いた設計例を示した。また、総合的な応答低減効果の観点から、従来システムより、新シ

テムによる制震効果が大きいことを示した。本研究で提案した K-C 並列型 D.M.同調新システムおよび設計方法を用いれば、超高層建築物にも適用性があり、より効率の良い制震構造の構築が可能であることを示した

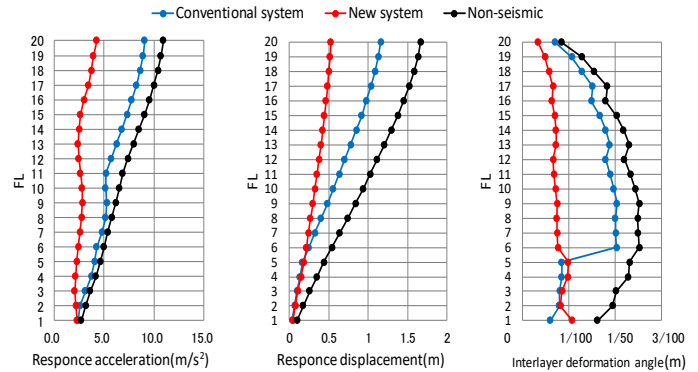


Figure2. Analysis results (CH1)

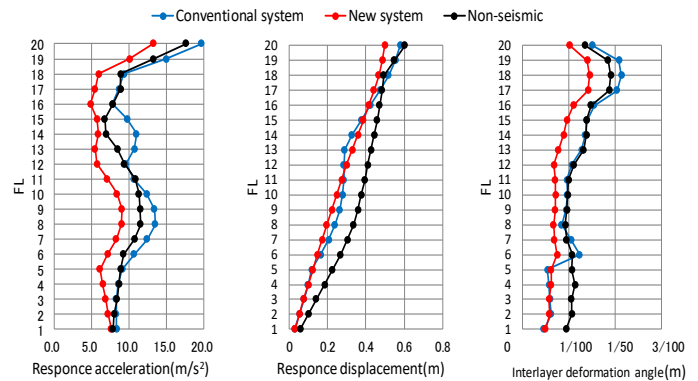


Figure3. Analysis results (JMAKOBE)

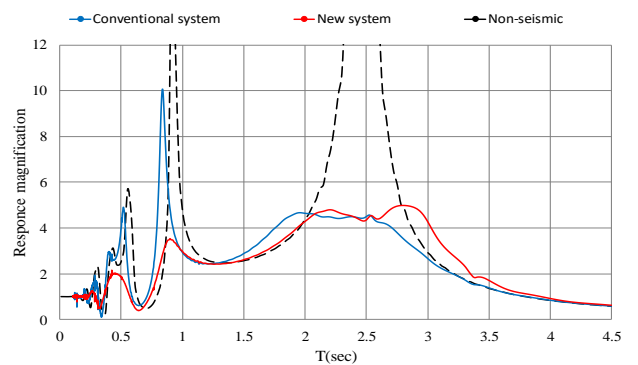


Figure4. Resonance curve of 20FL

8. 参考文献

[1] (一社)日本免震構造協会：「パッシブ制震構造・施工マニュアル」，第3版 2013.11
 [2] 石丸辰治, 三上淳治, 秦一平, 古橋剛：「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, 雑誌第75巻, 第652号, 2010.6.
 [3] 石丸辰治, 秦一平, 三上淳治, 公塚正行：「付加剛比による 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, 第75巻, 第654号, 2010.8