B-15

粘性ダンパーによる部分モード制御法の制震効果に対する影響についての粘性検討 Study on the effect on vibration control effects of viscous damper mode control method

○久保井寛人² 古橋剛¹ 呉非³ *Hiroto Kuboi² Takeshi Furuhashi¹ Hi Go³

Abstract: In this research, using the model of the seismic control system combined with the viscous damper with the "partial mode control", using the seismic motion of different characteristics for each model, studying the change of the response of the structure by the damping effect of viscous damper using partial mode control method. The partial mode control system is a system that sets D. M. in several layers and can completely control various order modes.

1. <u>はじめに</u>

運動方程式の質量項を調整することができるダイ ナミック・マス(以降 D.M.)を使う完全モード制御シ ステムと部分モード制御システム¹⁾などのモード制 御制震法が古橋・石丸らにより提案されている.

本研究では、「部分モード制御」の上に粘性ダンパ ーを併用した制震システムのモデルを使い、各モデ ルに特性の違う地震動を用いて、部分モード制御法 が構造物の応答に対する制震効果の粘性ダンパー による変化について検討する.

2. <u>検討モデル概要</u>

固有周期が違う4つの基本モデルを用いて,最適 な粘性ダンパー量について検討する.全層の階高を 4000 mm,質量は1000 ton とし,剛性分布は3対5 の台形分布とした.非制震時の1次固有周期は四つ の基本モデルを設定した.構造減衰は剛性比例型で 1次モードに2%付与した.モデルA1~D1の下部か ら1/4層までD.M.を設置した.モデルA2~D2はD.M. の設置層に粘性ダンパーを並列設置したモデルであ る.検討モデルの諸元と固有値解析結果は1-1~1-8 に示している.基準となるD.M.量は高次モードのエ ネルギーを完全にゼロ化する理論式を用いて得たも のである.Figure 2 に示した共振曲線において,ま た,最適減衰をある程度減らした減衰を「改良減衰」 と定義する.





3. 入力地震動

今回の解析では4種類の地震波(ランダム地震波, フリングステップ地震波,パルス地震波,長周期地 震波)の13波を使用し,解析を行う.地震波の応 答スペクトルを Figure 3 に示す.各地震波をレベル 2 相当に基準化して用いる.



1:日大理工・教員・建築 2:日大理工・学部・建築 3:元日大理工・学部・建築



Figure3. Response spectrum of seismic wave

4. <u>応答解析結果</u>



Figure4. Ratio of most suitable decrement of the absolute acceleration



Figure 5. Ratio of most suitable decrement of the interlamellar heteromorphic くなる. だだし,長周期地震波の場合は,改良減衰

Figure4 により長周期地震波を除いて構造物の周 期が長くなればなるほど改良減衰と最適減衰の差が 大きくなる.長周期地震波の場合は,改良減衰は最 適減衰と等しい.Figure5 によりどんな地震波におい ても層間変形角に対して改良減衰と最適減衰がほぼ 同じである.



Figure6. Absolute acceleration rate



Figure7. Decrease rate of interlaminar deformation

Figure6~7 から改良減衰を用いた応答がよいことがわかる.特にパルス地震波においては改良減衰を使うと応答が 5%~25%よくなることがわかる.

5. <u>評価関数による再検討</u>

評価関数 Eの計算式は下記のとおりである.

$$E = \frac{\sum_{i=1}^{n} {}_{A}E_{i} \cdot {}_{D}E_{i}}{n}$$

 $\begin{array}{rcl} A_i \leq 3.16 & {}_{A}E_i = 1.88 \cdot A_i \ , & A_i > 3.16 & {}_{A}E_i = e^{(0.28Ai + 0.92)} \\ D_i \leq 0.72 & {}_{D}E_i = 9.42 \cdot A_i \ , & D_i > 0.72 & {}_{D}E_i = e^{(1.39Di + 0.92)} \\ A_i = i 層の加速度 [m/s^2], & D_i = i 層の層間変形角 \times 100 \\ {}_{A}E_i = i 層の加速度の評価値, n = 建物の全階数 \\ {}_{D}E_i = i 層の層間変形角の評価値, i = 階数 \end{array}$

Table2. Evaluation of each model

小千谷 輸島 1562.0 151.6 6977.8 133.1 1627.8 102.9 676.4 82.4
 KOBE
 柏崎

 2022.0
 29.0

 600.0
 18.1

 215.1
 12.4

 147.3
 10.8
BCJ 04新宿 11新宿 苫小牧 1107.1 135 2363 596.4 11. BCJ W新宿 LL新宿 苫小牧 0.5s 日野 958.6 台湾 日野 小千谷 輪島 X(6E 檹 台湾 6001 1937 1072 949 TA 400.0 261.6 217.7 80.6 141.0 60.4 66.6 22789 46.4 37.5 28.3 444 221 168 非利貸 1% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90%
 135
 2963

 9.8
 553

 60
 401

 46
 30.8

 41
 25.7

 3.8
 26.2

 3.6
 26.9

 3.3
 71.2

 3.1
 77.2

 3.1
 77.2

 2.8
 26.8
北制窗 840 379 352 337 329 157.4 72.0 58.9 50.5 45.6 2885 1083 92.9 82.5 74.6 498.2 159.7 124.9 108.5 99.9 95.6 389.6 152.0 91.2 64.2 50.6 2221 952 425 325 311 **308** 108.8 34.6 33.1 32.6 <u>32.6</u> 33.1 2023 173.8 64.8 42.6 335 29.1 26.9 25.3 24.8 25.9 25.9 26.9 60 73 3.6 1451.6 488.1 331.8 941.5 549.1 362.0 39.4 24.1 21.7 380.9 149.7 97.1 80.5 75.0 75.0 75.9 78.9 386.9 140.0 92.6 70.6 57.1 48.3 41.8 38.5 38.5 38.5 35.8 581.4 180.2 94.1 64.5 51.7 141.0 66.6 39.8 28.3 23.5 22.9 23.0 23.0 23.2 23.5 23.9 0% 10% 20% 30% 40% 60% 70% 80% 90% 23.5 20.8 13.8 12.4 28 25 23 45.5 36.5 31.1 89.7 259.8 118.8 19.8 381.3 259.7 196.0 159.3 69.9 65.2 59.3 56.6 54.6 10.0 9.3 8.7 8.2 7.9 7.9 7.7 250.9 198.9 164.0 139.8 126.3 87.1 198.1 18.2 17.7 104.7 104.8 104.7 104.3 43.3 158.8 132.5 45.4 42.0 39.8 39.8 38.0 43.4 44.5 64.0 61.4 12.0 33.8 34.5 27.6 25.4 93.4 93.1 94.5 96.9 100.4 104.1 120 41.4 31.5 87.8 17.8 118.2 135.0 22 23.9 23.4 20.2 20.8 21.4 22.0 405 44.1 48.2 52.4 459 475 49.4 51.4 59.4 57.9 56.9 120 12.0 12.0 11.9 42.5 43.9 45.5 47.1 323 334 343 353 35.3 362 37.7 39.0 87.8 90.6 118.2 102.4 135.0 110.7 54.6 52.2 104.3 107.4 126.3 108.9 17.8 19.5 78.9 86.3 89.9 92.2 20.5 108.4 (4新宿 11新宿 苫小羽 台湾 19.1 20.1 18.0 日野 28.6 20.2 18.9 輸島 16.3 10.9 BCJ 814 43.6 31.9 25.7 21.9 19.6 18.7 台湾 127 20.4 17.0 日期 83 79 75 74 73 73 輪前 10.7 85 7.9 7.6 7.2 6.9 6.7 6.5 6.3 6.3 6.3 6.3 808 150 93 85 85 84 84 84 BCJ 57.2 36.4 _5 非制度 10% 非利賞 0% 10% 20% 30% 40% 24.1 16.9 15.0 12.4 11.5 68.2 68.3 360 15.4 14.8 14.8 14.8 15.0 15.4 58.3 32.4 26.5 33.5 27.5 23.7 21.0 19.2 18.2 17.8 83 83 66 57 52 49 48 47 46 45 44 41.6 34.5 25.9 20.7 19.0 18.4 18.2 18.2 18.2 18.1 18.0 161.5 837.9 198.1 96.2 62.2 47.6 19.1 24.3 53.6 37.5 23.6 19.2 16.6 15.1 422.5 134.4 64.0 41.0 31.1 25.8 22.6 20.5 19.1 18.3 18.3 61.6 31.0 27.2 25.4 24.1 23.2 22.8 45.9 38.6 27.2 22.4 19.9 18.3 17.6 6.9 6.1 5.9 5.7 5.5 5.4 10.1 10.6 46 113 18.8 16.0 14.4 13.4 12.7 12.3 12.3 11.7 25.6 20.7 18.2 16.6 48.0 10.4 10.4 10.7 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 17.3 13.9 13.4 14.6 18.1 17.6 17.5 17.6 22.8 20.5 19.6 19.3 5.0 5.3 5.6 5.9 6.1 6.2 6.4 11.0 10.6 10.2 34.5 27.0 22.2 133 5.4 7.8 18.7 15.8 10.9 39,9 10.6 10.0 15.6 15.5 15.6 15.7 50% 60% 70% 80% 14.0 13.2 12.5 12.0 11.6 15.6 19.4 15.9 19.8 16.3 20.3 11.2 11.4 11.7 17.7 17.6 85 9.8 9.7 161 17.9 18.2 18.6 183 182 34.9 31.5 29.1 27.7 22.6 22.7 17.3 17.4 17.6 17.6 17.7 <u>al.</u> <u>210</u> '17 12.0 16.6 16.9 22.9 23.2 17.5 17.9 Table2 は各モデルの評価値である.改良減衰は赤

く塗りつぶした.Table2 をみると,構造物の周期が 長くなればなるほど改良減衰と最適減衰の差が大き

くなる. ににし, 長周期地震波の場合は, 改良減衰 は最適減衰と等しい.

6. <u>まとめ</u>

本研究で得られた知見は以下に示す.

●構造物は最適減衰より改良減衰を使ったほうが応 答がよくなる.特に,パルス地震波においては応答 が5%~25%よくなる.

●改良減衰は長周期の構造物に対して使う粘性ダンパー量が少ないので、费用を省くこともできる。

●どんな地震波においても改良減衰と最適減衰は層 間変形角に対する効果がほぼ同じである.

【参考文献】

 登坂遼太郎,古橋剛:入力エネルギーによる疑似モード 制御システムの性能評価,日本建築学会構造工学 No601.pp.453-461,2014.3