B-37

D.M.を用いた制御法による応答値の比較
その 2　D.M.同調制御システムと改良減衰値の評価法
Comparison of the Response value by the control method using D.M.
Part2, Rating system of D.M. tuning control system and Improved attenuation value.

古橋剛 [1]，　○鈴木皇大 [2]，　菅野義久 [2]，　坂巻拓哉 [3]，　寺山悠貴 [3]
Takeshi Furuhashi[1], *Kodai Suzuki[1], Yoshihisa Sugeno[2], Takuya Sakamaki[3], Yuki Terayama[3]

In this paper, We show a result of the acceleration and story drift angle of each model using the D.M. tuning system.We compared this result with patial mode control and confirm the effectiveness of the vibration control system.

2.1　はじめに

前報では，4 つのモデルを使用し周期の違いや入力地震動の違いによる改良減衰値を確認した．また，減衰と取付け部剛性を変化させ，改良減衰値を比較し，評価法を提案して適応性の確認と検討を行った．

本報では，D.M.同調制御システムを導入，解析を行い部分モード制御法との周期，地震波の違いによる比較を行う．また，グラフの目視では個々の感覚的な判断となる結果を数値化し比較，検討を行う為の新たな評価法を設定する．設定した評価法に基づきそれぞれモデルごとの比較を行い最適な減衰値を把握する．

2.2　D.M.同調制御システムを用いた設計法

2.2.1 モデル概要

本研究で使用する基本モデルは，前報同様の周期となるモデルを使用する．質量は全層 500ton とし，初期剛性は最上層と最下層が 1 対 3 となるよう設定する．

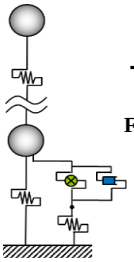


Figure2-1 Figure of model

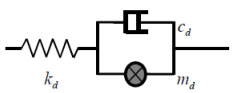


Figure2-2 model diagram

c_d :粘性減衰係数
m_d :ダイナミックマス
k_d :取付け部剛性

Table2-1 Basic model quantity of D.M. and damping coefficient

MODEL	m_d (ton)	c_d (kN・s/m)
5層	3000	50000
15層	24800	160000
30層	85000	200000
45層	200000	350000

$$T_\infty = \sqrt{T_{0.1}T_{0.2}} \quad (2\text{-}1) \qquad \left(\frac{T_0}{T_\infty}\right)^2 = 1+\kappa_\kappa \quad (2\text{-}2) \qquad h_1 = h_2 = 0.6\sqrt{\frac{\kappa_\kappa}{2+\kappa_\kappa}} \quad (2\text{-}3)$$

$T_\infty : c_d = \infty$ のときの周期

$T_{0.1}, T_{0.2} : c_d = 0$ のときの周期

また，取付け部剛性は層剛性の 1.5 倍とし，付与する D.M.量及び減衰は上の表に示すものを全設置層に同じ値を入力する．D.M.設置層は部分モード制御法と同様に，下部からそれぞれ 2 層，5 層，10 層，15 層に設置する．D.M.同調システムは，基本となる相乗平均則（2-1）式を満足するように，D.M.量を決定する．また，さらに付加剛比 K_k を用いて(2-3)式から最適減衰を算出する．算出した D.M.量，減衰係数をモデルに用いる際に定点理論から算出される数値との比較を行い相違が少ないことを確認してから使用する．

2.2.2 周期の違いによる改良減衰値の推移

D.M.同調システムを用いたそれぞれのモデルの絶対加速度，及び層間変形角の応答結果を下の Figure2-3 から Figure2-6 に，縦軸に階数，横軸に加速度，層間変形角をそれぞれ示している．最適減衰を増減した値を改良減衰値と定義し，Figure2-3 の上部に各%を示す．ここから地震動の応答加速度と変形角を考慮した改良減衰値は弾性型モデルに考慮しながら算出し，比較を行う．ただし，本研究ではレベル 1 地震動を用いる．

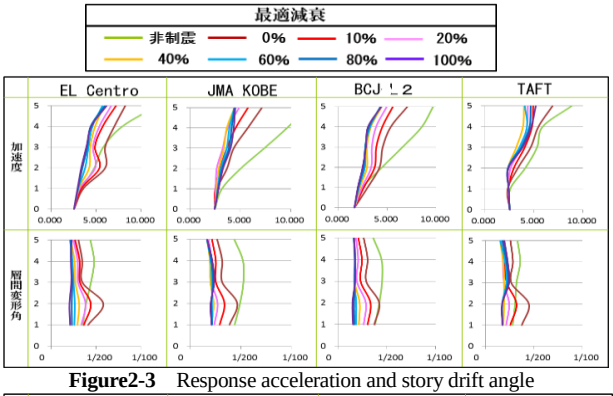


Figure2-3　Response acceleration and story drift angle

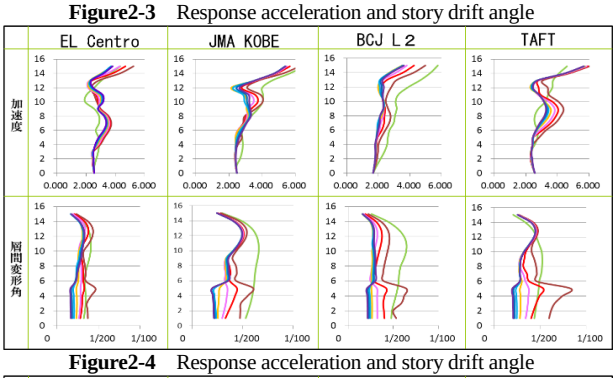


Figure2-4　Response acceleration and story drift angle

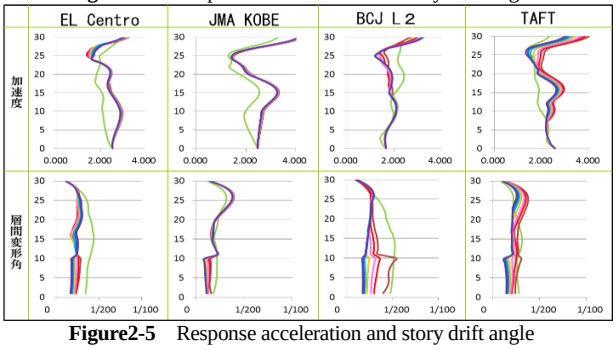


Figure2-5　Response acceleration and story drift angle

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

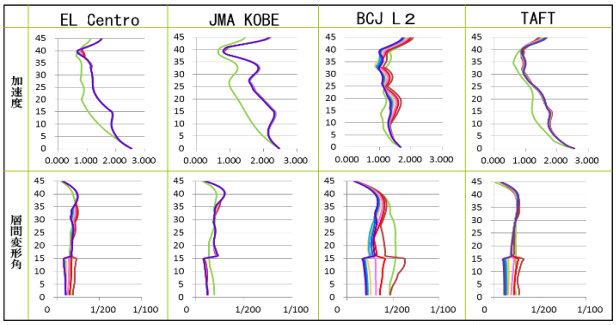


Figure2-6　Response acceleration and story drift angle

これらの図より，.EL Centro,JMA KOBE,BCJ L2, TAFT の 4 波すべてにおいて，構造物の周期が延びるにつれて最適減衰との相違が大きくなっていくことが確認できる．結果より D.M.同調システムも部分モード制御と同じ結果を示すことで，どちらの制震システムも制御効果があると示した．

2.3 提案評価法とその評価

2.3.1 応答低減率評価法の提案

これまで，算出した応答値をグラフの目視によって改良減衰値を算出してきたが，グラフの目視では個々の感覚的な判断となってしまう．そこで，以下の式によって，非制震の平均値に対する改良減衰値の平均値を計算し，応答低減率を算出，前報その 1 の取付け部剛性∞の完全モード制御，部分モード制御の結果と比較，評価法の適応性を確認する．

$$E = \frac{\sum (e_1 + \cdots + e_n)}{n} \qquad (3\text{-}1)$$

$$E_{(\text{加速度})} = E_s / E_h \qquad (3\text{-}2)$$

e =加速度，　n =階数 ，　E =加速度の平均値

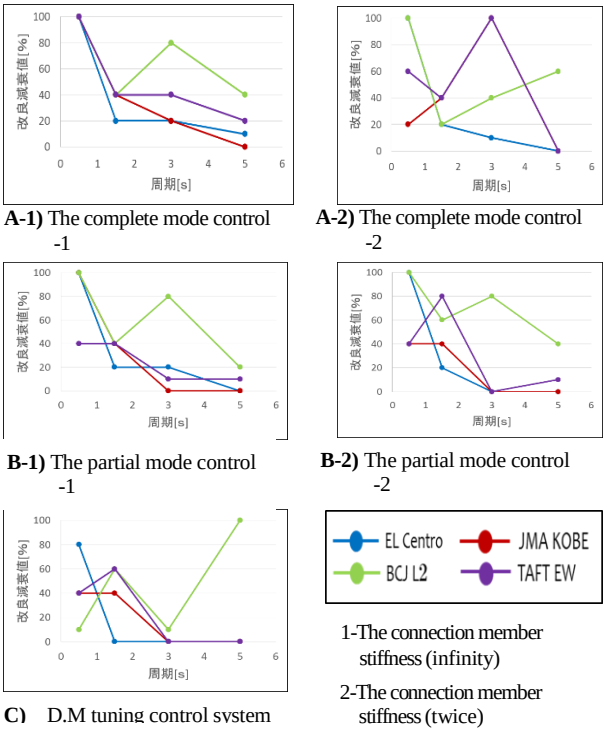
E_S =改良減衰値加度平均値　E_h =非制震加速度の平均値

$E_{(\text{加速度})}$= 加速度の応答低減率

算出された応答低減率は，数値が小さければ小さいほど良い制御となる．しかし，1.0 を超えるようであれば，非制震より悪い応答が出ていることになり，制御としての有効性は確認できない．この評価法は加速度だけでなく，層間変形角にも用いることができるため，加速度と同様に式(3-1)，(3-2)から層間変形角の評価値を算出し，比較，検討を行う．ただし，本研究ではレベル 1 地震動を用いるため，グラフの目視による層間変形角が 1/200 を超えるものは含まないものとする．

2.3.2 全制御モードの結果及び比較

まず，Figure2-7 A-1)，Figure2-7 B-1)に着目すると，前報その 1 で目視によって算出された改良減衰値と結果が概ね一致している．結果に相違の生じた BCJ L2 に関しても，数値による相違は 0.05 ほどの差でしかないため，良い対応を示しているといえる．このことから，評価法の適応性が確認できるため，より詳細な比較検討を取付け部剛性 2 倍の完全モード制御，部分モード制御，D.M.同調システムの 3 つの制震システムにおいて行う．結果を Figure2-7 A-2)，Figure2-7 B-2)，Figure2-7 C)に示す．



A-1) The complete mode control -1

A-2) The complete mode control -2

B-1) The partial mode control -1

B-2) The partial mode control -2

C)　D.M tuning control system

1-The connection member stiffness (infinity)

2-The connection member stiffness (twice)

Figure2-7　Relations of improved damping level and Period

結果を見ると，周期によってどの制震システムにおいても改良減衰値と最適減衰の相違が大きくなることが確認できる．また，加速度と層間変形角の結果を合わせたものをさらに 4 波すべてに考慮した改良減衰値の丁度中間にくる値の範囲をとったものを改良減衰域と定める．結果の考察を行うと，どの制震システムにおいても周期が延びることで，改良減衰域と最適減衰の相違が大きくなることを確認した．

2.4 まとめ

前報その 1 では，完全モード制御，部分モード制御の場合，取付け部剛性大きくすることで良い応答となることを示した．構造物が高層になるほど，定点理論から算出した最適減衰と差が出ることを示した．また入力地震動によって，必要な減衰が変化することを示し，長周期地震動では大きい減衰が必要であることを示した．本報では，D.M.同調システムを用いたそれぞれのモデルの加速度，及び層間変形角の応答結果を示し部分モード制御との比較を行い，制震システムの有効性を確認した．そして，前報その 1 の結果と同様に，周期が延びることで，どの制震システムにおいても最適減衰と改良減衰値の相違が大きくなることを確認した．また，加速度と層間変形角の結果を合わせ，4 波に考慮した範囲を改良減衰域と定め，周期 0.5s のモデルは減衰 80%，周期 1.5 s は 60%，周期 3.0 s は 40%，周期 5.0 s は 10%の改良減衰値を付与することで，すべての制震システム，モデルにも適応する改良減衰値を示した．

参考文献

1）石丸辰治,秦一平　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 巻　第 652 号，pp1105-1112,2010.6