T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報 Article / Book Information

| 論題(和文) | 制振建物に配する粘性ダンパーの高さ方向におけるエネルギー分配の 予測 - その1:線形粘性型を対象としたエネルギー分配式 - | | |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| Title(English) | Energy distribution 's Prediction by Energy – based Design Method in Vibration Control Building with Viscous Dampers | | |
| 著者(和文) | 美濃地正樹, 佐藤大樹, 岡田亮佑 | | |
| Authors(English) | Masaki Minoji, Daiki Sato, Ryousuke Okada | | |
| 出典(和文) | 日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 799-800 | | |
| Citation(English) | Summaries of technical papers of annual meeting, , , pp. 799-800 | | |
| 発行日 / Pub. date | 2019, 9 | | |
| 権利情報 | | | |

制振建物に配する粘性ダンパーの高さ方向におけるエネルギー分配の予測 -その1:線形粘性型を対象としたエネルギー分配式-

| | | | 正会員 | ○美濃地正樹* |
|---------|---------|-------|-----|---------|
| 超高層制振建物 | 粘性ダンパー | 非線形性 | 同 | 佐藤大樹** |
| エネルギー法 | エネルギー分配 | 応答予測式 | 同 | 岡田亮佑*** |

1. はじめに

近年,建物に制振構造を採用する例が増加している。制振 構造の設計には、時間経過ごとの応答を分析できる「時刻歴 応答解析」や簡易に応答を予測する「エネルギーの釣合いに 基づく耐震計算法(以後,エネルギー法)」¹⁾等が用いられる。

「エネルギー法」は大臣認定取得が不必要であり,建物の 申請期間を低減できる設計手法²⁾であるため有用であるが,現 行のエネルギー法告示で対象とされるダンパーは,完全弾塑 性型かつ材料強度が規定されているもののみとされている。 そこで今後は,告示で対象とされるダンパーの適用範囲の拡 張に向けた,エネルギーに関する分析および研究を行なうこ とが,エネルギー法の発展に望ましいと考えられる。

有井ら³は「エネルギー法」の適用範囲の拡張に向けて,原 田ら⁴が提案した線形ダッシュポットを有する粘性ダンパーを 取付けた建物のエネルギー法による応答評価法を,Maxwell モ デルでモデル化した非線形ダッシュポットを有する粘性ダン パーに展開し,時刻歴応答解析結果との比較により,エネル ギー法での予測精度及び適用範囲を検証している。しかし, ここで検証対象としている非線形ダッシュポットは,ダッシ ュポット速度の指数乗αが0.60のものであり,パッシブマニュ アル⁵に示される指数乗αが0.10となるような,より強い非線 形性を有する粘性ダンパーまでは対象とされていない。

そこで本報その1では、線形および強い非線形性をもつ粘性 ダンパーにおいて、提案されているエネルギー分配式⁴の、高 さ方向におけるエネルギー分配の予測精度を検証する。

2. 入力地震動および対象建物モデル概要

2.1 入力地震動概要

入力地震動として、コーナー周期 $T_c = 0.64$ s 以降の領域で速 度応答スペクトル $S_v = 100$ cm/s (h = 5%)となるレベル 2 相当の 模擬地震動波形 ART HACHI(位相特性: HACHINOHE 1968 EW)を採用する。さらに基整促波^のである CH1、東海・東南海 地震動を想定した長周期地震動である三の丸波(SAN)^のを採 用する。図 1(a), (b)に、各地震動の擬似速度応答スペクトル $_{pSv}(h = 5$ %)、エネルギースペクトル $V_E(h = 10$ %)を示す。



2.2 対象建物モデル概要

対象とする建物モデルは、建物高さ 82.0 m の 20 層の鋼構造 建物モデル⁸⁾(以後、部材モデル)である。図 2(a),(b)に、部 材モデルの軸組図と基準階伏図を示す。長辺方向を X 方向、 短辺方向を Y 方向とする。本報では X 方向を検討対象とする。 主架構(X 方向)の1 次固有周期 *T*_{f1} は 2.29s である。なお 本報では、ダンパーによるエネルギー分配を検討するた め、構造減衰は0とし、主架構は弾性として解析を行う。



2.3 粘性ダンパー

図 3 に粘性ダンパーの解析モデルを示す。ここで、 \hat{C}_d は粘 性係数を表す。なお、「[^]」は軸方向を表す。またダンパーと支 持部材を直列にモデル化し、内部剛性 \hat{K}_d と支持部材剛性 \hat{K}_b をまとめて等価支持材剛性 \hat{K}_b^* で表す。ダンパーの等価 支持材剛性 \hat{K}_b^* は式(1)の関係を用いて算出している。なお、 \hat{K}_b^* の変化による、高さ方向における粘性ダンパーのエネルギ ー分配への影響は殆ど見られない事を既往研究 ³にて確認され ているため、ここでは等価支持材剛性 \hat{K}_b^* を剛とみなせる値 (内部剛性係数 β = 30000[m^{a-1}/s^a])とする。

MINOJI Masaki, SATO Daiki, OKADA Ryousuke

Energy distribution's Prediction by Energy – based Design Method in Vibration Control Building with Viscous Dampers

$$\hat{K}_{bi}^* = \beta \times \hat{C}_{di} \tag{1}$$

本報では、5ケースの ダッシュポット速度の指 数乗*α*(=1.00,0.80,0.60, 0.38,0.20)を持つ粘性ダ ンパーを対象とする。



ダンパー配置は、5 ケースの指数乗 α に対し、3 ケースのダ ンパー量 $\alpha_{\nu 1}$ (= 0.01, 0.05, 0.10)を設定した。本報では、紙面 の都合上、5 ケースの指数乗 α のうち、 α =1.00, 0.60, 0.20 の結 果のみを示すこととする。

3. 線形粘性型のエネルギー分配式を用いた予測

本章では、粘性ダンパーを使用した制振構造のエネル ギー分散係数の逆数1/_{γdi}(以後、線形粘性式)を示す。 さらに、時刻歴応答解析より得られた高さ方向における 粘性ダンパーのエネルギー分配(以後,解析値)と線形 粘性式による予測値を比較し、その予測精度を検証する。

3.1 線形粘性型のエネルギー分散係数式の概要

線形粘性式は式(2)~(3a,b)で表される⁴⁾。

$$\frac{1}{\gamma_{di}} = \frac{W_{di}}{\sum\limits_{i=1}^{N} W_{di}} = \frac{s_i \ h_i}{\sum\limits_{i=1}^{N} s_i' \ h_i}$$
(2)

ここで,

$$s_i' = \left(\sum_{j=i}^N \frac{m_j}{M}\right)^2 \times \overline{\alpha_n}^2 \times \left(\frac{k_{f1}}{k_{fi}}\right)^2 \quad , \qquad h_i = \frac{\hat{C}_{di}T_{f1}}{4\pi M}$$
(3a,b)

ここに,*M*は主架構の総質量,*m*_iは第*i*層の主架構の質量, *k*_fiは第*i*層の主架構の剛性

最大応答せん断力係数分布 $\overline{\alpha_{i}}$ とは、多層骨組において各層の累積塑性変形倍率がほぼ等しくなるような強度分布である¹⁾。本報では、最大応答せん断力係数分布として参考文献¹⁾で提案されているものを用いる。

線形粘性式の仮定条件を以下に示す⁹。①線形粘性ダンパー のみを対象とし、エネルギー吸収量の算出および粘性係数の 無次元化を行っている。 ②等価繰り返し数は各層で共通とし ている。 ③全体架構の最大せん断力は主架構の剛性とダッシ ュポットの最大変形から近似的に算出している。

3.2 速度に関する指数乗αを変化させた場合

本節では、ダッシュポット速度に関する指数乗α(= 1.00, 0.60, 0.20)を持つ線形・非線形粘性ダンパーにおける 線形粘性式(式(2))の予測精度を検証する。なお、高さ 方向での解析値と予測値の比較については、本報その2に て示すこととする。

図 4 (a) ~ (c)に,縦軸に予測値(図中, Pre.)を解析値

*1東京工業大学 大学院生
**2東京工業大学 科学技術創成研究院 未来産業技術研究所 准教授 博士(工学)
***3 元 東京工業大学 大学院生

(図中, Ana.) で除したものとし、横軸に解析より得られたエネルギー吸収量 W_{di(Ana.)}としたものを示す。なお、
 CH1 入力時の結果を示す。

図 4 (a)より,線形粘性ダンパーである指数乗 α = 1.00, ダンパー量 $\alpha_{\nu 1}$ = 0.01 の場合をみると,線形粘性式による 予測は危険側の評価となるものの, $W_{di(Ana.)}$ が大きくなるに 従い予測値/解析値は 0.8 程度で収束する傾向となった。こ の傾向は、ダンパー量 $\alpha_{\nu 1}$ = 0.05, 0.10 においても同様にみ られ、ダンパー量に関わらず確認された。図 4 (c)より、指 数乗 α = 0.20、ダンパー量 $\alpha_{\nu 1}$ = 0.01 の場合では、線形粘性 ダンパーでみられた傾向と同様に応答が大きくなるに従 い、予測値/解析値は 0.8 程度となった。これに対して、指 数乗 α =0.20、ダンパー量 $\alpha_{\nu 1}$ =0.05 と 0.10 の場合では、応 答が大きい場合でも予測値が大きく過小評価している。

次に線形粘性式の予測精度を入力地震動で比較する。 図 5(a) ~ (c)に,縦軸に予測値(図中, Pre.)を解析値(図中, Ana.)で除したものとし,横軸に解析より得られたエネルギー分散係数の逆数(図中, $1/\gamma_{diAna.}$)としたものを示す。なお、ダンパー量 $\alpha_{v1} = 0.05$ の結果を示す。図 5 (a) と(b)より、各地震波入力時における解析値が最大となる結果に着目すると、予測値/解析値が全て 0.85 程度となり、地震波による予測精度の影響は少ない。同様に、図 5 (c)より $\alpha = 0.20$ においては多少、予測値/解析値にばらつきはあるものの、地震波による予測精度の影響は少ない。



5. まとめ

本報その1では、提案されているエネルギー分配式⁴の、高 さ方向におけるエネルギー分配の予測精度を検証した。 参考文献はその2にまとめて示す。

-800-

^{*1} Graduate Student, Tokyo Institute of Technology

^{**2} Assoc. Prof., FIRST, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng. ***3 Former Graduate Student, Tokyo Institute of Technology