T2R2東京工業大学リサーチリポジトリ Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報 Article / Book Information

論題(和文)	履歴ダンパーを有する超高層制振建物における骨組特性値と等価減衰 定数による制振性能評価
Title(English)	Vibration control performance evaluation based on frame parameters for control and equivalent damping ratio for high-rise building with hysteretic dampers
著者(和文)	澤侑弥, 佐藤大樹, 戸張涼太, 吉永光寿, 安永隼平, 金城陽介
Authors(English)	Yuya Sawa, Daiki Sato, Ryota Tobari, Mitsutoshi Yoshinaga, Jumpei Yasunaga, Yosuke Kaneshiro
出典(和文)	 日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 747-748
Citation(English)	,,,pp. 747-748
発行日 / Pub. date	2021, 9

層せん断力分布比

履歴ダンパーを有する超高層制振建物における骨組特性値と等価減衰定数による制振性能評価

正会員	○澤侑弥*1	同	佐藤大樹*2	同	戸張涼太*3
同	吉永光寿*3	同	安永隼平*4	同	金城陽介*5

超高層制振建物	鉄骨構造建物	履歴ダンパ
骨組特性値	等価減衰定数	性能評価

1. はじめに

近年,大地震発生の対策として,建物に制振部材を設 置する制振構造を採用する建物が増えている。制振構造 は制振部材配置箇所や投入量に大きな影響を受けるため, 設計時にそれらを考慮する必要性がある。しかしながら, 任意の外力に対して有効に作用する制振部材配置箇所や 投入量を決定するには,時刻歴応答解析などが必要とな り,設計者に大きな負担がかかる。そこで筆者らは,状 態 NR 解析から得られる骨組特性値¹¹と等価減衰定数を用 いた制振性能評価を提案し,履歴ダンパーを有する 35 層 建物モデルで有効性を確認した²⁾。本報では,他の建物高 さでも適用可能であることを,履歴ダンパー(以降,ダ ンパー)を設置した 50 層建物モデルで評価を行う。

2. 解析モデル概要

2.1 検討対象建物概要およびダンパーの概要

検討対象建物は 50 階建ての鉄骨構造建物とする。軸組 図(Fig. 1) および基準階伏図(Fig. 2) を示す。主架構の みのモデル(以降,フレームモデル)の1次固有周期 Tn は 7.39 s である。構造減衰は T_f に対して,減衰定数 h₀ = 2%となる初期剛性比例型とする。また、X 方向のみ検討 を行い、主架構は弾性とする。ダンパーの高さ方向の配 置(以降,ダンパー配置)はFig.1に示すように連層配置 であり, Outside, Inside, Center (基準型配置), Chidori, A, X(併用型配置)とする。各層のダンパー降伏層せん 断力分布は、1層のダンパー降伏層せん断力 Q_{dy1}を基準と し、地震層せん断力係数の高さ方向分布(Ai分布)に基 づく設計用層せん断力分布をもとに4段階とする(Fig. 3)。 本研究では1層のダンパー降伏層せん断力係数adv1をダン パー量と呼ぶ。一般的に建物に水平外力が作用したとき, 建物の内側の柱は外側に比べ軸変形が小さく、ダンパー を内側する方が建物全体の曲げ変形が抑制でき、制振性 能は向上する。そのため、基準型配置の Center は制振性能 が高いと推測できる。しかし、併用型配置はダンパー配 置が煩雑なため推測が難しい。なお、Fig.1 に示す値は、 $\alpha_{dy1} = 0.004$ の時の弾性1次固有周期 T_1 を示す。 T_1 はChidori が最も短く, Outside が最も長い。これらは、付加系剛性 (2.2 節後述)に依存するため, Chidori の付加系剛性が大 きく、制振性能が高いと推測できる。

Vibration control performance evaluation based on frame parameters for control and equivalent damping ratio for high-rise building with hysteretic dampers



Fig. 2 基準階伏図 [単位: m] 2.2 せん断モデル化概要¹⁾

実効変形比(層間変形に対するダンパー変形の水平成 分の比)を考慮したせん断モデル化概要を記す。せん断 モデルの各バネ要素は,擬似フレーム,擬似ダンパー, 擬似ブレースで構成され,状態 N/R 解析より得られる骨組 特性値から算出できる。状態 N/R 解析は各状態で Ai 分布 などの外力を作用させるものである。状態 N は主架構の みの弾性部材モデル,状態 R は弾性部材モデルの制振部材 設置箇所に極端に剛性の高い弾性バネを挿入した状態で ある。骨組特性値は,状態 N の制振部材設置箇所の実効 変形比 $\alpha_{N,i}$,曲げ変形を評価する擬似ブレース剛性 $K_{ds,i}$ である。なお, 擬似ダンパーと擬似ブレースは直列関係にあり,合わせ て付加系(剛性: K_{as}),さらに付加系は擬似フレームに対 し並列であり,合わせてシステム(剛性: K_s)と呼ぶ。

3. 制振性能評価

以降では,実効変形比を考慮したせん断モデルを用い て評価する。まず,擬似ダンパー弾性時の実効変形比 (以降,実効変形比の下限α_{esi})の定義を示す³⁾。

$$\alpha_{es,i} = \frac{\alpha_{N,i}\delta_{ds,i}}{\delta_{ds,i} + \delta_{bs,i}} = \frac{\alpha_{N,i}}{1 + K_{ds,i}/K_{bs,i}} = \frac{\alpha_{N,i}}{1 + \kappa_{ds,i}}$$
(1)
こで、 $\delta_{ds,i} + \delta_{bs,i} = (=\delta_{fs,i})$ はせん断モデルにおける擬似フ

Yuya SAWA, Daiki SATO, Ryota TOBARI Mitsutoshi YOSHINAGA, Jumpei YASUNAGA, Yosuke KANESHIRO レーム層間変位, $\kappa_{ds,i} = K_{ds,i}/K_{bs,i}$ とする。次に $\alpha_{N,i} \geq \alpha_{es,i}$ から 実効変形比の中間 $\alpha_{eM,i}$ を得る(式(2a))。また,その時の 付加系塑性率を $\mu_{asM,i}$ とすると、 $\alpha_{eM,i}$ は式(2b)で表される⁴。

$$\alpha_{eM,i} = \frac{\alpha_{N,i} + \alpha_{es,i}}{2} = \frac{(2 + \kappa_{ds,i})\alpha_{N,i}}{2 + 2\kappa_{ds,i}}$$
(2a)

$$\alpha_{eM,i} = \frac{(\mu_{asM,i} + \mu_{asM,i}\kappa_{ds,i} - \kappa_{ds,i})\alpha_{N,i}}{\mu_{asM,i} + \mu_{asM,i}\kappa_{ds,i}}$$
(2b)

式(2a-b)より, $\mu_{asM,i} = 2$ であることが確認できる。なお, 時刻歴応答解析では、1〜全体の 2/3 層まででダンパーは 90%程度エネルギー吸収を行うため、以降では 1〜全体の 2/3 層まで平均化し、 $\alpha_{eM,i}$ の平均を $\overline{\alpha}_{eM}$ と表記する。

$$h_{eqM} = \sum_{i=1}^{n} h_i W_i / \sum_{i=1}^{n} W_i + h_0$$
(3)

i層の減衰定数 h_iを次式で評価する。

$$h_{i} = \frac{2(1 + \kappa_{as,i})}{\pi \mu_{asM,i}} \ln \frac{\mu_{asM,i} + \kappa_{as,i}}{(1 + \kappa_{as,i})(\mu_{asM,i})^{1/(1 + \kappa_{as,i})}}, \quad \kappa_{as,i} = \frac{K_{as,i}}{K_{fs,i}}$$
(4)

なお,式(3)に示す最大ポテンシャルエネルギー W_i は式(5) で表され, $K_{seq,i}$, $K_{sl,i}$ はそれぞれシステム等価剛性,シス テム1次剛性を示す(式(6))。

$$W_i = K_{seq,i} (\mu_{asM,i} \delta_{asy,i})^2 / 2$$
(5)

$$K_{seq,i} = K_{s1,i} + K_{as,i} / \mu_{asM,i} , \quad K_{s1,i} = K_{fs,i} + K_{as,i}$$
(6)

ここに示す n は全体の 2/3 層とし, h_{eqM} の算出も $\alpha_{eM,i}$ の平 均化と同様の層数としている。以上より算出した $\overline{\alpha}_{eM}$ お よび h_{eqM} の関係を Fig. 4 に示す。縦軸は h_{eqM} を減衰 h=10%で基準化した h_{eqM}/h , 横軸を $\overline{\alpha}_{eM}$ とする。図に示す破線は 同一のダンパー量 α_{dy1} を繋いでいる。 h_{eqM} は高いほど,フ レームモデルに対して応答低減が見込めることから, h_{eqM} は大きい値を示すほど,また, $\overline{\alpha}_{eM}$ は1に近いほど望まし い。そのため、いずれのダンパー量でも $\overline{\alpha}_{eM}$, h_{eqM}/h が大 きな値を示す Chidori は制振性能が高く,逆に Outside は制 振性能が低いと推察できる。ダンパー量毎の評価を原点 から任意のダンパー量までの距離 Γ で評価する(式(7))。



式(7)によるダンパー配置毎の制振性能評価を Fig. 5 に示す。 なお,ダンパー量 α_{dv1} は 0.002~0.012 とする。Fig. 4 と同



- *2東京工業大学 未来産業技術研究所 准教授・博士(工学)
- *³ JFE シビル株式会社
- *4 JFE スチール株式会社 博士(工学)
- *⁵ JFE スチール株式会社

様にいずれの α_{dy1} でも Chidori2 が最も高い値を示している。 また, Γ はダンパー量の増加に伴い減少するが, α_{dy1} = 0.012 までにほぼ収束する。 α_{dy1} をそれ以上増やしても制 振性能がほぼ変わらないと推測される。そのため,最適 ダンパー量は α_{dy1} = 0.002~0.012 に存在すると予測できる。



4. 時刻歴応答解析による制振性能評価の精度検証

長周期領域で擬似速度応答スペクトル S_{pV} = 80 cm/s となる模擬地震動で、位相特性として HACHINOHE 1968 EWを用いる。Fig. 6(a)に構造減衰 h = 5%の S_{pV} , (b)に h = 10%のエネルギースペクトル V_F を示す。



5. まとめ

本報では,文献 2)で提案した骨組特性値と等価減衰定 数による制振性能評価法を 50 層建物モデルで評価を行い, 適用可能であることを示した。

謝辞

本報は JFE シビル株式会社, JFE スチール株式会社,東京工業大学佐藤研究室の共同研究の成果を一部まとめたものです。本研究の一部は JST 産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム (JPMJOP1723) によるものです。

参考文献

- 1) 石井正人, 笠井和彦:多層制振構造の時刻歴応答解析に用いるせん断棒モデ ルの提案,日本建築学会構造系論文集, Vol.75, No.647, pp.103-112, 2010.1 2) 澤侑弥,佐藤大樹,他4名:履歴ダンパーを有する超高層制振建物における
- 2)澤侑弥,佐藤大樹,他4名:履歴ダンパーを有する超高層制振建物における 等価減衰定数を用いた制振性能評価手法 その2 骨組特性値と等価減衰定 数による評価,日本建築学会関東支部研究報告集, pp.289-292, 2021.3
- 3)澤侑弥,佐藤大樹,他4名:履歴ダンパーを有する超高層建物における実効 変形比とダンパー塑性率の関係,日本建築学会技術報告集, Vol.24, No.65, pp.154-159, 2021.2
- 4)澤侑弥,佐藤大樹,他4名:履歴ダンパーを設置した超高層建物における最 適ダンパー量時の実効変形比,日本建築学会技術報告集,Vol.27,No.66, pp.656-661,2021.6

- *2 Associate Professor, FIRST, Tokyo Institute of Technology, Dr.Eng.
- *³ JFE Civil Engineering & Construction Corporation
- *⁴ JFE Steel Corporation, Dr.Eng.
- *⁵ JFE Steel Corporation

^{*1} Ishimoto Architectural & Engineering Firm, Inc. (Former Tokyo Tech)