

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	履歴型ダンパーを有する多層制振建物の風応答時における損傷評価 その1 解析対象モデルおよび風外力概要
Title(English)	Damage evaluation of passively controlled multistory building with hysteretic damper on wind-induced response. Part. 1 Outline of analytical model and wind force
著者(和文)	小林稜, 平塚紘基, 佐藤大樹, 田中英之
Authors(English)	Ryo Kobayashi, Koki Hiratsuka, Daiki Sato, Hideyuki Tanaka
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 93-94
Citation(English)	, , , pp. 93-94
発行日 / Pub. date	2021, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

履歴型ダンパーを有する多層制振建物の風応答時における損傷評価

その1 解析対象モデルおよび風外力概要

正会員	○小林 稜* ¹	同	平塚 紘基* ²
同	佐藤 大樹* ¹	同	田中 英之* ³

超高層制振建物 履歴型ダンパー 風応答解析
弾塑性風応答 損傷に寄与するエネルギー

1. はじめに

佐藤ら¹⁾は、弾塑性風応答時における高次モードの影響や変形および履歴吸収エネルギーの特定層への集中を明らかにし、多質点系でのダンパーの累積損傷分布の予測手法を提案している。しかし、佐藤らが提案している手法は、損傷に寄与するエネルギー E_D が既知である場合における手法であり、 E_D を予測するまでには至っていない。 E_D を予測することができれば、佐藤らの手法を準用することで、時刻歴応答解析を行うことなく各層の損傷に寄与するエネルギー E_{Di} を予測することが可能となる。

そこで、本報(その1~その3)では履歴型ダンパーを有する超高層制振建物を対象とし、弾塑性風応答時における多質点系での E_D の特性を把握するとともに、解析結果に基づく経験的な予測式を提案する。また、 E_{Di} の予測手法を提案し、その精度を検証することを目的とする。本報その1では、解析対象モデルおよび風外力の概要について述べる。なお、本報では空力不安定振動の問題は対象外とし、風外力入力方向は風直交方向のみとする。

2. 解析対象モデル概要

2.1 モデル1概要

モデル1は、超高層制振建物を対象とする高さ $H = 200$ mの20質点せん断型モデルとする。フレームは1次固有周期 $1T_f = 5.0$ s, 7.0 s, 建物密度 $\rho_f = 175$ kg/m³とし、質量 m_i は高さ方向に一様であると想定した。辺長比(Fig. 1)は、 $D/B = 1.0$ と 1.6 (D, B : 建物の奥行, 幅)の2通りとする。構造減衰を剛性比例型として、 $1T_f$ に対して1次減衰定数 $1\xi_f = 1\%$, 2% , 4% の3種類を用いる。各層のフレームの剛性 k_{fi} は、フレームの1次固有モード $1\phi_{fi}$ 直線となるように、次式より決定した²⁾。

$$k_{fi} = \frac{1\omega_f^2 \cdot m_i \cdot 1\phi_{fi} + k_{fi+1} (1\phi_{fi+1} - 1\phi_{fi})}{1\phi_{fi} - 1\phi_{fi-1}} \quad (1)$$

ここで、 $1\omega_f$: フレームの1次固有円振動数を表す。なお、フレームの剛性の高さ方向分布はFig. 1を参照されたい。また、フレームは弾性状態を保つものとする。

2.2 モデル2概要

モデル2は、文献3)の $H = 300$ m, $D/B = 1.0$ のモデルからアウトリガーを除き、ダンパーを付加した超高層制

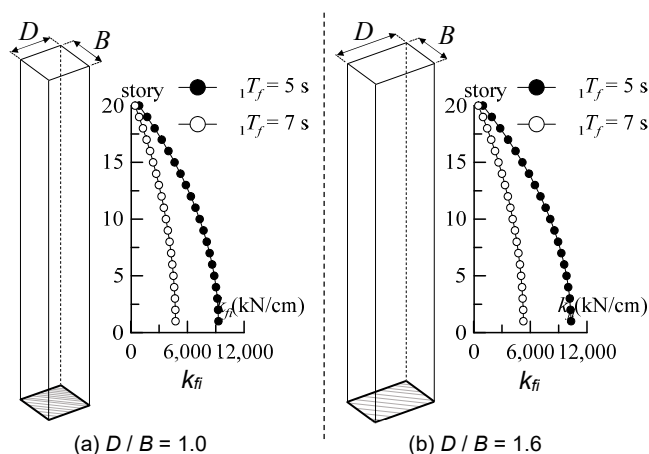


Fig. 1 model 1

振建物を対象とする60質点せん断型モデルとする。フレームは、 $1T_f = 7.49$ sであり、構造減衰を剛性比例型として、 $1T_f$ に対して、 $1\xi_f = 1\%$, 2% , 4% の3種類を用いる。Fig. 2にフレームの剛性分布を示す。なお、フレームはモデル1と同様に弾性状態を保つものとする。

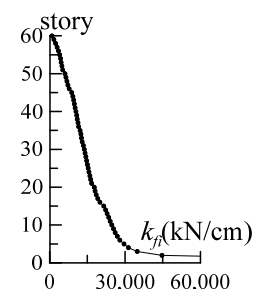


Fig. 2 k_{fi} (model 2)

2.3 ダンパー概要

本報では、ダンパーに有効に働く変形(実効変形)を過大評価しないように、実効変形比 α_{ei} (層間変形に対するダンパー変形の水平成分の比)を考慮した付加系を用いる。なお、ダンパーは履歴型ダンパーを想定し、完全弾塑性としてモデル化する。第1層目のダンパー降伏せん

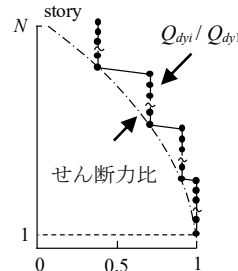


Fig. 3 Yield strength ratio

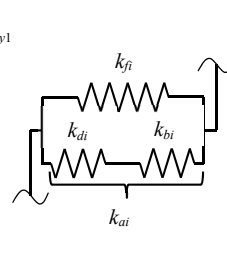


Fig. 4 Model of frame with additional component

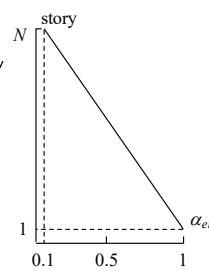


Fig. 5 Effective damper deformation ratio

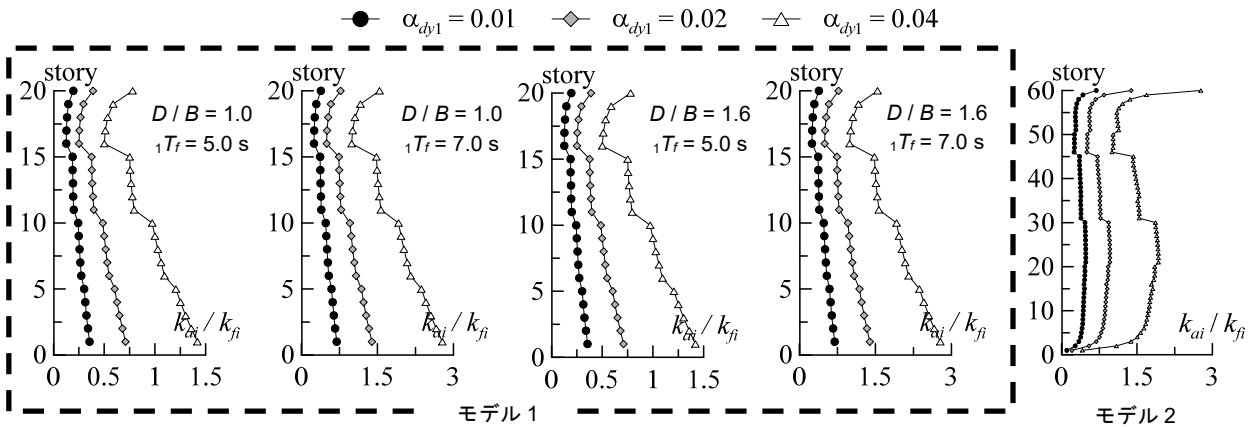


Fig. 6 k_{ai} / k_{fi}

断力係数（ダンパー量） α_{dy1} は、0.01, 0.02, 0.04の3パターンとし、ダンパーの降伏層間変形角 R_{dy} は1/600とする。各層のダンパー降伏せん断力 Q_{dyi} は、第1層目のダンパー降伏層せん断力 Q_{dy1} を基準とし、Ai分布に基づく設計用地震層せん断力分布をもとに4段階（Fig. 3）とする。 Q_{dy1} およびダンパーの降伏変形 δ_{dyi} は、次式で算出される。

$$Q_{dy1} = \alpha_{dy1} \cdot W, \quad \delta_{dyi} = R_{dy} \cdot h_i \quad (2), (3)$$

ここで、 W ：全重量、 h_i ：質点間距離を表す。ダンパー剛性 k_{di} は以下の式で表される。

$$k_{di} = Q_{dyi} / \delta_{dyi} \quad (4)$$

Fig. 4に付加系の概念図を示す。Fig. 4に示すように、ダンパー剛性 k_{di} と直列バネ剛性 k_{bi} の直列系を付加系の剛性 k_{ai} とする。 α_{ei} は、Fig. 5に示すように第1層目から第 N 層目（ N ：対象モデルの質点数）までを直線となるように仮定し、第1層目を1、第 N 層目を0.1とする。また、付加系の降伏せん断力 Q_{ayi} は Q_{dyi} と同値である。よって、付加系の剛性 k_{ai} は次式より算出される。

$$k_{ai} = Q_{ayi} / (\delta_{dyi} / \alpha_{ei}) = Q_{ayi} / \delta_{ayi} \quad (5)$$

ここで、 δ_{ayi} ：付加系の降伏変形を表す。本報では、Fig. 4に示すようなフレームに付加系を並列配置したモデルをシステムと呼ぶ。なお、付加系は粘性減衰を有さないものとする。Fig. 6に k_{ai} / k_{fi} の高さ方向分布を示す。

3. 風外力概要

構造物に作用する風外力は風洞実験結果を用いた。実験気流は「建築物荷重指針・同解説」⁴⁾の地表面粗度区分IIIの気流を目標に作成された。風速は、再現期間500年に相当するレベルとして、頂部風速 U_H をモデル1で57.9 m/s、モデル2で62.8 m/sとした。検討用風外力は、0.05 s刻み12000ステップとし、風洞実験結果から700×10組取り出した。本報では、時刻歴応答解析の過渡応答の影響

を避けるため、風外力の前後に50 sのエンベロープを設け、中間の600 sでの各応答を評価に用いる。また、10波のアンサンブル平均により応答値を評価する。Fig. 7にそれぞれのモデルの頂部層風力 F_{20} 、 F_{60} のパワースペクトル密度 $S_{F_{20}}$ 、 $S_{F_{60}}$ を示す。なお、 $S_{F_{20}}$ 、 $S_{F_{60}}$ ともに10波のアンサンブル平均値を示している。Fig. 7より、モデル1、 $D/B=1.0$ 、モデル2においては狭帯域的なスペクトル形状となっているのに対し、モデル1、 $D/B=1.6$ ではやや広帯域的なスペクトル形状となっていることが確認できる。

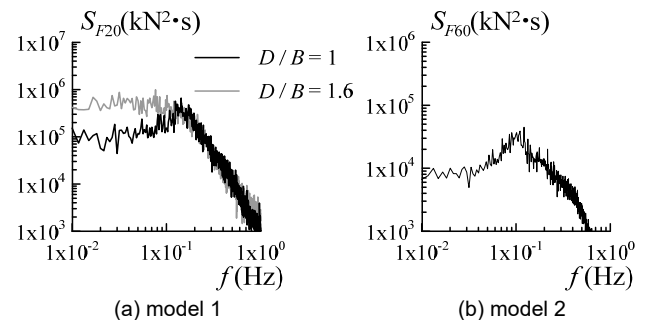


Fig. 7 Power spectrum density

4. おわりに

本報その1では、検討に用いるモデルおよび風外力の概要について述べた。本報その2では、弾塑性風応答時ににおける多質点系での E_D の特性について検討を行う。

参考文献

- 1) 佐藤大樹, 他 5 名: 履歴型ダンパーを有する超高層制振建物の風応答時における累積損傷分布予測, 日本建築学会構造系論文集, Vol.81, No. 728, pp. 1635-1645, 2016.10
- 2) 佐藤大樹, 他 2 名: 粘弾性ダンパーの振幅依存性が風応答に与える影響, 日本建築学会構造系論文集, No. 635, pp. 75-82, 2001.1
- 3) 岡日出夫, 他 5 名: 建築物のさらなる高層化に向けた曲げせん断モデル化手法の提案 その 2 既往手法の適用限界とその要因, 日本建築学会学術講演梗概集, pp. 955-956, 2019.9
- 4) 日本建築学会: 建築物荷重指針・同解説, 2015
謝辞は、その3にまとめて示す。

*1 東京工業大学

*2 東電設計（元東京工業大学）

*3 竹中工務店

*1 Tokyo Institute of Technology

*2 Tokyo Electric Power Services Co., Ltd. (Former Tokyo Tech)

*3 Takenaka Corporation