

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	履歴型ダンパーを有する超高層建物における塑性化予測の効率的な縮約質点数 その2 塑性化予測の比較
Title(English)	Reduced efficiency of degree of freedom for plasticization prediction in high-rise buildings with hysteretic dampers Part. 2 Comparison of plasticization prediction
著者(和文)	平塚紘基, 佐藤大樹, 田中英之
Authors(English)	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. 57-58
Citation(English)	Summaries of technical papers of annual meeting, , pp. 57-58
発行日 / Pub. date	2020, 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超高層建物における塑性化予測の効率的な縮約質点数

その2 塑性化予測の比較

正会員 同 佐藤 大樹\*1  
 〇平塚 紘基\*1 田中 英之\*2

超高層制振建物 履歴型ダンパー 風応答解析  
 時刻歴解析 縮約モデル

1. はじめに

前報その1では、非制振モデルおよび付加系を設置した制振モデルを対象に、固有値・応答値の比較を行い、縮約数の違いによる影響について検討を行った。その結果、30質点(30DOF)と20質点(20DOF)の精度が高いものの、10質点(10DOF)と5質点(5DOF)において精度が低下することが明らかになった。

本報その2では、60質点制振モデルの解析結果と縮約後制振モデルにおける塑性化予測の比較を行い、予測精度が高く、効率的な検討を行うことができる縮約質点数を提案する。

2. 付加系の塑性化予測手法

2.1. 制振モデル弾性時における層せん断力

制振モデル弾性時における風荷重算出条件は、地表面粗度区分III、建物地点は東京(U<sub>0</sub> = 36m/s, U<sub>500</sub> = 40m/s)であり、小地形の影響、季節係数および風向係数は考慮しない。モード、減衰定数、固有振動数は制振モデルの値とする。制振モデルの減衰定数ξ<sub>s</sub>, ξ<sub>s</sub>'は次式より得られる。(以下「'」は、縮約後の算出式を表す)

$$\xi_s = (\omega_f / \omega_s) \cdot \xi_f, \quad \xi_s' = (\omega_f' / \omega_s') \cdot \xi_f' \quad (1)(a,b)$$

ここで、ξ<sub>f</sub>, ξ<sub>f</sub>' : 非制振モデルの減衰定数, ω<sub>f</sub>, ω<sub>f</sub>' : 非制振モデルの1次固有円振動数, ω<sub>s</sub>, ω<sub>s</sub>' : 制振モデルの1次固有円振動数を表す。また、制振モデル弾性時の風方向層せん断力  $W_D Q_{si}$ ,  $W_D Q'_{si}$  および風直交方向層せん断力  $W_L Q_{si}$ ,  $W_L Q'_{si}$  は、縮約前の質点数 N, または縮約後の質点数 N'を用いて式(2), (3)で表される。

$$W_D Q_{si} = \sum_{j=1}^N W_{sDj}, \quad W_D Q'_{si} = \sum_{j=1}^{N'} W'_{sDj} \quad (2)(a,b)$$

$$W_L Q_{si} = \sum_{j=1}^N W_{sLj}, \quad W_L Q'_{si} = \sum_{j=1}^{N'} W'_{sLj} \quad (3)(a,b)$$

ここで、W<sub>sDj</sub>, W'\_{sDj} : 風方向における j 層の風荷重, W<sub>sLj</sub>, W'\_{sLj} : 風直交方向における j 層の風荷重を表す。なお、風荷重の算出には、建築物荷重・同解説に基づき、AIJ-Wind(ver.1)<sup>4)</sup>を用いた。

2.2. 制振モデル降伏層せん断力

制振モデルの降伏層せん断力  $Q_{syi}$ ,  $Q'_{syi}$  は以下の算定式を用いて算出する。

$$Q_{syi} = Q_{fi} + Q_{ayi}, \quad Q'_{syi} = Q'_{fi} + Q'_{ayi} \quad (4)(a,b)$$

ここで、Q<sub>fi</sub>, Q'\_{fi} : 付加系降伏変位 (δ<sub>ayi</sub>, δ'\_{ayi}) 時の非制振モデルの層せん断力, Q<sub>ayi</sub>, Q'\_{ayi} : 付加系降伏層せん断力を表し、それぞれ次式より求められる。

$$Q_{fi} = k_{fi} \cdot \delta_{ayi}, \quad Q'_{fi} = k'_{fi} \cdot \delta'_{ayi} \quad (5)(a,b)$$

$$Q_{ayi} = k_{ai} \cdot \delta_{ayi}, \quad Q'_{ayi} = k'_{ai} \cdot \delta'_{ayi} \quad (6)(a,b)$$

ここで、k<sub>fi</sub>, k'\_{fi} : 非制振モデルの剛性, k<sub>ai</sub>, k'\_{ai} : 付加系の剛性を表す。

2.3. 予測手法概要

Fig. 1(a)~(c)にα<sub>dy1</sub> = 0.01 ~ 0.04における  $W_D Q'_{si}$ ,  $W_L Q'_{si}$  および  $Q'_{syi}$  の高さ方向分布 (20DOF) を示す。塑性化予測は、Fig. 1より  $Q'_{syi}$  ( $Q_{syi}$ ) が  $W_D Q'_{si}$ ,  $W_L Q'_{si}$  ( $W_D Q_{si}$ ,  $W_L Q_{si}$ ) を下回ると塑性化するという予測となる。この手法を他の質点数においても適用し、60DOF ~ 5DOF までの予測結果と、60DOF の時刻歴応答解析結果を比較し、予測の精度を検討する。

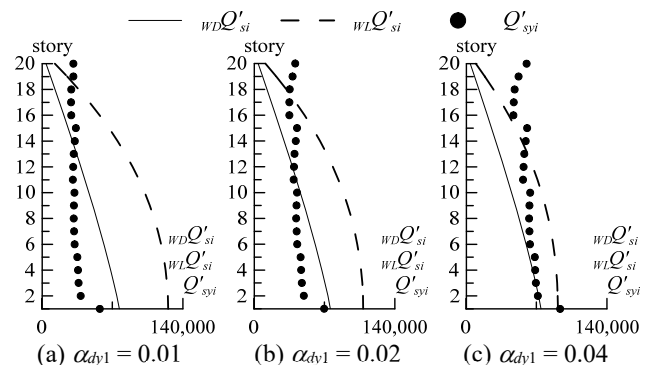


Fig. 1 Shear force (20DOF)

3. 予測結果と解析結果の比較

Fig. 2(a)(b)に風方向、風直交方向における解析結果と予測結果を比較したものを、Fig. 3にFig. 2(a)中にあるA, Bの付加系履歴曲線を示す。図中に示すピンク色の線は、解析結果における付加系が弾性状態 (Ela) か塑性状態

(Pla) を判断する線となっており、予測結果がピンク色の線上にある場合、予測結果が解析結果と一致していることを表す。なお、解析結果は、12 波中、6 波以上で付加系が塑性化している場合、塑性状態と判断した。

### 3.1. 結果の一致、不一致による差異

まず初めに、風方向と風直交方向の予測精度について比較していく。風方向では、予測において塑性化する層の範囲が解析結果において塑性化する層の範囲よりも小さく評価されているのがわかる。これは、AIJ-windにて算出した制振モデル弾性時の層せん断力が、時刻歴応答解析の結果よりも小さく評価されていることが原因として考えられる。しかし、Fig. 3(a)(b)より、予測と解析結果が一致した高さ(B)の付加系履歴曲線と、予測と解析結果が一致しない高さ(A)の付加系履歴曲線を比較すると、予測範囲以上の塑性化の程度は小さく、概ね弾性状態と判断できる。風直交方向では、予測において塑性化する層の範囲が解析結果において塑性化する層の範囲よりもわずかに大きく評価されているが概ね一致していることが確認できる。

### 3.2. ダンパー量による差異

次に、ダンパー量ごとの比較を行う。風方向において、ダンパー量が増えるごとに予測結果と解析結果の誤差が大きくなっていることがわかる。特に $\alpha_{dy1} = 0.04$ における誤差が大きくなっており、ほとんどの層が一致していないことが確認できる。風直交方向においては、 $\alpha_{dy1} = 0.01, 0.02, 0.04$  全てのパターンで概ね一致しており、風方向に比べ精度が高いことがわかる。

### 3.3. 縮約質点数による差異

最後に縮約質点数ごとに比較を行う。風方向において、 $\alpha_{dy1} = 0.01, 0.02$  の場合では縮約質点数の違いによる予測の変化は見られないものの、 $\alpha_{dy1} = 0.04$  の場合は、10DOF および 5DOF の全層で付加系が塑性化しない予測となっており、精度が低下していることが確認できる。風直交方向においては、 $\alpha_{dy1} = 0.01, 0.02, 0.04$  全てのパターンで、縮約質点数の違いによる予測の変化がないことがわかる。

## 4. まとめ

本報その 2 では、60 質点制振モデルの時刻歴応答解析結果と縮約後制振モデルにおける塑性化予測手法による結果の比較を行い、予測精度について検討を行った。その結果、本検討モデルにおいては、20DOF に縮約した上で検討することが望ましいと考えられる。

### 謝辞

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によるものです。ここに記して感謝の意を示します。

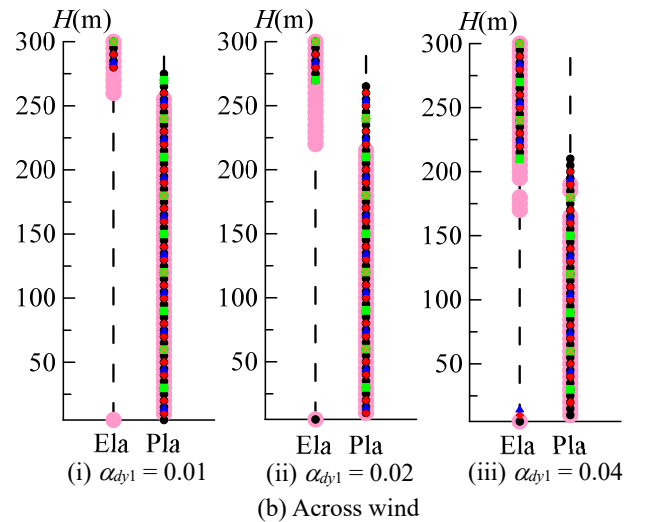
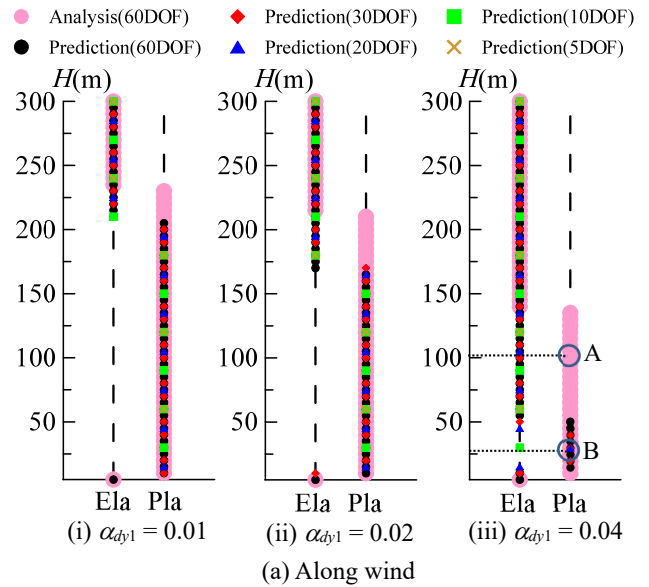


Fig. 2 Load-deformation

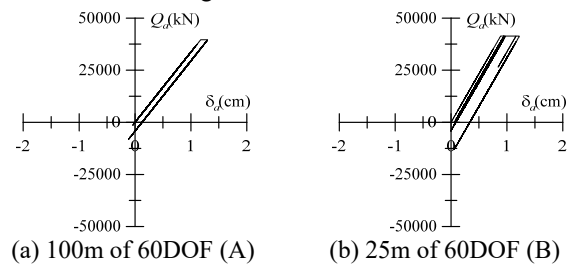


Fig. 3 Hysteresis curve

### 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) 平塚紘基, 他 2 名: 履歴型ダンパーを有する超高層制振建物の塑性化および累積損傷分布予測 その 1, その 2, 日本建築学会関東支部報告集, 2020.3
- 3) 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
- 4) 日本建築学会荷重運営委員会  
[http://news-sv.aij.or.jp/kouzou/s10/AIJ\\_Wind.html](http://news-sv.aij.or.jp/kouzou/s10/AIJ_Wind.html)(2019.6.7 参照)

\*1 東京工業大学

\*2 株式会社 竹中工務店

\*1 Tokyo Institute of Technology

\*2 Takenaka Corporation