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3 各層の損傷に寄与するエネルギーの予測
Title(English)	Damage evaluation of passively controlled multistory building with hysteretic damper on wind-induced response. Part. 3 Prediction of energy causing damages in structure of each story
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. 97-98
Citation(English)	, , , pp. 97-98
発行日 / Pub. date	2021, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

日本建築学会大会学術講演梗概集
（東海） 2021 年 9 月

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 3　各層の損傷に寄与するエネルギーの予測

正会員　○平塚　紘基*1　　同　　佐藤　大樹*2
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

本報その 2 では，弾塑性風応答時における多質点系での損傷に寄与するエネルギー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し，その精度を検証することを目的とし検討を行った。本報その 3 では，各層の損傷に寄与するエネルギー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。なお，本報その 1，その 2 と同様の記号は同義であることから，本報その 3 では説明を省略する。

2. 解析対象モデルおよび風外力概要

解析対象モデルは，本報その 1 で述べた現実的な層剛性を有するモデル 2 を用いる。また，風外力はモデル 2 を対象とした風外力を用いる。詳細については本報その 1 を参照されたい。なお，モデル 2 の第 1 層目のフレームの剛性が極端に大きいことから，第 1 層目の付加系を取り除いて検討を行う。

3. 解析対象モデルおよび風外力概要

本章では，筆者ら[1]が提案している弾塑性風応答予測手法，本報その 2 で提案した E_D / E_{inp} の予測手法，吉江ら[2]が提案している入力エネルギーの予測手法および佐藤ら[3]が提案している累積損傷分布予測を用いて，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} を予測し，その精度を検証する。E_{Di} は，Fig. 1 に示すフローチャートに沿って予測を行う。

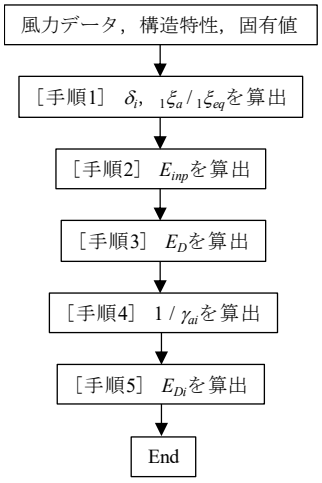

Fig. 1　Flowchart

[手順 1]　δ_i, ${}_1\xi_a / {}_1\xi_{eq}$ を算出

弾塑性風応答予測手法[1]を用いて，δ_i および ${}_1\xi_a / {}_1\xi_{eq}$ を算出する。なお，予測手法の詳細については文献 1)を参照されたい。Fig. 2 に，縦軸を予測結果の層間変形角（R^*_i），横軸を解析結果の層間変形角（R_i）としたグラフを示す。Fig. 2 より，全ての対象モデルで誤差 20%程度となっていることが確認でき，概ね層間変形角を予測できていることがわかる。Fig. 3 に予測結果（Proposed method）と解析結果（Analysis）の ${}_1\xi_a / {}_1\xi_{eq}$ を比較した図を示す。Fig. 3 より，$\alpha_{dy1} = 0.04$，${}_1\xi_f = 4\%$において誤差が大きくなっていることが確認できる。これは，$\alpha_{dy1} = 0.04$，${}_1\xi_f = 4\%$ において塑性化する層が少なく概ね弾性状態であることが影響している。一方で，$\alpha_{dy1} = 0.04$，${}_1\xi_f = 4\%$以外では，精度よく一致していることがわかる。

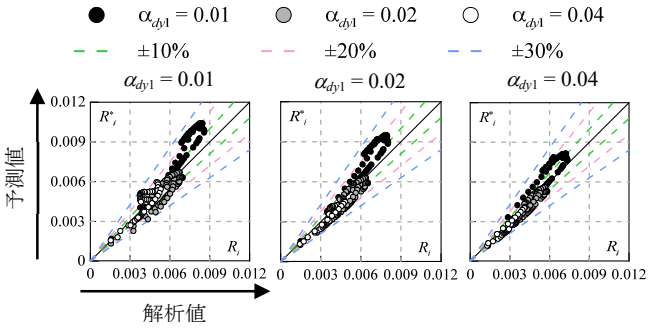

Fig. 2　Comparison of Story drift angle

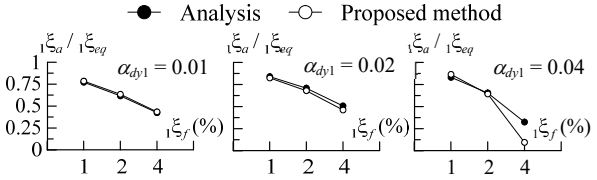

Fig. 3　Comparison of ${}_1\xi_a / {}_1\xi_{eq}$

[手順 2]　E_{inp} を算出

吉江ら[2]によって提案されている減衰弾性振動系の E_{inp} の予測式は，次式で表される。

$$E\left[\dot{E}_{inp}\right] = \int_0^\infty Re\left[{}_1\dot{H}(f)\right] \cdot {}_1S_F(f) \qquad (1)$$

ここで，$\dot{E}_{inp}$：単位時間当たりのエネルギー入力，$Re[\ ]$：複素数の実数部，${}_1\dot{H}(f)$：振動数 f における速度に関する伝達関数，${}_1S_F$：1 次モーダル風外力のパワースペクトル密度を表す。なお，手順 1 にて算出した各値を用いることにより，弾塑性風応答時のエネルギー入力を等価な線形系で予測することができる。Fig. 4 に予測結果と解析結果の E_{inp} を比較した図を示す。Fig. 4 より，$\alpha_{dy1} = 0.01$ で誤差大きくなっているものの，$\alpha_{dy1} = 0.02$，0.04 では概ね一致していることが確認できる。

Damage evaluation of passively controlled multistory building with hysteretic damper on wind-induced response.
Part. 3 Prediction of energy causing damages in structure of each story.

Koki HIRATSUKA , Daiki SATO
Hideyuki TANAKA

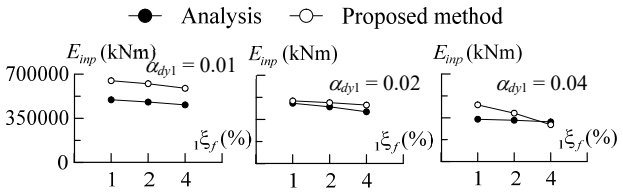

Fig. 4　Comparison of E_{inp}

[手順 3]　E_D を算出

本報その 2 で述べた予測手法を用いて E_D を算出する。E_D を算出する際に用いる各値は，手順 1，2 で予測した値を用いる。Fig. 5 に解析結果と予測結果の E_D を比較した図を示す。Fig. 5 より，α_{dy1} = 0.01，0.04 の誤差が大きくなっていることが確認できる。一方で，α_{dy1} = 0.02 は精度よく一致していることがわかる。

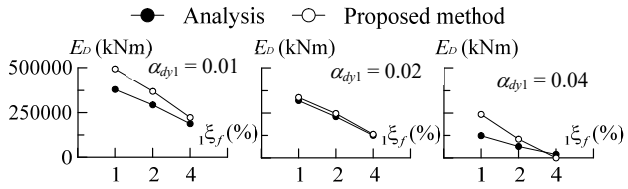

Fig. 5　Comparison of E_D

[手順 4]　1 / γ_{ai} を算出

佐藤らによって提案されている 1 / γ_{ai} の予測手法 [3]を用いて，1 / γ_{ai} を算出する。1 / γ_{ai} は次式で表される [3]。

$$\frac{1}{\gamma_{ai}} = \frac{s_{ai} \cdot {p_{ai}}^{-n_{ai}}}{\sum_{i=2}^{N} s_{ai} \cdot {p_{ai}}^{-n_{ai}}} \tag{2}$$

ここで，p_{ai}：i 層の付加系（ダンパー）強度低下率，n_{ai}：i 層の損傷集中指数を表す。なお，1 / γ_{ai} はシステム弾性時のスペクトルモーダル解析結果および手順 1 の値を用いれば時刻歴応答解析をすることなく予測可能である。Fig. 6 に予測結果（1 / γ^*_{ai}）と解析結果（1 / γ_{ai}）を比較した図を示す。Fig. 6 より，全ての対象モデルにおいて誤差が約 30%以内となっており，概ね予測できていることがわかる。

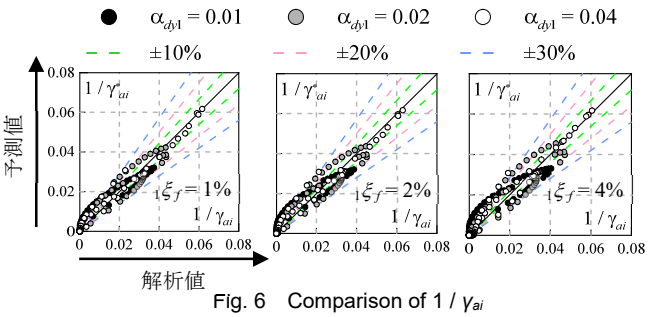

Fig. 6　Comparison of 1 / γ_{ai}

[手順 5]　E_{Di} を算出

最後に，E_{Di} を算出する。E_{Di} は次式より算出する。

$$E_{Di} = E_D / \gamma_{ai} \tag{3}$$

Fig. 7 に予測結果と解析結果の E_{Di} の高さ方向分布（$_1\xi_f$ = 1%）を，Fig. 8 に予測結果（E^*_{Di})と解析結果（E_{Di}）を比較した図を示す。Fig. 7 より，α_{dy1} = 0.02 では精度よく一致していることが確認できる。一方 α_{dy1} = 0.01，0.04 では，外形は一致しているものの誤差が大きくなっていることが確認できる。Fig. 8 より，どの $_1\xi_f$においても，α_{dy1} = 0.01 で誤差が大きく 30%以上となっている場合が多いことが確認できる。一方で，α_{dy1} = 0.02 で誤差 20%程度，α_{dy1} = 0.04 で誤差 30%程度となっていることがわかる。また，予測の誤差のほとんどが安全側の誤差であることが確認できる。誤差が大きくなる要因として，本予測手法は様々な予測手法を組み合わせており，各予測手法の精度が影響していることが考えられる。

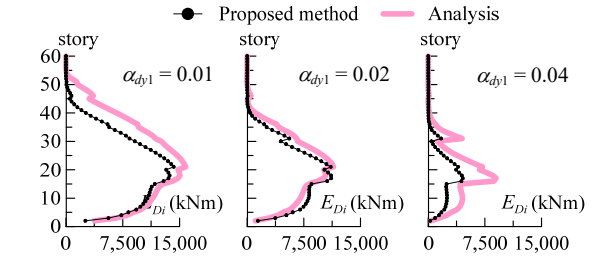

Fig. 7　Distribution of E_{Di}

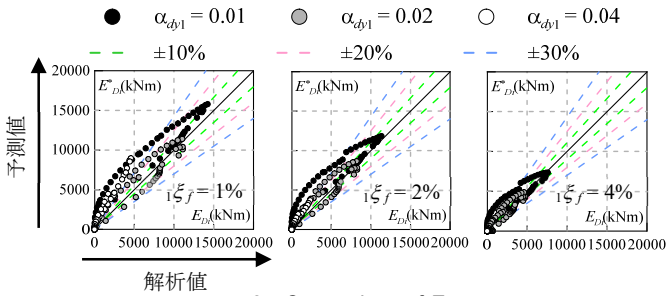

Fig. 8　Comparison of E_{Di}

4.　おわりに

本報その 3 では，各層の損傷に寄与するエネルギーの予測手法を提案し，その精度を検証することを目的に検討を行った。その結果，誤差が増大する場合があるものの，誤差が 20%～30%程度かつ概ね安全側の誤差となることが確認された。

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（JPMJOP1723）によるものです。ここに記して感謝の意を示します。

参考文献

1)　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弾塑性風応答予測，日本建築学会技術報告集，第 27 巻，第 66 号，pp. 662-667，2021.6
2)　吉江慶祐，他 2 名：エネルギーの釣合に基づく平均成分を有する広帯域性変動風力を受ける弾塑性構造物の応答予測手法，日本建築学会構造系論文集，第 608 号，pp 122-128，2006.10
3)　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

*1 東電設計（元東京工業大学）
*2 東京工業大学
*3 竹中工務店

*1 Tokyo Electric Power Services Co., Ltd. (Former Tokyo Tech)
*2 Tokyo Institute of Technology
*3 Takenaka Corporation