

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	風応答時における最適せん断力係数分布の提案
Title(English)	Propose of Optimum Shear Force Coefficient Distribution under Wind Response
著者(和文)	池上昌志, 佐藤大樹, 吉江慶祐, 佐藤利昭, 北村春幸
Authors(English)	Masashi IKEGAMI, Daiki Sato, Keisuke Yoshie, Toshiaki Sato, Haruyuki Kitamura
出典(和文)	日本風工学会誌, Vol. 40, No. 143, pp. 193-194
Citation(English)	, Vol. 40, No. 143, pp. 193-194
発行日 / Pub. date	2015, 4

風応答時における最適せん断力係数分布の提案

Propose of Optimum Shear Force Coefficient Distribution under Wind Response

○池上 昌志¹⁾ 佐藤 大樹²⁾ 吉江 慶祐³⁾ 佐藤 利昭⁴⁾ 北村 春幸⁴⁾

Masashi IKEGAMI ¹⁾, Daiki SATO ²⁾, Keisuke YOSHIE ³⁾, Toshiaki SATO ⁴⁾, and Haruyuki KITAMURA ⁴⁾

1. はじめに

地震応答を対象とした場合、ダンパーの累積塑性変形倍率 $d\eta_i$ が全層一定となる基準状態を満たす最適せん断力係数分布 $\bar{\alpha}_i$ は、秋山により提案されている¹⁾。一方、風応答を対象とした $\bar{\alpha}_i$ については文献2)において、スペクトルモーダル解析を用いて予測する手法を提案している。

本報では、風応答を対象とした最適せん断力係数分布を単一化された多項式で表すことを目的とする。提案式を用いて、ダンパーの損傷分布を予測し、弾塑性風応答解析と比較することで、提案式の妥当性を検証する。

2. 風応答時の最適せん断力係数分布の評価方法

風応答において、ダンパーとフレームの剛性比が各層で異なる場合、ダンパーの累積塑性ひずみエネルギー dW_{pi} の分布を表すダンパーの損傷分布 $1/d\gamma_i$ は、式(1)より予測することができる^{3,4)}。

$$\frac{1}{d\gamma_i} = \frac{dS_i \cdot dP_i^{-n_{wsi}}}{\sum_{j=1}^N dS_j \cdot dP_j^{-n_{wsj}}} \quad (1)$$

ここで、 $dS_i = \left(\sum_{j=i}^N \frac{m_j}{M} \right)^2 \cdot d\bar{\alpha}_{yi}^2 \cdot \frac{dk_i}{dk_1}$ (2a)

$$dP_i = \frac{d\alpha_{yi}}{d\alpha_{y1}} \cdot \frac{1}{d\bar{\alpha}_{yi}} \quad (2b)$$

$$d\bar{\alpha}_{yi} = \bar{\alpha}_{wi} \left(\frac{dk_i}{k_1} \right) / \left(\frac{dk_1}{k_1} \right) \quad (2c)$$

dP_i : i 層の強度低下率, n_{wsi} : i 層の風応答時の損傷集中指数⁴⁾, m_i : i 層の質量, $d\bar{\alpha}_{yi}$: i 層のダンパーの最適降伏せん断力係数分布, dk_i : i 層のダンパー剛性, $d\alpha_{yi}$: i 層のダンパーの降伏せん断力係数, $\bar{\alpha}_{wi}$: 風応答時の最適せん断力係数分布, k_i : i 層のシステム剛性を表す。

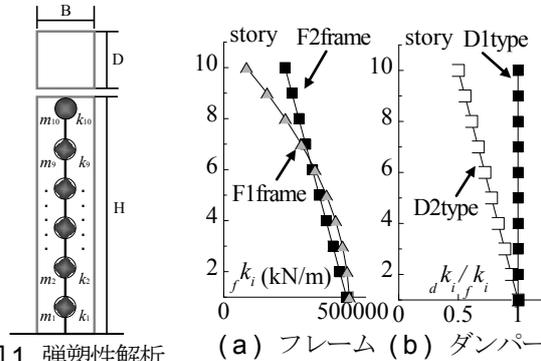


図1 弾塑性解析モデル概要

図2 剛性分布 (a) フレーム (b) ダンパー

弾塑性風応答解析を用いた $1/d\gamma_i (= dW_{pi} / \sum dW_{pi})$ と式(1)より求まる $1/d\gamma_i$ の予測値を比較することで $\bar{\alpha}_{wi}$ の検討を行う。

3. 解析対象モデルと風外力の概要

検討対象建物の解析モデルは、文献2)と同様とする。検討対象建物の解析モデルを図1に示す。解析モデルは、超高層制振建物を対象とした高さ $H = 200$ m の10質点せん断型モデルとした。フレームは、1次固有周期 $T = 5.0$ s, 総重量 548800 kN とし、重量は高さ方向に一様であると想定した。辺長比 D/B は、1.0, 2.0, 3.0 の3通りとする。構造減衰は T に対して、減衰数 $h = 0.01, 0.02, 0.05$ の剛性比例型の3通りとした。各層のフレーム剛性 $f k_i$ は、図2(a)に示す2種類を用いた。本報では弾塑性ダンパーを完全弾塑性としてモデル化し、全層で用いている。各層のダンパー剛性 dk_i は、図2(b)に示す2種類を用いた。ダンパーの降伏せん断力は、基準状態と異なる場合として、 $\bar{\alpha}_{wi}$ をもとに3種類を用いた(図3)。第1層の弾塑性ダンパー降伏せん断力係数 $d\alpha_{y1} (= \text{第1層のダンパーの降伏耐力} / \text{全重量})$ は、0.01, 0.02, 0.04 の3通りとした。

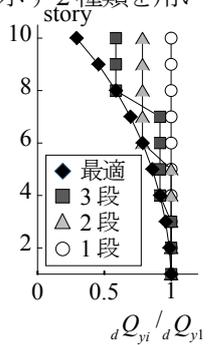


図3 ダンパーのせん断力比分布

構造物に作用する風外力は風洞実験結果⁵⁾を用いた。

1) 前田建設工業 (元東京理科大学)
MAEDA Corporation
3) (株) 日建設計
Nikken Sekkei Ltd

2) 東京工業大学
Tokyo Institute of Technology
4) 東京理科大学
Tokyo University of Science

実験気流は「建築物荷重指針・同解説」⁶⁾の地表面粗度区分Ⅲの気流を目標に作成し、層風力は10層分測定した。風速は再現期間500年に相当の頂部風速 $U_H = 63.8 \text{ m/s}$ とした。検討用風力は、平均成分を含まない変動成分のみの風方向風力と風直交方向風力とする。

4. 最適降伏せん断力係数分布の単一化

風応答時の最適せん断力係数分布 $\bar{\alpha}_{wi}$ は、地震応答を対象とした場合同様、システム弾性時における最大応答せん断力係数分布 (式(3)) により評価できることが確認されている²⁾。

$$\bar{\alpha}_{wi} = \frac{Q_{i,max}}{\sum_{j=1}^N m_j \cdot g} \bigg/ \frac{Q_{1,max}}{\sum_{j=1}^N m_j \cdot g} \quad (3)$$

ここで、 $Q_{i,max}$: システム弾性時における i 層の最大応答せん断力、 g : 重力加速度を表す。

文献2)では、 $\bar{\alpha}_{wi}$ は風力入力方向および剛性分布の差異による影響が小さくないという課題があったため、それについて検討を行う。各解析結果を用いて式(3)よりそれぞれ $\bar{\alpha}_{wi}$ を算出し、図4に結果を示す。なお、本報では30組の応答のアンサンブル平均結果により応答を評価した。解析結果は一本の曲線で代表させた単一化曲線とする。本報における全解析パラメータである計72通りの単一化曲線も合わせて示す。パラメータの差異による $\bar{\alpha}_{wi}$ のバラツキについては文献2)を参照されたい。図4より、パラメータごとの単一化曲線は、風力入力方向、フレーム剛性およびダンパー剛性の差異によらず、全解析パラメータの単一化曲線に概ね一致していることが確認できる。以上より、 $\bar{\alpha}_{wi}$ は、風力入力方向、辺長比 D/B 、減衰定数 h 、model によらず、統一的に単一化曲線で表現できるといえる。

次に、図4に示した全解析パラメータの単一化曲線の多項式近似を行い、結果を式(4)および図5に示す。なお、 x'_i は式(5)より求まる。ここで、 N : 層数、 M : 総重量を表す。 $\bar{\alpha}_{wi}$ は式(4)を用いることで、概ねシステム弾性解析結果を表現できることがわかった。

$$\bar{\alpha}_{wi} = 1 + 0.1066 x'_i + 0.6133 x'_i{}^2 \quad (4)$$

$$x'_i = 1 - \sum_{j=1}^N \frac{m_j}{M} \quad (5)$$

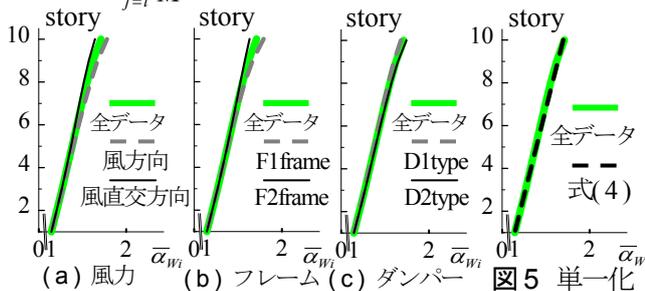


図4 $\bar{\alpha}_{wi}$ の単一化曲線

5. ダンパーの損傷分布の予測

図6に、 $1/d\gamma_i$ の予測値と弾塑性解析結果より求まる $1/d\gamma_i$ の比較を示す (式(1))。なお、図6には計648通り (= 風力入力方向 : 2種類 $\times D/B$: 3種類 $\times h$: 3種類 \times model : 4種類 $\times dQ_{yi}/dQ_{y1}$: 3種類 $\times d\alpha_{y1}$: 3種類) の弾塑性解析結果の一部を示す。図6より、パラメータの差異によらず、ダンパーの損傷分布 $1/d\gamma_i$ の予測値は弾塑性解析結果より求まる $1/d\gamma_i$ に良く一致していることが確認できる。以上より、システム弾性解析結果をもとに統計的に単一化した式(4)を用いれば、風応答時の最適せん断力係数分布 $\bar{\alpha}_{wi}$ は表現できることが証明された。

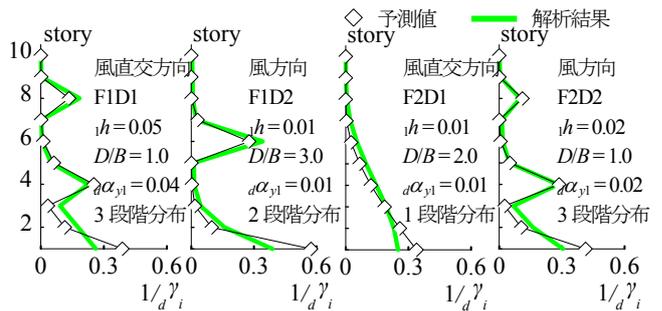


図6 最適せん断力係数分布の単一化曲線

6. まとめ

本報では、風応答を対象とした最適せん断力係数分布を単一化式で表すことを目的とした。提案式を用いて、ダンパーの損傷分布を予測し、弾塑性風応答解析と比較することで、提案式の妥当性を検証した。

システム弾性解析結果をもとに統計的に単一化した式(4)を用いれば、風応答時の最適せん断力係数分布 $\bar{\alpha}_{wi}$ は表現できることが証明された。

謝辞

本研究は、神奈川大学大熊武司教授、(株)泉創建エンジニアリング、(株)日建設計、東京工業大学佐藤研究室、東京理科大学北村研究室による新耐風設計法研究会の成果の一部です。特に、本研究を進めるにあたり、大熊武司教授、(株)泉創建エンジニアリングの丸川比佐夫博士、片桐純治博士、鶴見俊雄氏からご指導を賜りました。ここに記して、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 秋山宏 : エネルギーの釣合に基づく建築物の耐震設計, 技報堂出版, 1997
- 2) 池上昌志, 佐藤大樹, 吉江慶祐, 佐藤利昭, 北村春幸 : エネルギーの釣合に基づく多層制振建物の弾塑性風応答における損傷評価 その1 風応答時における最適せん断力係数分布の検証, 2014年度日本建築学会関東支部研究報告, 2015.3
- 3) 栗林晃司, 佐藤大樹, 北村春幸, 山口路夫, 西本晃治 : 実効変形を考慮した履歴減衰型制振部材を有する鋼構造建物のエネルギーの釣合に基づく応答予測法, 日本建築学会構造系論文集, 第661号, pp.543-552, 2011.3
- 4) 平井宏幸, 吉江慶祐, 佐藤大樹, 北村春幸 : エネルギーの釣合に基づく変動風力を受ける超高層制振建物の損傷分配評価, 2011年度日本建築学会関東支部研究報告, 2011, 2012.3
- 5) 丸川比佐夫, 大熊武司, 北村春幸, 吉江慶祐, 鶴見俊雄, 佐藤大樹 : 風洞実験に基づく高層建物の多層風力によるエネルギー入力性状 その2, 日本建築学会大会学術講演梗概集, B-2, pp.193-194, 2010.9
- 6) 日本建築学会 : 建物荷重指針・同解説, 2004