

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	弾性すべり支承を有する超高層免震建物を対象とした荷重指針に基づく組合せ荷重の評価
Title(English)	Evaluation of combined loads based on Loading Guidelines for high-rise seismically isolated buildings with elastic sliding bearings
著者(和文)	立元拓, 佐藤大樹, 稲井慎介, 桑素彦, 川又哲也, 得能将紀, 丸尾純也, 三須基規
Authors(English)	Taku Tatsumoto, Daiki Sato, Shinsuke Inai, Motohiko Kuwa, Tetsuya Kawamata, Masaki Tokunou, Junya Maruo, Motoki Misu
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造II, , pp. 725-726
Citation(English)	, 構造II, , pp. 725-726
発行日 / Pub. date	2024, 8
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

弾性すべり支承を有する超高層免震建物を対象とした荷重指針に基づく組合せ荷重の評価

正会員 ○立元拓*¹ 同 佐藤大樹*¹
 同 稲井慎介*² 同 桑素彦*²
 同 川又哲也*² 同 得能将紀*²
 同 丸尾純也*² 同 三須基規*³

風荷重の組合せ 弾性すべり支承 耐風設計

1 はじめに

近年、超高層建物にも免震構造を採用する事例が増え、耐風設計がより重要となっている。また、現行の耐風設計では応答が塑性範囲に及ぶ場合、時刻歴応答解析が必要であるが、膨大な計算処理を要するため実用的ではない。建築物荷重指針・同解説(2015)¹⁾(以下、荷重指針)では風力の同時性を考慮し、風荷重を組合せる方法が定められている。しかし、組合せ荷重による免震層の応答の評価を行った事例は少ない。免震建築物の耐風設計指針(2023)²⁾においても、天然ゴム系積層ゴム、鉛プラグ入り積層ゴム、鋼材ダンパーで構成された一種類の免震層での評価のみに留まっている。

そこで本報では、弾性すべり支承を有する高層免震建物を対象とし、荷重指針に基づく組合せ荷重の評価を行う。

2 解析モデル概要

2.1 解析モデル

解析モデルは鉄骨造、地上25階、建物高さ $H=100\text{m}$ 、建物幅 $B=24\text{m}$ 、建物奥行 $D=24\text{m}$ 、アスペクト比 $H/B=4.2$ の超高層免震建物の立体モデルとする。図1に建物モデルの全体俯瞰図、表1に建物モデルの諸元の値³⁾を示す。

免震層は天然ゴム系積層ゴム(NRB)、弾性すべり支承(ESB)、オイルダンパー(OD)で構成される。表2, 3, 4にNRB, ESB, ODそれぞれの諸元の値を示す。また、本報では4つの免震層のモデルを用いた。図2に各モデルの免震層の配置を示す。最大面圧について、NRBは6~11MPa, ESBは16~20MPaである。

ESBのすべり出しせん断力係数 α_s 、ODのリリーフせん断力係数 α_D 、免震層の固有周期 T_b はそれぞれ次式で算出される。

$$\alpha_s = Q_{ESB0} / (W_u + W_b) \tag{1}$$

$$\alpha_D = Q_{OD0} / (W_u + W_b) \tag{2}$$

$$T_b = 2\pi\sqrt{(W_u + W_b) / (K_{NRB} \cdot g)} \tag{3}$$

ここで、 Q_{ESB0} : ESBのすべり出し荷重、 Q_{OD0} : ODのリリーフ荷重、 g : 重力加速度を表す。表5に各モデルのせん断力係数 α_s 、 α_D 、免震層の固有周期 T_b の値を示す。本報のモデルは、文献4)に基づき、概ね $\alpha_s = 0.03$ 、 $\alpha_D = 0.01$ となるように免震層の設計を行った。

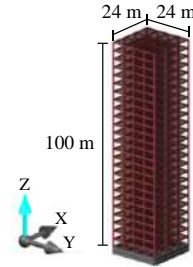


図1 建物モデル

表1 建物モデル諸元

上部構造	重量 W_u (kN)	120796
	固有周期 T_u (s)	2.21
	減衰定数 ξ_u	0.01, 0.02
免震層	重量 W_b (kN)	12715

表2 天然ゴム系積層ゴム(NRB)諸元

ゴム外径 [cm]	有効断面積 [cm ²]	ゴム総厚 [cm]	剛性 K_{NRB} [kN/cm]
120	11281	23.4	14.2

表3 弾性すべり支承(ESB)諸元

ゴム外径 [cm]	有効断面積 [cm ²]	剛性 K_{ESB} [kN/cm]	摩擦係数
90	6346	124	0.094

表4 オイルダンパー(OD)諸元

1次減衰係数 [kN・s/cm]	2次減衰係数 [kN・s/cm]	リリーフ荷重[kN]	リリーフ速度[cm/s]
12.5	0.85	400	32

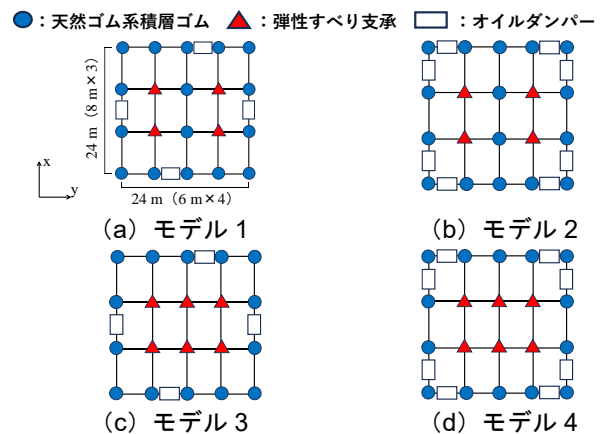


図2 免震層配置図

表5 各モデル諸元

	モデル1	モデル2	モデル3	モデル4
α_s	0.031	0.031	0.043	0.043
α_D	0.006	0.012	0.006	0.012
T_b (s)	4.87	4.87	5.20	5.20

Evaluation of combined loads based on Loading Guidelines for high-rise seismically isolated buildings with elastic sliding bearings

TATSUMOTO Taku*¹, SATO Daiki*¹, INAI Shinsuke*², KUWA Motohiko*², KAWAMATA Tetsuya*², TOKUNO Masaki*², MARUO Junya*², MISU Motoki*³

2.2 風外力概要

風力は風洞実験結果⁵⁾を用いた。実験データを上部構造の質点数及び基本風速 $U_0 = 36 \text{ m/s}$ での再現期間500年の風外力へと変換を行っている。なお、過渡応答の影響を避けるため、各波形の前後に50秒のエンベロープを設け、中間の600秒(10分間)での応答を評価に用いた。

3 各モデルの応答

図3に各モデルの応答の比較を示す。図3(a)より、頂部の最大加速度はODの数が増えるほど小さくなるのがわかる。図3(b), (c)より、免震層の最大変位および速度はESB, ODの数が増えるほど小さくなるのがわかる。図3(d)より、免震層のせん断力は風方向においてはモデル1を除き、荷重指針値を下回り、風直交方向においては、いずれのモデルにおいても荷重指針値を上回ることがわかる。図3(a)~(d)より、全体的に上部構造の減衰定数 ξ_u が小さいほどいずれの応答も大きくなるが、風直交方向の頂部の加速度以外では大きな違いがみられないことがわかる。

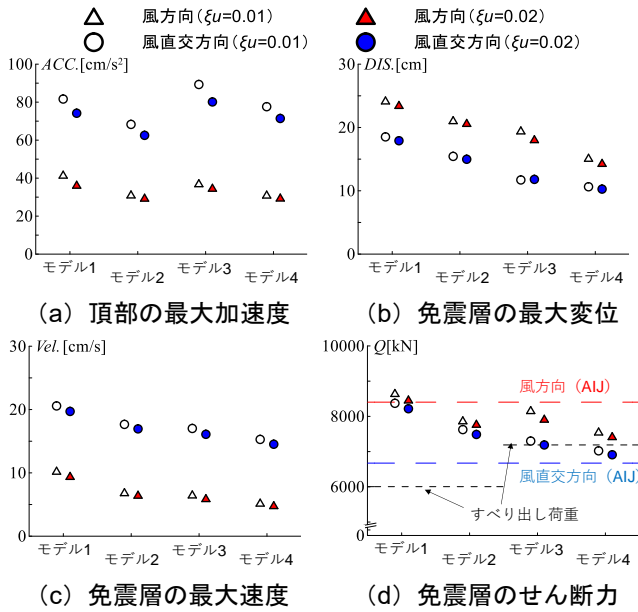


図3 各モデルの応答の比較

4 組合せ荷重による評価

荷重指針による風荷重とその組合せの算定結果を風方向荷重 W_D 、風直交方向荷重 W_L 、ガスト影響係数 G_D を用いて表6に示す。また、荷重指針に基づく組合せ荷重(AIJ)と $\xi_u = 0.02$ の場合の3方向入力の時刻歴解析(THA)による重心位置での免震層のせん断力の比較を図4に示す。図4からいずれのモデルにおいてもTHAによるせん断力は組合せ荷重で表される図形内に概ね収まっており、荷重指針に基づく組合せ荷重の妥当性が確認できる。

表6 荷重指針に基づく風荷重と組合せ

組合せなし	風方向[kN]		風直交方向[kN]
	W_D	W_D/G_D	W_L
組合せなし	8404	4025	6673
組合せ1	W_D		$0.4W_L$
	8404		2669
組合せ2	$(0.4 + 0.6/G_D)W_D$		W_L
	5777		6673

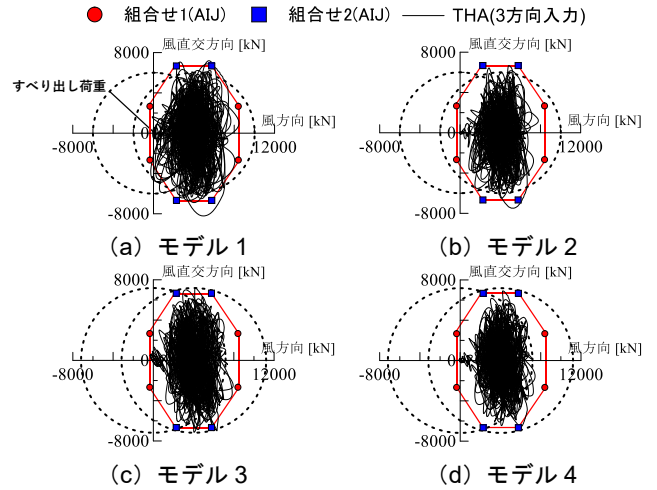


図4 組合せ荷重と免震層のせん断力の関係

5 まとめ

本報では、弾性すべり支承を有する超高層免震建物を対象とし、荷重指針に基づく組合せ荷重の評価を行った。時刻歴解析値は組合せ荷重によって表される図形内に概ね収まっており、組合せ荷重による評価の妥当性を確認した。

謝辞

本報告は、戸田建設株式会社、SWCC株式会社および東京工業大学佐藤研究室の共同研究の成果の一部をまとめたものです。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日本建築学会：建築物荷重指針・同解説(2015), 2015
- 2) 日本免震構造協会：免震建築物の耐風設計指針(2023), 2023.3
- 3) Tong ZHAO, Daiki SATO, Xiaoxin QIAN: Effect of Multi-directional Wind Force on Wind-induced responses of Base Isolation Layers of the 3D Models, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.605-606, 2023.7
- 4) 立元拓, 佐藤大樹, 牧平康也, 稲井慎介, 桑素彦, 川又哲也, 得能将紀, 丸尾純也, 三須基規: 荷重指針に基づく風応答時におけるベースシア係数の評価 その2 弾性すべり支承を有する免震建物での検討, 日本建築学会関東支部研究報告集, pp.477-480, 2024.3
- 5) 立元拓, 佐藤大樹, 牧平康也, 稲井慎介, 桑素彦, 川又哲也, 得能将紀, 丸尾純也, 三須基規: 荷重指針に基づく風応答時におけるベースシア係数の評価 その1 風洞実験気流および風力特性に関する検討, 日本建築学会関東支部研究報告集, pp.473-476, 2024.3

*1 東京工業大学

*2 戸田建設株式会社

*3 SWCC 株式会社

*1 Tokyo Institute of Technology

*2 TODA Corporation

*3 SWCC Corporation