

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	高摩擦弾性すべり支承を有する超高層免震建物のクリープ性を考慮した風応答予測 その1：時刻歴風応答解析
Title(English)	Wind-response prediction of high-rise base-isolated buildings with high-friction sliding bearing incorporating creep property Part1. Time history wind-response analysis
著者(和文)	川又哲也, 二村夏樹, 佐藤大樹, 桑素彦, 石田琢志
Authors(English)	Tetsuya Kawamura, Natsuki Futamura, Daiki Sato, Motohiko Kuwa, Takushi Ishida
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 651-652
Citation(English)	, , , pp. 651-652
発行日 / Pub. date	2021, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

## 高摩擦弾性すべり支承を有する超高層免震建物のクリープ性を考慮した風応答予測

## その1：時刻歴風応答解析

正会員	○川又哲也* <sup>1</sup>	同	二村夏樹* <sup>2</sup>
同	佐藤大樹* <sup>2</sup>	同	桑素彦* <sup>1</sup>
同	石田琢志* <sup>1</sup>		

超高層免震建物 高摩擦弾性すべり支承 時刻歴風応答解析

## 1. はじめに

近年、超高層建物にも免震構造が積極的に採用されるようになり耐風設計の重要性が増している。さらに、風方向風外力には平均成分が存在するため免震部材のクリープ変形について検討する必要がある<sup>1)</sup>。弾性すべり支承は通常クリープ性を有さないが、滑動時の剛性がないことや摩擦力が軸力変動の影響を受けること等により、風外力により滑動が生じる場合はクリープ性を有するとみなされる<sup>2)</sup>。竹中らは、クリープ性を顕著に有する鉛プラグ型積層ゴム(LRB)を対象に、実験の考察を踏まえてクリープ性を考慮した風応答評価法の提案を行っている<sup>3)</sup>。しかし、提案された評価法の超高層免震建物への適用はLRBを有するモデルにとどまっております<sup>3)</sup>、異なる復元力特性をもつすべり支承やその他流体系ダンパーを含む超高層免震建物への適用はなされていない。また、膨大な計算量を要する時刻歴応答解析<sup>4)</sup>が必要であり実用的ではない。そこで本報では、高摩擦弾性すべり支承を有する超高層免震建物を対象に、クリープ性を考慮した風応答評価法の適用および時刻歴応答解析を用いないクリープ性を考慮した風応答予測手法の提案を目的とする。本報その1では、その第一段階として、時刻歴応答解析による風応答性状の把握を行う。

## 2. 検討モデルおよび風外力概要

## 2.1 検討モデル

図1に示す上部構造縮約10質点、免震層1質点の11質点系等価せん断モデルを用いる。高さ $H = 150$  m、辺長比 $D/B = 1$  ( $D, B$ : 幅, 奥行,  $D = B = 50$  m) とする。

上部構造の1次固有周期 $T = 3.0$  s、建築密度 $\rho = 180$  kg/m<sup>3</sup>とし、質量は高さ方向に一様と想定した。上部構造の内部粘性減衰は瞬間剛性比例型とし、 $T$ に対して減衰定数 $h = 2\%$ とする。上部構造の $i$ 質点目の剛性 $k_i$ を1次固有モードが直線となるように式(1)より決定した<sup>5)</sup>。

$${}_u k_i = \frac{{}_u \omega^2 {}_u m_i {}_u \phi_i + {}_u k_i ({}_u \phi_{i+1} - {}_u \phi_i)}{{}_u \phi_i - {}_u \phi_{i-1}} \quad (i = 0 \sim 10) \quad (1)$$

ここで ${}_u \omega$ : 上部構造のみの1次固有円振動数,  ${}_u m_i, {}_u \phi_i$ : 上部構造 $i$ 質点目の質量, 1次固有モードを表し,  ${}_u k_{11} = 0$ ,

${}_u \phi_0 = 0$ とする。免震層は天然ゴム系積層ゴム支承(NRB)と高摩擦弾性すべり支承(ESB)とオイルダンパー(OD)で構成されるとする。図2にNRB, ESBの復元力特性およびODの減衰特性, 図3に免震層の復元力特性を示す。なお $\delta_0, \delta_{0y}, Q_{0y}$ : 免震層の変位, すべり出し変位および荷重,  $Q_{NRB}, Q_{ESB}, Q_0, Q_{OD}$ : NRB, ESB, 免震層の復元力, ODの減衰力,  $C_1, K_{ESB}$ : ODの1次減衰係数, ESBの1次剛性を表し, ODの2次減衰係数 $C_2 = 20.34$  kN·s/cmとする。免震層の面密度 $\rho_0 = 3644$  kg/m<sup>2</sup>, NRBの剛性 $K_{NRB} = 818$  kN/cmとし, 式(2)より免震周期 $T_0 = 6.08$  sとする。

$$T_0 = 2\pi \sqrt{(\rho_0 B D H + \rho_0 B D) / K_{NRB}} \quad (2)$$

ESBのすべり出しせん断力係数 $\alpha_s$ , ODのリリーフせん断力係数 $\alpha_D$ の合計が $0.01 \sim 0.05$ となる $\alpha_s, \alpha_D$ の組み合わせを作成した。なお, $\alpha_s, \alpha_D$ は $0.01$ 刻みで $0 \sim 0.05$ とする。以降, 例として $\alpha_s = 0.01, \alpha_D = 0.02$ のモデルをS1D2と呼ぶ。ODのリリーフ速度 $v_D = 32$  cm/sとし, リリーフ荷重 $Q_{OD0}$ は重力加速度 $g$ を用いて式(3)より決定される。

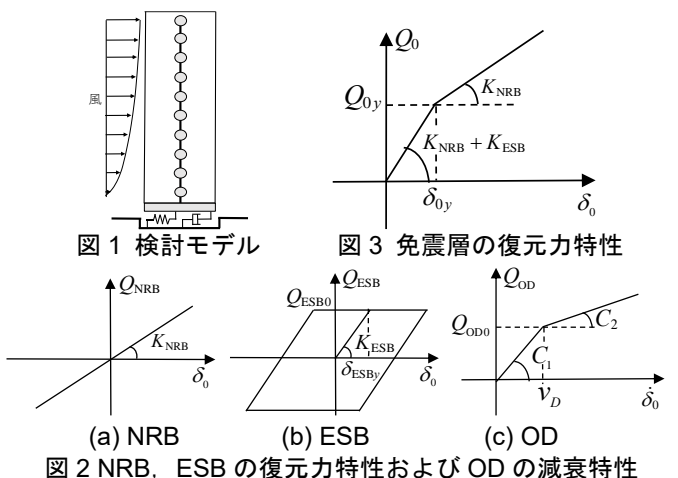
$$Q_{OD0} = \alpha_D (\rho_0 B D H + \rho_0 B D) g \quad (3)$$

ESBのすべり出し変形 $\delta_{ESBy} = 7.713$  cmとし, すべり出し荷重 $Q_{ESB0}$ は式(4)より決定される。

$$Q_{ESB0} = \alpha_s (\rho_0 B D H + \rho_0 B D) g \quad (4)$$

## 2.2 風外力概要

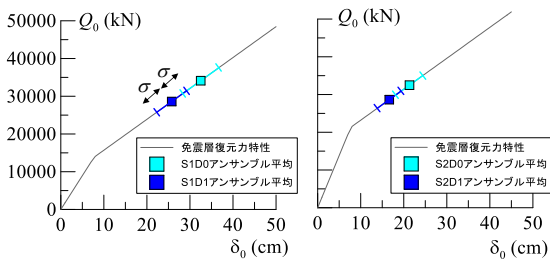
風外力は風洞実験結果<sup>6)</sup>を用いる。なお, 時刻歴応答解析の過渡応答の影響を避けるため各波形前後に50 sのエンベロープを設け, 中間の600 s(10分間)での応答を評価に用いる。また, 9波のアンサンブル平均により評価する。



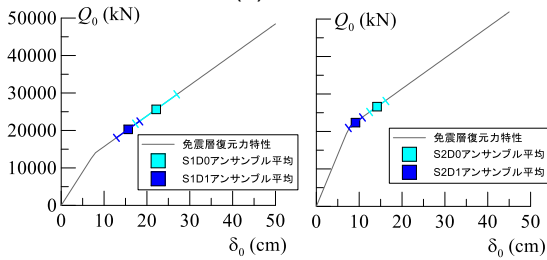
### 3. 時刻歴解析結果

#### 3.1 免震層最大変位

図4に免震層の最大変位（例としてS1D0/D1, S2D0/D1）を示す。また、図5に全モデルの免震層の最大変位 $\delta_{0,max}$ の比較を示す。なお、図中の $\sigma$ は9波の風外力に対する応答の標準偏差を示し、プロット値は9波のアンサンブル平均である。 $\sigma$ は風方向、風直交方向ともに、 $\delta_{0,max}$ の8~17%程度となった。風方向ではS1~3モデル、風直交方向ではS1モデル、S2D0/D1, S3D0において $\delta_{0,max}$ がすべり出し変位を上回る結果となった。また図5より、 $\alpha_D$ が大きくなるほど $\delta_{0,max}$ が小さくなり、その傾向は風方向よりも風直交方向で顕著である。これは、ODは変動成分にのみ有効であり、平均成分を有する風方向では $\alpha_D$ による影響が風直交方向よりも小さいためと考えられる。

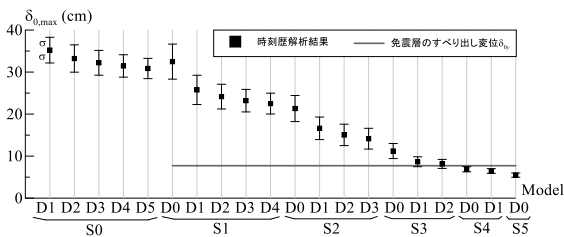


(a) 風方向

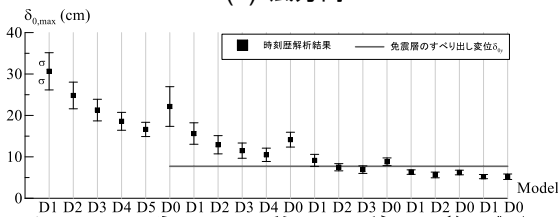


(b) 風直交方向

図4 免震層の最大変位



(a) 風方向

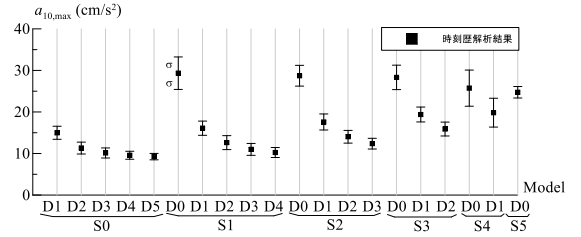


(b) 風直交方向

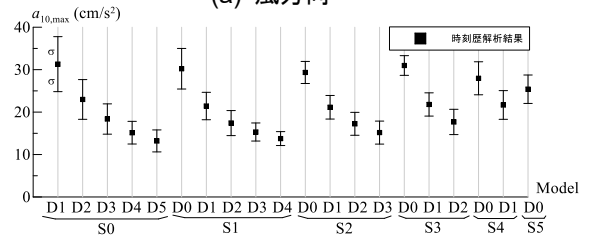
図5 モデルごとの免震層の最大変位

#### 3.2 最上層最大加速度

図6に全モデルの最上層の最大加速度 $a_{10,max}$ の比較を示す。免震層最大変位と同様に、 $\alpha_D$ が大きくなるほど最上層の最大加速度が小さくなり、その傾向は風方向よりも風直交方向で顕著であることが確認できる。また、風方向ではD0とD1~4の差が大きくなっている。



(a) 風方向

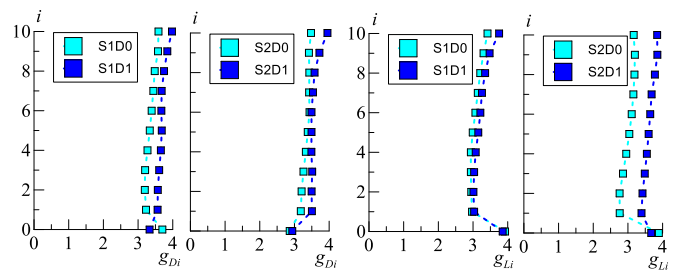


(b) 風直交方向

図6 モデルごとの最上層の最大加速度

#### 3.3 ピークファクター

図7に $i$ 質点目 ( $i=0\sim 10$ )の風方向、風直交方向ピークファクター $g_{Di}$ ,  $g_{Li}$  (例としてS1D0/D1, S2D0/D1)を示す。風直交方向のS1D0/D1, S2D0において、免震層のピークファクター $g_{L0}$ が上部構造よりもやや大きくなっているものの、概ねピークファクターは3~4程度となっており、全層のピークファクターを一定値とする荷重指針<sup>7)</sup>の想定と大きく外れていないことが確認できる。



(a) 風方向

(b) 風直交方向

図7 ピークファクターの高さ方向分布

#### 4. おわりに

本報その1では、検討モデルを示し時刻歴風応答解析結果を示した。その2では、風方向について、クリープ性を考慮した風応答評価の考え方を示すと同時に、クリープ性を考慮しない場合との対応関係の確認を行う。

謝辞、参考文献 その2にまとめて示す。

\*1 戸田建設株式会社

\*2 東京工業大学

\*1 TODA Corporation

\*2 Tokyo Institute of Technology