

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	質量分布が一様でない中低層鉄骨造免震建物のせん断力係数分布に関する検証
Title(English)	Verification on Story Shear Coefficient Distribution of Baselsolated Low-and Middle-rise Steel Structure Building with Inhomogeneous Mass Distribution
著者(和文)	付慧鑫, 渡辺泰成, 佐藤利昭, 北村春幸, 佐藤大樹, 宮川和明, 植木卓也, 村上行夫, 戸張涼太, 久保田航平
Authors(English)	Huixin Fu, Yasunari WATANABE, Toshiaki Sato, Haruyuki Kitamura, Daiki Sato, Kazuaki Miyagawa, Takuya Ueki, Yukio MURAKAMI, Ryota TOBARI, Kohei Kubota
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-2, , pp. 491-492
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 491-492
発行日 / Pub. date	2016, 8
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

質量分布が一樣でない中低層鉄骨造免震建物のせん断力係数分布に関する検証

せん断力係数分布 鉄骨造建物  
天然ゴム系積層ゴム支承 履歴ダンパー

正会員 ○付慧鑫\*1 同 渡辺泰成\*2 同 佐藤利昭\*3  
正会員 北村春幸\*1 同 佐藤大樹\*4 同 宮川和明\*5  
正会員 植木卓也\*6 同 村上行夫\*6 同 戸張涼太\*5  
正会員 久保田航平\*5

1. はじめに

近年、インターネット通販市場の拡大により、都市近郊での物流拠点が増加している。2011年に発生した東北地方太平洋沖地震の影響で、企業は物流倉庫の災害対策に関心を強めており、免震構造を採用する事例が増えている。鉄骨造の物流倉庫の場合、屋根に鋼板を用いることが多いことに加え、積載荷重がかからないため、他の階と比べて屋上階の質量が小さい。従って、質量分布が一樣の解析結果から導かれた、現在の免震建物の設計用せん断力係数分布が、質量分布の一樣ではない建物に適用できるかを調べる必要がある。

本報では中低層鉄骨造建物を対象として、上部構造の質量分布がほぼ一樣なモデル1と屋上階の質量が小さいモデル2を用い、質量分布が一樣でない建物に対する従来の手法の適用性について検証することを目的とする。

2. 既往のせん断力係数算出方法

2000年に規定された免震建築物に関する技術的基準<sup>1)</sup>(告示2009号)では、各層のせん断力係数 $C_{ri}$ を、

$$C_{ri} = \gamma \cdot \frac{Q_{iso}}{M \cdot g} \cdot \frac{A_i(Q_h + Q_v) + Q_e}{Q_h + Q_v + Q_e} \quad (1)$$

で示している。ここで、 $\gamma$ : 免震部材の力学特性のばらつき等の影響を考慮する係数、 $M$ : 上部構造の総質量、 $g$ : 重力加速度、 $A_i$ : 建築基準法の基準せん断力係数分布( $A_i$ 分布)、 $Q_e$ ,  $Q_h$ ,  $Q_v$ : 支承材、履歴系ダンパー、流体系ダンパーが免震層の基準変位時に負担するせん断力である。以降、告示法と呼ぶ。

森川ら<sup>2)</sup>は、告示法において免震層が非線形挙動を示す場合に、応答が小さく評価される可能性があると考え、最上層のせん断力係数を2種類の方法で評価している。1つは、告示法によって算出した免震層のせん断力係数に応答増幅率 $a$ を乗じる方法(以降、増幅率法と呼ぶ)である。もう1つは、告示法によって算出した最上層のせん断力係数に割増率 $b$ を乗じる方法(以降、割増率法と呼ぶ)である。

免震構造設計指針<sup>3)</sup>では、各層のせん断力係数 $\alpha_i$ を、

$$\alpha_i = \alpha_f + a_i \cdot \bar{\alpha}_i \cdot \alpha_s \quad (2)$$

で表している。ここで、 $\alpha_f$ : 弾性支承材のせん断力係数、 $\alpha_s$ : ダンパーの負担せん断力係数、 $\bar{\alpha}_i$ :  $A_i$ 分布、 $a_i$ : 係数である。以降、免震指針法と呼ぶ。

小林ら<sup>4)</sup>は、基礎固定時の上部構造の1次固有周期 $T_0$ が長くなるほど、 $\alpha_s$ の増加によるせん断力係数の高さ方向への増幅が大きくなる傾向を考慮するために、ダンパーによる応答

増幅 $\beta_i$ と $A_i$ 分布を用いて、各層のせん断力係数 $\alpha_i$ を

$$\alpha_i = \alpha_f + \beta_i \cdot A_i \cdot \alpha_s \quad (3)$$

で評価する方法を提案している。本報では、ばらつき補正係数 $v_{2\sigma}$ を考慮する場合で検証する。以降、補正法と呼ぶ。各方法のせん断力係数の構成を図1に示す。

3. 解析モデルと入力地震動の概要

検討は物流倉庫と想定した、平面が67.2m×41.6mの地上4階建ての建物を対象とする。階高は1~3階が7.5m、4階が6.6mである。基準階伏図と検討対象とする長辺方向の軸組図を図2、質量分布と剛性分布を図3に示す。モデル1は上部構造の質量がほぼ一樣である。それに対して、モデル2は実際の鉄骨造物流倉庫と想定したモデルであり、屋上階の質量がおおよそ4階の1/10である。モデル1,2の基礎固定時の上部構造の1次固有周期 $T_0$ はそれぞれ2.17s, 1.72sである。また、時刻歴応答解析時は、 $T_0$ に対して、減衰定数 $h = 2\%$ となる初期剛性比例型の減衰を上部構造のみに与える。

免震層は天然ゴム系積層ゴムアイソレータと履歴ダンパーで構成する。図4に、免震層の配置図を示す。アイソレータ

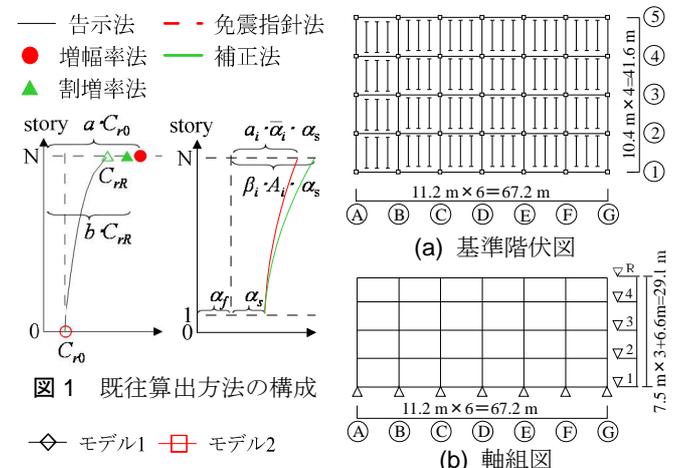


図1 既往算出方法の構成

図2 伏図と軸組図

◇ モデル1 □ モデル2  
 $M_1 = 5186 \text{ ton}$   
 $K_1 = 380000 \text{ kN/mm}$

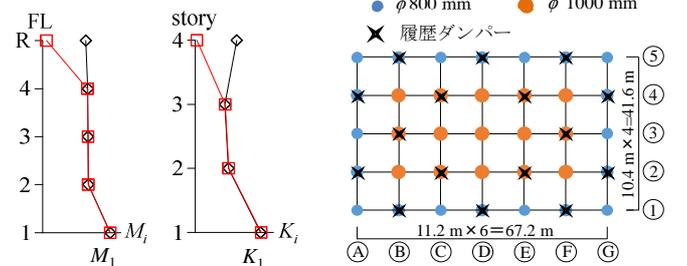


図3 質量分布と剛性分布

図4 免震層の配置図

Verification on Story Shear Coefficient Distribution of Base-Isolated Low-and Middle-rise Steel Structure Building with Inhomogeneous Mass Distribution

FU Huixin, WATANABE Yasunari, SATO Toshiaki  
KITAMURA Haruyuki, SATO Daiki, MIYAGAWA Kazuaki  
UEKI Takuya, MURAKAMI Yukio, TOBARI Ryota  
KUBOTA Kohei

は  $\phi 800$  mm,  $\phi 1000$  mm をそれぞれ, 20 基, 15 基, ダンパーは 16 基配置する。上部構造を剛体とした場合のアイソレータのみの周期  $T_f$  は 3 ~ 6 s, ダンパーの降伏せん断力係数  $\alpha_s$  は 0.01 ~ 0.05 の範囲で変動させる。アイソレータは弾性, ダンパーは完全弾塑性型の復元力特性とした。

入力地震動は, 1968 年十勝沖地震の HACHINOHE EW 成分と 1991 年兵庫県南部地震の JMA KOBE NS 成分を位相特性に用い, コーナー周期以降で擬似速度応答スペクトル  $\rho S_v$  ( $h = 5\%$ ) が 80 cm/s で一定となる告示波の入力レベルを 0.5 倍, 1.0 倍した地震動とする。それぞれ, ART HACHI 40, ART HACHI 80, ART KOBE 40, ART KOBE 80 と呼ぶ。

#### 4. 算出結果と時刻歴応答解析結果の比較

図 5 に  $T_f = 4$  s,  $\alpha_s = 0.02$  とし, ART HACHI 40 を入力した場合の, 各方法で算出した各層あるいは 4 層のみのせん断力係数をモデル毎に示す。同図より, 質量がほぼ一樣なモデル 1 の場合, 増幅率法, 免震指針法および補正法の算出結果は応答結果と同程度となるが, 告示法の各層の算出結果は応答結果を上回り, 安全側となることが分かる。一方, 屋上階の質量が小さいモデル 2 の場合, 応答結果において, 4 層のせん断力係数が増大する傾向を告示法, 増幅率法, 免震指針法および補正法は評価できず, 危険側となることが確認できる。

図 6 ~ 図 8 に, 各方法で算出した各層あるいは 4 層のみのせん断力係数と 4 種の地震動を入力した応答解析によるせん断力係数の比較を示す。図 6 より, 告示法ではばらつきが大きく, モデル 2 の 4 層のせん断力係数を危険側に評価していることが確認できる。これは高次モードの影響を考慮せず,

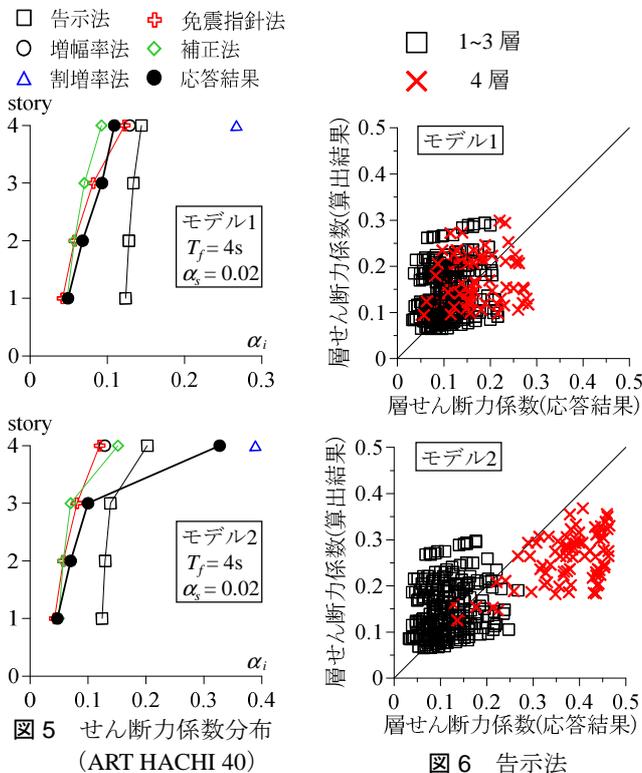


図 5 せん断力係数分布 (ART HACHI 40)

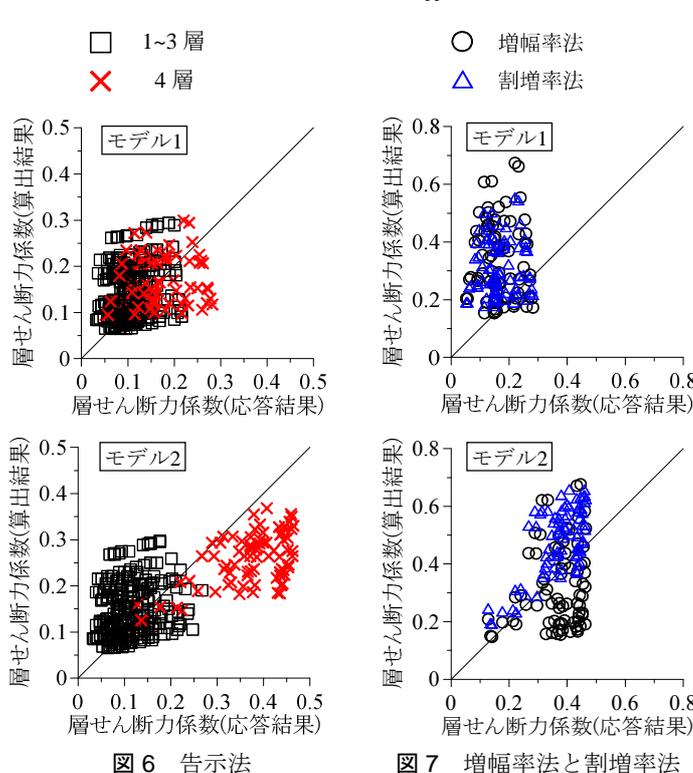


図 6 告示法

せん断力係数を低く評価したためだと考えられる。図 7 より, 増幅率法と割増率法はモデル 1 では概ね安全側の評価をしていることが分かる。モデル 2 の場合, 増幅率法は危険側な評価となることが多いが, 割増率法はばらつきがある安全側の評価をしていることが確認できる。これは増幅率法では高次モードによる最上層の応答の増幅を低めに評価したためだと考えられる。図 8 より, 免震指針法と補正法はモデル 1, 2 の 1 ~ 3 層では良い対応が見られる。モデル 2 の 4 層では補正法は免震指針法より応答結果との対応が良いが, 免震指針法と同様に危険側となることが分かる。これは上部構造の質量分布による高さ方向の応答増幅を考慮していないためだと考えられる。

#### 5. まとめ

本報では, 現在の免震建物の設計用せん断力係数分布の算出方法が質量分布の一樣ではない建物に対する適用性について検証した。告示法と増幅率法はばらつきが大きく, 危険側な評価となることが多い。免震指針法と補正法は, 質量がほぼ一樣なモデル 1 において応答結果と良い対応が見られる。一方で, 上部構造の質量分布による高さ方向の応答増幅を考慮していないため, 屋上階の質量が小さいモデル 2 の 4 層においては危険側な評価となった。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省住宅局建設指導課など: 免震層建築物の技術基準解説及び計算例とその解説, 2001.5
- 2) 森川和彦, 田村和夫, 猿田正明, 西村拓也, 飯場正紀: 免震建築物の層せん断力係数の評価に関する研究 (その 2) 層せん断力係数評価法の提案, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸), pp.233-234, 2010.9
- 3) 日本建築学会: 免震構造設計指針, pp.99-110, 1993
- 4) 小林正人, 谷崎豪, 松田紳吾: 免震部材の多様化に対応した免震建物の設計用地震荷重分布, 日本建築学会構造系論文集, 第 77 巻, 第 676 号, pp.859-868, 2012.6

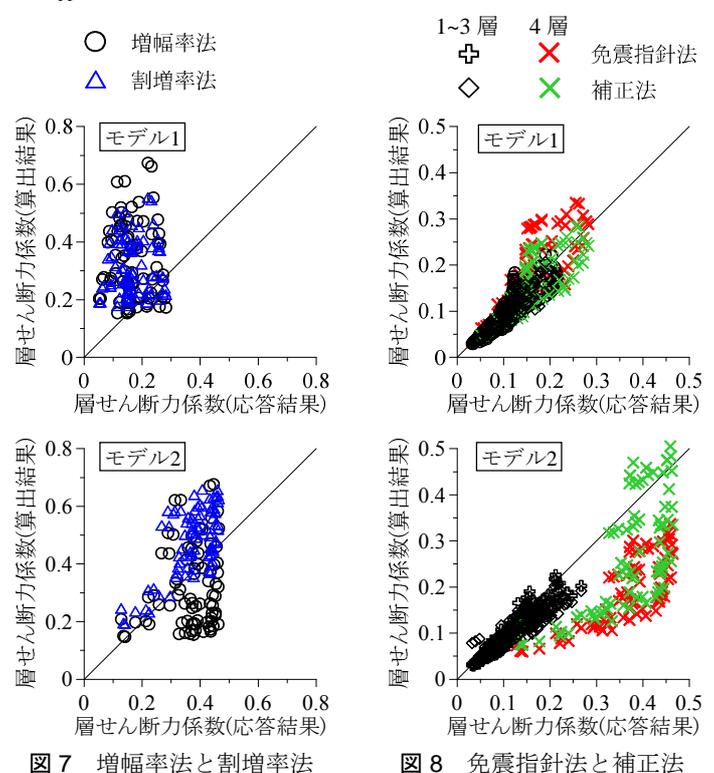


図 7 増幅率法と割増率法

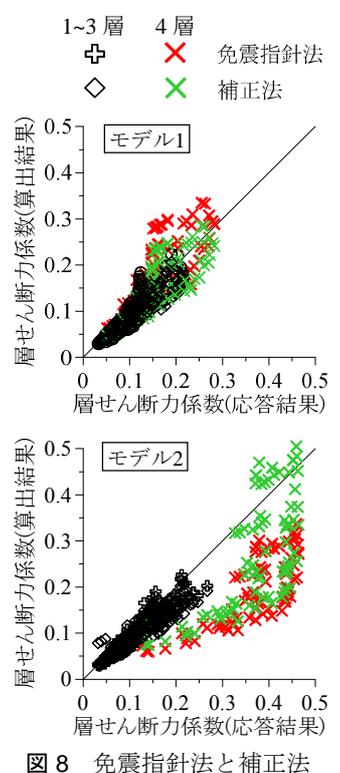


図 8 免震指針法と補正法

\*1 東京理科大学 \*2 戸田建設 (元東京理科大学)  
 \*3 九州大学大学院 \*4 東京工業大学  
 \*5 JFE シビル \*6 JFE スチール

\*1 Tokyo Univ. of Science \*2 Toda Corp.  
 \*3 Kyushu Univ. \*4 Tokyo Institute of Technology  
 \*5 JFE Civil Engineering & Construction Corp. \*6 JFE Steel Corp.