

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	ブレースを有する中低層免震建物の骨組特性値を用いた設計手法 その1 実効変形比を用いたブレースの剛性と配置の設計
Title(English)	Design method for low to mid-rise base-isolated buildings with braces considering frame parameters Part 1 : Design of brace stiffness and placement considering effective brace deformation ratio
著者(和文)	新井雄大, 佐藤大樹, Alex Shegay, 戸張涼太, 安永隼平, 植木卓也, 金城陽介
Authors(English)	Yudai Arai, Daiki Sato, Alex Shegay, Ryota Tobar, Jumpei Yasunaga, Takuya Ueki, Yosuke Kaneshiro
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 783-784
Citation(English)	, , , pp. 783-784
発行日 / Pub. date	2022, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

ブレースを有する中低層免震建物の骨組特性値を用いた設計手法

その1 実効変形比を用いたブレースの剛性と配置の設計

正会員 ○新井 雄大\*1 正会員 佐藤 大樹\*1  
 同 Alex Shegay\*1 同 戸張 涼太\*2  
 同 安永 隼平\*3 同 植木 卓也\*3  
 同 金城 陽介\*3

免震物流倉庫 鋼構造建物 ブレース配置  
 状態 NR 解析 骨組特性値 実効変形比

1. はじめに

近年、大型物流倉庫に免震構造を採用する事例が増えている。しかしながら、大型物流倉庫では上部構造の剛性が低くなるため、十分な免震効果が得られないことが懸念される。付ら<sup>1)</sup>、Chenら<sup>2)</sup>により、上部構造の柔性を考慮した免震建物のエネルギーの釣合に基づく設計手法が提案され、設計クライテリアを満足するための上部構造の剛性の予測が可能になった。本報では、上部構造のブレース配置に着目し、石井ら<sup>3)</sup>が提案した、骨組特性値を用いて実効変形を考慮したせん断モデル化手法を用いた設計手法を提案する。その1では、既往の設計手法<sup>1),2)</sup>による目標層剛性を実現するときの上部構造のブレース剛性と配置を、実効変形比を用いて設計した例を示す。その2では、免震部材の引抜きに着目し、実効変形比を用いた免震部材の最小面圧の予測手法を提案する。

2. 中低層建物における骨組特性値の関係

以下に骨組特性値の算出法<sup>3)</sup>を示す。免震層の水平変形を拘束して状態NR解析を行うことで擬似フレーム剛性 $K_{fs}$ 、状態Nの実効変形比 $\alpha_N$ 、擬似ブレース剛性 $K_{bs}$ 、擬似ダンパー剛性 $K_{ds}$ が得られる。状態Nより $i$ 層の層せん断力 $Q_{N,i}$ と層間変形 $\delta_{N,i}$ 、 $i$ 層 $j$ 番目の付加系における相対変形の水平成分 $\delta_{dN,(i,j)}$ を用いて $K_{fs,i}$ と $\alpha_{N,(i,j)}$ が得られる(式(1),(2))。

$$K_{fs,i} = Q_{N,i} / \delta_{N,i}, \alpha_{N,(i,j)} = \delta_{dN,(i,j)} / \delta_{N,i} \quad (1),(2)$$

状態Rの $i$ 層 $j$ 番目の付加系軸力の水平成分 $F_{dR,(i,j)}$ と $i$ 層の層間変形 $\delta_{R,i}$ を用いて剛性 $K_{dR,(i,j)}$ 、 $i$ 層のダンパー本数 $N_{d,i}$ を用いて擬似ブレース剛性 $K_{bs,i}$ が得られる(式(3),(4))。

$$K_{dR,(i,j)} = F_{dR,(i,j)} / \delta_{R,i}, K_{bs,i} = \sum_{j=1}^{N_{d,i}} \alpha_{N,(i,j)} \times K_{dR,(i,j)} \quad (3),(4)$$

ダンパー剛性の水平成分 $K_{d,(i,j)}$ を用いて擬似ダンパー剛性 $K_{ds,i}$ が算出でき、 $K_{bs,i}$ と $K_{ds,i}$ が直列バネであることより付加系剛性 $K_{as,i}$ が得られる(式(5),(6))。

$$K_{ds,i} = \sum_{j=1}^{N_{d,i}} (\alpha_{N,i})^2 \times K_{d,(i,j)}, K_{as,i} = \frac{K_{ds,i} \cdot K_{bs,i}}{K_{ds,i} + K_{bs,i}} \quad (5),(6)$$

擬似ダンパーが弾性時における $i$ 層の実効変形比の予測値 $\alpha_{es,i}$ は、 $i$ 層の擬似ブレース変形 $\delta_{ds,i}$ 、 $i$ 層の擬似ブレース変形 $\delta_{bs,i}$ を用いて式(7)のように算出できる。

$$\alpha_{es,i} = \frac{\alpha_{N,i} \cdot \delta_{ds,i}}{\delta_{ds,i} + \delta_{bs,i}} = \frac{\alpha_{N,i}}{1 + \delta_{bs,i} / \delta_{ds,i}} = \frac{\alpha_{N,i}}{1 + K_{ds,i} / K_{bs,i}} \quad (7)$$

物流倉庫のような低アスペクト比の中低層建物では $\alpha_N$ が全層にわたり1.0程度になる<sup>4)</sup>。したがって、中低層建物の場合は $K_{bs}$ 、 $K_{ds}$ 、 $K_{as}$ および $K_d$ の関係(式(5),(6))に $\alpha_{es}$ (式(7))を加えてFig.1のように一つの図で表すことができる。すなわち、ダンパー配置ごとに $K_{bs}$ を算出すれば、 $\alpha_{es}$ を確認しながら $K_{as}$ の目標値を満たす $K_d$ を決定することができる。この手法は、ダンパー配置の比較や剛性調節の際に有用である。なお、同図は $K_{ds}$ 、 $K_{bs}$ 、 $K_d$ および $K_{as}$ を $K_{fs}$ で基準化して示している。Fig.1より $K_{bs}$ が小さい配置のときは $K_d$ を増大しても $K_{as}$ が頭打ちになり、実現できない $K_{as}$ があることがわかる。

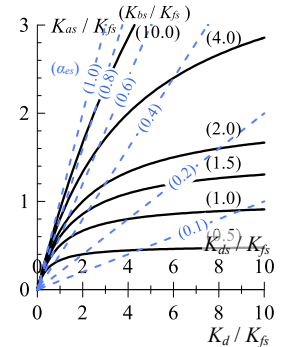


Fig.1 骨組特性値を用いた性能曲線 ( $\alpha_N = 1.0$ )

3. 解析モデル概要

検討対象建物は、物流倉庫を想定した4階建て鉄骨免震建物である。Fig.2に基準階伏図、Table 1に建物諸元を示す。ブレースは状態NR解析の定義に倣い、弾性状態のダンパーとみなすこととする。解析は構造計算プログラムRESP-Dを用い、X方向のみ検討する。上部構造は弾性とし、構造減衰は上部構造のみの1次固有周期 $T_u$ に対して $h = 1\%$ の剛性比例型とし、免震層は無減衰とする。

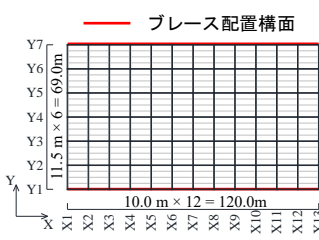


Fig.2 基準階伏図

Column	4F	H-300×300×10×15
	1-3F	□-500×500×16×16 ~ □-500×500×22×22
Girder	RF	H-369×199×7×11 ~ H-400×200×9×16
	2-4F	H-700×300×12×19 ~ H-900×350×16×32
		Weight
Aspect ratio	0.24	
$T_u$	2.01 s	

免震層は線形形状を示す天然ゴム系積層ゴム支承 NRB 91 基と降伏変位3.0 cmの完全弾塑性鋼材ダンパー 22基から構成され、免震層全体の1次剛性は5575 kN/cm、2次剛性は1045 kN/cm、ダンパー量は0.029とする。

4. 骨組特性値を用いた設計例および地震応答の確認

本章では Fig.1 を用いて、異なるブレース配置で地震応答が等しくなるように設計した例を示す。検討対象とす

Design method for low to mid-rise base-isolated buildings with braces considering frame parameters  
 Part 1 : Design of brace stiffness and placement considering effective brace deformation ratio

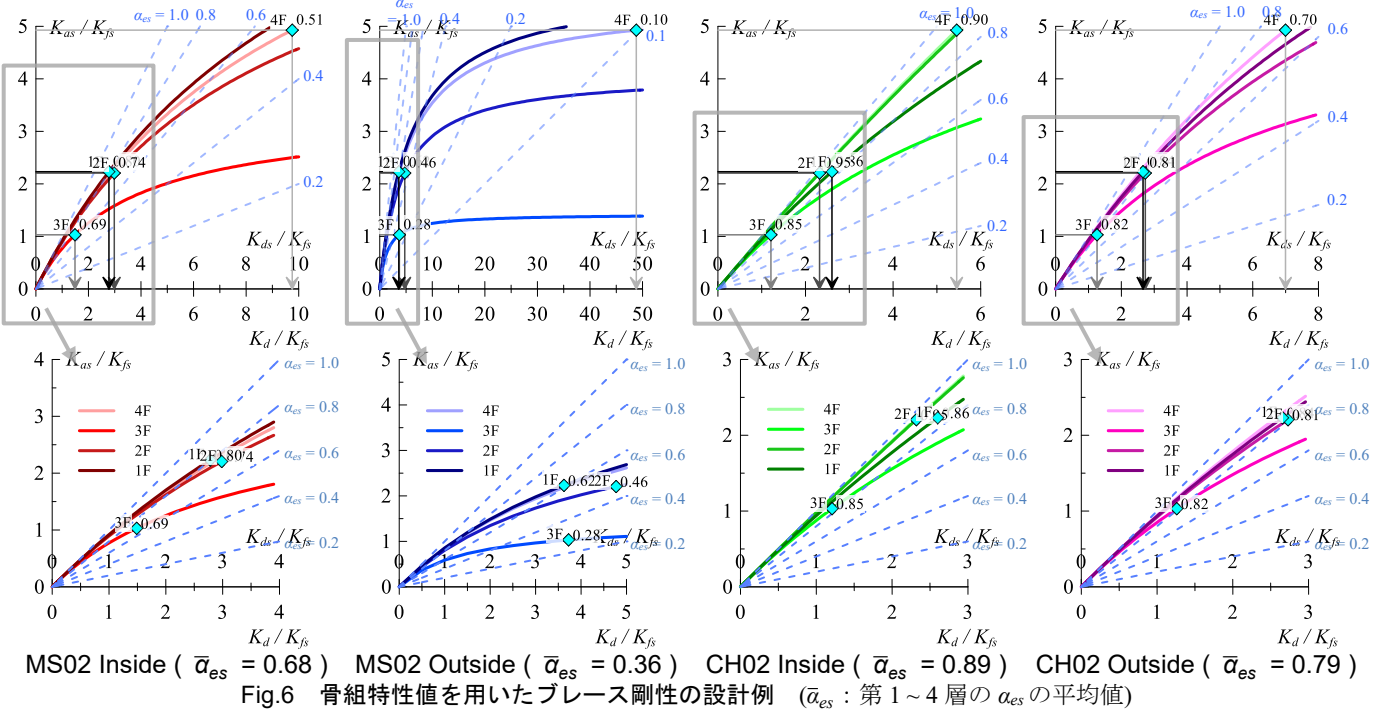
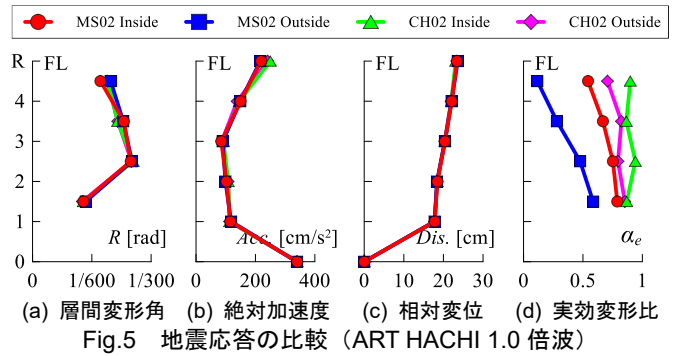
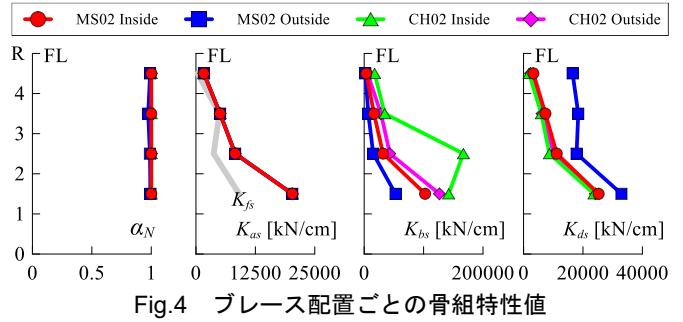
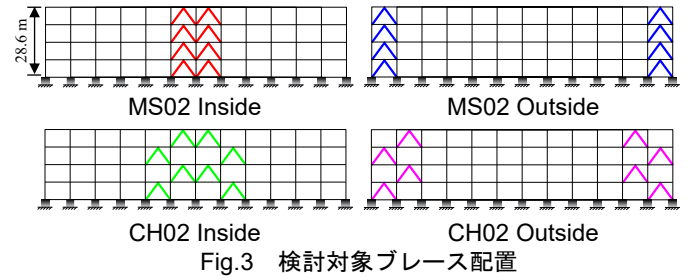
ARAI Yudai, SATO Daiki,  
 Alex SHEGAY, TOBARI Ryota,  
 YASUNAGA Jumpei, UEKI Takuya,  
 KANESHIRO Yosuke

るブレース配置を Fig.3 に示し、それらのモデルの骨組特性値を Fig.4 に示す。Fig.4 より本モデルでは  $\alpha_N$  がブレース配置によらず概ね 1.0 となることからわかる。応答を等しくするために  $K_{as}$  が全モデルで一致するように、Fig.1 の性能曲線を用いて各ブレース配置で  $K_d$  を調節した (Fig.6)。Fig.6 より、CH02 Inside ではいずれの層でも  $\alpha_{es}$  が比較的大きな範囲で  $K_d$  を選択できるのに対し、特に MS02 Outside では、全層にわたり  $K_{bs}$  が最も小さい (Fig.4) ことが影響して  $\alpha_{es}$  が減少した範囲で  $K_d$  を選択することになる。第 1 ~ 4 層の  $\alpha_{es}$  の平均値を  $\bar{\alpha}_{es}$  とし、Fig.6 モデル名横の ( ) 内に示す。 $\bar{\alpha}_{es}$  を用いると、CH02 Inside > CH02 Outside > MS02 Inside > MS02 Outside の順にブレース配置の性能を評価することができる。Fig.5(a) ~ (d) に ART HACHI (入力地震動の概要は本報その 2 に示す) の 1.0 倍波を入力したときの地震応答を示す。実効変形比はブレース配置ごとに異なるものの、地震応答は概ね等しくなることが確認できた。このように Fig.1 の性能曲線を用いることで、ブレース配置の性能が異なっても、各層の  $\alpha_{es}$  を比較しながら地震応答が等しくなるように設計することが可能である。

### 5. まとめ

中低層建物を対象とした、骨組特性値を用いた性能曲線を提案した。ブレース配置ごとに実効変形比を比較しながら目標層剛性を実現するブレースの剛性が決定でき、地震応答が概ね等しくなることを確認した。本報その 2 では免震部材の引抜きに着目した検討を行う。

謝辞および参考文献はその 2 にまとめて示す。



\*1 東京工業大学  
\*2 JFE シビル株式会社  
\*3 JFE スチール株式会社

\*1 Tokyo Institute of Technology  
\*2 JFE Civil Engineering & Construction Corporation  
\*3 JFE Steel Corporation