

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 Tobari, 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, II, , pp. 783-784
Citation(English)	, II, , 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

免震物流倉庫 鋼構造物 骨組特性値
状態 NR 解析 骨組特性値 実効変形比

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

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¹、Chen ら²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³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^{1),2)}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³⁾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 α_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))。

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

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))。

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

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))。

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

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 α_N が全層にわたり 1.0 程度になる⁴⁾。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 α_{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、 α_{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。

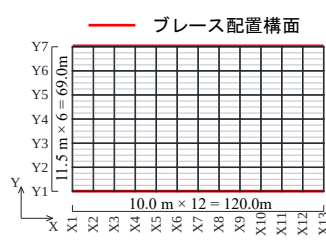


Fig.2 基準階図

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	469,099 kN	
Aspect ratio	0.24	
T_u	2.01 s	

免震層は線形性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

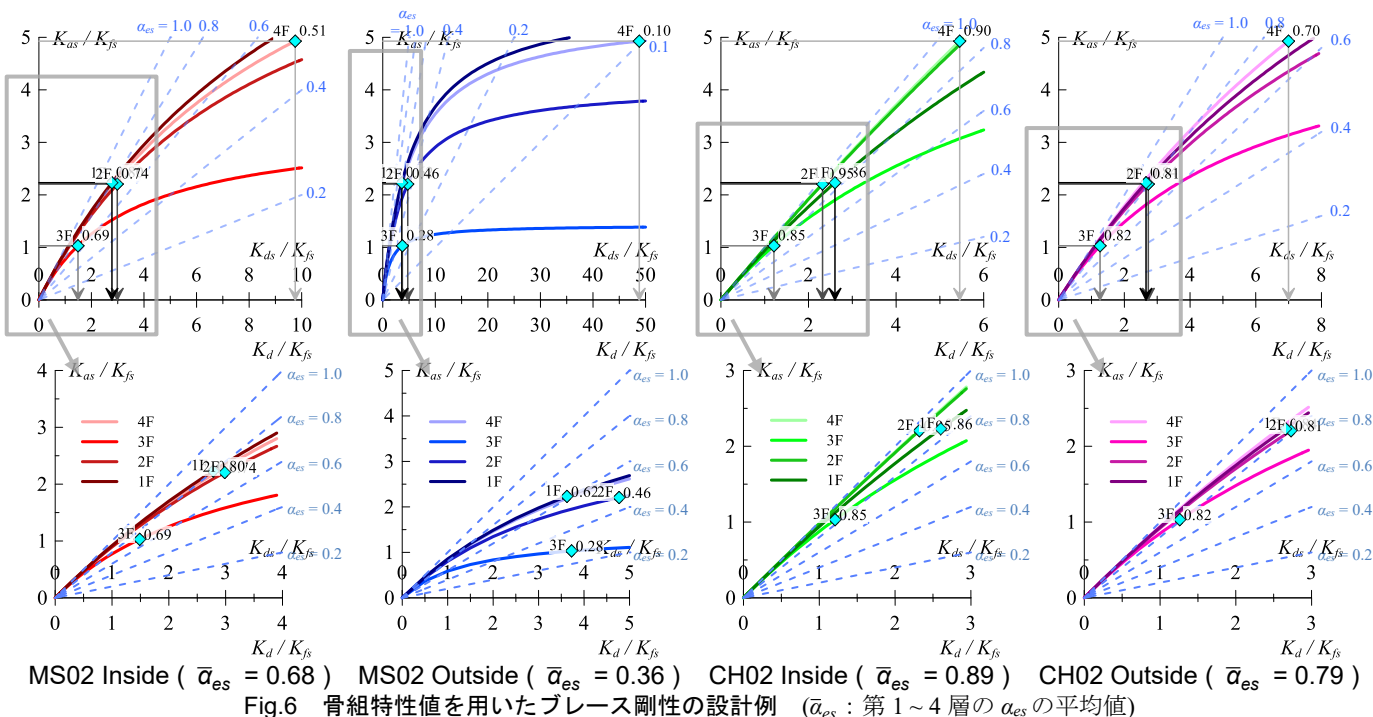
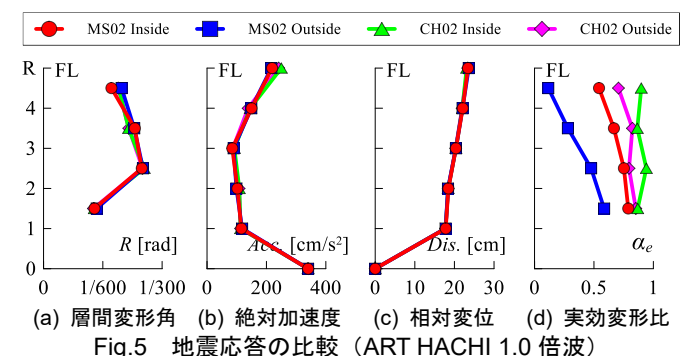
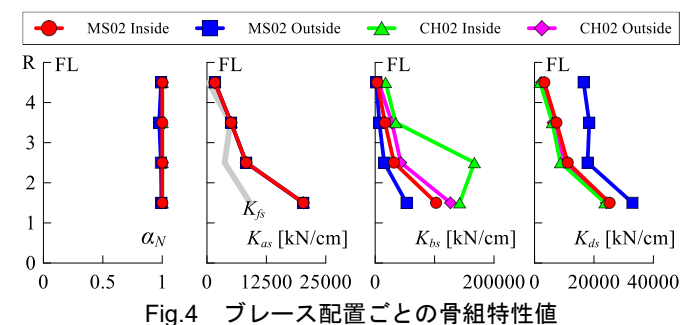
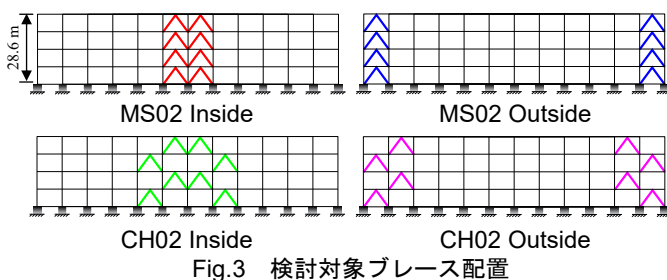
ARAI Yūdai, SATO Daiki,
Alex SHEGAY, TOBARI Ryota,
YASUNAGA Jumpei, UEKI Takuya,
KANESHIRO Yosuke

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 α_N がブレース配置によらず概ね 1.0 となることがわかる。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 α_{es} が比較的大きい範囲で 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 α_{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 α_{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 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 α_{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