

折返しブレース付き鉄骨造建物の構造特性に関する研究
(その3 ブレースV型配置時と片掛け配置時の比較検討)

Study on Structural Characteristics of Steel Frame Building with Folded Brace

Part3 Comparative Examination of V-type Brace and Diagonal Brace

○山本圭太¹, 高村皓輝¹, 波田雅也², 村井克綺², 竹内健一², 北嶋圭二³, 中西三和³, 安達洋⁴

*Keita Yamamoto², Koki Takamura², Masaya Hada¹, Katsuki Murai¹, Kenichi Takeuchi¹, Keiji Kitajima³, Mitsukazu Nakanishi³, Hiromi Adachi⁴

Abstract: This paper described the difference effect caused by the V-type folded brace and the effect of the diagonal folded brace.

1. はじめに

折返しブレースは前報(その2)の試設計のように、V型配置するケースと、上下階の柱梁節点間を直接接合する片掛け配置とするケースがある。V型配置と片掛け配置ではブレース負担せん断力が同じであっても、ブレース角度が異なるため、ブレース断面積等の軸方向の性能値に違いが生じ、ブレース水平剛性やブレース鋼材量にも差異が生じてくる。また、これらの差異は建物の階高やスパンによって変化する。

そこで本報(その3)では、折返しブレースのV型配置時と片掛け配置時の違いについて検討し、両配置方法の特性を定量的に把握する。

2. 軸方向特性値の水平方向への変換

ブレース軸方向の特性値(以下、軸性能)を水平方向の特性値(以下、水平性能)に変換し、V型配置と片掛け配置時を比較する。V型配置と片掛け配置時の各特性値を表す記号を Fig.1 に示す。架構の階高 H とスパン L が与えられれば、ブレースの長さ L_b が決まり、ブレース軸性能(軸耐力 N , 軸降伏変位 δ_y , 軸剛性 K)は、幾何学的に座標変換することで水平性能の値に変換することができる。

V型と片掛け配置時の軸性能と水平性能および性能の比率(片掛け/V型)を整理して Table1 に示す。ブレース軸降伏変位(${}_h\delta_y$ または ${}_v\delta_y$) は、ブレースの長さ(${}_hL_b$ または ${}_vL_b$)と比例定数 α (実長/見付長さ×降伏ひずみ)の積で表わすことができ、本研究では、V型配置と片掛け配置時の

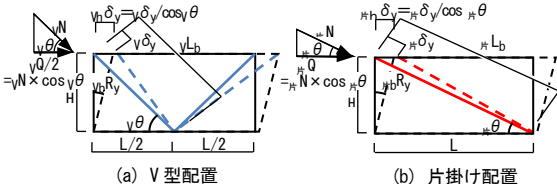


Fig. 1 Placement method and representation of the symbol

比例定数 α は同じ値であると仮定する。したがって、軸降伏変位の比率(${}_h\delta_y/{}_v\delta_y$)は、ブレース長さの比(${}_hL_b/{}_vL_b$)となり、取り付け角度の比は長さ比(${}_hL_b/{}_vL_b$)の逆数の2倍なので、ブレース降伏時の水平変位の比(${}_h\delta_y/{}_v\delta_y$)は、ブレース長さの比(${}_hL_b/{}_vL_b$)の2乗の1/2となる。

3. ブレース負担せん断力が同じ場合の比較

前報(その1)の検討で明らかのように、折返しブレースの降伏層間変形角 ${}_bR_y$ が $1/200\text{rad}$ であれば、ブレースの配置方法と無関係に、ブレース負担せん断力が決定される(V型配置と片掛け配置で同じ値となる)。本章では、ブレース負担せん断力が同じ場合のV型配置・片掛け配置時のブレース水平剛性とブレース鋼材量について比較する。

ブレース水平剛性比は、Table1の水平剛性比の式に、負担せん断力比と軸耐力比の関係式((1)式)を代入し(2)式で算定する。ブレース鋼材量比は、(1)式に表1のブレース長さ比を乗じることで(3)式で算定する。(2)、(3)式から明らかのように、水平剛性比とブレース鋼材量比は、スパン階高比(L/H)によって変化する。

$$\text{軸耐力比: } \frac{{}_hN}{{}_vN} = \frac{{}_hQ}{{}_vQ} \cdot \frac{{}_hL_b}{{}_vL_b} \quad (1)$$

$$\text{水平剛性比: } \frac{{}_hK}{{}_vK} = \frac{{}_hN}{{}_vN} \cdot 2 \cdot \left(\frac{{}_vL_b}{{}_hL_b} \right)^3 = \frac{1}{2} \cdot \frac{{}_hQ}{{}_vQ} \cdot \frac{4 + (L/H)^2}{1 + (L/H)^2} \quad (2)$$

$$\text{ブレース鋼材量比: } \frac{{}_hW}{{}_vW} = \frac{{}_hN}{{}_vN} \cdot \frac{{}_hL_b}{{}_vL_b} = 2 \cdot \frac{{}_hQ}{{}_vQ} \cdot \frac{1 + (L/H)^2}{4 + (L/H)^2} \quad (3)$$

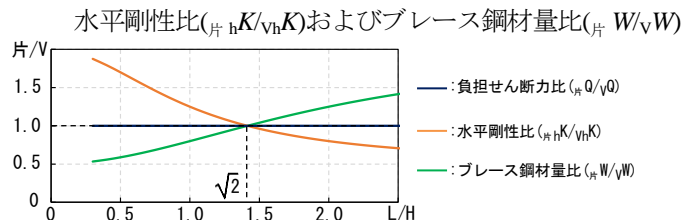


Fig. 2 Relationship between horizontal rigidity ratios, braces steel volume ratio and L/H

Table1 Brace horizontal performance compares V-type brace and diagonal brace

配置方法	ブレース長さ L_b	取り付け角度 $\cos\theta$	軸性能			負担せん断力 Q	水平性能	
			軸耐力 N	軸降伏変位 δ_y	軸剛性 K		降伏時の水平変位 ${}_i\delta_y$	水平剛性 ${}_iK$
片掛け	${}_hL_b = \sqrt{H^2 + L^2}$	$\cos{}_h\theta = \frac{H}{{}_hL_b}$	${}_hN$	${}_h\delta_y = \alpha \cdot {}_hL_b$	${}_hK = \frac{{}_hN}{{}_h\delta_y}$	${}_hQ = {}_hN \cdot \cos{}_h\theta$	${}_h\delta_y = \frac{{}_h\delta_y}{\cos{}_h\theta}$	${}_hK = {}_hK \cdot \cos^2{}_h\theta$
V型	${}_vL_b = \sqrt{H^2 + (L/2)^2}$	$\cos{}_v\theta = \frac{L/2}{{}_vL_b}$	${}_vN$	${}_v\delta_y = \alpha \cdot {}_vL_b$	${}_vK = \frac{{}_vN}{{}_v\delta_y}$	${}_vQ = {}_vN \cdot (2 \cdot \cos{}_v\theta)$	${}_v\delta_y = \frac{{}_v\delta_y}{\cos{}_v\theta}$	${}_vK = {}_vK \cdot (2 \cdot \cos^2{}_v\theta)$
(片掛け) (V型)	$\frac{{}_hL_b}{{}_vL_b} = \frac{\sqrt{1 + (L/H)^2}}{\sqrt{4 + (L/H)^2}}$	$\frac{\cos{}_h\theta}{\cos{}_v\theta} = 2 \cdot \frac{{}_vL_b}{{}_hL_b}$	$\frac{{}_hN}{{}_vN}$	$\frac{{}_h\delta_y}{{}_v\delta_y} = \frac{{}_hL_b}{{}_vL_b}$	$\frac{{}_hK}{{}_vK} = \frac{{}_hN}{{}_vN} \cdot \frac{{}_vL_b}{{}_hL_b}$	$\frac{{}_hQ}{{}_vQ} = \frac{{}_hN}{{}_vN} \cdot \frac{{}_vL_b}{{}_hL_b}$	$\frac{{}_h\delta_y}{{}_v\delta_y} = \frac{1}{2} \left(\frac{{}_hL_b}{{}_vL_b} \right)^2$	$\frac{{}_hK}{{}_vK} = \frac{{}_hN}{{}_vN} \cdot \left\{ 2 \cdot \left(\frac{{}_vL_b}{{}_hL_b} \right)^3 \right\}$

1 : 日大理工・院 (前)・海建 2 : 青木あすなろ建設株式会社 3 : 日大理工・教員・海建 4 : 日大・名誉教授

と、スパン階高比(L/H)の関係を Fig.2 に示す. Fig.2 より、水平剛性比とブレース鋼材量比は、 $L/H=\sqrt{2}$ で 1.0 となり、水平剛性比は $L/H\geq\sqrt{2}$ で 1.0 以下、鋼材量比は $L/H\geq\sqrt{2}$ で 1.0 以上となる. すなわち、水平剛性を小さく抑えたいのか、ブレース鋼材量を少なくしたいのかによって、 L/H に対応させて、ブレース配置方法を選択する必要があることがわかる.

4. ブレース降伏層間変形角が $1/200\text{rad}$ 以下の場合の検討

折返しブレースの降伏層間変形角 ${}_bR_y$ は、1 次設計の変形制限である $R=1/200\text{rad}$ であることを前提として検討を進めてきた. しかし実施設計等の検討を積み重ねていくと、接合部周りの剛域領域を考慮し、規格断面寸法で折返しブレースを製作する場合など、降伏層間変形角が $1/200\text{rad}$ 以下となるケースも生じている. そこで本章では、ブレース降伏層間変形角 ${}_bR_y$ が $1/200\text{rad}$ 以下の場合の V 型配置と片掛け配置について検討する.

4.1 ブレース降伏層間変形角と L/H の関係

表 1 中のブレース降伏時の水平変位 ${}_h\delta_y$ の式より、V 型・片掛け配置ともにブレース角度が 45° の時に ${}_h\delta_y$ は最小(極値)となる. そこで本章では、V 型・片掛け配置ともにブレース角度が 45° の時の ${}_bR_y(={}_h\delta_y/H)$ を $1/250\text{rad}$ と設定して検討する. V 型・片掛け配置時の降伏層間変形角 ${}_bR_y$ とスパン階高比 (L/H) の関係を Fig.3 に示す. Fig.3 より、片掛け配置時には $L/H=1.0$ で ${}_bR_y$ が $1/250\text{rad}$ となり $L/H=0.5$ と 2.0 の時に ${}_bR_y$ が $1/200\text{rad}$ になること、V 型配置時には $L/H=2.0$ で ${}_bR_y$ が $1/250\text{rad}$ となり $L/H=1.0$ と 4.0 の時に ${}_bR_y$ が $1/200\text{rad}$ になること、また $L/H=\sqrt{2}$ の時、V 型配置と片掛け配置の ${}_bR_y$ が同一となることがわかる. なお、 ${}_bR_y$ が $1/200\text{rad}$ 以上になる領域では ${}_bR_y=1/200\text{rad}$ としている.

4.2 必要ブレース耐力と L/H の関係

前報(その 1) の検討で示したように、ブレース耐力はブレース降伏層間変形角 ${}_bR_y$ 時の基準フレーム負担せん断力 ${}_fC_1$ と

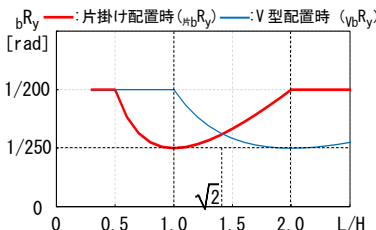


Fig. 3 Relationship between ${}_bR_y$ and L/H

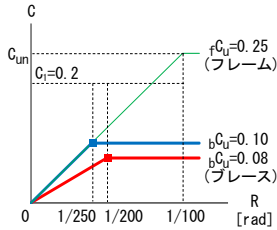


Fig. 4 ${}_bC_u$ in different case of ${}_bR_y$

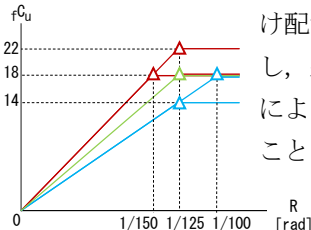


Fig. 5 Setting of standard frame (${}_fC_u$, ${}_fR_y$)

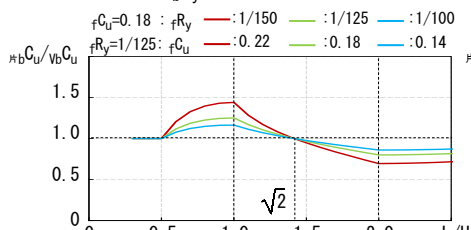


Fig. 6 Blace capacity ratio - L/H

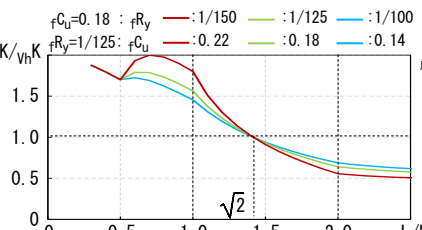


Fig. 7 Horizontal rigidity ratio - L/H

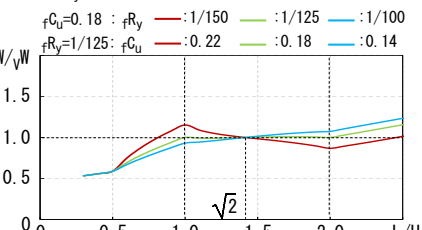


Fig. 8 Blacés steel volume ratio - L/H

${}_fC_1=0.2$ の差より算定される. したがって、 ${}_bR_y$ が $1/200\text{rad}$ 以下で L/H により変化するならば、ブレース耐力も L/H により変化する事となる. 基準フレーム耐力 ${}_fC_u=0.25$ 、 ${}_fR_y=1/100\text{rad}$ のケースについて Fig.4 に例示する.

$L/H=1.0$ であれば赤線のブレースが V 型配置時で青線が片掛け配置時となる. また同図が $L/H=2.0$ であれば赤線のブレースが片掛け配置時で青線が V 型配置時となる. ${}_fC_u=0.18$ で ${}_fR_y$ が $1/150$, $1/125$, $1/100\text{rad}$ の時の V 型配置と片掛け配置時のブレース耐力比 (${}_h{}_bC_u/{}_v{}_bC_u$) と L/H の関係を Fig.6 に示す. また、フレーム剛性が 3 段階で変化する ${}_fR_y$ と ${}_fC_u$ をそれぞれ設定して算定しているため、 ${}_fC_u=0.18$ で ${}_fR_y$ を変化させた結果と、 ${}_fR_y=1/125\text{rad}$ で ${}_fC_u$ を変化させた結果は同一である. (Fig.5). Fig.6 より、 $L/H\leq\sqrt{2}$ では ${}_bR_y$ が小さな片掛け配置の方がブレース耐力は大きくなり (${}_h{}_bC_u/{}_v{}_bC_u\geq 1.0$)、 $L/H\geq\sqrt{2}$ では ${}_bR_y$ が大きな片掛け配置の方がブレース耐力は小さくなる (${}_h{}_bC_u/{}_v{}_bC_u\leq 1.0$). なお、 $1.0\leq L/H\leq 2.0$ の耐力比の傾きは、 ${}_fR_y$ が大きい(同一変形時の ${}_fC_u$ が小さい)ほど大きくなっていることがわかる.

4.3 ブレース水平剛性比および鋼材量比と L/H の関係

Fig.7 は、Fig.6 の耐力比の値を用いて水平剛性比(2)式と L/H の関係を示したものであり、Fig.8 はブレース鋼材量比(3)式と L/H の関係を示したものである. Fig.7, 8 の結果をブレース耐力比が 1.0 とした Fig.2 と対応させて見てみると、Fig.7 の水平剛性比はブレース耐力比より、その比率が大きくなっていること、Fig.8 のブレース鋼材量比は $1.0\leq L/H\leq 2.0$ の区間で、フレームの固さに応じて右下がりとなる場合と右上がりとなる場合があることがわかる. また、 ${}_fC_u=0.18$ 、 ${}_fR_y=1/125$ の時、ブレース鋼材量比がほぼ 1.0 となっていることがわかる.

5. まとめ

以上の検討より、折返しブレースの V 型配置時と片掛け配置時の違いを定量的に示し、基準フレーム耐力と L/H により、その違いが変化することを明らかにした.