

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4 折返しブレース構造建物の設計フローと試設計

Study on Structural Characteristics of Steel Frame Building with Folded Brace

Part4 Trial Design and Design flow of Folded Brace Structure Building

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

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

Abstract: On this paper, we propose a design flow of a folded brace structure building and trial design to confirm its practicality.

1. はじめに

本報では、1次設計レベル(層間変形角 1/200rad 以下)で降伏しない折返しブレースの構造特性を生かして、鋼構造建物を経済的に構造設計するための設計フローを示し、その実現性について試設計を行い確認する。また、試設計した折返しブレース構造建物と純ラーメン構造建物の比較から、折返しブレース構造の合理性について示す。

2. 設計概要

2.1 設計条件 建物概要を Table 1 に、建物形状を Fig.1 に示す。本報では、既報(その2)と同じ、5層 5×2 スパンの鋼構造建物を対象とし、純ラーメン構造建物と折返しブレース構造建物を試設計した。1次設計の設計条件は、 $C_D=0.2$ の地震荷重に対して許容応力度設計を満足し、かつ層間変形角 R_1 は 1/200rad 以下とする。折返しブレースの配置箇所は X・Y 方向ともに 2 構面ずつの少量配置とし、とくに X 方向はコア部分に偏心する計画とした。柱は冷間成形角形鋼管(BCR295)、梁は細幅・外法一定の H 形鋼(両端 SM490, 中央 SS400)とし、全て種別 FA の部材で統一した。折返しブレースには普通鋼材(SS400)を使用し、既往の研究¹⁾で明らかとなっている座屈拘束効果により引張耐力と同等の圧縮耐力を発揮することから、ブレース種別 BA とした。

2.2 設計方法 最小限の耐力で折返しブレース構造建物を設計する設計フローを Fig.2 に示す。Fig.2 に示す設計フローに基づいて、5層 5×2 スパンの鋼構造建物の試設計を行った。折返しブレース構造建物の設計フローの内容は以下の通りである。まず、1次設計時で長期許容応力度のみを満足し、 $C_D=0.2$ に対する短期許容応力度と変形制限($R_1 \leq 1/200rad$)を満足しない架構(柱梁フレーム)を設定する(保有水平耐力も不足)。次に、フレームの1次設計時に不足する耐力・剛性を算定し、ブレースの耐力・剛性を決定する。続いてブレースを配置し、1次設計、2次設計が満足するかを確認する。ここで、ブレース配置に伴う偏心率のペナルティ(必要保有水平耐力の割増し)によって2次設計が満足しない場合は、ブレースの配置

計画の中で断面を調節するか、フレームの柱梁断面で補填することで、偏心率をペナルティのかからない 0.15 以下に抑え、2次設計を満足させる。比較用の純ラーメン構造建物は、設計条件と建物形状は折返しブレース構造建物と同じとし、長期荷重のみ満足するフレームに対して柱梁断面サイズを最小限に増すことで、1次設計、2次設計を満足させる。なお、本建物の設計用1次固有周期(略算)は約 0.6sec、単位面積当たりの重量は約 9.7kN/m² である。

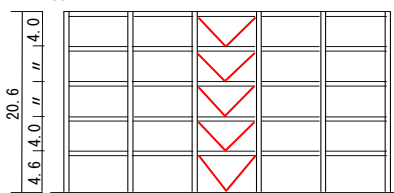
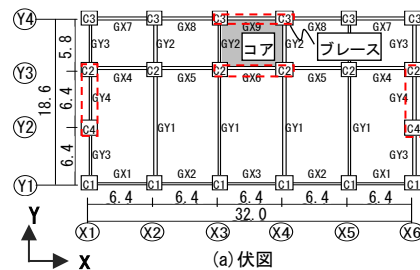
Table 1 Building overview

構造種別	鋼構造
架構形式	折返しブレース構造
用途	事務所
建築面積	595m ²
延べ床面積	2976m ²
階数	地上5階
高さ	軒高20.6m
基準階高	4.0m
建物重量	約27.8MN
単位面積当たり重量	9.7kN/m ²

2.3 許容応力度設計及び保有水平耐力の確認

試設計建物の1階の柱梁断面を Table 2 に、折返しブレース諸元

を Table 3 に、各建物の X 方向・



(b) Y3 通り軸組図
Fig.1 Building shape

Y 方向の層せん断力・層間変形角関係を Fig.3 に示す。折返しブレース構造建物は1次設計の条件を満足し、かつ、保有水平耐力(C_u)が、純ラーメン構造に比べ減少していることが確認できる。これは、折返しブレース

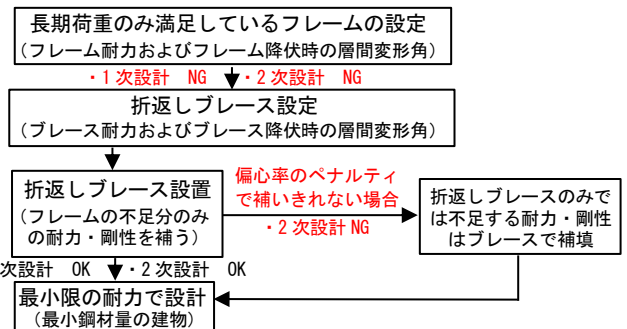


Fig.2 Design flow of Folded Brace Structure Building

スの降伏層間変形角は 1/200rad 程度であり、フレームのみでは不足する耐力と剛性を、効率よく補うことができるためである。本建物の必要保有水平耐力(X 方向)を Table 4 に示す。Table 4 より、本建物の偏心率はすべての階において 0.15 以下となり、偏心によるペナルティがかからないことが確認できる。

2.4 使用鋼材量 純ラーメン構造建物と折返しブレース構造建物の使用鋼材量を比較して Fig.4 に示す。Fig.4 より、純ラーメン構造に比べ折返しブレース構造では総鋼材量が 17%程減少していることが確認できる。すなわち、純ラーメン構造ではフレームの曲げ・せん断剛性のみで建物剛性を確保するため、大きな柱梁断面を必要とし、使用鋼材量の観点からは合理的ではないのに対して、折返しブレース構造は、Fig.2 の設計フローに基づいて合理的に試設計したため、使用鋼材量(鋼材コスト)を低減でき、さらには鉄鋼生産に伴う CO₂ 排出量といった環境負荷も低減できることがわかる。

3. 時刻歴応答解析

立体骨組モデルの時刻歴応答解析を実施して各建物の応答性状を確認する。入力地震動には、Fig.5 のスペク HACH-NS, KOBE-NS)+ランダム位相 1 波)を作成し使用した。内部粘性減衰は、初期剛性比例型の 2%を仮定した。Table 5 に各建物の固有周期(1~3 次)を、Fig.6 に X 方向入力時の応答解析結果(最大応答層間変形角, 最大応答加速度, 最大応答層せん断力)を示す。Fig.6 より、ブレース偏心配置の影響で捩れが生じる Y1 構面

Table 2 Column and beam section list
(a) 柱 (BCR295)

階	C1	C2	C3	C4
1	□-500x16	□-550x25	□-350x16	□-450x19

(b) 梁 (両端:SM490, 中央:SS400)

階	GX1 GX2 GX3	GX4 GX5	GX6 GX7 GX8 GX9
1	H-500x200x12x19	H-500x200x12x22	H-400x200x9x16

階	GY1	GY2	GY3	GY4
1	H-650x250x12x25	H-400x200x9x19	H-400x200x9x16	H-354x176x8x13

Table 3 Folded Braces Specification

階	X方向		Y方向	
	断面積 [cm ²]	軸耐力 [kN]	断面積 [cm ²]	軸耐力 [kN]
5	25.2	593	25.2	592
4	67.6	1587	40.4	949
3	67.6	1587	52.4	1230
2	75.4	1772	58.9	1384
1	75.4	1772	38.4	902

Table 4 Required horizontal holding capacity
Re: 偏心率

階	Ds	Re	Fes	Ds・Fes
5	0.25	0.119	1.0	0.25
4	0.25	0.149	1.0	0.25
3	0.25	0.122	1.0	0.25
2	0.25	0.122	1.0	0.25
1	0.25	0.088	1.0	0.25

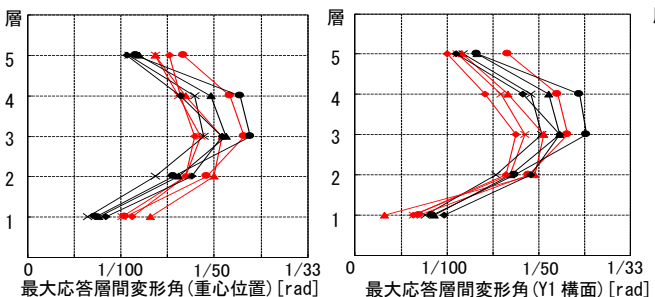


Fig.6 Response analysis result

の層間変形角は、折返しブレース構造が若干大きな応答値を示しているものの、重心位置では純ラーメン構造と変わらない結果となっていることが確認できる。また、最大応答加速度および最大応答層せん断力ともに、折返しブレース構造の最大応答値は純ラーメン構造とほぼ同程度の値となっており、純ラーメン構造と同等の耐震性能が確保されていることが確認できる。

4. まとめ

以上、本報で示した設計フローに基づいて、5 層 5x2 スパンの折返しブレース構造建物の試設計を行い、経済的かつ純ラーメン構造と同等の耐震性能を有する鋼構造建物が設計可能であることを示した。

【参考文献】1) 波田, 北嶋ほか: 折返しブレースの構造特性に関する実験的研究(その 1~7), AIJ 大会, C-1, pp.747-750, 2012, pp1287-1292, 2013, pp1051-1052, 2014, pp.1077-1078, 2015

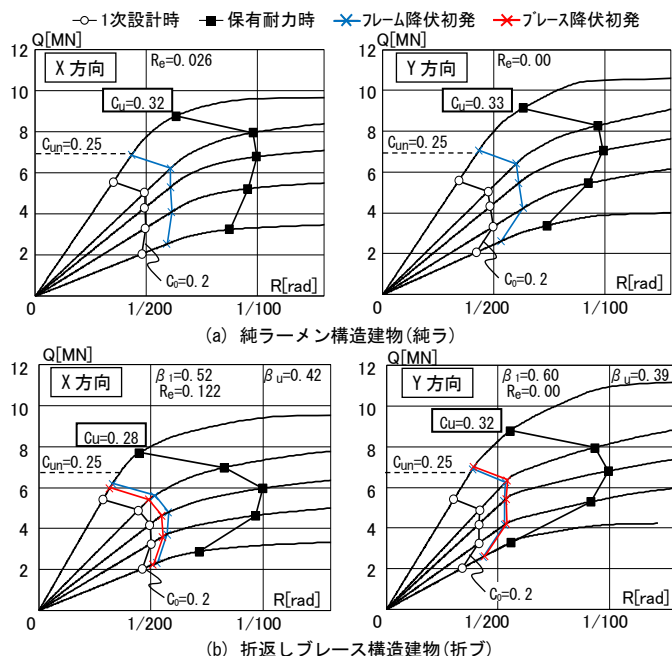


Fig.3 Story shear force - Interstory drift angle relationship of each building

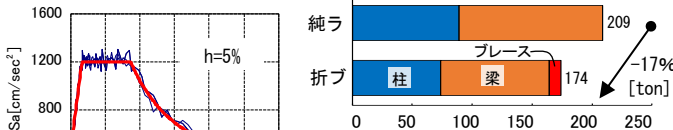


Fig.4 Comparison of steel materials used

Table 5 Natural period [sec]

	1次	2次	3次
純ラ	1.06 (X方向)	1.03 (Y方向)	1.00 (ねじれ)
折ブ	1.04 (X方向)	0.97 (Y方向)	0.83 (ねじれ)

Fig.5 Input seismic characteristics

