

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2 折返しブレース構造建物の試設計

Study on Structural Characteristics of Steel Frame Building with Folded Brace

Part2 Trial Design of Folded Brace Structure Building

○高村皓輝¹, 山本圭太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

*Koki Takamura¹, Keita Yamamoto¹, Masaya Hada², Katsuki Mura², Kenichi Takeuchi², Keiji Kitajima³, Mitsukazu Nakanishi³, Hiromi Adachi⁴

Abstract: This paper tackles on rationalizing the use of folded brace frame in 5-story steel building. Moreover the results are compared to 5-story steel building of standard frame.

1. はじめに

前報(その1)では、折返しブレース構造建物の基本性能について、1層1スパンのフレームを対象として、純ラーメン構造および在来ブレース構造と比較・検討した。折返しブレース構造は、在来ブレース構造に比べ必要ブレース耐力・剛性を小さく抑えられるため、ブレース材の少量配置・偏心配置が可能となる。また、純ラーメン構造に比べ柱梁フレーム耐力を小さくできることを示した。

本報(その2)では、5階建て鉄骨造を対象とした折返しブレース構造建物の試設計を行い、折返しブレース構造と純ラーメン構造の比較から、折返しブレース構造の合理性および経済性について検討する。また、折返しブレースを偏心配置した試設計建物の時刻歴応答解析を実施し、折返しブレース構造では偏心配置の影響が少ないことを示す。

2. 設計概要

2.1 設計条件(共通事項) 建物概要をTable1に、建物形状をFig.1に示す。対象建物は、5層5×2スパンの鉄骨造建物で、設計用1次固有周期は約0.6sec、単位面積当たりの重量は約8.2kN/m²である。1次設計の設計条件は、C₀=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は1/200rad以下とする。ブレース構造を採用する際、意匠や機能面からブレースの配置箇所は多くの制約を受ける。本建物においても、折返しブレースの配置箇所は梁間・桁行方向ともに2構面ずつの少量配置とし、とくに桁行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²⁾で明らかとなっている座屈拘束効果を考慮してブレース種別BAとした。

2.2 設計方針

折返しブレース構造の設計変数をTable2に示す。本報では、折返しブレースを少量配置・偏心配置した影響を確認するために、1次設計時におけるブレースせん断力負担率β₁を設計変数とし、β₁=0, 0.2, 0.4, 0.6と4段階に変化させた折返しブレース構造建物を設計する。β₁=0は純ラーメン構造建物に相当する。柱・梁断面は、(1-β₁)C₀の地震荷重に対して、R₁=1/200で許容応力度を満足するように設計した。また、折返しブレースの折返し長さは、1次設計時の変形レベルでブレースが降伏しないように調節した。なお、以下では、ブレースを偏心配置した桁行方向(X方向)の検討結果について示す。

2.3 許容応力度設計及び保有水平耐力の確認

折返しブレースの諸元をTable3に、立体骨組静的増分解析で得られた各建物の層せん断力-層間変形角関係をFig.2に示す。Fig中には、1次設計時および保有水平耐力算定時におけるブレースせん断力負担率(1次:β₁, 保有時:β_u)、偏心率e_c、および必要保有水平耐力のベースシア換算値C_{um}をあわせて示している。

Fig.2より、各建物とも意図した通りにR₁=1/200radで許容応力度を満足していること、および保有水平耐力が必要保有水平耐力C_{um}を上回っていることが確認できる。折返しブレース構造建物の1次設計レベルの剛

Table1 Basic Building Data

構造種別	鉄骨造
架構形式	折返しブレース構造
用途	事務所
建築面積	679m ²
延床面積	3,395m ²
階数	地上5階
高さ	軒高20.5m
総重量	約27.8MN

Table2 Design Variable

略称	架構形式	1次設計時のブレースせん断力負担率β ₁
純5	純ラーメン構造	β ₁ =0
折02	折返しブレース構造	β ₁ =0.2
折04	"	β ₁ =0.4
折06	"	β ₁ =0.6

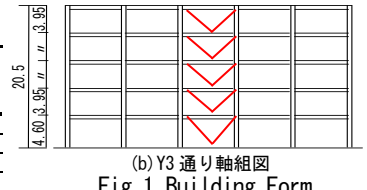
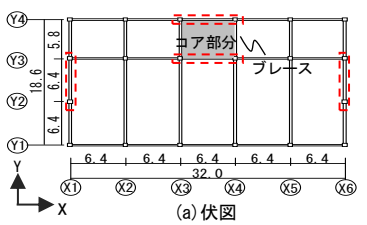


Fig.1 Building Form

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

性は、 β_1 によらず純ラーメン構造の建物とほぼ同等となっている。これは、1次設計レベルで柱梁フレームに不足する耐力分のみを折返しブレースによって効率良く補えるためである。また、 β_1 が異なっても各建物の保有耐力には大きな変化が生じてない。これは、折返しブレースの降伏変形が任意に制御できるので、柱梁フレームが不足する耐力分をブレース耐力で補うとともに、 β_1 に拘わらず保有水平耐力をほぼ一定に確保することができるためである。

2.4 使用鋼材量の比較 折返しブレース構造が経済的にも合理的であることを確認するために、各建物の使用鋼材量を比較してFig.3に示す。Fig.3より、折返しブレース構造とすることで、純ラーメン構造に比べて使用鋼材量が少なくなっていること、 β_1 が大きくなるにつれて鋼材量がより少なくなっていることがわかる。すなわち、純ラーメン構造ではフレームの曲げ・せん断力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て使用鋼材量の観点からは効率的ではないのに対して、折返しブレースを使用することで効率よく建物剛性が確保でき、柱梁の使用鋼材量を合理的に減らせることが確認できた。

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。本報では、ブレース偏心配置の影響で揺れが生じる $\beta_1=0.6$ のケースと純ラーメンを比較する。入力地震動には、Fig.4のスペクトル特性を有する模擬地震動4波(観測位相3波(EL-NS, 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。Table5に各建物の固有周期(1~3次)を、Fig.5に応答解析結果(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.5より、揺れ振動により増幅されるY1構面の層間変形角は、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、ブレース偏心配置が応答性状にさほど悪影響を及ぼしていないことが確認できた。

4. まとめ

以上、折返しブレース構造建物の試設計を行い、折返しブレース構造が合理的であり経済性にも優れている構造であることを示した。

【参考文献】1)波田, 北嶋 功: 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, pp. 1287-1292, 2013, pp. 1051-1052, 2014, pp. 1077-1078, 2015

Table3 Folded Brace Elements

階	折02			折04			折06		
	A[cm ²]	κ	$\beta_1 R_y$ [rad]	A[cm ²]	κ	$\beta_1 R_y$ [rad]	A[cm ²]	κ	$\beta_1 R_y$ [rad]
5	6.7	2.13	1/200	13.2	1.88	1/227	16.0	1.63	1/262
4	14.0	2.13	1/200	29.4	1.80	1/237	44.8	1.63	1/262
3	17.5	2.13	1/200	36.1	1.88	1/227	50.2	1.63	1/262
2	20.0	2.13	1/200	37.0	1.88	1/227	58.3	1.79	1/238
1	16.3	1.72	1/238	34.0	1.54	1/266	46.1	1.41	1/290

※A:ブレース1本当たりの断面積, κ :折返し長さ比(=実長/見付け長), $\beta_1 R_y$:降伏時の層間変形角

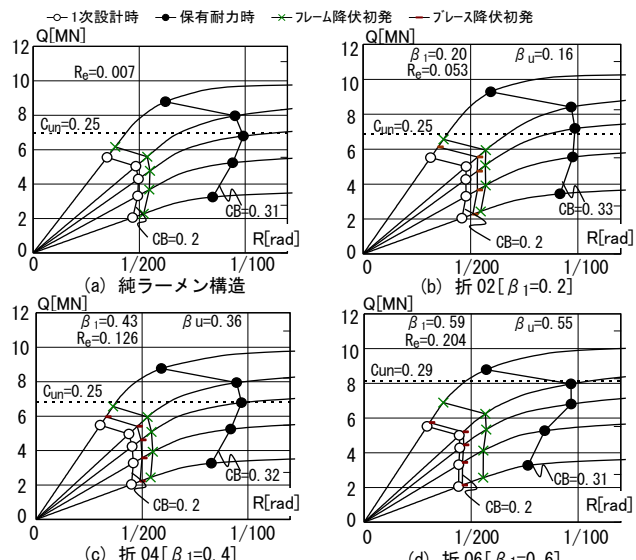


Fig.2 Story Shearing Force-Story Deformation Angle Relationships

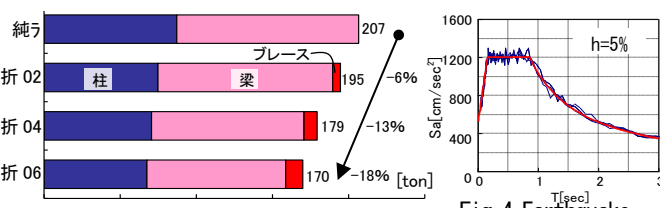


Fig.3 Comparison of a Steel Volume

Table5 Proper Period [sec]

	1次			2次			3次		
	純ラ	06	純ラ	06	純ラ	06	純ラ	06	
純ラ	1.06 (桁行き)	1.03 (梁間)	0.99 (ねじれ)						
折06	1.03 (桁行き)	0.97 (梁間)	0.77 (ねじれ)						

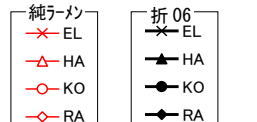


Fig.4 Earthquake Input Characteristic

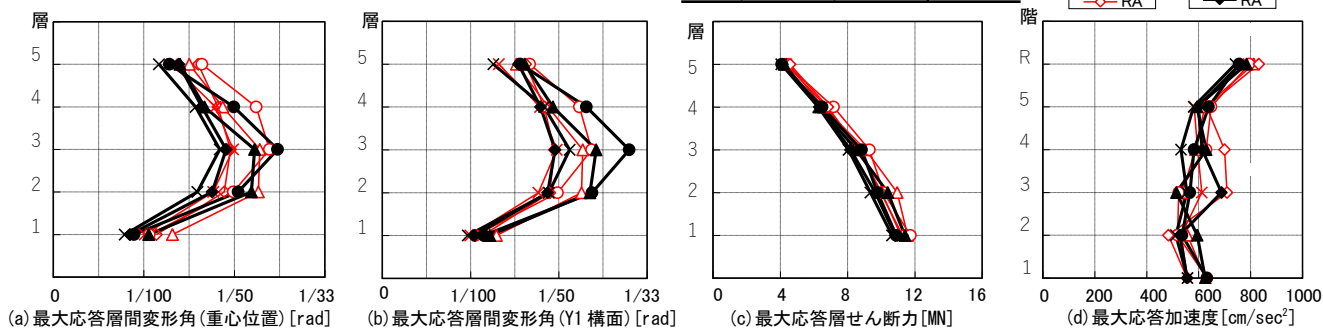


Fig.5 Response Analysis Result