

折返しブレースの有効性に関する検討 (その 2 折返しブレース構造建物の試設計)

Study on Effectiveness of the Twice Turn Brace

Part2. Trial Design Structure of Turn Brace Structure Building

○波田雅也¹, 木竜 雅康², 柳川雅嘉¹, 竹内健一¹, 北嶋圭二¹, 中西三和³, 安達洋³

* Masaya Hada¹, Masayoshi Kiryu², Masayoshi Yanagawa¹, Kenichi Takeuchi¹, Keiji Kitajima¹, Mitsukazu Nakanishi³, Hiromi Adachi³

Abstract: This study is considered an effect of the Twice Turn Brace which isn't yield until drift angle is 1/200.

1. はじめに

通常のブレース構造では、1次設計時にブレースの降伏は許容されないため、ブレース材を少量設置することが困難であり、通常はブレース材を大量に配置したブレース構造とするか、ブレース構造を断念して必要以上に柱・梁の断面を上げることで剛性を確保した純ラーメン構造とせざるを得ない。一方、層間変形角 1/200 レベルまで降伏しない“折返しブレース”ならば、少量のブレース材が設置可能となり、剛性制御・耐力制御の観点から合理的なブレース構造が実現可能である。本報では、5階建て鉄骨造を対象として試設計を行い、純ラーメン構造との比較から、折返しブレース構造が合理的であることを確認する。

2. 折返しブレースの概要と本報の位置づけ

折返しブレースのイメージ図を Fig.1 に、軸力-軸変形関係の概念図を Fig.2 に示す。折返しブレースは、断面積により軸耐力を、折返し長さにより軸降伏変形を任意に各々独立して設定することが可能な部材である。また、各々の鋼管が互いに座屈を拘束するため、降伏後も安定した軸耐力が発揮できることが実験で確認されている¹⁾。

前報(その1)では、在来ブレースでは困難であるブレース材の少量配置と偏心配置が可能であることを確認した^{2,3)}。本報ではさらに、ブレースが負担する層せん断力の割合が異なる折返しブレース構造の建物を試設計する。

3. 設計概要

3.1 設計条件(共通) 建物概要を Table1 に、建物形状を Fig.3 に示す。建物規模は 5 層 5×2 スパンで、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、かつ層間変形角は 1/200 以下とする。なお、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 FA ランクの部材で統一した。折返しブレース構造では、桁行のブレース設置箇所をコア部分に限定(偏心配置)する。ブレース材には普通鋼材(SS400)を使用し、座屈拘束効果を考慮して BA ランクとする。

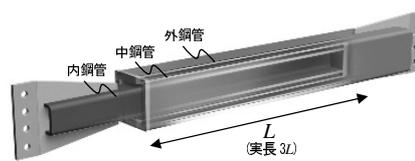


Fig.1 Turn Braces (Image)

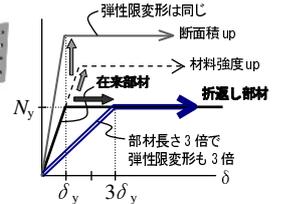


Fig.2 Axial Force-Axial Disp.

3.2 設計方針 折返しブレース構造の設計変数を Table2 に示す。まず 1 次設計時におけるブレースせん断力負担率 β_1 を設定することでブレースの必要耐力(断面)を決定する。本報では、 β_1 を設計変数とし、0.2, 0.4, 0.6 と変化させた。柱梁断面は、 $(1-\beta_1)C_0$ の地震荷重に対して、 $R_1=1/200$ で許容応力度を満足するように算定した。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、以下の検討結果は、桁行方向のみについて示す。

3.3 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.4 に示す。図中には、ブレースのせん断力負担率(1 次: β_1 , 保有時: β_u)、偏心率 Re 、および必要保有水平耐力のベースシア換算値 C_{un} をあわせて示している。

Fig.4 より、各建物とも意図した通りに $R_1=1/200$ で許容応力度を満足していること、および必要保有水平耐力を満足していることが確認できる。なお、折返しブレース構造

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
標準階高	3.95m
外装	PCカーテンウォール
総重量	約27.8MN

Table2 Design Parameter

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	純ラーメン構造	-
折02	折返しブレース構造	$\beta_1=0.2$
折04	"	$\beta_1=0.4$
折06	"	$\beta_1=0.6$

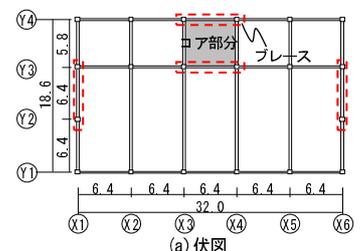


Fig.3 Building Form

1: 青木あすなる建設株式会社 2: 日大理工・院・海建 3: 日大理工・教員・海建

Table3 Brace Section

階	折02			折04			折06		
	A[cm ²]	α	bRy[rad]	A[cm ²]	α	bRy[rad]	A[cm ²]	α	bRy[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: プレス 1 本当たりの断面積、 α : 折返し長さ比(実長/見立て長)、bRy: 降伏時の層間変形角

の建物の 1 次設計レベルの剛性は、 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剛性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いない。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のみをブレース耐力で補えるため、 β_1 に拘わらず保有耐力をほぼ一定に確保することができるためである。

3.4 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.5 に示す。図より、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、柱梁の曲げ剛性によって建物剛性を確保することは、使用鋼材量の観点からは効率的ではないのに対し、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。

4. 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振れが生じる $\beta_1=0.6$ のケースと純ラーメンを比較する。各部材の解析モデルを Table4 に示す。入力地震動には、Fig.6 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.7 に応答解析結果(最大応答層間変形角, 最大応答層せん断力)を示す。図より、振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。

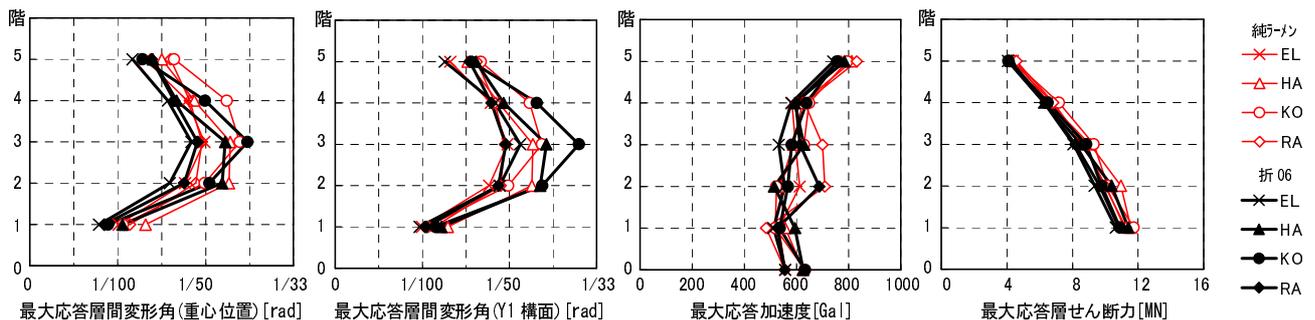


Fig.7 Maximum Response Values

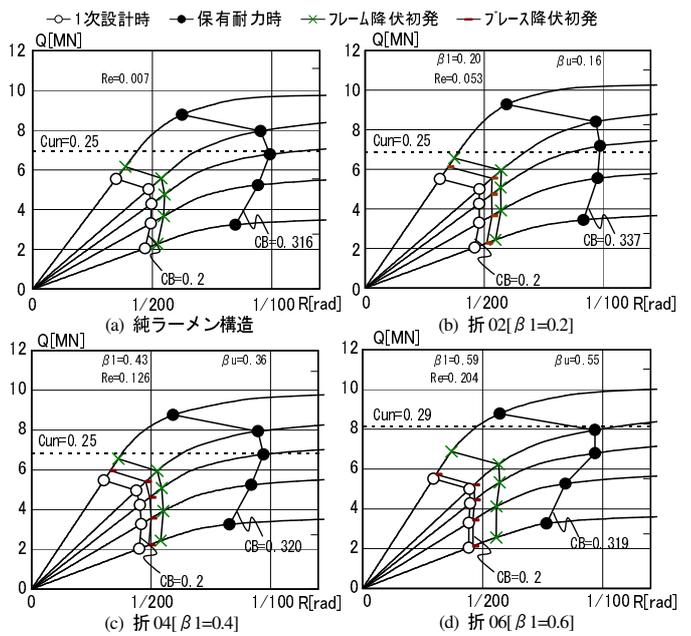


Fig.4 Story Shear Force-Story Drift Angle Relationships

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る。

5. まとめ

以上、折返しブレース構造建物の試設計を実施し、折返しブレース構造が合理的であることを確認した。

【参考文献】

- 1)北嶋ほか: 超弾性柔要素部材を組み込んだ次世代制震構造システムの研究開発(その1~2), AIJ大会, B-2, pp.825-823, 2007.8
- 2)波田ほか: 折返し部材のブレース材適用の有効性に関する検討, AIJ大会, C-1, pp.975-976, 2010.9
- 3)波田ほか: 折返しブレースの有効性に関する検討, 平成22年度日本大学学術講演会論文集, 構造・強度部会, pp111-112, 2010.11
- 4)日本建築防災協会: 「構造設計・部材断面事例集」, 2007.6

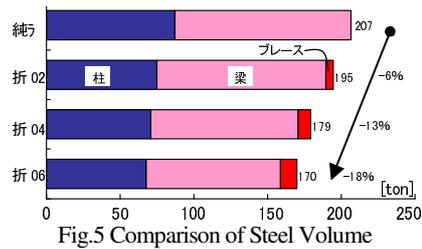


Fig.5 Comparison of Steel Volume

Table5 Natural Period [sec]

	1次	2次	3次
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)

Table4 Analysis Model

柱	ファイバーモデル
梁	ノーマルバイリニア
ブレース	ノーマルバイリニア

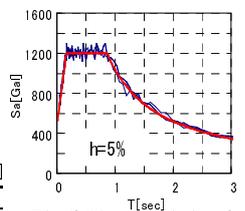


Fig.6 Characteristic of Input Ground Motion