

ブレース付鋼構造多層骨組の降伏層間変形と損傷分布の関係

The relationship between yielding story deformation and damage distribution of multi-story steel frame with brace

○伊藤拓海¹, 石鍋雄一郎², 中島肇²

*Takumi Ito¹, Yuichiro Ishinabe², Hajime Nakajima²

Abstract: In the seismic design of multi-story steel frame with brace, it is important to properly grasp concentration of each story from the viewpoint of absorbing input energy throughout the structure. In this paper, the yield deformation ratio of frame and brace focused on. The aim grasps the influence of yield deformation ratio on damage distribution of multi-story steel frame with brace.

1. はじめに

ブレース付鋼構造多層骨組の耐震設計において、入力エネルギーを構造物全体で吸収するという考え方から、層ごとの損傷集中を適切に把握することが重要である。金子らの研究^[1]で、筋かい率分布及び強度分布共に偏差を付与した場合の、損傷分布の特性を評価した。

本稿では、更に骨組とブレースの降伏変形比に着目し、降伏変形比がブレース付鋼構造多層骨組の損傷分布に与える影響を把握することを目的とする。そこで、8 層ブレース付骨組を対象とし、骨組とブレースの降伏変形比に差を与えた場合の時刻歴応答解析を行い、その損傷分布を比較し、評価する。

2. 時刻歴応答解析

時刻歴応答解析においては、金子らの研究^[1]の条件に加え、骨組の降伏層間変位を、4cm と 2cm の 2 種とする。線形加速度法を採用し、積分時間間隔を 1/2000 秒として、粘性減衰は考慮しないものとする。解析モデルは 8 質点の魚骨形モデル (Figure 1) を用いる。ブレース要素の復元力特性は文献^[2]に提案されているモデルを採用し、1 層あたり 2 本のブレース要素は正負の荷重領域を反転させる。骨組要素の復元力特性は完全弾塑性型とする。柱梁剛比は 1.0 とし、柱梁耐力比は 1.5 とする。

各層の質量は一定とする。層の終局耐力 Q_{ui} は骨組の降伏耐力 Q_R 、ブレースの降伏耐力 Q_{BT} 、ブレースの座屈後安定耐力^[3] Q_{BC} の和と定義する。

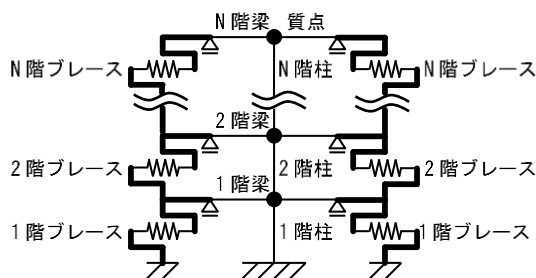


Figure 1. Fishbone-shaped Frame Model

筋かい率 β_u は式(1)のように定義し、設計用層せん断力 F_i は A_i 分布を用い、式(2)のように定義する。1 次固有周期 T は式(3)で略算した値を用いる。

$$\beta_u = \frac{Q_{BT} + Q_{BC}}{Q_R + Q_{BT} + Q_{BC}} \quad (1)$$

$$F_i = \sum_{j=i}^N m_j \cdot g \cdot \alpha \cdot A_i \quad (2)$$

m_j : j 層の質量 g : 重力加速度 α : ベースシア係数
 A_i : i 層の A_i 分布

$$T = 0.03 \cdot h \quad (3)$$

h : 建築物の高さ (階高 3.5m × 8 層=28m)

梁端と最下層柱脚の曲げ耐力は柱の反曲点を中央と仮定して F_i が作用した場合のモーメントとし、その他の部分ではその 1.5 倍とする。柱の曲げ剛性は F_i に比例するものとした。降伏層間変位は、骨組を 4cm と 2cm の 2 種、ブレースを 1cm として剛性値を決定している。ベースシア係数 α は 0.3 とする。ブレースの一般化細長比 λ は全層で一定とし、0.43 とする。

入力地震動は Tabel 1 に示す 3 種を用い、入力エネルギーの速度換算値 V_E が 150cm/s になるように地震動の加速度に係数を乗じる。

強度分布の偏差は(4)式のように強度偏差率 P_{di} により定義する。この P_{di} を一部の層に最適降伏せん断力係数分布に乗じることで強度差を付与する。

$$P_{di} = \left(\frac{Q_{ui}}{F_i} \right) / \left(\frac{Q_{uk}}{F_k} \right) \quad (4)$$

F_i : i 層の設計用層せん断力 Q_{ui} : i 層の終局耐力
 k : Q_{ui}/F_i が最小となる最弱層の番号

筋かい率の偏差は文献^[1]を参考にし、Table2 に示すように筋かい率が低い層 (L 層) と高い層 (H 層) に分けた 6 パターンを検討する。強度偏差は H 層の P_{di} を 1.0

Table 1. Input Seismic Motion

入力地震波	El Centro(NS)	Imperial Valley [1940]
	八戸(EW)	十勝沖地震 [1968]
	TAFT(NS)	Kern County [1952]

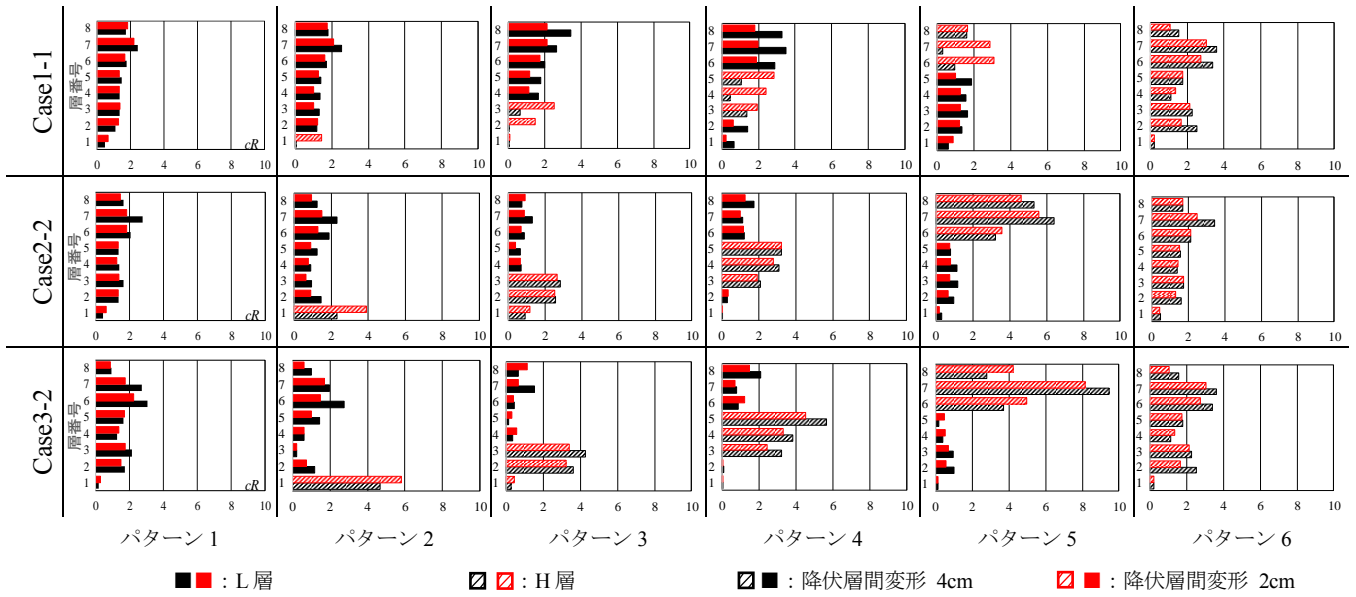


Figure 2. Relationship between Yield Deformation Ratio and cR

Table 2. Pattern of β_u

		パターン番号					
		1	2	3	4	5	6
層番号	8	L	L	L	L	H	H
	7	L	L	L	L	H	H
	6	L	L	L	L	H	H
	5	L	L	L	H	L	H
	4	L	L	L	H	L	H
	3	L	L	H	H	L	H
	2	L	L	H	L	L	H
	1	L	H	H	L	L	H

とし、L層に1.0以上の値を設定する。L層の P_{di} は、相対的な大小の値の2通り検討する。L層とH層に対応する β_u と P_{di} の組合せはTable 3に示すような6ケースとする。

3. 解析結果

損傷分布の評価については、式(5)に示すような各層の設計用せん断力の比率に対する時刻歴応答解析で得られた各層の累積塑性ひずみエネルギーの比率である損傷集中度 cR を定義し用いる。魚骨梁の塑性ひずみエネルギーは均等に上下層の W_{pi} に算入する。

$$cR = \frac{W_{pj}}{\sum_{i=1}^N W_{pi}} / \frac{F_j}{\sum_{i=1}^N F_i} \quad (5)$$

W_{pi} : i 層の累積塑性ひずみエネルギー

j : cR を計算する層の番号

Figure 2は各層において地震動3波中の cR の最大値を示したものである。

Case1-1は、降伏層間変形が4cmの場合、H層の cR は抑えられL層に cR が集中しているが、2cmの場合は、4cmに比べてH層の cR が大きいことから、各層の cR の値の偏りが小さくなる。Case2-2,3-2では、降伏層間変形に関わらずH層に cR が集中しているが、降伏層

Table 3. Setting of β_u and P_{di}

	L	H	L	H	L	H
	Case 1-1		Case 2-1		Case 3-1	
β_u	0.3	0.6	0.3	0.45	0.45	0.6
P_{di}	1.2	1.0	1.2	1.0	1.2	1.0
	Case 1-2		Case 2-2		Case 3-2	
	β_u	0.3	0.6	0.3	0.45	0.45
P_{di}	1.6	1.0	1.4	1.0	1.4	1.0

間変形が4cmの場合に比べて2cmの場合は cR が突出して集中している層がなく、H層とL層それぞれの cR の値の偏りが小さい。 P_{di} や β_u の値に関わらず、降伏層間変形が小さいと損傷が集中しにくくなり、各層の損傷集中度 cR の偏りが小さくなる。

4. まとめ

8層骨組の降伏変形比に差を与え、損傷集中度 cR を比較することで、損傷分布と降伏変形比の関係を把握した。今後は、ブレースの層内配置が降伏変形比に与える影響について着目し、ブレース付鋼構造多層骨組と損傷分布の関係を検討する。

5. 参考文献

- [1]金子哲也：強度及び筋かき率分布を考慮し鋼構造ブレース付骨組の損傷分布に関する基礎的研究-損傷分布を考慮した構造特性係数について-,平成29年度日本大学大学院理工学研究科修士論文
- [2]杉山昇馬, 井上瑛文, 伊藤拓海：繰返し载荷を受ける鋼圧縮材の耐力と変形能力のデータベース その6 圧縮側の耐力曲線を考慮した復元力モデルの提案, 日本建築学会関東支部研究報告集, pp.541-544, 2013.3
- [3]日本建築学会：鋼構造限界状態設計指針・同解説,2010