

鋼構造筋違付骨組におけるエネルギー吸収効率に関する研究

筋違材の座屈耐力の定義による影響の一考察

Efficiency of Energy Absorption on Steel Braced Frames

Influence of Options about the Ultimate Strength of Bracing Members

○田中仁樹¹, 石鍋雄一郎², 半貫敏夫³

Masaki Tanaka¹, *Yuichiro Ishinabe², Toshio Hannuki³

Abstract: In conventional horizontal load-carrying capacity design method, designers have two options for the ultimate strength of bracing members, initial-buckling strength and post-buckling stable strength. Depending on these options, the selection of frame members can be influenced. Besides, due to the difference of acceptable cumulative plastic deformation energy between frame members and bracing members, the estimation of Ds-value can be varied. These problems are discussed in this paper.

1. はじめに

鋼構造において、筋違材は剛性及び水平耐力の増大に寄与する重要な部材である。一般的な設計でもその性状が定量化されていないため、圧縮側筋違を無視することが多い。圧縮側筋違材に耐力を求める場合は初期座屈耐力と座屈後安定耐力のどちらかを終局耐力として用いることができる。そのため、同条件の場合でも保有水平耐力計算においてラーメン要素に必要な耐力に差が生じる。本稿では終局耐力の定義の違いによって生じる、エネルギー吸収効率の差について、静的解析を用いて考察を行う。

2. 解析モデル

本稿で対象とする解析モデルを Fig.1 に示す。Fig.1(a) のスパンと階高が等しい 1 層 3 スパンのモデルとし、全部材を H 形鋼とする。Fig.1(b) のように骨組部のフランジ、ウェブは断面の重心に線材として置換した 3 本ファイバーで構成されるモデルとする。断面方向は荷重に対して強軸にする。ファイバー要素は軸方向に 10 等分割して積分点を設け、アウトプットとしてそれぞれの積分点間の変形量が求められる。筋違は両端ピン接合としたトラス要素である。また、柱脚は剛接合と

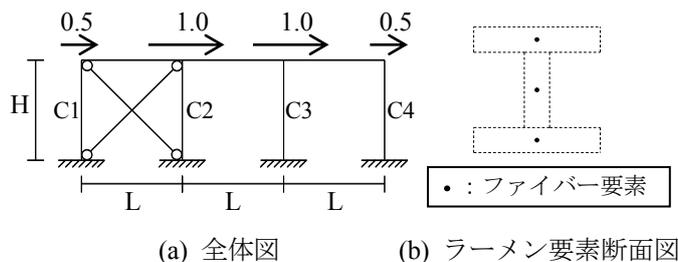


Figure1. Analytical model

した。水平荷重は静的漸増繰返し荷重とし、図の左側の柱頭から 0.5, 1.0, 1.0, 0.5 の割合で作用する。これは、屋根部から受ける柱ごとの負担面積質量を考慮した比率である。

また、筋違材の配置を偏らせることで、部材間のエネルギー吸収効率に差を生じさせている。

3. 復元力特性モデル

本研究で用いる復元力特性モデルを Fig.2 に示す。筋違材の座屈性状を明確に表現するために赤羽らの研究^[1]より筋違材の復元力特性モデルを用いる。この修正モデルを Fig.2(a) に示す。本研究では圧縮側筋違の初期座屈耐力を $q_M \cdot TQ_Y$ (引張側筋違の降伏耐力)、座屈後安定耐力を $q_m \cdot TQ_Y$ とする。

また、ラーメン部材に用いるファイバー要素は、初期剛性の 0.01 倍を二次剛性とした Bi-Linear モデル、除荷時剛性は初期剛性と同様の値とする。これに移動硬化則を用いることで Fig.2(b) に示すように完全弾塑性型と同等のエネルギー吸収量を負担するものとなる。

4. 解析条件

Table1 に解析条件を示す。本稿では筋違材の基準化細長比 $\lambda_e=1.35, 4.74$ 及び筋違率 β の大きさをパラメータ

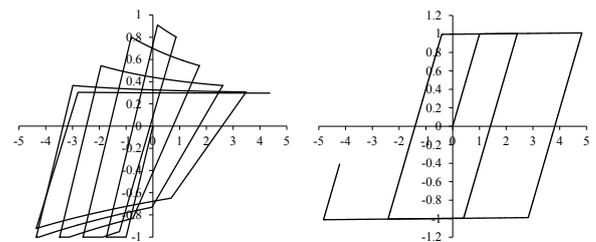


Figure2. Model of hysteresis characteristics

1 : 日大理工・院(前)・建築, Student, Graduate School of Nihon Univ. 2 : 日大理工・教員・建築, Nihon Univ., Dr. Eng.
3 : 日大名誉教授, Prof. Emeritus, Nihon Univ., Dr. Eng.

として解析を行う。このパラメータごとにおいて筋違材の終局耐力を初期座屈耐力とする場合、座屈後安定耐力とする場合、両者の保有水平耐力がほぼ等しくなるような 2 種類ラーメン要素の断面を設定する。保有水平耐力は終局耐力で降伏する Bi-Linear 型特性を筋違材に与え、静的漸増解析を行い、水平耐力-層間変形関係の接線剛性が初期剛性の 1/10 となる時点の耐力と定義する。

その上で変位制御の静的弾塑性繰返し解析を行う。

Fig.3 に層間変形量を示す。この変位は柱 C1 の柱頭で制御する。また、部材ごとに与えた性状を Table2 に示す。柱断面よりも梁断面を大きくすることで柱降伏型とする。スパン及び筋違断面を変えることで筋違率 β を制御している。

5. 解析結果

Fig.4 に解析モデルの C1 の柱頭における累積塑性変形倍率 η -無次元化全累積塑性歪エネルギー ${}_0W_p(q_m)$ の解析における最終の全累積塑性歪エネルギーで規準化している)関係を示す。Fig4 より Case2, 4 においては筋違率が低く設定されているため、層全体に対して筋違要素の影響が小さく、外柱にあたる C1,C4 と中柱にあたる C2,C3 で η に差が生じる。また、Case1, 3 は筋違

材の終局耐力の影響が大きく、筋違材に接続する部材の応力変動が大きくなる。また、 η の部材間の差が激しく C2 に集中していることが分かる。また、最終状態での全累積塑性歪エネルギーも差が大きくなった。

また、Case3 では筋違要素の影響が大きく圧縮側筋違材の耐力が小さいためにこのような不安定なエネルギー吸収になると考えられる。

6. まとめ

静的弾塑性繰返し解析を行い、圧縮側筋違の終局耐力の定義の違いによって生じる。その結果より得られた知見を以下に示す。

- 1) 筋違率が大きい条件の場合は特に圧縮筋違材の終局耐力の定義値によって保有水平耐力に影響を与える。
- 2) λ_e, β 共に大きな値を取る場合はラーメン要素のエネルギー吸収は安定的な推移とならず、部材間で η の差が激しくなる。

7. 参考文献

[1] 赤羽正寛, 田中仁樹, 石鍋雄一郎, 半貫敏夫, 秋山宏:「エネルギーの釣合に基づく鋼構造筋違付骨組の地震応答予測 その 1 その 2」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.789-792, 2012.9

Table1. Outline of analysis

解析条件	ラーメン	筋違
復元力特性モデル	Bi-Linear	修正モデル
基準化細長比	—	$\lambda_e=1.35, 4.74$
層数	N=1	
ヤング係数	205000(N/mm ²)	
降伏応力度	235(N/mm ²)	

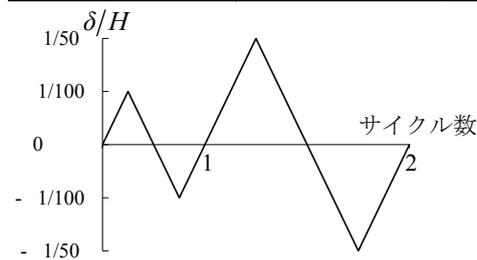


Figure3. Story drift

Table2. Outline of analysis

Case #	λ_e	cI_g/I	K_b/K_c	q_M or q_m	β
1	1.35	0.71	5.26	$q_M=0.91$	0.70
		0.30	6.10	$q_m=0.30$	0.45
2		0.71	0.227	$q_M=0.91$	0.17
		0.73	0.213	$q_m=0.30$	0.12
3	4.74	0.98	37.8	$q_M=0.34$	0.80
		0.98	16.5	$q_m=0.099$	0.63
4		0.71	2.66	$q_M=0.34$	0.34
		0.73	2.61	$q_m=0.099$	0.29

I : 柱の断面二次モーメント I_g : 梁の断面二次モーメント

$$K_b: \text{ブレースの水平剛性} \left(= \frac{EA}{2\sqrt{2}L} \right) \quad K_c: \text{柱の水平剛性} \left(= \frac{12EI}{L^3} \right)$$

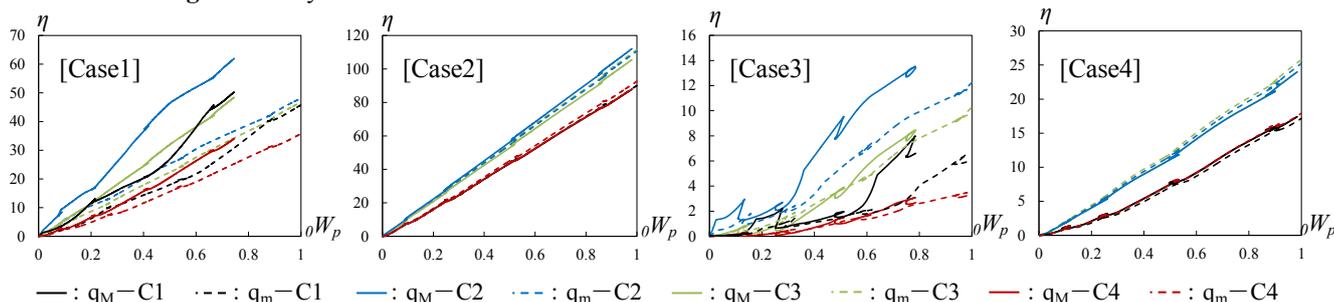


Figure4. Relation between η and ${}_0W_p$