B-41

鋼構造多層ブレース付き骨組の地震応答に関する研究
魚骨形モデルを用いた低層ブレース付骨組の地震応答解析
Study on seismic responses of multi-story steel braced frame structure
The seismic response analysis of low story braced frames with fishborn-shaped frame model

○金子哲也[1],石鍋雄一郎[2],中島肇[2]
*Tetsuya Kaneko[1],Yuichiro Ishinabe[2],Hajime Nakajima[2]

ABSTRUCT　Steel pure frames and steel braced frames differ in stress state on seismic responses. Therefore, appropriate evaluation of steel braced frames is based on failure mechanism is necessary. In this paper, seismic responses of low story braced frames with fishborn-shaped frame model is grasped in detail.

１．はじめに

鋼構造で冷間成形角形鋼管を柱に用いた純ラーメン骨組は「冷間成形角形鋼管設計・施工マニュアル[1]」において崩壊形を考慮した設計法が示され，国土交通省告示においても同様に規定されている．それは柱梁耐力比制限を適用することであり，ブレース付骨組においても柱に冷間成形角形鋼管を用いる場合は純ラーメン同様にこれが適用される．しかし，純ラーメン骨組とブレース付骨組では地震時の応力状態は異なるため，ブレース付骨組の性状に則した崩壊形の評価が必要である．

本稿では，その端緒として低層ブレース付骨組を魚骨形モデルで解析し,各部の地震時の応答を把握する．

２．解析モデルと解析条件

本解析では柱梁耐力比や，梁の剛度を柱の剛度で除した値である柱梁剛性比を反映することの出来る魚骨形地震応答解析モデル（Figure1）を用いる．ブレースの復元力特性は文献[2]に提案されているモデルを採用する．この復元力特性はこの復元力特性モデルは繰返し荷重下の挙動を精度よく再現し，塑性化が進行するにつれて圧縮耐力が低下する特性を持つ．また，骨組の強度は強度低減率 D で設定する．D は入力エネルギーに対して骨組を弾性に止めるために必要な強度に対する低減率であり，次式で表現される．

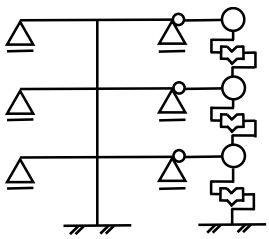

Figure 1.　fishborn-shaped frame model

$$D = \alpha \frac{Tg}{2\pi V_E} \qquad (1)$$

α：降伏せん断力係数
V_E：入力エネルギーの速度換算値
g：重力加速度　T: 固有周期

強度低減率 D を含めた基本解析パラメータを Table1 に示す．

３．解析結果

Figure2 では各層の骨組の塑性率 μ_R，Figure3 では各層のブレースの累積塑性変形倍率 ${}_B\eta$，Figure4 では各層の損傷集中率 ${}_cR$ を周期ごとに示す．損傷集中率 ${}_cR$ は各層の設計用層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り，次式のように表現される．

$${}_cR = \frac{W_{pj}}{\sum_{i=1}^{N} W_{pi}} \Big/ \frac{F_j}{\sum_{i=1}^{N} F_i} \qquad (2)$$

W_{pi}：i 層の累積塑性ひずみエネルギー
F_i：i 層の設計用層せん断力
j：${}_cR$ を計算する層の番号

Table 1.　Analysis condition

層数 N		3
各層の質量		一定
強度分布		最適降伏せん断力係数分布[3]
強度低減率 D		0.2，0.3
一般化細長比 λ		0.43
骨組とブレースの降伏変形比		4
筋かい率 β_u		0.4
一次固有周期 T(s)		0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6
柱梁曲げ剛性比 k_{bc}		1.0
柱梁曲げ耐力比		1.5
地震波	El Centro	El Centro 記録(NS) Imperial Vallay[1940]
	Fukiai	大阪ガス葺合記録(NS) 兵庫県南部地震[1995]

1:日大理工・院（前）・建築　2:日大理工・教員・建築

※ただし，魚骨梁の塑性ひずみエネルギーは上下層の W_{pi} に算入する．

Figure2 より Fukiai のケースが El Centro のケースに比べて大きな値を示している．Figure3 では El Centro のケースが Fukiai のケースに比べて大きな値を示している．Figure4 より強度低減率 D が大きいほど特定層への損傷集中が顕著になる．El Centro のような急激なエネルギー入力がない地震波では骨組の塑性率が小さくブレースの塑性変形倍率が大きくなることがある．骨組のエネルギーの負担がなく，骨組の変形は小さく抑えられるがブレースの損傷が大きく，特定層に偏りやすい．Fukiai のような直下型地震の場合，エネルギー入力が大きいため，骨組が塑性化して骨組のエネルギーの負担割合が増し，ブレースの負担割合が減るため，ブレースの損傷が抑えられると共に損傷の偏りが緩和されるが骨組の変形が大きくなる．ただし，強度低減率 D が大きくなると特定層に損傷集中する傾向にある．Fukiai では骨組，特に第 1 層の柱脚のエネルギーの負担割合が増すケースが散見される．D=0.2, Fukiai, T=0.6 のケースでは骨組の累積塑性ひずみエネルギーの負担割合が 51%であり，ブレースの累積塑性変形倍率が 86 であるのに対し，柱脚の累積塑性変形倍率が 14 であった．また D=0.2，Fukiai のケースでは梁の累積塑性変形倍率は最大で 7 程度となった．

4．まとめ

鋼構造低層ブレース付き骨組の地震応答について地震波や強度の違いによる特性を魚骨形モデルにより把握した．今後は条件の幅を広げ更なる解析を行い，鋼構造多層ブレース付き骨組の崩壊形を考慮した設計法に繋げていくことが課題である．

5．参考文献

[1]2008 年版冷間成形角形鋼管設計施工マニュアル編集委員会：2008 年版冷間成形角形鋼管設計・施工マニュアル，2008.12

[2]伊藤拓海　他：繰返し載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 I，pp.541-544，2013

[3]秋山宏：エネルギーの釣合に基づく建築物の耐震設計，技報道出版，1999

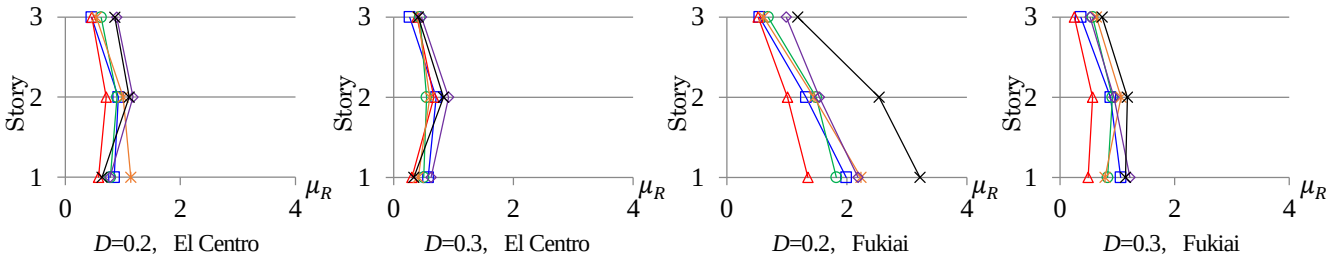

Figure 2.　Ductility factor of frame μ_R

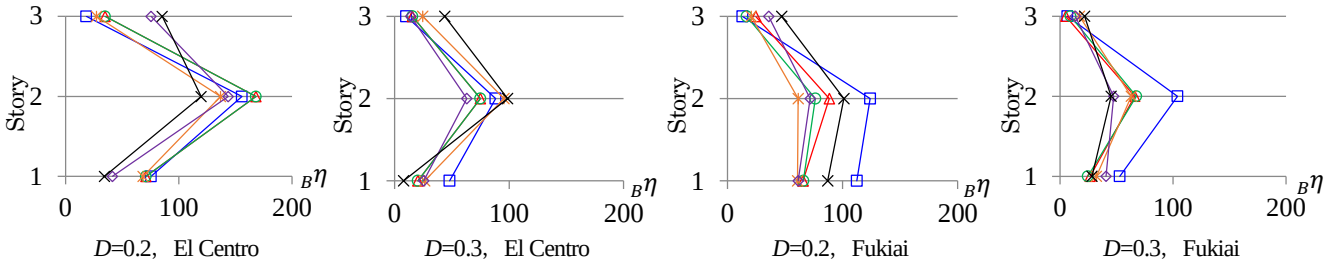

Figure 3.　Cumulative plastic deformation factor of brace $_B\eta$

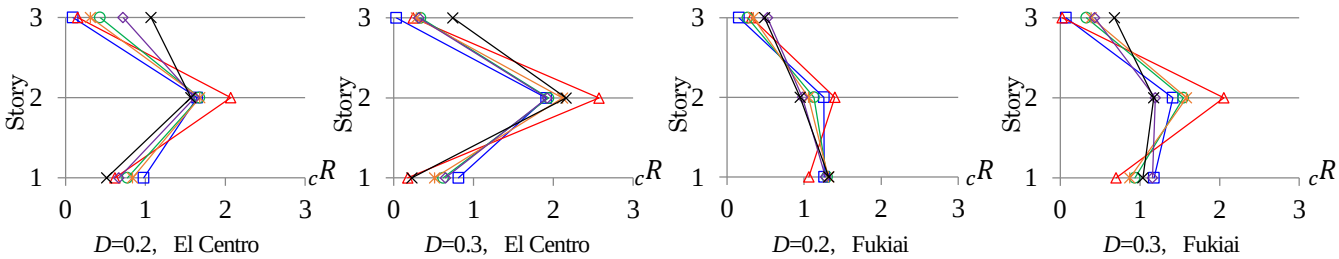

Figure 4.　Damage concentraiton ratio $_cR$

□T=0.1　△T=0.2　○T=0.3　＊T=0.4　◇T=0.5　×T=0.6