

| | |
|----------------|--|
| 研究種目：若手研究(B) | |
| 研究期間：2007～2008 | |
| 課題番号：19760387 | |
| 研究課題名（和文） | 偏心を有する履歴型ダンパー付骨組の損傷予測 |
| 研究課題名（英文） | Plastic deformation demand of moment frame with hysteresis damper in consideration of eccentricity |
| 研究代表者 | 聲高 裕治 (KOETAKA YUJI) 大阪工業大学・工学部・講師 研究者番号：80343234 |

研究成果の概要：

本研究では、履歴型ダンパーを有する1層1×1スパン鋼構造立体骨組を対象に、塑性変形による消費エネルギーが集中する構面（損傷集中構面）における梁端や履歴型ダンパーの損傷を予測する方法を提案し、広範なパラメータに対する時刻歴応答解析によって予測方法の妥当性を検証した。その結果、予測結果は解析結果のほぼ上限を捉えており、提案した予測方法は建築構造設計の局面において実用上有効であることを確認した。

交付額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2007年度 | 1,800,000 | 0 | 1,800,000 |
| 2008年度 | 900,000 | 270,000 | 1,170,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 2,700,000 | 270,000 | 2,970,000 |

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築構造・材料

キーワード：鋼構造，地震応答，偏心，履歴型ダンパー，地震入力エネルギー

1. 研究開始当初の背景

建築鋼構造に用いられる履歴型ダンパーの平面的な計画にあたっては、骨組の偏心がなるべく小さくなるように配慮されているが、積載荷重の偏在や材料強度のばらつきによる降伏耐力の差によって、設計では考慮されていない不可避の偏心が存在する場合がある。履歴型ダンパーの平面的な配置や偏心の大きさによっては、主体骨組にも大きな損傷が生じることがある。このように構造物に偏心が存在する場合、地震時に床面内に捩れ応答が生じて片側の最外縁構面に損傷が集

中することが知られているが、偏心に応じて履歴型ダンパーにどの程度損傷が集中するのかを予測する方法は確立していない。

2. 研究の目的

本研究では、偏心を有する履歴型ダンパー付1層1×1スパン鋼構造立体骨組の必要塑性変形能力（履歴型ダンパーや骨組の損傷）を簡便に予測する方法を構築し、時刻歴応答解析によって予測方法の妥当性を確認することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 対象骨組

対象骨組は、図1に示す1層1×1スパンの矩形平面を有する立体骨組であり、以下の条件を満足する。

- ① 柱は弾性を保つ。
- ② 床平面の面内剛性は無限大とする（剛床）。
- ③ 水平力は床板の重心Gに作用する。
- ④ 振れを拘束した場合のX、Y各方向の保有水平耐力は等しい。
- ⑤ 各構面において、フレームはフレーム、ダンパー系はダンパー系で層せん断剛性と保有水平耐力が比例する。
- ⑥ 各構面のフレームとダンパー系の層せん断力-層間変位関係は完全弾塑性型とする。

図1に示すようにY方向が長辺側とし、辺長比 ξ を次式で定義する。

$$\xi = L_x / L_y \leq 1 \quad (1)$$

耐力中心Sと重心Gの距離（耐力偏心距離）は次式で表されるものとする。

$$s_x = e_{sx} \cdot L_x / 2, \quad s_y = e_{sy} \cdot L_y / 2 \quad (2)$$

ここで、 e_{sx} 、 e_{sy} は無次元化偏心距離である。

条件⑥より、各構面の層せん断力-層間変位関係は、図2に示すように、フレームとダンパー系の2本の完全弾塑性型によって表される。

(2) 損傷予測

損傷集中構面における塑性変形による消費エネルギーの予測方法を提案するにあたって、文献1)で提案されている偏心による必要塑性変形能力の増加率を適用する。

図3は、半サイクルごとの地震入力エネルギー ΔE_j を大きいものから順に並べたものである。骨組が崩壊機構を形成するのに必要な入力エネルギー ΔE_p に対応する半サイクルの振動の回数 j を j_1 とおき、 ΔE_j を小さいものから順に足し合わせて、弾性歪エネルギー E_e と等しくなるときの j を j_2 とおく。図3の濃いハッチを施した領域の地震入力エネルギーは、X0構面の塑性変形だけで消費される。また、図3の淡いハッチを施した領域の地震入力エネルギーは、X0構面とX1構面の塑性変形によって消費される。

以上より、X0構面（損傷集中構面）における塑性変形による消費エネルギーは次式で求められる。

$$\begin{aligned} X_0 E_p = & \frac{r_{cycle} E_{dm} (1 - r_{cycle})^{j_2 - 1}}{\log(1 - r_{cycle})} - \frac{(1 - e_s)(\bar{\rho} + 1)}{2(\bar{\rho} - e_s)} \\ & \cdot \frac{r_{cycle} E_{dm} (1 - r_{cycle})^{-0.5}}{\log(1 - r_{cycle})} + \frac{(1 + e_s)(\bar{\rho} - 1)}{2(\bar{\rho} - e_s)} \\ & \cdot \left\{ -\frac{r_{cycle} E_{dm} (1 - r_{cycle})^{-j_1 - 1}}{\log(1 - r_{cycle})} + \Delta E_p (j_1 - 0.5) \right\} \end{aligned} \quad (3)$$

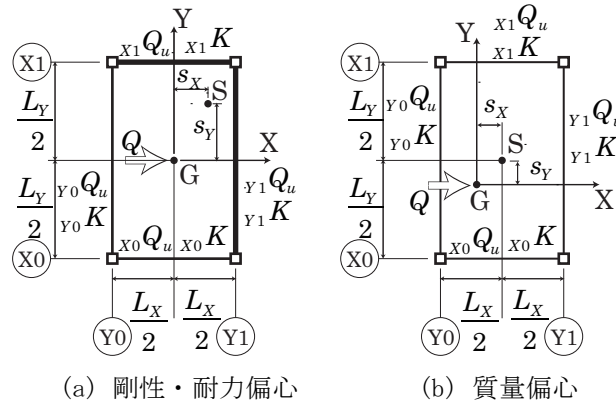


図1 対象骨組（伏図）

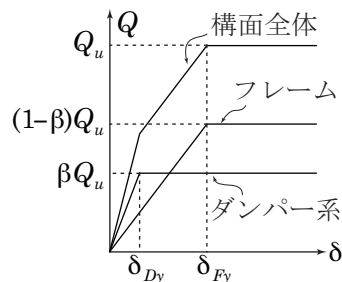


図2 各構面のQ- δ 関係

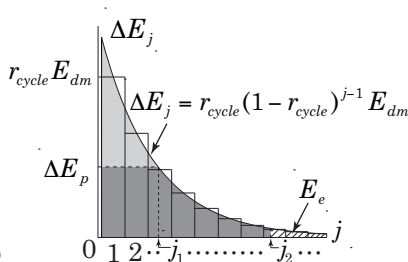


図3 半サイクルごとの地震入力エネルギー

ダンパー系の塑性変形による消費エネルギーを予測するにあたって、文献2)で提案されているラーメン部材の必要塑性変形性能に関する既往の研究を適用する。文献2)において、先に降伏する要素をダンパー系、後から降伏する要素をフレームとみなし、図2に示すような2つの完全弾塑性型によって各構面の荷重—変位関係が描けるものとする。X0構面に入力されるエネルギーを(3)式の ${}_{X0}E_p$ と考えると、文献2)より、ダンパー系の塑性変形による消費エネルギーは、累積塑性変形倍率 η を用いて次式で表される。

$${}_{X0}E_{Dp} = \eta \cdot \delta_{Dy} \cdot {}_{X0}Q_{Dy} \quad (4)$$

(3) 時刻歴応答解析

上記で示した損傷予測の妥当性を確認するため、時刻歴応答解析をおこなう。解析パラメータとして以下の諸量を与える。

- ・ダンパー系の耐力分担率： $\beta=0.0\sim0.6$
- ・ダンパー系とフレームの剛性比： $k=0.5\sim4.0$
- ・偏心の種類：剛性・耐力偏心，質量偏心
- ・偏心の軸：1軸偏心($e_{sx}=0, e_{sy}=e_s$)
- ・無次元化偏心距離： $e_s=0.0\sim0.50$
- ・辺長比： $\xi=1.0, 0.5, 0.2$

また、解析骨組の諸量として、階高は4m、全重量は1000kN、床面積は100m²とし、振れを拘束した場合の保有水平耐力は、崩壊ベースシヤ係数を $C_{Bu}=0.3$ として求める。振れを拘束した場合の層せん断剛性については、1次設計用地震荷重($C_0=0.2$)に対する層間変形角が1/200(rad)となるように決定する。

入力地震動は、El Centro NS, BCJ L2, NTT B3 NSの3波を用い、X方向と平行に入力する。入力レベルに関しては、次式で定義される損傷に寄与する地震入力エネルギー E_{dm} の速度換算値 V_{dm} が1.5(m/s)になるように、地動加速度を増幅または低減している。

$$V_{dm} = \sqrt{2E_{dm}/M} \quad (5)$$

ただし、

$$E_{dm} = (E_e + E_p)_{\max} \quad (6)$$

ここで、 M は骨組の全質量、 E_e は弾性歪エネルギー、 E_p は塑性変形による消費エネルギーである。

4. 研究成果

(1) 解析結果と予測結果の比較

図4、図5に解析結果と予測結果を比較して示す。図4の縦軸はX0構面における塑性変形による消費エネルギー ${}_{X0}E_p$ を損傷に寄与する地震入力エネルギー E_{dm} で無次元化したもの、図5の縦軸はダンパー系の塑性変形による消費エネルギー ${}_{X0}E_{Dp}$ を E_{dm} で無次元化したもので、横軸はいずれも無次元化偏心距離 e_s である。

図4より、 ${}_{X0}E_p$ に及ぼす偏心の影響は、既往の研究成果¹⁾と同じ傾向が見られ、 e_s が大きいほど、 ξ が小さいほど、X0構面の損傷が大きくなっていることがわかる。図4、図5より、予測結果は解析結果の最大値を捉えていることがわかる。また、図4において、 $\xi=1.0$ で e_s が大きい範囲では、予測結果が解析結果を上まわっている。これは、損傷予測ではX方向の構面だけが塑性化すると考えているためであり、 e_s が大きくなるとY方向の構面も塑性化することに起因している。

これらの結果より、履歴型ダンパー付1層1×1スパン鋼構造立体骨組の損傷集中構面における履歴型ダンパーや梁端の損傷(塑性変形による消費するエネルギー)は、本研究で提案した方法を用いることで、概ね予測可能であるといえる。

【参考文献】

- 1) 森泰志，聲高裕治：偏心を有する鋼構造強柱立体骨組におけるエネルギー消費部材の必要塑性変形能力，日本建築学会近畿支部研究報告集，第45号・構造系，pp.365-368，2005.6
- 2) 小川厚治，井上一朗，中島正愛，澤泉紳一：梁降伏型鋼構造ラーメン部材の必要塑性変形性能に関する研究，日本建築学会構造系論文集，第537号，pp.121-128，2000.11

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

聲高 裕治 (KOETAKA YUJI)
大阪工業大学・工学部・講師
研究者番号：80343234

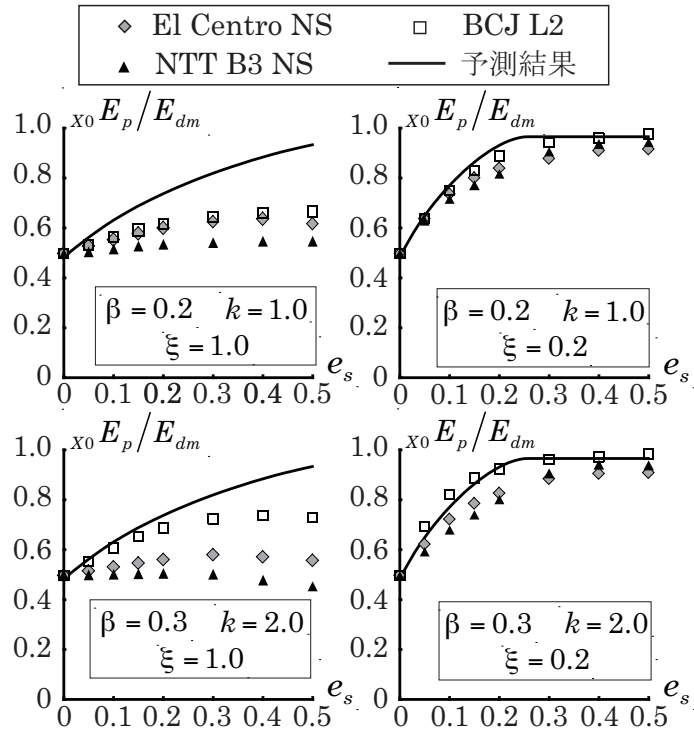


図4 塑性変形による消費エネルギー（総量）

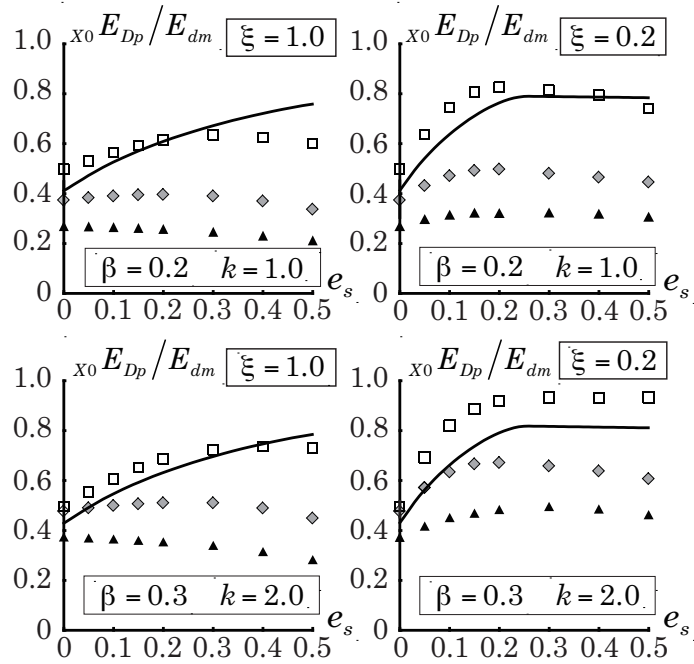


図5 塑性変形による消費エネルギー（ダンパー系）