

第2分枝勾配をもつせん断型多質点系の損傷分布に関する研究

耐震設計 せん断型骨組 損傷分布 損傷集中

正会員 〇 待鳥 賢治<sup>\*1</sup>  
同 小川 厚治<sup>\*2</sup>  
同 黒羽 啓明<sup>\*3</sup>

1. 序

筆者らは既に、完全弾塑性型の復元力特性を持つせん断型多質点系について損傷の各層への分配則を提案している<sup>1)</sup>。また、1自由度系を対象に正負2方向への損傷分配を明らかにしている<sup>2)</sup>。本報は、この2つの損傷分配則を組み合わせて、第2分枝勾配をもつせん断型多質点系の損傷分配を予測しようとするものである。

2. 損傷分配則

本報では図1に示すせん断型多質点系を解析対象とし、各層の質量および階高は全て一定とする。地震荷重分布は各層に作用する水平力  $H_i$  を用いて次式で仮定する<sup>1)</sup>。なお、層番号  $i$  は上から順に数えている。

$$E[H_i]=0, E[H_i^2]=\sigma^2, E[H_i H_j]=0 \quad (1)$$

ここで、 $E[\ ]$ : 時間的平均値、 $\sigma$ : 定数、 $i \neq j$

正負2方向への損傷分配則は次のように表される<sup>2)</sup>。

[1] 地動による全入力エネルギー  $E_i$  の1/4が、まず一方方向の塑性変形によって吸収される。

[2] それ以降の入力エネルギーは、正負それぞれの塑性変形によって吸収される。

各層の正負の弾性限強度が  $P_{yi+}, P_{yi-}$  という状態での各層の正負2方向への損傷増加速度  $\dot{E}_{pi+}, \dot{E}_{pi-}$  は以下のように計算する<sup>1)</sup>。まず、 $i$ 層が正側または負側で降伏することを表す基準荷重係数  $\lambda_{i+}, \lambda_{i-}$  は次式で定義する。

$$\lambda_{i+} = P_{yi+} / \sigma \sqrt{i}, \quad \lambda_{i-} = P_{yi-} / \sigma \sqrt{i} \quad (2)$$

$i$ 層の正負の損傷として流入しようとするエネルギー速度  $\dot{E}_{pi+}, \dot{E}_{pi-}$  は次式となる。

$$\dot{E}_{pi+} = c E_{oi} \lambda_{i+}^{-4}, \quad \dot{E}_{pi-} = c E_{oi} \lambda_{i-}^{-4} \quad (3)$$

ここで、 $E_{oi} = i / K_i, K_i$ :  $i$ 層の弾性剛性、 $c$ : 定数

以下では、 $\dot{E}_{pi+}$  の配分過程のみを説明する。 $j$ 層の層せん断力の上限值  $P_{yj+}$  を考慮した条件付き荷重係数  $\lambda_{i+}$  を次式で定義する。

$$\lambda_{i+} = \frac{1}{\sigma} \sqrt{\frac{j^2 P_{yi+}^2 - \min(i, j)^2 P_{yj+}^2}{i j^2 - j \min(i, j)^2}} \quad (4)$$

したがって、 $i$ 層の荷重係数  $\lambda_{i+}$  は次式で定義される。

$$\lambda_{i+} = \max(\lambda_{i+}, \lambda_{j+}) \quad (5)$$

上式右辺の括弧内の最大値が  $\lambda_{i+}$  であるとき、 $m$ 層の弾

性限強度が  $i$ 層の降伏を疎外し、 $\dot{E}_{pi+}$  の内、下式の損傷は  $m$ 層に再分配される。

$$\dot{E}_{pm+} = c E_{oi} (\lambda_{i+}^{-4} - \lambda_{m+}^{-4}) \quad (6)$$

$\dot{E}_{pi+}$  の内、 $i$ 層の正の損傷となるのは次式である

$$\dot{E}_{pi+} = c E_{oi} \lambda_{i+}^{-4} \quad (7)$$

3. 応答解析値と予測値との比較

解析に用いた骨組の層数は5,10,15層で、 $P\Delta$ 効果を無視し、 $i$ 層の弾性限強度  $P_{yi}$  の基準値は次式とする<sup>1)</sup>。

$$P_{yi} = C_B g \sqrt{iTN} \quad (8)$$

ここで、 $C_B$ : ベースシャ係数、 $g$ : 重力加速度  
ただし、ベースシャ係数  $C_B$  は全層に0.02の塑性変形角が生じたときに吸収できるエネルギー量が、速度スペクトルを150kineとして求めた入力エネルギー量と等しくなるように求めている。基準骨組の各層の弾性限層間変形角は1/200とし、復元力特性は図2に示すような秋山モデルとする。入力地震外乱は表1に示す12種であり、入力エネルギーが上記の値になるように増幅している。

図3~5に応答解析値と予測値とを比較する。図3が5層骨組、図4が10層骨組、図5が15層骨組である。また、各図の(a)は最上層、(b)は中間層、(c)は最下層の弾性限強度を0.8倍に低減した骨組の結果を示し、表1のマークで示したのが地震外乱を入力したときの応答値で、実線は予測値である。↑印はそれ以下に第2分枝勾配を小さくすると倒壊することを表している。縦軸は弱い層の損傷を全層の損傷で除した損傷分配率で、横軸は第2分枝剛性比  $\tau$  であり、-0.05~0.05の範囲で変化させている。

図3~5の応答解析値によると、第2分枝剛性比  $\tau$  が小さくなると弱い層の損傷集中が激しくなる傾向が認めら

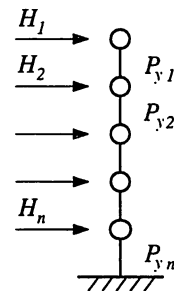


図1 解析モデル

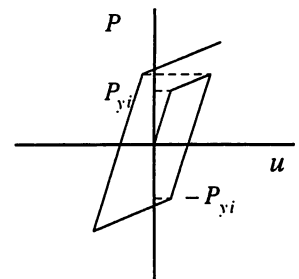


図2 復元力特性

れる。また、この傾向は層数が多いほど顕著になる。弱い層が最上層であれば $\tau=0$ であっても、極端な損傷集中は生じていないが、弱い層が中間層や最下層であれば $\tau=0$ のとき大半の損傷は弱い層に集中している。 $\tau=0$ のとき中間層や最下層の損傷集中は10層骨組や15層骨組では $\tau=0.05$ とすることによって急激に緩和される。

以上に述べたような応答解析結果の平均的性状を、予測値はよく表現している。

なお、本研究は1994-1995年度文部省一般研究(C)(課題番号06650639)の援助を受けた。

【参考文献】1) 塩崎洋一他:せん断型多層骨組の損傷集中予測式の提案,日本建築学会大会学術講演梗概集,pp1535-1536,1993.9

2) 待島賢治他:強震を受ける構造物の正負2方向への損傷分配に関する一考察,日本建築学会九州支部研究報告,pp497-500,1995.3

表1 入力地震外乱

地震波名	最大加速度(gal)	継続時間(sec.)	マーク
Elcentro,N-S	341.7	53.73	□
Elcentro,E-W	210.1	53.47	■
Taft,N-S	152.7	54.36	◇
Taft,E-W	175.9	54.38	◆
Hachinohe,N-S	225.0	35.99	△
Hachinohe,E-W	182.9	35.99	▲
Sendai,N-S	57.5	13.98	▽
Sendai,E-W	47.5	14.18	▼
Tohoku Univ.,N-S	258.2	40.94	○
Tohoku Univ.,E-W	202.6	40.94	●
Tokyo,N-S	74.0	11.38	田
Osaka,E-W	25.0	14.98	×

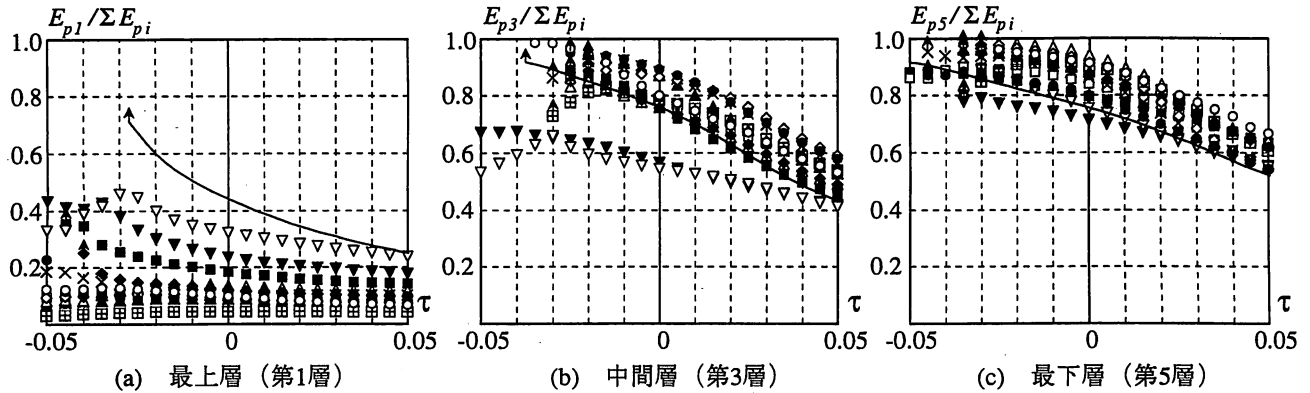


図3 5層骨組

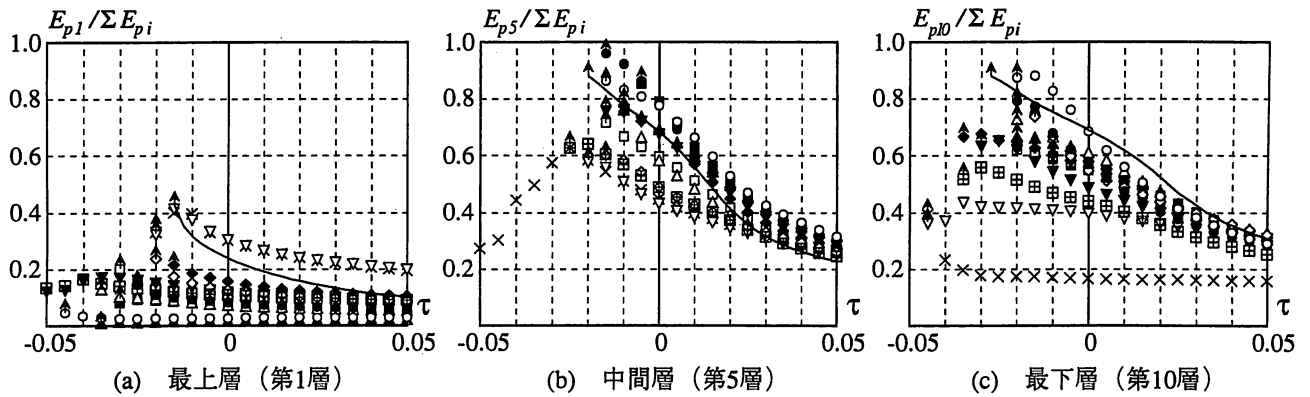


図4 10層骨組

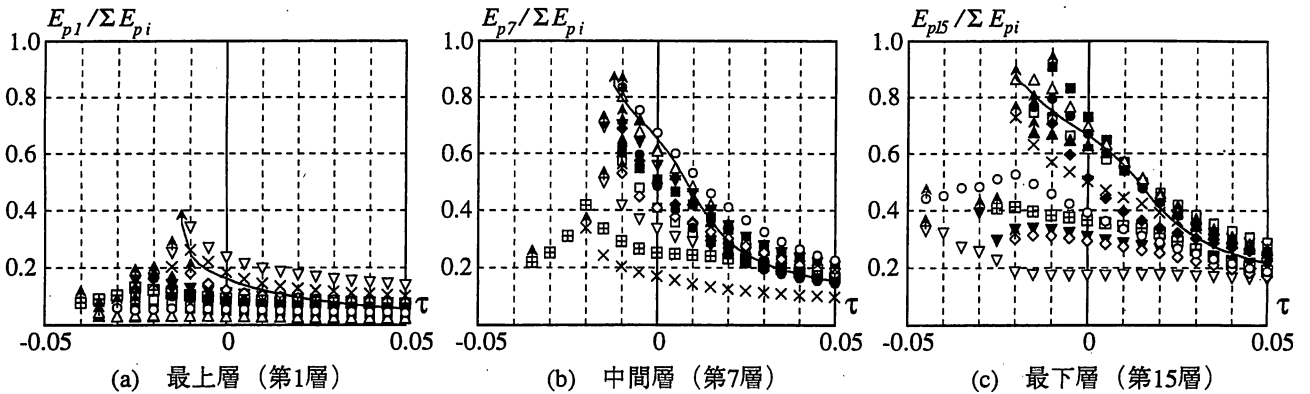


図5 15層骨組

\*1 熊本大学大学院修士課程

\*2 熊本大学工学部建築学科 助教授・工博

\*3 熊本大学工学部建築学科 教授・工博

Graduate School, Department of Architecture, Kumamoto Univ.

Assoc. Prof., Department of Architecture, Kumamoto Univ., Dr. Eng.

Prof., Department of Architecture, Kumamoto Univ., Dr. Eng.