

## 半剛接鋼骨組の地震応答に関する研究 (その5 接合部破断までに必要とする累積塑性変形)

耐震設計 接合部パネル 地震応答  
数値解析 ラーメン

正会員 山成 實<sup>1</sup>  
同 ○ 牟田 健次<sup>2</sup>

1. 序 本報告では過大な繰返し塑性変形を受ける骨組構成部材の破断に焦点を当て、骨組が巨大地震を被る際に破断を免れるに必要とする柱梁接合部パネル変形量を数値解析によって考察を加えたものである。部材あるいは接合部が破断することで必ずしも建物が倒壊に至ることはないが、部材破断や接合部破断によって建物の構造機能を失う事象が1995年1月17日に起きた兵庫県南部地震による阪神大震災で露呈された<sup>[1]</sup>。本論では部材破断が生じた時点でその骨組が壊れたと見なし、その時の部材の累積塑性変形量を調べた結果を報告する。

2. 解析骨組と部材の復元力特性 図1に示す骨組は均等ラーメン骨組の1本の柱を中心に、両側の梁の反曲点位置で取出した部分骨組である。階高は全層にわたって  $h = 350 \text{ cm}$ 、スパン長  $l = 700 \text{ cm}$  とし、層数は5と限定した。なお、層番号は上層から数えることとする。

柱部材および接合部パネルに対して加藤・秋山モデル<sup>[2]</sup>、梁部材および柱梁仕口回転バネに対してパウシンガー・モデルを採用した<sup>[3]</sup>。図2に示すように、接合部破断が繰返し履歴曲線と単調載荷曲線との対応関係においても加藤・秋山モデルが有効であるという前提を置くことにする。実際には超低サイクル疲労で、繰返し載荷における部材や接合部の破断時変形は単調載荷曲線のものよりも少ないことが知られているが、本研究ではこの問題を考慮しないこととする。

3. 接合部の破断則と累積塑性変形倍率 接合部が過大な繰返し塑性変形を受け破断する場合を考える上で加藤・秋山モデルが参考になる。図3に示すように接合部破断時の塑性変形を  $\delta_B$  とするとき、接合部破断時累積塑性変形倍率  $\eta_B$  を式(1)で定義する。

$$\eta_B = \frac{\delta_B}{\delta_y} \quad \dots \dots \dots (1)$$

4. 解析 解析骨組は文献[3]に示した構成部材および接合部要素の強度と接続される部材の強度との比で表現されるものであり、ここでは接合部パネルの強度比のみを変化させた。骨組の設計は、入力地震波の強さを疑似速度応答スペクトル 150 *kine* に増幅したものに対して、骨組の各層の最大層間変形角の平均値が 0.02 *rad* となるように柱梁断面を算定した。骨組の減衰定数は Reyleigh 型の 1次、2次共に 3.0% とした。

解析法は Newmark  $\beta$  法による数値積分で行う時刻歴応答解析である。積分における時間増分は 0.02 秒とし、応答量が式(1)で定義される破断時累積塑性変形倍率に達した時点で計算を中断させた。

5. 考察 以上の解析結果に対する考察を加える。図3は接合部の降伏耐力と破断までの変形量との関係を示したものである。接合部が破断に達するまでに吸収するエネルギーが一定であるという仮定を設けると、式(2)が得られる。

$$\left( \frac{P_y}{P_y'} \right)^2 = \frac{(3K + \tau \eta') \eta'}{(3K + \tau \eta) \eta} \quad \dots \dots \dots (2)$$

ただし、 $K$  および  $\tau$  はそれぞれ接合部の弾性剛性および2次剛性である。

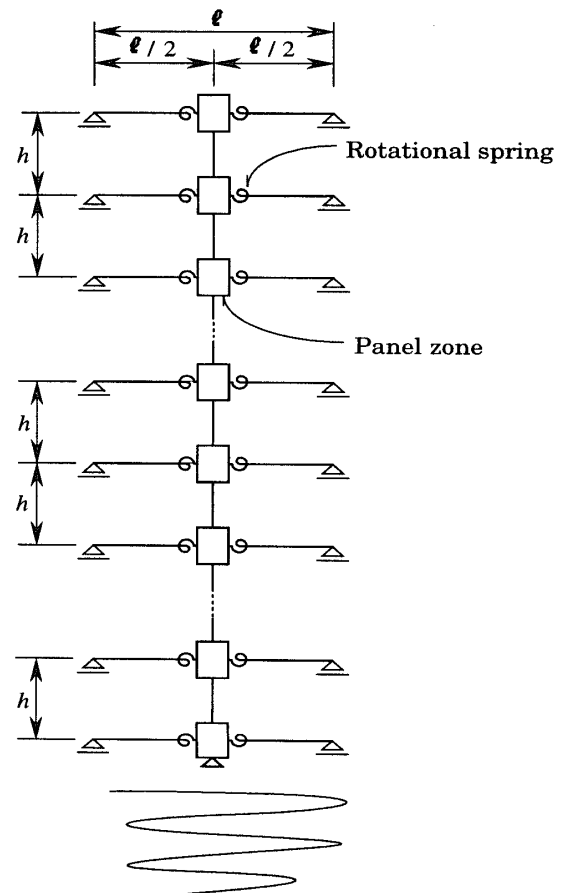


図1 解析骨組

同式から破断時の累積塑性変形倍率は強度比に関して単調減少関数であることが分かる。このことから弱い接合部ほど破断時までに十分な変形性能が要求されることは明らかである。

解析結果を図4および図5に示す。図4は接合部パネルが破断を免れ得る保障値としての累積塑性変形倍率をパネルの強度比を変化させてプロットしたものである。

図5には接合部パネル破断時の時刻とパネル強度比の関係を示した。パネルの強度に依らず破断はほぼ同時刻で生じ、入力地震波の最大加速度到達後数秒で生じている。今般の阪神大震災に於いても破断現象は主揺動が最大に達した後の数秒後に破断が起こったと推察される。表1は上記の数値と接合部破断が生じた階数を記した。中間層へ損傷の集中が見られる。

表1 解析結果一覧

El Centro (1940) NS

| $R_{PP}$ | 0.5   | 0.6   | 0.7  | 0.8   | 0.9  |
|----------|-------|-------|------|-------|------|
| $\eta_B$ | 17.50 | 13.90 | 9.83 | 6.25  | 5.28 |
| 破断時刻     | 12.04 | 4.44  | 4.43 | 12.44 | 4.40 |
| 破断層      | 3     | 5     | 5    | 3     | 5    |

El Centro (1940) EW

| $R_{PP}$ | 0.5   | 0.6   | 0.7   | 0.8   | 0.9   |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\eta_B$ | 12.60 | 10.81 | 8.36  | 5.18  | 2.84  |
| 破断時刻     | 19.26 | 25.45 | 25.43 | 25.31 | 25.31 |
| 破断層      | 5     | 5     | 5     | 3     | 3     |

6. 結論 5層の均等ラーメン骨組による2種の地震波を用いた地震応答解析から得られた結果を以下に要約する。

(1) 接合部パネルの破断に関して破断時の累積塑性変形倍率とパネル強度比の関係を調べた結果、パネルの強度低下に伴い破断までに必要とされる変形能の量が増加することが明らかにされた。

(2) パネル破断時の時刻を調べると、入力地震波の最大加速度に達した後の数秒後に破断が生じることが分かった。

参考文献

- [1] 日本建築学会近畿支部鉄骨構造部会：1995年兵庫県南部地震鉄骨造建物被害調査報告書，1995年5月
- [2] Kato B. and Akiyama H. : Theoretical Prediction of the Load-Deflexion Relationship of Steel Members and Frames, Preliminary Publication of IABSE Symposium, Lisbon, 1973
- [3] 藤田芳治, 山成實, 小川厚治, 黒羽啓明：半剛接鋼骨組の地震応答に関する研究(その1), 日本建築学会大会学術講演梗概集, C構造II, pp.1388~1387, 1992年8月

1 熊本大学大学院自然科学研究科助手・工博

2 熊本大学大学院生

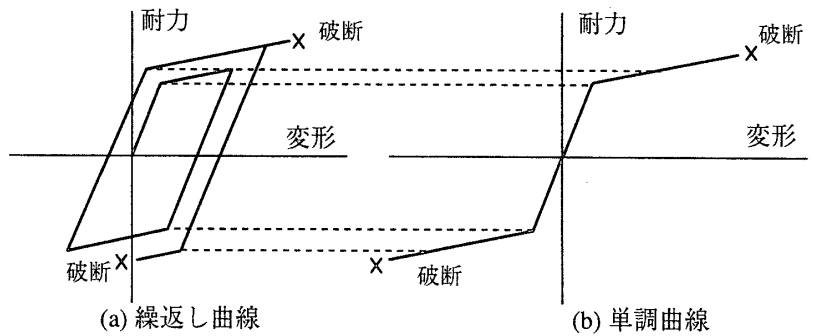


図2 接合部の履歴則と破断則

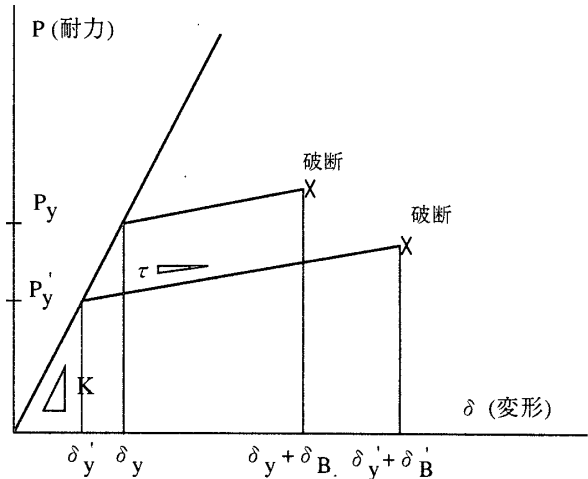


図3 接合部の耐力と破断時変形能

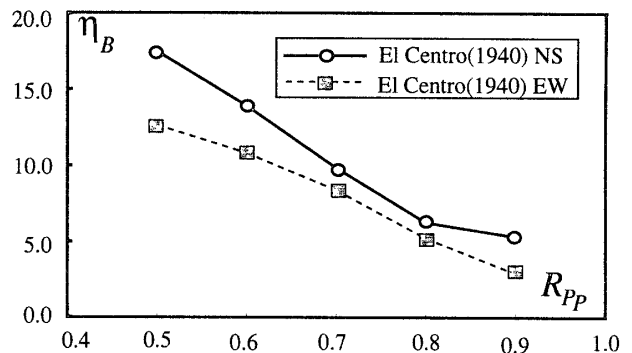


図4 接合部破断時累積塑性変形倍率とパネル強度比

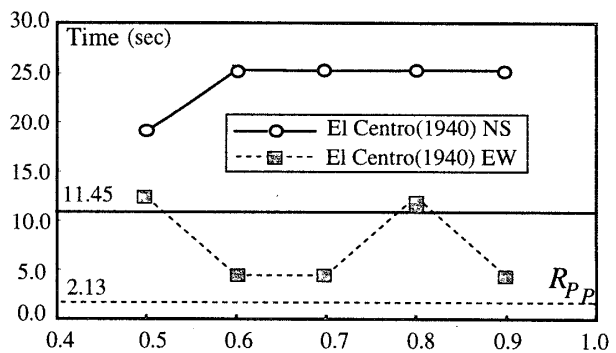


図5 接合部の破断時刻

Research Assoc., Graduate School of Science and Technology,  
Kumamoto University, Dr. of Eng.  
Graduate Student, Kumamoto University