

I - B 130

せん断崩壊型はり部材を有する2層門形ラーメンの非弾性地震応答性状

大同工業大学大学院 学生会員 山田 幸
大同工業大学工学部 正会員 酒造敏廣

1. まえがき

兵庫県南部地震で被害を受けた鋼製ラーメン橋脚の損傷の内、従来ほとんど指摘されていなかった橋脚の損傷形態として、1層あるいは2層の門形ラーメン橋脚のはり中央付近の腹板のせん断座屈が挙げられる。筆者らは、1層ラーメンを対象にして数値解析を行い、この種の崩壊モードは隅角部とその近傍の柱断面の塑性変形がかなり押さえること、はり腹板で大きな履歴エネルギー分担を期待するには、大きな損傷が避けられないこと等を明らかにしてきた^{1), 2)}。

本研究は、2層ラーメンの非弾性地震応答解析を行い、中間横荷重を受けるはり中間層腹板の塑性化を伴うときの損傷メカニズムについて考察するものである。

2. 解析モデルと解析方法

(1) 2層門形ラーメンのモデル化

Fig.1 に示すように、柱頭部と中間層より中央に鉛直荷重 P が作用した状態で、水平地動 $a_{oz}\ddot{U}_{oz}(t)$ を受ける2層門形ラーメンを解析対象とした。鉛直荷重の作用位置に集中質量を仮定し、はり・柱の質量を無視した。同図において、Sec.5 と Sec.10 が弾塑性せん断変形挙動を考慮するはり腹板である。解析方法は文献1)に従っている。水平地動には El-Centro 波の最初の8秒間を4倍に増幅して用いた。解析したラーメンの寸法諸元と降伏点を Table.1 に示す。

(2) はり中央腹板の塑性化判定のパラメータ β_{py}

文献2)を参考にして、はり腹板のせん断降伏が隅角部腹板よりも先行しないための条件を、次のように仮定した。

$$\beta_{py} = \frac{1}{2\xi} \frac{L_o}{D_c} \frac{t_{wb}}{t_{ws}} \frac{\tau_{by}}{\tau_{sy}} > 1 \quad (1)$$

$$\xi = 1 + \frac{1}{2} \frac{L_o}{D_c} \frac{t_{wb}}{t_{ws}} \frac{\tau_{bl}}{\tau_{sy}} - \frac{\tau_{sl}}{\tau_{sy}} \quad (2)$$

ここに、 t_{wb} と t_{ws} ははり中間部と隅角部の腹板厚、 τ_{by} と τ_{sy} ははりと隅角部腹板の降伏せん断応力、 τ_{bl} 、 τ_{sl} は、中間横荷重によって、はりと隅角部腹板に生じるせん断応力である。

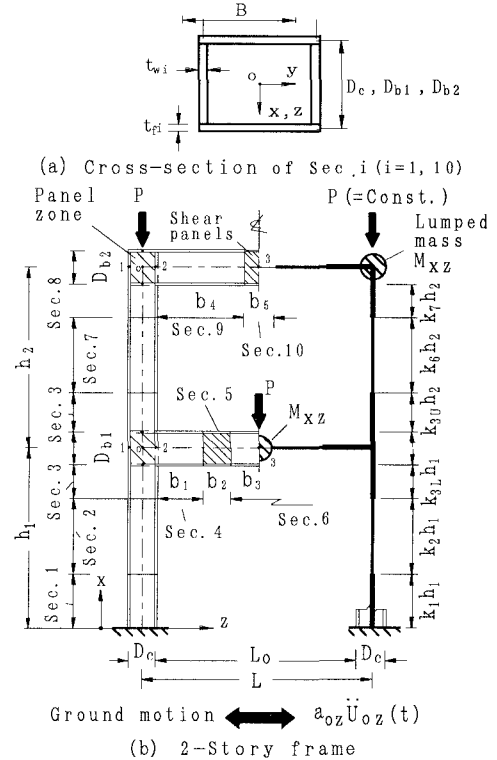


Fig.1 Numerical model of frames subjected to ground motion

Table 1 Dimension and yield point of numerical model ($\xi\beta_{py}=1.0$)

| Sec. i | Items | t_f (cm) | t_{wi} (cm) | Yield point (MPa) | |
|----------|-------|------------|---------------|-------------------|---------------|
| | | | | σ_{fy} | σ_{wy} |
| 1 | | 3.20 | 2.56 | 353 | 353 |
| 2 and 7 | | 2.60 | 2.08 | 314 | 314 |
| 3 and 8 | | 3.60 | 2.88 | 471 | 375 |
| 4 and 9 | | 3.60 | 2.88 | 471 | 375 |
| 5 and 10 | | 3.60 | 0.90 | 353 | 314 |
| 6 | | 3.60 | 2.88 | 314 | 372 |

Notes: $h=30m, L=12m, B=D_{b1}=D_{b2}=120cm, b_2=D_{b1}, b_3=2D_{b1}, b_5=2D_{b2}, P=0.1N_{y2}, N_{y2}$; Squash force of Sec.2, $k_1=0.23, k_2=0.652, k_{3U}=0.078, k_{3L}=0.04, k_6=0.84, k_7=0.04$.

2層ラーメン、はりのせん断崩壊、非弾性地震応答

〒457-0818 名古屋市南区白水町40 TEL 052-612-5571 FAX 052-612-5953

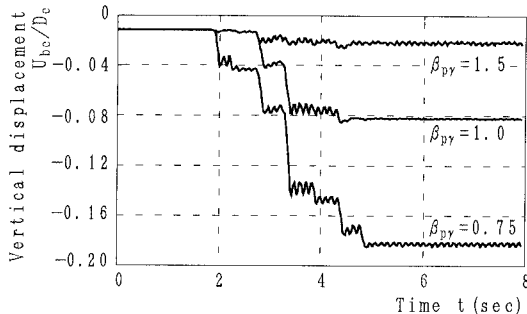


Fig. 2 Time history of vertical displacement at the center of beam

3. 数値計算結果と考察

(1) 変位の時刻歴応答

はり中央の横荷重作用位置における鉛直変位 U_{bc} の時刻歴応答を Fig.2 に示す。この図からわかるように、時刻 t = 約 2~5sec の範囲では、 β_{py} が 1 より小さくなるにつれて、鉛直変位が非常に大きくなっている。これは、はり腹板 Sec.5 の塑性せん断変形と中間横荷重に起因するものであり、鉛直上方向への変位振幅は小さく、下方向に変位が累積している。

柱頭部の水平変位の時刻歴応答を Fig.3 に示す。この図から、 $\beta_{py}=0.5$ の応答変位は、 $\beta_{py}=0.75, 1.5$ のそれらより小さくなっていることがわかる。

(2) はり中央腹板の塑性化による左柱の損傷分布

ラーメン左柱の損傷分布を Fig.5 に示す。損傷としては、柱断面の累積塑性曲率 $\Sigma|\Delta\phi_p|$ と、隅角部腹板の累積塑性せん断変形角 $\Sigma|\Delta\gamma_p|$ をとっている。図中、 ϕ_i と γ_i は降伏曲率と降伏せん断ひずみである。この図から、1層目は腹板の塑性せん断変形により、1層目隅角部と柱基部の近傍で、塑性変形の累積がかなり小さくなっていることがわかる。

(3) β_{py} による累積塑性ひずみの変動

パラメーター β_{py} によるラーメン各部の累積塑性ひずみを Fig.5 にまとめる。ここに、 $\Sigma|\Delta\epsilon_p|$ は軸ひずみ成分、 ϵ_i は降伏ひずみである。同図より、はり腹板の塑性化は $\beta_{py} < 約 1.1$ の範囲で著しくなる傾向にある。

4. まとめ

1層目ははりに中間横荷重が作用するとき、はり腹板の塑性せん断変形が起こると、①はりのたわみが著しくなること、②1層目隅角部と柱基部付近の塑性変形集中が抑えられる。

参考文献 1) 酒造敏廣, 事口壽男, 長田好夫: 鋼変断面ラーメンの非弾性地震応答性状と崩壊モードに関する研究, 構造工学論文集, Vol.43A, 土木学会, 1997年3月, pp.205-216. 2) 酒造敏廣: せん断崩壊型はり部材を有する鋼門型ラーメンの非弾性地震応答性状に関する研究, Vol.44A, 構造工学論文集, 1988年3月 pp.169-178. 3) 山田 幸, 酒造敏廣: せん断崩壊型はり部材を有する鋼製ラーメン橋脚の非弾性地震応答, 土木学会中部支部, 平成9年度発表会・講演概要集, 1-14, 1998年3月, pp25-26.

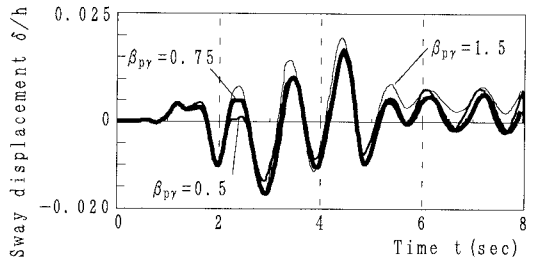


Fig. 3 Time history of sway displacement at the top of left column

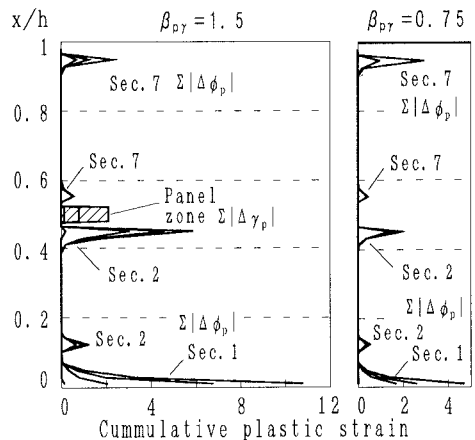


Fig. 4 Distribution of damage

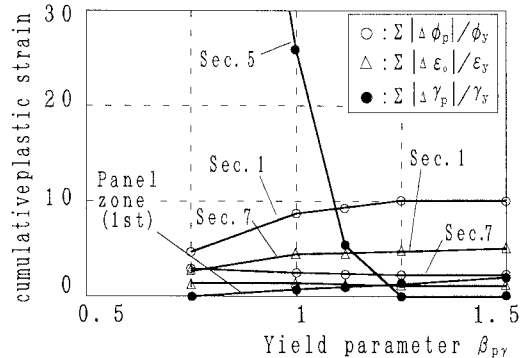


Fig. 5 Variation of plastic strain with β_{py}