

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

大同工業大学工学部 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（以下、*Shear panels* とも記す）のせん断屈服があげられる。筆者らは、1層門形ラーメンを対象にして数値解析を行い、このときの損傷メカニズムの特徴として、隅角部とその近傍の柱断面の塑性変形がかなり押さえられること、はりと隅角部腹板のせん断力差が大きいために、はり腹板で大きな履歴エネルギー分担を期待するためには、はり腹板に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⁾。

本研究は、せん断を受けるはり中央腹板の塑性化を伴う2層門形ラーメンの非弾性地震応答解析を行い、そ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。ラーメンの弾性1次固有周期が約1sとなるように柱頭部にのみ集中質量を仮定し、はり・柱の質量を無視した。はり・柱は9つの断面 Sec.1~Sec.9 からなり、Sec.5 と Sec.9 が弾塑性せん断変形が起こるはり中央腹板に相当する。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。

(2) はり中央腹板の塑性化判定のパラメータ β_{py}

文献1)を参考にすると、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は、次のようになる。

$$\beta_{py} > 1 \quad (1)$$

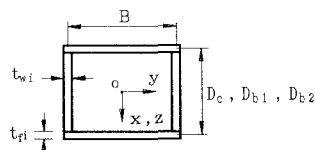
ここに、

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

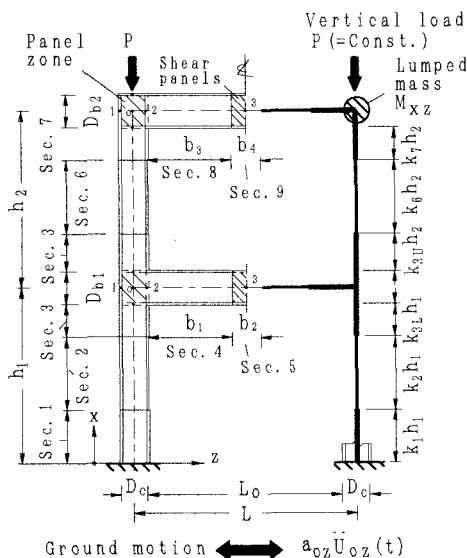
また、 t_{wb} 、 t_{ws} ははり中央部と隅角部の腹板厚、 τ_{by} 、 τ_{sy} ははりと隅角部腹板の降伏せん断応力である。 L_o と D_c は Fig.1 参照。

$\beta_{py}=1.0$ のときの解析モデルの寸法諸元と降伏点を Table 1 に示す。解析では、 $\beta_{py}=0.75 \sim 1.5$ の範囲ではり中央腹板の降伏点を変化させた。

3. 数値計算結果と考察

(1) 水平復元力 H —水平変位 δ 曲線とはり中央

(a) Cross-section of Sec. i (i=1, 8)



(b) 2-Story frame

Fig.1 Numerical model of frames subjected to ground motion

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

Items Sec. i	t_{β} (cm)	t_{wi} (cm)	Yield point (MPa)	
			σ_{fyi}	σ_{wyi}
1	3.20	2.56	353	353
2 and 6	2.60	2.08	314	314
3 and 7	3.60	2.88	471	375
4 and 8	3.60	2.88	471	375
5 and 9	3.60	0.90	353	314

Notes ; $h=30\text{m}$, $L=12\text{m}$, $B=D_{b1}=D_{b2}=120\text{cm}$, $b_2=b_4=2B$,
 $P=0.1N_{y2}$, N_{y2} : Squash force of Sec.2, $k_1=0.23$, $k_2=0.652$,
 $k_{3L}=0.078$, $k_{3U}=0.04$, $k_6=0.84$, $k_7=0.04$.

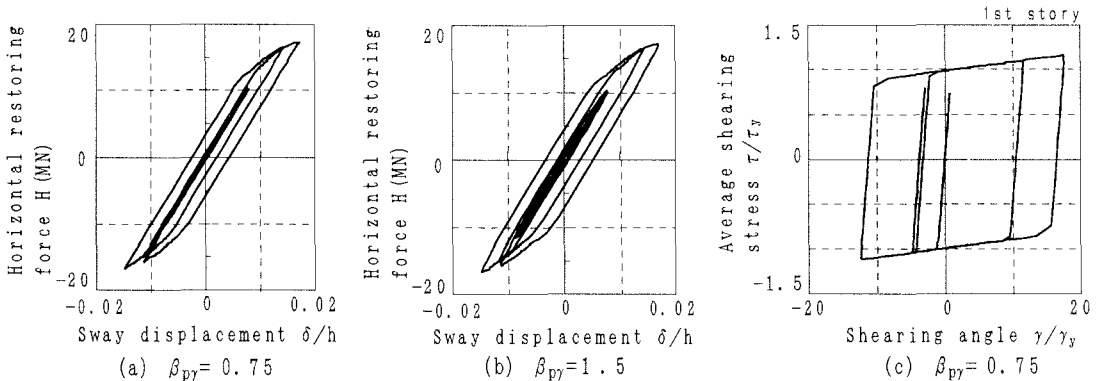


Fig. 2 H - δ curves of frames and τ - γ curve of web plates at centre of beam

の平均せん断応力 τ - せん断変形角 γ 曲線

ラーメンの H - δ 曲線と 1 層目のはり中央腹板の τ - γ 曲線 ($\beta_{py}=0.75$) を Fig.2 に示す。復元力 H は左右柱基部の水平反力の平均値に負符号を乗じて求めた。なお、 $\beta_{py}=0.75$ のとき、2 層目のはり中央腹板は弾性状態に留まっていた。

同図(a), (b)からわかるように、変位 δ の最大応答値については $\beta_{py}=0.75$ と 1.5 の間で大きな差異はみられない。しかし、 $\beta_{py}=0.75$ のときの履歴ループは $\beta_{py}=1.5$ のそれよりも大きく、はり中央腹板の塑性化の影響が現れている (同図(c)参照)。

(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.3 に示す。損傷としては、柱断面の累積塑性曲率 $\Sigma|\Delta\phi_p|$ 、および、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_p と γ_p は降伏曲率と降伏せん断ひずみである。

この図から、1 層目ははり中央腹板の塑性化により、隅角部と柱基部の付近において、塑性変形の累積がかなり小さくなることがわかる。

(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 $\Sigma|\Delta\phi_p|$ 、 $\Sigma|\Delta\epsilon_s|$ および $\Sigma|\Delta\gamma_p|$ を Fig.4 にまとめる。ここに、 $\Sigma|\Delta\epsilon_s|$ は軸ひずみ成分、 ϵ_s は降伏ひずみである。

同図からわかるように、はり中央腹板の塑性化は $\beta_{py} < 1.0$ の範囲で著しくなる傾向にある。1 層門形ラーメンに対して提示したのと同様に、塑性化集中を式(2)のパラメーター β_{py} によってほぼ把握できると考える。

4. まとめ

1 層目ははり中央腹板の塑性化により隅角部と柱基部の付近の塑性変形集中が小さくなることがわかった。はり腹板が履歴ダンパー²⁾のような役割を果たしていると考えられる。今後さらに検討が必要である。

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) 高橋泰彦, 品部祐児: せん断降伏型薄板鋼板の復元力特性に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, No.494, pp.107-114, 1997 年 4 月。

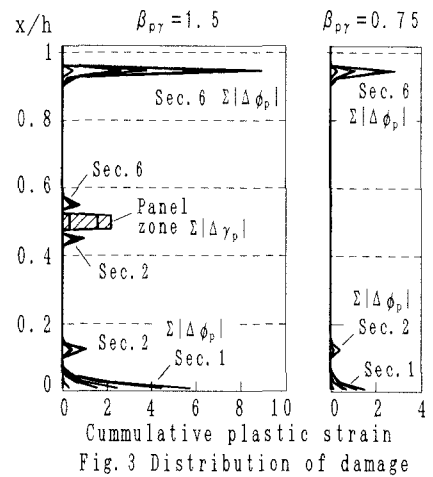


Fig. 3 Distribution of damage

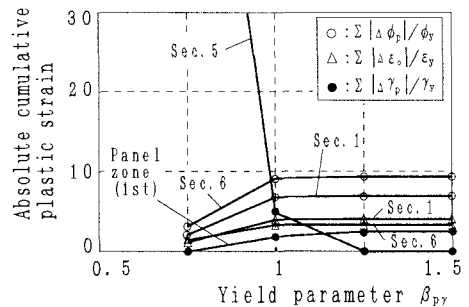


Fig. 4 Variation of plastic strain with β_{py}