

はり中間部の塑性化を伴う2層門形ラーメンの地震応答性状

大同工業大学工学部 学生会員 ○山田 宰

大同工業大学工学部 京田潤一

大同工業大学工学部 正会員 酒造敏廣

1. まえがき

筆者らは、これまでに、はり中間部腹板の塑性化を伴う1層・2層門形ラーメンの地震応答解析を行ってきた。そして、このような損傷モードを呈するラーメンでは、柱基部および隅角部とその近傍の柱断面の塑性変形がかなり抑えられることを明らかにしてきた¹⁾³⁾。

しかしながら、このような損傷モードの良否については、塑性変形するはり腹板のひずみ速度効果³⁾や履歴減衰性状等、検討を要する点が多々ある。

本研究は、2層門形ラーメンの非弾性地震応答解析を行い、1、2層目のはり中央で塑性せん断変形が現れるときの崩壊モードと柱基部の損傷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、柱頭部に定鉛直荷重 P を受け、水平地動 $a_{0z}U_{0z}(t)$ を受ける2層門形ラーメンを解析対象とした。柱頭部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、8つの断面Sec.1~Sec.8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。はり中央、柱基部および隅角部の塑性化による損傷メカニズムの変動に着目するため、断面Secs.2~4およびSecs.6~8は弾性状態を保つものと仮定した。解析方法は、概ね文献1)の方法に従っている。水平地動にはEl-Centro波の最初の8秒間を用いた。

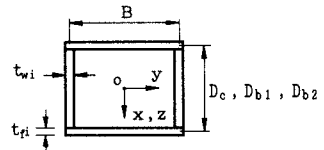
(2) はり中央腹板の塑性化判定のパラメータ β_{py}

はり腹板の塑性化発生の基本パラメーターは次式で求めた¹⁾。

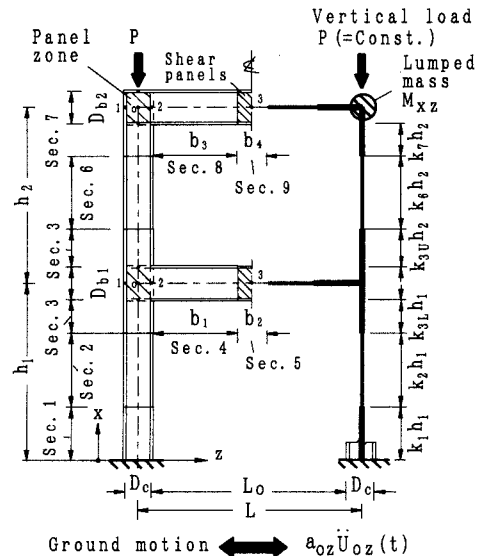
$$\beta_{py} = \frac{1}{2} \frac{L_o}{D_c} \frac{t_{wb}}{t_{ws}} \frac{\tau_{by}}{\tau_{sy}} \quad (1)$$

ここで、 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。また、 L_o と D_c はFig.1に示すとおりである。

本文で計算した $\beta_{py}=1$ の解析モデルの寸法諸元と降伏点をTable 1に示す。



(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 ($\beta_{py}=1$)

Items	t_f (cm)	T_{wi} (cm)	Yield point (MPa)	
			σ_{fyi}	σ_{fyt}
Sec. 1	3.20	2.56	353	353
2 and 6	2.60	2.08	(Elastic)	
3, 4, 7 and 8	3.60	2.88		
Panel zones	—	2.88	—	325
5 and 9	3.60	0.90	391	391

Notes ; $h=30m$, $L=12m$, $B=D_{b1}=D_{b2}=120cm$, $b_2=b_4=2B$, $k=0.366$, $P=0.1N_{y2}$, N_{y2} : Squash force of Sec. 2, $k_1=0.23$, $k_2=0.652$, $k_{3L}=0.078$, $k_{3U}=0.04$, $k_6=0.84$, $k_7=0.04$.

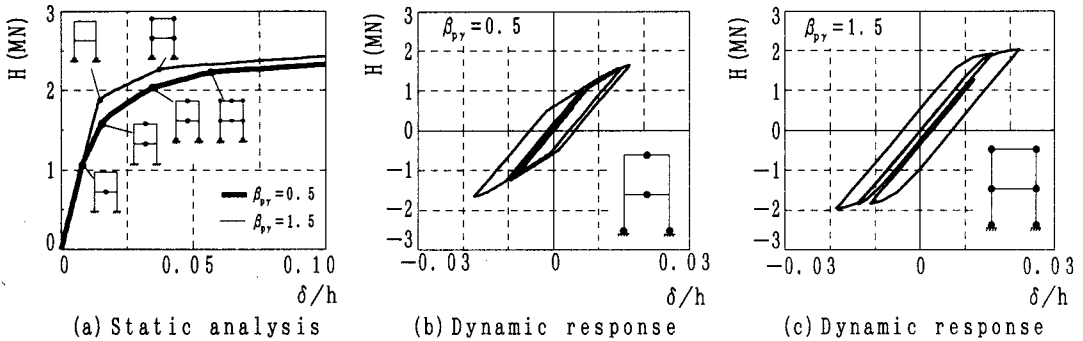


Fig. 2 Relationship between restoring horizontal force H and displacement δ

3. 数値計算結果と考察

(1) 柱の水平復元力 H —水平変位 δ 曲線

柱頭部に単調水平荷重を作用させたときの H — δ 曲線、および、地震動を受けるときの H — δ 曲線を 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ている。

まず、変位 δ の増大につれて変化するラーメンの崩壊モードは、同図(a)に示すとおりである。また、同図(b)と(c)を比較すると、 $\beta_{pr}=0.5$ のときは、はりの塑性化の影響が顕著になり、 H — δ 曲線の履歴ループは $\beta_{pr}=1.5$ のときよりも小さくなるのがわかる。最大応答変位は約 25% 小さくなっている。

(2) 変位と塑性ひずみの時刻歴応答

柱頭部の水平変位 δ 、柱基部の累積塑性曲率 ϕ_{pi}/ϕ_y 、および、はり中央腹板($\beta_{pr}=0.5$)の累積塑性せん断変形角 γ_{pi}/γ_y の時刻歴応答を Fig.3 にまとめる。

この図から、 $\beta_{pr}=0.5$ のときは、時刻 t = 約 4~5s の非弾性応答の範囲で、 $\beta_{pr}=1.5$ のときよりも変位応答が小さくなっていること、1 層目ははりの中央の腹板の塑性化によって、柱基部の塑性曲率がかなり抑えられることがわかる。

4. まとめ

1, 2 層目のはり中央腹板の内、主として 1 層目ははりの中央の塑性化によって、柱基部の塑性化がかなり抑えられることを示した。2 層目のはり中央腹板で著し

い塑性化が発生する場合については、本文の数値解析の範囲内では再現できなかった。なお、本研究の実施には、平成 10 年度文部省科学研究費・基盤研究(c)の補助を受けたことを付記し、謝意を表します。

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形ラーメンの非弾性地震応答性状に関する研究, 構造工学論文集, Vol.44A, 土木学会, 1998 年 3 月, pp.169~178. 3)酒造敏廣, 山田 幸: はり中間部腹板のせん断崩壊を伴う鋼 2 層門形ラーメンの非弾性地震応答解析, 構造工学論文集, Vol.45A, (投稿中).

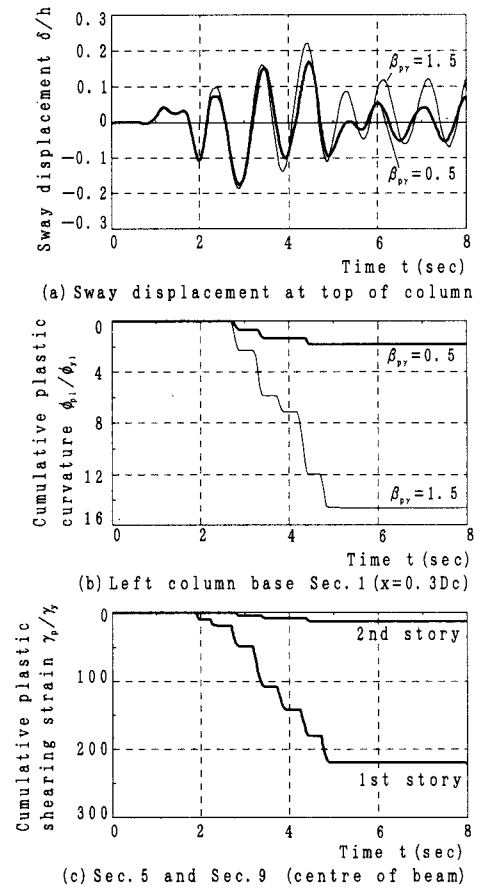


Fig. 3 Time history of displacement and strain