

繰り返し水平力を受ける鋼変断面門形ラーメンの非弾性応答実験

大同工業大学工学部 正会員 ○酒造敏廣, 事口壽男
フジエンジニアリング(株) 正会員 長田好夫

【1】まえがき

強震動を受ける鋼変断面門形ラーメンでは、抵抗断面力に差異がある2つ以上の断面に塑性変形がどのようなパターンで発生するかによって、塑性ひずみの累積に起因する損傷度合がかなり異なったものになる。とくに、従来の弾性限度を基にした強度設計法により合理的に断面配置されたラーメンの柱中間部では、非弾性応答時に塑性変形を認めると、隅角部や柱基部付近でのみ塑性変形が発生するときと比べて、塑性変形集中が著しくなり、履歴エネルギーを分担させることの利点はほとんど見あたらない¹⁾。

本研究では、このような部材の変断面性に起因したラーメンの種々な崩壊パターンを実験によって再現し、そのときの各断面の塑性変形性状を調べるものである。すなわち、変断面門形ラーメンをモデル化した逆L形ラーメンの非弾性応答実験を行って、柱基部、柱中間部および隅角部に着目し、塑性変形発生のパターンにより、各断面の累積ひずみの性状や履歴エネルギー分担がどのように変動するかを考察する。

【2】実験供試体とその境界条件、および、実験方法

(1)実験供試体のモデル化と境界条件

柱頭部に定鉛直荷重 P と漸増水平荷重 H が作用し、柱下端が固定支持された1層1径間の門形ラーメンをはり中央で単純支持されたようなL形ラーメンに置換し、Fig.1に示すような境界条件で実験を行った(Photo.1参照)。水平荷重 H と鉛直荷重 P (一定)の加力方法は文献2)と同様である。また、門形ラーメンの非弾性地震応答解析の結果を踏まえて¹⁾、はりのせん断力と水平復元力 H との関係は線形関係にあると仮定し、はり端部では、鉛直反力 $P_m = \alpha H$ となるように鉛直曲げ载荷用アクチュエーターをプログラムで制御した。ここで、 α には門形ラーメンの非弾性解析から得られた値を用いた。供試体はF-140、F-155 および F-160 の計3体である(末尾の数字は全フランジ・プレート幅(mm))。Sec.2～Sec.4は各供試体で共通であり、柱基部 Sec.1 のみが相違する。供試体の寸法諸元と降伏点は Table 1 に示すとおりである。

(2)水平荷重の载荷パターン

実験では、まず定鉛直荷重として柱中間断面 Sec.2 の圧壊荷重 N_{y2} の0.25倍を作用させ、その後に柱基部に水平荷重 H を変位制御によって与えた。水平変位は、供試体の初期降伏の水平変位 δ_y を基準として、その偶数倍(2倍、4倍、...)を3サイクルずつ正負に交互に与えた。

Table 1 Dimensions and yield points of test frames

Items Frame	B_1 (mm)	D_1 (mm)	$t_{f1}=t_{w1}$ (mm)	$\sigma_{y1}=\sigma_{wy1}$ (MPa)
F-140	130.6	108.8	9.075	293
F-155	145.2	122.0	9.075	293
F-160	150.7	150.8	9.075	293

Notes: 1) Sec.2: $B_2=131.7\text{mm}$, $D_2=110.0\text{mm}$, $t_{f2}=t_{w2}=9.075\text{mm}$, $\sigma_{y2}=\sigma_{wy2}=293\text{Mpa}$. 2) Sec.3: $B_3=146.6\text{mm}$, $D_3=145.5\text{mm}$, $t_{f3}=t_{w3}=8.129\text{mm}$, $\sigma_{y3}=379\text{Mpa}$, $\sigma_{wy3}=293\text{Mpa}$. 3) Sec.4: $B_4=146.4\text{mm}$, $D_4=144.8\text{mm}$, $t_{f4}=9.075\text{mm}$, $t_{w4}=8.129\text{mm}$, $\sigma_{y4}=379\text{Mpa}$, $\sigma_{wy4}=293\text{Mpa}$. 4) Panel zone: thickness $t_{pk}=t_{w3}$ and yield point $\sigma_{yk}=\sigma_{wy3}$.

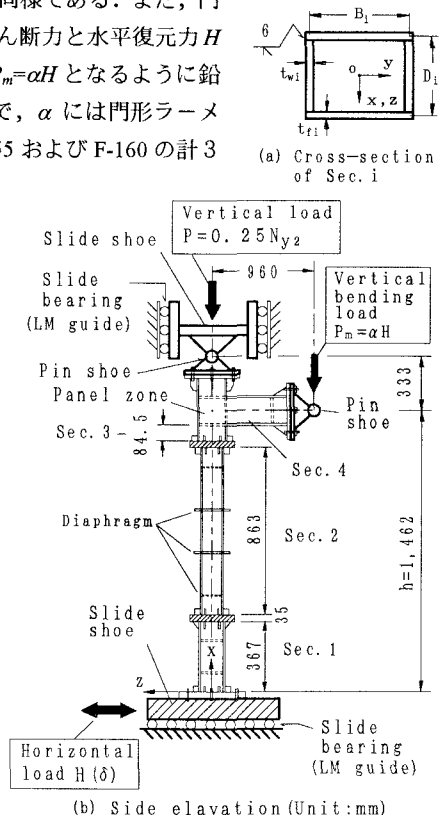


Fig.1 Test specimen and testing device

【3】実験結果と考察

(1)各供試体の荷重 H -変位 δ 曲線と隅角部の応力 τ -ひずみ γ 曲線

供試体の水平荷重 H -変位 δ 曲線と隅角部腹板の平均せん断応力 τ -せん断変形角 γ 曲線を Fig.2 に示す. せん断変形角 γ の測定方法は文献 3) に従っている. 図中の τ_y は降伏せん断応力, γ_y は降伏せん断ひずみである. 同図(a)からわかるように, 逆L形ラーメンであることに起因して, はりのせん断力が鉛直下向きに作用する場合(H の正側)の水平抵抗荷重が若干大きい. また, 同図(b)から, 隅角部腹板はいずれの供試体でも非弾性域に入っていることがわかる. この点は, 隅角部上縁から鉛直荷重荷点までの区間で曲げモーメントが分担されることに起因して, 予想した崩壊パターンとは若干異なった結果が得られた.

(2)柱の構成断面内の曲げモーメント M -曲率 ϕ 関係

実験結果から, 柱基部下端(Sec.1L)と柱中間部上下(Sec.2U と Sec.2L)の曲げモーメント M -曲率 ϕ 曲線を求めて Fig.3 にまとめる. ここに, ϕ_y は各断面の降伏曲率である. この図から, 柱基部の寸法諸元の変化により, 各断面の塑性変形性状はかなり相違し, 3 体の供試体は異なった崩壊パターンを呈していることがわかる.

【4】まとめ

門形ラーメンをモデル化した逆L形ラーメン模型の実験を行い, 隅角部の塑性せん断変形が卓越した 3 種類の塑性変形パターンが得られた. これらに対応する各断面の履歴エネルギー分担の考察については別途報告する.

【謝 辞】本研究の実施には平成 7~8 年度の文部省科学研究・試験研究(B)の補助を受けたことを付記します.

【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(投稿中). 2)酒造敏廣, 事口壽男, 西 幸二: 鋼変断面片持ち柱の弾塑性履歴性状に関する基礎的実験, 構造工学論文集, Vol.39A, 土木学会, 1993 年 3 月, pp.217-284. 3)酒造敏廣, 事口壽男: 鋼製ラーメン隅角部の崩壊性状と変形性能に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol.37A, 土木学会, 1991 年 3 月, pp.121-134.

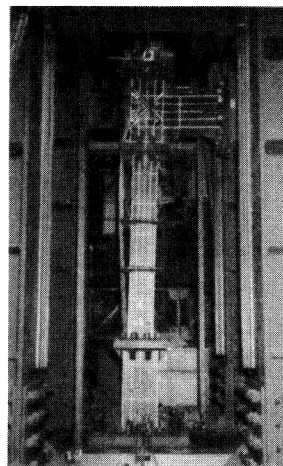


Photo.1 Setup of specimen

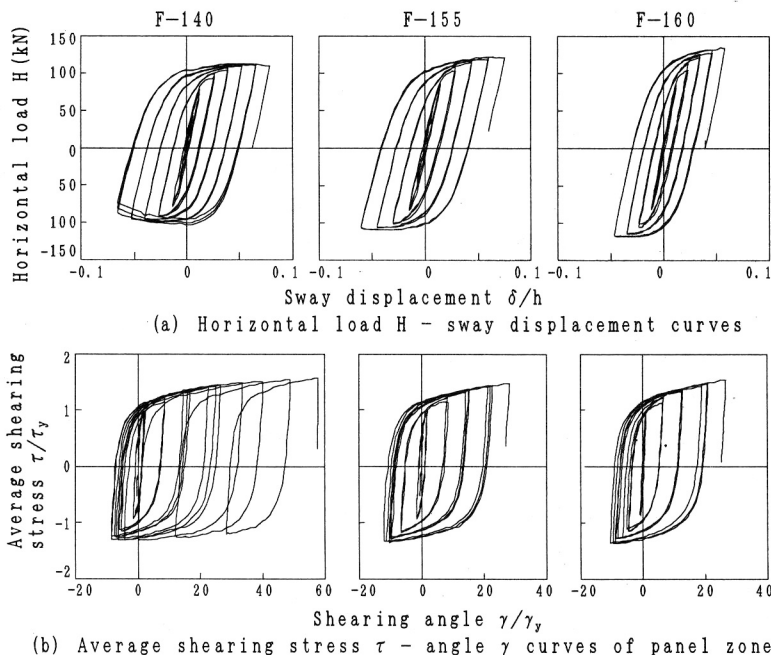


Fig.2 Test results on $H - \delta$ curves of frames and $\tau - \gamma$ curves of panel zone

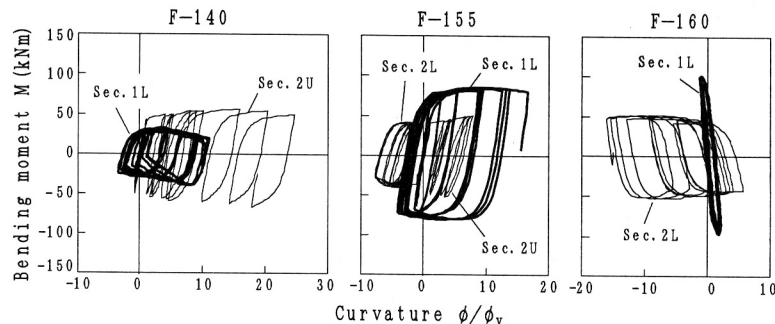


Fig.3 Bending moment M - curvature ϕ curves