

鋼製ラーメン構造物の骨組形状と崩壊性状について

大同工業大学・工学部 正員 ○酒造敏廣

大同工業大学・工学部 正員 事口寿男

【1】まえがき

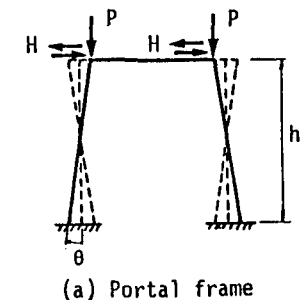
市街地の鋼製ラーメン橋脚は上部構の橋梁形式や立地条件等の制約により種々な骨組形状をなしている¹⁾。また、部材の弾性限度を基準とした従来の許容応力度設計法によると、地震力等の設計水平荷重が支配的となるために、柱基部および梁・柱接合部²⁾と部材一般部との相対強度比が大きい変断面構造となっている。そのため、この種のラーメン構造物に対して、部材の弾性限度を越えた塑性変形挙動、とくに地震時の履歴荷重-変位挙動を把握しておく必要がある。

本研究は、鋼製ラーメン構造物の骨組形状および部材の変断面性による変形性状の差異を理論的に調べ、大きな履歴変位を受けるラーメンの塑性変形挙動を明らかにすることを目的としている。

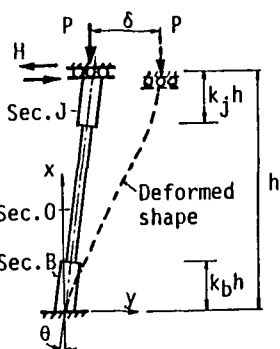
【2】解析モデルと解析方法

(1)解析モデル: Fig.1(a) に示すように、常時の上部構反力に相当する鉛直荷重 P が一定の持続荷重として作用した状態で、履歴水平変位 δ を受ける正方形、台形および逆台形の一層一径間門形ラーメンを対象とし、柱の変断面性も考慮の上、同図(b) に示すように、下端固定、上端でたわみ角のみ拘束された柱部材を解析モデルとした。解析に用いたパラメーターには、以下のものを用いた。

- ① P/N_{0y} : 常時作用鉛直荷重 P と断面 Sec.0 の圧壊荷重 N_{0y} との比
- ② n_{jy} 、 n_{by} : 断面 Sec. j および Sec. b と Sec.0 との圧壊荷重比、すなわち $n_{jy} = N_{jy}/N_{0y}$ 、 $n_{by} = N_{by}/N_{0y}$
- ③ k_j 、 k_b : 柱上下端の断面 Sec. j および Sec. b の長さ x と柱高さ h の比 (Fig.1(b) 参照)。
- ④ $\tan \theta$: 柱の傾きを表わすパラメーター
- ⑤ λ_{0y} : 断面 Sec.0 を有する直柱 ($\tan \theta = 0$) の細長比パラメーター ($= \sqrt{N_{0y}/\text{弾性座屈荷重}}$)



(a) Portal frame



(b) Analytical model

本文では、一辺が300mmあるいは500mmで板厚20mmの正方形断面を有し、Fig.1 Analysis of inclined column 柱高さ $h=1,000\text{mm}$ 、 $n_{jy}=n_{by}=1.56$ 、 $k_j=k_b=0.18$ の柱を解析した。

(2)解析方法: 解析には Updated-Lagrangian法による平面骨組の有限変位解析手法を用いた。材料の応力-ひずみ関係は塑性域で弾性域の $1/1,000$ の勾配を有する bi-linear型とし、弾塑性の判定は軸方向応力のみによって行った。非線形の収束計算には、Crisfield³⁾の提案した弧長増分法を用いた。なお、断面力(軸力、曲げモーメント)-ひずみ(軸ひずみ、曲率)関係には、局部座屈による剛度低下は考慮していない。

【3】荷重-変位曲線とその考察

(1)まず、作用鉛直荷重が大きく ($P/N_{0y}=0.5$)、比較的細長い $\lambda_y=0.93$ の直柱 ($\tan \theta = 0$) を解析した。Fig.2 に水平荷重 H/H_0 とラーメン頭部の水平変位 δ との関係を示す。ここに、 H_0 は水平荷重のみを受ける場合の柱の塑性崩壊荷重である。この図から、水平変位 δ の正負によって、水平反力 H の大きさが変化することがわかる。これは、柱が変断面であることに起因して、塑性変形が柱の上下端ではなく中間断面 Sec.0 の上下端で卓越し、変形モードがS字形になるためであると考えられる。この点は、紡錘型⁴⁾となる従来の等断面柱の履歴挙動と相違する点である。

(2) つぎに、作用鉛直荷重を $P=0.3N_{0y}$ ならびに $\bar{\lambda}_{0y}$ は約 0.6 とし、実橋脚の設計パラメーター¹⁾の範囲内にある直柱を解析した。その結果を Fig. 3 に示す。この図からわかるように、 $H-\delta$ 曲線は紡錘形となっており、解析した変位 δ の範囲内では上記のような変形挙動は現われなかった。

(3) 最後に、台形ラーメンの柱部材を対象として、上記(2)と同じ条件で $\tan\theta=0.1$ の傾いた柱の履歴挙動を調べた。解析の結果を Fig. 4 に示す。この図から、柱が傾いている方向に変位 δ が增加する場合(正の方向)には水平反力 H は小さく、柱を起こそうとする変位 δ の負の方向の H は逆に大きくなる。ただし、 $H-\delta$ 曲線は Fig. 3 の曲線の原点を移動したような紡錘形となっており、また Fig. 2 のように、履歴曲線が内側に入ってくるような挙動はみられなかった。

【4】まとめ

骨組形状と部材の変断面性に着目し、履歴水平変位を受ける鋼製ラーメンの塑性変形挙動の特性を調べた。常時作用鉛直荷重 P の大きさ、変断面パラメーター n 、 k 、および、柱の傾きを表す θ 値を種々変化させ、変位が大きくなる場合の履歴挙動については、別途報告したい。最後に、本研究は、「鋼製ラーメン隅角部の履歴崩壊挙動」に関する平成元年度・文部省科学研究費・奨励研究(A)の一部として実施したことを付記する。

参考文献

- 1) 中井、河井、吉川、北田、酒造：鋼製ラーメン橋脚の実績調査(上)、(下)、橋梁と基礎、Vol. 16、No. 6、pp. 35-40、No. 7、pp. 43-49、1982。
- 2) 酒造、事口：鋼製ラーメン隅角部の変形性状と変形性能について、土木学会第44回年次学術講演会概要集、I-42、1989年10月、pp. 138-139。
- 3) Crisfield, M.A.: An Arc-Length Method including Line Searches and Accelerations, International Journal for Numerical Methods in Engineering, Vol. 19, 1983, pp. 1269-1289。
- 4) 日本建築学会建築支部・鉄骨構造部会：昭和61年度研究会資料、昭和62年3月。

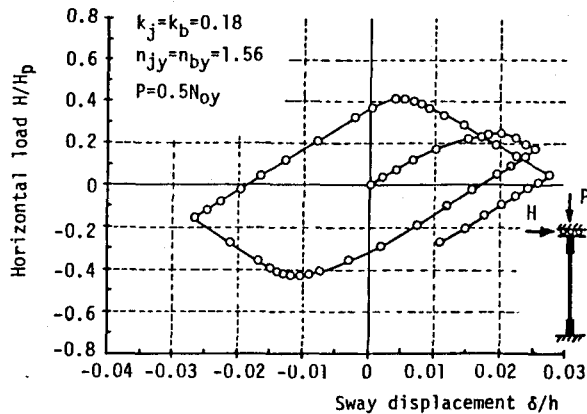


Fig. 2 Load H - displacement δ curve ($\tan\theta=0$, $\bar{\lambda}_{0y}=0.93$)

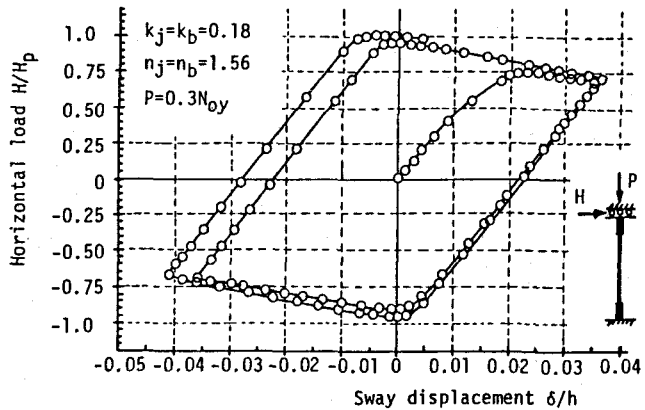


Fig. 3 Load H - displacement δ curve ($\tan\theta=0$, $\bar{\lambda}_{0y}=0.61$)

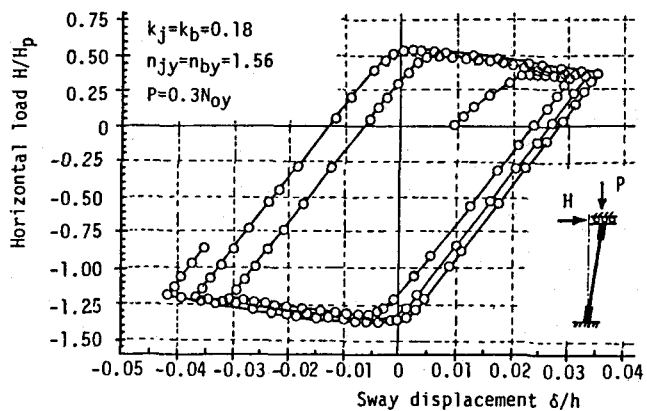


Fig. 4 Load H - displacement δ curve ($\tan\theta=0.1$, $\bar{\lambda}_{0y}=0.61$)