

部分テーパ構造を有する鋼変断面片持ち柱の弾塑性履歴性状

大同工業大学工学部 正会員 酒造敏廣
大同工業大学工学部 桑山智樹

1. まえがき

筆者らは、鋼製ラーメン部材の耐震性を上げる方法の一つとして、塑性化が予想される箇所で、部材軸方向に断面寸法を変化させた部材（以下、部分テーパ部材と言う）を用いることを検討し、その耐震上の利点を実験と数値解析によって明らかにしてきた^{1), 2)}。また、この種の部材では、テーパ部で塑性域が一気に広がることに起因して、繰り返し力下で不安定な弾塑性挙動を示すことも数値解析で示してきた²⁾。

本研究では、柱基部をテーパ構造とし、塑性域の発生をテーパ内に限った場合について、鋼変断面片持ち柱の弾塑性履歴性状を数値解析で調べたものである。

2. 解析モデル、解析方法、および、無次元テーパ率

図1に示すように、テーパ付き柱基部を持つ片持ち柱を解析対象とする。Sec.2は等断面である。Sec.1はテーパ構造であり、柱基部（ $x=0$ ）から断面変化点（ $x=kh$ ）までフランジ・プレート幅と腹板高さ、あるいは、板厚が部材軸方向に一樣に変化する場合を考える。

本研究では、Sec.2は常に弾性状態を保つものとし、Sec.1内でのみ塑性変形が生じるものとして、次の2つの解析を行った。

Case 1: Sec.1が等断面で軸力比 $P/N_{yIL}=0.1$

Case 2: Sec.1がテーパ部材（ $\xi_{cp}=0.42$ ）で軸力比 $P/N_{yIL}=0.3$
ここで、 ξ_{cp} は次式で定義される無次元テーパ率である¹⁾。

$$\xi_{cp} = \frac{1}{k} \left(1 - \frac{M_{plUn}}{M_{plLn}} \right) \quad (1)$$

ここに、 M_{plUn} 、 M_{plLn} は軸力の影響を考慮した柱基板上・下端の全塑性曲げモーメントである。 $\xi_{cp}=0$ のとき柱基部は等断面であり、 $\xi_{cp}=1$ のときSec.1内全体に同時に塑性変形が生じる。

解析に際しては、まず定鉛直荷重 P を作用させて、その後水平荷重を定水平変位振幅の条件で載荷した。解析手法は文献3)に示した平面骨組の弾塑性有限変位解析法に従っている。

3. 解析結果と考察

(1) 水平荷重 H —変位 δ 曲線とたわみモード

柱の H — δ 曲線を図2に示す。また、水平変位反転時の柱のたわみモードを図3に示す。これらの図からわかるように、Case1では安定した履歴ループ・たわみモードを呈しているが、Case2の柱は、履歴ループが移動する不安定現象が起こっている³⁾。このとき、Case2のたわみモードはSec.1上端付近で膨らみ始めている^{3), 4)}。なお、Case2の履歴曲線では、塑性域の広がりが大きいため、ひずみ硬化の影響で第1から第2ループに至るときに抵抗水平荷重の増加が大きいことがわかる。

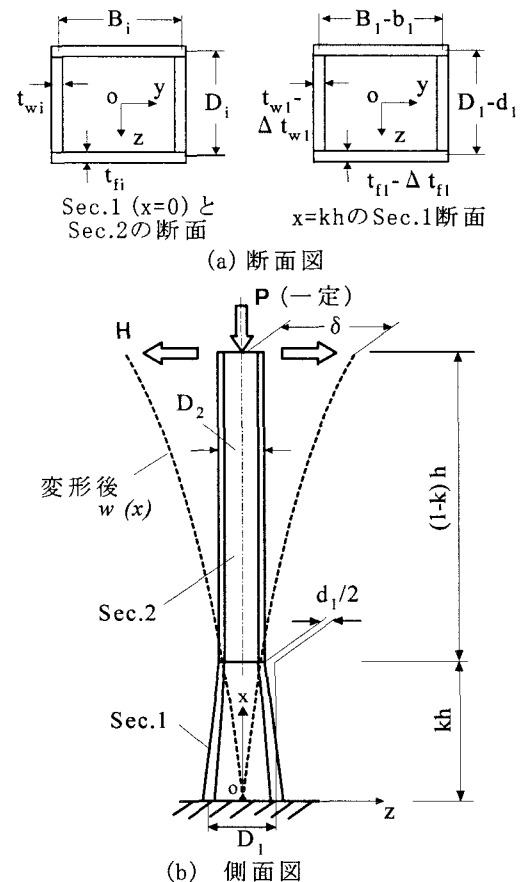


図1 テーパ柱の解析モデル

表1 柱断面の寸法諸元と降伏点

項目 断面	t_{f1} (cm)	t_{w1} (cm)	降伏点 σ_{yi} (Mpa)
1 ($x=0$)	2.95	2.95	353
2	2.57	2.57	471

注) $h=900\text{cm}$, $B_1=D_1=75\text{cm}$, $k=0.4$, $b_1=d_1=0$

Case 1: $\Delta t_{f1}=\Delta t_{w1}=0$, $P=0.1N_{yIL}$

Case 2: $\Delta t_{f1}=\Delta t_{w1}=0.38\text{cm}$, $P=0.3N_{yIL}$

N_{yIL} : Sec.1 下部の圧破荷重

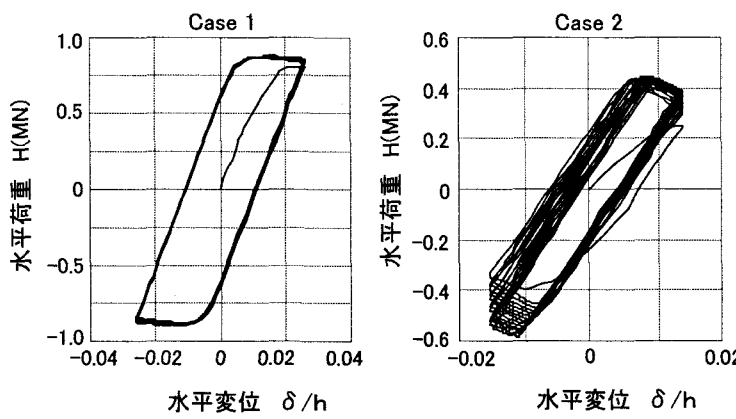


図2 荷重-変位曲線

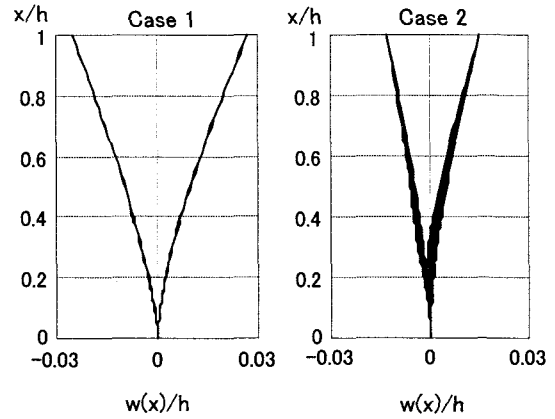


図3 柱のたわみモード

(2)部材軸方向のひずみ分布

Sec.1 断面内の軸ひずみ ϵ_o と曲率 ϕ の軸方向分布を図4に示す。 ϵ_o と ϕ は、それぞれ降伏ひずみ ϵ_y と降伏曲率 ϕ_y で無次元化している。同図からわかるように、等断面の Case 1 では軸ひずみ・曲率ともに Sec.1 下端にのみ集中している。これに対して、Case 2 ではテーパを付けた効果によって、軸ひずみの広がりが大きく、塑性域が Sec.1 全体に進展していることがわかる。また、曲率分布は Sec.1 の上端・下端でそれぞれ正・負側に大きくなり、Sec.1 の上下が固定端となるような性状を示している。

この点を考察するため、水平変位反転点間における Sec.1 内の増分曲率分布を図5に例示する。この図から、水平荷重 H が左負方向(b)に作用する場合に、Sec.1 上下端の増分曲率の差異が大きくなって増分曲率分布は三角形に近づいていることがわかる。これは、2種類の等断面からなる変断面柱の弾塑性性状^{3), 4)}を参考にすると、Sec.1 内の残留曲げ変形による PA モーメントの増減によって引き起こされるものである。このような増分曲率が残留することにより、図4(b)のような曲率分布が現れたと言える。このような現象は、軸力比が小さくとも、局部座屈変形を伴うと顕著になる傾向を実験¹⁾で観察している。この点で、テーパ構造の塑性曲げ変形性状については、さらに検討の余地がある。

4. まとめ

テーパ構造とした柱基部の塑性曲げ変形の特性により、曲率分布が特異な形になる場合があることを示した。軸力比 (= 定鉛直荷重 P / 断面の圧壊荷重 N_y) の影響については別途報告したい。

参考文献 1)酒造, 川田: 土木学会論文集, No.647/I-51, 2000年4月, pp.331~342. 2)酒造: 第47回応用力学連合講演会・講演予稿集, 1998年10月, pp.145-146. 3)酒造: 土木学会論文集, No.446/I-19, 1992年4月, pp.127-136, 1992年2月. 4)酒造, 事口, 西: 構造工学論文集, 土木学会, Vol.39A, 1993年3月, pp.271~284.

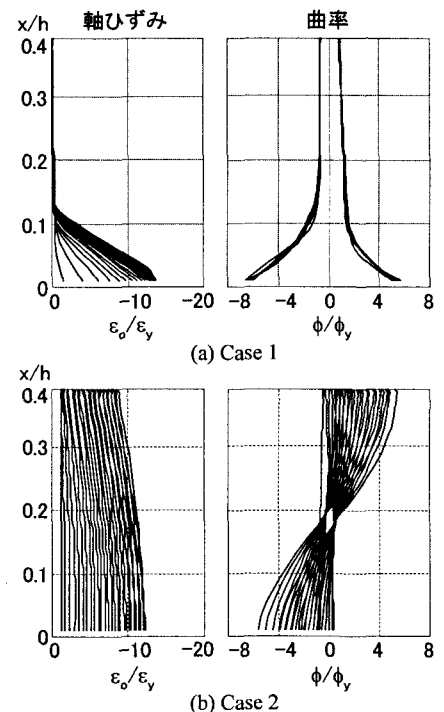


図4 変位反転点におけるテーパ部の軸ひずみと曲率の分布

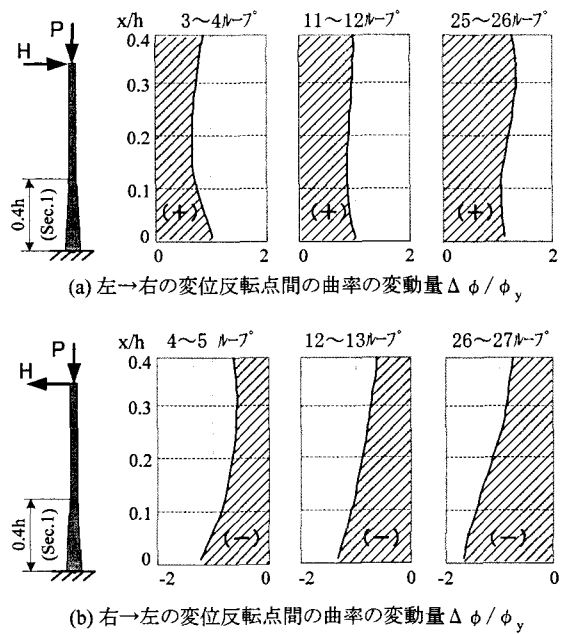


図5 変位反転間の増分曲率 (Case 2)