

テーパー付き柱基部を有する柱の弾塑性性状に関する実験的研究

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 学生会員 小瀬木順彦
大同工業大学工学部 学生会員 ○ 見並宏章 大同工業大学工学部 学生会員 川瀬研一

1. まえがき

非弾性地震応答を呈する鋼製ラーメンの柱部材では、柱基部、断面変化位置あるいは隅角部近傍の限られた範囲内で塑性変形が発生し、その累積が著しくなると局部座屈が発生して大きな損傷を引き起こす。筆者らは、このような損傷集中を避けることを目的として、テーパー部材を用いて塑性変形分散による損傷軽減の可能性を数値解析により模索してきた¹⁾。テーパー部材では部材軸方向に抵抗断面力が一様に変化するため、補剛構造が適切であれば塑性変形の集中を分散させることが可能になると思われる。これは、幅厚比が小さな板要素に低降伏比鋼を用いて塑性域進展によるねばりを期待すると同様な意味があると考える。

本研究では柱基部をテーパ構造とした片持ち柱の弾塑性履歴崩壊性状を実験によって調べて、テーパ付き柱基部の損傷パターンと等断面構造の柱基部との違いについて考察するものである。

2. 実験供試体, 実験方法, および, 供試体の無次元テーパ率

(1)実験概要

Fig.1 に示すような境界条件で、定鉛直荷重 P の作用下で繰り返し水平荷重 H を受ける鋼変断面片持ち柱の非弾性実験を行った。実験は(ほぼ文献 2)に示した方法に従った。柱基部 Sec.1 は、フランジ幅 B を一定、腹板高さ D を一様に变化させたテーパー部材としている。

(2) 柱基部の無次元テーパー率 ξ_{cp} と実験供試体

柱基部 Sec.1 の上・下端断面の全塑性曲げモーメント M_{plU} と M_{plL} を用いて、無次元テーパ率 ξ_m を次式で定義した。

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

上式によると、 $\xi_{cp}=0$ のとき柱基部は等断面になり、 $\xi_{cp}=1.0$ のときは柱基部全体に同時に塑性変形が生じることになる。

供試体のテーパ率 α は、 $\alpha_{cp}=0, 0.45$ および 0.88 とし、同じものを 2 体づつ、計 6 体の供試体を制作した。すべての供試体において、柱高さ h 、上部断面 Sec.2 および、断面変化位置 ($k=0.318$) を同一としている。

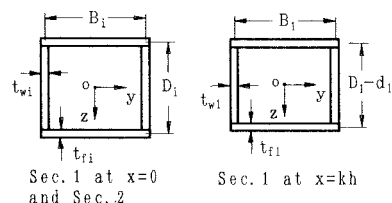
供試体の寸法諸元と降伏点は Table 1 に示すとおりである。

Table 1 Dimension and yield point of test columns

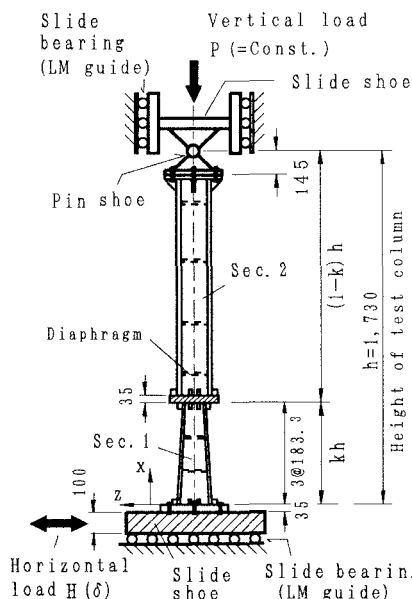
Items Columns	$B_1=B_2=$ $D_1=D_2=$ (mm)	$t_f=t_{wi}$ (mm)	d_1 (mm)	Taper ratio ξ_{cp} (Eq.(1))
C100 & C200	180	8.955	0	0
C101 & C201	180	8.955	20	0.453
C102 & C202	180	8.955	40	0.879

Notes: $h=1,730\text{mm}$, Yield point of steel material (SS400):

$\alpha_y=287$ (MPa), Vertical load $P=0.1N_{yIL}$ for columns C100-102 and $P=0.075N_{yIL}$ for columns C200-202, N_{yIL} : Squash force of bottom cross-section of Sec. 1



(a) Cross-section of Sec. i



(b) Side elavation (Unit: mm)

Fig. 1 Test specimen and testing device

実験では、鉛直荷重 P を載荷後、繰返し水平力 H を変位制御により与えた。初期降伏の水平変位 δ_y を弾性実験によって定めて、初期値を $2\delta_y$ 、増分値を δ_y として、3 サイクルずつ損傷が著しくなるまで続けた。

3. 実験結果と考察

(1) 水平荷重 H - 水平変位 δ 曲線

柱 C100 と C102 の H - δ 曲線の実験結果を Fig.2 に示す。

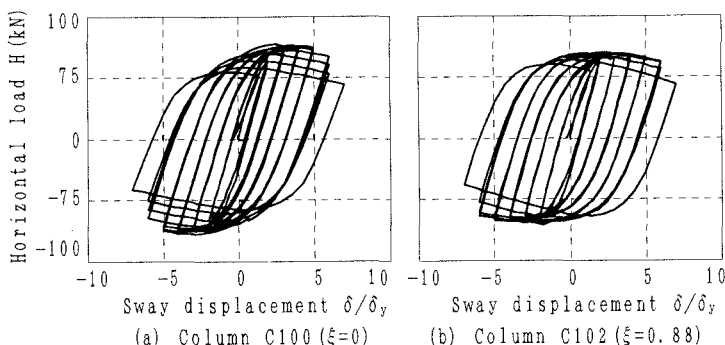


Fig.2 Load H - displacement δ curves of test columns

この図からわかるように、 $\delta \leq 5\delta_y$ の範囲では両者の結果にほとんど差異は見られない。しかし、 $\delta = 6\delta_y$ のときに、等断面の柱 C100 では最大耐力点から変位反転点間の耐力の低下が顕著になっている。このとき、テーパを付けた柱 C102 では、耐力低下はほとんど現れていない。 $\delta = 7\delta_y$ 以降は、両者ともに局部座屈が大きくなったため大きな耐力低下が現れている。

(2) 柱基部内の軸ひずみ ϵ_0 の分布

箱形断面の 4 隅に貼り付けたひずみゲージの測定値の平均をとって、柱基部の部材軸方向の軸ひずみ ϵ_0 分布を求めた。その結果を柱 C200 と C202 に代表させて Fig.3 に示す。

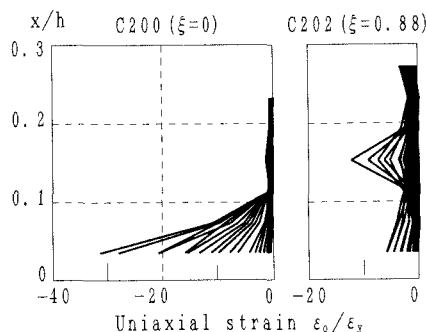


Fig.3 Distribution of uniaxial strain ϵ_0

この図から、等断面の柱基部を持つ C200 では、基部下端からおよそ断面幅 B の範囲でひずみが著しくなっていることがわかる。一方、テーパ柱 C202 では、最終的には局部座屈が現れた柱基部中央においてひずみが大きくなっているが、それまではひずみがほぼ均一になっている。

(3) テーパー付き柱基部の損傷状況

柱 C100 と C102 の実験終了後の状況を Photo.1 に比較する。柱 C100 では柱基部下端のフランジと腹板に大きな局部座屈波形が見られる。これに対して、柱 C102 では柱基部の下端から上端まで局部座屈が生じており、中央で局部座屈が若干大きくなっている。実験中、塑性変形が柱基部下端に集中した C100 では、変位 $\delta \geq 約 4\delta_y$ の範囲で局部座屈が大きくなり始めたが、柱 C200 では $\delta \approx 約 5\delta_y$ になっても下端から上端までわずかな局部座屈が認められただけであった。

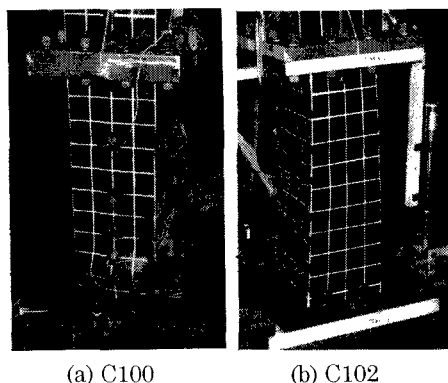


Photo.1 Column base part after test

4. まとめ

柱基部にテーパを付けると塑性変形が基部全体に同時に発生するため、局部座屈を最終的に柱基部のどの位置に集中させるかを制御する必要がある。また幅厚比が部材軸方向に変化することも考慮すると、テーパ部材の補剛方法について検討することが重要な課題であると考えられる。

参考文献 1) 酒造敏廣：テーパ付き柱基部を有する鋼変断面柱の非弾性地震応答性状に関する研究，第 24 回地震工学研究発表会講演論文集，D8-3，pp.1041-1045，1997 年 7 月。 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，pp.271～284，1993 年 3 月。