

I - B100 テーパー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

大同工業大学 正会員 ○酒造敏廣
 (株)飯沼コンサルタント 水谷真吾

【1】まえがき

鋼製ラーメン橋脚の耐震性能を改善するために、柱の断面形状や補剛構造の工夫、コンクリートの部分充填等、断面・部材の種々な補強方法が提案されている¹⁾。しかし、橋脚の柱部材では、軸方向作用圧縮力が小さいために、塑性変形が卓越する箇所(たとえば、柱基部)では、繰り返し力下で部材軸方向に塑性域があまり進展せず、ごく限られた範囲内での塑性ひずみの累積が大きな損傷を引き起こす。また、抵抗断面力に差異がある2つ以上の断面で、塑性変形が同時に起こるような変断面柱では、ひずみの累積に対応した効率のよい履歴エネルギー吸収を期待できない^{2),3)}。

これらの点に着目して、筆者らは文献4)で変断面柱の地震応答解析を行い、柱基部に2~3%程度のテーパーをつけると、塑性変形が部材軸方向に分散し、塑性ひずみの累積量(=損傷)をかなり低減できることを示した。

本研究は、変断面柱の非弾性地震応答解析を行い、柱基部の高さとテーパー率がひずみの累積量に及ぼす影響について考察するものである。

【2】変断面柱の解析モデル・解析方法と無次元テーパー率

(1) 解析モデルと解析方法

Fig.1に示すように、定鉛直荷重 P の作用下で水平地動を受ける片持ち柱を解析対象とした。柱頭部には、鉛直・水平並進運動に対応する集中質量 M_{xz} を仮定した²⁾。Sec.2は等断面であり、Sec.1の腹板高さは、柱基部($x=0$)から断面変化点($x=kh$)まで、一様に d_1 だけ変化するものとした。水平地動 $a_{0z}\ddot{U}_{0z}$ にはEl-Centro波の最初の8秒間を2倍に増幅して用いた。鋼材の応力-ひずみ曲線としては、等方・移動硬化を簡易的に考慮したBi-Linear型を仮定した⁵⁾。Sec.1が等断面($d_1=0$)のときの基準解析モデルの寸法諸元、降伏点等をTable 1に示す。

(2) 柱基部断面の無次元テーパー率 ξ_{cp}

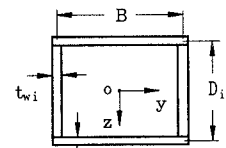
まず、テーパー率は $d_1/2kh$ で表される。次に、柱頭部に漸増水平荷重を仮定して、柱基部Sec.1の上下端が同時に全塑性状態になるという条件を基にして、無次元テーパー率 ξ_{cp} を次式で定義した。

$$\xi_{cp} = \frac{1}{k} \left(\frac{M_{pIU}}{M_{pIL}} - 1 + k \right) \quad (1)$$

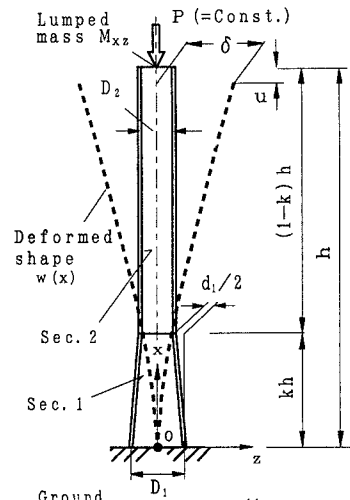
ここに、 M_{pIU} 、 M_{pIL} はSec.1上下端の全塑性曲げモーメントである。

このパラメーターによると、 $\xi_{cp} < 0$ および $0 < \xi_{cp} \leq 1$ のとき、塑性域はそれぞれSec.1の上端および下端から進展する。

本文の数値解析ではテーパー率を $0 \leq \xi_{cp} \leq 1$ の範囲で変化させた。ただし、初期降伏に相当する水平荷重が同じになるように、Sec.2断面の降伏点と寸法諸元を一定にした。柱頭部の集中質量については、 $d_1=0$ のときに固有周期 $T=1s$ として求めた M_{xz} 値を全解析モデルで共通とした。



(a) Cross-section of Sec.1 ($x=0, kh$)



(b) Column with variable cross-section

Fig.1 Numerical model

Table 1 Properties of column ($\xi_{cp}=0$)

Item	t_f	t_{wi}	Yield point
Sec.i	(cm)	(cm)	σ_{yf} (Mpa)
1	3.2	3.2	314
2	3.2	3.2	314

Notes: $h=9m, B=D_1=0.9m, k=0.15 \sim 0.45, P=0.2N_{y1L}, N_{y1L}$: Squash force of bottom cross-section of Sec.1.

変断面柱, 非弾性地震応答, テーパー部材, 損傷

〒457 名古屋市南区白水町 40 TEL 052-612-5571 FAX 052-612-5953

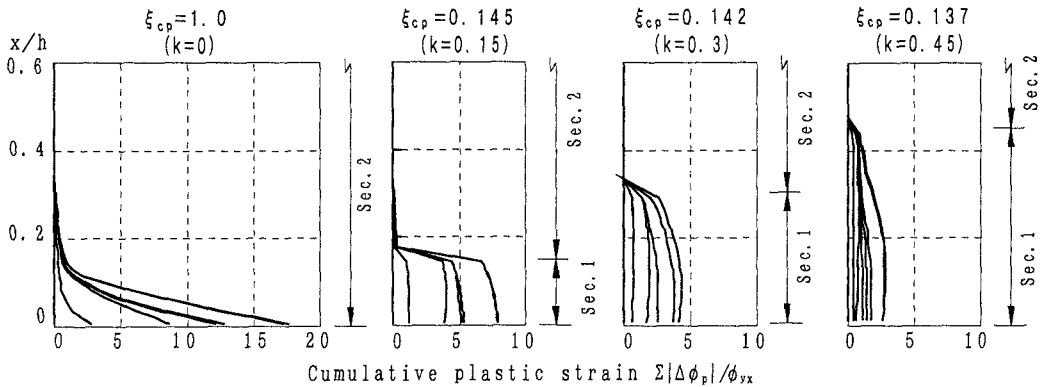


Fig.2 Variation of distribution of absolute cumulative plastic curvature with ξ_{cp} and k

【3】解析結果と考察

まず、断面の損傷を表す指標として、増分塑性軸ひずみと曲率の絶対値和(以下、絶対累積ひずみと言う)、それぞれ $\Sigma|\Delta\epsilon_{op}|/\epsilon_{yx}$ および $\Sigma|\Delta\phi_p|/\phi_{yx}$ を用いることとした^{2),3)}。ここに、 ϵ_{yx} は降伏ひずみ、 ϕ_{yx} は降伏曲率である。

(1) 絶対累積ひずみの部材軸方向分布

柱頭部の水平変位反転時に着目し、塑性化が柱基部内で最も均一となったときの絶対累積曲率 $\Sigma|\Delta\phi_p|$ の分布を求めた。 $\xi_{cp}=0$ (等断面)の結果とともに、 k による $\Sigma|\Delta\phi_p|$ の分布形状の変動をFig.2に示す。

同図からわかるように、累積ひずみが柱基部内でほぼ一様になるのは、 $k=0.15\sim 0.45$ を通じて、テーパ率 ξ_{cp} は約0.14のときである。また、 k が大きくなると累積ひずみを押さえる効果が大きく現れ、 $k=0.45$ のときには、 $\xi_{cp}=0$ のときより約85%も小さくなっている。

(2) 絶対累積ひずみの最大値の変動

柱基部内の絶対累積ひずみ $\Sigma|\Delta\epsilon_{op}|$ および $\Sigma|\Delta\phi_p|$ の最大値と ξ_{cp} の関係をFig.3に示す。

この図からわかるように、絶対累積ひずみの最大値は、 $\xi_{cp}>0.15$ の範囲で、 ξ_{cp} にほぼ比例して減少している。

【4】まとめ

テーパをつける柱基部断面の範囲が大きいほど、塑性変形の累積による損傷は小さくなる傾向にある。この効果は厚肉鋼板を用いても同様に期待できるものであり、部材の補剛方法も含めて、テーパ部材との組み合わせについて今後検討したい。この種の柱を実用化していくためには、柱の弾塑性性状を十分に把握して、最適な柱基部高さ、テーパの形状およびテーパ率を定めていく必要がある。

謝辞：本研究は平成8年度の文部省科学技術研究費・基盤研究(C)の一部として実施したことを付記し、謝意を表します。

参考文献 1)土木学会鋼構造委員会・構造新技術小委員会・耐震設計研究WG：鋼橋の耐震設計指針案と耐震設計のための新技術，平成8年7月。 2)酒造敏廣：水平地震を受ける鋼変断面片持ち柱の動的弾塑性挙動に関する研究，土木学会論文集，No.501，1994年10月，pp.75-84。 3)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，1997年3月。 4)酒造敏廣，水谷真吾，竹内英人：断面高さが一樣に変化する柱基部を持つ鋼変断面柱の非弾性地震応答性状，平成8年度・研究発表会講演概要集，1-13，土木学会中部支部，1997年3月。 5)若林 實，柴田道生：筋違部材の座屈後の挙動に関する研究(その4)，日本建築学会近畿支部研究報告集，第16号，pp.201-204，1976年6月。

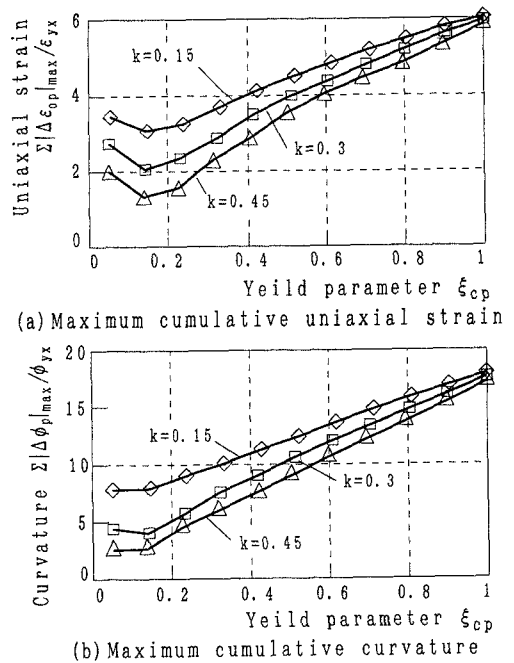


Fig.3 Relationship between ξ_{cp} and maximum values of cumulative plastic strain