

金沢大学工学部 喜内 敏

同 吉田 博

同 岩井 弘

はり-柱の面内挙動については、文献1)の方法を用いることによって、各種の荷重状態に対するたわみ曲線、曲げモーメント-たわみ角の関係を導くことができる。しかし、テーパを有するはり-柱の面内挙動を考へる場合、解析の性質上、文献1)の方法を適用することはできず、次のような解析を行った。変断面を等分割してその各要素のたわみ形状を円弧と仮定し、各要素間のたわみ、たわみ角、曲げモーメントの関係を漸次求め材端の境界条件に適合するように繰り返し計算を行い曲げモーメントとたわみ角の関係を決定する。

1. 基本関係式

図-1に示すように、柱全長を N 等分割して各要素長を l とする。図-1は変形した番目の要素を示し、分割した各要素のたわみ形状を円弧と仮定すると、 i 変と $i+1$ 変のたわみ、たわみ角、曲げモーメントの関係は、次のように求められる。2)

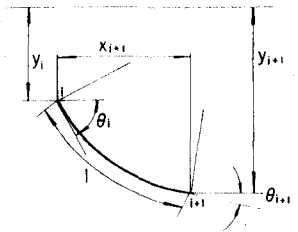


図-1

$$\theta_{i+1} = \theta_i - \phi_i \cdot l$$

$$y_{i+1} = y_i + \frac{1}{\phi_i} (\cos \theta_{i+1} - \cos \theta_i)$$

$$x_{i+1} = \frac{1}{\phi_i} (\sin \theta_i - \sin \theta_{i+1})$$

ここに、 θ_i 、 ϕ_i 、 y_i 、 x_{i+1} は、各矢における、たわみ角、曲率、たわみ、 i 変より軸方向に x とした長さである。

$$y_{i+1} = y_i + l \left\{ 1 - \frac{(\phi_i l)^2}{3!} + \frac{(\phi_i l)^4}{5!} - \frac{(\phi_i l)^6}{7!} + \dots \right\} \sin \theta_i - \left\{ \frac{\phi_i l}{2!} - \frac{(\phi_i l)^3}{4!} + \frac{(\phi_i l)^5}{6!} - \dots \right\} \cos \theta_i$$

$$x_{i+1} = l \left\{ 1 - \frac{(\phi_i l)^2}{3!} + \frac{(\phi_i l)^4}{5!} - \frac{(\phi_i l)^6}{7!} + \dots \right\} \cos \theta_i + \left\{ \frac{\phi_i l}{2!} - \frac{(\phi_i l)^3}{4!} + \frac{(\phi_i l)^5}{6!} - \dots \right\} \sin \theta_i$$

また、 $i+1$ 変の曲げモーメント、 M_{i+1} は、 Q_i をせん断力とすると

$$M_{i+1} = M_i + P(y_{i+1} - y_i) - Q_i \cdot x_{i+1}$$

2. 解析法

図-2に示すはり-柱の M_A - θ_A 関係は非弾性域に拡張して求めようとするのである。一定軸力 P での M - θ 関係を求めるにあたり、変 A でのたわみ角 $\theta = \theta_A$ を用いて A 変での曲率が ϕ_A であることにより、1の各式によって、 y 、 θ を求め、 M を決定し、最後に B 端における境界条件($y_B = 0$, $M_B = 0$)を満足するよう M_A と、与えられた θ_A に対して求める。この方法によつて弾性域に対して等断面柱について理論解と正確な一致を得た。次に上述の変断面はり-柱への応用については、 N 等分した各要素は等断面を有するものとして行った。

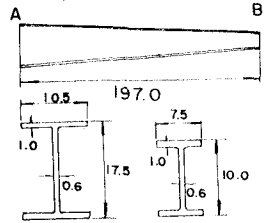


図-2

3. M - P - ϕ 関係

断面には図-5の残留応力と有する断面と考へ、これを断面分割法によつて $M/M_y - \phi/\phi_y$ の

関係求めた。応力-ひずみ曲線は理想化した図-3のものを
用いた。本例題に於ては、図-2に示す柱に対して等分変位の
M-φ曲線と求めた結果、一定軸力比のもとでのM/M_yの誤差の
最大は0.005となり、これは微小であるので、半断面の
M/M_y-φ/φ_y曲線と解析するM-φ曲線として使用した。
0.2 P_yまでのM/M_y-φ/φ_y曲線と図-4に示す。

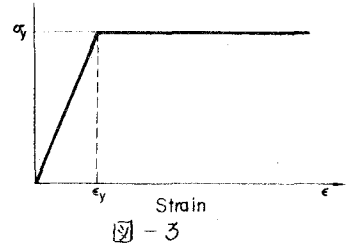


図-3

実際の計算に於ては、各断面値によつて元の値にもとて計算を
行った。軸方向力 $P_0 = 0.4 P_{yA}$ (こゝで P_{yA} はA変位の降伏軸
力) に対する無次元化した軸力は、 $P_i = P_0 P_{yA} / P_{yi}$ となり、こ
の軸力に対するM/M_y-φ/φ_y曲線と図-4より内挿法によつ
て求め、M_iに対するφ_iを求めることによつて前述の方法を
繰り返して一定軸力のもとでのM-θ曲線と決定した。

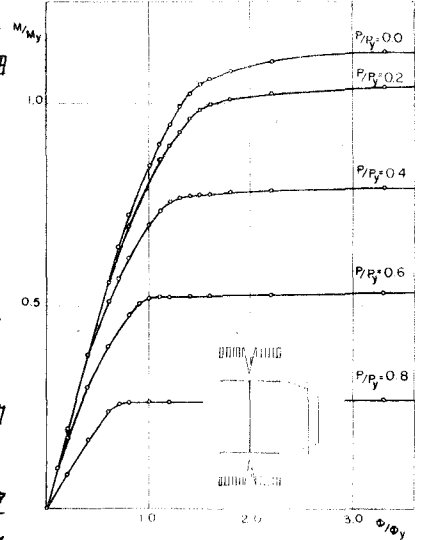


図-4

4. 結果

上述の方法により、図-5に示すM-θ曲線と得た。図-6
、7にA変位のひねり角に対する各断面の曲げモーメントと
ひねり角を示した。ここにM_{pc}/M_p、M_x/M_pは、各変位の曲
げモーメントとM_pと之比ととした。

図-7に於て、M_{pc}/M_p曲線とM_x/M_p曲線との接する変位型
態ビンジ変である。(したがって、この2曲線が全長にわたつて
接するよう断面が面内強度のみを考えた場合、最も合理的に
設計した断面であると考えられる。

参考文献

- 1) 著 Galambos 訳橋本西野 鋼構造設計と解説 5章
- 2) Timoshenko, S.P. and Gere, J.M.: "Theory of Elastic Stability", McGraw-Hill, 1961, p. 170

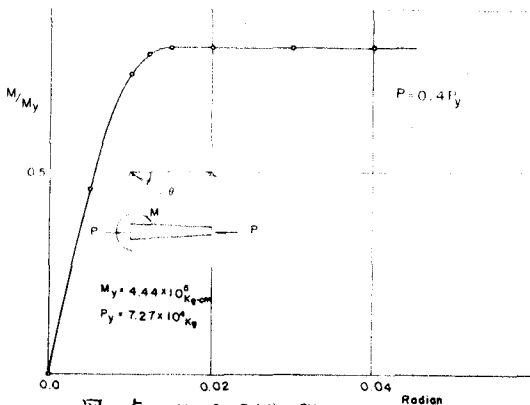


図-5 M-θ Relation Ship

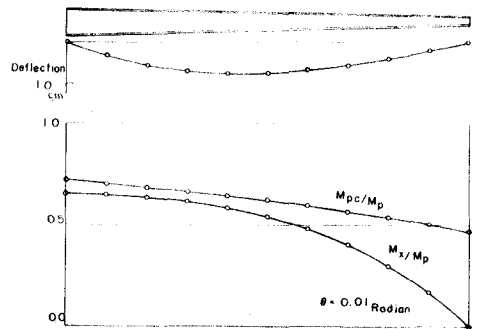


図-6

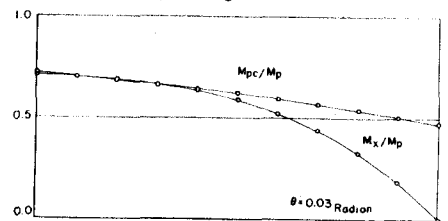


図-7