

1. はじめに

本報告は、π型ラーメンの面内全体座屈について行なったものであり、理論全体座屈荷重を剛性法より求め、それと、模型実験によって求めた全体座屈荷重とを比較しようとするものである。ただし、全体座屈に至るまでの変形は微小なものであるとする。

2. 全体座屈解析

図-1に示すような、材端力の作用を受けて変形し、つり合い状態にある、断面および曲げ剛性が一定の部材ABの材端力と材端変位量との関係をマトリックスで表わすと次のようになる。

$$\begin{bmatrix} M_{AS} \\ M_{BA} \\ Q_A \\ Q_B \\ N_A \\ N_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{EI}{l} \frac{C}{C^2-S^2} & \frac{EI}{l} \frac{S}{C^2-S^2} & \frac{EI}{l^2} \frac{1}{C-S} & -\frac{EI}{l^2} \frac{1}{C-S} & 0 & 0 \\ \frac{EI}{l} \frac{S}{C^2-S^2} & \frac{EI}{l} \frac{C}{C^2-S^2} & \frac{EI}{l^2} \frac{1}{C-S} & -\frac{EI}{l^2} \frac{1}{C-S} & 0 & 0 \\ \frac{EI}{l^2} \frac{1}{C-S} & \frac{EI}{l^2} \frac{1}{C-S} & -\frac{EI}{l^3} \left(\bar{z}^2 - \frac{l}{C-S} \right) & \frac{EI}{l^3} \left(\bar{z}^2 - \frac{l}{C-S} \right) & 0 & 0 \\ -\frac{EI}{l^2} \frac{1}{C-S} & -\frac{EI}{l^2} \frac{1}{C-S} & \frac{EI}{l^3} \left(\bar{z}^2 - \frac{l}{C-S} \right) & -\frac{EI}{l^3} \left(\bar{z}^2 - \frac{l}{C-S} \right) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{EA}{l} & -\frac{EA}{l} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{EA}{l} & \frac{EA}{l} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta_A \\ \theta_B \\ \delta_{Ay} \\ \delta_{By} \\ \delta_{Ax} \\ \delta_{Bx} \end{bmatrix} \quad \text{----- (1)}$$

ただし

E: 部材の弾性係数

I: 部材の断面2次モーメント

A: 部材の断面積

l: 部材長

$\bar{z}^2 = Nl^2/EI$ (Nは軸方向圧縮力)

$C = 1/\bar{z}^2 - 1/\bar{z} \cdot \cot \bar{z}$

$S = -1/\bar{z}^2 + 1/\bar{z} \cdot \operatorname{cosec} \bar{z}$

式(1)は簡単に次のように表わすことができる。

$$\{M\} = \{K\} \{\delta\} \quad \text{----- (2)}$$

ここに、{M}は材端力マトリックス、{K}は部材剛性マトリックス、{δ}は変位マトリックスである。

式(1)を用いて、任意の位置に任意の荷重を受けてつり合い状態にあるπ型ラーメンの平衡条件式を求めると次のように表わされる。

$$\{S\} \{\Delta\} = \{P\} \quad \text{----- (3)}$$

ただし、{S}は構造剛性マトリックス、{Δ}は節点変位マトリックス、{P}は外力によって決まるマトリックスである。

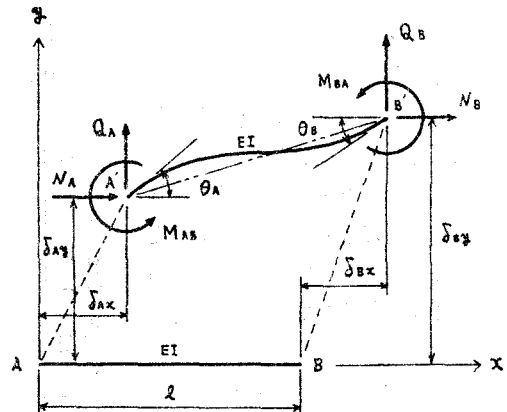


図-1

しかして、荷重を静的に増加させて行ったとき、突然、今までの変形様式と異なる $\{d\Delta\}$ なる変形量が加わって、 π 型ラーメンに全体座屈が生じたものとする、この場合の条件式は次のようになる。

$$[S] (\{ \Delta \} + \{ d\Delta \}) = \{ P \} \quad \text{----- (4)}$$

式(4)に式(3)を用いると、

$$[S] \{ d\Delta \} = \{ 0 \} \quad \text{----- (5)}$$

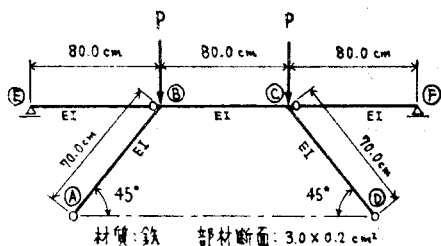
となる。式(5)において $\{ d\Delta \} \neq \{ 0 \}$ であるからマトリックス $[S]$ の各要素が作る行列式を $\text{Det}[S]$ とすると、式(5)が成立する条件式は次のようになる。

$$\text{Det}[S] = 0 \quad \text{----- (6)}$$

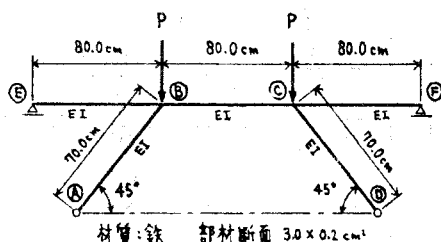
したがって式(3)と式(6)を同時に満足する荷重が全体座屈荷重である。

3. 実験結果

実験体の寸法および載荷状態は図-2(a),(b)に示すものを用い、全体座屈荷重を測定するために節点Cの水平方向の変位の測定を行なった。図-3は図-2(a),(b)に示す2つの型の π 型ラーメンの節点Cの水平方向の変位量と荷重との関係を表わしたものである。



(a)



(b)

図-2

実験結果より、図-2(a),(b)の2つの型の π 型ラーメンは対称全体座屈よりも先に非対称全体座屈が生じて破壊した。

表-1は、それぞれの実験体の対称全体座屈荷重および非対称全体座屈荷重の理論値を表わしたものであるが、このことよりも、非対称全体座屈荷重の方が対称全体座屈荷重よりも値が小さいことがわかる。また図-3より、実験全体座屈荷重は、理論全体座屈荷重よりもやや小さい値であるが、理論値に近い値で非対称の変形が生じ、全体座屈が生じている。

4. おまけ

π 型ラーメンの全体座屈においては非対称全体座屈形が問題となることがわかった。また、理論全体座屈荷重と実験による全体座屈荷重は、比較的近い値となることがわかった。

表-1

	対称全体座屈荷重	非対称全体座屈荷重
実験体(a)	6.1 kg	2.7 kg
実験体(b)	7.9 kg	3.4 kg

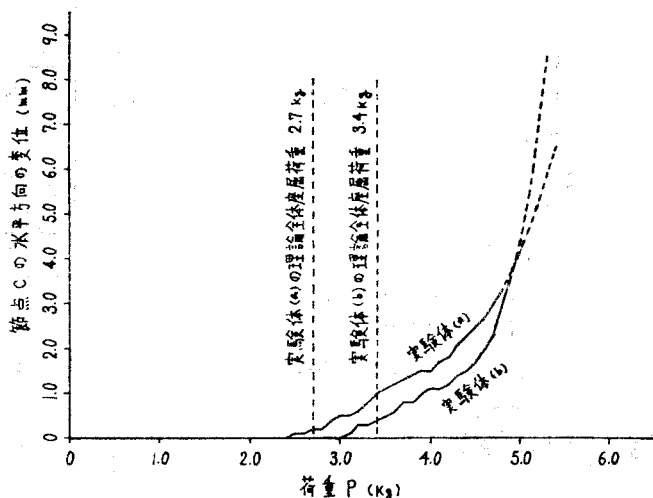


図-3