

2.-3

電子計算機による平面剛滑節構造物の塑性関節

および、崩壊荷重の追跡について

徳島大学工学部 正員 児嶋弘行

徳島大学工学部 正員 平尾 潔

要旨

本研究は、平面剛滑節構造物に任意の荷重系が作用する場合について、その弾性計算の手段として変形法を用い、内力追跡法で塑性設計する場合の計算手順を電子計算機がすべて自動的に行なうようなプログラムを作成し、必要とされる若干の初期のデーターを与えるだけで、1)塑性ヒンジの発生する位置、および、順序、2)その時の荷重値、3)最終的な崩壊荷重などを求めようとするものである。

1 単一部材に対する変形法の基本式について

内力追跡法によれば必ず一端ヒンジ、他端剛結部材が生ずるため、従来の両端剛結、両端滑節部材に対する基本式以外に新たにこれらに対する基本式を誘導したが、ここではその誘導方法の説明は省略し、その結果だけを示す。

a) 両端剛結部材に対する基本式

$$R_{xij} = A_{ij} (U_i - U_j) + b_{ij} (V_i - V_j) + C_{ij} (\theta_i + \theta_j)$$

$$R_{yij} = b_{ij} (U_i - U_j) + \bar{A}_{ij} (V_i - V_j) + \bar{C}_{ij} (\theta_i + \theta_j)$$

$$M_{ij} = -C_{ij} (U_i - U_j) + \bar{C}_{ij} (V_i - V_j) + d_{ij} \theta_i + \bar{d}_{ij} \theta_j$$

b) i 端滑節、j 端剛結部材に対する基本式

$$R_{xij} = a'_{ij} (U_i - U_j) + b'_{ij} (V_i - V_j) + C'_{ij} \theta_j$$

$$R_{yij} = b'_{ij} (U_i - U_j) + \bar{a}'_{ij} (V_i - V_j) + \bar{C}'_{ij} \theta_j$$

$$M_{ij} = 0$$

c) i 端剛結、j 端滑節部材に対する基本式

$$R_{xij} = a'_{ij} (U_i - U_j) + b'_{ij} (V_i - V_j) + C'_{ij} \theta_i$$

$$R_{yij} = b'_{ij} (U_i - U_j) + \bar{a}'_{ij} (V_i - V_j) + \bar{C}'_{ij} \theta_i$$

$$M_{ij} = C'_{ij} (U_i - U_j) + \bar{C}'_{ij} (V_i - V_j) + d'_{ij} \theta_i$$

ここで、係数、 A_{ij} , $\bar{A}_{ij}$, b_{ij} , -----, a'_{ij} , $\bar{a}'_{ij}$, b'_{ij} , -----, d'_{ij} は以下に示すようなものである。

$$A_{ij} = \frac{EF_{ij}}{l_{ij}} \cos^2 \alpha_{ij} + \frac{12EI_{ij}}{l_{ij}^3} \sin^2 \alpha_{ij}$$

$$A'_{ij} = \frac{EF_{ij}}{l_{ij}} \sin^2 \alpha_{ij} + \frac{12EI_{ij}}{l_{ij}^3} \cos^2 \alpha_{ij}$$

$$b_{ij} = \left(\frac{EF_{ij}}{l_{ij}} - \frac{12EI_{ij}}{l_{ij}^3} \right) \sin \alpha_{ij} \cdot \cos \alpha_{ij}$$

$$C_{ij} = -\frac{6EI_{ij}}{l_{ij}^2} \sin \alpha_{ij}$$

$$\bar{C}_{ij} = \frac{6EI_{ij}}{l_{ij}^2} \cos \alpha_{ij}$$

$$d_{ij} = \frac{4EI_{ij}}{l_{ij}}$$

$$\bar{d}_{ij} = \frac{2EI_{ij}}{l_{ij}}$$

$$a'_{ij} = \frac{EF_{ij}}{l_{ij}} \cos^2 \alpha_{ij} + \frac{12EI_{ij}}{l_{ij}^3} \sin^2 \alpha_{ij}$$

$$\bar{a}'_{ij} = \frac{EF_{ij}}{l_{ij}} \sin^2 \alpha_{ij} + \frac{12EI_{ij}}{l_{ij}^3} \cos^2 \alpha_{ij}$$

$$b'_{ij} = \left(\frac{EF_{ij}}{l_{ij}} - \frac{3EI_{ij}}{l_{ij}^3} \right) \sin \alpha_{ij} \cdot \cos \alpha_{ij}$$

$$C'_{ij} = -\frac{3EI_{ij}}{l_{ij}^2} \sin \alpha_{ij}$$

$$\bar{C}'_{ij} = \frac{3EI_{ij}}{l_{ij}^2} \cos \alpha_{ij}$$

$$d'_{ij} = \frac{3EI_{ij}}{l_{ij}}$$

以上のように、一端ヒンジ、他端剛結部材に対する b), c) の新たな基本式が導入されるわけであるが、 ij 部材において、i 端ヒンジの時には基本式 b) を、j 端ヒンジの時には基本式 c) を従来の基

本式(2)の代りに用いければ以前とまったく同様にして各節莫で釣合方程式をたて、一端ヒンジ、他端剛結部材を含む平面剛滑節構造物も解析可能である。

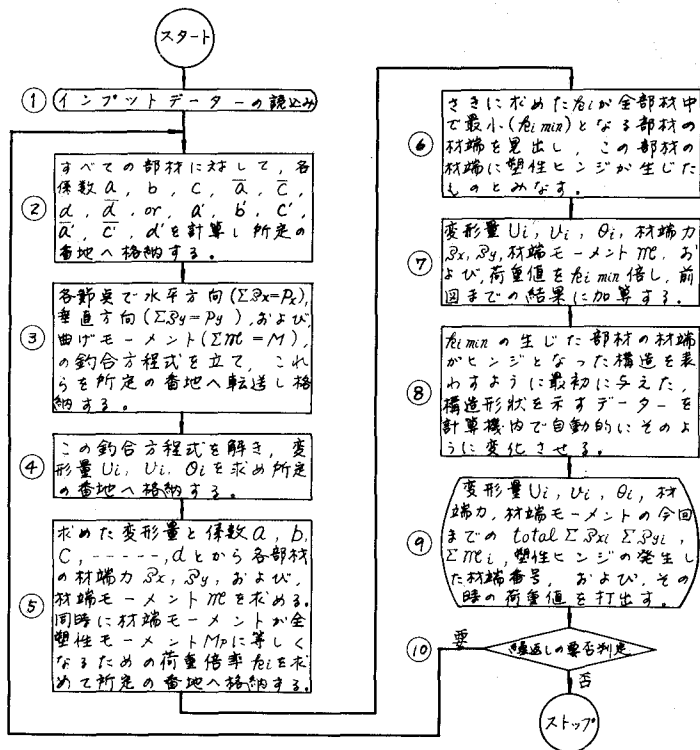
2 内力追跡法について

これは参考文献(9)を参照されたい。

3 プログラミングについて

プログラミングの詳細については講演会当日発表することにし、ここでは計算機内行なう演算の流れを以下のようなブロックダイアグラムで示し、このうちで不明確な⑧⑩の部分について簡単に説明する。

ブロックダイアグラム



⑧の部分は塑性ヒンジが発生し構造形が変化するたびごとに新たなデータを作り計算機に読込ませたのでは時間と労力の点で非常に不利となるため、原形に対するデータを、ある材端に塑性ヒンジが発生するとそれに対応する断面2次モーメントとか他端番号などの符号を変えるなどの工夫をこらして新たな構造形状に対するデータを計算機内で自動的に作り出す部分である。

⑩の部分ではもとの構造物の不静定次数と塑性ヒンジの発生した数とを比較し、不安定構造になったかどうかを判定し、安定構造の場合には計算を繰返し、不安定構造の場合は崩壊したものとみなして計算を終るように操作する部分である。

3 計算例

計算例としては図-1に示すような一層2スパンラーメンに対するものを紹介する。なお、載荷状態、寸法、および、各部材の全塑性モーメントは図示したとおりである。この場合の塑性ヒンジの生ずる位置、および、順序は図-2に、これらの塑性ヒンジが発生する時の荷重値(Pの値)を表-1にそれぞれ示す。この構造物は6次不静定であるから7番目のヒンジが発生すると不安定構造となる。したがって、最終的な崩壊荷重は表-1より、1418.6667 kNとなる。

参考までにこの場合の崩壊荷重を仮想変形法で求めてみると(変形機構は図-3のようになるから)

$$Pl \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right) \theta = M_p (1 + 2 + 2 + 2 + 6 + 4 + 2) \theta \quad \text{より}$$

$$P = \frac{19 M_p}{3l} = \frac{19 \times 44800}{3 \times 200} = 1418.6667 \text{ kN}$$

となり、計算機で求めた値と一致する。

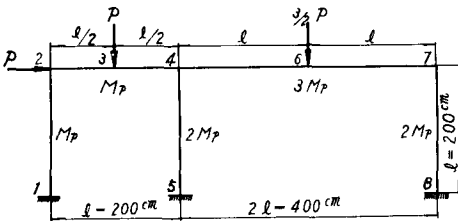


図 - 1

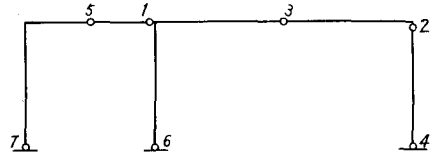


図 - 2

表 - 1

	P_i	ΣP_i
1	881.1698 kN	881.1698 kN
2	226.0913	1107.2611
3	139.5999	1246.8610
4	69.8458	1316.7068
5	11.5121	1328.2189
6	68.8889	1397.1079
7	21.5588	1418.6667

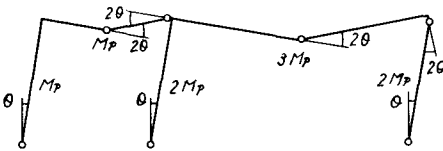


図 - 3

4. 参考文献

- 1) 倉西正嗣 極限設計法 O H M 文庫
藤田 譲
- 2) 楠田忠雄 共著 塑性設計法 森北出版
川井忠彦
- 3) 東京芝浦電気 K K T O S B A C - 3 4 0 0 システム説明書