

フレーム合成げたの弾塑性解析

大阪大学工学部 正 員 前田幸雄

大阪大学工学部 正 員 梶川靖治

大阪大学大学院 学生員 木田英之

1. まえがき 過去、フレーム合成げたに関する研究は、実験によるものが大半を占めており、理論的研究は数少く、しかもそのほとんどが弾性範囲内に限られているようである。そこで筆者らは、従来の不完全合成げたに対する有限差分法に基づく解析法を、フレーム合成げたに対するものとして拡張することにより、単純支持あるいは連続支持形式のフレーム合成げたの弾塑性曲げ性状を追跡できる数値計算プログラムを作成した。

2. 解析方法 図-1に示すような断面形状および残留フレストレスを有するけたを橋軸方向に等分割した分割区間を考え、各区間はそれぞれ軸力と曲げを受ける床版要素、鋼げた要素および下フランジコンクリート要素からなり、3つの要素はその両端において、ずれ

止めにより結合されているものとする。本解析に用いた主な仮定は次のとおりである。(1)ある分割区間において軸方向のひずみ分布は一定とし、代表値を区間中央における値とする。(2)ひずみは各要素内でその高さ方向に線形に変化し、ひびわれが生じても平面保持の仮定が成立つものとする。

(3)床版、鋼げたおよび下フランジコンクリートは等しくたわみ、同一区間内における3つの要素の

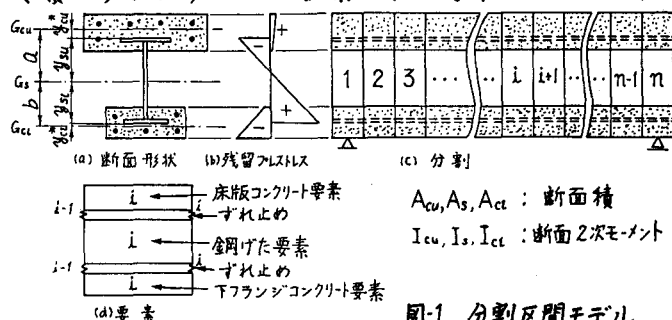


図-1 分割区間モデル

曲率は等しい。(4)鋼材お

よびコンクリートの応力-ひずみの関係、ずれ止めの荷重-ずれの関係は、図-2または図-3とする。(5)正モーメント域の下フランジコンクリートおよび負モーメント域の床版コンクリートは、その上下縁いずれかが引張限度に達したときひびわれが発生し、このひびわれはその荷重において要素を上下方向に貫通するものとする。ひびわれ発生後の下フランジコンクリートまたは床版コンクリート要素の軸力は、残留フレストレス量に等しいコンクリートの軸力と鉄筋軸力の和となる。(6)ウェアコンクリートは無視する。(7)座屈などの不安定現象は、けたの最終状態まで発生しない。

いま、図-4において、第 i 分割区間の変形後の状態について考えると、以下の関係が成立する。(各記号は図-1および図-4参照)

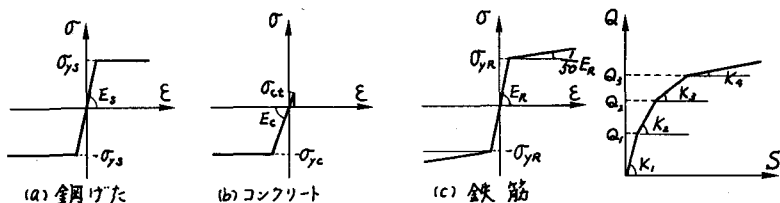


図-2 応力-ひずみの関係

図-3 荷重-ずれの関係

$$N_{cu,i} + N_{s,i} + N_{ce,i} = 0 \quad (1)$$

$$M_i = M_{cu,i} + M_{s,i} + M_{ce,i} + N_{cu,i} \cdot a + N_{ce,i} \cdot b \quad (2) \quad (M_i: \text{外力モーメント})$$

$$S_{u,i} - S_{u,i+1} = (E_{cu,i}^* - E_{su,i}) \cdot \delta l, \quad S_{s,i} - S_{s,i+1} = (E_{s,i}^* - E_{se,i}) \cdot \delta l \quad (3)$$

$$S_{u,i} = (N_{cu,i+1} - N_{cu,i}) / K_{u,i}, \quad S_{s,i} = (N_{ce,i+1} - N_{ce,i}) / K_{s,i} \quad (4)$$

$$\phi_i = M_{cu,i} / E_{cu} I_{cu} = M_{s,i} / E_s I_s = M_{ce,i} / E_{ce} I_{ce} \\ = (M_i - N_{cu,i} \cdot a - N_{ce,i} \cdot b) / EI \quad (EI = E_{cu} I_{cu} + E_s I_s + E_{ce} I_{ce}) \quad (5)$$

$$E_{cu}^* = (N_{cu,i} / E_{cu} A_{cu}) + (M_{cu,i} / E_{cu} I_{cu}) \cdot y_{cu}^*, \quad E_{su} = (N_{s,i} / E_s A_s) + (M_{s,i} / E_s I_s) \cdot y_{su} \\ E_{s,i}^* = (N_{ce,i} / E_{ce} A_{ce}) + (M_{ce,i} / E_{ce} I_{ce}) \cdot y_{ce}^*, \quad E_{se} = (N_{cu,i} / E_{cu} A_{cu}) + (M_{cu,i} / E_{cu} I_{cu}) \cdot y_{se} \quad (6)$$

以上の式から弾性状態に対して次に示す軸力に関する

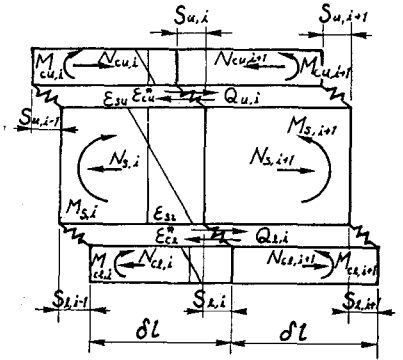


図-4 変形後の状態

線形基礎方程式を得る。

$$\left. \begin{aligned} -K_{u,i} \cdot N_{cu,i+1} + (K_{u,i} + K_{u,i-1} + \frac{1}{E_s A_s} + \frac{1}{E_{cu} A_{cu}} + \frac{a^2}{EI}) \cdot N_{cu,i} + (\frac{1}{E_s A_s} + \frac{a \cdot b}{EI}) \cdot N_{ce,i} - K_{u,i-1} \cdot N_{cu,i-1} &= \frac{a}{EI} \cdot M_i \\ -K_{s,i} \cdot N_{ce,i+1} + (K_{s,i} + K_{s,i-1} + \frac{1}{E_s A_s} + \frac{1}{E_{ce} A_{ce}} + \frac{b^2}{EI}) \cdot N_{ce,i} + (\frac{1}{E_s A_s} + \frac{a \cdot b}{EI}) \cdot N_{cu,i} - K_{s,i-1} \cdot N_{ce,i-1} &= \frac{b}{EI} \cdot M_i \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

$$\text{ここは } K_{u,i} = \frac{1}{K_{u,i}} \cdot \delta l, \quad K_{s,i} = \frac{1}{K_{s,i}} \cdot \delta l$$

さらに、ずれ止めの荷重-ずれ関係の非線形性、コンクリートのひびわれ発生による非線形性に対しては(7)式に補正項を加えることにより線形性を損なわずに修正を行い、材料が塑性化した分割区間においては、(7)式にかえて、(3),(4)式から直接導かれる次式を用いて連立方程式を組立て、外挿法により軸力を予想し、収束計算を行った。

$$\left. \begin{aligned} -K_{u,i} \cdot N_{cu,i+1} + (K_{u,i} + K_{u,i-1}) \cdot N_{cu,i} - K_{u,i-1} \cdot N_{cu,i-1} &= E_{su,i} - E_{cu,i}^* \\ -K_{s,i} \cdot N_{ce,i+1} + (K_{s,i} + K_{s,i-1}) \cdot N_{ce,i} - K_{s,i-1} \cdot N_{ce,i-1} &= E_{se,i} - E_{ce,i}^* \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

3. 計算例 2点対称集中荷重を受ける単純支持形式のフレブーム合成げた¹⁾に対する計算結果を図-5および図-6に示す。図中No.1のけたは、フレブーム合成げたであり、No.2のけたは同一断面形状のSRCげたである。M-φ曲線の計算値が途中水平に移行しているのは下フランジコンクリートのひびわれ発生によるものである。またNo.2のけたのM-φ曲線がM=30t-mあたりから実験値と計算値とに差が現われるが、これは鋼げたの溶接残留応力の影響と思われる。No.1のけたでは製作過程の高い応力履歴により、この影響がみられない。

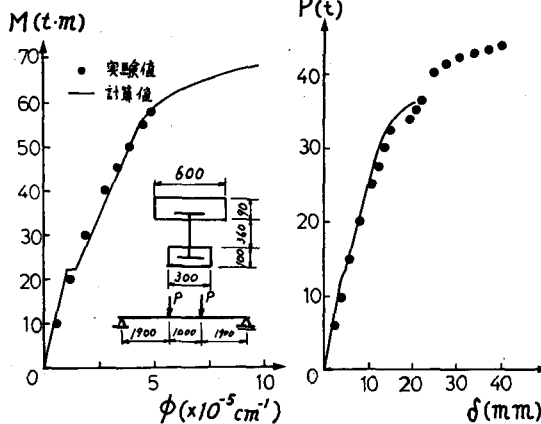


図-5 No.1 けた

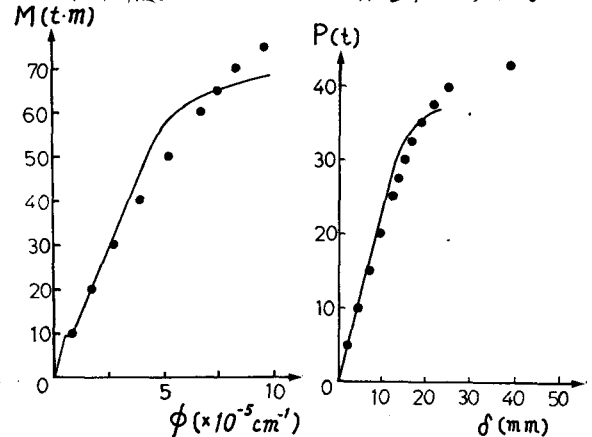


図-6 No.2 けた

参考文献 1) 荷池, 所部, 渡辺: フレブームけたの疲労実験, 国鉄構造物設計資料, No.39, 昭和49年9月 pp.1623~1626