

新日本製鐵(株) 正員 木田英之
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

1. まえがき 現在までフレブーム合成げたの適用範囲は「フレブーム合成げた橋設計施工指針」にも示されているように、支間50mまでの単純支持形式のものに限られているが、近年、スパンの増大、走行性、耐震性などの面でより優れた構造形式と考えられる連続合成げたへの適用が要望されるようになった。筆者らはこれまでフレブームを連続合成げたへ適用するに当り、力学的に優れた構造形式を見出すため、中間支点付近の構造を変化させた2径間連続模型げたについて静的載荷試験および疲労試験を行い、実験的に検討を加えてきた⁽¹⁾⁽²⁾。さらに、解析的な面から検討を加えるために、不完全合成理論に基づく有限差分法によるフレブーム合成げたの解析法を開発したので、本文では、フレブームを用いた連続合成げたの計算結果について報告する。

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、鋼け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橋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するものとする。(3)床版、鋼けたおよび下フランジコン

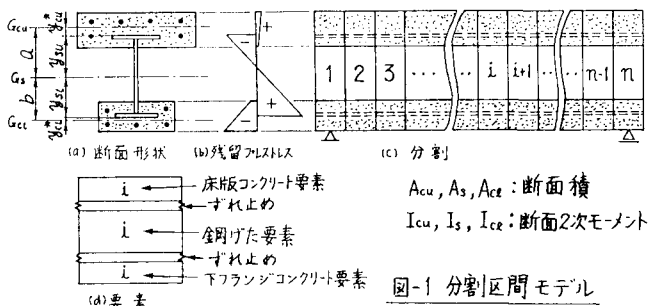


図-1 分割区間モデル

クリートは等しくたわみ、同一区間内における3つの要素の曲率は等しい。(4)鋼けた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)ウェブコンクリートは無視する。(7)座屈などの不安定現象は、けたの最終状態に至るまで発生しない。

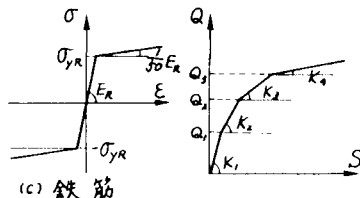
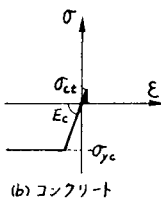
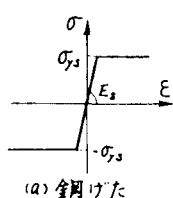


図-2 応力-ひずみの関係

図-3 荷重-ずれの関係

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。

$$N_{cu,i} + N_{s,i} + N_{ce,i} = 0 \quad (1) \quad M_i = M_{cu,i} + M_{s,i} + M_{ce,i} + N_{cu,i} \cdot a + N_{ce,i} \cdot b \quad (2) \quad (M_i: \text{外力モーメント})$$

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

$$S_{u,i} = (N_{cu,i+1} - N_{cu,i}) / K_{u,i}, \quad S_{s,i} = (N_{ce,i+1} - N_{ce,i}) / K_{s,i} \quad (4) \quad (K_{u,i}, K_{s,i}: \text{第} i \text{ 節点のずれ定数})$$

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

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_{cu,i}^* &= (N_{cu,i}/E_{cu}A_{cu}) + (M_{cu,i}/E_{cu}I_{cu}) \cdot y_{cu}^* & \varepsilon_{su,i} &= (N_{s,i}/E_s A_s) + (M_{s,i}/E_s I_s) \cdot y_{su} \\ \varepsilon_{ce,i}^* &= (N_{ce,i}/E_{ce}A_{ce}) + (M_{ce,i}/E_{ce}I_{ce}) \cdot y_{ce}^* & \varepsilon_{se,i} &= (N_{s,i}/E_s A_s) + (M_{s,i}/E_s I_s) \cdot y_{se} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

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。

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

ここに $K_{u,i} = \frac{1}{K_{u,i}} \delta l$, $K_{e,i} = \frac{1}{K_{e,i}} \delta l$

さらに、ずれ止めの拘束-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。

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

3. 計算例 2点対称集中荷重を受ける2径間連続スラブ・梁合成げたりに対する計算結果を図-5および図-6に示す。Aげたは中間支点付近の構造をスラブ・梁として床版コンクリートにプレストレスを導入したけたであり、Bげたはプレストレスを導入しないけたである。図-5において、曲率が途中水平に推移しているのは、床版コンクリートにひびわれが発生したことによるものであり、プレストレスを導入したAげたは、Bげたに比べ高いモーメントでひびわれが発生していることがわかる。図-5および図-6のいずれについても、計算値は、実験値と良い一致をみている。図-6において、中間支点付近床版コンクリートのプレストレスの有無によるけたのたわみ形状の差は、ほとんどみられない。

図-7に床版コンクリートのプレストレスの導入量を3種に変化させた場合の、曲げモーメントと中間支点上断面の曲率の関係の比較を示す。プレストレスの量はA3が最も大きく、A1にはプレストレスが導入されていない。図-7から明らかなように、プレストレスの導入量が大きくなるほど、ひびわれ発生モーメントが高くなり、鋼けたが降伏するまでは、曲率が小さな値を示している。鋼けたの降伏後は、3者の曲率の差は小さくなり、終局モーメントは一致することがわかる。

参考文献 1)、前田、梶川、木田、渡辺 スラビームを用いた連続合成げたの静的載荷実験、岡崎部年講概要集-I-18、1981 2) 梶川、前田、木田 スラビームを用いた連続合成げたの静的載荷試験および疲労試験、年講概要集I-56、1981

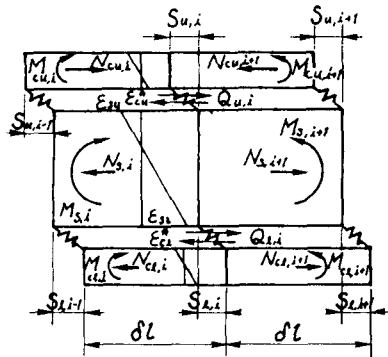


図-4 変形後の状態

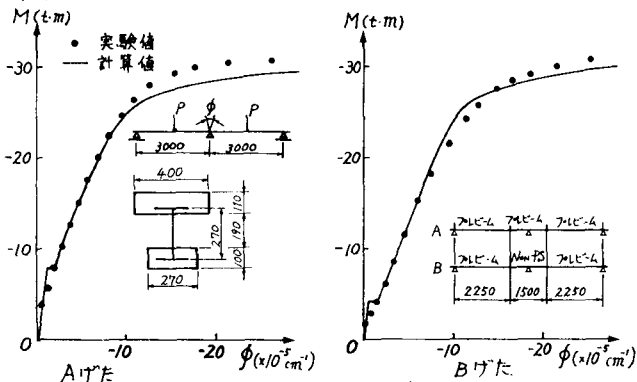


図-5 曲げモーメント-曲率の関係

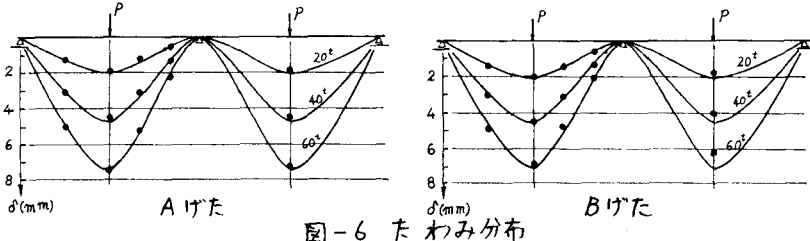


図-6 たわみ分布

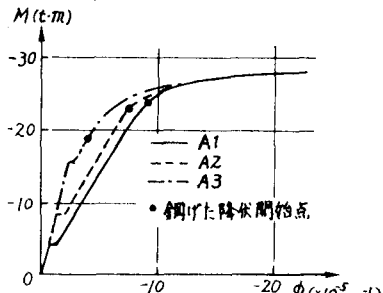


図-7 M-φ曲線