

構造解析 第 10 回

5. 節点間に作用する中間荷重の取り扱い

部材の両端にある節点の中間に作用する外力を **中間荷重** と呼ぶ。先に示した剛性マトリックスの誘導では中間荷重が作用しないと仮定していたが、下記のように取り扱えば剛性マトリックスの表現を変えずに、中間荷重を考慮できる。

- 1) 中間荷重による固定端力を算定し、それとは大きさが同じで逆向き作用する **等価節点荷重** を両端の節点に作用させ、外力と同様にみなし解析する。
 - 2) 中間荷重が作用する点に新たに **付加節点** を設ける。例えば、分布荷重が作用する場合には、それを近似する等価な複数の集中荷重に置換して付加節点を設ける。
- 上記 1) の等価節点荷重として扱う概念図を下記に示す。

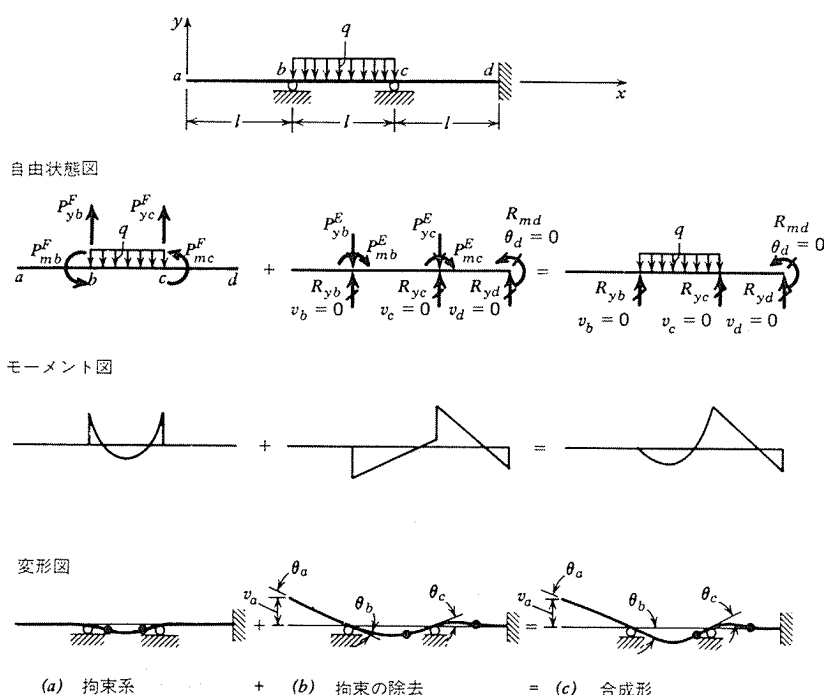


図 5-1 中間荷重の取り扱い

(a) 拘束系：中間荷重が作用する部材について、両端を固定端とする拘束を仮想的に与え反力，応力，変形を初等力学より求める。

(b) 拘束除去系：骨組全体の剛性方程式の荷重項に、中間荷重が作用する全部材の該当節点に等価節点荷重（拘束系の仮想的な拘束力，即ち固定端力とは大きさが同じで逆向きの荷重）を加え，全体剛性方程式を解く。行列式の表現は次の通り。

$$\{P\} = [K]\{\Delta\} + \{P^F\} \rightarrow \{P\} - \{P^F\} = [K]\{\Delta\} \rightarrow \{P\} + \{P^E\} = [K]\{\Delta\}$$

ただし， $\{P^F\}$ ：固定端反力ベクトル＝固定端力

$\{P^E\} = -\{P^F\}$ ：等価節点荷重

(c) 合成系：拘束系と拘束除去系の結果を加え合わせることで，2つの系の仮想的な力が相殺され，中間荷重が作用する各部材の最終的な応力，変形が求められる⁴⁾。

⁴⁾ 応力，変形の合成に際して，部材中央部を含む厳密な応力図，変形図を描くには，最大値およびその発生位置，変曲点などを求める補助計算が必要となる。“例題 9 の補助計算”参照のこと。

部材応力（部材座標系表示）

まず，中間荷重が作用する場合の部材端荷重（部材端節点力，部材端力とも呼ぶ）は，部材座標系で記すと，次式で求められる．

$$\{f\} = [k]\{\delta\} + \{p^F\}$$

ただし， $\{f\}$ ：部材端荷重， $[k]$ ：部材剛性マトリックス，

$\{\delta\}$ ：部材両端の変位， $\{p^F\}$ ：部材の固定端反力

部材応力は，上式で求めた部材端荷重を部材端荷重と部材応力の符号の規約の違いに注意して，部材応力に直す．

例題 9（補助計算あり），演習問題 8
