

Método de Flexibilidad $[F] \cdot \{X\} + \{\Delta_p\} = \{\Delta\}$

1) Determinación del GIE

$$GIE = 3 \cdot (N^\circ \text{ de barras}) + (\text{reacciones}) - 3 \cdot (N^\circ \text{ de nodos}) - (\text{ecuaciones de rótulas})$$

2) Determinación de la estructura isostática fundamental y las estructuras redundantes

Según el valor del GIE obtenido anteriormente, debemos dejar nuestro problema estructural hiperestático, en uno isostático. Esto se puede lograr "liberando" tantas reacciones o elementos internos como sea necesario para lograr reducir el GIE = 0. Es de suma importancia verificar que nuestra estructura fundamental no sea un "mecanismo", de lo contrario no se podrá resolver el problema.

Las estructuras redundantes (incógnitas hiperestáticas), son la misma fundamental, con la diferencia que en vez de tener la cargas externas aplicadas, cada estructura tendrá aplicada el valor X_i asociado a cada reacción o elemento liberado.

3) Obtención de los diagramas internos y los coeficientes de la matriz de flexibilidad para las incógnitas hiperestáticas

En este punto, se debe analizar cada estructura redundante por separado, haciendo que su carga sea igual a $X_i=1$. Con este valor, resolvemos la estructura y debemos determinar todos sus diagramas de esfuerzos

internos (N_j , Q_j y M_j). Luego se calculan los coeficientes de la matriz de flexibilidad como sigue:

$$f_{ij} := \int \frac{M_i \cdot M_j}{EI} dx + \int \frac{N_i \cdot N_j}{EA} dx + \int \frac{\kappa \cdot Q_i \cdot Q_j}{GA} dx + \sum \left(\frac{S_i \cdot S_j}{K} \right)$$

donde

S_i : Fuerza asociada a un resorte en la estructura redundante

K : Constante del resorte

4) Obtención de los diagramas internos y el vector de desplazamiento Δ_p para la estructura real

En este caso, resolvemos nuestra estructura isostática fundamental, con todas las fuerzas externas del problema. Primero debemos resolver para las cargas puntuales o distribuidas y obtener todos sus diagramas de esfuerzos internos (N_o , Q_o y M_o). Si nuestra estructura esta sometida bajo los efectos de temperatura debemos determinar su deformación axial y de momento de ser necesario. esto se calcula como:

Temperatura media: $T_m = \frac{T_{sup} + T_{inf}}{2}$

Temperatura gradiente: $T_g = \frac{T_{sup} - T_{inf}}{2}$

Finalmente se determina el desplazamiento como

$$\Delta_{p_i} := \int \frac{M_o \cdot M_i}{EI} dx + \int \frac{N_o \cdot N_i}{EA} dx + \int \frac{\kappa \cdot Q_o \cdot Q_i}{GA} dx + \sum \left(\frac{S_i \cdot S_j}{K} \right) + \int \alpha \cdot T_m \cdot N_i dx + \int \alpha \cdot T_g \cdot M_i dx$$

5) Si hay desplazamientos conocidos (asentamientos δ) en la dirección de la incógnita hiperestática i es

$$\Delta_i = \delta$$

6) Luego resolvemos el sistema

$$\begin{pmatrix} f_{11} & \dots & f_{1n} \\ \dots & f_{ij} & \dots \\ f_{n1} & \dots & f_{nn} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} X_1 \\ X_i \\ X_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \Delta_{p_1} \\ \Delta_{p_i} \\ \Delta_{p_n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta_1 \\ \Delta_i \\ \Delta_n \end{pmatrix}$$

Para así obtener los valores de X_i

7) Determinación de las reacciones y diagramas finales de la estructura original

Con los valores de X_i encontrados, debemos volver a nuestras redundantes, donde antes fueron evaluadas unitariamente ($X_i=1$), ahora debemos evaluar por los valores encontrados en el punto anterior (no es mas que multiplicar cada diagrama y reacción por los X_i según corresponda) y luego debemos sumar todos los diagramas (axial con axial, corte con corte, momento con momento) y reacciones, para así obtener las reacciones de la estructura hiperestática original y sus correspondientes diagramas (N_R , Q_R y M_R).

8) Cálculo de desplazamiento solicitado en algún punto

Para obtener este resultado, debemos tomar nuestra estructura isostática fundamental del inicio, y aplicarle una carga unitaria en el punto y dirección solicitada por el problema, luego determinar los diagramas asociados, para así finalmente determinar el desplazamiento Δ_p (igual que el punto 4) con la diferencia que ahora se

deben

elegir los diagramas "finales" (encontrados en el punto 7) y volvemos a aplicar la fórmula

$$\Delta := \int \frac{M_R \cdot M_i}{EI} dx + \int \frac{N_R \cdot N_i}{EA} dx + \int \frac{\kappa \cdot Q_R \cdot Q_i}{GA} dx + \sum \left(\frac{S_R \cdot S_j}{K} \right) + \int \alpha \cdot T_m \cdot N_i dx + \int \alpha \cdot T_g \cdot M_i dx$$