

CAPÍTULO 1 FORMULACIÓN DIRECTA DEL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS

Introducción

Discretización intuitiva de la estructura en elementos finitos

Función de aproximación de los corrimientos de los puntos interiores del elemento finito

Expresión del estado de deformación en función de los corrimientos nodales

Expresión del estado tensional en función de los corrimientos nodales

Matriz tensión del elemento triángulo de deformación constante

Fuerzas nodales estáticas equivalentes

Vector elemental de cargas nodales equivalentes a las distribuidas del elemento triángulo de deformación constante

Matriz de rigidez elemental

Matriz de rigidez axial del elemento barra

Matriz de rigidez del elemento triángulo de deformación constante

Equilibrio nodal. Matriz de rigidez global de la estructura

Cambio de ejes coordenados cartesianos

Definición del estado de deformación y tensional del elemento finito. Puntos específicos

Condiciones de compatibilidad o de convergencia de las funciones de aproximación de los corrimientos

Guía para la aplicación del método

Método directo de deducción de la matriz de rigidez y del vector de cargas nodales elementales

CAPÍTULO 2 FORMULACIÓN VARIACIONAL

Introducción

Propiedades del cálculo variacional

Ecuación de Euler-Lagrange

Ecuaciones de ligadura

Método de Ritz

Comparación del estado de corrimiento del Método de Ritz con el de los elementos finitos La energía potencial total como variacional

Discretización de la Energía potencial total con condiciones naturales de enlace de la estructura con el exterior

Discretización de la Energía potencial total con condiciones de ligadura entre los corrimientos nodales

CAPÍTULO 3 FORMULACIÓN RESIDUAL

Introducción

Método general de los residuos ponderados

Método Galerkin

Ejemplos de aplicación

Flexión de vigas

Pandeo de barras rectas de sección variable

CAPÍTULO 4 DISCRETIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Génesis de la malla

Condiciones de convergencia de la discretización

Minimización del ancho de banda de la matriz de rigidez global

Subestructuración: condensación estática

Tipología de los elementos finitos

Elemento barra

Elementos triangulares

Elementos rectangulares

Elemento cuadrilátero

Elementos tetraédricos

Elementos hexaédricos

Elementos curvos

Elementos aximétricos

CAPÍTULO 5 INTERPOLACIÓN POLINOMIAL

Introducción

Forma general de interpolación polinomial

Interpolación de Lagrange

Interpolación de Hermite modificada

Acotación del error de interpolación

Interpolación polinómica segmentaria

CAPÍTULO 6 GEOMETRIA DE LOS ELEMENTOS FINITOS

Introducción

Definición geométrica de la forma de los elementos finitos

Continuidad geométrica de la transformación

Elementos de borde recto o plano .

Coordenadas longitudinales

Coordenadas triangulares

Coordenadas tetraédricas

Elementos curvos

Elementos curvos tipo lámina obtenidos por transformación de elementos «padre» planos

Geometría de los elementos finitos en coordenadas generalizadas

CAPÍTULO 7 CORRIMIENTOS DE LOS ELEMENTOS FINITOS

Introducción

Requisitos de las funciones de interpolación o de forma

Requisito de compatibilidad o conformidad

Requisito de complitud

Discontinuidad CI interelemental admisible

Aproximación polinomial de los corrimientos

Serie polinómicas

Propiedades de la aproximación polinomial. Isotropía geométrica

Génesis de las funciones de forma o interpolación con continuidad interelemental CO y CI

Elemento barra

Elemento triángulo

Elemento tetraedro

Elemento rectángulo

Elementos hexaédricos

Deducción directa de las funciones de interpolación para elementos especiales por reducción del número de nodos

Ensamblado de elementos finitos con nodos interiores

Fórmulas de integración

Aplicación a la flexión de placas delgadas

Comprobación de la formulación del elemento finito

Valores y vectores propios de la matriz de rigidez elemental

Verificación de los valores propios de la matriz de rigidez elemental

Ejemplo de aplicación teórico-práctico

CAPÍTULO 8 ELEMENTOS ISOPARAMÉTRICOS

Introducción

Requisitos de las funciones de interpolación o de forma

Consecuencias de la transformación coordenada en las formulaciones de los elementos finitos

Integración numérica

Integración numérica por el método de Gauss

Ejemplos de aplicación

Tensión y deformación planas

Flexión biaxial de placas

Rigidizadores a flexión .

CAPÍTULO 9 FUERZAS DINÁMICAS NODALES EQUIVALENTES

Ampliación del concepto de fuerzas nodales equivalentes
Determinación de la matriz consistente de masas elemental
Determinación de la matriz global consistente de masas de la estructura
Matriz de masas concentradas
Determinación de la matriz global consistente de amortiguamiento
Determinación de las cargas consistentes nodales .

CAPÍTULO 10 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO LINEAL DE LAS ESTRUCTURAS CONTINUAS

Introducción

Análisis del comportamiento dinámico de las estructuras con un solo grado de libertad nodal

Vibraciones libres

Vibraciones libres sin amortiguamiento

Vibraciones libres con amortiguamiento

Carga armónica

Carga armónica sin amortiguamiento

Carga armónica con amortiguamiento .

Cargas periódicas

Cargas impulsivas. Impulso rectangular .

Caso general de cargas dinámicas

Análisis del comportamiento dinámico de las estructuras continuas discretizadas con n grados de libertad nodal

Corrimientos modales generalizados. Matriz dinámica

Amortiguamiento proporcional. Método de la superposición de modos

Amortiguamiento de Rayleigh

Amortiguamiento de Caughey .

Amortiguamiento no proporcional

Métodos de integración directa

Ejemplo de aplicación académica

Análisis de un pórtico plano de acero, con nudos rígidos soldados, por el método de la superposición de modos

Análisis de un pórtico plano de acero, con nudos rígidos soldados, por el método de integración directa

CAPÍTULO 11 ANÁLISIS DE LAS ESTRUCTURAS CONTINUAS CON COMPORTAMIENTO NO LINEAL

Introducción

Estado inicial de las estructuras

Deformaciones iniciales

Tensiones iniciales

Procedimientos generales de análisis de comportamiento no lineal

Método incremental

Método iterativo de Newton

Método mixto

Análisis de comportamiento materialmente no lineal .

Método de la rigidez variable

Método de las deformaciones iniciales

Método de las tensiones iniciales

Análisis de comportamiento geoméricamente no lineal

Aplicación del procedimiento iterativo

Aplicación del procedimiento incremental: Matriz de rigidez geométrica

Pandeo de las estructuras continuas

Estructuras continuas cargadas estáticamente y excitadas por cargas dinámicas

Análisis de comportamiento dinámico no lineal