

# Contenido

## 1. Esfuerzo—Cargas axiales 17

- 1-1 Introducción. 17
- 1-2 Método de secciones. 19
- 1-3 Esfuerzo. 20
- 1-4 Carga axial; esfuerzo normal. 23
- 1-5 Esfuerzo cortante medio. 26
- 1-6 Problemas de esfuerzo normal y esfuerzo cortante. 28
- 1-7 Esfuerzos permisibles; factor de seguridad. 36
- 1-8 Diseño de los elementos estructurales sometidos a carga axial. 40
- 1-9 Enfoque básico. 44

## 2. Deformación—Ley de Hooke—Problemas de carga axial 53

- 2-1 Introducción. 53
- 2-2 Deformación. 53
- 2-3 Diagrama esfuerzo-deformación. 54
- 2-4 Ley de Hooke. 55
- 2-5 Observaciones adicionales acerca del diagrama esfuerzo-deformación. 57
- 2-6 Deformación de elementos con carga axial. 58
- 2-7 Relación de Poisson. 62
- \* 2-8 Ley de Hooke generalizada. 64
- 2-9 Esfuerzos cortantes en planos mutuamente perpendiculares. 66
- 2-10 Ley de Hooke para esfuerzo cortante y deformación por corte. 68
- \* 2-11 Concentración de esfuerzos. 69

## 3. Torsión 79

- 3-1 Introducción. 79
- 3-2 Aplicación del método de secciones. 80
- 3-3 Hipótesis básicas. 81
- 3-4 Fórmula de la torsión. 82
- 3-5 Observaciones acerca de la fórmula de la torsión. 85
- 3-6 Diseño de elementos cilíndricos que trabajan a torsión. 87
- 3-7 Angulo de torsión en barras cilíndricas. 91

## 10 Contenido

- \*3-8 Esfuerzo cortante y deformaciones por corte en barras cilíndricas en el intervalo inelástico. 95
- \*3-9 Concentración del esfuerzo. 100
- \*3-10 Elementos macizos de sección no circular. 102
- \*3-11 Elementos de sección hueca y pared delgada. 106
- \*3-12 Acoplamiento de ejes de transmisión. 108

### 4. Fuerza axial—fuerza cortante y momento flexionante 117

- 4-1 Introducción. 117
- 4-2 Representaciones esquemáticas de apoyos y soportes. 118
- 4-3 Representaciones esquemáticas de las cargas. 120
- 4-4 Clasificación de las vigas. 122
- 4-5 Cálculos de las reacciones en las vigas. 123
- 4-6 Aplicación del método de secciones. 127
- 4-7 La fuerza cortante de las vigas. 128
- 4-8 La fuerza axial en las vigas. 130
- 4-9 Momento flexionante en vigas. 130
- 4-10 Diagramas de fuerza cortante, fuerza axial y momento flexionante. 132
- 4-11 Procedimiento de paso a paso. 139

### 5. Vigas de flexión pura 147

- 5-1 Introducción. 147
- 5-2 Algunas limitaciones importantes de la teoría. 147
- 5-3 Hipótesis básicas. 148
- 5-4 Fórmula de la flexión (o de la escuadría). 152
- 5-5 Cálculo del momento de inercia. 155
- 5-6 Observaciones acerca de la fórmula de la flexión. 159
- \*5-7 Flexión pura de vigas con sección transversal asimétrica. 163
- \*5-8 Flexión inelástica de vigas. 164
- \*5-9 Concentración del esfuerzo. 172
- \*5-10 Vigas de dos materiales. 175
- \*5-11 Vigas curvas. 181

### 6. Esfuerzos cortantes en vigas 195

- 6-1 Introducción. 195
- 6-2 Relación entre fuerza cortante y momento flexionante. 196
- 6-3 Flujo de cortante. 200
- 6-4 Fórmula del esfuerzo cortante para vigas. 207
- \*6-5 Limitaciones de la fórmula del esfuerzo cortante. 216
- \*6-6 Otras observaciones acerca de la distribución de los esfuerzos cortantes. 218
- \*6-7 Centro cortante (o de torsión). 220

### 7. Esfuerzos combinados 235

- 7-1 Introducción. 235
- 7-2 El principio de superposición y sus limitaciones. 236
- \*7-3 Observaciones acerca de problemas en que intervienen fuerzas axiales y momentos flexionantes: el problema de una presa. 245
- \*7-4 Limitación especial: el problema de una chimenea. 247
- 7-5 Fuerza aplicada a un elemento prismático paralelamente a su eje en un punto cualquiera. 248
- 7-6 Flexión asimétrica. 253

- 7-7 Superposición de esfuerzos cortantes. 257
- \*7-8 Esfuerzos en resortes helicoidales enrollados estrechamente. 259
- \*7-9 Deformación longitudinal de resortes helicoidales estrechamente enrollados. 261

## 8. Análisis de esfuerzo y deformación planos 273

- 8-1 Introducción. 273
- 8-2 El problema básico. 274
- 8-3 Ecuaciones para la transformación de esfuerzo plano. 277
- 8-4 Esfuerzos principales. 278
- 8-5 Esfuerzos cortantes máximos. 280
- 8-6 Una importante transformación de esfuerzos. 284
- 8-7 Círculo de Mohr para esfuerzos. 285
- 8-8 Construcción del círculo de Mohr para esfuerzos. 292
- \*8-9 Círculo de Mohr para el estado general de esfuerzo. 292
- \*8-10 Análisis de la deformación plana: observaciones generales. 294
- \*8-11 Ecuaciones para la transformación de la deformación plana. 295
- \*8-12 Círculo de Mohr para deformaciones. 298
- \*8-13 Mediciones de deformación; rosetas. 301
- \*8-14 Relaciones lineales adicionales entre esfuerzo y deformación y entre  $E$ ,  $G$  y  $\nu$ . 302

### Apéndice al capítulo 8

Transformación de momentos de inercia de áreas según diferentes ejes 306

- 8A-1 Ecuaciones de transformación por rotación de ejes. 306
- 8A-2 Ejes principales y momentos de inercia principales. 307

## 9. Esfuerzos combinados—Recipientes de presión—Teorías de falla 315

- 9-1 Introducción. 315
- 9-2 Investigación del esfuerzo en un punto. 316
- \*9-3 Miembros estructurales en estado de esfuerzo bidimensional. 323
- \*9-4 Método fotoelástico de análisis de esfuerzos. 324
- 9-5 Recipientes de presión de pared delgada. 329
- 9-6 Observaciones acerca de los recipientes de pared delgada. 333
- 9-7 Teorías de la falla: observaciones preliminares. 335
- 9-8 Teoría del esfuerzo cortante máximo. 336
- 9-9 Teoría de la energía máxima de distorsión. 337
- 9-10 Teoría del esfuerzo normal máximo. 339
- 9-11 Comparación y descripción de otras teorías. 341

## 10. Diseño de elementos según los criterios de resistencia 355

- 10-1 Introducción. 355
- 10-2 Diseño de elementos con carga axial. 355
- 10-3 Diseño de elementos en torsión. 356

## 12 Contenido

- 10-4 Criterios de diseño para vigas prismáticas. 357
- 10-5 Diagramas de fuerza cortante obtenidos por sumas. 360
- 10-6 Diagramas de momento flexionante obtenidos por sumas. 363
- \* 10-7 Observaciones adicionales acerca del trazo de diagramas de fuerza cortante y de momento flexionante. 368
- \* 10-8 El diagrama de momento flexionante y la curva elástica. 373
- 10-9 Diseño de vigas prismáticas. 375
- \* 10-10 Diseño de vigas no prismáticas. 381
- \* 10-11 Diseño de elementos complejos. 382

## 11. Deformación por flexión en las vigas 401

- 11-1 Introducción. 401
- 11-2 Relaciones entre curvatura y deformación, y entre curvatura y momento flexionante. 402
- 11-3 Ecuación diferencial para la deformación en vigas elásticas. 404
- 11-4 Otras ecuaciones diferenciales para las vigas elásticas. 406
- 11-5 Condiciones de frontera. 407
- 11-6 Solución por integración directa de problemas de deflexión en vigas. 409
- 11-7 Problemas de vigas elásticas estáticamente indeterminadas. 420
- 11-8 Observaciones acerca de la deformación elástica de vigas. 423
- \* 11-9 Deformación elástica de vigas en flexión asimétrica. 426
- \* 11-10 Deformación inelástica de vigas. 427
- \* 11-11 Introducción al método del área del diagrama de momento flexionante. 430
- \* 11-12 Deducción de los teoremas del "área de momento". 431

## 12. Problemas estáticamente indeterminados 455

- 12-1 Introducción. 455
- 12-2 Un enfoque general. 456
- 12-3 Esfuerzos por cambios de temperatura. 464
- 12-4 Análisis de sistemas estáticamente indeterminados, con base en la superposición. 467
- \* 12-5 Método de las fuerzas. 468
- \* 12-6 Método de los desplazamientos. 475
- \* 12-7 Método del área de momento para vigas estáticamente indeterminadas. 483
- \* 12-8 Ecuación de los tres momentos. 491
- \* 12-9 Constantes para casos de carga especial. 493
- \* 12-10 Análisis al límite en el caso de vigas. 496
- \* 12-11 Observaciones finales. 504

## 13. Columnas 519

- 13-1 Introducción. 519
- 13-2 Estabilidad del equilibrio. 521
- 13-3 Fórmula de Euler para el pandeo de columnas con extremos articulados. 524
- \* 13-4 Fórmulas de Euler para columna con diferentes restricciones en sus extremos. 526
- \* 13-5 Pandeo elástico de columnas expresado mediante una ecuación diferencial de cuarto orden. 529

- \* 13.6 Análisis de vigas-columnas. 530
- 13.7 Limitaciones de las fórmulas de Euler. 533
- 13.8 Fórmulas generalizadas de la carga crítica o de pandeo. 535
- 13.9 Fórmula de la secante. 537 13-10 Diseño de columnas. 541
- 13.11 Fórmulas para columnas con carga concéntrica. 543
- \* 13.12 Fórmulas para columnas con carga excéntrica. 547
- \* 13.13 Vigas sin soportes laterales. 554

## 14. Uniones estructurales 563

- 14.1 Introducción. 563 14-2 Uniones remachadas o atornilladas. 564
- 14.3 Modos de falla de una unión remachada o atornillada. 565
- 14.4 Uniones remachadas o atornilladas para carga excéntrica. 576
- 14.5 Uniones soldadas. 580
- 14.6 Uniones soldadas con carga excéntrica. 582

## 15. Métodos de energía 591

- 15.1 Introducción. 591
- 15.2 Energía de deformación elástica en el caso de esfuerzo axial. 592
- 15.3 Energía elástica en el caso de flexión. 595
- 15.4 Energía de deformación elástica para esfuerzos cortantes. 596
- \* 15.5 Energía elástica en el caso de estados de esfuerzo multiaxial. 598
- \* 15.6 Diseño de elementos para cargas de energía. 599
- 15.7 Cálculo de desplazamientos o deformaciones por el método de energía. 601
- \* 15.8 Cargas de choque o impacto. 606
- \* 15.9 Método del trabajo virtual para determinar desplazamientos o deformaciones. 608
- \* 15-10 Ecuaciones del trabajo virtual para sistemas elásticos. 611
- \* 15-11 Problemas relativos a sistemas hiperestáticos. 617

## 16. Cilindros de pared gruesa 627

- 16-1 Introducción 627 16-2 Solución del problema general. 627
- 16-3 Casos especiales. 632
- 16-4 Comportamiento de cilindros de pared gruesa idealmente plásticos. 635

## Apéndice-Tablas 641

## Símbolos y abreviaturas 665

## Sistemas Internacional de Unidades (SI) 668

## índice 671