

PING-CHUN WANG

**calcul des structures
par les
méthodes numériques
et matricielles**

Table des matières

Conversion des mesures anglo-saxonnes en système international SI, XVI.

1. Méthode des différences finies en mécanique des structures

- 1-1 Introduction, 1.
- 1-2 Représentation des dérivées par les différences finies, 1.
- 1-3 Erreurs commises dans l'emploi des différences finies, 5.
- 1-4 Amélioration de l'exactitude des différences finies, 8.
- 1-5 Solution d'un système d'équations linéaires simultanées, 9.
- 1-6 Moments et déformations d'une poutre par la méthode des différences finies, 13.
- 1-7 Amélioration des solutions par les différences finies de la déformation des poutres, 15.
- 1-8 Poutres reposant sur une fondation élastique, 18.
- 1-9 Utilisation des différences finies avec des intervalles inégaux, 25.
- 1-10 Théorie des déformations des arcs élastiques, 26.
- 1-11 Flambement des barres soumises à une compression axiale, 39.
- 1-12 Résolution d'équations algébriques non linéaires, 42.
- 1-13 Vibrations des poutres, 44.
- 1-14 Evaluation des valeurs propres par la méthode de Rayleigh, 45.

2. Problème avec équations aux différences partielles

- 2-1 Introduction, 50.
- 2-2 Expression des différences finies en coordonnées cartésiennes, 50.
- 2-3 Différences finies en coordonnées polaires, 52.
- 2-4 Différences finies en coordonnées obliques, 54.
- 2-5 Les différences finies en coordonnées triangulaires, 55.
- 2-6 Flexion latérale d'une membrane mince, 56.
- 2-7 Torsion des barres prismatiques. Analogie de la membrane, 58.
- 2-8 Contraintes planes, 60.
- 2-9 Plaques minces chargées latéralement, 66.
- 2-10 Flambement des plaques, 71.
- 2-11 Torsion d'une barre prismatique de section transversale demi-circulaire, 75.
- 2-12 Plaque biaise chargée latéralement, 78.
- 2-13 Vibration d'une membrane tendue, 81.
- 2-14 Structures en coques minces, 83.
- 2-15 Limites curvilignes, 86.

3. Intégration numérique

- 3-1 La règle du trapèze en intégration numérique, 91.
- 3-2 Règle de Simpson pour l'intégration numérique, 93.
- 3-3 Intégration numérique pour calculer les efforts tranchants, les moments, les pentes et les déformations des poutres, 96.
- 3-4 Conditions d'extrémités particulières pour les efforts tranchants, les moments, les pentes et les flèches des poutres, 100.
- 3-5 Flambement des barres droites sur appuis simples, 101.
- 3-6 Flambement des barres sur appui simple à une extrémité et fixées à l'autre, 105.
- 3-7 Poutres soumises à des charges latérales et axiales, 105.
- 3-8 Fréquence propre des poutres en état de vibration, 110.
- 3-9 Réponse dynamique d'un système vibrant à un degré de liberté, 111.
- 3-10 Le développement en série de Taylor pour l'intégration numérique, 112.
- 3-11 Méthode de Runge-Kutta-Gill pour l'intégration numérique, 113.
- 3-12 Méthode du paramètre β de Newmark pour l'intégration numérique, 115.
- 3-13 Application des méthodes d'intégrations numériques diverses pour une réponse dynamique, 116.
- 3-14 Réponse dynamique d'un système à degrés de liberté multiples, 121.

4. Méthodes de relaxation en mécanique des structures

- 4-1 Introduction, 127.
- 4-2 Méthode de relaxation pour résoudre des équations linéaires simultanées, 128.
- 4-3 Techniques spéciales de relaxation, 130.
- 4-4 Résolution des cadres articulés par la relaxation, 132.
- 4-5 Répartition des moments comme procédé de relaxation, 135.
- 4-6 Répartition de moment et d'effort tranchant, 142.
- 4-7 Méthode générale de relaxation pour l'étude des portiques obliques, 152.
- 4-8 Méthodes de relaxation pour la résolution des équations différentielles, 159.

5. Calcul matriciel

- 5-1 Introduction, 163.
- 5-2 Matrices particulières, 164.
- 5-3 Addition et soustraction de matrices, 165.
- 5-4 Multiplication de matrices, 166.
- 5-5 Inversion des matrices, 170.

- 5-6 Résolution d'un système d'équations linéaires, 173.
- 5-7 Inversion des matrices par la méthode de Gauss-Jordan, 173.
- 5-8 Inversion des matrices par les matrices triangulaires, 174.
- 5-9 Inversion des matrices par partition, 177.
- 5-10 Inversion de matrice modifiée d'une petite quantité, 180.
- 5-11 Transformation linéaire, 181.
- 5-12 Transformation orthogonale, 182.
- 5-13 Equations caractéristiques et valeurs propres, 183.
- 5-14 Evaluation des valeurs propres d'une matrice, 186.
- 5-15 Calcul de la première valeur propre par la méthode d'itération et le quotient de Rayleigh, 187.
- 5-16 Calcul des valeurs propres successives, 189.

6. La méthode des forces en mécanique des structures

- 6-1 Introduction, 197.
- 6-2 Equation de compatibilité des structures statiquement indéterminées, 198.
- 6-3 Matrices des forces, des déformations et de déformabilité d'une barre élémentaire d'une structure, 201.
- 6-4 Forces nodales et matrice des forces nodales d'une structure, 204.
- 6-5 Transformation des forces agissant sur une barre élémentaire en forces nodales, 205.
- 6-6 Equilibre des forces au point nodal, 208.
- 6-7 Transformation entre les forces nodales et les forces dans les barres d'une structure statiquement déterminée, 210.
- 6-8 Déplacements d'une structure statiquement déterminée, 216.
- 6-9 Transformation des forces surabondantes en forces de barres, 218.
- 6-10 Transformation des forces extérieures en forces dans les barres, 223.
- 6-11 Calcul de la matrice de déformabilité des forces surabondantes, 227.
- 6-12 Calcul de matrices de déformabilité charges extérieures-déplacements surabondants, 230.
- 6-13 Forces surabondantes et forces résultantes dans les barres d'une structure statiquement indéterminée, 232.
- 6-14 Marche à suivre pour résoudre les structures statiquement indéterminées par la méthode des forces, 233.
- 6-15 La méthode des forces, appliquée à un problème tridimensionnel, 236.

7. La méthode des déplacements en mécanique des structures

- 7-1 Introduction, 243.
- 7-2 Déplacements indépendants des nœuds et rigidité d'une structure, 243.

- 7-3 Matrice de rigidité particulière à chaque barre, 244.
- 7-4 Matrice de transformation des déplacements, 249.
- 7-5 Transformation des déplacements nodaux en déformations des barres, 249.
- 7-6 Compatibilité des déplacements en un nœud, 251.
- 7-7 Transformation des déplacements des nœuds d'une structure en déformations des barres, 252.
- 7-8 Calcul de la matrice de rigidité d'une structure, 257.
- 7-9 Transformation des charges extérieures en forces nodales, 260.
- 7-10 Résolution complète des structures par la méthode des déplacements, 265.
- 7-11 Marche à suivre pour résoudre les problèmes sur les structures par la méthode des déplacements, 267.
- 7-12 La méthode des déplacements, appliquée à un problème tridimensionnel, 269.
- 7-13 Matrice de rigidité d'une barre élémentaire soumise à des forces axiales importantes, 273.
- 7-14 Critère de stabilité élastique des structures, 276.
- 7-15 Calcul de la charge critique par approximations successives, 281.
- 7-16 Vibrations libres des structures, 282.
- 7-17 Vibrations forcées des structures, 287.

8. Exemples de programmes pour calculateurs

- 8-1 Introduction, 293.
- 8-2 Résolution d'un système d'équations linéaires simultanées, 294.
- 8-3 Méthode des différences finies pour la résolution des poutres sur fondations élastiques, 299.
- 8-4 Solution des arcs élastiques par les différences finies, 300.
- 8-5 Intégration numérique pour calculer les moments, les efforts tranchants, les pentes et les déformations des poutres, 317.
- 8-6 Réponse dynamique des systèmes vibrants à un degré de liberté, 318.
- 8-7 Réponse dynamique des systèmes vibrants à plusieurs degrés de liberté, 325.
- 8-8 Répartition des moments dans une structure à un étage, 330.
- 8-9 Répartition des moments et des efforts tranchants dans un cadre à plusieurs étages, 332.
- 8-10 Inversion des matrices, 345.
- 8-11 Calcul matriciel, 347.
- 8-12 Evaluation des valeurs propres, 350.
- 8-13 Méthode des forces pour calculer les structures articulées, 360.
- 8-14 Méthode des déplacements pour l'analyse des structures, 372.
- 8-15 Recherche sur la stabilité des structures, 395.

Annexe. Notions de langage FORTRAN

- A-1 Introduction, 403.
- A-2 Description générale d'un programme FORTRAN, 403.
- A-3 Instructions arithmétiques, 406.
- A-4 Fonctions, 408.
- A-5 Instructions de contrôle, 410.
- A-6 Instructions entrée-sortie, 413.
- A-7 Instructions de spécification, 417.
- A-8 Instructions sous-programme, 419.
- A-9 FORTRAN sans FORMAT, 422.
- A-10 FORTRAN IV, 423.
- A-11 Conclusion, 424.

Index, 427.