

ram Samikian

2-624-29-2



2-624-29-2



Analyse et calcul des structures



Université de Tizi-Ouzou
Institut de Génie Civil
Bibliothèque
N° Entrée: GC 712 / 1
N° Côte: STRUCT. 124-4^e



gaëtan morin
éditeur

Table des matières

Avant-propos	v
--------------------	---

CHAPITRE 1

Introduction	1
1.1 Types de structures	1
1.2 Étapes de conception et d'analyse d'une structure	2
1.3 Charges	3
1.4 Combinaisons des charges	6
1.5 Coefficient de sécurité	8
1.6 Surfaces tributaires	10

CHAPITRE 2

Rappels de statique	13
2.1 Introduction	13
2.2 Forces	13
2.3 Forces coplanaires et concourantes	14
2.4 Moment d'une force	16
2.5 Forces coplanaires non concourantes	16
2.6 Couple	18
2.7 Équilibre statique d'une structure	19
2.8 Actions, réactions et déplacements	20
2.9 Appuis	21
2.10 Structures isostatiques et hyperstatiques	22
2.11 Convention de signe	26
Exercices	44

CHAPITRE 3

Treillis	47
3.1 Introduction	47
3.2 Définitions	48
3.3 Types de poutres à treillis isostatiques	50
3.4 Calcul des treillis plans isostatiques par la méthode des nœuds	51

3.5	Calcul des treillis plans isostatiques par la méthode des sections	62
3.6	Nœuds particuliers	66
3.7	Analogie entre une poutre à treillis et une poutre prismatique	69
☐	Exercices	71

CHAPITRE

4

Câbles	75
4.1 Introduction	75
4.2 Statique des câbles	75
4.3 Analogie entre une poutre et un câble	78

CHAPITRE

5

Caractéristiques géométriques des sections planes	99
5.1 Introduction	99
5.2 Moment statique d'une aire plane	99
5.3 Centre de gravité d'une aire plane	101
5.4 Moment d'inertie d'une aire plane	101
5.5 Produit d'inertie d'une aire plane	102
5.6 Principe des axes parallèles	103
5.7 Relation entre les moments d'inertie et le produit d'inertie	104
5.8 Axes principaux	106
5.9 Rayon de giration	107
5.10 Module de flexion	107
5.11 Moment d'inertie polaire	109
☐ Exercices	118

CHAPITRE

6

Rappels de résistance des matériaux	123
6.1 Introduction	123
6.2 Définitions	123
6.3 Contrainte	124
6.4 Relation entre les contraintes et les déformations	124
6.5 Coefficient de Poisson	127
6.6 Contraintes admissibles	127
6.7 Traction simple	128

6.8	Contraintes dues aux variations de température	129
6.9	Compression simple et flambement	130
6.10	Flexion simple	136
6.11	Principe de superposition	142
6.12	Flexion composée	142
6.13	Flexion biaxiale (ou flexion déviée) et effort normal ...	145
6.14	Effort tranchant	148
6.15	Moment de torsion	151
6.16	Contraintes autour d'un point	157

CHAPITRE

7

Poutres et portiques isostatiques	171
7.1 Définitions	171
7.2 Calcul des poutres droites et des portiques isostatiques	172
7.3 Convention de signe	173
7.3.1 Premier cas: poutres isostatiques supportant des charges entre les appuis (ou les extrémités)	173
7.3.2 Deuxième cas: toute autre condition	175
7.4 Diagrammes des efforts intérieurs	177
7.5 Relations fondamentales entre la charge, l'effort tranchant et le moment fléchissant	181
□ Exercices	239

CHAPITRE

8

Déformations des poutres	243
8.1 Introduction	243
8.2 Méthode de la double intégration	244
8.2.1 Convention de signe	245
8.3 Méthode des aires	250
8.4 Méthode de la poutre conjuguée	258
8.4.1 Convention de signe	260
8.4.2 Correspondance entre poutres réelles et poutres conjuguées	260
8.5 Application aux poutres droites hyperstatiques à une travée	274
8.5.1 Poutre encastrée aux deux extrémités	275
8.5.2 Poutre encastrée à une extrémité et simplement appuyée à l'autre	275
□ Exercices	287

CHAPITRE

9

Déformations – méthode du travail-énergie et méthode du travail virtuel.....	291
9.1 Introduction	291
9.2 Travail externe	291
9.3 Potentiel interne W_I	292
9.4 Calcul des déformations par la méthode du travail- énergie	295
9.5 Travail virtuel	299
9.6 Calcul des déformations par la méthode du travail virtuel	300
9.6.1 Cas d'un treillis	301
9.6.2 Cas d'une poutre – calcul d'un déplacement ...	305
9.6.3 Cas d'une poutre – calcul d'une rotation.....	307
9.6.4 Méthode semi-graphique d'intégration	319
9.7 Théorème de la réciprocité des déplacements de Maxwell-Betti	327
9.8 Théorème de Castigliano	331
9.9 Application du théorème de Castigliano aux systèmes hyperstatiques. Théorème de Ménabréa	339
☐ Exercices	343

CHAPITRE

10

Lignes d'influence	34
10.1 Introduction	34
10.2 Lignes d'influence des réactions d'une poutre	34
10.3 Lignes d'influence de l'effort tranchant et du moment fléchissant d'une poutre	34
10.4 Principe de Müller-Breslau	35
10.5 Utilisation des lignes d'influence.....	35
10.6 Lignes d'influence pour les treillis	36
10.7 Position d'un train de charges maximisant un effet	36
10.8 Détermination du moment maximal (théorème de Barré)	36
10.9 Détermination de l'effort tranchant maximal.....	37
10.10 Lignes d'influence pour les structures hyperstatiques...	37

CHAPITRE

11

X	Structures hyperstatiques – méthode des forces	377
11.1	Introduction	377
11.2	Principe de la méthode des forces.....	377
11.3	Étapes du calcul	378
11.4	Application de la méthode des forces	379
11.4.1	Poutres avec une inconnue surabondante	379
11.4.2	Dénivellation des appuis.....	386
11.4.3	Portiques avec une inconnue surabondante.....	390
11.4.4	Treillis avec une inconnue surabondante	397
11.4.5	Poutres et portiques avec plus d'une inconnue surabondante	403
11.5	Théorème des trois moments	407
☐	Exercices	412

CHAPITRE

12

	Méthode des rotations.....	417
12.1	Introduction	417
12.2	Équations de la méthode des rotations	417
12.3	Calcul des poutres continues	421
12.4	Modification des équations pour un appui simple	424
12.5	Calcul des portiques	430
12.6	Calcul des portiques comprenant des barres inclinées ..	436
☐	Exercices	440

CHAPITRE

13

	Méthode de Hardy Cross	445
13.1	Introduction	445
13.2	Principes fondamentaux	445
13.3	Étapes du calcul	449
13.4	Application aux poutres continues.....	450
13.5	Application aux structures à nœuds indéplaçables	462
13.6	Application aux structures à nœuds déplaçables	465
13.6.1	Structures composées d'éléments horizontaux et verticaux	465
13.6.2	Structures comprenant des barres inclinées	476
13.7	Structures symétriques soumises à des charges symétriques	481

13.8	Structures avec des éléments à moment d'inertie variable	483
13.9	Portiques à étages multiples	484
☐	Exercices	485

CHAPITRE

14

Méthodes approximatives d'analyse		487
14.1	Introduction	487
14.2	Méthode approximative pour le calcul d'une poutre continue soumise à une charge verticale	488
14.3	Structures planes soumises à des charges horizontales	491
14.3.1	Méthode des portiques	491
14.3.2	Méthode de la console	496

CHAPITRE

15

Méthodes matricielles d'analyse des structures		503
15.1	Introduction	503
15.2	Diverses méthodes matricielles	504
15.3	Méthode des déplacements	504
15.4	Système global et système local de coordonnées	505
15.5	Matrice de rigidité d'une barre horizontale d'un treillis soumise à une force axiale	506
15.6	Matrice de rigidité pour deux barres horizontales d'un treillis	508
15.7	Matrice de rigidité d'une barre inclinée d'un treillis ...	511
15.8	Matrice de rigidité d'une poutre	521
15.9	Cas où les forces extérieures sont appliquées entre les nœuds	521
15.10	Matrice de rigidité d'une poutre inclinée	531

ANNEXE

A

Matrices		54
A.1	Définitions	54
A.2	Types de matrices	55
A.3	Opérations sur les matrices	55
A.4	Déterminants	55
A.5	Inverse d'une matrice	56
A.6	Méthode d'élimination de Gauss	56
A.7	Méthode de Gauss-Jordan	56

ANNEXE	B	
	Système d'unités internationales (SI).....	565
ANNEXE	C	
	Propriétés caractéristiques	567
ANNEXE	D	
	Moments d'encastrement parfait (MEP)	569
ANNEXE	E	
	Programme d'ordinateur	571
ANNEXE	F	
	Réponses aux exercices.....	575
	Index	579

Avertissement

Dans cet ouvrage, le masculin est utilisé comme représentant des deux sexes, sans discrimination à l'égard des hommes et des femmes et dans le seul but d'alléger le texte.