

Leone Corradi Dell'Acqua

Meccanica delle strutture

**Le teorie strutturali
e il metodo degli elementi finiti**

Seconda edizione

**Mc
Graw
Hill**

Notazione e simbologia	XI
Notazione matriciale	XI
Notazione tensoriale	XIII
Operazioni tensoriali in notazione matriciale	XV
7 La teoria delle travi	1
7.1 Le teorie strutturali	1
7.2 Cinematica e statica della trave piana (rettilinea)	2
7.2.1 Modello cinematico	3
7.2.2 Definizione delle variabili statiche corrispondenti	5
7.2.3 Le condizioni di equilibrio	7
7.2.4 Considerazioni e commenti	10
7.3 Il comportamento elastico	10
7.3.1 Il legame elastico-lineare e isotropo per la trave	10
7.3.2 Formulazione del problema elastico	13
7.3.3 L'equazione della linea elastica	18
7.3.4 Le equazioni di Müller-Breslau	27
7.3.5 Aspetti energetici del comportamento di travi elastiche	34
7.3.6 Considerazioni sul modello di trave	39
7.4 Il limite elastico	40
7.5 La trave elasto-plastica	43
7.5.1 Flessione retta	43
7.5.2 Un esempio di calcolo	49
7.6 Aste presso-inflesse	51
7.6.1 Necessità di rimuovere l'ipotesi di piccoli spostamenti	51
7.6.2 L'equilibrio della trave nella configurazione deformata	55
7.6.3 La trave elastica	57
7.6.4 Considerazioni conclusive	65
Bibliografia	66

8	Profili aperti in parete sottile	69
8.1	Limiti del principio di equivalenza elastica	69
8.2	Torsione elastica di profili aperti in parete sottile	70
8.2.1	Torsione non uniforme	70
8.2.2	Rigidità torsionali di profili aperti	79
8.2.3	L'equazione della torsione	81
8.3	La teoria delle aree settoriali	90
8.3.1	Relazioni cinematiche e statiche	90
8.3.2	Il comportamento elastico	101
8.3.3	Il contributo della torsione primaria	104
8.3.4	Un esempio: la trave a C soggetta al proprio peso	107
8.3.5	Considerazioni operative	118
8.4	Considerazioni conclusive	119
	Bibliografia	121
9	Le piastre inflesse	123
9.1	Le lastre piane	123
9.1.1	Modello cinematico	123
9.1.2	Forze e sforzi generalizzati	125
9.1.3	Le condizioni di equilibrio	127
9.1.4	Piastre assialsimmetriche	133
9.2	La piastra di Kirchhoff	138
9.2.1	Il modello flessionale	138
9.2.2	La piastra rettangolare	143
9.2.3	La piastra assialsimmetrica	149
9.3	La piastra elastica	151
9.3.1	Il legame elastico	151
9.3.2	Il problema elastico per la piastra di Kirchhoff	156
9.4	Alcuni esempi di soluzione	160
9.4.1	Piastra circolare assialsimmetrica	160
9.4.2	Le soluzioni classiche per la piastra di Kirchhoff	167
9.5	Spostamenti moderatamente grandi	178
9.5.1	Ipotesi cinematiche	179
9.5.2	Le condizioni di equilibrio	181
9.5.3	La piastra omogenea di spessore costante	184
9.5.4	Azioni membranali costanti e spostamenti piccoli nei confronti dello spessore	186
	Bibliografia	188

10 Il metodo di Rayleigh-Ritz per strutture elastiche	189
10.1 Stazionarietà dell'energia potenziale totale	189
10.2 Il metodo di Rayleigh-Ritz	193
10.2.1 Formulazione	193
10.2.2 Cenni sui criteri di convergenza	203
10.3 Applicazioni a problemi specifici	208
10.3.1 La trave di Bernoulli-Eulero	208
10.3.2 La trave di Timoshenko	218
10.3.3 Torsione di profili aperti in parete sottile	221
10.3.4 Piastre inflesse	227
10.4 Considerazioni conclusive	239
Bibliografia	240
11 Il metodo degli elementi finiti: approccio agli spostamenti	241
11.1 Introduzione	241
11.1.1 Analisi matriciale di strutture reticolari	242
11.1.2 Le successive fasi dell'approccio agli spostamenti	252
11.2 L'approccio agli spostamenti	253
11.2.1 Il modello cinematico	253
11.2.2 Forze nodali	262
11.2.3 Cambiamento di riferimento	267
11.2.4 Assemblaggio	269
11.3 Analisi elastica	275
11.3.1 Proprietà elastiche di un elemento finito	275
11.3.2 Assemblaggio e soluzione	279
11.3.3 Formulazione energetica del problema elastico	284
11.4 Elementi di ordine elevato e isoparametrici	285
11.4.1 Condizioni di convergenza del metodo	285
11.4.2 Coordinate intrinseche	290
11.4.3 Elementi isoparametrici	300
11.4.4 Integrazione numerica	306
11.4.5 Considerazioni generali sul procedimento	308
11.4.6 Cenni sulle modalità operative	311
11.5 Nonlinearità del materiale	314
11.5.1 Il metodo di Newton-Raphson	314
11.5.2 Il comportamento elastico non lineare	318
11.5.3 I metodi delle deformazioni e degli sforzi iniziali	319
11.5.4 Il comportamento elasto-plastico	328
Bibliografia	332

12 Il metodo degli elementi finiti: sviluppi ulteriori	335
12.1 Limitazioni dell'approccio agli spostamenti	335
12.1.1 Problemi "vincolati"	335
12.1.2 Effetti della distorsione geometrica	337
12.1.3 Fenomeni di "locking"	339
12.2 La formulazione "naturale"	340
12.2.1 Moti rigidi e modi deformativi	340
12.2.2 Sforzi generalizzati	350
12.2.3 Relazioni con le variabili nodali	352
12.2.4 Il comportamento elastico	353
12.2.5 Integrazione numerica	356
12.2.6 Integrazione completa, ridotta, selettiva	361
12.2.7 Ricostruzione degli sforzi locali	369
12.2.8 Considerazioni conclusive	372
12.3 Metodi misti	373
12.3.1 Approccio basato sul teorema di Hellinger-Reissner	373
12.3.2 Ulteriori approcci misti	383
12.4 Cenni a modelli equilibrati e ibridi	389
12.4.1 Formulazione in termini di funzione di sforzo	389
12.4.2 Modellazione diretta degli sforzi	396
12.5 Considerazioni conclusive	398
Bibliografia	399
A Esercizi	401
B Soluzioni degli esercizi proposti	425
Indice analitico	449