



ISBN 88-371-0560-6

© Copyright 1992 Pitagora Editrice s.r.l., Via del Legatore 3, Bologna
Tutti i diritti riservati. Riproduzione anche parziale, vietata.
Composizione e stampa: Tecnoprint, Via del Legatore 3, Bologna
Codice: 26/187

Indice

Prefazione	IX
11. IL METODO DEGLI ELEMENTI FINITI	1
11.1. Sistema ad un grado di libertà	1
11.2. Principio di minimo dell'energia potenziale totale	3
11.3. Metodo di Ritz-Galerkin	6
11.4. Principio dei Lavori Virtuali	9
11.5. Condizioni al contorno di tipo cinematico	15
11.6. Dinamica dei solidi elastici	15
12. LA SIMMETRIA STRUTTURALE	21
12.1. Premesse	21
12.2. Sistemi di travi con simmetria assiale	21
12.3. Sistemi di travi con antisimmetria assiale	26
12.4. Sistemi di travi con simmetria polare	30
12.5. Sistemi di travi con antisimmetria polare	32
12.6. Lastre di rivoluzione caricate non simmetricamente	35
12.7. Lastre di rivoluzione caricate simmetricamente	37
12.8. Membrane e volte sottili	39
12.9. Lastre circolari	44
12.10. Lastre cilindriche	51
12.11. Contenitori in pressione cilindrici e con fondi	54
12.12. Solidi tridimensionali di rivoluzione	58
13. LE STRUTTURE IPERSTATICHE: METODO DELLE FORZE	61
13.1. Premesse	61
13.2. Iperstaticità assiale	61
13.3. Schemi iperstatici elementari	64
13.4. Cedimenti vincolari elastici	76
13.5. Cedimenti vincolari anelastici	81
13.6. Distorsioni termiche	88
13.7. Travi continue	96

14. LE STRUTTURE IPERSTATICHE: METODO DEGLI SPOSTAMENTI	101
14.1. Premesse	101
14.2. Sistemi di bielle in parallelo	101
14.3. Sistemi di travi in parallelo	106
14.4. Calcolo automatico dei sistemi di travi a molti gradi di iperstaticità	110
14.5. Travature reticolari piane	117
14.6. Telai piani	119
14.7. Grigliati piani	121
14.8. Telai spaziali	123
14.9. Dinamica dei sistemi di travi	125
15. I TELAI PIANI	131
15.1. Premesse	131
15.2. Telai a nodi fissi	134
15.3. Telai a nodi spostabili	148
15.4. Carichi termici e spostamenti imposti	156
15.5. Telai a maglie non ortogonali	160
15.6. Telai caricati fuori dal proprio piano	165
16. IL PRINCIPIO DEI LAVORI VIRTUALI	169
16.1. Premesse	169
16.2. Determinazione degli spostamenti elastici nelle strutture isostatiche	171
16.3. Risoluzione delle strutture una volta iperstatiche	178
16.4. Risoluzione delle strutture due o più volte iperstatiche	184
16.5. Distorsioni termiche e cedimenti vincolari	190
16.6. Strutture reticolari iperstatiche	193
16.7. Archi e anelli	201
16.8. Teorema di Castigliano	215
16.9. Teorema di Menabrea	218
17. LA INSTABILITA' DELL'EQUILIBRIO ELASTICO	219
17.1. Premesse	219
17.2. Sistemi meccanici discreti ad un grado di libertà	220
17.3. Sistemi meccanici discreti ad n gradi di libertà	223
17.4. Travi rettilinee ad elasticità diffusa	230
17.5. Sistemi di travi	239
17.6. Travi ad asse curvilineo: archi e anelli	244
17.7. Instabilità flessio-torsionale	249
17.8. Lastre soggette a compressione	250
17.9. Archi ribassati	256

18. LA TEORIA DELLA PLASTICITA'	263
18.1. Premesse	263
18.2. Flessione elasto-plastica	266
18.3. Analisi incrementale plastica dei sistemi di travi	273
18.4. Legge di normalità della deformazione incrementale plastica	286
18.5. Teoremi dell'analisi limite plastica	289
18.6. Sistemi di travi caricate proporzionalmente da forze concentrate	292
18.7. Sistemi di travi caricate proporzionalmente da forze distribuite	297
18.8. Sistemi di travi caricate non proporzionalmente	305
18.9. Carichi ciclici e adattamento plastico (shake-down)	309
18.10. Lastre piane inflesse	315
19. GLI STATI TENSIONALI E DEFORMATIVI PIANI	319
19.1. Premesse	319
19.2. Stato tensionale piano	319
19.3. Stato deformativo piano	322
19.4. Trave-parete	323
19.5. Tubo cilindrico di grosso spessore	328
19.6. Foro circolare in una lastra tesa	332
19.7. Forza concentrata agente su di un semipiano elastico	335
19.8. Funzioni analitiche	338
19.9. Metodo di Kolosoff-Muskhelishvili	341
19.10. Foro ellittico in una lastra tesa	346
20. LA MECCANICA DELLA FRATTURA	353
20.1. Premesse	353
20.2. Criterio energetico di Griffith	356
20.3. Metodo di Westergaard	359
20.4. Modo II e modi misti	368
20.5. Metodo di Williams	372
20.6. Relazione tra energia di frattura \mathcal{G}_{IC} e valore critico K_{IC} del fattore di intensificazione degli sforzi	377
20.7. Criterio di diramazione della fessura in condizioni di modo misto	385
20.8. Zona plastica all'estremità della fessura	388
20.9. Effetti dimensionali e transizione duttile-fragile	392
20.10. Modello della fessura coesiva e fenomeno dello snap-back	398
APPENDICI	
H. Funzioni di forma	409
H.1. Elementi finiti rettangolari: famiglia delle funzioni di Lagrange	409
H.2. Elementi finiti rettangolari: famiglia delle funzioni «Serendipity»	409

H.3. Elementi finiti triangolari	412
H.4. Elementi finiti tridimensionali	414
I. Applicazione del metodo degli elementi finiti ai problemi di diffusione	417
Riferimenti bibliografici	421

Prefazione

Nel presente Volume 2 è raccolta la seconda parte degli argomenti delle lezioni di «Scienza delle Costruzioni» da me tenute agli Allievi Ingegneri del Politecnico di Torino a partire dall'Anno Accademico 1986-1987.

Riprendendo gli argomenti e la formulazione del Volume 1, viene illustrato il Metodo degli Elementi Finiti come metodo di discretizzazione e di interpolazione per la soluzione approssimata dei problemi elastici. Esso viene introdotto nel Capitolo 11 in maniera del tutto generale, senza specificare l'elemento strutturale a cui viene applicato, sia esso mono-, bi- o tridimensionale, e, nei primi due casi, con o senza una curvatura intrinseca. Vengono peraltro messe in luce le due dimensioni che lo caratterizzano: la dimensione del vettore spostamento e la dimensione comune ai due vettori delle caratteristiche statiche e deformative. Applicando il Principio di Minimo dell'Energia Potenziale Totale ed il metodo di approssimazione numerica di Ritz-Galerkin, si dà del metodo la definizione analitica e variazionale. Applicando inoltre il Principio dei Lavori Virtuali, si dà del metodo anche la definizione alternativa più nota nel campo ingegneristico: quella meccanica e matriciale. Tramite la definizione delle funzioni di forma, si perviene alla nozione di matrice di rigidezza locale del singolo elemento. Tale matrice viene perciò espansa ed assemblata, cioè sommata, con tutte le altre analoghe matrici per fornire, infine, la matrice di rigidezza globale. Si chiude il capitolo con un cenno sulla dinamica dei solidi elastici.

Nel Capitolo 12 viene trattata la simmetria strutturale, sottolineando come essa, sia per i sistemi di travi che per i solidi elastici di ogni tipo, possa implicare una riduzione del grado effettivo di iperstaticità. In particolare vengono considerati i sistemi di travi con simmetria o antisimmetria, assiale o polare, le lastre di rivoluzione, le membrane e le volte sottili di rivoluzione, le lastre circolari, le lastre cilindriche, i contenitori in pressione cilindrici con fondi, nonché i solidi tridimensionali di rivoluzione.

Nel Capitolo 13 si affronta il problema dei sistemi iperstatici di travi, proponendone la risoluzione tramite il metodo delle forze (o della congruenza). Tale metodo risulta conveniente soltanto nel caso di sistemi con un basso grado di iperstaticità. Partendo dal concetto di iperstaticità assiale, si passa quindi a considerare alcuni schemi elementari. Si considerano inoltre i cedimenti vincolari, elastici ed anelastici (questi ultimi detti anche spostamenti imposti), nonché le distorsioni termiche. Chiudono il capitolo alcuni esempi sulle travi continue.