

Prima edizione 1992  
Seconda edizione 1993



0000154  
A. CARPINTERI  
SCIENZA DELLE  
COSTRUZIONI - I -  
PITAGORA EDITRICE

ISBN 88-371-0529-0

© 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: 25/379

## Indice

Prefazione .....	IX
<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>1</b>
1.1. Premesse .....	1
1.2. Classificazione degli elementi strutturali .....	3
1.3. Tipologie strutturali .....	5
1.4. Sollecitazioni esterne e reazioni vincolari .....	13
1.5. Collassi strutturali .....	18
1.6. Modelli numerici .....	21
<b>2. LA GEOMETRIA DELLE AREE .....</b>	<b>25</b>
2.1. Premesse .....	25
2.2. Leggi di trasformazione del vettore di posizione .....	25
2.3. Leggi di trasformazione del vettore dei momenti statici .....	27
2.4. Leggi di trasformazione del tensore dei momenti di inerzia .....	29
2.5. Assi e momenti principali di inerzia .....	32
2.6. Circolo di Mohr .....	33
2.7. Aree provviste di simmetria .....	36
2.8. Aree a geometria elementare .....	38
2.9. Sezioni sottili .....	42
2.10. Esempi di calcolo .....	45
<b>3. LA CINEMATICA E LA STATICA DEI SISTEMI DI TRAVI .....</b>	<b>61</b>
3.1. Gradi di libertà di un sistema meccanico .....	61
3.2. Definizione cinematica dei vincoli piani .....	65
3.3. Studio algebrico della cinematica dei sistemi di travi .....	73
3.4. Studio grafico della cinematica dei sistemi labili .....	81
3.5. Equazioni cardinali della statica .....	87
3.6. Definizione statica dei vincoli piani .....	88
3.7. Studio algebrico della statica dei sistemi di travi .....	92
3.8. Dualità statico-cinematica .....	97

<b>4. LA DETERMINAZIONE DELLE REAZIONI VINCOLARI</b> .....	99
4.1. Equazioni ausiliarie .....	99
4.2. Principio dei lavori virtuali .....	103
4.3. Metodo grafico .....	109
4.4. Curva delle pressioni .....	116
<b>5. LE CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE</b> .....	129
5.1. Equazioni indefinite di equilibrio per le travi piane .....	129
5.2. Diagrammi delle caratteristiche della sollecitazione: metodo diretto e metodo grafico .....	139
5.3. Determinazione delle caratteristiche della sollecitazione mediante il principio dei lavori virtuali .....	162
<b>6. LE STRUTTURE ISOSTATICHE</b> .....	165
6.1. Premesse .....	165
6.2. Travi Gerber .....	166
6.3. Travature reticolari .....	172
6.4. Archi a tre cerniere e strutture chiuse .....	186
<b>7. L'ANALISI DELLA DEFORMAZIONE E DELLA TENSIONE</b> .....	203
7.1. Tensore delle deformazioni .....	203
7.2. Dilatazioni e scorrimenti angolari .....	206
7.3. Legge di trasformazione del tensore delle deformazioni per rotazioni del sistema di riferimento .....	209
7.4. Direzioni principali della deformazione .....	213
7.5. Equazioni di compatibilità .....	215
7.6. Tensore degli sforzi .....	216
7.7. Legge di trasformazione del tensore degli sforzi per rotazioni del sistema di riferimento .....	221
7.8. Direzioni principali della tensione .....	222
7.9. Stato tensionale piano .....	227
<b>8. IL SOLIDO ELASTICO</b> .....	233
8.1. Equazioni indefinite di equilibrio .....	233
8.2. Dualità statico-cinematica .....	235
8.3. Principio dei lavori virtuali .....	237
8.4. Legge costitutiva elastica .....	240
8.5. Elasticità lineare .....	244
8.6. Problema elastico lineare .....	247
8.7. Teorema di Clapeyron .....	249
8.8. Teorema di Betti .....	250
8.9. Isotropia .....	252

8.10. Resistenza, duttilità, energia di frattura .....	257
8.11. Verifiche di resistenza .....	265
<b>9. IL SOLIDO DI SAINT VENANT</b> .....	273
9.1. Ipotesi fondamentali .....	273
9.2. Sforzo normale centrato .....	276
9.3. Flessione retta .....	279
9.4. Sforzo normale eccentrico e flessione deviata .....	286
9.5. Torsione delle travi di sezione circolare .....	291
9.6. Torsione delle travi di sezione generica .....	296
9.7. Torsione nelle sezioni sottili aperte .....	300
9.8. Torsione nelle sezioni sottili chiuse .....	304
9.9. Sollecitazione composta di taglio-torsione .....	307
9.10. Taglio retto .....	308
9.11. Taglio deviato .....	315
9.12. Sezioni sottili soggette a taglio .....	317
9.13. Verifiche di resistenza .....	323
<b>10. LE TRAVI E LE LASTRE INFLESSE</b> .....	333
10.1. Teoria tecnica della trave .....	333
10.2. Travi ad asse rettilineo .....	333
10.3. Travi piane ad asse curvilineo .....	339
10.4. Equazione differenziale della linea elastica .....	342
10.5. Rotazioni e spostamenti notevoli negli schemi elementari .....	345
10.6. Composizione di rotazioni e spostamenti .....	353
10.7. Trave su suolo elastico .....	357
10.8. Dinamica delle travi inflesse .....	362
10.9. Lastre piane .....	370
10.10. Equazione di Sophie Germain .....	377
10.11. Lastre a doppia curvatura .....	378
<b>APPENDICI</b>	
<b>A. Calcolo delle caratteristiche della sollecitazione in un arco circolare soggetto ad un carico idrostatico radiale</b> .....	385
A.1. Metodo analitico .....	385
A.2. Metodo diretto .....	387
<b>B. Calcolo delle caratteristiche della sollecitazione in un arco circolare soggetto ad un carico verticale uniformemente distribuito</b> .....	391
B.1. Metodo analitico .....	391
B.2. Metodo diretto .....	393

C. Materiale anisotropo .....	397
C.1. Legge costitutiva elastica anisotropa .....	397
C.2. Materiale ortotropo .....	399
C.3. Relazioni tensione-deformazione per stati piani di tensione .....	401
C.4. Criteri di resistenza per materiali ortotropi .....	405
D. Trave eterogenea .....	409
D.1. Trave multistrato inflessa .....	409
D.2. Il caso del calcestruzzo armato .....	410
E. Lastra eterogenea .....	413
F. Metodo delle differenze finite .....	417
F.1. Torsione delle travi di sezione generica ( $\nabla^2 w = 0$ ) .....	417
F.2. Lastre inflesse ( $\nabla^4 w = q/D$ ) .....	419
G. Torsione delle sezioni sottili pluriconnesse .....	421
Riferimenti bibliografici .....	423

## Prefazione

Nel presente Volume 1 è raccolta la prima 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.

Nel Capitolo 1, dopo aver classificato gli elementi strutturali in base al numero delle dimensioni prevalenti, e introdotte le varie tipologie strutturali, vengono illustrate le sollecitazioni esterne che possono agire sulle strutture, nonché le reazioni vincolari che ad esse si oppongono.

Il Capitolo 2 presenta una formulazione matriciale della geometria delle aree, ove il vettore dei momenti statici, così come il tensore dei momenti di inerzia, sono soggetti a specifiche leggi di roto-traslazione. Gli assi e i momenti principali di inerzia sono definiti, oltre che algebricamente, anche graficamente tramite i cerchi di Mohr. Alcuni esempi di calcolo chiudono il capitolo.

Nel Capitolo 3 sono trattate la cinematica e la statica dei sistemi di corpi rigidi, e, in particolare, dei sistemi di travi. Dopo aver definito i vincoli piani sotto il duplice aspetto, cinematico e statico, viene approfondito il concetto della dualità dal punto di vista sia algebrico che grafico. Vengono definite inoltre le proprietà del vincolamento, che può risultare iperstatico, isostatico, labile o maldisposto.

Nel Capitolo 4 vengono esposti alcuni metodi per la determinazione delle reazioni vincolari, nel caso di strutture isostatiche, vincolate pertanto in modo non sovrabbondante. Oltre al metodo algebrico delle equazioni ausiliarie, che ci aiuta a scindere il sistema risolvente generale in due o più sistemi di dimensioni più ridotte, vengono proposti anche il metodo basato sul Principio dei Lavori Virtuali, nonché il classico metodo grafico con la curva delle pressioni.

Nel Capitolo 5 sono definite le caratteristiche della sollecitazione per le travi, con le equazioni differenziali che le governano, le cosiddette equazioni indefinite di equilibrio. Vengono mostrati numerosi esempi di diagrammi dello sforzo normale, del taglio e del momento flettente, ottenuti sia analiticamente che graficamente.

Nel Capitolo 6 sono illustrati i tipi principali di sistemi isostatici che si incontrano nella pratica costruttiva: le travi Gerber, le travature reticolari e gli archi a tre cerniere. Vengono poi interamente svolti numerosi esercizi, riguardanti anche le strutture a maglia chiusa.

Nel Capitolo 7 sono trattate in modo parallelo sia l'analisi della deformazione che