

# Indice

Prefazione	XI
Introduzione	XV
Ringraziamenti	XIX
<b>1 Principi generali</b>	<b>3</b>
1.1 Introduzione . . . . .	3
1.2 La meccanica strutturale . . . . .	5
1.3 Il progetto meccanico strutturale . . . . .	5
1.3.1 I modelli fisici . . . . .	6
1.3.2 I materiali . . . . .	7
1.3.3 Il dimensionamento e la verifica . . . . .	7
1.4 I corpi reali e i relativi modelli . . . . .	8
1.5 Il punto materiale . . . . .	9
1.5.1 Descrizione della posizione: le coordinate generalizzate . . . . .	9
1.5.2 Vincoli per il punto materiale . . . . .	10
1.6 Il corpo esteso . . . . .	11
1.6.1 Il corpo rigido . . . . .	14
1.6.2 Il corpo deformabile . . . . .	17
1.7 Sistemi di corpi materiali . . . . .	18
1.8 Modelli e realtà . . . . .	20
1.9 Forma e dimensioni . . . . .	20
1.9.1 Solidi intrinsecamente tridimensionali (3D) . . . . .	21
1.9.2 Solidi bidimensionali . . . . .	21
1.9.3 Solidi monodimensionali . . . . .	22
1.10 Conclusioni . . . . .	24
<b>2 Il concetto di forza e l'equilibrio del punto materiale</b>	<b>25</b>
2.1 Il concetto di forza . . . . .	25
2.1.1 L'effetto motore della forza . . . . .	27

2.1.2	L'effetto deformante della forza . . . . .	30
2.2	Equilibrio di un punto materiale . . . . .	31
2.2.1	Azioni esterne e reazioni vincolari . . . . .	32
2.3	Equazioni cardinali della statica per il punto materiale . . . . .	33
2.4	Vincoli ideali per il punto materiale . . . . .	35
2.4.1	Combinazione dei vincoli . . . . .	36
2.4.2	Il diagramma di corpo libero . . . . .	37
2.5	Equilibrio di un punto materiale nel piano . . . . .	37
2.6	Equilibrio di un punto materiale nello spazio . . . . .	40
2.6.1	Scomposizione di una forza nello spazio . . . . .	41
2.7	Configurazioni di equilibrio . . . . .	45
2.7.1	Esempio: analisi delle configurazioni di equilibrio . . . . .	45
2.8	Sistemi di forze concorrenti . . . . .	48
2.8.1	Esempio 1: equilibrio di un anello su una guida circolare . . . . .	48
2.8.2	Esempio 2: equilibrio di un volume sferico sommerso . . . . .	50
<b>3</b>	<b>L'equilibrio dei corpi estesi</b> . . . . .	<b>55</b>
3.1	Introduzione . . . . .	55
3.2	Azioni su un corpo esteso . . . . .	56
3.2.1	Forze interne ed esterne . . . . .	57
3.2.2	Azioni concentrate e azioni distribuite . . . . .	58
3.2.3	Azioni dovute all'attrito . . . . .	62
3.3	Momento di una forza . . . . .	65
3.3.1	Momento di una forza rispetto a un polo . . . . .	65
3.3.2	Momento di una forza rispetto a un asse . . . . .	67
3.3.3	Momento di una coppia di forze . . . . .	68
3.3.4	Esempio 1: momento di un sistema di forze rispetto a un polo . . . . .	69
3.3.5	Esempio 2: momento di una forza rispetto a un asse . . . . .	72
3.4	Sistemi di forze e coppie . . . . .	74
3.4.1	Riduzione di una forza applicata in A a una forza applicata in B e una coppia . . . . .	75
3.4.2	Riduzione di un sistema di forze non concorrenti a una forza applicata in A e una coppia . . . . .	75
3.4.3	Sistemi equivalenti di forze e coppie . . . . .	76
3.4.4	Esempio: riduzione del sistema di forze applicato a un trapano a manovella . . . . .	77
3.4.5	Forze coplanari e forze parallele . . . . .	80
3.4.6	Azioni distribuite . . . . .	81
3.4.7	Esempio: azioni distribuite su una lama nell'operazione di taglio . . . . .	83
3.4.8	Il baricentro di un corpo . . . . .	86
3.4.9	Esempio: baricentro di un volume composito . . . . .	89
3.5	L'equilibrio del corpo rigido - Equazioni cardinali della statica . . . . .	92

3.5.1	Equazioni cardinali della statica nello spazio . . . . .	93
3.5.2	Equazioni cardinali della statica nel piano . . . . .	95
3.6	Equilibrio di sistemi di corpi rigidi . . . . .	95
3.6.1	Esempio: determinazione delle azioni di vincolo richieste per l'equilibrio . . . . .	96
<b>4</b>	<b>La statica dei corpi rigidi</b> . . . . .	<b>99</b>
4.1	Introduzione . . . . .	99
4.2	Vincoli ideali . . . . .	99
4.3	Vincoli reali: principali tipologie . . . . .	100
4.3.1	Incastro . . . . .	101
4.3.2	Cerniere . . . . .	102
4.3.3	Guide prismatiche e cilindriche . . . . .	107
4.3.4	Carrelli e guide articolate . . . . .	109
4.3.5	Bielle e cavi . . . . .	113
4.3.6	Altre tipologie di vincolo . . . . .	115
4.4	Schemi usuali di vincolo nel piano . . . . .	117
4.5	Vincoli reali - schemi ideali . . . . .	117
4.6	Cinematica dei sistemi di corpi rigidi vincolati . . . . .	119
4.7	Analisi cinematica nei sistemi piani . . . . .	121
4.8	Analisi delle condizioni di vincolo per un corpo rigido nel piano	123
4.8.1	Sistemi volutamente labili . . . . .	126
4.8.2	Sistemi volutamente iperstatici . . . . .	127
4.9	Analisi delle condizioni di vincolo per sistemi di corpi rigidi . .	128
4.9.1	Vincoli interni . . . . .	128
4.9.2	Vincoli esterni . . . . .	130
4.10	Schemi strutturali classici . . . . .	131
4.10.1	L'arco a tre cerniere . . . . .	131
4.10.2	Il quadrilatero articolato . . . . .	132
4.10.3	Sistemi riconducibili a un unico corpo rigido . . . . .	133
4.10.4	Composizione di substrutture . . . . .	134
4.11	Soluzione analitica del problema statico . . . . .	137
4.12	Esempi applicativi . . . . .	137
4.12.1	Esempio 1: struttura di supporto per una carrucola . . .	137
4.12.2	Esempio 2: braccio a L . . . . .	139
4.12.3	Esempio 3: albero di trasmissione . . . . .	142
4.12.4	Esempio 4: verricello per il rimessaggio di imbarcazioni .	145
4.12.5	Esempio 5: arco a tre cerniere . . . . .	149
4.12.6	Esempio 6: braccio di un demolitore . . . . .	154
4.12.7	Esempio 7: struttura di supporto tridimensionale . . . .	160
4.13	Soluzione parziale di strutture iperstatiche . . . . .	163
4.13.1	Errori di montaggio . . . . .	164
4.13.2	Variazioni termiche . . . . .	165
4.14	Il principio dei lavori virtuali per sistemi di corpi rigidi . . . .	166

4.14.1	Definizione di lavoro . . . . .	166
4.14.2	Il principio dei lavori virtuali . . . . .	168
4.14.3	Esempio 1: meccanismo a ginocchiera usato come morsa . . . . .	169
4.14.4	Esempio 2: arco a tre cerniere . . . . .	170
4.14.5	Esempio 3: analisi delle azioni applicate a un pantografo . . . . .	172
4.14.6	Esempio 4: travi di Gerber . . . . .	175
4.15	Conclusioni . . . . .	178
<b>5</b>	<b>L'analisi strutturale</b>	<b>179</b>
5.1	Introduzione . . . . .	179
5.2	Travi e sistemi di travi . . . . .	180
5.2.1	Telai, travature . . . . .	181
5.2.2	Strutture reticolari . . . . .	183
5.2.3	Macchine e meccanismi . . . . .	183
5.3	La trave . . . . .	186
5.3.1	Tipologie costruttive . . . . .	189
5.3.2	Il sistema di riferimento locale . . . . .	189
5.3.3	Il concio elementare . . . . .	190
5.4	Le caratteristiche di azione interna (azioni interne) . . . . .	190
5.4.1	Il calcolo delle azioni interne . . . . .	194
5.4.2	I diagrammi di azione interna . . . . .	197
5.4.3	Esempi di calcolo delle azioni interne . . . . .	199
5.5	Formulazione differenziale per le caratteristiche di azione interna	211
5.5.1	Travi ad asse rettilineo . . . . .	211
5.5.2	Travi ad asse non rettilineo . . . . .	215
5.5.3	Esempio 1: carico distribuito su una paratia . . . . .	217
5.5.4	Esempio 2: azioni sulla pala di un miscelatore . . . . .	221
5.6	Azioni interne: sintesi operativa . . . . .	228
5.7	Analisi di sistemi di travi (travature) . . . . .	229
5.7.1	Esempio 1: analisi di un braccio di sostegno . . . . .	230
5.7.2	Esempio 2: analisi di un sollevatore da piscina . . . . .	237
5.7.3	Esempio 3: analisi di un supporto smontabile . . . . .	245
5.8	Strutture reticolari . . . . .	251
5.8.1	Analisi delle strutture reticolari . . . . .	254
5.8.2	Osservazioni . . . . .	256
5.8.3	Reticolari tridimensionali . . . . .	256
5.9	Soluzione delle strutture reticolari . . . . .	258
5.9.1	Il metodo dell'equilibrio ai nodi . . . . .	258
5.9.2	Il metodo delle sezioni (o di Ritter) . . . . .	261
5.9.3	Strutture tridimensionali . . . . .	262
5.9.4	Accorgimenti e casi particolari . . . . .	263
5.9.5	Esempio 1: struttura reticolare piana . . . . .	264
5.9.6	Esempio 2: struttura reticolare 3D . . . . .	268
5.9.7	Strutture parzialmente reticolari . . . . .	275

5.9.8	Assemblaggio di strutture reticolari . . . . .	277
5.10	Simmetria e antisimmetria . . . . .	277
5.10.1	Struttura piana simmetrica . . . . .	278
5.10.2	Esempio 1: sistema per aggancio e sollevamento di un recipiente . . . . .	285
5.10.3	Esempio 2: analisi di una barra di torsione . . . . .	290
5.11	Conclusioni . . . . .	294
<b>6</b>	<b>Oltre il modello di corpo rigido</b>	<b>295</b>
6.1	Introduzione . . . . .	295
6.2	Problemi iperstatici . . . . .	297
6.3	Effetto della deformabilità sulla configurazione di carico . . . . .	299
6.3.1	Analisi qualitativa della risposta della barra inflessa . . . . .	301
6.4	Effetto della dipendenza dei carichi dalla variabile temporale . . . . .	305
6.4.1	Analisi semplificata di un transitorio di carico . . . . .	305
6.4.2	Applicazione progressiva del carico . . . . .	309
6.5	Effetto di carichi periodici . . . . .	310
6.6	Conclusioni . . . . .	314
<b>A</b>	<b><i>Proprietà geometriche delle aree</i></b>	<b>315</b>
A.1	Introduzione . . . . .	315
A.2	Definizioni . . . . .	316
A.2.1	Area . . . . .	316
A.2.2	Momenti statici . . . . .	316
A.2.3	Momenti d'inerzia . . . . .	317
A.3	Trasformazioni per traslazione e per rotazione . . . . .	317
A.3.1	Traslazione del sistema di riferimento . . . . .	318
A.3.2	Rotazione del sistema di riferimento . . . . .	319
A.4	Il vettore dei momenti statici . . . . .	320
A.4.1	Trasformazione di $\bar{S}$ per traslazione del sistema di riferi- mento . . . . .	320
A.4.2	Trasformazione di $\bar{S}$ per rotazione del sistema di riferimento	320
A.5	Il centroide-baricentro della sezione . . . . .	321
A.6	Proprietà e calcolo dei momenti statici della sezione . . . . .	321
A.7	Il tensore dei momenti di inerzia . . . . .	325
A.7.1	Legge di trasformazione del tensore per traslazione del sistema di riferimento . . . . .	325
A.7.2	Legge di trasformazione del tensore per rotazione del sistema di riferimento . . . . .	327
A.8	I momenti principali e le direzioni principali d'inerzia . . . . .	328
A.8.1	Rappresentazione sul piano di Mohr . . . . .	330
A.8.2	Proprietà dei momenti di inerzia . . . . .	332
A.9	L'ellisse d'inerzia e i raggi d'inerzia . . . . .	334
A.10	Esempi di calcolo delle proprietà d'area . . . . .	336

A.10.1 Esempio 1: sezione rettangolare . . . . .	336
A.10.2 Esempio 2: sezione rettangolare con foro . . . . .	339
A.10.3 Esempio 3: sezione triangolare . . . . .	343

<b>Bibliografia</b>	<b>347</b>
---------------------	------------