

Sommario

CAPITOLO 1 - Matrici	1	Autovalori ed autovettori	
Definizione		Tensore isotropo	
Matrici di tipo particolare – Definizioni relative-		Tensore puro o deviatore	
Definizioni ed operazioni fondamentali		Tensore puro o deviatore e tensore isotropo	
Somma di matrici (o differenza)		Rotazione di assi	
Prodotto di due matrici		Tensore 1° ordine.	
Prodotti per partizione		Tensore 2° ordine	
Trasposizione di una matrice risultato del prodotto di due matrici		Prodotto tensoriale o diadico o KroneckerProduct	
Determinanti		Prodotto interno di due tensori o doppio prodotto scalare	
Proprietà dei determinanti		CAPITOLO 3 - Vettori	92
Matrice aggiunta di una matrice		Grandezze scalari	
Inversa di una matrice o matrice reciproca di una matrice		Grandezze vettoriali	
Soluzione di un sistema lineare con le matrici		Somma di vettori	
Inversa per partizione		Calcolo analitico del vettore somma	
Inversa di una matrice simmetrica		Prodotto di un vettore per uno scalare	
Minori di una matrice – Caratteristica o Rango		Versore	
Proprietà della caratteristica di una matrice		Differenza fra due vettori	
CAPITOLO 2 - Notazione indiciale	46	Vettori in un riferimento cartesiano	
Tensore		Forma matriciale del vettore	
Elementi di algebra vettoriale e tensoriale		Forma indiciale o forma tensoriale del vettore	
Ordine dei tensori:		Componenti covarianti o normali e controvarianti o parallele di un vettore	
Tensore di ordine 0 (Scalare)		Calcolo del modulo di un vettore date le componenti	
Tensore di ordine 1 (Vettore)		Coseni direttori	
Tensore di ordine 2		Somma e differenza di vettori, note le componenti	
Convenzioni di Einstein		Prodotto scalare o prodotto interno	
Indice libero		Prodotto vettoriale o prodotto esterno	
Indice ripetuto		Vettori applicati, vettori cursori	
Delta di Kronecker		Momento polare	
Tensore di Ricci		Momento assiale	
Convenzione sulla scrittura delle derivate		Sistemi di vettori cursori. Risultante e Momento risultante	
Proprietà dei tensori		Teorema di Varignon	
Traccia o deviatore di un tensore		Espressione del momento risultante al variare del polo. Teorema di trasposizione dei momenti o teorema fondamentale della statica	
Tensore ortogonale		Sistemi equivalenti di vettori	
		Composizione di vettori	

Poligono funicolare			
Coppia			
Somma di un momento e di un vettore			
Scomposizione di vettori			
Sistema nullo di vettori			
CAPITOLO 4 - Cinematica	158		
Corpo rigido			
Gradi di libertà di un corpo rigido			
Gradi di libertà di un punto			
Moti infinitesimi			
Traslazione infinitesima			
Rotazione infinitesima			
Formula fondamentale della cinematica			
Applicazioni nel piano			
Centro di rotazione di un moto rototraslatorio			
Vincoli assoluti			
Equazioni di congruenza dei vincoli assoluti			
Vincoli relativi o mutui			
CAPITOLO 5 - Equazioni di congruenza	189		
Casi			
Strutture labili			
Struttura labile con (n-m) gradi di labilità.			
Struttura labile con (n-r) gradi di labilità			
Strutture apparentemente isostatiche			
Struttura effettivamente isostatica			
Struttura apparentemente isostatica (n-r) volte labile, (n-r) volte iperstatica			
Strutture apparentemente iperstatiche			
Struttura effettivamente iperstatica			
Struttura apparentemente iperstatica (m-n) volte, ma labile iperstatica (m-r) volte.			
La trave			
Esercizio 1 sulle equazioni di congruenza per strutture a più tronchi			
Esercizio 2 sulle equazioni di congruenza per strutture a più tronchi			
Gradi connessione			
		Esercizio 3 sulle equazioni di congruenza per strutture a più tronchi	
		Cerniera che collega 3 o più tronchi	
		Esercizio con Cerniera multipla	
		Incastro che collega 3 o più tronchi	
		Cerniera che collega più tronchi e la terra	
		CAPITOLO 6 - Statica ed equazioni di equilibrio	242
		Legame cinematica statica	
		Momento polare di una forza	
		Formula fondamentale della statica	
		Vincoli assoluti	
		Reazioni dei vincoli assoluti	
		Vincoli relativi o mutui	
		Equazioni di equilibrio	
		Strutture labili	
		Struttura labile	
		Strutture apparentemente isostatiche	
		Struttura effettivamente isostatica	
		Struttura apparentemente isostatica (n-r) volte labile, (n-r) volte iperstatica	
		Strutture apparentemente iperstatiche	
		Struttura effettivamente iperstatica	
		Struttura apparentemente iperstatica (m-n) volte, ma labile iperstatica (m-r) volte	
		La trave	
		Quadro riassuntivo equazioni di equilibrio	
		Condizione di ortogonalità o di lavoro nullo	
		Configurazioni di equilibrio	
		Equazioni di equilibrio strutture a travi	
		Equazioni di equilibrio per strutture a più tronchi	
		Soluzione con calcolo automatico	
		Cerniera che collega 3 o più tronchi e cerniera carica	
		Esempio di struttura con cerniera multipla e cerniera carica	
		CAPITOLO 7 - Soluzione grafica del problema statico	287
		Ricerca, per via grafica, delle reazioni vincolari	
		Strutture ad un solo tronco Sol. Gra.	

Caso 1 Sol. Gra.	
Caso 2 Sol. Gra.	
Caso 3 Sol. Gra.	
Caso 4 Sol. Gra.	
Caso 5 Sol. Gra.	
Caso 6 Sol. Gra.	
Caso 7 Sol. Gra.	
Caso 8 Sol. Gra.	
Caso 9 Sol. Gra.	
Strutture a più tronchi (vincoli mutui) Sol. Gra.	
Soluzione per tronchi Sol. Gra.	
Soluzione per tonchi (tronco scarico) Sol. Gra.	
Soluzione per tronchi (ambedue i tronchi carichi) Sol. Gra.	
Cerniera che collega 3 o più tronchi e cerniera carica	
Tronco scarico vincolato con 2 cerniere	
Soluzione per vincoli esterni Sol. Gra.	
Soluzione per vincoli esterni – più tronchi carichi Sol. Gra.	
Soluzione per tronchi scarichi – Arco a tre cerniere Sol. Gra.	
Soluzione per tronchi scarichi – Sovrapposizione degli effetti Sol. Gra.	
Caso particolare della risultante dei carichi passante per una cerniera a terra	
Sol. Gra.	
Vincoli esterni ad un gruppo di tronchi Sol. Gra.	
Gruppo di tronchi scarichi Sol. Gra.	
Struttura con cerniera carica Sol. Gra.	
Strutture reticolari Sol. Gra.	
Simmetrie ed emisimmetria o antimetria Sol. Gra.	
Strutture chiuse Sol. Gra.	
Calcolo di una struttura chiusa Sol. Gra.	
Calcolo di una struttura chiusa autoequilibrata Sol. Gra.	
Struttura chiusa	
Equilibrio per “sistema” Sol. Gra.	
Cerniera multipla e corpo puntuale Sol. Gra.	
CAPITOLO 8 - Equazioni ausiliarie	353
Concetti generali equazioni ausiliarie	
Caso 1 Eq. Aus.	
Caso 2 Eq. Aus.	

Caso 3 Eq. Aus.	
Strutture a più tronchi (vincoli mutui) Eq. Aus.	
Soluzione per tronchi Eq. Aus.	
Soluzione per tonchi (tronco scarico) Eq. Aus.	
Soluzione per vincoli esterni Eq. Aus.	
Soluzione per tronchi scarichi Eq. Aus.	
Arco a tre cerniere Eq. Aus.	
Vincoli esterni ad un gruppo di tronchi Eq. Aus.	
Gruppo di tronchi scarichi Eq. Aus.	
Struttura con cerniera carica Eq. Aus.	
Simmetrie ed emisimmetria o antimetria Eq. Aus.	
Arco a tre cerniere caricato simmetricamente Eq. Aus.	
Arco a tre cerniere caricato emisimmetricamente Eq. Aus.	
Calcolo di una struttura chiusa Eq. Aus.	
Equilibrio per “sistema” Eq. Aus.	
Cerniera multipla e corpo puntuale Eq. Aus.	
CAPITOLO 9 - Strutture reticolari	398
Calcolo come struttura generica Stru. Ret.	
Calcolo numerico Stru. Ret.	
Tronco scarico vincolato con 2 cerniere Stru. Ret.	
Struttura con cerniera carica Stru. Ret.	
Concetti generali Stru. Ret.	
Geometria Stru. Ret.	
Ribaltamento del punto di vista Stru. Ret.	
Metodo dei nodi Stru. Ret.	
Calcolo numerico Stru. Ret.	
Casi in cui non si può iniziare con l'equilibrio dei nodi Stru. Ret.	
Metodo delle sezioni o metodo di Ritter	
Esercizio 1 sulla sezione di Ritter	
Esercizio 2 sulla sezione di Ritter	
Relazioni fra taglio e sforzi sulle aste di parete e momento e i correnti	
Esempio 1 [T] e [M] Stru. Ret.	
Esempio 2 [T] e [M] Stru. Ret.	
CAPITOLO 10 - Strutture reticolari 3D	455
Struttura “reticolare” caricata sulle aste	

Reticoli spaziali e loro caratteristiche di stabilità o instabilità	
Esempi di calcolo di struttura reticolare spaziale.	
Tetraedro Ret. Spaz.	
Coseni direttori Ret. Spaz.	
Equazioni di congruenza Ret. Spaz.	
Equazioni di equilibrio Ret. Spaz.	
Esempi costruttivi Ret. Spaz.	
Ottaedro Ret. 3D	
Coseni direttori Ottaedro Ret. 3D	
Equazioni di equilibrio Ottaedro Ret. 3D	
Torre Ret. 3D	
Coseni direttori Torre Ret. 3D	
Equazioni di congruenza Torre Ret. 3D	
Equazioni di equilibrio Torre Ret. 3D	
CAPITOLO 11 - Catene cinematiche	498
Vincoli e loro centro di rotazione	
Strutture ad un solo tronco Cat. Cin.	
Caso 1 Cat. Cin.	
Caso 2 Cat. Cin.	
Caso 3 Cat. Cin.	
Caso 4 Cat. Cin.	
Caso 5 Cat. Cin.	
Strutture a più tronchi Cat. Cin.	
1° proprietà delle catene cinematiche	
2° proprietà delle catene cinematiche	
Ulteriori considerazioni Cat. Cin.	
Esercizi strutture a più tronchi Cat. Cin.	
Esercizio 1 Cat. Cin.	
Esercizio 2 Cat. Cin.	
Esercizio 3 Cat. Cin.	
Esercizio 4 Cat. Cin.	
Esercizio 5 Cat. Cin.	
Esercizio 6 Cat. Cin.	
Esercizio 7 Cat. Cin.	
CAPITOLO 12 - Sollecitazioni	556
Convenzione per i segni	
Sforzo normale	
Taglio	
Momento	
Calcolo delle sollecitazioni Esempio numerico	
Calcolo delle sollecitazioni 2° Esempio numerico	
Strutture ad asse spezzato	
Telaio con pendolo	
Cerniera multipla e corpo puntuale	
Equilibrio per “sistema”	
CAPITOLO 13 - Carichi distribuiti	585
Risultante di un carico distribuito	
Carico uniformemente distribuito	
Esempio numerico 1 Car. Dist.	
Relazione fra momento taglio e carico, e sforzo normale e carico	
Carico distribuito con legge lineare	
Esempio numerico 2 Car. Dist.	
Carico distribuito assiale	
Esempio numerico	
Carico distribuito interrotto da forza concentrata	
Esempio numerico 3 Car. Dist.	
Carico trapezoidale	
Esempio numerico 4 Car. Dist.	
Carico parabolico simmetrico	
Carico parabolico	
Carico sinusoidale	
Carico distribuito applicato su più tronchi	
Equilibrio esterno Car. Dist.	
Calcolo numerico 5 Car. Dist.	
Equilibrio per tronchi Car. Dist.	
Calcolo numerico 6 Car. Dist.	
CAPITOLO 14 - Applicazione del Principio dei Lavori Virtuali al calcolo delle travature rigide	628
Introduzione P.L.V.	

Utilizzo del PLV per la soluzione 14.e del problema statico
 Verifica dell'equilibrio in una struttura labile P.L.V. (14.8)
 Soluzione matriciale - Verifica dell'equilibrio in una struttura labile P.L.V.
 Soluzione grafico-analitica - Verifica dell'equilibrio in una struttura labile P.L.V.
 Calcolo automatico - Verifica dell'equilibrio in una struttura labile P.L.V.
 Ricerca delle reazioni P.L.V. (14.6)
 Soluzione matriciale - Ricerca delle reazioni P.L.V.
 Soluzione grafico-analitica - Ricerca delle reazioni P.L.V.
 Utilizzo del PLV per la soluzione del problema cinematico
 Determinazione di uno spostamento per effetto di un cedimento vincolare o una distorsione interna (14.7)
 Soluzione matriciale - Determinazione di uno spostamento P.L.V.
 Soluzione grafico-analitica - Determinazione di uno spostamento P.L.V.
 Verifica della congruenza in una struttura iperstatica P.L.V. (14.9)
 Soluzione matriciale - Verifica della congruenza P.L.V.
 Soluzione grafico-analitica - Verifica della congruenza P.L.V.
 Calcolo automatico - Verifica della congruenza P.L.V.
 Utilizzo del PLV per la soluzione del problema statico
 Verifica dell'equilibrio in una struttura labile P.L.V. (14.8)
 Soluzione matriciale - Verifica dell'equilibrio P.L.V.
 Soluzione grafico-analitica- Verifica dell'equilibrio P.L.V.
 Calcolo automatico - Verifica dell'equilibrio P.L.V.
 Ricerca delle reazioni P.L.V. (14.6)
 Soluzione matriciale - Ricerca delle reazioni P.L.V.
 Soluzione grafico-analitica- Ricerca delle reazioni P.L.V.
 Utilizzo del PLV per la soluzione del problema cinematico
 Determinazione di uno spostamento (rotazione) per effetto di un cedimento vincolare (14.7)
 Soluzione matriciale - Determinazione di uno spostamento P.L.V.
 Soluzione grafico-analitica- Determinazione di uno spostamento P.L.V.
 Verifica della congruenza in una struttura iperstatica P.L.V. (14.9)
 Soluzione matriciale - Verifica della congruenza P.L.V.
 Soluzione grafico-analitica - Verifica della congruenza P.L.V.
 Soluzione con catena cinematica- Verifica della congruenza P.L.V.
 Il lavoro con i carichi distribuiti

Applicazione del PLV alle strutture reticolari
 Utilizzo del PLV per la soluzione del problema statico
 Verifica dell'equilibrio in una struttura labile
 Soluzione matriciale
 Soluzione grafico-analitica
 Ricerca delle reazioni
 Soluzione matriciale
 Soluzione grafico-analitica
 Utilizzo del PLV per la soluzione del problema cinematico
 Determinazione di uno spostamento per effetto di un cedimento vincolare o una distorsione interna
 Soluzione matriciale
 Soluzione grafico-analitica
 Verifica della congruenza in una struttura iperstatica
 Soluzione matriciale
 Soluzione grafico-analitica
 Verifica con la catena cinematica

CAPITOLO 15 - Curva delle pressioni..... 704

Concetti generali Curva Pre.
 Struttura ad un solo tronco con forze concentrate Curva Pre.
 Struttura a più tronchi con forze concentrate Curva Pre.
 Trave poggiata poggiata Curva Pre.
 Con forze comunque inclinate (ma non verticali) Curva Pre.
 Con forze verticali Curva Pre..
 Curva delle pressioni di un carico distribuito per travi ad asse curvilineo
 Curva delle pressioni per una trave poggiata poggiata ad asse rettilineo con carico uniformemente distribuito verticale
 Con appoggi a reazioni verticali Curva Pre.
 Con appoggi a reazioni inclinate Curva Pre.
 Trave coincidente con la curva delle pressioni
 Arco parabolico a tre cerniere soggetto a carico costante Curva Pre.
 Strutture ad asse spezzato con carichi concentrati e momenti
 Strutture ad asse spezzato con carico distribuito verticale Curva Pre.
 Come secondo esempio si costruisce la c.d.p. per il portale con catena caricata, sul primo tronco, con un carico distribuito orizzontale.

Si determina la c.d.p. dell'arco a tre cerniere caricato da un carico uniformemente distribuito orizzontale sul primo tronco e verticale sul secondo tronco. Curva delle pressioni per un arco semicircolare soggetto ad un carico uniforme radiale

CAPITOLO 16 - Linee di influenza per strutture isostatiche..... 743

Linea d'influenza di una reazione o sollecitazione per un carico mobile.
 Concetti generali Lin. Inf. Reazione
 Calcolo di una reazione vincolare dovuta ad un carico mobile verticale
 Esercizio 1 Lin. Inf. Reazione
 Esercizio 2 Lin. Inf. Reazione
 Calcolo della sollecitazione di taglio, in una sezione, dovuta ad un carico mobile verticale
 Calcolo della sollecitazione di momento, in una sezione, dovuta ad un carico mobile verticale
 Linee di influenza delle sollecitazioni N, T, M.
 Esercizio 1 Lin. Inf. Sollecitazioni
 Esercizio 2 Lin. Inf. Sollecitazioni
 Linea d'influenza di uno spostamento per una distorsione mobile
 Concetti generali Lin. Inf. Spostamento
 Esercizio 1 Lin. Inf. Spostamento
 Esercizio 2 Lin. Inf. Spostamento
 Esercizio 3 Lin. Inf. Spostamento
 Esercizio 4 Lin. Inf. Spostamento

CAPITOLO 17 - Strutture nello spazio..... 773

Concetti generali Str. 3D
 Gradi di libertà Str. 3D
 Vincoli Str. 3D
 Sollecitazioni Str. 3D
 Momento polare Str. 3D
 Riferimento Str. 3D
 Esercizio 3D 1
 Esercizio 3D 2
 Esercizio 3D 3
 Esercizio 3D 4
 Esercizio 3D 5

Esercizio 3D 5

CAPITOLO 18 - Dualità statica-cinematica..... 805

Concetti generali Dualità statica-cinematica
 Tabella di corrispondenze Dualità statica-cinematica

CAPITOLO 19 - Geometria delle masse..... 811

Concetti generali
 Sistemi discreti e sistemi continui
 Momento del 1° ordine
 Momento statico
 Centro di gravità o Baricentro
 Esercizio 1 - Baricentro di un sistema discreto
 Esercizio 2 - Baricentro di una spezzata regolare
 Esercizio 3 - Baricentro di un arco circolare
 Esercizio 4 - Baricentro di un rettangolo
 Esercizio 5 - Baricentro di un triangolo
 Esercizio 6 - Baricentro di un settore circolare
 Esercizio 7 - Baricentro di un segmento di parabola
 Esercizio 8 - Baricentro di una figura composta
 Momenti del 2° ordine
 Momento d'inerzia assiale
 Esercizio 9 - Momento d'inerzia di un rettangolo
 Esercizio 10 - Momento d'inerzia di un triangolo
 Momento d'inerzia centrifugo
 Esercizio 11 - Momento d'inerzia centrifugo di un rettangolo
 Momento d'inerzia polare
 Esercizio 12 - Momento d'inerzia un cerchio
 Tensore d'inerzia
 Teorema di trasposizione dei momenti d'inerzia o teorema di Huygens
 Momento d'inerzia assiale
 Esercizio 13 - Trasposizione del momento d'inerzia assiale di un rettangolo
 Momento d'inerzia centrifugo
 Esercizio 14 - Trasposizione del momento d'inerzia centrifugo di un rettangolo
 Momento d'inerzia polare
 Variazione dei momenti d'inerzia conseguente ad una rotazione di assi

Direzioni principali d'inerzia

Variazione dei momenti d'inerzia conseguente ad una rotazione di assi –Soluzione grafica con il cerchio di Mohr

Raggio d'inerzia - Ellisse centrale d'inerzia - Coniugio

Proprietà delle tangenti

Proprietà dei semidiametri

Centro ed asse relativo di un sistema di masse - Antipolarità

Nocciolo centrale d'inerzia

Esercizio 1 – Ellisse centrale e nocciolo di un triangolo rettangolo

Esercizio 2 – Direzioni principali di un sistema discreto

Esercizio 3 – Direzioni principali di una figura composta

Esercizio 4 – Figura composta da profili sottili