STRUMENTI E CONCETTI

Grandezze fisiche, vettori e tensori Grandezze fisiche - Sistema internazionale di unità - Tensori doppi - Operazioni tra tensori - Componenti di un tensore doppio - Operazioni tensoriali in componenti - Tensori simmetrici ed emisimmetrici e scomposizione di un tensore generico - Assiale di un tensore emisimmetrico - Doppio prodotto vettoriale - Gradiente di un campo vettoriale - Componenti del gradiente di un campo vettoriale - Trasformazioni rigide - Traslazione - Rotazione attorno ad un asse - Tensore rotazione - Componenti di un tensore rotazione - Piccole rotazioni e loro rappresentazione tramite una trasformazione emisimmetrica - Trasformazione delle componenti di un tensore doppio - Diagonalizzazione della matrice delle componenti di un tensore doppio - Autovalori e autovettori di un tensore doppio - Equazione caratteristica - Autovalori e autovettori nel caso piano - Formule di rotazione - Circonferenza di Mohr - Autovalori e autovettori nel caso spaziale - Invarianti - Traccia e determinante - Tensori sferici e deviatorici e scomposizione di un tensore generico - Prodotto scalare di due tensori doppi - Tensori definiti positivi - Circonferenze di Mohr associate alle direzioni principali - Arbelo di Mohr - Intervalli di variabilità delle componenti locali di un tensore doppio - Tensori non invertibili - Tensori monoassiali - Tensori piani - Tensori deviatorici piani

Modelli meccanici delle strutture Corpo continuo - Solidi e fluidi - Solidi monodimensionali - Geometria delle curve spaziali - Tangente, normale principale e binormale - Piano osculatore - Curvatura e raggio di curvatura - Curvatura di torsione - Fili - Travi - Linea d'asse e sezioni rette - Travi di sezione sottile - Linea media e corda ortogonale - Problema di Saint-Venant - Modelli bidimensionali - Membrane - Lastre - Superficie media e segmento ortogonale

Fondamenti di meccanica dei solidi Cinematica dei solidi - Deformazione e spostamento - Invertibilità e continuità della funzione di deformazione - Gradienti della deformazione e degli spostamenti - Esistenza e invertibilità del gradiente della deformazione - Jacobiano della deformazione e sua positività - Misure di deformazione - Dilatazione lineare - Dilatazione quadratica - Dilatazione cubica - Scorrimento tra due linee orientate - Scorrimento tra una linea ed una superficie - Moto - Velocità - Equazioni di bilancio - Massa - Quantità di moto - Momento della quantità di moto - Equazioni cardinali della statica - Forze di volume e di superficie - Forze per unità di volume e per unità di superficie - Tensione interna - Bilancio della quantità di moto in forma integrale - Momenti di volume e di superficie - Momenti per unità di volume e per unità di superficie - Bilancio del momento della quantità di moto in forma integrale - Principio di azione e reazione - Ipotesi di Cauchy - Componenti normale e tangenziale di tensione

Comportamento dei materiali Omogeneità - Isotropia - Prova di trazione monoassiale - Stati di trazione e di dilatazione semplici - Dilatazione laterale - Prova di torsione - Stati di taglio e di scorrimento semplici - Modelli ideali di comportamento - Elasticità lineare - Moduli tecnici - Modulo di Young - Modulo di Poisson - Modulo di elasticità tangenziale - Elasticità non lineare - Limite di proporzionalità - Moduli secante e tangente - Tensione di snervamento - Criteri di snervamento - Elastoplasticità - Incrudimento - Isteresi elastica - Viscoelasticità - Elasticità ritardata - Rilassamento

Fondamenti di meccanica della trave Geometria della trave - Riferimento locale - Modello cinematico di sezione indeformata - Variabili cinematiche - Vettori spostamento e rotazione - Componenti locali degli spostamenti e delle rotazioni - Forze e coppie per unità di linea e loro relazioni con le forze distribuite nel solido - Forze e coppie concentrate - Caratteristiche della sollecitazione e loro relazioni con le tensioni interne distribuite sulle sezioni rette - Componenti locali delle forze e delle caratteristiche della sollecitazione - Relazione tra le componenti delle caratteristiche della sollecitazione e le componenti di tensione - Travi piane - Trave cinematicamente piana - Trave staticamente piana - Vincoli e reazioni vincolari - Vincoli piani semplici - Vincoli piani doppi e tripli - Sistemi di travi e vincoli interni

SOLLECITAZIONE E DEFORMAZIONE

Tensione e deformazione nei solidi Tensore degli sforzi di Cauchy - Significato fisico delle componenti del tensore degli sforzi - Divergenza del tensore degli sforzi e sue componenti - Equazione del moto - Equazione indefinita di equilibrio - Equilibrio al contorno - Simmetria del tensore degli sforzi - Teorema di reciprocità delle tensioni tangenziali - Coordinate nel piano di Mohr - Stati di trazione e di taglio semplice - Indeterminatezza statica delle tensioni - Autotensioni - Configurazione naturale - Piccoli spostamenti e piccole deformazioni - Modello di corpo rigido - Teoria del primo ordine - Teoria del secondo ordine - Cinematica linearizzata - Tensori di deformazione e di rotazione infinitesime - Calcolo della dilatazione lineare - Calcolo dello scorrimento - Significato fisico delle componenti del tensore di deformazione - Calcolo dello scorrimento tra una direzione e il piano ortogonale - Coordinate nel piano di Mohr - Stato di dilatazione e di scorrimento semplice - Coefficiente di dilatazione cubica - Compatibilità della deformazione

Sollecitazione e deformazione nelle travi Equazioni indefinite di equilibrio - Equazioni di discontinuità - Equazioni di equilibrio al contorno - Componenti scalari delle equazioni indefinite di equilibrio e di discontinuità - Momenti flettente e torcente rispetto ad un punto generico - Determinatezza statica delle caratteristiche della sollecitazione - Statica della trave piana - Diagrammi delle caratteristiche della sollecitazione - Convenzioni di segno - Statica della trave piana ad asse rettilineo - Analisi qualitativa su tratti non caricati - Analisi qualitativa su tratti caricati da una forza distribuita costante flessionale: scomposizione in due casi semplici e costruzione della parabola - Spostamento e rotazione relativi per unità di linea - Componenti di deformazione locale - Dilatazione della linea d'asse e scorrimento tra linea d'asse e sezione retta - Curvatura flessionale e angolo unitario di torsione - Deformazioni nel caso di trave piana e di trave piana ad asse rettilineo - Dilatazione e scorrimento della generica fibra longitudinale - Integrazione delle equazioni di congruenza - Calcolo di spostamenti e rotazioni col metodo cinematico - Trascurabilità del contributo della dilatazione e dello scorrimento della linea d'asse sul calcolo di spostamenti e rotazioni - Trave inflessa - Vincolo di trave inflessa nel caso piano ad asse rettilineo

Principio dei lavori virtuali Principio dei lavori virtuali in meccanica dei solidi - Principio dei lavori virtuali in meccanica della trave - Vettori algebrici di sforzo e di deformazione

Sistemi di travi rigide Sistemi di travi equilibrati e non equilibrati - Sistemi di travi equilibrati staticamente determinati e staticamente indeterminati - Numero di vincoli semplici interni ed esterni - Sistema svincolato - Variabili statiche - Equazioni di equilibrio - Matrice statica - Condizione di equilibrio - Grado di libertà del sistema svincolato - Variabili cinematiche - Equazioni dei vincoli - Matrice cinematica - Grado di labilità - Vincoli efficaci e inefficaci o iperstatici - Grado di iperstaticità - Sistemi isostatici - Condizione necessaria di isostaticità - Lavoro delle forze esterne e delle reazioni vincolari - Dualità statico cinematica - Sistemi labili non equilibrati - Analisi cinematica dei sistemi rigidi piani - Centri assoluti di

rotazione - Centri relativi di rotazione - Allineamento dei centri di due corpi - Allineamento dei centri relativi di tre corpi - Vincoli e centri di rotazione - Catene cinematiche

Statica dei sistemi isostatici piani Curva delle pressioni - Tratto scarico - Arco circolare a tre cerniere soggetto a carico radiale - Trave appoggiata soggetta a carico ripartito - Trave appoggiata soggetta a carico ripartito e a spinta laterale - Curva delle pressioni dovuta a un carico ripartito costante per unità di proiezione nella direzione ortogonale al carico - Arco parabolico soggetto a carico ripartito costante per unità di proiezione ortogonale al carico - Sistemi chiusi isostatici - Calcolo delle reazioni vincolari col principio dei lavori virtuali, valutando gli spostamenti virtuali con le catene cinematiche - Travature reticolari isostatiche - Travature reticolari triangolate - Soluzione delle travature reticolari isostatiche col metodo dei nodi - Strutture reticolari a nodi canonici - Soluzione delle travature reticolari isostatiche col metodo delle sezioni di Ritter

ELASTICITÀ LINEARE

Elasticità lineare in meccanica dei solidi Legame costitutivo - Elasticità lineare - Tensore di elasticità e sue simmetrie minori - Rappresentazione algebrica del tensore di elasticità - Problema elastico lineare - Autotensioni - Sovrapposizione degli effetti - Lavoro di deformazione - Energia elastica di deformazione - Energia elastica di deformazione per unità di volume - Simmetria maggiore e definitezza positiva del tensore di elasticità - Teorema di Clapeyron - Lavoro mutuo - Teorema di Betti - Tensore di elasticità inverso - Energia complementare elastica - Unicità della soluzione - Elasticità isotropa - Costanti di Lamé - Legge di Hooke - Relazioni tra costanti di Lamé e moduli tecnici - Direzioni principali di elasticità - Legge di Hooke inversa - Limiti delle costanti elastiche - Energia elastica di deformazione ed energia complementare nel caso isotropo

Elasticità lineare in meccanica delle travi Legame costitutivo - Elasticità lineare - Matrice di elasticità - Lavoro di deformazione - Energia elastica di deformazione - Energia elastica di deformazione per unità di linea - Simmetria e definitezza positiva della matrice di elasticità - Teorema di Clapeyron - Lavoro mutuo - Teorema di Betti - Matrice di elasticità inversa - Energia complementare elastica - Indipendenza dei problemi assiale-flessionale e torsionale-tagliante - Centri di flessione e di taglio - Legami costitutivi, principio dei lavori virtuali ed energia elastica scritti rispetto ai centri di flessione e di taglio

Problema assiale-flessionale Modello di Eulero-Bernoulli - Legame costitutivo assiale - Vettore dei momenti statici - Baricentro - Legame costitutivo flessionale - Tensori di inerzia di Eulero e momento di inerzia polare - Travi omogenee - Travi piane

Geometria delle masse Masse distribuite su un'area piana - Momenti statici - Rappresentazione algebrica del vettore dei momenti statici - Calcolo del baricentro - Teorema di Varignon - Influenza dell'assialsimmetria (in generale obliqua) e della polarsimmetria di un'area piana sulla posizione del baricentro - Relazione tra posizione del baricentro ed sviluppo delle rette radenti - Momento di inerzia rispetto ad un asse - Momento centrifugo - Rappresentazione algebrica dei tensori di inerzia e di Eulero e del momento di inerzia polare - Influenza dell'assialsimmetria (in generale obliqua) di un'area piana nel calcolo dei momenti centrifughi - Direzioni e momenti principali di inerzia - Formule di trasposizione o del trasporto (teorema di Huyghens-Steiner) - Formule di rotazione - Raggio di inerzia - Ellisse centrale di inerzia - Aree piane omogenee - Rettangolo - Rettangolo sottile - Triangolo rettangolo - Arco circolare sottile - Settore circolare - Calcolo delle proprietà inerziali di un'area piana composta di più parti semplici

Problema torsionale-tagliante Problema di Saint-Venant - Principio di Saint-Venant - Ipotesi di Saint-Venant - Estensione del problema di Saint-Venant - Soluzione del problema

della torsione con la funzione di ingobbamento: equilibrio indefinito (equazione di Laplace), equilibrio sul contorno laterale (problema di Neumann), equivalenza statica sulle basi ed energia complementare (fattore torsionale di rigidezza) - Problema di flessione, taglio e torsione e calcolo del centro di taglio - Influenza dell'assialsimmetria e della polarsimmetria di una sezione sulla posizione del centro di taglio - Soluzione del problema della torsione con la funzione delle tensioni: congruenza (equazione di Poisson), equilibrio sul contorno laterale (problema di Dirichlet), equivalenza statica sulle basi (fattore torsionale di rigidezza)

Cinematica dei sistemi isostatici piani Deformata della linea d'asse sotto l'ipotesi di trave inflessa - Trascurabilità del contributo dello sforzo normale sul calcolo di spostamenti e rotazioni - Calcolo di spostamenti e rotazioni col metodo cinematico - Deformate e coefficienti elastici di mensole e travi appoggiate - Calcolo di spostamenti col principio dei lavori virtuali

SOLLECITAZIONI SEMPLICI

Tensioni normali Calcolo delle tensioni normali - Forza normale centrata - Flessione retta - Flessione deviata - Assi momento, di sollecitazione, neutro e di flessione - Significato statico e cinematico dell'asse neutro - Relazione tra asse neutro e asse di sollecitazione - Assi coniugati - Assi coniugati nel riferimento principale - Sistema di riferimento coniugato - Formule monomie della flessione deviata - Proprietà delle tangenti e dei diametri dell'ellisse centrale di inerzia - Forza normale eccentrica - Centro di sollecitazione - Intersezione dell'asse neutro della forza normale eccentrica con l'asse di sollecitazione e con gli assi principali di inerzia - Formula monomia della forza normale eccentrica - Formula di Navier

Tensioni tangenziali La torsione nella sezione circolare piena e cava - La torsione nelle sezioni sottili chiuse biconnesse: formula di Bredt e fattore torsionale di rigidezza - La torsione nelle travi di sezione sottile aperta - Flessione associata al taglio - Equilibrio alla Jourawski di un concio di trave per la determinazione delle tensioni tangenziali medie ortogonali ad una corda - Formula di Jourawski binomia - Formula di Jourawski monomia - Il taglio nelle sezioni compatte simmetriche (sezioni rettangolare e triangolare) - Il taglio nelle travi di sezione sottile aperta: 1) determinazione del centro di taglio; 2) scomposizione nella somma di due problemi; 3) diagrammi delle tensioni tangenziali e analisi qualitativa nel caso di tratti rettilinei a spessore costante; 4) equilibrio alla Jourawski nei nodi doppi e tripli; 5) centro di taglio nelle sezioni composte di due tratti rettilinei - Sezioni a C, a doppio T, a L e a Z - Il taglio nelle travi di sezione sottile chiusa simmetrica

SISTEMI DI TRAVI IPERSTATICI

Soluzione dei sistemi iperstatici con il metodo delle forze - Iperstaticità assiali e flessionali - Strutture inflesse e strutture prevalentemente soggette a forza normale - Travi continue soggette a forze di tipo flessionale - Travature reticolari a nodi rigidi caricate solo nei nodi - Telai a nodi fissi e a nodi spostabili - Travi appoggio-incastro - Travi incastro-incastro - Vincoli cedevoli elasticamente e anelasticamente - Distorsioni concentrate - Distorsioni termiche - Sistemi assialsimmetrici e polarsimmetrici caricati simmetricamente ed emisimmetricamente - Scomposizione di un carico generico