Programma del Corso di
SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

Corsi di laurea:
Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio
Ingegneria Civile
Ingegneria Edile

Anno Accademico 2002/03

Prof. Daniele Zaccaria

PARTE PRIMA

PRELIMINARI

Modelli di strutture

Corpo continuo - Solidi - Fluidi - Terreno - Funi - Travi - Travi di sezione sottile - Membrane - Lastre

Cinematica e statica dei solidi deformabili

Cinematica - Spostamenti - Dilatazione di una linea - Scorrimento tra due linee - Dilatazione superficiale - Dilatazione cubica - Equazioni cardinali della statica - Forze di volume - Forze di superficie - Tensione interna - Ipotesi di Cauchy - Principio di azione e reazione - Componenti normale e tangenziale di tensione - Teorema di reciprocità delle tensioni tangenziali

Concetti introduttivi sul comportamento dei materiali

Elasticità - Plasticità - Incrudimento - Isteresi elastica - Viscosità - Rilassamento - Elasticità ritardata - Duttilità - Fragilità - Omogeneità - Isotropia - Dominio di elasticità - Dominio di linearità - Superficie di snervamento - Tensioni di snervamento - Criteri di snervamento - Tensioni ammissibili - Stati limite - Instabilità dell'equilibrio

Prove sui materiali

Prova di trazione monoassiale (materiali metallici) - Strizione - Snervamento superiore e inferiore - Prova di compressione semplice (provini di calcestruzzo) - Prova di torsione semplice (provini metallici) - Modulo di Young - Modulo di elasticità trasversale - Contrazione laterale - Contrazione laterale - Modulo di Poisson - Energia di frattura

TRAVI PIANE INFLESSE

Statica

Vincoli e reazioni vincolari - Caratteristiche della sollecitazione - Relazioni tra caratteristiche della sollecitazione e tensioni - Forze esterne - Convenzioni di segno - Trave piana ad asse rettilineo: equazioni indefinite di equilibrio, equazioni di discontinuità nei punti di applicazione di carichi concentrati, diagrammi delle caratteristiche della sollecitazione e loro analisi qualitativa - Curva delle pressioni

Sistemi isostatici

Labilità, isostaticità e iperstaticità di un sistema di travi - Sistemi di travi equilibrati, staticamente determinati e staticamente indeterminati - Soluzione dei sistemi isostatici

Cinematica

Ipotesi di trave inflessa - Spostamenti e rotazioni di una sezione retta - Dilatazione della linea d'asse e vincolo interno di trave inflessa per le travi ad asse rettilineo - Curvatura flessionale

Legame costitutivo

Dilatazione delle fibre longitudinali - Travi a piccola e a grande curvatura - Legame costitutivo relativo allo sforzo normale: vettore dei momenti statici e baricentro - Legame costitutivo relativo al momento flettente: tensore di inerzia - Travi a grande curvatura - Travi omogenee

GEOMETRIA DELLE MASSE

Massa distribuita su di un'area piana - Momenti statici - Baricentro - Teorema di Varignon - Momenti di inerzia - Momenti centrifughi - Momento polare - Raggio di inerzia - Formule del trasporto - Direzioni e momenti principali di inerzia - Formule di rotazione - Circonferenza di Mohr - Relazione tra asse di sollecitazione e asse neutro: assi coniugati - Assi coniugati nel riferimento principale: formula di coniugio - Ellisse centrale di inerzia

SOLLECITAZIONI SEMPLICI

Tensioni normali

Formula di Navier - Sforzo normale centrato - Concentrazione di tensioni - Verifica a compressione di aste snelle: carico critico di Eulero, luce libera di inflessione, snellezza, snellezza limite, metodo omega - Flessione retta - Flessione deviata: formula binomia e formula monomia - Sforzo normale eccentrico: formula trinomia, asse neutro, centro relativo, polarità di inerzia, teorema di reciprocità, formula binomia, formula monomia - Nocciolo centrale di inerzia - Sezioni non reagenti a trazione - Sistemi di masse momenti statici

Torsione

Sezione circolare - Angolo unitario di torsione - Sezione circolare cava - Sezioni sottili chiuse (formula di Bredt) - Sezione rettangolare allungata - Sezioni sottili aperte

Taglio

Centro di taglio - Formula di Jourawski (monomia e binomia) - Sezioni compatte simmetriche - Sezioni sottili aperte - Analisi qualitativa dell'andamento delle tensioni tangenziali sui tratti rettilinei sottili a spessore costante - Sezioni sottili chiuse simmetriche

SISTEMI DI TRAVI DEFORMABILI

Deformata della linea d'asse - Calcolo di spostamenti in sistemi isostatici: metodo cinematico, integrazione dell'equazione della linea elastica, analogia di Mohr, principio dei lavori virtuali - Trascurabilità del contributo dello sforzo normale sulla deformazione - Soluzione dei sistemi iperstatici con il metodo delle forze - Cedimenti vincolari elastici ed anelastici - Distorsioni concentrate - Distorsioni termiche - Sistemi simmetrici caricati simmetricamente ed emisimmetricamente - Sistemi polar-simmetrici caricati polar-simmetricamente e polar-emisimmetricamente - Travature reticolari - Telai piani - Telai a nodi spostabili - Soluzione dei telai iperstatici a nodi spostabili con il metodo dei telai

PARTE SECONDA

MECCANICA DEI SOLIDI ELASTICI

Analisi della tensione e della deformazione

Moto e velocità - Massa - Quantità di moto e momento della quantità di moto - Equazioni di bilancio - Tensore degli sforzi di Cauchy - Equazione del moto - Equazione indefinita di equilibrio - Simmetria del tensore degli sforzi - Tetraedro di Cauchy - Significato fisico delle componenti del tensore degli sforzi e dell'equazione indefinita di equilibrio - Autotensioni e configurazione naturale - Ipotesi di piccoli spostamenti - Cinematica linearizzata - Gradiente degli spostamenti - Tensori di deformazione e di rotazione infinitesimi - Dilatazione - Scorrimento - Dilatazione cubica - Significato fisico delle componenti del tensore di deformazione - Scorrimento tra una linea ed un piano - Direzioni e valori principali di tensione e di deformazione - Riferimenti principali di tensione e di deformazione - Calcolo dei valori e delle direzioni principali - Circonferenza di Mohr associata ad una direzione principale - Arbelo di Mohr - Stati di tensione e di deformazione elementari - Principio dei lavori virtuali - Compatibilità di un campo di deformazioni

Elasticità Lineare

Legame costitutivo elastico lineare - Tensore di elasticità - Sovrapposizione degli effetti - Metodi di soluzione - Lavoro di deformazione - Energia elastica di deformazione - Simmetria e definitezza positiva del tensore di elasticità - Teorema di Clapeyron - Lavoro mutuo - Teorema di Betti - Energia complementare elastica - Unicità della soluzione - Energia potenziale totale - Teorema di stazionarietà - Teorema di minimo - Esistenza della soluzione - Elasticità isotropa - Legge di Hooke - Costanti di Lamé - Relazioni tra costanti di Lamé e moduli tecnici - Direzioni principali di elasticità - Tensori sferici e tensori deviatorici - Legge di Hooke inversa - Limiti delle costanti elastiche - Energia elastica di deformazione nel caso isotropo - Equazioni di Beltrami

CRITERI DI SNERVAMENTO

Superficie di snervamento - Convessità della superficie di snervamento - Snervamento isotropo - Rappresentazione della superficie di snervamento nello spazio delle tensioni principali - Asse idrostatico e piano deviatorico - Verifica

di resistenza alle tensioni ammissibili - Criterio di Rankine - Criteri di snervamento per i materiali metallici: criterio di Huber-von Mises, criterio di Tresca e criterio di Hill - Cenni sui criteri di resistenza per i materiali non metallici: criterio di Mohr-Coulomb e criterio di Drucker-Prager

PROBLEMA DI SAINT VENANT

Modello tridimensionale della trave elastica - Principio di Saint-Venant - Ipotesi di Saint-Venant - Tensioni normali: soluzione delle equazioni di Beltrami - Equazioni per la determinazione delle tensioni tangenziali - Energia complementare associata alle tensioni normali - Campo degli spostamenti nei casi di sforzo normale semplice e di flessione retta - Problema della torsione - Funzione di ingobbamento - Fattore torsionale di rigidezza - Funzione delle tensioni - Sezione rettangolare sottile - Sezioni sottili aperte - Fattore torsionale di rigidezza per le sezioni sottili chiuse - Sezioni sottili chiuse pluriconnesse - Problema di flessione, taglio e torsione - Centro di taglio - Fattori di taglio - Fattori di taglio per le sezioni compatte simmetriche e per le sezioni sottili aperte

TEORIA TECNICA DELLA TRAVE

Statica della trave spaziale - Statica della trave piana - Cinematica della trave spaziale in piccole deformazioni - Spostamento relativo per unità di linea: dilatazione della linea d'asse e scorrimento tra linea d'asse e sezione retta - Rotazione relativa per unità di linea: curvatura flessionale e angolo unitario di torsione - Scorrimento della generica fibra longitudinale - Principio dei lavori virtuali - Legame costitutivo elastico lineare - Energia elastica di deformazione - Energia elastica complementare - Teorema di Clapeyron - Lavoro mutuo e teorema di Betti - Energia potenziale totale - Estensione del problema di Saint Venant - Travi piane ad asse rettilineo - Trave di Timoshenko - Trave inflessa - Equazione della linea elastica

ANALISI STATICA E CINEMATICA DEI SISTEMI DI TRAVI

Sistemi piani - Centri di rotazione assoluti e relativi - Relazione tra vincoli e centri di rotazione - Analisi cinematica basata sui centri di rotazione - Il principio dei lavori virtuali per i sistemi di travi rigide - Calcolo di reazioni interne ed esterne con il principio dei lavori virtuali - Relazione tra labilità infinitesima e deformabilità - Calcolo di spostamenti in sistemi isostatici col principio dei lavori virtuali

SOLUZIONE DEI SISTEMI IPERSTATICI

Metodo degli spostamenti - Schema fondamentale dei sistemi di pendoli - Rigidezze assiali - Schema fondamentale dei telai a nodi fissi - Rigidezze alla rotazione - Schema fondamentale dei telai a nodi spostabili - Rigidezze taglianti - Analisi del metodo degli spostamenti - Matrice delle rigidezze - Reazioni di incastro perfetto - Analisi del metodo delle forze - Matrice delle cedevolezza - Uso del principio dei lavori virtuali nel metodo delle forze

STABILITÀ DELL'EQUILIBRIO

Sistemi rigidi e sistemi elastici - Equilibrio stabile - Equilibrio instabile - Equilibrio critico e carico critico - Metodo statico - Metodo energetico - Equivalenza tra metodo statico e metodo energetico - Metodo delle piccole oscillazioni - Esempi ad uno e due gradi di libertà (strutture ad elasticità concentrata) - Asta di Eulero - Carico critico euleriano - Modi critici - Condizioni generali di vincolo - Luce libera di inflessione - Comportamento post-critico dell'asta di Eulero