



UNIVERSITÀ DI PISA

TEORIA DELLE STRUTTURE

RICCARDO BARSOTTI

Anno accademico 2023/24
CdS INGEGNERIA STRUTTURALE E EDILE
Codice 053HH
CFU 9

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
TEORIA DELLE STRUTTURE I	ICAR/08	LEZIONI	90	ROBERTO ALESSI RICCARDO BARSOTTI

Obiettivi di apprendimento

Conoscenze

Acquisire elementi di conoscenza utili per la risoluzione di problemi di equilibrio di strutture, in regime statico e dinamico, con particolare riferimento ai sistemi di travi, alle piastre e ai gusci sottili, sia in regime elastico che in prossimità del collasso. Fornire elementi di conoscenza utili per scegliere e utilizzare in modo consapevole gli strumenti e le tecniche disponibili per il calcolo strutturale.

Modalità di verifica delle conoscenze

La verifica delle conoscenze sarà effettuata in occasione della prova orale finale.

Capacità

Affrontare e risolvere problemi di equilibrio di strutture, in regime statico e dinamico, con particolare riferimento ai sistemi di travi, alle piastre e ai gusci sottili, sia in regime elastico che in prossimità del collasso.

Modalità di verifica delle capacità

La verifica delle capacità sarà effettuata in occasione della prova orale finale mediante la soluzione di esercizi sugli argomenti del corso.

Comportamenti

Organizzare e condurre il calcolo strutturale necessario per il dimensionamento e la verifica dei principali elementi strutturali, specialmente in fase di dimensionamento preliminare.

Modalità di verifica dei comportamenti

La verifica dei comportamenti sarà effettuata in occasione della prova orale finale mediante la soluzione di esercizi sugli argomenti del corso.

Prerequisiti (conoscenze iniziali)

Si richiede la conoscenza degli argomenti oggetto dei corsi di Scienza delle Costruzioni, tra cui, in particolare, la teoria tecnica delle travi e la teoria dell'elasticità lineare.

Indicazioni metodologiche

Il corso si svolge prevalentemente mediante lezioni frontali e esercitazioni in aula.



Programma (contenuti dell'insegnamento)

A. MECCANICA DELLE STRUTTURE

I sistemi di travi in regime elastico lineare

Richiami di teoria tecnica delle travi. Il metodo degli spostamenti: rigidità di un elemento strutturale e carichi nodali equivalenti. Cenni alla matrice di rigidità di una trave ad asse rettilineo. Schemi semplificati per la descrizione della risposta meccanica di sistemi di travi. Travi equivalenti a un telaio o a una travatura reticolare. Le strutture di controventamento: criteri di verifica e di progetto. Il carico critico di pilastri presso-inflessi. Linee di influenza delle caratteristiche della sollecitazione: il teorema di Land- Colonnetti.

Elementi di analisi limite delle strutture

Il materiale elastico – perfettamente plastico. Esempi introduttivi sulla crisi delle strutture. La trave soggetta a flessione uniforme: descrizione della sua risposta oltre il limite elastico. Carico di collasso, meccanismo di collasso, cerniera plastica, campo di sollecitazioni staticamente ammissibile. Teorema statico e teorema cinematico. Cenni al caso in cui agiscano più carichi fra loro indipendenti e all'interazione fra sforzo normale e momento flettente.

Archi, cavi e reti di funi

Le travi ad asse curvilineo: equazioni di equilibrio e misure della deformazione. La risposta meccanica degli archi in muratura: la curva delle pressioni. Ricerca di campi di sollecitazione staticamente ammissibili e compatibili con le capacità resistenti del materiale. Un esempio di analisi non lineare: i cavi e le reti di funi. Il metodo delle densità di sforzo.

Piastre e gusci sottili

Le ipotesi cinematiche e le misure di deformazione. Caratteristiche della sollecitazione e equazioni di equilibrio. L'equazione di Sophie Germain - Lagrange. Esame critico delle condizioni al contorno e loro espressioni secondo Kirchhoff. Equazioni della piastra sottile inflessa dedotte per via variazionale. Metodi classici di soluzione: il caso delle piastre rettangolari. La soluzione in forma chiusa di problemi assial-simmetrici. Carico critico di lastre compresse. Metodi approssimati di soluzione: differenze finite ed elementi finiti.

Le ipotesi cinematiche e le misure di deformazione per un guscio sottile. Caratteristiche della sollecitazione e equazioni di equilibrio. Gusci inestensibili soggetti a stati membranali di sollecitazione. Gusci di forma cilindrica. Gusci di rivoluzione, soggetti a carichi assial-simmetrici. Metodi approssimati di soluzione: differenze finite ed elementi finiti. Volte e cupole in muratura: ricerca di campi di sollecitazione staticamente ammissibili e compatibili con le capacità resistenti del materiale.

B. DINAMICA DELLE STRUTTURE

Introduzione

Considerazioni introduttive. L'esempio del pendolo piano: soluzione esatta ed approssimata.

I sistemi dinamici: concetti principali

Diagramma delle configurazioni, diagramma di fase, linee d'universo, traiettorie ed orbite; bacino di attrazione, stabilità dinamica e asintotica. Richiami sui sistemi di equazioni differenziali ordinarie.

Metodi numerici per la soluzione dei problemi dinamici

Le differenze finite del primo e secondo ordine. Misure di errore e di convergenza. Metodi ad un passo: Eulero, Crank-Nicolson, Heun. Teorema di convergenza. Il metodo di Eulero esplicito: 0-stabilità, consistenza e convergenza; stime dell'errore a posteriori. Cenni ai metodi "multi-step" ed ai metodi "predictor-corrector".

Introduzione al linguaggio di programmazione python. Soluzione numerica di alcuni problemi e confronto tra diversi metodi di integrazione numerica: la libreria "scipy.integrate.odeint".

I sistemi dinamici a un grado di libertà

Oscillazioni libere. L'oscillatore armonico non smorzato. Legge oraria del moto; analisi nello spazio delle fasi ed analisi energetica. L'oscillatore armonico linearmente smorzato: oscillatore sovra-smorzato, criticamente smorzato e sotto-smorzato; rapporto di decremento dell'ampiezza delle oscillazioni. Oscillazioni forzate. L'oscillatore armonico non smorzato con forzante armonica. Influenza della frequenza della forzante. Il fenomeno dei battimenti e della risonanza. L'oscillatore armonico linearmente smorzato con forzante armonica. Risonanza e fattore di amplificazione dinamica.

I sistemi dinamici a più gradi di libertà

Le equazioni del moto. Analisi modale: forme modali e loro normalizzazione, le condizioni di ortogonalità della matrice delle masse e di quella delle rigidità. Coordinate normali e modali; disaccoppiamento delle equazioni del moto.

Bibliografia e materiale didattico

Testi di riferimento:

- Barsotti R., Elementi di Teoria delle Strutture, TEP Pisa, 2011.
- Pozzati P., Teoria e tecnica delle strutture, voll. 2* e 2**, UTET, Torino, 1972-77. (Vol. 2, prima parte: i capitoli 12, 13 e 15 sul metodo degli spostamenti per sistemi di travi. Vol. 2, seconda parte: i capitoli 5 e 6, sugli edifici multipiano in c.a. e in acciaio; il capitolo 7, sull'organizzazione delle strutture di controvento.)
- Timoshenko S.P., Woinowsky-Krieger S., Theory of Plates and Shells, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, 1959. (Il capitolo 4, sulle piastre sottili inflesse; i capitoli 2 e 3, che trattano i casi particolari di flessione uniforme e simmetria polare; i capitoli 5 e 6, che illustrano alcuni problemi relativi a piastre rettangolari soggette a diverse condizioni di vincolo; il capitolo 10, che tratta i metodi approssimati di soluzione; i capitoli 14, 15 e 16 sui gusci sottili.)
- Timoshenko S.P., Gere G.M., Theory of Elastic Stability, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, 1961. (Il capitolo 2, sul carico critico di pilastri presso-inflessi e sull'influenza della deformabilità a taglio sul carico critico euleriano.)
- Massonet C., Save M., Calcolo plastico a rottura delle costruzioni, Maggioli.
- Clough R. W., Penzien J., Dynamics of Structures, McGraw-Hill Education.



UNIVERSITÀ DI PISA

- Viola E., Fondamenti di dinamica e vibrazioni delle strutture, Vol. 1, Pitagora, 2001.
- Quarteroni A., Sacco R., Saleri F., Gervasio P., Matematica numerica, Springer-Verlag Mailand, 2008. (capitoli 1, 2, 9 e 10)

Testi di consultazione:

- Baldacci R., Scienza delle costruzioni, vol. 2?, UTET, Torino, 1976. (Il capitolo 1, sulle linee d'influenza; il capitolo 5, sul metodo degli spostamenti per travi elastiche; il capitolo 9, sull'influenza della deformabilità a taglio sul carico critico di travi elastiche e sulla stima del carico critico di travi composte.)
- Belluzzi O., Scienza delle costruzioni, vol. II, Zanichelli, Bologna, 1956. (Il capitolo 18, sulle linee d'influenza; il capitolo 20, su travi a nodi fissi e a nodi mobili.)
- Chopra A.K., Dynamics of Structures, Pearson - 4th edition, 1997.
- Wiggins S., Introduction to Applied Nonlinear Dynamical Systems and Chaos, Springer-Verlag, 2000.

Modalità d'esame

Prova orale

Ultimo aggiornamento 25/09/2023 13:06