



Programma dell'insegnamento di
Teoria delle Strutture
(1° anno, 9 CFU)

Docente: Riccardo Barsotti (e-mail: r.barsotti@ing.unipi.it)
Numero complessivo di ore previste per lo sviluppo di nuovi argomenti (L): 70
Numero complessivo di ore previste per esercitazioni ed esemplificazioni (E): 20
TOTALE ORE: 90

OBIETTIVI FORMATIVI

Affrontare e risolvere problemi di equilibrio di strutture e solidi elastici, con particolare riferimento ai sistemi di travi, alle piastre e ai gusci sottili e ai problemi piani in elasticità lineare. Fornire elementi di conoscenza utili per scegliere e utilizzare in modo consapevole gli strumenti e le tecniche disponibili per il calcolo strutturale.

ENGLISH VERSION

EDUCATIONAL OBJECTIVES

Address and solve equilibrium problems of structures and elastic solids, with particular reference to systems of beams, plates, thin shells, and plane problems in linear elasticity as well. Provide the students with information useful to help them choose and use consciously the main tools and techniques for structural analysis.

CONOSCENZE DI BASE

Scienza delle Costruzioni

ARGOMENTI TRATTATI A LEZIONE

Introduzione (L = 2)

La progettazione delle strutture. Le operazioni di schematizzazione, modellazione e calcolo di una struttura: fasi di analisi e di sintesi. Il carattere convenzionale dei risultati del calcolo delle strutture.

Strutture a telaio (L = 6)

Caratteristiche principali degli edifici con struttura portante in c.a. o in acciaio. Cenni sulle azioni e le loro combinazioni. Linee d'influenza degli spostamenti e delle sollecitazioni. Le strutture di controventamento: criteri di verifica e di progetto. L'analisi semplificata dei telai spaziali (analisi pseudo-spaziale degli edifici).

Metodi di soluzione delle travature (L = 24)

Richiami di teoria tecnica delle travi. Il metodo degli spostamenti: rigidezza di un elemento strutturale. I carichi nodali equivalenti. Casi nei quali si prescinde dalla deformabilità estensionale: telai a nodi fissi e a nodi mobili. L'equazione delle cinque rotazioni e le equazioni di Gehler. Cenni sui metodi iterativi di calcolo dei telai piani.

Il calcolo in forma matriciale dei telai piani. La matrice di rigidezza di una singola trave ad asse rettilineo. L'assemblaggio della matrice di rigidezza della struttura: inserimento delle condizioni di vincolo esterne ed interne. Deduzione del sistema delle equazioni di equilibrio nodale attraverso il teorema dei lavori virtuali. Applicazione del



teorema di Betti per il calcolo dei carichi nodali equivalenti. Proprietà di minimo energetico della configurazione d'equilibrio di una travatura. Applicazione del calcolo in forma matriciale alle travature reticolari, alle travature piane deformabili a taglio e a flessione, ai grigliati piani e ai telai spaziali. Proprietà della matrice di rigidezza di una struttura: confronto tra il metodo delle forze e quello degli spostamenti.

Schemi semplificati per la descrizione della risposta meccanica di sistemi di travi. Travi equivalenti a un telaio o a una travatura reticolare. Adattamento alle travi ad asse curvilineo dei metodi e degli strumenti di calcolo illustrati per quelle ad asse rettilineo. Archi in muratura: ricerca di campi di sollecitazione staticamente ammissibili e compatibili con le capacità resistenti del materiale.

I limiti del modello lineare legati all'insorgenza di fenomeni di non linearità geometrica: il carico critico di pilastri presso- inflessi, l'influenza della deformabilità a taglio sul carico critico di travi flessibili. Un esempio di analisi non lineare: i cavi e le reti di funi. Il metodo delle densità di sforzo.

Teoria dell'elasticità lineare (L = 26)

Le equazioni dell'elasticità lineare: le equazioni di Navier e quelle di Beltrami- Michell. Cenni sull'esistenza e sull'unicità della soluzione del problema elastico. Relazioni costitutive. Proprietà di minimo della soluzione. Principi variazionali: minimo dell'energia potenziale totale e minimo dell'energia complementare totale; funzionali di Hu-Washizu e di Hellinger-Reissner. Metodi di distribuzione dell'errore. La tecnica di minimizzazione di Rayleigh-Ritz.

Problemi bidimensionali: stati piani di deformazione e stati piani generalizzati di tensione. La funzione degli sforzi di Airy. Esame critico delle condizioni al contorno. Problemi piani in coordinate polari. Applicazione delle serie di Fourier alla soluzione di problemi piani. Carattere approssimato dello stato piano generalizzato di tensione. I problemi al bordo di tipo misto: la rappresentazione degli spostamenti mediante potenziali complessi. L'invenzione degli elementi finiti: gli elementi piani triangolari a deformazione costante.

Piastre e gusci sottili (L = 32)

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.

Testi di riferimento:

- 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 travature 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.)



Scuola di Ingegneria
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile e delle Costruzioni Civili

A.A. 2016-2017

- Barsotti R., Elementi di Teoria delle Strutture, TEP Pisa, 2011.
- Belluzzi O., Scienza delle costruzioni, vol. II, Zanichelli, Bologna, 1956. (Il capitolo 18, sulle linee d'influenza; il capitolo 20, su travature a nodi fissi e a nodi mobili.)
- Capurso M., Introduzione al calcolo automatico delle strutture, Ed. Scientifiche Cremonese, Roma, 1977. (Il capitolo 4, sui telai a maglie ortogonali; il capitolo 6, sui telai a maglie di forma qualsiasi.)
- Cook R.D., Finite element modeling for stress analysis, John Wiley & Sons Inc., 1995 (I capitoli da 1 a 4, sul calcolo automatico dei telai e sul metodo di soluzione agli elementi finiti.)
- 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., Goodier J.N., Theory of Elasticity, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, 1951. (I capitoli 2, 3 e 4, sui problemi elastici piani; il capitolo 8, che illustra i teoremi principali della teoria dell'elasticità lineare.)
- 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.)

Testi di consultazione:

- Atanackovic T.M., Guran A., Theory of elasticity, Birkhauser, 2000.
- Love A.E.H., A treatise on the mathematical theory of elasticity, Dover Publications, New York, 1944.
- Muskhelishvili N.I., Some basic problems of the mathematical theory of elasticity, Noordhoff Ltd, Groningen, Holland, 1953.
- Sokolnikoff I.S., Mathematical Theory of Elasticity, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, 1956. (In particolare il capitolo 3, sulle equazioni dell'elasticità lineare; il capitolo 5, sui problemi elastici piani.)
- Washizu K., Variational methods in elasticity and plasticity, Pergamon Press, Oxford, 1968.

Modalità di iscrizione e di svolgimento degli esami:



Scuola di Ingegneria
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile e delle Costruzioni Civili

A.A. 2016-2017

Iscrizione on-line sul portale dell'Università di Pisa (<https://esami.unipi.it/esami/>)
Prova orale.