



UNIVERSITÀ DI PISA

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI I

STEFANO BENNATI

Anno accademico

2017/18

CdS

INGEGNERIA CIVILE AMBIENTALE E
EDILE

Codice

109HH

CFU

6

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
SCIENZA DELLE COSTRUZIONI I	ICAR/08	LEZIONI	60	DANILA AITA STEFANO BENNATI

Obiettivi di apprendimento

Conoscenze

Finalità, obiettivi formativi e organizzazione didattica del corso.

La prima parte del corso di Scienza delle Costruzioni (insegnamento di SdCI) ha come scopo l'apprendimento, da parte dello studente, della capacità di analizzare il comportamento meccanico degli organismi strutturali modellabili come sistemi di travi elastiche. Come tale, intende fornire un'introduzione coerente e razionale alla meccanica delle strutture.

L'insegnamento in aula prevede lezioni, destinate alla presentazione e alla discussione dei contenuti e dei metodi di maggior rilievo, ed esercitazioni, nelle quali gli stessi contenuti e metodi vengono applicati alla soluzione di problemi più o meno complessi.

Oltre alle lezioni e alle esercitazioni, sono previsti ricevimenti settimanali, nel corso dei quali gli studenti hanno modo di discutere con il docente e i collaboratori le soluzioni dei problemi presentati o semplicemente proposti durante le lezioni e le esercitazioni.

Programma (contenuti dell'insegnamento)

Contenuti del corso.

Cap. 1. Introduzione. – Introduzione ai problemi, ai contenuti e ai metodi della *Scienza delle Costruzioni*: dal modello rigido al modello lineare dell'equilibrio. Unicità della soluzione e sua dipendenza lineare dai dati.

Cap. 2. Travature: problema statico e problema cinematico. – Nozione di trave come solido caratterizzato da una dimensione (longitudinale) prevalente sulle altre. Linea d'asse, sezione trasversale e sue proprietà inerziali: nozioni di baricentro, di momento statico, di momento di inerzia assiale e di momento di inerzia polare.

Vincoli agenti sulla trave e sui sistemi di travi, o travature: equazioni di vincolo ed equazioni che ne descrivono le prestazioni cinematiche.

Molteplicità di un vincolo. Classificazione cinematica delle strutture: *travature cinematicamente ipodeterminate e meccanismi istantanei*; *travature cinematicamente isodeterminate*; *strutture cinematicamente iperdeterminate*. Matrice cinematica.

Carichi attivi agenti sulle travi e reazioni vincolari. Sconnessioni e loro molteplicità. Equazioni globali di equilibrio ed equazioni ausiliarie o di sconnessione. Strutture chiuse e strutture aperte. Classificazione dei sistemi statici: *sistemi staticamente incompatibili*; *sistemi staticamente determinati*; *sistemi staticamente indeterminati*. Grado di indeterminazione statica. Matrice statica. Relazioni tra il problema statico e il corrispondente problema cinematico: *travature labili*, cosiddette *isostatiche* e cosiddette *iperstatiche*; grado di iperstaticità di una struttura.

Le forze interne nelle travi: le caratteristiche della sollecitazione N , T_x , T_y , M_x , M_y e M_z ed i loro diagrammi cartesiani e convenzionali.

Equazioni differenziali di equilibrio delle travi piane ad asse rettilineo e delle travi piane ad asse curvilineo. Discontinuità delle caratteristiche della sollecitazione in presenza di carichi concentrati. *Campi di sforzo (definiti dalle caratteristiche della sollecitazione) staticamente ammissibili*.

Travature piane e travature spaziali isostatiche: esempi ed applicazioni.

Travature reticolari e loro aspetti specifici. Travature reticolari a nodi canonici e travature reticolari a sezioni canoniche. Il metodo cosiddetto "dei nodi" e quello cosiddetto "delle sezioni".

Cap. 3. Travature elastiche. – Descrizione approssimata del campo di spostamento in una trave piana ad asse rettilineo. Misure locali di deformazione: nozione di *estensione*, di *curvatura*, di *scorrimento angolare*; relazioni cinematiche nel caso di piccoli spostamenti e piccole deformazioni. *Campi di spostamento cinematicamente ammissibili* e *campi di spostamento virtuali*.

Il caso delle travi linearmente elastiche: relazioni costitutive fra le misure di deformazione e le caratteristiche della sollecitazione, motivazioni euristiche.

Equazioni differenziali della linea elastica e loro integrazione: il *metodo della linea elastica*. Unicità e linearità della soluzione: applicazione del principio di sovrapposizione degli effetti. Caso in cui lo scorrimento angolare è trascurabile. Nozione di *energia di deformazione* per le travi elastiche. Condizione al bordo in presenza di vincoli imperfetti: cedimenti anelatici e vincoli reagenti elasticamente.

Il *metodo delle forze*. Il teorema dei lavori virtuali per le travi deformabili. Equazioni di Müller-Breslau e coefficienti di influenza.

Effetti delle variazioni termiche sulle travature elastiche: caso del riscaldamento uniforme e di quello variabile linearmente attraverso lo spessore. Effetti dei difetti geometrici (lineari, angolari, etc.) e dei vincoli (vincoli cedevoli anelaticamente) sulle travature elastiche. Sistemi elastici con simmetria (o antisimmetria) assiale e con simmetria (o antisimmetria) polare.

Il *metodo degli spostamenti* come metodo duale di quello delle forze.

Cap. 4. Limiti del modello lineare. – Non linearità geometriche e non linearità costitutive: considerazioni critiche, controindicazioni ed effetti



UNIVERSITÀ DI PISA

collaterali nell'uso del modello lineare dell'equilibrio. Introduzione ai fenomeni di *instabilità elastica*: perdita di stabilità della soluzione di equilibrio elastico e perdita di unicità per biforcazione del diagramma di equilibrio. Diramazione stabile e diramazione instabile. Metodo di Eulero o degli equilibri adiacenti. Nozione di carico critico euleriano: primi esempi di applicazione ai sistemi di aste rigide vincolate elasticamente.

Bibliografia e materiale didattico

- [1] L. GAMBAROTTA, L. NUNZIANTE, A. TRALLI, *Scienza delle Costruzioni*, McGraw-Hill, 2011.
- [2] E. BENVENUTO, *La Scienza delle Costruzioni e il Suo Sviluppo Storico*, Sansoni, 1981.
- [3] S. BENNATI, *Lezioni di Scienza delle Costruzioni, parte I: Introduzione alla Teoria delle Strutture*, SEU-Pisa, 2004.
- [4] O. BELLUZZI, *Scienza delle Costruzioni, Vol. 1*, Zanichelli, 1996.

-

Modalità d'esame

La prova d'esame comprende una prova scritta ed una prova orale.

Lo studente è tenuto, di regola, ad iscriversi *on-line* sul portale di Ateneo sia alla prova scritta che alla prova orale. Le date delle prove orali e di quelle scritte, così come le modalità di iscrizione alle singole prove, sono anche pubblicate, di regola, sulla *pagina web* del docente.

1. Prova scritta.

Nella prova scritta, della durata di circa 3 ore, lo studente deve risolvere uno o più problemi riconducibili alla *teoria tecnica delle travi elastiche*, oltre che alla *statica e alla cinematica dei sistemi rigidi*. Le scelte e i passaggi cruciali della soluzione vanno *sempre adeguatamente motivati*. I calcoli vanno svolti su fogli separati da unire agli altri al momento della consegna. Durante la prima parte della prova è consentito consultare esclusivamente i libri di testo consigliati nella "Guida ai contenuti del corso di SdCI", pubblicata sulla pagina web del docente. Lo studente può decidere di rinunciare alla consegna fino al termine della prova; può anche farlo in seguito, al momento della pubblicazione della soluzione sulla *pagina web* del docente, seguendo le modalità indicate in quest'ultima.

La prova scritta viene valutata ricorrendo ai giudizi sintetici indicati nel seguito con la corrispondente valutazione (orientativa) in trentesimi:

A: eccellente (? 28/30); B: buono (24-27/30);

C: più che sufficiente (21-23/30); D: appena sufficiente (18-20/30);

E/D: sufficienza dubbia (16-17/30); E: insufficiente (12-15/30);

F: gravemente insufficiente (6-11/30); G: del tutto insufficiente (< 6/30).

Per essere ammesso alla successiva prova orale, lo studente deve riportare, di regola, una valutazione di almeno E/D (sufficienza dubbia).

2. Eventuale ripetizione della prova scritta.

Se la prova scritta è risultata non soddisfacente, ovvero se è stata valutata insufficiente, gravemente insufficiente o del tutto insufficiente, deve essere ripetuta. In accordo con quanto deliberato dal Corso di Laurea, lo studente ha a disposizione 4 possibili consegne in ognuno dei periodi di 12 mesi successivi al termine delle lezioni.

3. Prova orale.

La prova orale deve essere sostenuta nello stesso appello della prova scritta oppure in quello immediatamente successivo. Nel caso la prova orale non venga sostenuta (ad esempio perché la prova scritta non è risultata sufficiente), la prova d'esame, in accordo con il Regolamento Didattico di Ateneo, viene ugualmente verbalizzata a soli fini statistici utilizzando la dicitura 'abbandono'.

Ultimo aggiornamento 10/05/2018 18:18