

Docente: Prof. Ing. Stefano Bennati  
(e-mail: [s.bennati@ing.unipi.it](mailto:s.bennati@ing.unipi.it) - home page: [www.dic.unipi.it/stefano.bennati/](http://www.dic.unipi.it/stefano.bennati/))

Co-docenti: Arch. Danila Aita, Ing. R. Barsotti

### 1. Finalità, obiettivi formativi e organizzazione didattica della prima parte 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.

### 2. 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 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.

### 3. Riferimenti bibliografici

- [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.