



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO	Ingegneria
ANNO ACCADEMICO OFFERTA	2023/2024
ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE	2024/2025
CORSO DILAUREA MAGISTRALE	INGEGNERIA CIVILE
INSEGNAMENTO	MECCANICA COMPUTAZIONALE DELLE STRUTTURE
TIPO DI ATTIVITA'	B
AMBITO	50353-Ingegneria civile
CODICE INSEGNAMENTO	09136
SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI	ICAR/08
DOCENTE RESPONSABILE	PARRINELLO FRANCESCO Professore Associato Univ. di PALERMO
ALTRI DOCENTI	
CFU	6
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	98
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA	52
PROPEDEUTICITA'	
MUTUAZIONI	
ANNO DI CORSO	2
PERIODO DELLE LEZIONI	2° semestre
MODALITA' DI FREQUENZA	Facoltativa
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	PARRINELLO FRANCESCO Martedì 10:00 13:00 Ex dipartimento di Ingegneria strutturale

DOCENTE: Prof. FRANCESCO PARRINELLO

PREREQUISITI	Scienza delle costruzioni.
RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI	Conoscenza e capacita' di comprensione Lo studente al termine del Corso avra' conoscenza delle problematiche inerenti il calcolo strutturale attraverso l'uso dei calcolatori; avra' conoscenza delle procedure matematiche che portano alla risoluzione del problema elastico per strutture intelaiate (metodo diretto delle rigidezze) e per sistemi continui (metodo degli elementi finiti). Sara' in grado di comprendere il funzionamento dei programmi di calcolo strutturale, di conoscerne i limiti e i campi di applicabilita'. Capacita' di applicare, conoscenza e comprensione Lo studente sara' in grado di applicare in modo critico i software di calcolo strutturali per l' analisi elastica delle piu' comuni tipologie di strutture, avra' adeguata conoscenza delle tipologie di problemi che si possono essere affrontare. Autonomia di giudizio Lo studente avra' la capacita' di giudicare gli strumenti computazionali piu' adeguati alla risoluzione delle varie tipologie strutturali e delle diverse condizioni di carico, nonche' la capacita' di valutare se una soluzione approssimata e' sufficientemente prossima a quella esatta. Abilita' comunicative Lo studente avra' conoscenza della terminologia specifica della meccanica computazionale, capacita' di esporre problematiche inerenti il calcolo strutturale e di collaborare alla realizzazione di progetti di calcolo realizzati in gruppo. Capacita' d'apprendimento Lo studente avra' possibilita' di apprendere importanti tematiche di base della meccanica computazionale e di conoscere ed utilizzare alcuni dei piu' importanti programmi di calcolo agli elementi finiti presenti in commercio.
VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO	Prova di calcolo strutturale tramite codice agli elementi finiti e prova orale. La valutazione avviene in trentesimi come voto dell'esame orale e delle capacita' manifestate dallo studente nella risoluzione dei problemi di calcolo strutturale tramite codice di calcolo agli elementi finiti. All'esame orale viene chiesto allo studente di rispondere 3 o 4 domande inerenti gli argomenti teorici trattati durante il corso. La valutazione dell'esame prevede i seguenti voti: • 1-17: insufficiente (fail); • 18-23: sufficiente (pass); • 24-26: discreto (satisfactory); • 27-28: buono (good); • 29-30: ottimo (very good); • 30 e lode: eccellente (excellent).
OBIETTIVI FORMATIVI	L'obiettivo principale del corso e' quello di fornire agli allievi le conoscenze teoriche basilari della meccanica computazionale e di consentire agli stessi la conoscenza diretta degli strumenti di calcolo agli elementi finiti, tramite la risoluzione in aula di un sufficiente numero di problemi di calcolo strutturale.
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	Lezioni ed esercitazioni in aula
TESTI CONSIGLIATI	• J- N. Reddy, An introduction to the finite element method, International student edition. ISBN: 0071127992 • J. Fish and T. Belytschko, A First Course in Finite Elements, John Wiley & Sons, 2007. ISBN-13: 9780470035801 • K. J. Bathe, Finite element Procedure, Prentice Hall, 1996. ISBN 978-0-9790049-5-7 • O.C. Zienkiewicz, R.L. Taylor, J.Z. Zhu, The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals, Sixth edition. Butterworth Heinemann 2005, ISBN 0 7506 6320 0.

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
2	A1. Metodo diretto delle rigidezze Idealizzazione e discretizzazione della struttura. Scomposizione in elementi finiti. Modellazione del singolo elemento finito. Trasformazione del sistema di riferimento. Assemblaggio, condizioni al contorno e risoluzione. Programmazione e codifica di una semplice programma di calcolo per strutture reticolari in MathLab.
3	A2. Elementi finiti monodimensionali Costruzione dell'elemento asta per travature reticolari. Costruzione elemento trave a comportamento flessionale. Calcolo della matrice di rigidezza locale per la trave piana. Programmazione di un codice di calcolo in MathLab per l'analisi di strutture piane a comportamento flessionale.
2	A3. Aspetti di carattere computazionale Numerazione ottimale dei nodi e risoluzione di un sistema di equazioni lineari tramite il method di eliminazione di Gauss-Jordan. Sviluppo in MathLab del solutore di equazioni lineari.

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
2	B0. Forma forte e forma debole delle equazioni di governo del problema statico del solido elastico. Principio dei lavori virtuali. Metodi variazionali e funzionale energia potenziale totale.
2	B1. Risoluzione di problema monodimensionale Soluzione di tentativo. Formulazione interpolante e funzioni forma. Gradi di liberta' nodali. Metodi di minimizzazione dell'errore. Metodo di Rayleigh-Ritz.
2	B2. Trave di Eulero-Bernulli Ipotesi cinematiche. Funzioni forma e gradi di liberta'. Calcolo della matrice di rigidezza dell'elemento. Elementi con vincoli di estremita' diversi dall'incastro.
2	B3. Trave di Timoshenko Ipotesi cinematiche. Area equivalente di taglio e coeff. di taglio. Funzioni forma e gradi di liberta'. Risoluzione e confronto con modello di Bernulli-Navier.
2	B4. Convergenza della soluzione Errore di approssimazione nel FEM. Convergenza della soluzione approssimata. Affinamento della soluzione: p e h refinement.
3	B5. Problemi piani Stato piano di tensione e di deformazione. Problema assialsimmetrico. Elementi finiti triangolari e rettangolari. Risoluzione di alcuni problemi piani.
2	B6. Elementi finiti isoparametrici Elemento reale e elemento naturale. Sistema di riferimento reale e sistema naturale. Mappatura tra i due elementi. Trasformazione di coordinate e jacobiano. Matrice di rigidezza dell'elemento.
2	B7. Tecniche di integrazione numerica Metodi di integrazione approssimata. Metodo di Gauss. Punti di Gauss e relativi pesi. Errore di integrazione. Sottointegrazione.
2	B8. Elementi finiti di ordine superiore Funzioni forma quadratiche. Elemento triangolare a sei nodi. Elementi di serendipity. Elementi finiti a 9 nodi.
2	B9. Problema di locking nei solidi volumetricamente quasi-incomprimibili. Tecniche di risoluzione tramite sottointegrazione totale o selettiva ed elementi misti.
ORE	Esercitazioni
3	Studio di un programma di calcolo agli elementi finiti sviluppato in MathLab o tramite foglio di calcolo elettronico.
3	Analisi di una struttura intelaiata con un codice di calcolo sviluppato in MathLab o tramite foglio elettronico.
2	Analisi di strutture intelaiate tramite un codice di calcolo commerciale.
2	Analisi di strutture intelaiate e introduzione di vincoli interni tramite rilassamento dei nodi e tramite Vincolo Multigrado.
2	Analisi agli elementi finiti di un problema strutturale in stato piano di tensione o deformazione.
2	Programmazione in Fortran di una subroutine per la modellazione di un elemento finito all'interno in un codice di calcolo open source (FEAP).
10	Studio e analisi critica dei risultati, da svolgere in piccoli gruppi di lavoro, del progetto strutturale di un'opera di ingegneria civile, attraverso un programma di calcolo commerciale. Redazione di una breve relazione di calcolo.