PROGRAMMA DEL CORSO DI MECCANICA COMPUTAZIONALE E OTTIMIZZAZIONE STRUTTURALE

SETTORE SCIENTIFICO

ICAR/08

CFU

9

OBIETTIVI

/**/

Il corso si propone di fornire agli studenti le competenze teoriche e operative necessarie per analizzare e risolvere problemi strutturali attraverso approcci computazionali e metodi numerici di ottimizzazione. Nello specifico, gli obiettivi formativi del corso sono:

1. Comprendere la formulazione matematica di problemi strutturali come problemi di minimo, con o senza vincoli.
2. Conoscere ed applicare metodi numerici per l'ottimizzazione e la risoluzione di problemi variazionali, sia in ambito finito che infinito dimensionale.
3. Analizzare il comportamento dinamico e statico di strutture mediante formulazioni lagrangiane, metodi variazionali e il metodo degli elementi finiti.
4. Valutare la robustezza strutturale e affrontare casi avanzati di design ottimale, anche in presenza di vincoli geometrici e fisici non lineari.

RISORSE

/**/

Gli studenti che intendono approfondire le tematiche del corso, integrando le dispense e i materiali forniti dal docente, possono consultare i seguenti volumi:

Corradi Dell'Acqua L., Meccanica delle strutture. Vol. 1: Il comportamento dei corpi continui. McGraw-Hill Education.

Corradi Dell'Acqua L., Meccanica delle strutture. Vol. 2: Le teorie strutturali e il metodo degli elementi finiti. McGraw-Hill Education.

Corradi Dell'Acqua L., Meccanica delle strutture. Vol. 3: La valutazione della capacità portante. McGraw-Hill Education.

Kirsch, Uri. Structural optimization: fundamentals and applications. Springer Science & Business Media, 2012.

dell'Isola, F., Barchiesi, E., & Placidi, L. (2020). Finite Dimensional Lagrangian Systems. In Encyclopedia of Continuum Mechanics (pp. 880-890). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Reddy J. N., Introduction to the Finite Element Method. McGraw-Hill Education.

DESCRIZIONE

Modulo 1: Ottimizzazione strutturale

Il modulo introduce i concetti fondamentali dell'ottimizzazione applicata alle strutture: variabili di progetto, vincoli, funzioni obiettivo e metodi per la formulazione e risoluzione di problemi di minimo strutturale.

Modulo 2: Metodi computazionali

Si approfondiscono gli algoritmi numerici per la ricerca del minimo: metodi iterativi, approcci per funzioni ad una o più variabili e programmazione lineare e non lineare.

Modulo 3: Meccanica lagrangiana

Il modulo affronta la formulazione lagrangiana dei modelli meccanici, sia a gradi di libertà finiti che infiniti, includendo l'analisi delle frequenze proprie e dei modi di vibrazione in sistemi continui.

Modulo 4: Meccanica computazionale

Il modulo tratta i metodi di discretizzazione di sistemi continui, tramite approcci variazionali e sviluppi in serie.

Presenta inoltre applicazioni numeriche dei metodi appresi per la risoluzione di strutture reali con diversi approcci numerici, in ambito monodimensionale e bidimensionale.

Modulo 5: Ottimizzazione di forma per strutture unilaterali

Il modulo propone applicazioni avanzate dei metodi di ottimizzazione e minimo: robustezza strutturale, identificazione sperimentale tramite DIC e design strutturale di archi e volte.

VERIFICA

L'esame può essere sostenuto sia in forma scritta che in forma orale.

Gli appelli orali sono previsti nella sola sede centrale. L'esame orale consiste in un colloquio con la Commissione sui contenuti del corso.

L'esame scritto consiste nello svolgimento di un test con 30 domande. Per ogni domanda lo studente deve scegliere una di 4 possibili risposte. Solo una risposta è corretta.

Sia le domande orali che le domande scritte sono formulate per valutare il grado di comprensione delle nozioni teoriche e la capacità di ragionare utilizzando tali nozioni. Le domande sulle nozioni teoriche consentiranno di valutare il livello di comprensione. Le domande che richiedono l'elaborazione di un ragionamento consentiranno di valutare il livello di competenza e l'autonomia di giudizio maturati dallo studente.

Le abilità di comunicazione e la capacità di apprendimento saranno valutate anche attraverso le interazioni dirette tra docente e studente che avranno luogo durante la fruizione del corso (videoconferenze ed elaborati proposti dal docente).

AGENDA

Modulo 1: Ottimizzazione strutturale

1 Introduzione e variabili di progetto

2 Vincoli e loro formulazione

3 La funzione obiettivo e formulazione matematica del problema di ottimizzazione

4 Esempio di una struttura con tre elementi di trave reticolare e soluzione dello stato tensionale

5 Esempio di una struttura con tre elementi di trave reticolare e formulazione matematica del problema di ottimizzazione

6 Metodi di ottimizzazione e calcolo del minimo senza vincoli

7 Metodi di ottimizzazione e calcolo del minimo con vincoli bilateri

8 Metodi di ottimizzazione e calcolo del minimo con vincoli monolateri

9 Ulteriori esempi sul calcolo di minimi vincolati

Modulo 2: Metodi computazionali

10 Rivisitazione della programmazione non lineare: condizioni KKT

11 Rivisitazione della programmazione non lineare: esempi

12 Rivisitazione della programmazione non lineare: Metodo del gradiente e di Newton

13 Metodo di Newton-Raphson

14 Metodo di Newton-Raphson: Esercitazione

Modulo 3: Meccanica lagrangiana

15 Meccanica lagrangiana per modelli meccanici finito dimensionali come problema di minimo

16 Meccanica lagrangiana per modelli meccanici finito dimensionali: esercitazione

17 Meccanica lagrangiana per modelli meccanici finito dimensionali. Calcolo delle frequenze proprie

18 Meccanica lagrangiana per modelli meccanici infinito dimensionali. La linea elastica

19 Meccanica lagrangiana per modelli meccanici infinito dimensionali. La linea elastica con vincoli

20 Meccanica lagrangiana per modelli meccanici infinito dimensionali. La trave di Timoshenko

21 Meccanica lagrangiana per modelli meccanici infinito dimensionali. La trave di Timoshenko con vincoli

22 Meccanica lagrangiana per modelli meccanici infinito dimensionali. Esempi di strutture composte da più travi.

23 Calcolo dei modi di strutture infinito dimensionali

24 Meccanica lagrangiana per modelli meccanici infinito dimensionali. Il caso 2D

25 Meccanica lagrangiana per modelli meccanici infinito dimensionali. Il caso 2D con esempi

26 Meccanica lagrangiana per modelli meccanici infinito dimensionali. Il caso 3D con esempi

Modulo 4: Meccanica computazionale

27 Discretizzazione di modelli infinito dimensionali. Aspetti generali

28 Discretizzazione di modelli infinito dimensionali. Il metodo di Rayleigh Ritz

29 Discretizzazione di modelli infinito dimensionali. Sviluppo in serie di Fourier

30 Discretizzazione di modelli infinito dimensionali. Cenni sui criteri di convergenza

31 Discretizzazione di modelli infinito dimensionali. Il caso della trave appogiata mediante serie trigonometriche

32 Meccanica lagrangiana per modelli meccanici finito dimensionali come problema di minimo vincolato

33 I metodi di approssimazione numerica

34 I metodi di approssimazione numerica: I metodi variazionali di Rayleigh-Ritz e Galerkin (caso assiale)

35 I metodi di approssimazione numerica: I metodi variazionali di Rayleigh-Ritz e Galerkin (caso flesso-tagliante)

36 Il metodo degli elementi finiti per analisi di strutture reticolari

37 Il metodo degli elementi finiti per l’analisi di elementi inflessi

38 Il metodo degli elementi finiti per l’analisi di strutture intelaiate

39 Il metodo degli elementi finiti: elementi bidimensionali

40 Il metodo degli elementi finiti: formulazione isoparametrica

Modulo 5: Ottimizzazione di forma per strutture unilaterali

41 Design di strutture ad arco: il poligono funicolare

42 Design di strutture ad arco: la catenaria

43 Design di strutture voltate: la membrana sotto carichi puramente verticali

44 Design di strutture voltate: la membrana sotto carichi verticali ed orizzontali

45 Cenni di meccanica delle strutture a blocchi unilaterali