
Testi del Syllabus

Docente	BRIGHENTI ROBERTO	Matricola: 005200
Anno offerta:	2014/2015	
Insegnamento:	05906 - CALCOLO AUTOMATICO DELLE STRUTTURE	
Corso di studio:	5018 - INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO	
Anno regolamento:	2013	
CFU:	6	
Settore:	ICAR/09	
Tipo attività:	C - Affine/Integrativa	
Partizione studenti:	-	
Anno corso:	2	
Periodo:	II° semestre	



Testi in italiano

Tipo testo

Testo

Lingua insegnamento

Italiano

Contenuti

Gli argomenti trattati nel corso vengono di seguito riportati:

Fondamenti di meccanica computazionale.
La modellazione strutturale.
Fondamenti dei metodi variazionali.
Metodi residuali.
Fondamenti del metodo degli elementi finiti.
Elementi finiti isoparametrici.
Modellazione numerica di strutture generiche.
Cenni agli aspetti avanzati sull'uso degli elementi finiti.

Testi di riferimento

Testi di riferimento:

- Cook, R.D., Malkus D.S., Plesha, M.E.: "Concept and application of finite element analysis", 4th edition, John Wiley & Sons, 2002.
- Zienkiewicz, O.C.: "The finite element method", Mc Graw-Hill, 2000.
- Corradi dell'Acqua, L.: "Meccanica delle strutture", Vol. 1,2 e 3, Mc Graw-Hill, 1995.

Materiale didattico:

- Dispense del Corso, scaricabili dal sito internet del docente (<http://www2.unipr.it/~brigh/index.htm>) o dalla piattaforma LEA del sito web di ateneo.

Tutti i testi sono disponibili per la consultazione presso la biblioteca di ingegneria-architettura.

Obiettivi formativi

Conoscenze e capacità di comprendere: Il Corso si propone di fornire gli elementi fondamentali della meccanica computazionale, con particolare riferimento alle metodologie di calcolo automatico applicate all'analisi di strutture generiche. Il corso si propone inoltre di fornire le basi per l'analisi strutturale mediante tecniche numeriche in ambito lineare, statico o dinamico e di mettere in grado lo studente di comprendere i concetti esposti nei testi scientifici della disciplina ed affrontare un approfondimento autonomo di tali aspetti. Competenze: Al termine del corso l'allievo dovrebbe essere in grado di modellare correttamente elementi strutturali e strutture in genere mediante la tecnica degli elementi finiti; in particolare sarà capace di scegliere la tipologia degli elementi finiti con la formulazione più idonea per rappresentare la struttura oggetto di studio così come la corretta rappresentazione delle condizioni al contorno e l'attribuzione delle caratteristiche meccaniche dei materiali. Autonomia di giudizio: Al termine del corso lo studente dovrebbe essere in grado di interpretare correttamente il comportamento strutturale di strutture generiche e di proporre una modellazione numerica appropriata. Capacità comunicative: Al termine del corso lo studente dovrebbe aver appreso la terminologia specifica della meccanica computazionale applicata alle strutture e la saprà utilizzare in modo appropriato.

Prerequisiti

E' necessario aver almeno frequentato i corsi di Scienza delle Costruzioni e Analisi Strutturale Avanzata.

Metodi didattici

Il corso si articola in lezione frontali teoriche (avvalendosi della proiezione di lucidi o di presentazioni al computer), esercitazioni pratiche svolte dal docente ed esercitazioni pratiche svolte in aula dagli studenti con l'uso del calcolatore, oltre ad esercitazioni assegnate agli studenti da svolgere autonomamente al di fuori degli orari del corso. Per ogni argomento trattato, le esercitazioni vengono programmate in modo che lo studente

Tipo testo

Testo

possa realizzare praticamente le soluzioni dei problemi formulati precedentemente in forma teorica.

Modalità di verifica dell'apprendimento

L'esame consiste nello svolgimento di un progetto individuale o a gruppi di 2-3 studenti (deciso dal docente a seconda della complessità del lavoro assegnato) relativo allo sviluppo di un semplice programma di analisi strutturale agli elementi finiti ed in una prova orale. La valutazione finale sarà così suddivisa: - Svolgimento del progetto (competenza, 60%). - Prova orale (domande teoriche 20%, domande pratiche 10%) (conoscenza). - Proprietà di esposizione (capacità comunicativa, 10%).

Programma esteso

1. Fondamenti di meccanica computazionale. La modellazione strutturale. Fondamenti dei metodi variazionali. Formulazione forte e debole di un problema differenziale. Condizioni al contorno essenziali e naturali.

2. Principi variazionali. Teorema dei lavori virtuali. Soluzione polinomiale approssimata. Metodo di Bubnov-Galerkin. Formulazione generale del metodo degli elementi finiti: forma differenziale e forma integrale. Principio di minimo dell'energia potenziale totale. Approssimazione del campo di spostamenti. Applicazione del metodo di Rayleigh-Ritz alle travi e alle piastre inflesse. Il metodo degli elementi finiti come sottoclasse dei metodi variazionali.

3. Metodi residuali. I metodi dei residui pesati. Metodo dei sottodomini, metodo della collocazione, metodo dei minimi quadrati, metodo di Galerkin. Il metodo degli elementi finiti come sottoclasse dei metodi dei residui pesati.

4. Fondamenti del metodo degli elementi finiti. Equazioni algebriche di equilibrio statico, dinamico e con coazioni di un sistema strutturale discretizzato con gli EF. Calcolo della matrice di rigidezza e del vettore dei termini noti. Assemblaggio della matrice di rigidezza globale della struttura. Trattamento e classificazione delle condizioni al contorno: lineari e non lineari, single freedom constraints, multi freedoms constraints. Metodo master-slave, metodo penalty, metodo dei moltiplicatori di Lagrange.

5. Elementi finiti isoparametrici. Scelta dell'elemento finito e delle funzioni di forma. Costruzione delle funzioni di forma locali e globali e delle loro derivate. Esempi per funzioni di forma lineari. Elementi finiti isoparametrici: definizione e condizioni di convergenza. Generazione di elementi finiti isoparametrici di tipo Lagrangiano e Serendipidy. Completezza delle funzioni di forma.

6. Elementi finiti isoparametrici mono, bi e tridimensionali: Elementi finiti per elementi strutturali monodimensionali: elementi biella (truss), trave alla Bernoulli ed alla Timoshenko (beam). Elementi finiti per elementi strutturali bidimensionali: elementi in stato piano di sforzo, di deformazione ed assialsimmetrici, elementi piani lastra (shell), elementi piani inflessi alla Kirchhoff e alla Mindlin (plate). Elementi finiti per elementi strutturali tridimensionali: elementi solidi in materiale isotropo ed ortotropo. Integrazione numerica: formula del cambio di variabili in 1D, 2D, 3D. Formula del trapezio e di Simpson. Formula di Gauss. Accuratezza integrazione numerica. Formula di Gauss in 2D e 3D. Esempi. Calcolo del numero minimo di punti di integrazione nel caso 2D.

7. Condizioni di convergenza del metodo degli EF. Errori dei metodi computazionali. Mal condizionamento e numero di condizionamento di una matrice. Cause di malcondizionamento. Scaling di una matrice. Requisiti di convergenza: Completezza, compatibilità, stabilità. Il Patch Test. Condizione di Babuška-Brezzi. Sovrastima della rigidezza, accuratezza della soluzione, integrazione ridotta, hourglass, materiali incompressibili.

Tipo testo

Testo

8. Analisi della struttura del diagramma di flusso di un semplice programma agli elementi finiti. Sottostrutturazione. Post-processamento dei risultati.

Cenni di programmazione in linguaggio FORTRAN; sviluppo di semplici programmi di calcolo agli elementi finiti per l'analisi di problemi strutturali.

9. Applicazioni : modellazione numerica di strutture generiche. Utilizzo di software ad elementi finiti per la modellazione di strutture ed elementi strutturali generici. Prove di convergenza delle soluzioni. Analisi ed interpretazione critica dei risultati, valutazione della precisione delle analisi.



Testi in inglese

Tipo testo

Testo

Lingua insegnamento

Italian

Contenuti

The topics treated in the course are listed below:

Basic concepts in computational mechanics.
Modeling of structures.
Variational methods.
Residual methods.
Basic concepts of the finite element method.
Isoparametric formulation.
Structural discretisation with finite elements.
Use of finite elements in non linear problems.
Some advanced aspects about the finite element method.

Testi di riferimento

Reference books:

- Cook, R.D., Malkus D.S., Plesha, M.E.: "Concept and application of finite element analysis", 4th edition, John Wiley & Sons, 2002.
- Zienkiewicz, O.C.: "The finite element method", Mc Graw-Hill, 2000.
- Corradi dell'Acqua, L.: "Meccanica delle strutture", Vol. 1,2 e 3, Mc Graw-Hill, 1995.

Teaching staff:

- Stuff provided by the teacher (see the teacher's website: <http://www2.unipr.it/~brigh/index.htm>) or from the LEA website of the Univ. of Parma.

All the suggested textbooks are available in the library of the Engineering school.

Obiettivi formativi

Knowledge and understanding:The course aims to present concepts and tools for computational mechanics applied to generic solid structures. Furthermore the course intends to provide to the students the basis to perform numerical linear static or dynamic analyses of structures and enables them to read and understand computational mechanics books and to study autonomously the subject. **Applying knowledge and understanding:**At the end of course the student should be able to correctly develop a numerical model of structural elements or generic structures through the finite element technique; in particular the student should be able to choose the most suitable finite element kind to represent the structural problem under study, and to correctly introduce the boundary conditions and the mechanical properties of the materials. **Making judgments:**At the end of course the student should be able to correctly interpret the structural behavior of generic structures and to propose a proper numerical modeling. **Communication skills:**At the end of course the student should have a proper use of the terminology of the computational mechanics applied to structures and will be able to properly use it.

Prerequisiti

It is necessary to have at least attended to the following courses: structural mechanics and Advanced Structural Mechanics.

Metodi didattici

The course is organized in theoretical and practical lessons (by making use slides or other kind of presentations); the exercises are either developed by the teacher and autonomously in class also by making use of the computer and at home by the students. For every topic, the practical activities are properly scheduled in order to provide the students the ability to solve the proposed problems on the basis of the previously explained theoretical concepts.

Tipo testo

Modalità di verifica dell'apprendimento

Testo

The final exam consists in the development of a project concerning the development of a simple finite element program in groups of 1, 2 or 3 students (the teacher will decide on the number of students depending on the difficulty of the assigned work) and in an oral test. The evaluation of the final exam will be as follows:- Project development (Applying knowledge, 60%).- Oral test (theoretical questions 20%, exercises 10%) (knowledge).- Clarity of presentation (Communication skills, 10%).

Programma esteso

1. Basic concepts of computational mechanics.

Introduction to the finite element method: displacement method for plane beam structures. Variational methods. Weak and strong form of a physical problem. Natural and essential boundary conditions.

2. Variational principles. Virtual work theorem. Approximate polynomial solution. Bubnov-Galerkin method. General formulation of a problem by using finite elements: differential and integral forms. Minimum potential energy principle. Displacement field approximation. Rayleigh-Ritz method applied to beams and plates. The finite element method as a subclass of the variational methods.

3. Residual methods. Weighted residual method: subdomain method, collocation method, least square method, Galerkin method. The finite element method as a particular case of the Weighted residual method.

4. Basic concepts of the finite element method Algebraic static and dynamic equilibrium equations of a structure discretized by finite elements. Stiffness matrix and nodal force vector. Stiffness matrix assembling. Treatment of boundary conditions and their classification: linear and non linear, single freedom constraints, multi freedoms constraints. Master-slave method, penalty method, Lagrange's multipliers method.

5. Structural discretisation with finite elements. Choice of the finite element and of the shape functions. Shape functions in the local reference system and their derivatives. Examples of linear shape functions. Isoparametric elements: convergence requirements. Lagrangian and Serendipity elements. Shape functions completeness.

6. Isoparametric elements in one, two and three dimensions. Truss elements, beam bending elements (Bernoulli and Timoshenko formulation). Finite elements for 2-D problems under plane stress, plane strain and axisymmetric conditions (shells); 2-D bending plates elements (Kirchhoff and Mindlin formulations). Finite elements for 3-D problems with isotropic or orthotropic materials. Numerical integration methods. Variable transformation in 1D, 2D, 3D. Gauss rule. Accuracy of the numerical integration.

7. Convergence problems. Numerical errors and ill conditioning of a matrix. Causes of ill conditioning. Matrix scaling. Scaling of a matrix. Convergence requirements: completeness, compatibility, stability. The patch test. The Babuška-Brezzi condition. Stiffness overestimation, accuracy of the solution, reduced integration, hourglass

8. Some more aspects about the finite element method. Flow-chart of a simple program for finite element analysis. Substructuring. Post-processing of the results. Basic concepts on FORTRAN programming; development of simple FE programs for structural analyses.

9. Applications: numerical modeling of generic structures. Use of FE software for the analysis of structures or generic structural elements. Convergence tests. Analysis and interpretation of the results, assessment of the solution accuracy.