

Syllabus

Anno Offerta/Year	2020
Periodicità/Frequency	BIENNALE/BIENNAL
Corso di Studio	Dottorato in Ingegneria Civile e Architettura/PhD programme in Civil Engineering and Architecture
Regolamento Didattico	Regolamento SDIA ver. 02.07.2012
Tematica	INGEGNERIA STRUTTURALE E GEOTECNICA (STRG) / Structural and Geotechnical Engineering Titolo/Title: Introduzione ai problemi non-lineari in meccanica/INTRODUCTION TO NON-LINEAR PROBLEMS IN MECHANICS
Insegnamento/Course	INTRODUCTION TO NON-LINEAR PROBLEMS IN MECHANICS
Sede/Location	Sala Master palazzina 3 sede scientifica Ingegneria / Aula B/2 sede scientifica Ingegneria
Tipo attività Formativa/ Type of Training activity	Insegnamenti avanzati erogati dai Corsi di Dottorato afferenti alla SDIA (ICD)/ Advanced courses provided by PhD programmes related to SDIA (ICD)
CFU/Credits	2
Ore Attività Frontali/Hours in class lectures	12 (1 CFU = 6 h frontali) (1 CFU = 6 h in class lectures)

Tipo Testo/ Text Type	Obbligatorio /Compulsory	Italian	English
Lingua insegnamento/Teaching Language	Sì/Yes	Inglese	English
Contenuti/Contents	Sì/Yes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introduzione ai problemi non-lineari della meccanica. 2. Soluzione dei problemi non-lineari, metodi iterative, criteri di convergenza. 3. Misure di sforzo e deformazione in grandi spostamenti. 4. Non-linearità meccanica: concetti di base ed esempi. 5. Introduzione alla plasticità dei materiali: il problema elasto-plastico incrementale 6. Introduzione alla plasticità dei materiali: criteri di snervamento e leggi di flusso. 7. Introduzione ai problemi geometricamente non-lineari; grandi spostamenti, grandi deformazioni, analisi di instabilità. 8. Concetti di base sulla soluzione di problemi non-lineari mediante gli elementi finiti. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introductions to nonlinear problems in mechanics. 2. Solutions of non-linear problems, iterative methods, convergence criteria. 3. Stress and strain measures in large deformation. 4. Mechanical non-linearity: basic concepts and examples. 5. Introduction to plasticity of materials: elastic-plastic incremental problem. 6. Introduction to plasticity of materials: plastic models and flow rules. 7. An introduction to geometrically non-linear problems; large displacements, large strains, buckling analysis. Examples. 8. Basic concepts on the solution of non-linear problems with finite elements.
Testi di riferimento/Textbooks	Sì/Yes	<p>Testi consigliati</p> <ul style="list-style-type: none"> • D.R.J. Owen, E. Hinton. Finite elements in plasticity: theory and practice. Pineridge Press, 1980. • P. Wriggers. Nonlinear Finite Element Methods. Springer, 2008. • R. Brighenti, Analisi numerica dei solidi e delle strutture: fondamenti del Metodo degli Elementi Finiti. Esculapio Editore (Bologna), III Ed., 2019. <p>Testi di approfondimento</p>	<p>Recommended texts</p> <ul style="list-style-type: none"> • D.R.J. Owen, E. Hinton. Finite elements in plasticity: theory and practice. Pineridge Press, 1980. • P. Wriggers. Nonlinear Finite Element Methods. Springer, 2008. • R. Brighenti, Analisi numerica dei solidi e delle strutture: fondamenti del Metodo degli Elementi Finiti. Esculapio Editore (Bologna), III Ed., 2019. <p>In-depth texts</p>

		<ul style="list-style-type: none"> • R. De Borst, M.A. Crisfield, J.J.C. Remmers, C.V. Verhoosel. Nonlinear Finite Element Analysis of Solids and Structures, 2nd Edition, Wiley, 2012. • T. Belytschko, W.K. Liu, B. Moran, K. Elkhodary. Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures, 2nd Edition, Wiley, 2013. • G.A. Holzapfel. Nonlinear solid mechanics: a continuum approach for engineering. Wiley, 2000. <p>Ulteriore materiale didattico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Appunti del docente. <p>Materiale didattico:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dispense del Corso, scaricabili dal sito internet del docente (http://www2.unipr.it/~brigh/index.htm). <p>Tutti i testi sono disponibili per la consultazione presso la biblioteca di ingegneria-architettura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • R. De Borst, M.A. Crisfield, J.J.C. Remmers, C.V. Verhoosel. Nonlinear Finite Element Analysis of Solids and Structures, 2nd Edition, Wiley, 2012. • T. Belytschko, W.K. Liu, B. Moran, K. Elkhodary. Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures, 2nd Edition, Wiley, 2013. • G.A. Holzapfel. Nonlinear solid mechanics: a continuum approach for engineering. Wiley, 2000. <p>Further didactic material</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lecture notes provided by the teacher. <p>Teaching stuff:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stuff provided by the teacher (see the teacher's website: http://www2.unipr.it/~brigh/index.htm). <p>All the suggested textbooks are available in the library of the Engineering school.</p>
<p>Obiettivi formativi/ Learning objectives</p>	<p>Sì/Yes</p>	<p>Conoscenze e capacità di comprendere:</p> <p>Il Corso si propone di fornire gli elementi fondamentali dell'analisi dei materiali e delle strutture al di fuori del comportamento lineare.</p> <p>Il corso si propone inoltre di fornire le basi per l'analisi strutturale mediante tecniche numeriche in ambito non-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.</p> <p>Competenze:</p> <p>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 ambito non-lineare per materiale e/o geometria, sia in analisi statiche che dinamiche.</p>	<p>Knowledge and understanding:</p> <p>The course aims to present concepts and tools for computational mechanics applied to generic solid structures beyond the linear behavior.</p> <p>Furthermore the course intends to provide to the students the basis to perform numerical static or dynamic non-linear analyses of structures and enables them to read and understand computational mechanics books and to study autonomously the subject.</p> <p>Skills:</p> <p>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 non-linear structural problems, both in static and dynamic problems.</p> <p>Autonomy of judgment:</p>

		<p>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.</p> <p>Capacità comunicative: Al termine del corso lo studente dovrebbe aver appreso la terminologia specifica della meccanica computazionale non-lineare e la saprà utilizzare in modo appropriato.</p> <p>Capacità di apprendimento: Al termine del corso, lo studente sarà in grado di approfondire autonomamente le tematiche affrontate mediante la consultazione di testi avanzati e di apprendere l'utilizzo di software di calcolo nonlineare e di comprenderne la relativa documentazione e manualistica.</p>	<p>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.</p> <p>Communication skills: At the end of course the student should have a proper use of the terminology of the computational non-linear mechanics applied to structures and will be able to properly use it.</p> <p>Learning ability: At the end of the course, the student will be able to autonomously deepen the topics dealt with by consulting advanced texts and to learn the use of non-linear calculation software and to understand the related documentation and manuals.</p>
Prerequisiti/ Prerequisites	No	Corsi di base di meccanica dei materiali e delle strutture e corsi di base di analisi mediante elementi finiti	Basic courses in mechanics of materials and structures and basic courses of finite element analysis
Metodi didattici/ Didactic methods	Sì/Yes	Il corso si articola in lezione frontali teoriche (avvalendosi di presentazioni al computer), esercitazioni pratiche svolte dal docente ed esercitazioni pratiche svolte in aula dagli studenti anche mediante l'uso del calcolatore. Per ogni argomento trattato, le esercitazioni vengono programmate in modo che lo studente possa realizzare praticamente le soluzioni dei problemi formulati precedentemente in forma teorica.	The course is organized in theoretical and practical lessons (by making use of computer presentations); the exercises are either developed by the teacher and autonomously by the students in class also by making use of the computer. 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.
Altre informazioni/ Further information	No	Frequenza obbligatoria? Sì	Mandatory class attendance? Yes

Modalità di verifica dell'apprendimento/ Learning verification mode	Sì/Yes	<p>L'esame finale consiste in una prova scritta su tutti gli argomenti trattati nel corso (domande teoriche e semplici esercizi numerici).</p> <p>La valutazione finale sarà così suddivisa: - domande teoriche 50%, domande pratiche 40% (conoscenza). - Proprietà di esposizione (capacità comunicativa, 10%). Valutazione: idoneità</p>	<p>The final assessment consists in a single written test on all the topics covered by the course (with theoretical questions and simple numerical exercises).</p> <p>The evaluation of the final exam will be as follows: - Theoretical questions 50%, exercises 40% (knowledge). - Clarity of presentation (Communication skills, 10%).</p> <p>Evaluation: passed/ not passed</p>
Programma esteso/ Extended program	Sì/Yes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Soluzione di problemi non-lineari; metodi iterativi, criteri di convergenza. 2. Non linearità meccanica: concetti di base del comportamento elastico non-lineare ed elasto-plastico di materiali e strutture. Esempi. 3. Introduzione alla plasticità dei materiali. Esempi. 4. Soluzione di problemi meccanici non-lineari con il metodo degli elementi finiti. Problemi statici e dinamici. 5. Analisi statica e dinamica non-lineare di strutture; esempi. 6. Introduzione ai problemi con non-linearità geometrica; grandi spostamenti, grandi deformazioni, analisi di instabilità dell'equilibrio. Esempi. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Solutions of non-linear problems, iterative methods, convergence criteria. 2. Mechanical non-linearity: basic concepts of non-linear elastic behavior and elastic-plastic behavior of materials and structures. Examples. 3. Introduction to plasticity of materials. Examples. 4. Solution of mechanical non-linear problems with finite elements. Static and dynamic problems. 5. Non-linear static and dynamic analysis of structures; examples. 6. An introduction to geometrically non-linear problems; large displacements, large strains, buckling analysis. Examples.