

Syllabus

Anno Offerta/Year	2021
Periodicità/Frequency	BIENNALE/BIENNIAL
Corso di Studio	Dottorato in Ingegneria Civile e Architettura PhD programme in Civil Engineering and Architecture
Regolamento Didattico/ Learning Regulations	Regolamento SDIA ver. 02.07.2012
Tematica/ Thematic	INGEGNERIA STRUTTURALE E GEOTECNICA (STRG) STRUCTURAL AND GEOTECHNICAL ENGINEERING
Insegnamento/Course	Tecniche di modellazione non lineare di strutture in c.a. Non-linear modelling of reinforced concrete structures
Sede/Location	Campus Universitario, Dipartimento di Ingegneria e Architettura University campus, Department of Engineering and Architecture
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)

Docenti	Ferretti Daniele (6h, 1CFU) Responsabile del Corso, Elena Michelini (6h, 1CFU)
----------------	--

Tipo Testo/ Text Type	Obbligatorio/ Compulsory	Italian	English
Lingua insegnamento/ Teaching Language	Sì/Yes	Il corso si terrà in lingua inglese	The course will be held in English
Contenuti/ Contents	Sì/Yes	<p>Il corso si propone di fornire una panoramica delle principali tecniche di modellazione nonlineare utilizzate per le strutture in c.a. in ambito statico</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analisi non lineare di telai in c.a.; - Effetti del II ordine nelle strutture snelle in C.A. - Modelli costitutivi non lineari per l'analisi di lastre e piastre - Problematiche di modellazione di strutture "speciali" prefabbricate: a) tegoli di copertura; b) solai alveolari; 	<p>The course aims to provide the principal tools and techniques for the static non-linear modelling of reinforced concrete structures. More in details, the following topics will be treated:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Static non-linear analyses of RC frames - Second order effects and nonlinear analysis of RC frames - Nonlinear constitutive models for RC plates and shells - Modelling of "special" precast structures: a) RC thin walled roof elements; b) hollow core slabs;
Testi di riferimento/ Textbooks	Sì/Yes	<p>Testi consigliati</p> <p>René de Borst, Mike A. Crisfield, Joris J. C. Remmers, Clemens V. Verhoosel "Nonlinear Finite Element Analysis of Solids and Structures", 2nd Edition</p>	<p>Recommended texts:</p> <p>René de Borst, Mike A. Crisfield, Joris J. C. Remmers, Clemens V. Verhoosel "Nonlinear Finite Element Analysis of Solids and Structures", 2nd Edition</p>

		<p>Michael P. Collins, Denis Mitchell “Prestressed Concrete Structures”, Response Publication, 1997</p> <p>Thomas T. C. Hsu, Yi-Lung Mo, “Unified Theory of Concrete Structures”, 1st Edition, Wiley 2010</p> <p>Ulteriore materiale didattico:</p> <p>- slides presentate a lezione</p>	<p>Michael P. Collins, Denis Mitchell “Prestressed Concrete Structures”, Response Publication, 1997</p> <p>Thomas T. C. Hsu, Yi-Lung Mo, “Unified Theory of Concrete Structures”, 1st Edition, Wiley 2010</p> <p>Further didactic material:</p> <p>- lectures notes provided by the teachers</p>
<p>Obiettivi formativi/ Learning objectives</p>	<p>Si/Yes</p>	<p>Conoscenze e capacità di comprensione:</p> <p>Il corso si propone di fornire una panoramica delle principali tecniche di modellazione utilizzate per le strutture in c.a. In particolare, ci si soffermerà sulla casistica degli edifici con struttura a telaio e bidimensionali . Verranno inoltre fornite le basi per la modellazione non-lineare di strutture “speciali” prefabbricate.</p> <p>Competenze:</p> <p>Al termine del corso lo studente avrà acquisito le basi delle tecniche di modellazione non lineare applicabili ad un’ampia casistica di problemi</p>	<p>Knowledge and understanding:</p> <p>The course aims to provide the principal tools and techniques for the non-linear modelling of reinforced concrete structures. More in details, frames and shells systems will be analysed. The course will also provide the basis for the non-linear modelling of “special” precast structures.</p> <p>Skills:</p> <p>At the end of the course, the student will acquire the basics of non-linear modelling techniques and will be able to apply them to several structural problems.</p>

		<p>strutturali. Sarà pertanto in grado di modellare l'evoluzione del comportamento di diverse tipologie strutturali in c.a., dalla fase di esercizio a quella ultima.</p> <p>Autonomia di giudizio: Lo studente al termine del corso sarà in grado di scegliere e applicare la tecnica di modellazione più adatta al problema in esame e di valutare l'affidabilità dei risultati ottenuti.</p> <p>Capacità comunicative: Al termine del corso lo studente sarà in grado di presentare in maniera chiara ed efficace i risultati delle modellazioni numeriche condotte, utilizzando la terminologia appropriata per la descrizione dei vari aspetti coinvolti nelle analisi.</p> <p>Capacità di apprendimento: Lo studente sarà in grado di approfondire autonomamente le tematiche affrontate attraverso la consultazione di testi specifici e articoli scientifici. Sarà altresì in grado di utilizzare software di calcolo non-lineare e applicare il relativo manuale d'uso.</p>	<p>The student will be also able to model the evolution of the behaviour of different RC structural typologies, from the service to the ultimate limit condition</p> <p>Autonomy of judgment: At the end of the course, the student will be able to choose and apply the more suitable modelling technique for the case of study and to evaluate the reliability of the obtained results.</p> <p>Communication skills: At the end of the course, the student will be able to present in a clear and effective way the results of the performed numerical analyses, by adopting the proper terms to describe the different aspects involved.</p> <p>Learning ability: The student will be able to deepen by him/herself the topics afforded through the consultation of specific technical books and scientific papers. The student will be also able to use software for non-linear analysis and to correctly apply its user manual.</p>
--	--	---	---

Prerequisiti/ Prerequisites	NO	E' utile avere una conoscenza di base degli argomenti trattati nei corsi di scienza e tecnica delle costruzioni.	It is useful to have a background in Structural Mechanics.
Metodi didattici/ Didactic methods	Sì/Yes	Il corso si articola in una serie di lezioni frontali, avvalendosi anche di presentazioni Power Point. I docenti forniranno supporto agli studenti nella preparazione dell'elaborato finale.	The course is organized in frontal lessons, with also Power Point presentations. The teachers will help the students during the preparation of the final report.
Altre informazioni/ Further information	NO	Frequenza obbligatoria? Sì Sito web del corso: http://elly.dia.unipr.it	Mandatory class attendance? Yes Web site at: http://elly.dia.unipr.it
Modalità di verifica dell'apprendimento/ Learning verification mode	Sì/Yes	Spiegazione della procedura d'esame: L'esame finale consisterà nello sviluppo e nella presentazione di un elaborato progettuale che riguarderà la modellazione di un caso di studio, inerente una o più tematiche trattate nel corso e assegnato dai docenti. Criteri di valutazione: La positiva valutazione finale verrà attribuita allo studente che durante il corso abbia seguito almeno il 70% delle lezioni teoriche e abbia	Explanation of the test procedure: The final exam consists in the development and presentation of a final report concerning the modelling of a case study on one or more topics afforded during the course and assigned by the teachers. Evaluation criteria: The positive final evaluation will be attributed to the students who have attended at least 70% of the theoretical lessons and have reached a proper level in the development of the assigned case study.

		raggiunto un adeguato livello nell'impostazione del caso studio assegnato. Valutazione: esame superato/non superato	Evaluation: passed/not passed
Programma esteso/ Extended program	Si/Yes	<p>1. Analisi statiche non lineari di strutture a telaio: Modellazione agli elementi finiti mediante cerniere plastiche, legami momento-curvatura, modelli "a fibre".</p> <p>2. Effetti del II ordine nell'analisi non lineare di telai in c.a. Formulazione in grandi spostamenti, funzioni di forma in grandi spostamenti, elementi corotazionali.</p> <p>3. Tecniche di soluzione del problema non lineare Metodi Newton Raphson e Newton Raphson modificato, metodi secanti, arch-length e line search</p> <p>4. Modellazione non lineare di elementi bidimensionali Modelli piani, Modified Compression Field Theory, Modelli a fessurazione fissa e rotante, Shear retention factor, Modello PARC</p> <p>5. Problematiche di modellazione di strutture "speciali" prefabbricate:</p>	<p>1. Nonlinear static analysis of RC frames: Finite element modeling using plastic hinges, moment-curvature relationships, "fiber" models.</p> <p>2. Second order effects in the non-linear analysis of reinforced concrete frames Large displacement formulation, large displacement shape functions, co-rational elements.</p> <p>3. Techniques for solving the nonlinear problem Newton Raphson and modified Newton Raphson methods, secant methods, arch-length and line search</p> <p>4. Nonlinear modeling of two-dimensional elements Plane models, Modified Compression Field Theory, Fixed and rotating crack models, Shear retention factor, PARC model</p> <p>5. Modelling issues of "special" precast structures: a) RC thin walled roof elements: main issues related to the modelling of precast prestressed thin-walled structures with open section; modelling of geometric non-linearity; use of numerical analysis for reinforcement optimization;</p>

		<p>a) tegoli di copertura: problematiche di modellazione di strutture prefabbricate e precomprese in parete sottile a sezione aperta; inserimento della non-linearità geometrica nella modellazione; utilizzo delle analisi numeriche per l'ottimizzazione dell'armatura di parete;</p> <p>b) solai alveolari: esempi di tecniche di modellazione agli elementi finiti per analisi non lineare di singoli pannelli alveolari (attraverso elementi brick o shell) e di solai ottenuti dall'assemblaggio di più pannelli, anche in presenza di fori di piccole e grandi dimensioni, con particolare attenzione alla modellazione del giunto fra i pannelli.</p>	<p>b) hollow core slabs: modelling techniques for non-linear finite element analysis of single or assembled hollow core units through brick or shell elements, with and without openings, with particular attention to the modelling of the joint between panels.</p>
--	--	---	--