

Syllabus

Anno Offerta/Year	2023
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	ARCHITETTURA E CITTA' (TARCH)/ Architecture and Urban Planning
Insegnamento/Course	Il comportamento delle strutture storiche in muratura e il loro consolidamento Structural behavior of historic masonry structures and strengthening methods
Sede/Location	Parco Area delle Scienze 181/A – Università di Parma
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	4
Ore Attività Frontali/Hours in class lectures	24 (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	Italiano	Italian

Contenuti/Contents	Sì/Yes	<p>I centri storici, sia in Italia che in Europa, e più in generale il patrimonio culturale, è in gran parte costituito da edifici in muratura.</p> <p>Per queste costruzioni è urgente e continua la richiesta di valutazioni dello stato di sicurezza e di progetti di possibili consolidamenti, nello spirito del minimo intervento, mirati alla loro conservazione.</p> <p>Il corso mira a fornire gli strumenti per affrontare tale questione, partendo dalle basi della statica delle costruzioni in muratura e affrontandone, in modo semplificato, lo studio del comportamento, in una visione unitaria che coinvolge l'ingegneria e l'architettura, entrambe coinvolte nel restauro dei monumenti.</p> <p>Il programma vede i due percorsi progredire in maniera parallela e integrata:</p> <ul style="list-style-type: none"> - una parte del corso (16 ore, tenute dal Prof. Mario Como) sarà mirata a chiarire il comportamento strutturale della muratura storica, partendo dall'analisi statica e dai concetti dell'analisi limite; - una seconda parte (8 ore, tenute dai proff. Carlo Blasi e Federica Ottoni) sarà rivolta allo studio di alcune fabbriche storiche particolarmente significative (Santa Maria del Fiore, Pantheon di Parigi, Notre Dame di Parigi) a partire dal loro danno e dal quadro fessurativo rilevato, oltre che dai caratteri costruttivi e architettonici. <p>Sulla base di tali analisi verranno poi forniti gli strumenti per la progettazione di interventi di consolidamento, sempre a partire dall'analisi di casi studio reali.</p> <p>Il corso vedrà la combinazione di lezioni teoriche frontali</p>	<p>The historical centers, both in Italy and in Europe, and more generally the cultural heritage, is largely constituted by ancient masonry buildings.</p> <p>For all these structures, a reliable evaluation of structural safety is needed, together with the setting up of correct strengthening strategy, crucial for their conservation.</p> <p>The course aims to provide the tools to address this fundamental issue, starting from the basics of masonry construction statics and tackling them, in a simplified way, in the study of behavior, in a unified vision involving engineering and architecture, both fundamental in restoration process.</p> <p>The course will cover basic and theoretical concepts, latest innovations, and it will be articulated in two parts:</p> <ul style="list-style-type: none"> - the first one (12 hours, held by prof. Mario Como) aimed at clarifying the structural behavior of historical masonry, starting from static analysis and from the concepts of limit analysis and "safe theorem"; - the second part (8 hours, held by Proff. Carlo Blasi and Federica Ottoni) will be will indepth the study of some particularly significant historical buildings (Santa Maria del Fiore dome, the Pantheon in Paris, Notre Dame of Paris) starting from their damage and from the surveyed crack pattern, as well as from their constructive and architectural features. <p>On the basis of these analyzes, the tools for setting up the more reliable strenghtening interventions will then be provided, always starting from the analysis of real case studies.</p>
---------------------------	--------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

		ed esercitazioni su casi studio.	The course will combine lectures on the basic theory with practical activities
Testi di riferimento/Textbooks	Sì/Yes	<p>Testi consigliati S. Mastrodicasa, <i>Dissesti statici nelle costruzioni edilizie</i>, Hoepli, Milano, 1993 A. Giuffrè, <i>Lecture sulla meccanica delle murature storiche</i>, ed. Kappa, Roma, 1990 M. Como, <i>Statica delle costruzioni storiche in muratura</i>, Aracne, Roma, 2013 M.Como, I. Iori, F. Ottoni, <i>Scientia Abscondita. Arte e scienza del costruire nelle architetture del passato</i>, Marsilio, Venezia, 2019</p> <p>Testi di approfondimento E. Benvenuto, <i>La scienza delle costruzioni e il suo sviluppo storico</i>, Firenze, Sansoni, 1981 S. Di Pasquale, <i>L'arte del costruire. Tra conoscenza e scienza</i>, Marsilio, Venezia, 1996 A. Giuffrè, <i>Monumenti e terremoti: aspetti statici del restauro</i>, Roma, Multigrafica, 1988. J. Heyman, <i>The masonry arch</i>, Chichester, Ellis Horwood Series in Engineering Science, 1982 J.Heyman, <i>The stone skeleton: structural engineering of masonry architecture</i>, Cambridge, Cambridge University Press, 1995</p> <p>Ulteriore materiale didattico Dispense fornite dai docenti Slides proiettate durante le lezioni</p>	<p>Recommended texts: S. Mastrodicasa, <i>Dissesti statici nelle costruzioni edilizie</i>, Hoepli, Milano, 1993 A. Giuffrè, <i>Lecture sulla meccanica delle murature storiche</i>, ed. Kappa, Roma, 1990 M. Como, <i>Statica delle costruzioni storiche in muratura</i>, Aracne, Roma, 2013 M.Como, I. Iori, F. Ottoni, <i>Scientia Abscondita. Arte e scienza del costruire nelle architetture del passato</i>, Marsilio, Venezia, 2019</p> <p>In-depth texts E. Benvenuto, <i>La scienza delle costruzioni e il suo sviluppo storico</i>, Firenze, Sansoni, 1981 S. Di Pasquale, <i>L'arte del costruire. Tra conoscenza e scienza</i>, Marsilio, Venezia, 1996 A. Giuffrè, <i>Monumenti e terremoti: aspetti statici del restauro</i>, Roma, Multigrafica, 1988. J. Heyman, <i>The masonry arch</i>, Chichester, Ellis Horwood Series in Engineering Science, 1982 J.Heyman, <i>The stone skeleton: structural engineering of masonry architecture</i>, Cambridge, Cambridge University Press, 1995</p> <p>Further didactic material: Notes provided by the lecturers Slides presented during lessons</p>

Obiettivi formativi/ Learning objectives	Sì/Yes	<p>Conoscenze e capacità di comprensione: Il corso vuole fornire le basi teoriche e la conoscenza degli strumenti di calcolo necessari per affrontare lo studio delle strutture storiche in muratura. Verranno inoltre illustrati i principali metodi di consolidamento, in relazione ai principi della conservazione.</p> <p>Competenze: Lo Studente di Dottorato avrà acquisito le basi dei metodi di analisi statica delle murature, con riferimento in particolare all'analisi limite, e sarà pertanto in grado di studiare la letteratura scientifica nel campo. Sarà altresì in grado di simulare diversi interventi di consolidamento e di valutarne pro e contro dal punto di vista strutturale e della conservazione materiale del patrimonio storico.</p> <p>Autonomia di giudizio: Le conoscenze acquisite consentiranno allo Studente di Dottorato di interpretare il comportamento di fabbriche storiche complesse, valutandone la sicurezza strutturale e di elaborare criticamente progetti di consolidamento. Sarà inoltre in grado di studiare indipendentemente la letteratura sull'argomento.</p> <p>Capacità comunicative: Lo Studente di Dottorato sarà in grado di presentare in maniera chiara ed efficace i risultati di quanto appreso e dei progetti di consolidamento elaborati.</p> <p>Capacità di apprendimento: Al termine del corso lo Studente di Dottorato sarà in grado di approfondire le conoscenze teoriche e tecniche sull'argomento specifico e di sviluppare nuove analisi.</p>	<p>Knowledge and understanding: The course aims to provide the theoretical bases as well as the knowledge of the tools necessary to tackle the study of historic masonry structures.</p> <p>The most reliable types of strengthening intervention will also be illustrated, in step with conservation principles.</p> <p>Skills: The PhD student will acquire the basics of static analysis of ancient masonry structures, with specific reference to limit analysis method, and will therefore be able to study scientific literature in the field. He will also be able to simulate different strengthening interventions, and to evaluate their pros and cons in relation to conservation problems.</p> <p>Autonomy of judgment: The PhD student will be able to assess the most reliable structural behavior of masonry structures, and to evaluate their structural safety. He will also be able to set up intervention strengthening projects. He will also acquire the background to study independently the literature on the subject.</p> <p>Communication skills: The PhD Student will be able to describe and to present, in a clear and convincing way, the results of the course and the strengthening methods processed.</p> <p>Learning ability: At the end of the course, the PhD Student will be able to deepen the theoretical and technical knowledge on the specific topic and to develop new analyses.</p>
-----------------------------------------------------	--------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Prerequisiti/ Prerequisites	No		
Metodi didattici/ Didactic methods	Si/Yes	Il corso si articola in una serie di lezioni frontali, avvalendosi di presentazioni PowerPoint e di esercitazioni in aula. I docenti forniranno supporto agli studenti nella preparazione del progetto.	The course the course is held through face-to-face lessons with PowerPoint presentations and trainings. The lecturers will help students during the preparation of the final report.
Altre informazioni/ Further information	Si/Yes	Frequenza obbligatoria	Mandatory class attendance
Modalità di verifica dell'apprendi- mento/ Learning verification mode	Si/Yes	Spiegazione della procedura d'esame: Relazioni intermedie e finali 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 raggiunto un adeguato punteggio nelle prove scritte intermedie e finali. Valutazione: esame superato/ non superato	Explanation of the test procedure: Intermediate and final reports Evaluation criteria: The positive final evaluation will be attributed to the student who has attended at least 70% of the theoretical lessons and has reached a proper mark in the intermediate and final tests. Evaluation: exam passed/not passed)
Programma esteso/ Extended program	Si/Yes	<u>Prima settimana (12 ore: 4 GIO mattina + 4 GIO pom + 4 VEN mattina)</u> Le fabbriche storiche (Prof. Carlo Blasi – 4 ore) Studio e analisi di alcune delle principali fabbriche	<u>First week (12 hours: 4 THU morning + 4 THU afternoon + 4 FRI morning)</u> The historical factories (Prof. Carlo Blasi - 4 hours) Study and analysis of some of the main historical

	<p>storiche (Santa Maria del Fiore a Firenze, Pantheon di Parigi, Pantheon di Roma, Battistero di Firenze, Notre Dame di Parigi, Cattedrale di Norcia). Principali problemi, studio del quadro fessurativo e dei meccanismi di danno. Ipotesi di intervento.</p> <p>Statica delle murature storiche (Prof. Mario Como – 4 ore) Proprietà meccaniche degli elementi in laterizio e in pietra. Modelli del materiale in muratura non reagente a trazione. Il solido murario: cinematica delle deformazioni e dei distacchi. Condizioni di compatibilità per le sollecitazioni. La formulazione del principio dei lavori virtuali per i corpi murari. Stati di meccanismo. Stato di collasso.</p> <p>Analisi limite (Prof. Mario Como – 4 ore) Il teorema statico dell'Analisi Limite. Il teorema cinematico dell'Analisi Limite. I teoremi statico e cinematico della minima spinta. Appendice: la lezione dal crollo nella cattedrale di Noto.</p> <p><u>Seconda settimana (12 ore: 4 GIO mattina + 4 GIO pom + 4 VEN mattina)</u></p> <p>La teoria proporzionale e i caratteri degli edifici storici (Prof. Federica Ottoni – 4 ore) Breve <i>excursus</i> sullo sviluppo delle tipologie murarie nel tempo. Tipologie delle murature degli edifici storici. Geometria e resistenza: la teoria delle proporzioni dell'architettura del passato. La questione del dimensionamento dei piedritti – regola gotica: cenni</p>	<p>buildings (Santa Maria del Fiore in Florence, Pantheon in Paris, Pantheon in Rome, Baptistery of Giotto, Notre Dame of Paris). Main problems, crack pattern and damage mechanisms. Intervention hypothesis.</p> <p>Static of historic masonry (Prof. Mario Como - 4 hours) Mechanical properties of brick and stone elements. Models of tensile non-reactive masonry material. The solid wall: kinematics of deformations and detachments. Compatibility conditions for solicitations. The formulation of the principle of virtual works for building walls. Mechanism states. Collapse state.</p> <p>Limit analysis (Prof. Mario Como - 4 hours) The static limit analysis theorem. The kinematic theorem of the Limit Analysis. The static and kinematic theorems of the minimum thrust. Appendix: the lesson from the collapse in the cathedral of Noto.</p> <p><u>Second week (12 hours: 4 THU morning + 4 THU afternoon + 4 FRI morning)</u></p> <p>Proportional theory and historic masonry building features (Prof. Federica Ottoni - 2 hours) Brief excursus on the development of masonry types over time. Types of masonry in historic buildings. Geometry and resistance: the theory of proportions in the past architectures. The question of the “size of the piers” - Gothic rule: historical notes. The birth of the arch statics</p>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

		<p>storici. La nascita della statica dell'arco e sua evoluzione.</p> <p>Archi e cupole statica (Prof. Mario Como – 4 ore) Analisi limite dell'arco. Minima e massima spinta nell'arco. Effetti sulla spinta della deformazione elastica dell'arco al disarmo. La minima spinta per l'arco a tutto sesto ed a sesto ribassato. Sistemi accoppiati di archi di diversa luce. Analisi sperimentali e relativi commenti sul comportamento a rottura degli archi in muratura. Statica del guscio di rivoluzione. Equilibri membranali. Fessurazione meridiana e statica delle cupole in muratura. Calcolo della minima spinta delle cupole con i teoremi statico e cinematico. Le Cupole romane a concrezione. Il Pantheon di Roma: i quadri fessurativi nella cupola e la spinta della cupola. La cupola di S. Maria del Fiore: valutazione della spinta della cupola; sollecitazioni nei pilastri; interpretazione del comportamento statico della cupola. La cupola di S. Pietro di Michelangelo: storia del passato stato di dissesto della cupola; il restauro statico della cupola effettuato nel Settecento; determinazione della spinta della cupola; Confronti con le spinte di altre cupole; Verifica del tamburo/attico/contrafforte.</p> <p>Metodi di consolidamento (Prof. Carlo Blasi – 4 ore)</p>	<p>and its evolution.</p> <p>Arches: static (Prof. Mario Como - 4 hours) Arc limit analysis. Minimum and maximum thrust in the arc. Effects on the thrust of the elastic deformation of the arch upon disarming. The minimum thrust for the round and low arch. Coupled systems of arcs of different light. Experimental analysis and related comments on the breaking behavior of masonry arches.</p> <p>Static of the revolution shell. Membrane balances. Meridian and static cracking of masonry domes. Calculation of the minimum thrust of the domes with the static and kinematic theorems. The concretion Roman domes. The roman Pantheon: the crack pattern in the dome and its thrust. The dome of S. Maria del Fiore: evaluation of the thrust; stresses in the pillars; interpretation of the static behavior of the dome. Michelangelo's dome of S. Pietro: history of the past the state of instability of the dome; the eighteenth century static restoration of the dome; determination of the thrust of the dome; Verification of the system: drum / attic / buttresses.</p> <p>Strengthening methods: (Prof. Carlo Blasi – 4 ore)</p>
--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------