



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI ROMA TRE
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, INFORMATICA E DELLE TECNOLOGIE AERONAUTICHE
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA CIVILE PER LA PROTEZIONE DAI RISCHI NATURALI

CORSO DI
STRUTTURE SPECIALI
PROF. ING. STEFANO DE SANTIS

PROGRAMMA DEL CORSO | ANNO ACCADEMICO 2024-2025
VERSIONE PRELIMINARE

TEMA	Lez.	Argomento	Riferimenti ai testi	Riferimenti alle norme	Materiale
	0	Introduzione del corso Aspetti generali e organizzativi Riferimenti a testi e norme Modalità di esame e di valutazione			Presentazione INTRO
STRUTTURE MISTE ACCIAIO- CALCESTRUZZO [MIS]	1	MIS.1 - Tipologie strutturali e valutazione della sicurezza Tipologie strutturali: solette e impalcati, travi, colonne, sistemi di connessione Vantaggi della tecnologia Valutazione della sicurezza, materiali, resistenze di progetto	NIG §1.1-4 NIG §1.2.1 NIG §1.4-5	NTC18 §4.3.1-3	Presentazione MIS.1
	2	MIS.2 - Analisi elastica di sezioni inflesse Ipotesi di calcolo e legami costitutivi per l'analisi strutturale Metodo lineare, non-lineare, plastico per l'analisi globale e sezionale Analisi elastica (SLE) di sezioni inflesse Effetti del ritiro e della viscosità del calcestruzzo	NIG §3.2.2 NIG §1.5.3 NIG §3.2.2 NIG §3.4.3.1-2	NTC18 §4.3.4.2.1-3, Circ19 §4.3.4.2. NTC18 §4.3.2 NTC18 §4.3.2.2.1, EC4 §5.4.2.2(1)	Presentazione MIS.2
	3	MIS.3 - Analisi a rottura di sezioni inflesse Analisi a rottura (SLU) di sezioni inflesse <i>Esercizi (Esercitazione 1, Esercizio 1)</i>	NIG §3.2.2	NTC18 §4.3.1	Sagomari
	4	MIS.4 - Sistemi di connessione Tipologie e classificazione dei connettori Calcolo elastico e plastico del sistema di connessione Resistenza dei connettori e progetto del sistema di connessione Armatura trasversale della soletta Dettagli costruttivi e prescrizioni geometriche <i>Esercizi (Esercitazione 1, Esercizio 3)</i>	NIG §3.6.1 NIG §3.6.3-4 NIG §3.6.4-6	NTC18 §4.3.4.3 NTC18 §4.3.4.3.1.1, EC4 §6.6.1.2-3 NTC18 §4.3.4.3.1.2 NTC18 §4.3.4.3.5	Presentazione MIS.3
	5	MIS.5 - Analisi strutturale di travi miste Larghezze efficaci Influenza delle modalità esecutive Analisi di sezioni composte inflesse con PROFILI <i>Esercizi (Esercitazione 1, Esercizi 5, 6)</i>		NTC18 §4.3.2.3, EC4 §5.4.1.2	Presentazione MIS.4 Software PROFILI
	6	MIS.6 - Analisi strutturale di colonne miste Aspetti costruttivi e tecnologici Calcolo elastico a compressione e a pressoflessione Calcolo plastico a compressione e a pressoflessione, metodo di Bergman <i>Esercizi (Esercitazione 1, Esercizio 7)</i>	NIG §4.1-2 NIG §4.5.1.2, §4.5.3.1	NTC18 §4.3.5.3.1	Presentazione MIS.5

STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO PRECOMPRESSO [CAP]	7	CAP.1 - Principi di funzionamento strutturale Sviluppi e caratteristiche tecnologiche del cemento armato precompresso Stato di coazione da precompressione Tiranti e travi in c.a.p. Cavo risultante Fasi costruttive e Stati Limite Vantaggi e svantaggi della precompressione	GIA §15.1 GIA §15.6.1	NTC18 §4.1.8.1	Presentazione CAP.1
	8	CAP.2 - Tecnologia del cemento armato precompresso Precompressione interna/esterna, Precompressione a fili pretesi/a cavi post-tesi Precompressione totale/limitata/parziale Strutture composte/a conci Dettagli costruttivi <i>Anticipazione della lezione CAP.3 (ppt CAP.3)</i>	GIA §15.3	NTC18 §4.1.8.2-3	Presentazione CAP.2
	9	CAP.3 - I materiali delle strutture in cemento armato precompresso Calcestruzzi da c.a.p.: resistenze e classi; tensioni limite; viscosità e ritiro Acciai da c.a.p.: resistenze, tipologie di prodotti; tensioni limite; rilassamento <i>Esercizi (Esercitazione 2, Esercizi 1, 3, 5)</i>	GIA §15.2	NTC18 §4.1.2, §4.1.8.1.3-4 NTC18 §4.1.8.1.5	Presentazione CAP.3
	10	CAP.4 - Perdite istantanee e cadute lente Perdite istantanee per accorciamento del cls e per attrito cavo-guaina Cadute lente dovute alle deformazioni viscosi, al ritiro e al rilassamento Interazione tra fenomeni lenti ed effetto combinato <i>Esercizi (Esercitazione 2, Esercizi 9, 10, 11)</i>	GIA §15.4 GIA §15.4.1 GIA §15.4.2 GIA §15.4.2	EC2 §5.10.5.2(3) NTC18 §4.1.2.2.5, EC2 §3.3(7) EC2 §5.10.6	Presentazione CAP.4
	11	CAP.5 - Verifiche delle strutture in c.a.p. Calcolo delle tensioni e verifiche allo SLE a vuoto Calcolo delle tensioni e verifiche allo SLE in esercizio Verifiche allo SLU di flessione e di taglio <i>Esercizio (Esercitazione 2, Esercizio 13)</i>	GIA §15.5 GIA §15.5.1 GIA §15.5.1 GIA §15.5.2	NTC18 §4.1.8.1 NTC18 §4.1.8.1.4-5, EC2 §5.10.2.1 NTC18 §4.1.2.2.5.1-2, EC2 §7.2(5) NTC18 §4.1.2.3.5.2	Presentazione CAP.5 Software VCASLU
	12	CAP.6 - Progetto di strutture in c.a.p. (1) Dimensionamento della sezione e del sistema di precompressione Fuso di Guyon, andamento del cavo risultante e tracciato dei cavi Momento utile e momento utile aggiunto Cavi intubettati e cavi attestati in campata <i>Esercizio (Esercitazione 2, Esercizio 14 parte 1)</i>	GIA §15.6 GIA §15.6.2 GIA §15.7		Presentazione CAP.6
	13	CAP.7 - Progetto di strutture in c.a.p. (2) Sistema equivalente alla precompressione <i>Esercizio (Esercitazione 2, Esercizi 14 parte 2, 15)</i>	GIA §15.8		Presentazione CAP.7
STRUTTURE PREFABBRICATE [PRE]	14	PRE.1 - Caratteristiche tipologiche e tecnologiche Aspetti tecnologici e di impiego Vantaggi e limiti della prefabbricazione Strutture con elementi monodimensionali Strutture a pareti portanti Solai e coperture Sistemi di connessione Moduli monolitici Destinazioni d'uso e soluzioni progettuali	DIN §3.2 DIN §3.3 DIN §3.3 DIN §3.6 DIN §3.5 DIN §2	CNR-10025 §I.1 CNR-10025 §II CNR-10025 §IV CNR-10025 §III, RELUIS08 §1-8	Presentazione PRE.1

	15	PRE.2 - Progetto, verifica e adeguamento Analisi strutturali e verifiche di sicurezza, coefficienti parziali Predimensionamento e curve di utilizzo Verifiche per fasi Schemi e modelli per le analisi strutturali Vulnerabilità sismica e principi di progettazione in zona sismica Adeguamento sismico di strutture prefabbricate esistenti	DIN §4.2 DIN §4.4 DIN §4.3	NTC18 §4.1.10, CNR-10025 §I.1-2 Circ19 §C7.4.5.1.1-2 NTC18 §2.4.1-3, §7.2.2, §7.3.1, §7.4.5 NTC18 §8.5.1-4, Circ19 §C8A.1.3	Presentazione PRE.2
STRUTTURE AD ELEVATA DURABILITA' [SED]	16	SED.1 - Cause e fenomenologie del degrado Durabilità delle strutture in cemento armato Forme di alterazione e degrado e loro cause Corrosione dell'acciaio da carbonatazione e da cloruri Degrado del calcestruzzo per cicli gelo-disgelo, attacco dei cloruri, di tipo chimico Effetti strutturali della corrosione dell'acciaio e del degrado del calcestruzzo	COP §4.2 COP §2.2, §4.2-3 COP §4.3.1, §4.3.4 COP §4.3.2-3, §4.3.5, §4.4 COP §4.3-4	NTC18 §2.1, §2.2.4	Presentazione SED.1
	17	SED.2 - Metodi di indagine e diagnostica del degrado Il processo di diagnostica del degrado e le sue fasi Raccolta dei dati, sopralluogo e rilievo Indagini in situ distruttive e non distruttive, saggi, prelievo di campioni Prove di laboratorio	COP §7.1-2 COP §7.2-3 COP §7.4.1 COP §7.4.2		Presentazione SED.2
	18	SED.3 - Calcestruzzi ad elevata durabilità e per strutture speciali Progettazione basata sul ciclo di vita e approccio olistico alla durabilità strutturale Classi di esposizione Calcestruzzi a prestazione garantita e a composizione richiesta Prescrizioni sulle classi di calcestruzzo e sui copriferri Calcestruzzi (U)HPC, geopolimerici, fibrorinforzati, beSub, 3-SC, autoriparanti <i>Esercizi (Esercitazione 3, Esercizio 1)</i>	<i>Buoso & Coppola, 2008</i>	UNI 11104:2016 §4.1, Prosp. 5 UNI 11104:2016 App. C EC2 §4.4.1	Presentazione SED.3
	19	SED.4 - Elementi in c.a. con armature in acciaio inox e in composito Armature in acciaio inossidabile: tipologie, proprietà, comportamento alla corrosione Armature in FRP: vantaggi, proprietà meccaniche Progetto di strutture in c.a. con armature in FRP: concetti basilari, valori di calcolo SLU per flessione e per taglio di elementi in c.a. con FRP, particolari costruttivi <i>Esercizi (Esercitazione 3, Esercizio 3)</i>	<i>Pedefferri, 2004</i>	CNR-203 §1, §3, §5 CNR-203 §4.4, §4.6.1-2 CNR-203 §4.7.2, §4.8, §4.10-11	Presentazione SED.4 Schede tecniche
STRUTTURE IN C.A. RINFORZATE CON MATERIALI COMPOSITI [COM]	20	COM.1 - Materiali e tecnologie dei rinforzi a matrice polimerica FRP I materiali compositi per il rinforzo esterno delle strutture I compositi Fibre Reinforced Polymer (FRP) Fibre e tessuti, resine, proprietà meccaniche dei compositi Prove sperimentali e protocolli di qualificazione Adesione al supporto <i>Esercizi (Esercitazione 4, Esercizi 1, 3)</i>	<i>Valluzzi et al., 2012</i> <i>Valluzzi et al., 2012</i>	CNR-200 §7 CNR-200 §7.1-3, §2.2.1 NTC18 §11.1 CNR-200 §4.1, §10.3	Presentazione COM.1 Schede tecniche
	21	COM.2 - Rinforzo a flessione di travi in c.a. con sistemi FRP Principi generali del rinforzo con FRP, coefficienti parziali e valori di calcolo Tensione, forza e deformazione di distacco intermedio/di estremità, numero di strati Deformazione di progetto, lunghezza efficace Rinforzo a flessione: progetto, modalità di collasso e verifiche agli SLU <i>Esercizi (Esercitazione 4, Esercizio 4)</i>		CNR-200 §3.3.3, §3.4.1-2, §3.5.1-2 CNR-200 §4.1, §10.3 CNR-200 §4.1.2 CNR-200 §4.2.1, §4.2.2.1-3 CNR-200 §13.3	Presentazione COM.2 Schede tecniche
	22	COM.3 - Rinforzo a taglio di travi in c.a. con sistemi FRP Configurazioni di rinforzo ad U e in avvolgimento Progetto del rinforzo e verifiche allo SLU per taglio <i>Esercizi (Esercitazione 4, Esercizi 6, 7)</i>		CNR-200 §4.3.2 CNR-200 §4.3.3.1-2 CNR-200 §13.4	Presentazione COM.3 Schede tecniche

	23	COM.4 – Confinamento di pilastri e rinforzo di nodi trave-pilastro con sistemi FRP Criteri di progettazione e posa in opera Pressione laterale e pressione efficace di confinamento, deformazione limite Confinamento di sezioni circolari/quadrate con fasciature continue/discontinue Resistenza di progetto dell'elemento confinato e verifica allo SLU <i>Esercizi (Esercitazione 4, Esercizio 9)</i> Confinamento di nodi di facciata/di spigolo con tessuti unidirezionali e multiassiali		CNR-200 §4.5.1 CNR-200 §4.5.2.1-2 CNR-200 §4.5.2 CNR-200 §4.5.2	Presentazione COM.4 Schede tecniche
	24	COM.5 - Materiali e tecnologie dei rinforzi a matrice inorganica FRCM I compositi Fabric Reinforced Cementitious Matrix (FRCM): origini e caratteristiche Fibre e tessuti, malte, adesione al supporto Prove sperimentali e protocolli di qualificazione		CNR-215 §2.3 CNR-215 §2.3, §3.1	Presentazione COM.5
	25	COM.6 - Rinforzo di travi in c.a. con sistemi FRCM Principi generali del rinforzo con FRCM, coefficienti parziali e valori di calcolo Rinforzo a flessione e verifiche allo SLU Rinforzo a taglio e verifiche allo SLU Dettagli costruttivi <i>Esercizi (Esercitazione 4, Esercizi 11, 13)</i>	<i>Sneed et al., 2016</i>	CNR-215 §3.1-2 CNR-215 §5.1.1 CNR-215 §5.2 CNR-215 §6	Presentazione COM.6 Schede tecniche
STRUTTURE IN CALCESTRUZZO DIGITALE [3DC]	26	3DC.1 – 3D printed digital concrete structures Aspetti generali, vantaggi e svantaggi Tecniche di stampa digitale del calcestruzzo Stampanti 3D per extrusion-based additive manufacturing Requisiti reologici del digital concrete allo stato fresco ed indurito Rinforzi resistenti a trazione di strutture in calcestruzzo digitale <i>Seminari, Esercitazioni in laboratorio, Visite in cantiere</i>	<i>Buswell et al., 2018</i> <i>Buswell et al., 2018</i> <i>Buswell et al., 2018</i> <i>Asprone et al., 2018a,b</i>		Presentazione 3DC.1

Testi e norme di riferimento

COP	Coppola L, Buoso A. Il restauro dell'architettura moderna in cemento armato. <i>Hoeppli</i> , 2015.
DIN	Di Niro G. Edifici prefabbricati. Guida pratica alla scelta, alla progettazione ed al calcolo di edifici realizzati con strutture prefabbricate in c.a.p. e c.a.v. <i>Maggioli</i> , 2014.
GIA	Giannini R. Teoria e Tecnica delle Costruzioni Civili. <i>CittàStudi</i> , 2011.
NIG	Nigro E, Bilotta A. Progettazione di strutture composte acciaio-calcestruzzo. <i>Dario Flaccovio</i> , 2011.
NTC18	Norme tecniche per le costruzioni, D MIT 17/01/2018.
Circ19	Circolare sull'Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 17/01/2018 (GU n. 35 del 11/02/2019).
EC2	Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings (EN 1992-1-1).
EC4	Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings (EN 1994-1-1).
CNR-10025	CNR 10025/98. Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il controllo delle strutture prefabbricate in calcestruzzo.
CNR-200	CNR-DT 200 R1/2013. Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati.
CNR-203	CNR-DT 203 2006. Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Strutture di Calcestruzzo Armato con Barre di Materiale Composito Fibrorinforzato.
CNR-215	CNR-DT 215 2018. Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a Matrice Inorganica.
RELUIS08	RELUIS-DPC 2005-2008. Strutture prefabbricate: catalogo delle tipologie esistenti.

Articoli scientifici

<i>Pedefferri, 2004</i>	Pedefferri P. L'impiego dell'acciaio inossidabile nelle strutture in calcestruzzo armato. <i>Atti Seminario CIAS L'evoluzione nella sperimentazione per le costruzioni</i> . Bolzano, Italia, 2004.
<i>Buoso & Coppola, 2008</i>	Buoso A, Coppola L. Il copriferro per le strutture in c.a. alla luce delle norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14.01.2008). <i>L'Edilizia Building and Construction for Engineers</i> 2008;155.
<i>Valluzzi et al., 2012</i>	Valluzzi MR et al. Round robin test for composite to brick shear bond characterization. <i>Materials and Structures</i> 2012;45:1761-1791.
<i>Sneed et al., 2016</i>	Sneed L., Verre S., Carloni C., Ombres L. Flexural behavior of RC beams strengthened with steel-FRCM composite. <i>Engineering Structures</i> 2016;127:686-699
<i>Buswell et al., 2018</i>	Buswell RA, Leal de Silva WR, Jones SZ, Dirrenbergerde J. 3D printing using concrete extrusion: A roadmap for research. <i>Cement and Concrete Research</i> 2018;112:37-49
<i>Asprone et al., 2018a</i>	Asprone D, Auricchio F, Menna C, Mercuri V. 3D printing of reinforced concrete elements: Technology and design approach. <i>Construction and Building Materials</i> 2018a;165:218-231
<i>Asprone et al., 2018b</i>	Asprone D, Menna C, Bos FP, Salet TAM, Mata-Falcón J. Rethinking reinforcement for digital fabrication with concrete. <i>Cement and Concrete Research</i> 2018b;112:111-121.

Nota sulle esercitazioni

Per le esercitazioni, è indicato nel programma l'esercizio o gli esercizi svolti o commentati in aula. Ogni studente è tenuto a svolgere tutti gli esercizi proposti nel testo delle esercitazioni e portarli con sé all'esame orale.