



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
PROGETTAZIONE AVANZATA DELLE STRUTTURE
PROF. ING. STEFANO DE SANTIS

PROGRAMMA DEL CORSO
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 Valori di progetto delle proprietà meccaniche dei materiali FRP Proprietà meccaniche dei materiali preesistenti, LC, FC Capacità di calcolo e coefficienti parziali per i modelli di resistenza <i>Esercizi (Esercitazione 4, Esercizio 1)</i>	<i>Valluzzi et al., 2012</i>	CNR-200 §7 CNR-200 §7.1-3, §2.2.1 NTC18 §11.1 CNR-200 §3.3.3 Circ19 §C8.5.4.2, §C8.7.2.2 CNR-200 §3.3.4	Presentazione COM.1 Schede tecniche
	21	COM.2 - Adesione al supporto di sistemi FRP Resistenza nei confronti del distacco di estremità Lunghezza ottimale di ancoraggio Resistenza nei confronti del distacco intermedio Effetto del numero di strati di rinforzo <i>Esercizi (Esercitazione 4, Esercizi 3, 5)</i>		CNR-200 §4.1, §10.2 CNR-200 §4.1.2, §10.2 CNR-200 §4.1, §10.2 CNR-200 §4.1, §10.3	Presentazione COM.2

22	COM.3 - Rinforzo a flessione di travi in c.a. con sistemi FRP Principi generali del rinforzo a flessione con FRP Progetto, modalità di collasso e verifiche agli SLU Verifiche agli SLE <i>Esercizi (Esercitazione 4, Esercizio 6)</i>		CNR-200 §4.3.1 CNR-200 §4.3.2 CNR-200 §4.3.3	Presentazione COM.3 Schede tecniche
23	COM.4 - 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 8, 9)</i>		CNR-200 §4.3.2 CNR-200 §4.3.3.1-2	Presentazione COM.4 Schede tecniche
24	COM.5 – 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 Duttilità di elementi pressoinflessi confinati con FRP <i>Esercizi (Esercitazione 4, Esercizio 11)</i> Confinamento di nodi di facciata/di spigolo con tessuti unidirezionali e multiassiali		CNR-200 §4.6.1 CNR-200 §4.6.2.1-2 CNR-200 §4.6.2 CNR-200 §4.6.2	Presentazione COM.5 Schede tecniche
25	COM.6 - 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.6
26	COM.7 - 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 13, 15)</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.7 Schede tecniche
	Seminari, Esercitazioni in laboratorio, Visite in cantiere			

Testi e norme di riferimento

COP	Coppola L, Buoso A. Il restauro dell'architettura moderna in cemento armato. <i>Hoepli</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.M. 17/01/2018.
Circ19	Circolare sull'Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 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 R2/2025. 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 R1/2026. 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, Dirrenberger 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.

VERSIONE PRELIMINARE