



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI ROMA TRE | DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA CIVILE PER LA PROTEZIONE DAI RISCHI NATURALI

CORSO DI
COMPLEMENTI DI TECNICA DELLE COSTRUZIONI
ING. STEFANO DE SANTIS

PROGRAMMA DEL CORSO
ANNO ACCADEMICO 2020-2021

VERSIONE DEFINITIVA – PROGRAMMA DI ESAME A.A. 2020-2021

| 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 di sezioni inflesse Ipotesi di calcolo e legami costitutivi per l'analisi strutturale Analisi lineare, non lineare, plastica Analisi elastica (SLE) e a rottura (SLU) di sezioni inflesse Effetti del ritiro e della viscosità del calcestruzzo <i>Esercizi (Esercitazione 1, Esercizio 1)</i> | NIG §3.2.2 NIG §3.2.2 NIG §3.4.3.1-2 | NTC18 §4.3.2.2-3 NTC18 §4.3.1-2 NTC18 §4.3.2.2.1, EC4 §5.4.2.2(1) | Presentazione MIS.2 Sagomari |
| | 3 | MIS.3 - 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 <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 |
| | 4 | MIS.4 - 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 |
| | 5 | MIS.5 - 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] | 6 | 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 |
| | 7 | 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 |
| | 8 | 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 |
| | 9 | 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 |
| | 10 | 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 V Casalù |
| | 11 | 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 Sistema equivalente alla precompressione <i>Esercizio (Esercitazione 2, Esercizio 14 parte 1)</i> | GIA §15.6 GIA §15.6.2 GIA §15.7 GIA §15.8 | | Presentazione CAP.6 |
| | 12 | <i>Conclusione della lezione CAP.6 (ppt CAP.6)</i> CAP.7 - Progetto di strutture in c.a.p. (2) <i>Esercizio (Esercitazione 2, Esercizi 14 parte 2, 15)</i> | | | Presentazione CAP.7 |
| STRUTTURE PREFABBRICATE [PRE] | 13 | 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 |

| | | | | | |
|--|----|--|--|--|---|
| | 14 | PRE.2 - Progetto, verifica e adeguamento Analisi strutturali e verifiche di sicurezza, coefficienti parziali Predimensionamento e curve di utilizzo Verifiche per fasi Schemi 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] | 15 | 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 |
| | 16 | 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 |
| | 17 | 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 |
| | 18 | 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] | 19 | 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 |
| | 20 | 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 |
| | 21 | 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 |

| | | | | | |
|---|----|--|---|--|---|
| | 22 | 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 |
| | 23 | 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 |
| | 24 | Seminario <i>Applicazione di sistemi FRP per il consolidamento delle costruzioni esistenti</i> Ing. Allen Dudine, Fibre Net SpA | | | |
| | 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>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>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 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.