

---

## CORSO INTEGRATO DI TECNICA DELLE COSTRUZIONI

---

### Dati sull'attività formativa

**Denominazione insegnamento in inglese:** [Structural Design Analysis](#)

**Corso di studio:** Scienze dell'Architettura

**Settore scientifico-disciplinare:** ICAR-09

**Codice insegnamento:** 80/042

**Crediti:** 9      *Lezioni frontali (n° ore):* 60      *Laboratorio (n° ore):*      *Esercitazioni (n° ore):* 50  
*Seminari (n° ore):* 2,5

**Anno di corso:** 3      **Semestre:** 1 e 2

---

### Dati sul docente

**Docente titolare:** [LUIGI FENU](#)

*Dipartimento:* Ingegneria Civile, Ingegneria Ambientale, e Architettura  
*Settore scientifico-disciplinare:* ICAR-09  
*Fascia:* Ricercatore a tempo pieno

**Giorno e orario di ricevimento studenti:** Martedì ore 17,30 aula alfa

---

### Dati sulla progettazione

**Obiettivi formativi (conoscenze e abilità da conseguire) (max 4000 caratteri):**

Il corso è stato definito in modo che gli studenti acquisiscano le capacità di base per utilizzare consapevolmente nei loro progetti di architettura le strutture in cemento armato ed in acciaio. Ci si prefigge anche che gli studenti acquisiscano le necessarie capacità tecniche per la direzione dei lavori in opere di buona complessità ove siano utilizzate le tecniche costruttive del cemento armato e dell'acciaio, nonché che acquisiscano capacità progettuali per strutture di livello semplice, aggiungendo comunque consapevolezza strutturale alla loro generale consapevolezza progettuale nel progetto di architettura. A tal scopo, il corso ha un'impostazione applicativa di livello base con molti esempi. Sono infine affrontate alcune tematiche basilari sulla concezione strutturale degli edifici in cemento armato ed in acciaio.

Le tematiche di base della tecnica delle costruzioni in acciaio e in cemento armato sono acquisite. Il corso è fortemente collegato a quello di Scienza delle Costruzioni, in particolare per la soluzione di strutture iperstatiche, il tracciamento dei diagrammi di azione interna, e per l'analisi delle strutture con comportamento lineare per le verifiche di esercizio. Seguendo la Normativa più recente, si utilizza il Metodo Semiprobabilistico agli Stati Limite. Vengono allora fornite alcune nozioni base sulla plasticità, giacché le normative in vigore prevedono le verifiche di resistenza allo stato limite ultimo (e dunque quando si hanno avanzate plasticizzazioni delle sezioni) sia per le

strutture in calcestruzzo che per quelle in acciaio. Il diverso comportamento delle strutture allo stato ultimo e in esercizio è dunque evidenziato, dando modo allo studente di discernere quale dei due porta a maggiori criticità nei vari casi. E' sempre richiesta la capacità di discernere fra i problemi di progetto e quelli di verifica. Partendo dalla conoscenza dei primi, si arriva a fornire le conoscenze base sulla concezione strutturale e la composizione strutturale delle strutture in acciaio e di quelle in cemento armato.

La redazione di due progetti esecutivi secondo gli standard progettuali normativi, fornisce capacità decisionale e organizzativa. Infine, per la natura stessa della disciplina, si acquisisce consapevolezza da una parte dei rischi (sicurezza, degrado, sostenibilità) e dall'altra delle possibilità progettuali offerte dai vari materiali e strutture.. In particolare è evidenziato quali sono i vantaggi delle tecniche utilizzate, e quali i rischi di un loro uso inconsapevole. L'approccio progettuale esecutivo, induce sensibilità alle problematiche della realtà costruttiva.

Infine, per quel che attiene le proprietà dei materiali e delle strutture, il corso usufruisce dell'ausilio dei materiali didattici messi a disposizione da uno dei Visiting Professor che ha insegnato in passato nel corso: i ragazzi del corso hanno infatti accesso gratuito via internet ai video delle prove su materiali e strutture, colmando così almeno in parte all'impossibilità di accesso al laboratorio.

#### **Prerequisiti (max 4000 caratteri):**

Per il corso è prevista la propedeuticità dei corsi di Matematica e di Scienza delle Costruzioni. Non meno necessario è avere le conoscenze di base delle tecnologie dell'architettura per quel che riguarda le strutture e l'intrazione con esse di altri elementi costruttivi. Infine, l'efficacia del corso è sicuramente maggiore se gli studenti hanno acquisito sin dai precedenti corsi di architettura tecnica e progettazione architettonica che il progetto dell'edificio, nella sua effettiva praticabilità, è legato indissolubilmente alla concezione di una struttura connaturata all'edificio stesso. Requisito imprescindibile di ogni disciplina applicativa (e dunque, fra le altre, anche della Tecnica delle costruzioni) è che gli studenti sappiano utilizzare nelle applicazioni le unità di misura, ed in particolare quelle del Sistema Internazionale.

Il corso di Tecnica delle costruzioni non richiede conoscenze matematiche di elevato livello. La maggior parte dei dimensionamenti avviene con le quattro operazioni dell'aritmetica, l'elevazione a potenza e il logaritmo di un numero, e con semplici nozioni di trigonometria. Nel tracciare i diagrammi di sollecitazione è necessario aver ben chiaro il concetto di funzione ad una variabile e delle sue proprietà. Tali concetti sono necessari anche nella risoluzione delle strutture iperstatiche, specie col Principio dei Lavori Virtuali (PLV), per l'applicazione del quale è anche necessario saper integrare polinomi che nella gran maggioranza dei casi sono di 2° grado e raramente di 3° grado. La risoluzione di semplici strutture iperstatiche (come per esempio solai a due campate e portali) richiede anche la capacità di risolvere sistemi di equazioni lineari, e dunque, per generalità e semplicità, la capacità di applicare il metodo di Kramer. Infine la trattazione e la comprensione dell'instabilità necessita della capacità di ricavare dall'equazione della linea elastica l'equazione differenziale lineare a coefficienti costanti che sottende il fenomeno dell'instabilità. La pratica applicazione da normativa richiede invece l'uso di semplici operazioni aritmetiche e della valutazione, in alcuni punti, dei valori dei diagrammi di azione interna (ovvero di funzioni ad una variabile) preventivamente tracciati.

Per quel che riguarda la Scienza delle Costruzioni, è fondamentale frequentare il corso conoscendo i concetti base della statica, la risoluzione delle strutture isostatiche, il tracciamento dei diagrammi di azione interna. Le semplici strutture iperstatiche (solai a due campate, portali) che si incontrano inevitabilmente in un corso di base di Tecnica delle costruzioni sono risolti con il PLV, la cui conoscenza è dunque presupposta come acquisita. Il corso fornisce invece la capacità di risolvere i telai con il metodo degli spostamenti (nello specifico ristretto alle sole rotazioni) per il quale è necessaria la conoscenza del semplice, e per alcuni versi intuitivo, corollario di Mohr. Il metodo degli spostamenti, tra l'altro, è alla base, con il PLV, dell'implementazione dei modelli agli elementi finiti, non certo affrontata nel corso, ma di cui tutti sentono quantomeno parlare e la cui esistenza viene quindi citata.

Infine, seppure la moderna Tecnica delle costruzioni richiede l'analisi della struttura e la sua verifica allo stato limite ultimo, presupponendo dunque come auspicabile la plasticizzazione delle sezioni (e per tale richiesta è il corso stesso a fornire le nozioni di base), la conoscenza base dei cosiddetti casi semplici di De Saint Venant per l'azione normale, il momento, il taglio e la torsione è necessaria. E' inoltre indispensabile, per la parte sulle costruzioni in acciaio del corso di Tecnica delle costruzioni, conoscere la trattazione base dell'instabilità per carico di punta di aste snelle.

**Contenuti del corso** (max 4000 caratteri):

Analisi strutturale di tipiche strutture iperstatiche di edifici  
Applicazione del Principio dei Lavori Virtuali a semplici portali iperstatici e solai a più campate.  
Metodo degli spostamenti e sua applicazione ai telai (ristretto al solo metodo delle rotazioni).

Azioni sulle strutture in riferimento al quadro normativo nazionale.  
Analisi dei carichi. Carichi permanenti e variabili. Carico della neve e del vento in edifici semplici.

Metodi di progetto strutturale  
Normativa nazionale.  
Metodo semiprobabilistico agli stati limite e metodo delle tensioni ammissibili.  
Valori medi e valori caratteristici di azioni e forze resistenti.  
Coefficienti di sicurezza e valori di progetto di azioni e forze resistenti  
Combinazioni di carico per gli stati limite ultimi e di esercizio.

**COSTRUZIONI IN ACCIAIO**

Quadro normativo  
Proprietà meccaniche degli acciai da carpenteria  
Concezione strutturale di strutture ed edifici in acciaio e loro tipologie  
Classificazione delle sezioni resistenti in acciaio sulla base della loro capacità rotazionale  
La concezione strutturale delle costruzioni in acciaio  
Le tipologie strutturali degli edifici in acciaio multipiano e monopiano

Verifiche di resistenza e stabilità  
Resistenza di tiranti in acciaio. Influenza dei fori per i collegamenti. Sezione netta. I tiranti dei controventi  
Resistenza di colonne tozze e instabilità di colonne snelle caricate di punta  
Resistenza di travi in acciaio. Instabilità laterale delle travi per svergolamento  
Verifiche di resistenza e di stabilità di ritti pressoinflessi. Svergolamento di ritti pressoinflessi  
Resistenza al taglio dei pannelli d'anima delle travi. Resistenza al taglio dell'anima di travi soggette a flessione e taglio. Resistenza alla torsione di sezioni cave. Resistenza di sezioni cave soggette a taglio e torsione (cenni)  
Aste in acciaio composte tralicciate e calastrellate: generalità  
Imbozzamento di pannelli d'anima

Giunzioni bullonate e saldate  
Esecuzione delle giunzioni bullonate e saldate  
Principi generali del progetto di giunzioni bullonate e saldate  
Giunzione bullonata trave-trave e ritto-trave  
Giunzioni saldate a completa penetrazione e a cordone d'angolo  
Giunzione saldata ritto-trave con cordoni d'angolo  
Giunzione bullonata e saldata dei controventi  
Giunzione ritto-fondazione  
Giunzioni correnti per travi in acciaio composte

Controllo spostamenti in esercizio degli arcarecci e del portale

**COSTRUZIONI IN CEMENTO ARMATO (C.A.)**

Quadro normativo  
Caratteristiche meccaniche del calcestruzzo e degli acciai d'armatura  
Generalità sulle costruzioni in c.a.  
La concezione strutturale degli edifici in c.a.

I telai di edifici in c.a. Irrigidimento dell'edificio con solai, vano scala e muri a taglio

Relazioni costitutive di progetto per il calcestruzzo e l'acciaio d'armatura.

Sezioni in c.a. in stadio I, in stadio II ed in stadio III

Ipotesi base della teoria del cemento armato.

Progetto allo Stato limite Ultimo

Tipi di solaio in c.a.

Travi in c.a. con armature semplice

Resistenza al taglio di elementi strutturali senza armature trasversali

Dimensionamento in base al taglio delle fasce piene d'estremità di solai nervati

Progetto dei solai sulla base di momento e taglio

Dettagli delle armature dei solai

Capacità rotazionale delle cerniere plastiche. Ridistribuzione dei momenti in telai e travi continue.

Travi in c.a. con armatura doppia.

Resistenza al taglio di elementi strutturali con armature trasversali

Pilastrini con carico assiale centrato

Involuppi M-N per la verifica di sezioni in c.a. pressoinflesse

Dettagli d'armatura di travi e colonne in c.a.

Durabilità

Aggressività dell'ambiente e corrosione.

Scelta del copriferro e del tipo di calcestruzzo in base ai requisiti di durabilità

Fessurazione

Stati Limite di Esercizio

Verifica di sezioni inflesse e pressoinflesse col metodo-n.

Tensioni ammissibili nel calcestruzzo e nelle barre d'armatura.

Controllo semplificato di fessurazione

Strutture di fondazione

Tipologie

Plinti di fondazione: verifiche STRU e GEO

**Testi di riferimento** (max 4000 caratteri):

Dispense del Corso sulle costruzioni in acciaio

Dispense del Corso sulle costruzioni in cemento armato

Video sulle prove in laboratorio di materiali e strutture elaborati dall'Università SUPSI di Lugano nell'ambito del progetto E-TEMAS e resi a noi disponibili per concessione del direttore di E-TEMAS Prof. Ezio Cadoni.

The videos sono stati preparati in occasione del progetto didattico E-TEMAS su tecniche, tests e standards sulle strutture nelle costruzioni, con la partnership dell'Istituto dei Materiali e delle Costruzioni (IMC) dell'Università SUPSI di Lugano; HES-SO Friburgo HES-SO, EI-Yverdon; Università della Svizzera italiana-USI, Accademia di Architettura di Mendrisio.

Normativa nazionale sulle costruzioni (DM 14-01-2008) e relativa Circolare applicativa (02-02-2009 n. 617)

Normativa europea: Eurocodice 1 (Azioni sulle costruzioni), Eurocodice 2 (Strutture in cemento armato), Eurocodice 3 (Strutture in acciaio).

C. Bernuzzi – Proporzionamento delle strutture in acciaio, Polipress

C. Bernuzzi, “Progetto e verifica di strutture in acciaio, Hoepli

G. Oberti, L. Goffi -Tecnica delle Costruzioni, Levrotto e Bella

G. Toniolo – Il cemento armato, 1° e 2° volume, Zanichelli

R. Walter, M. Miehlsbradt, Progettare in Calcestruzzo Armato, Hoepli

**Metodi didattici** (max 4000 caratteri):

Lezioni in aula.

Esercizi vari e redazione in aula di due progetti strutturali, uno di un edificio in acciaio e uno di un edificio in cemento armato. Esercitazioni per casa.

Video sulle prove di laboratorio sui materiali e le strutture.

**Modalità di verifica e di valutazione e criteri di attribuzione del voto finale** (max 4000 caratteri):

La verifica avviene con prova scritta, ove è sempre presente una parte strettamente applicativa, che è considerata praticamente fondamentale per il superamento dell'esame. Talvolta si richiedono anche nozioni più teoriche, magari perché necessarie per una successiva applicazione. L'esame è superato con voti fra il 30 e il 18. Nel primo caso è necessario superare la prova senza praticamente alcun errore; nel secondo caso le manchevolezze sono davvero gravi. La lode è data quando si evidenzia anche una capacità complessiva di comprensione della disciplina. Statisticamente i due estremi sono equamente poco frequenti.

**Altre informazioni** (max 4000 caratteri):

Video sulle prove di laboratorio sviluppati nell'ambito del progetto didattico E-TEMAS e messi a disposizione dall'Università SUPSI di Lugano in occasione della short visit del Visiting Professor prof. Ezio Cadoni.

Sono disponibili due tutors per aiutare gli studenti nello svolgimento delle esercitazioni e nella comprensione dei due progetti sviluppati in aula.

**Modalità di erogazione:** tradizionale

**Lingua di insegnamento:** italiano

## STRUCTURAL DESIGN AND ANALYSIS

### **Learning outcomes** (max 4000 caratteri):

The course is designed to provide awareness and basic abilities in the design of steel and concrete structures in architecture. Some basics on conceptual design of concrete and steel buildings are provided. The design point of view is privileged, but knowledge and technical abilities for site architects are also provided. The execution of two structural projects of simple buildings with concrete and steel structures is required. Therefore, a design approach toward real design situations is proposed. The execution of working drawings and of the related design report is also required.

### **Prerequisites** (max 4000 caratteri):

The knowledge of the topics of the course of Mathematics is required. Also, the basics of Statics and Structural Mechanics provided by the related course of the 2-nd year are furthermore required. Since the course privileges a design point of view, the knowledge of the topics of Architectural Technology provided by the related courses of the 1-st and 2-nd years are also required.

### **Course contents** (max 4000 caratteri):

Structural analysis of typical statically indeterminate structures of buildings  
Application of the Principle of Virtual Works to simple portal frames and to multi-span floor structures  
Structural analysis of statically indeterminate frames by means of the method of displacements (restricted to rotations only)

Actions on structures according to Italian and European Norms  
Load analysis in simple buildings. Permanent loads, live loads, snow load, wind load

Design methods of structures  
Partial factor method and allowable stress method  
Average and characteristic values of actions and resistance forces  
Partial safety factors and design values of actions and resistance forces  
Load cases for Ultimate Limit States and Serviceability Limit States

### STRUCTURAL STEELWORK

Italian Norms on steel structures  
Mechanical properties of steel  
Conceptual design and typologies of steel structures and buildings  
Classification of the cross-sections of steel members with reference to their rotational capacity

Checking steel members at the Ultimate Limit State  
Strength of tension members. Net section. Tension braces  
Compression members. Strength of stocky columns. Buckling of slender columns  
In-plane bending of beams. Lateral-torsional buckling of beams  
In-plane strength of columns subjected to combined axial load and moment. Buckling of columns subjected to combined axial load and moment. Lateral-torsional buckling of columns  
Shear resistance of web plates. Shear resistance of the web of beams subjected to combined shear and bending.  
Shear resistance of hollow sections subjected to torsion or combined shear and torsion  
Truss and batten columns: qualitative behaviour  
Local buckling of web plates

Joints

Bolted and welded connections  
Methods of making bolted and welded connections  
General principles of the design of bolted and welded connections  
Beam-to-beam bolted connection  
Beam-to-column bolted connection  
Butt and fillet welded connections  
Beam-to-column fillet welded connection  
Bolted and welded joints of tension braces  
Column-to-foundation joint  
Flange-to-web connections of plate girders

Displacements at the Serviceability Limit State  
Deflections of floor joists  
Lateral displacement and beam deflection of a portal frame

#### REINFORCED CONCRETE (R/C) STRUCTURES

Italian Norms on R/C structures  
Mechanical properties of concrete and steel for rebars  
Conceptual design and typologies of concrete buildings  
Frames of concrete buildings. Role of stairs and shear walls to resist lateral forces on concrete buildings  
Basis of design of R/C structures. R/C sections at stages I, II and III  
Design of R/C structures with the Allowable-Stress Method  
Design of R/C structures with the Partial Safety Factor Method  
Design constitutive relationships for steel bars and concrete

Design of R/C structures at the Ultimate Limit State  
Types of concrete floors  
Beams with no compression bars  
Shear resistance of beams without transverse reinforcements  
Length of the solid slab at the ends of ribbed floors  
Flexural and shear design of concrete floors  
Reinforcement detailing of concrete floors  
Rotational capacity of plastic hinges in concrete structures. Moment redistribution in R/C frames and continuous beams  
Beams with compression bars  
Shear resistance of beams with transverse reinforcements  
Columns subjected to axial load only, and in combination with moment  
M-N interaction diagrams of R/C sections  
Reinforcement detailing of beams and columns

Durability of concrete structures  
Environment type and corrosion  
Choice of cover and type of concrete to meet the durability requirements  
Concrete cracking

Checking R/C structures at Serviceability  
R/C sections at Stage II subjected to bending, and to bending combined with moment  
Allowable stresses in steel rebars and concrete at Serviceability  
Simplified method for crack control

Foundation structures  
Typologies  
Design of concrete footings according to STRU and GEO (2-nd approach) checks.

**Readings/Bibliography** (max 4000 caratteri):

Lecture notes on the course part on the design of steel structures

Lecture notes on the course part on the design of concrete structures

Video tapes on tests on materials and structures provided by the University SUPSI of Lugano, Switzerland. The videos were prepared on the occasion of the learning project E-TEMAS on techniques, tests and standards concerning building structures, with the partnership of the Institute of Material and Constructions (IMC) of the University SUPSI of Lugano; HES-SO Fribourg and HES-SO, EI-Yverdon; Università della Svizzera italiana-USI, Accademia di Architettura di Mendrisio.

Italian Norms on buildings (DM 14-01-2008) and related Circolare (02-02-2009 n. 617)

European Norms: Eurocode 1 (Actions on structures), Eurocode 2 (Concrete structures), Eurocode 3 (Steel structures).

C. Bernuzzi – Proporzionamento delle strutture in acciaio, Polipress

C. Bernuzzi, “Progetto e verifica di strutture in acciaio, Hoepli

G. Oberti, L. Goffi -Tecnica delle Costruzioni, Levrotto e Bella

G. Toniolo – Il cemento armato, 1° e 2° volume, Zanichelli

R. Walter, M. Miehlsbradt, Dimensionnement des Structures en beton, Presses Polytechniques Romandes.  
In Italian: Progettare in Calcestruzzo Armato, Hoepli

**Teaching methods** (max 4000 caratteri):

Lectures in lecture hall.

Exercises in lecture hall and homeworks.

Videos on laboratory tests on materials and structures.

**Assessment methods** (max 4000 caratteri):

Written examination divided into two parts, one on steel structures, and the other on concrete structures.

Exercises on the design of steel structures and concrete structures are always proposed, but to answer theory questions is also required.

The exam is positively passed with grades between 18/30 and 30/30. Outstanding students can achieve 30/30 con lode (meaning "with distinction").

**Further information** (max 4000 caratteri):

Videos on the laboratory tests developed on the occasion of the learning project E-TEMAS, and provided by the University SUPSI of Lugano in occasion of the short visit of the Visiting Professor Ezio Cadoni.

Two tutors to help the students to carry out the exercises and to better understand the two structural projects developed in hall are available.

