

Scienza delle Costruzioni

stud. -----

Docente: Mario Fagone



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

Scuola di Architettura  
Corso di Laurea Magistrale quinquennale c.u.



Generalità

# Informazioni preliminari

---

- Corso: Scienza delle Costruzioni - corso C
- CFU: 8 (N.B. 1CFU=8h+17h!!) 
- Docente: Mario Fagone (ICAR08)
- e-mail: [mario.fagone@unifi.it](mailto:mario.fagone@unifi.it)
- Tel. 055 2756831

## Ricevimento studenti:

- Martedì dalle 12.00 alle 13.00
  - Venerdì dalle 12.00 alle 13.00
- auletta piazza Brunelleschi 6

# Informazioni preliminari

- Iscrizione
  - Home page Scuola di Architettura → Iscrizione a corsi e laboratori (<https://sol.unifi.it/TestAttitudinali/TestAttitudinali>)
  - max 80 studenti
    - studenti immatricolati nell'A.A. '16-'17:  
mercoledì 26/09 dalle 09:00 alle 12:00
    - tutti: mercoledì 26/09 dalle 16:00

## E-learning

- Moodle (<http://e-l.unifi.it>):
- Blocco appunti OneNote:  
[https://1drv.ms/u/s!ApBE\\_6DIWRrAguUYhKrVcHiElJX\\_Dw](https://1drv.ms/u/s!ApBE_6DIWRrAguUYhKrVcHiElJX_Dw)

# Informazioni preliminari





UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE



**SIAF**  
Sistema Informatico  
dell'Ateneo Fiorentino

E-LEARNING  
Supporto alla Formazione

Home Dashboard i miei corsi

> B005315 (B117) - MODULO: SCIENZA DELLE COSTRUZIONI...

Ricerca nei forum

Ricerca avanzata ?

Annunci recenti

Aggiungi nuovo argomento...

(Nessuna news è stata ancora spedita)

Prossimi eventi

Non ci sono eventi prossimi

Vai al calendario...  
Nuovo evento...

Attività recente

Attività a partire da sabato, 22

Utilità

- Annunci
- Suggerimenti e richieste al docente

Informazioni generali

- Syllabus
- Programma (WordSearch)

Materiale didattico

- Blocco appunti onenote
- Lezione introduttiva

Guide

- Matlab tutorial
- Matlab Symbolic tutorial

Introduzione alla modellazione strutturale



# Informazioni preliminari

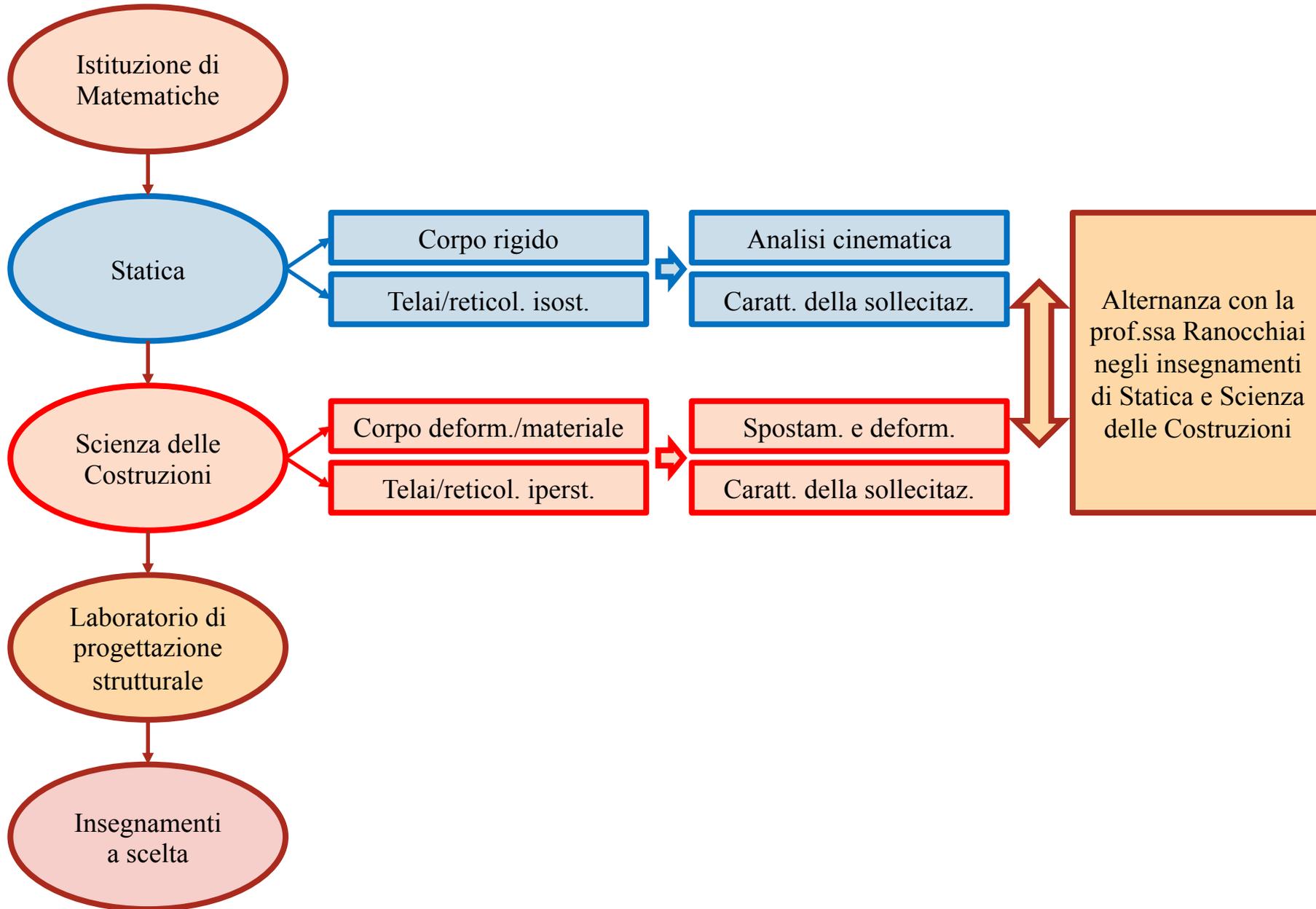
- Insegnamenti del filone “scientifico”

dalla guida per lo studente 2016/2017

([https://issuu.com/dida-unifi/docs/guida\\_allo\\_studente\\_2016-2016](https://issuu.com/dida-unifi/docs/guida_allo_studente_2016-2016))

anno	semestre	denominazione	SSD	crediti	TAF
1	1-2	Istituzioni di matematiche	MAT/03	12	di base
2	1	Statica	ICAR/08	8	caratterizzante
	2	Fisica tecnica ambientale e impianti tecnici	ING-IND/11	8	di base
3	1	Scienza delle costruzioni	ICAR/08	8	caratterizzante
4	a	Laboratorio di progettazione strutturale	ICAR/09	12	caratterizzante-integrativa
5	--	A scelta degli studenti	--	20	a scelta

# Informazioni preliminari



# Ma... perché?

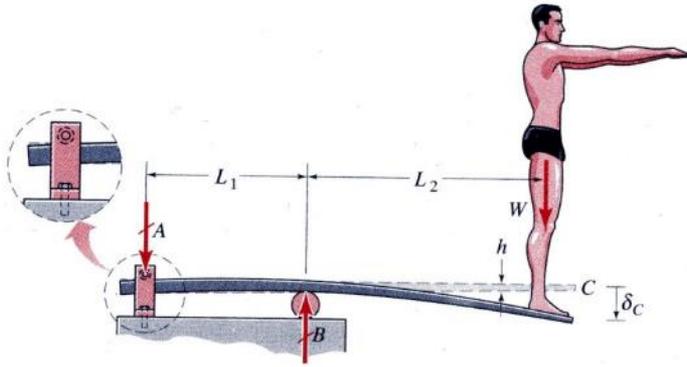


Figura 1 (tratta da R.R.Craig Jr. "Mechanics of Materials")

- Tutti i materiali sono deformabili
- un corpo deformabile è un solido che cambia dimensione e/o forma a causa di azioni su di esso applicate (carichi, variazioni di temperatura, ...)
- in generale ci riferiremo a cambi di forma o volume in un solido con il termine **deformazioni**
- legami costitutivi: schematizzazione del comportamento meccanico dei materiali

... e allora perché a **Statica** abbiamo parlato di **CORPO RIGIDO**?

# Ma... perché?

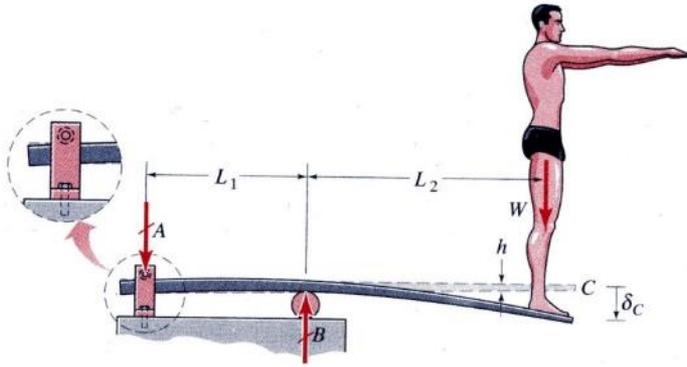


Figura 1 (tratta da R.R.Craig Jr. "Mechanics of Materials")

Questioni affrontate a Statica per  
sistemi **isostatici**

A quali questioni rispondono le tematiche sviluppate nel corso di Scienza delle Costruzioni?

1. Questioni che *prescindono* dal comportamento meccanico del corpo in esame:

- per l'esempio riportato in figura, qual è (e quanto vale) l'effetto che i supporti in *A* e *B* esercitano sul trampolino caricato dal peso *W*?
- come è sollecitata e quanto valgono le caratteristiche della sollecitazione presenti nella struttura (isostatica)?

# Ma... perché?

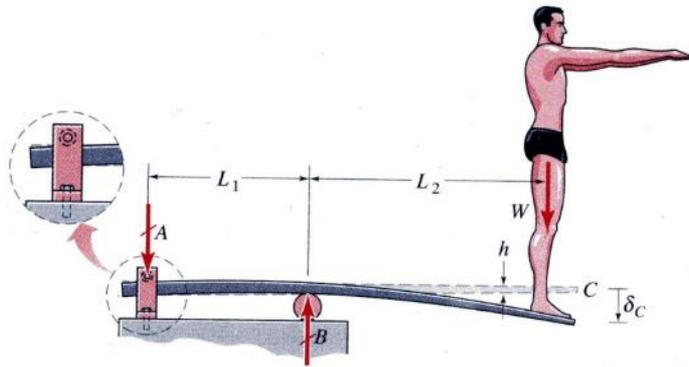
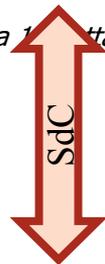


Figura 1.1.1



Resistenza

Deformabilità

Ottimizzazione geometrica

Ottimizzazione rispetto al materiale

A quali questioni rispondono le tematiche sviluppate nel corso di Scienza delle Costruzioni?

2. Questioni che *NON possono* prescindere dal comportamento meccanico del materiale. Ad esempio:

- Quale carico  $W$  potrà causare la rottura del trampolino e dove ci si deve attendere tale rottura?
- Quale relazione intercorre tra il peso applicato  $W$  ed il valore dello spostamento verticale del punto  $C$ ?
- Un trampolino rastremato (a sezione trasversale variabile) avrebbe una “efficienza migliore” di uno a sezione costante?
- Un trampolino in resina fibrorinforzata sarebbe preferibile ad uno fatto in legno?
- ...

# Ma... perché?

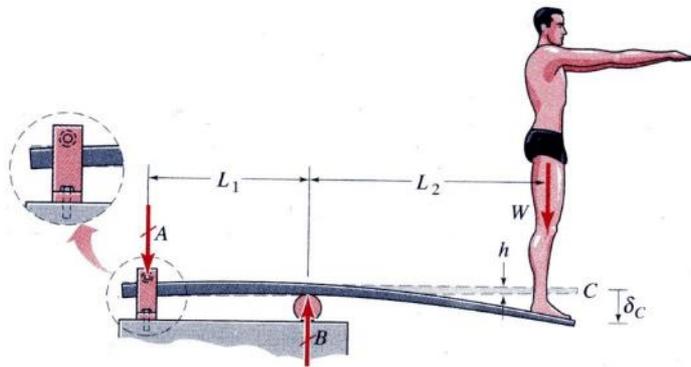
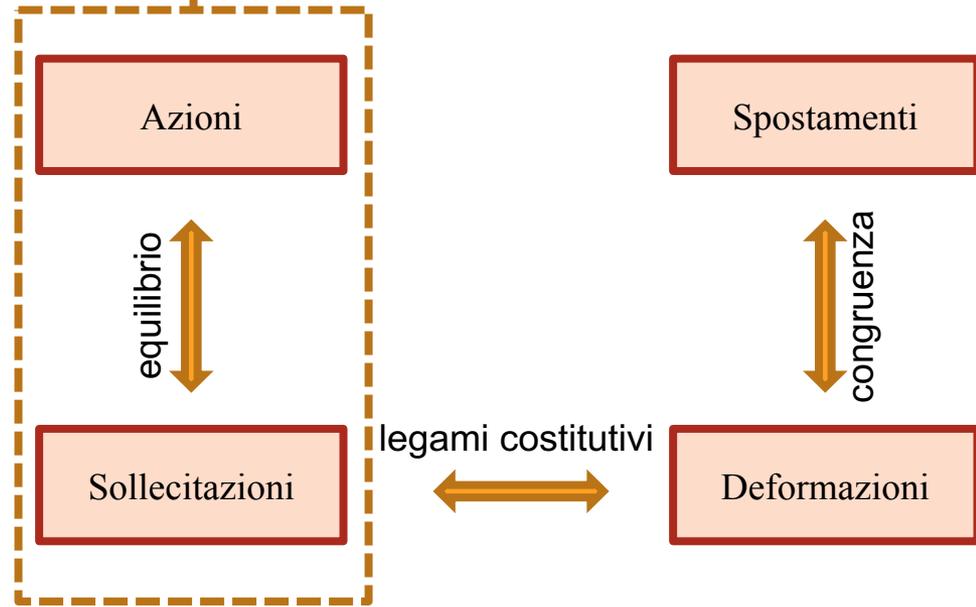
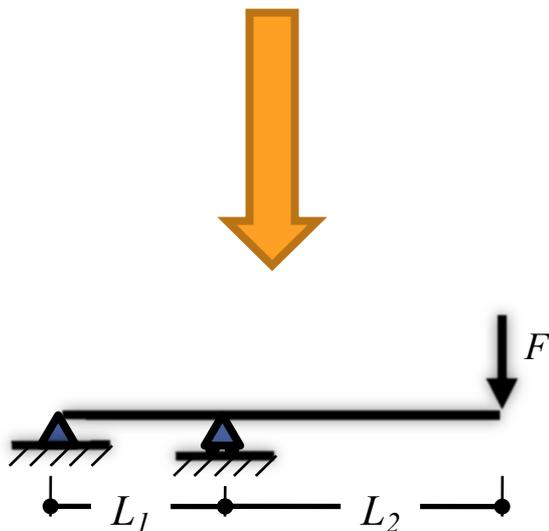


Figura 1 (tratta da R.R.Craig Jr. "Mechanics of Materials")

Sistemi **isostatici**:  $\exists_1$  soluz. equilibrata  
Sistemi **iperstatici**:  $\infty$  soluz. equilibrate

Modello strutturale:



Analisi strutturale:

# Ma... perché?

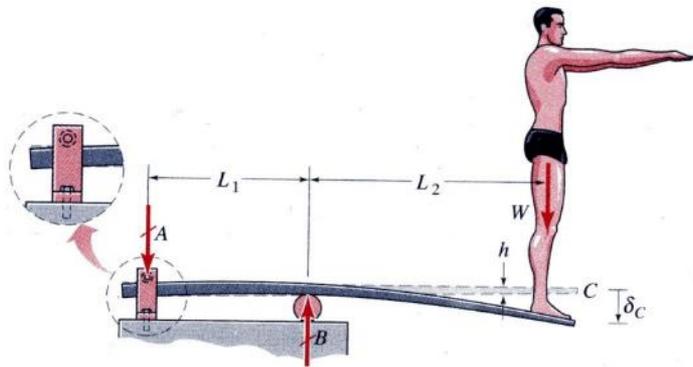
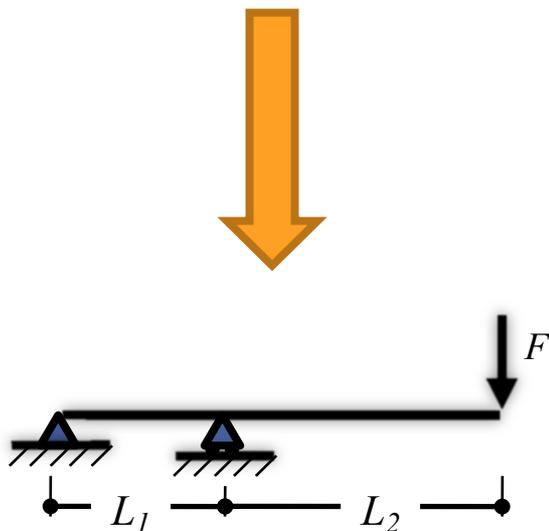
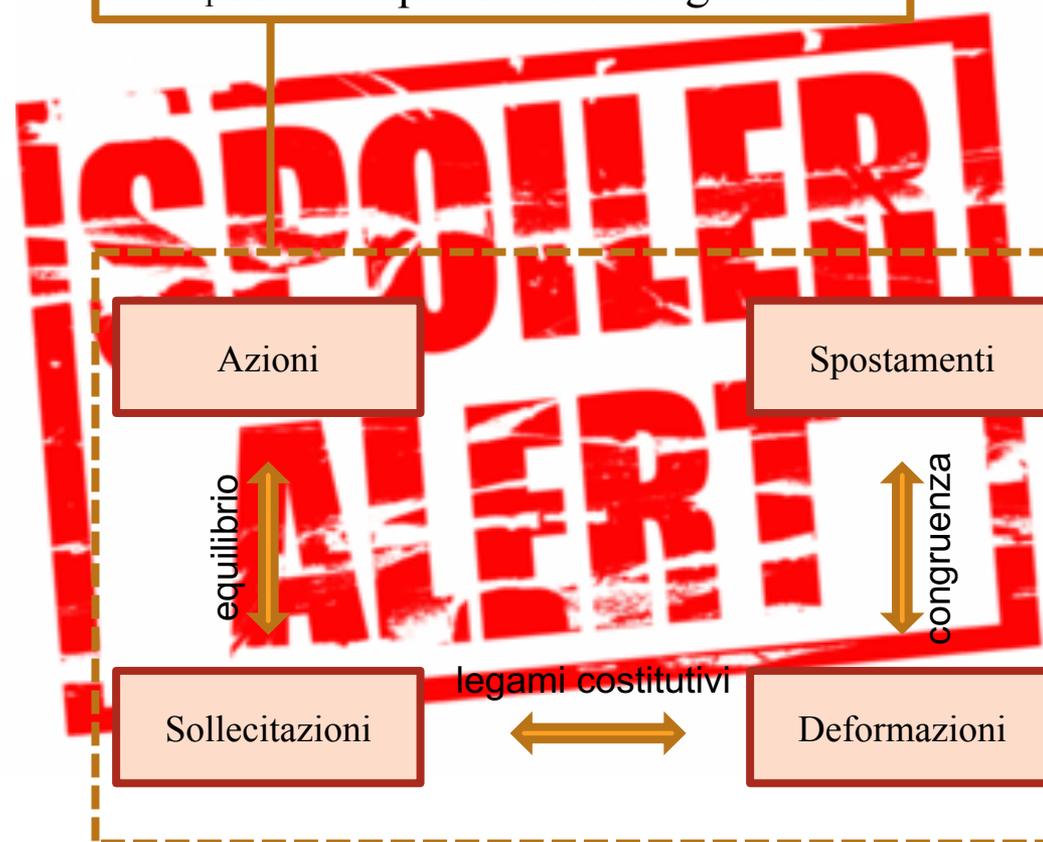


Figura 1 (tratta da R.R.Craig Jr. "Mechanics of Materials")

Modello strutturale:

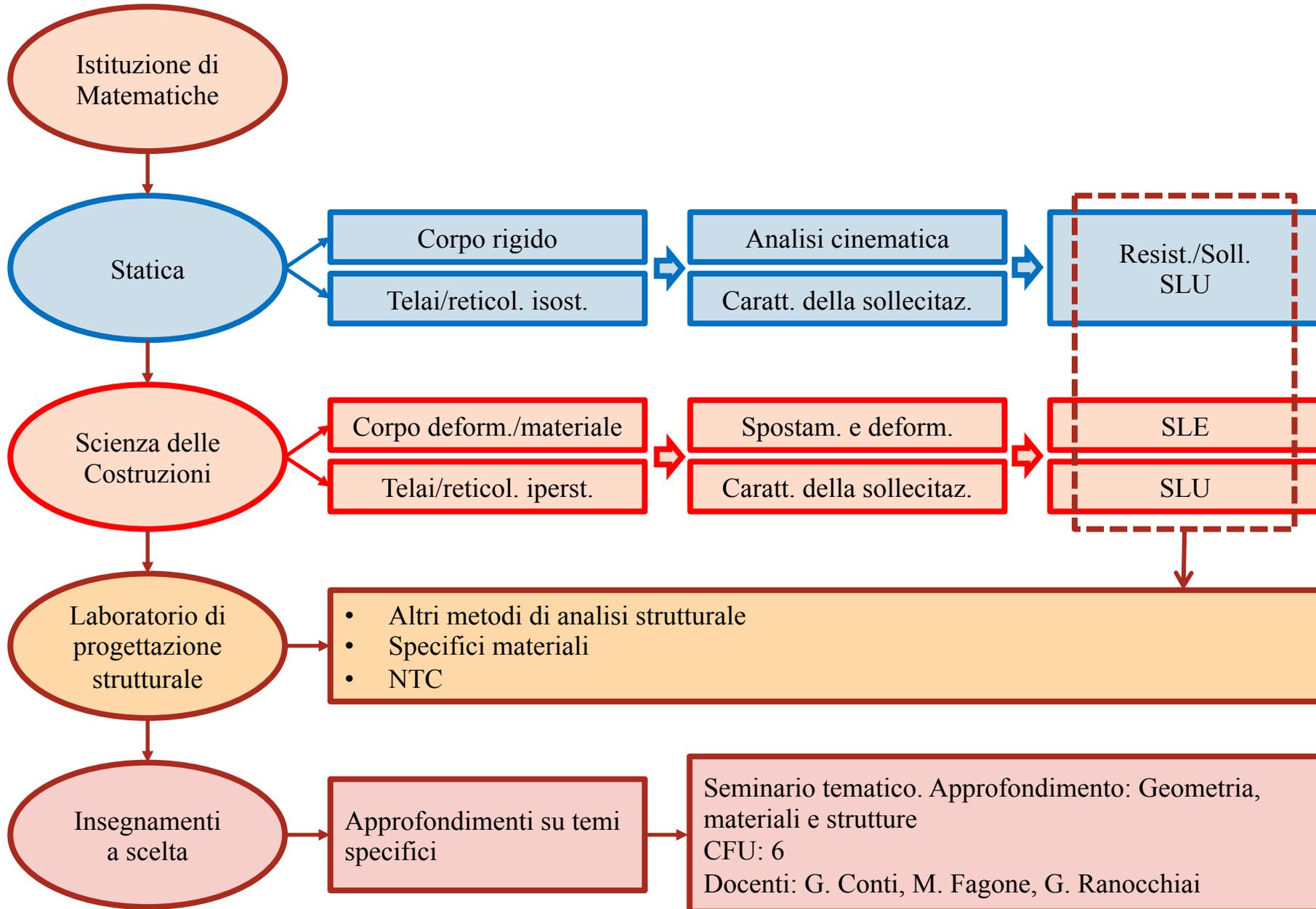


Problema elastico lineare:  
 $\exists_1$  soluz. Equilibrata e congruente



Analisi strutturale:

# Informazioni preliminari



# SdC: Obiettivi

---

- Fornire agli allievi gli strumenti fondamentali per il progetto, l'analisi e la verifica dei sistemi strutturali (semplici).
- Scopo della disciplina è garantire, che gli oggetti progettati godano dei necessari **requisiti prestazionali** ovvero che siano **sicuri** rispetto a **fenomeni di crisi** e che mantengano la loro **funzionalità** a fronte delle azioni applicate.

# È utile per la formazione dell'architetto?



# SdC: Metodi didattici e approccio allo studio suggerito

- La meccanica strutturale, è una **disciplina applicativa**.
- In essa vengono studiati i metodi per la risoluzione di problemi di meccanica strutturale con la **finalità di progettare, analizzare o verificare sistemi REALI**.
- Per il raggiungimento delle finalità e degli obiettivi della disciplina, devono comunque essere utilizzati **strumenti matematici e teorici adeguati**. Tali strumenti sono **FUNZIONALI e DI SUPPORTO** rispetto ai problemi analizzati. Per tale motivo si invitano gli studenti a **focalizzare sempre l'attenzione sul problema REALE in esame** e, solo successivamente, sui concetti matematici che necessariamente devono essere richiamati/utilizzati.

# Suggerimenti per lo studio (v. Syllabus)

- Cos'è?
  - il corso costituisce una introduzione ai metodi ed ai problemi della progettazione strutturale
  - l'insegnamento privilegia la formazione di un bagaglio culturale di base che fornisca gli strumenti necessari all'interpretazione e alla risoluzione di problemi in ambiti nuovi e non convenzionali
- A che serve?

alla fine del corso lo studente deve essere in grado di:

  - comprendere i principi alla base della deformazione dei corpi (continui) e della resistenza dei materiali;
  - applicare tali conoscenze a problemi di verifica e di progetto;
  - analizzare telai e strutture reticolari staticamente indeterminate;
  - definire il modello di un sistema di travi, giustificare le scelte, discutere i metodi e interpretare il risultato dell'analisi;
  - concepire semplici sistemi strutturali.
- Come si calcola/ottiene?
  - studiando (con impegno, costanza e ... tanta pazienza!).

# Programma del corso (v. Syllabus)

---

1. Introduzione alla modellazione strutturale.
2. (Elementi di) meccanica del continuo.
3. Teoria della trave.
4. Analisi di sistemi strutturali (reticolari e telai).
5. (Elementi di) valutazione della sicurezza strutturale.

# Programma del corso (v. Syllabus)

## 1. Introduzione alla modellazione strutturale.

- 1.1. Introduzione ai problemi strutturali; progetto/verifica rispetto alla resistenza e alla deformabilità.
- 1.2. I modelli strutturali: schematizzazione della geometria, dei collegamenti, delle azioni e dei materiali.

## 2. (Elementi di) meccanica del continuo.

### 2.1. Analisi della deformazione:

- 2.1.1. spostamenti e deformazioni infinitesime; significato geometrico delle componenti del tensore delle piccole deformazioni;
- 2.1.2. proprietà del tensore delle piccole deformazioni; equazioni di congruenza;
- 2.1.3. leggi di variazione delle componenti del tensore di deformazione; valori e direzioni principali;
- 2.1.4. stati piani di deformazione; circonferenza di Mohr.

### 2.2. Analisi dello stato di tensione:

- 2.2.1. tensore di tensione; componenti del tensore di tensione; proprietà del tensore di tensione;
- 2.2.2. teorema di Cauchy, equazioni di equilibrio indefinite e al contorno; simmetria del tensore di tensione;
- 2.2.3. leggi di variazione delle componenti del tensore di tensione; valori e direzioni principali;
- 2.2.4. stati piani di tensione; circonferenza di Mohr.

### 2.3. Il principio dei lavori virtuali per i continui deformabili (solo enunciato):

### 2.4. Legami costitutivi:

- 2.4.1. la prova uniassiale; comportamento uniassiale di alcuni materiali strutturali;
- 2.4.2. proprietà dei materiali: elasticità, rigidezza, resistenza, fragilità, duttilità, resilienza, tenacità;
- 2.4.3. il legame costitutivo per il solido elastico lineare isotropo; relazioni tra le costanti elastiche.

### 2.5. Il problema dell'equilibrio elastico lineare; esistenza e unicità (teorema di Kirchhoff) della soluzione.

## 3. Teoria della trave.

- 3.1. Sforzo normale.
- 3.2. Flessione retta.
- 3.3. Flessione deviata.
- 3.4. Pressoflessione.
- 3.5. Taglio (Jourawsky).
- 3.6. Torsione; la prova di torsione per la determinazione della rigidezza tangenziale.

## 4. Analisi di sistemi strutturali.

### 4.1. Strutture reticolari iperstatiche:

- 4.1.1. metodo degli spostamenti: operatore di congruenza, di equilibrio, di legame costitutivo;

### 4.2. Strutture intelaiate:

- 4.2.1. equazione della linea elastica; applicazione alle travi isostatiche e iperstatiche;
- 4.2.2. metodi di analisi dei telai iperstatici.

## 5. (Elementi di) valutazione della sicurezza strutturale.

- 5.1. Criteri di resistenza (Cenni) e di snervamento (von Mises).
- 5.2. Materiali elasto-plastici (cenni); cerniera plastica.
- 5.3. Stabilità dell'equilibrio elastico (cenni): formula di Eulero; metodo "omega".

# Programma del corso (v. Syllabus)



## 1. Introduzione alla modellazione strutturale.

- 1.1. Introduzione ai problemi strutturali; progetto/verifica rispetto alla resistenza e alla deformabilità.
- 1.2. I modelli strutturali: schematizzazione della geometria, dei collegamenti, delle azioni e dei materiali.

## 2. (Elementi di) meccanica del continuo.

- 2.1. Analisi della deformazione:
  - 2.1.1. spostamenti e deformazioni infinitesime; significato geometrico delle componenti del tensore delle piccole deformazioni;
  - 2.1.2. proprietà del tensore delle piccole deformazioni; equazioni di congruenza;
  - 2.1.3. leggi di variazione delle componenti del tensore di deformazione; valori e direzioni principali;
  - 2.1.4. stati piani di deformazione; circonferenza di Mohr.
- 2.2. Analisi dello stato di tensione:
  - 2.2.1. tensore di tensione; componenti del tensore di tensione; proprietà del tensore di tensione;
  - 2.2.2. teorema di Cauchy, equazioni di equilibrio indefinite e al contorno; simmetria del tensore di tensione;
  - 2.2.3. leggi di variazione delle componenti del tensore di tensione; valori e direzioni principali;
  - 2.2.4. stati piani di tensione; circonferenza di Mohr.
- 2.3. Il principio dei lavori virtuali per i continui deformabili (solo enunciato).
- 2.4. Legami costitutivi:
  - 2.4.1. la prova uniassiale; comportamento uniassiale di alcuni materiali strutturali;
  - 2.4.2. proprietà dei materiali: elasticità, rigidità, resistenza, fragilità, duttilità, resilienza, tenacità;
  - 2.4.3. il legame costitutivo per il solido elastico lineare isotropo; relazioni tra le costanti elastiche.
- 2.5. Il problema dell'equilibrio elastico lineare; esistenza e unicità (teorema di Kirchhoff) della soluzione.

## 3. Teoria della trave.

- 3.1. Sforzo normale.
- 3.2. Flessione retta.
- 3.3. Flessione deviata.
- 3.4. Pressoflessione.
- 3.5. Taglio (Jourawsky).
- 3.6. Torsione; la prova di torsione per la determinazione della rigidità tangenziale.

## 4. Analisi di sistemi strutturali.

- 4.1. Strutture reticolari iperstatiche:
  - 4.1.1. metodo degli spostamenti: operatore di congruenza, di equilibrio, di legame costitutivo;
- 4.2. Strutture intelaiate:
  - 4.2.1. equazione della linea elastica; applicazione alle travi isostatiche e iperstatiche;
  - 4.2.2. metodi di analisi dei telai iperstatici.

## 5. (Elementi di) valutazione della sicurezza strutturale.

- 5.1. Criteri di resistenza (Cenni) e di snervamento (von Mises).
- 5.2. Materiali elasto-plastici (cenni); cerniera plastica.
- 5.3. Stabilità dell'equilibrio elastico (cenni): formula di Eulero; metodo "omega".

# Stato di avanzamento e dettaglio degli argomenti svolti



Introduzione alla modellazione strutturale	1	giovedì 27 settembre 2018	1	2	introduzione ai problemi strutturali; progetto/verifica rispetto alla resistenza e alla deformabilità; i modelli strutturali: schematizzazione della geometria, dei collegamenti, delle azioni e dei materiali
Strutture reticolari	3	venerdì 28 settembre 2018	2	2	la prova uniassiale; comportamento uniassiale di alcuni materiali strutturali; proprietà dei materiali: elasticità, fragilità, duttilità, resilienza, tenacità;
		martedì 2 ottobre 2018	3	2	metodo degli spostamenti: operatore di congruenza, di equilibrio, di legame costitutivo;
		giovedì 4 ottobre 2018	4	2	metodo degli spostamenti: operatore di congruenza, di equilibrio, di legame costitutivo;
		venerdì 5 ottobre 2018	5	2	introduzione al concetto di tensione tangenziale e scorrimento angolare. Il tensore delle piccole deformazioni;
		martedì 9 ottobre 2018	6	2	significato fisico delle componenti di deformazione; calcolo di deformazioni e scorrimenti;
Elementi di meccanica del continuo	9	giovedì 11 ottobre 2018	7	2	equazioni di congruenza interna (no dimostrazione); decomposizione della deformazione nella parte sferica e deviatorica;
		venerdì 12 ottobre 2018	8	2	valori e direzioni principali per uno stato di deformazione tridimensionale; stati di deformazione piana; rosetta di strain gauge;
		martedì 16 ottobre 2018	9	2	analisi dello stato tensionale; teorema di Cauchy;
		giovedì 18 ottobre 2018	10	2	il tensore di Cauchy; equazioni di equilibrio indefinite ed al contorno;
		venerdì 19 ottobre 2018	11	2	analisi degli stati tensionali piani; la circonferenza di Mohr;
		martedì 23 ottobre 2018	12	2	criteri di resistenza (cenni) e di snervamento (von Mises);
		giovedì 25 ottobre 2018	13	2	il principio dei lavori virtuali per i continui deformabili (solo enunciato); il legame costitutivo per il solido elastico lineare isotropo; relazioni tra le costanti elastiche;
Teoria della trave	8	venerdì 26 ottobre 2018	14	2	esistenza e unicità della soluzione del problema elastico (solo enunciato); sforzo normale; flessione retta;
		martedì 6 novembre 2018	15	2	materiali elasto-plastici (cenni); cerniera plastica;
		giovedì 8 novembre 2018	16	2	flessione deviata e presso-flessione
		venerdì 9 novembre 2018	17	2	carico assiale eccentrico; cenni a materiali non reagenti a trazione;
		martedì 13 novembre 2018	18	2	taglio secondo Jourawsky
		venerdì 16 novembre 2018	19	2	sezioni a parete sottile
		martedì 20 novembre 2018	20	2	torsione; trave a sezione circolare (o corona circolare); la prova di torsione per la determinazione della rigidezza tangenziale;
		giovedì 22 novembre 2018	21	2	torsione in travi di parete sottile;
		venerdì 23 novembre 2018	22	2	
		martedì 27 novembre 2018	23	2	
Metodi di analisi delle strutture intelaiate	10	giovedì 29 novembre 2018	24	2	
		venerdì 30 novembre 2018	25	2	
		martedì 4 dicembre 2018	26	2	equazione della linea elastica; applicazione alle travi isostatiche e iperstatiche;
		giovedì 6 dicembre 2018	27	2	metodi di analisi dei telai iperstatici;
		venerdì 7 dicembre 2018	28	2	
		martedì 11 dicembre 2018	29	2	
		giovedì 13 dicembre 2018	30	2	
Elementi di stabilità dell'equilibrio elastico	1	venerdì 14 dicembre 2018	31	2	
		martedì 18 dicembre 2018	32	2	formula di Eulero e metodo "omega"
		martedì 8 gennaio 2019	33	2	
		giovedì 10 gennaio 2019	34	2	
		venerdì 11 gennaio 2019	35	2	

# Numero di lezioni per ogni argomento

Argomento	n. lezioni	%
Introduzione alla modellazione strutturale	1	3,13
Prova uniassiale Strutture reticolari	3	9,38
Elementi di meccanica del continuo Criteri di resistenza	9	28,13
Teoria della trave	8	25,00
Strutture intelaiate	10	31,25
Stabilità dell'equilibrio elastico (cenni)	1	3,13

# Testi consigliati

---

- Luciano Nunziante, Luigi Gambarotta, Antonio Tralli. “Scienza delle costruzioni”, 3a ediz., McGraw-Hill, Milano.
- Claudia Comi, Leone Corradi Dell'Acqua. "Introduzione alla Meccanica Strutturale", 3a ediz., McGraw-Hill, Milano.
- Odone Belluzzi, “Scienza delle Costruzioni”, Vol. I, Zanichelli editore, Bologna, 1996.
- Erasmo Viola, “Esercitazioni di scienza delle costruzioni”. Vol. 2  
Pitagora

# Prerequisiti

---

- algebra
- algebra lineare
- geometria
- trigonometria
- fisica elementare e meccanica

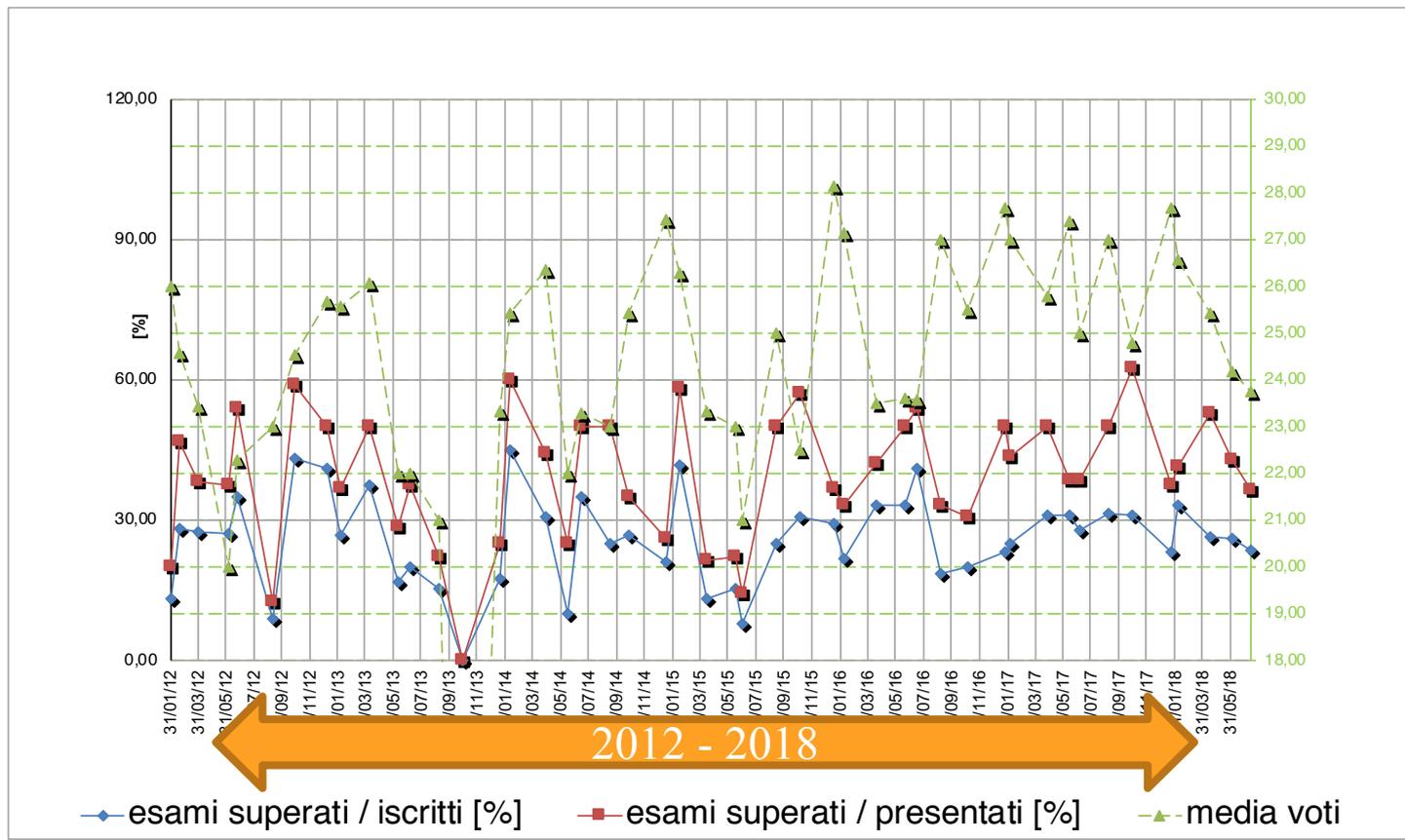
in sostanza... contenuti degli insegnamenti propedeutici:

- Istituzioni di Matematiche
- Statica

# Metodi didattici

- Lezioni frontali
- Esercitazioni
- Test intermedi

- Frequenza



# Esame e modalità di verifica

- Esame scritto e orale
  - durante lo svolgimento delle lezioni verrà prodotto un elenco (non esaustivo) delle possibili domande d'esame
- Valutazione: calcolata sull'acquisizione delle seguenti capacità, riportate in ordine crescente dal voto minimo al massimo:
  - usare correttamente gli strumenti acquisiti per le analisi;
  - usare gli strumenti acquisiti in modo critico, interpretare opportunamente i problemi strutturali, operare le scelte migliori sia per le analisi che per il progetto di strutture;
  - giustificare opportunamente ed efficacemente le scelte operate ed i metodi utilizzati.

... to be continued



Yurakucho Canopy, 1995-1996, Tokyo, R. Vinoly

Grandes Serres - La Villette,  
1983-1986, Parigi,  
P. Rice, M. Francis e I. Ritchie



# Notazioni utilizzate

Per l'identificazione di entità scalari, vettoriali e tensoriali, saranno utilizzate le seguenti notazioni:

Entità	Notazione	Esempio
Scalare	corsivo	$Q, w, L, \dots$
Vettore	grassetto con sottosegno	$\underline{\mathbf{v}}$
modulo di un vettore $\mathbf{v}$	corsivo, stessa lettera utilizzata per indicare il vettore	$v$
Tensori	grassetto con sottosegno ( $\sim$ )	$\underline{\underline{\mathbf{F}}}$
Matrice	Corsivo, tra parentesi quadre	$[C]$

# Unità di misura nel Sistema Internazionale (SI)

Classe	Entità misurata	Nome dell'unità	Simbolo (SI)	Relazioni
Base	lunghezza	metro	m	-
	massa	kilogrammo	kg	-
	tempo	secondo	s	-
	temperatura	kelvin	K	-
Derivata	area	metri quadrati	m <sup>2</sup>	-
	volume	metri cubi	m <sup>3</sup>	-
	forza	newton	N	kg m / s
	pressione tensione	pascal	Pa	N/m <sup>2</sup>
	lavoro energia	joule	J	N m
	potenza	watt	W	N m / s
supplementare	angoli piani	radianti	rad	-