



Le tecniche di costruzione sono l'insieme delle conoscenze teoriche e delle applicazioni pratiche volte alla realizzazione delle strutture architettoniche, cioè dell'ossatura della costruzione. Alcune strutture delimitano uno spazio (edifici, gallerie, tunnel), altre si aprono verso l'esterno, (coperture degli stadi, pensiline delle stazioni), altre attraversano lo spazio (ponti), altre infine contrastano l'azione di elementi naturali (dighe, muri di sostegno).

Ti aiuto a capire



carichi propri



carichi propri

carichi accidentali

1 1 LE CARATTERISTICHE DELLE STRUTTURE

Le costruzioni con il tempo hanno assunto forme e funzioni completamente diverse a seconda delle necessità: da semplici strutture di riparo sono diventate espressione della cultura dei differenti popoli. La conoscenza del luogo e dei materiali reperibili hanno condizionato la costruzione dei primi villaggi. In Mesopotamia e in Egitto, infatti, le prime costruzioni erano realizzate con paglia e fango o con blocchi di argilla essiccati al sole; nelle zone nordiche, invece, l'abbondanza di legname favorì costruzioni primordiali con tronchi di alberi.

Alcuni elementi sono però sempre presenti in ogni tipo di costruzione, indipendentemente dalla funzione per la quale sono state realizzate. Qualsiasi elemento, naturale o costruito, possiede una **struttura** la cui resistenza dipende dal tipo di sollecitazione, ovvero dai **carichi** cui viene sottoposto, dal **materiale** usato per costruirlo e dalla **forma**. Ad esempio, un ponte sospeso è sottoposto alle vibrazioni trasmesse dai veicoli e alla forza del vento; il tetto di un'abitazione deve sostenere il carico della neve, l'usura della pioggia e il calore del sole; un molo deve resistere alle mareggiate, e così via.

Una **struttura resistente** o **struttura portante** è la parte di una costruzione destinata ad assorbire i carichi durante tutto il periodo utile della sua vita. Possiamo suddividere le sollecitazioni in due categorie di carichi:

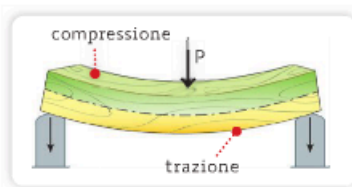
- **carichi propri**: sono rappresentati dal peso delle basi d'appoggio sul terreno (fondazioni), dal peso degli elementi verticali portanti (pilastri e muri portanti), dal peso delle murature interne ed esterne (pareti divisorie), dal peso di apparecchi sanitari, impianti, serramenti interni ed esterni e dei materiali di copertura (travi, solette o solai, archi, volte, tetti);
- **carichi accidentali**: sono rappresentati dalle persone, dagli arredi e da tutto ciò che si trova stabilmente o temporaneamente dentro un edificio, dall'azione del vento, dai terremoti, dalla neve o da qualunque altro fenomeno esterno che tende ad alterare lo stato di equilibrio di un edificio.

◀ Santiago Calatrava, *Ponte sull'autostrada A1*. La realizzazione di un ponte all'apparenza così leggero non sarebbe possibile senza studi complessi dei carichi.

Questi carichi esercitano sui materiali forti sollecitazioni, come la **trazione** (i materiali si allungano) e la **compressione** (i materiali si accorciano), che ne possono causare la rottura.

Quasi sempre questi due tipi di sollecitazioni (forze) agiscono contemporaneamente sulla stessa struttura dando origine a nuove sollecitazioni come la **flessione**. Immaginiamo di avere una trave di legno e applichiamo un peso P al centro: la vedremo piegarsi. La parte superiore della trave subisce una deformazione di **compressione** (le fibre si accorciano) mentre la parte inferiore subisce una deformazione di **trazione** (le fibre si allungano). Lungo l'asse medio la trave non subisce alcuna deformazione, ossia le fibre non si allungano e non si accorciano.

Compresi questi semplici concetti, è possibile analizzare tutti i tipi di strutture realizzate dall'uomo.



1 2 BREVE STORIA DELLE TECNICHE DI COSTRUZIONE

Il trilitte

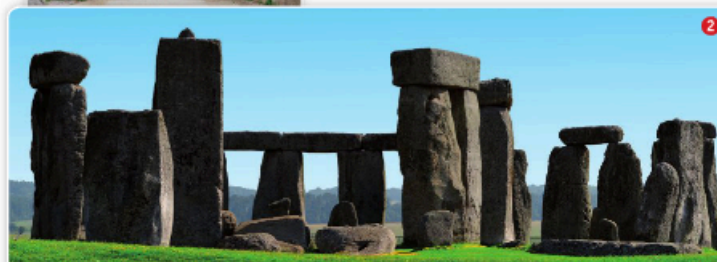
Il **trilitte** (*tri*, tre, *lithos*, pietra) è una struttura architettonica semplice formata da due pietre disposte in verticale (**pedritti**) e una terza appoggiata orizzontalmente sopra di esse (**architrave**). I primi esempi di questo sistema si trovano nei *dolmen* (*dol*, tavola, *men*, pietra) neolitici, blocchi di pietra infissi nel terreno e sovrastati da un blocco orizzontale, che avevano una funzione religiosa-sepolcrale.

Il vantaggio di questo tipo di struttura è dato dal fatto che le forze agiscono solo verso il basso e non ci sono spinte laterali. Gli svantaggi sono legati alla limitatezza della distanza tra i pedritti, definita **luce**.

Via via questo sistema fu affinato e perfezionato, diventando la base costruttiva delle più importanti costruzioni nell'architettura mesopotamica, egizia e greca (i colonnati dei templi si basano sul trilitte).

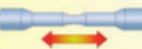


◀ Esempi di applicazione della struttura a **trilitte** risalenti all'antichità:
 1 la Porta dei leoni di Micene,
 2 Il Cerchio di monoliti di Stonehenge, nell'Inghilterra meridionale.



Ti aiuto a capire

compressione

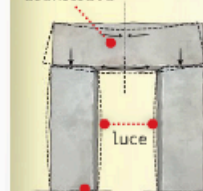


trazione

Fissa il concetto

Nel trilitte le forze agiscono solo verso il basso per cui la luce può avere una larghezza limitata.

architrave

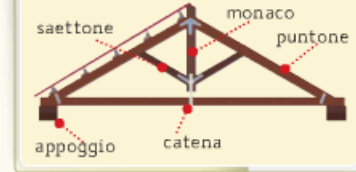


pedritto



luce

Ti aiuto a capire

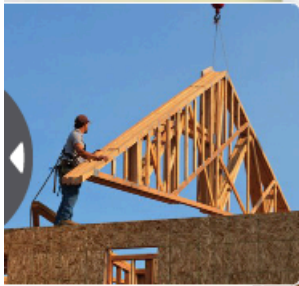


La capriata

La **capriata** è una struttura architettonica di forma **triangolare**, tradizionalmente realizzata in legno, appoggiata su due piedritti e utilizzata come base per le coperture a falde inclinate. La capriata è formata dai seguenti elementi:

- **puntoni**: rappresentano i lati del triangolo; sorreggono il peso della copertura e sono sottoposti a compressione;
- **catena**: rappresenta la base del triangolo; la sua funzione è quella di rendere indeformabile la struttura annullando la spinta ad aprirsi dei puntoni;
- **monaco**: è il palo verticale che si trova in posizione mediana; questo elemento ha la funzione di irrigidire la struttura e annullare la deformazione che potrebbe subire con il tempo la catena;
- ◆ **saettoni**: sono due pali trasversali che servono a ridurre la flessibilità dei puntoni scaricandone il peso sul monaco.

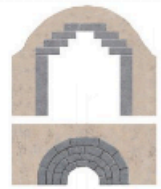
▼ Strutture a **capriata**.



▲ La **capriata** veniva utilizzata già nell'antichità, ad esempio per le coperture dei templi greci.

in più Il sistema della **falsa cupola**

È un'applicazione del sistema trilitico su una **pianta circolare** con architravi in pietra disposti ad anelli concentrici a formare una copertura, in genere ricoperta di terra per aumentarne la stabilità. Nell'antichità questo sistema fu usato diffusamente nella costruzione di tombe di dignitari e personaggi importanti.



▶ Strutture a **falsa cupola**, chiamate in questo caso **trulli**, si possono ammirare ancora oggi ad Alberobello.

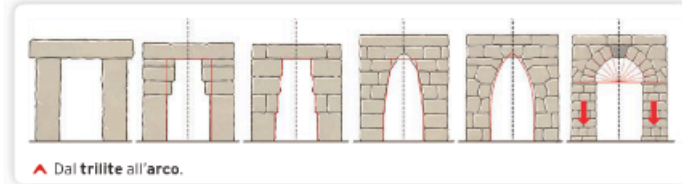


Ti aiuto a capire



L'arco

L'**arco** presenta difficoltà costruttive maggiori rispetto al sistema trilitico; quindi, pur essendo noto dal 3000 a.C., la sua applicazione fu scarsa presso le prime civiltà.



▲ Dal trilitico all'**arco**.

È una struttura architettonica di **forma curva** che appoggia su due piedritti. La parte curva si compone di una serie di elementi a forma trapezoidale chiamati **conci**, disposti a raggio. Nell'arco ogni elemento sta al suo posto grazie al proprio peso senza aver bisogno di alcun legante; per questo l'arco può sopportare grandi carichi in totale sicurezza.

Il concio fondamentale che chiude l'arco e mette in atto le spinte di contrasto è quello centrale, chiamato **chiave di volta**.

Fu la necessità di costruire strutture molto grandi a spingere i costruttori romani a utilizzare l'**arco** e la **volta a botte** e a **cupola**, che da esso derivano, consentivano, rispetto al trilitico, una migliore distribuzione del carico. I piedritti trilitici vennero, nelle costruzioni importanti, sostituiti da pareti portanti di forte spessore per assorbire le spinte delle volte.

L'arco divenne l'elemento dominante nelle costruzioni di acquedotti, circhi, archi di trionfo. L'uso dell'arco, delle volte a botte e del mattone cotto come materiale, caratterizzò tutto il periodo romano e l'Alto medioevo.

▼ Gli antichi Romani furono maestri nell'utilizzo dell'**arco** come dimostra l'acquedotto del Pont du Gard, in Francia.



▼ Il Pantheon di Roma è un esempio di edificio con **volta a cupola**.



Ti aiuto a capire



Dall'**arco** a **tutto sesto** derivano



la **volta a botte**



la **volta a cupola**

SINTESI
SCHEMATICA

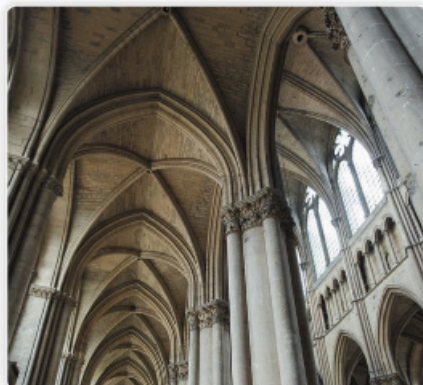
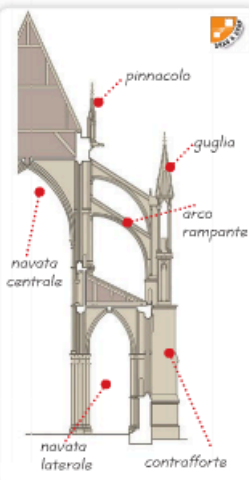
Ti aiuto a capire

Dall'arco a sesto acuto
deriva

la volta a crociera

Lo scheletro strutturale dell'architettura gotica

Nel Medioevo, dal Duecento in avanti, si svilupparono nuove tecniche nella costruzione che diedero vita alle cattedrali dell'Europa centrale. L'edificio in quel periodo è costituito da uno scheletro formato da **pilastr**i che sorreggono **archi a sesto acuto** (che differisce da quello utilizzato dai Romani, detto a **tutto sesto**) i quali, incrociandosi, formano le nervature di sostegno delle **volte a crociera**. Per la stabilità del sistema vennero introdotti nuovi elementi strutturali come gli **archi rampanti** e i **contrafforti**. In questa struttura non erano più necessarie pesanti murature perimetrali, sostituite da vetrate colorate.



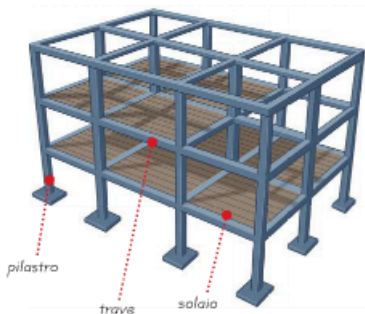
▲ Le **nervature di sostegno** delle volte a crociera della cattedrale di Reims, Francia.

◀ Gli elementi dell'**architettura gotica**.

Il telaio

Il telaio, o gabbia, è una struttura costituita da elementi verticali, i **pilastr**i, ed elementi orizzontali, le **travi** e i **solaia**, che hanno il compito di sostenere il peso dell'edificio e di scaricarlo sul terreno. In queste strutture gli elementi sono legati strettamente tra di loro e collaborano alla ripartizione dei carichi e delle spinte. I materiali con cui sono realizzati sono l'acciaio e il cemento armato.

◀ Struttura a **telaio** di un moderno edificio in costruzione.

SINTESI
SCHEMATICA

Fissa il concetto



L'uso dell'acciaio nelle costruzioni

Agli inizi dell'Ottocento, con la rivoluzione industriale e lo sviluppo della siderurgia, si diffuse nel settore delle costruzioni l'uso dell'**acciaio** e della **ghisa**, grazie alla possibilità di produrre in officina profilati in acciaio da montare sul posto mediante saldature, imbullonature, chiodature metalliche.

Nacquero così strutture adatte a realizzare grandi coperture di stazioni o padiglioni, arditi ponti o edifici simbolo come la *Tour Eiffel*.

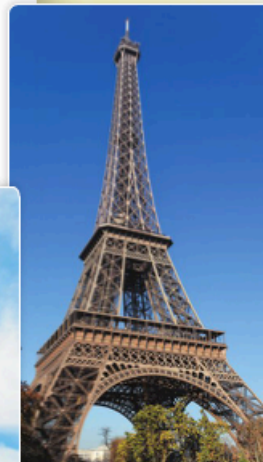
Le nuove strutture in carpenteria metallica erano calcolate e dimensionate da ingegneri specializzati.

Negli Stati Uniti, nella seconda metà dell'Ottocento, si cominciò a realizzare strutture a telaio molto alte (**grattacieli**) con murature perimetrali che con il tempo vennero sostituite da pareti interamente vetrate (1920 circa).

▶ Nata come struttura provvisoria per l'Esposizione Universale di Parigi del 1889, e destinata a essere smontata, la *Tour Eiffel* è invece diventata il simbolo di Parigi e di tutte le **strutture in ferro**.



▶ Grattacieli a Manhattan, New York.

SINTESI
SCHEMATICA

Fissa il concetto



La tecnica del calcestruzzo armato

Poiché le strutture in acciaio erano care, verso la fine dell'Ottocento si sperimentò un'altra tecnica di costruzione più economica.

Partendo da una specie di scatola (**cassaforma**) in legno, dentro la quale viene predisposta un'armatura costituita da tondini di ferro, si cola un impasto di sabbia, ghiaia e cemento chiamato **calcestruzzo**. Si ottiene così, dopo l'asciugatura del getto, una struttura in **calcestruzzo armato** che unisce la resistenza alla compressione del cemento alla resistenza alla trazione del ferro, utilizzabile nelle forme volute.

La maggior parte degli edifici attuali utilizza questa tecnica.

La prefabbricazione

La **prefabbricazione** è una tecnica di costruzione che, per ridurre i tempi e i costi delle costruzioni in calcestruzzo armato, utilizza elementi **costruiti precedentemente** in stabilimento e li assembla sul posto.

Questa tecnica è particolarmente utilizzata per i capannoni industriali e le casette unifamiliari realizzate con materiali ecocompatibili come il legno.



▲ Capannone industriale prefabbricato.

Le strutture reticolari metalliche

Le **strutture reticolari metalliche** sono costituite da aste di acciaio unite alle estremità con vari tipi di giunti in modo da formare una sequenza di **triangoli** o di **triedri**.

Derivano dalle coperture metalliche dell'Ottocento ma la miglior qualità degli acciai, le tecnologie di giunzione e i calcoli strutturali computerizzati consentono di ottenere risultati di gran lunga superiori.

Le tensostrutture

Le **tensostrutture** derivano concettualmente dai grandi ponti con le campate sostenute da cavi in acciaio. Sono costituite da tralicci metallici sorretti da una serie di cavi in acciaio sui quali si appoggia una copertura leggera in materiale plastico. Per la loro rapidità di montaggio sono prevalentemente usate per manifestazioni temporanee.



▲ Struttura reticolare metallica.



▲ Questa **tensostruttura** fa parte delle opere di riqualificazione del Porto Vecchio di Genova, progettate da Renzo Piano.

MiniTest

1. Quali sono i carichi propri? Quali quelli accidentali?
2. Da quali elementi è costituito il sistema trilitico?
3. Qual è il vantaggio dell'arco rispetto al trilito?
4. Quali sono le caratteristiche del calcestruzzo armato?
5. Cos'è una tensostruttura?

2

La struttura dell'edificio

In architettura si definisce "involucro" edilizio quella parte costruttiva e strutturale che delimita una porzione di spazio, l'interno dell'edificio, al fine di creare e mantenere condizioni ottimali per chi vi soggiorna. Serve a isolare ciò che sta all'interno da ciò che sta all'esterno, ad esempio dall'azione degli agenti atmosferici o di altri fattori come l'inquinamento e il rumore.

2.1 GLI ELEMENTI DELL'EDIFICIO

Gli elementi dell'edificio possono essere:

- le **strutture di fondazione**;
- le **chiusure esterne**: pareti esterne, porte, finestre, ecc.;
- le **partizioni interne**: muri e tramezzi interni, solai, ecc.;
- le **strutture di collegamento**.

Le strutture di fondazione

Le **fondazioni** hanno la funzione di ricevere i carichi provenienti dalla costruzione sovrastante e scaricarli sul terreno, con il quale sono a diretto contatto. La forma delle fondazioni dipende dal tipo di terreno e dalle caratteristiche della costruzione.

Le **fondazioni superficiali** o **dirette** sono quelle più comuni, utilizzate nel caso di edifici costruiti su terreni senza particolari problemi di resistenza: poggiano, infatti, su strati di terreno raggiungibili con semplici operazioni di scavo. Le fondazioni dirette vengono realizzate in base alla struttura portante dell'edificio e possono essere:

- **a plinti**: si utilizzano quando il terreno di fondazione è poco profondo e ha una resistenza elevata. I **plinti**, blocchi di calcestruzzo a forma di tronco di piramide, hanno la funzione di ampliare la base del pilastro per sopportare i carichi elevati. Per assicurare un maggiore legame tra i diversi plinti, vengono spesso collegati con cordoli in calcestruzzo armato.
- **a travi rovesce**: sono travi collocate nel terreno che collegano tra di loro tutti i plinti di fondazione. Caratteristica delle travi è quella di avere la forma di una "T" rovesciata.

Sono fondazioni più rigide dei plinti e ripartite: sono meglio le sollecitazioni su superfici di terreno più ampie. Sono particolarmente efficaci per contrastare i cedimenti differenziali del terreno e nella progettazione antisismica.

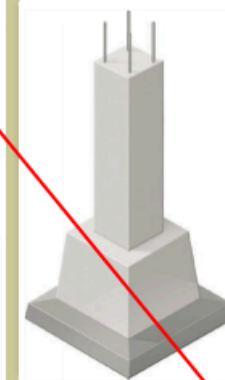


Fondazioni a travi rovesce. >

Ti aiuto a capire

GLI ELEMENTI DELL'EDIFICIO:

- **strutture di fondazione**
- **chiusure esterne**
- **partizioni interne**



▲ Plinto di fondazione.