

Sollecitazioni

Ogni costruzione è soggetta a sollecitazioni dovute a : variazioni di temperatura, neve,...

Vengono classificate secondo:

- modo in cui si esercitano →
 - dirette:
 - _ concentrate
 - _ distribuite → uniformemente o non uniformemente
 - indotte
- risposta strutturale → statiche (no accelerazione) o dinamiche (producono accelerazione)
- variazioni di intensità nel tempo → cause permanenti, accidentali o eccezionali.

Sollecitazioni elementari

- Compressione → tende all'accorciamento e ad una deformazione laterale (aumenta).
- Trazione → tende all'allungamento e ad una deformazione laterale (restringe).

La forza va abbinata alla superficie sulla quale agisce → tanto più si estende tanto più si riduce l'azione della forza.

Sollecitazioni semplici

Azione combinata di trazione e compressione.

- Taglio → tende a far scorrere una parte di un corpo rispetto ad un'altra. Il taglio può essere considerato come l'effetto combinato di una trazione e una compressione ortogonali tra loro e agenti su piani a 45° dall'asse → un materiale con scarsa resistenza a trazione o compressione non ha buona resistenza a taglio e cede creando crepe. Non provoca variazioni di lunghezza ma solo deformazioni angolari. È dovuta ad una particolare applicazione di una coppia di forze che agisce su punti differenti con eguale intensità. Alla coppia di forze i materiali reagiscono con un'altra coppia uguale e contraria e disposta perpendicolarmente alla coppia iniziale. $Tensione = \frac{Peso}{Area}$.
- Flessione → tende all'incurvamento dei solidi. Provoca variazioni di lunghezza → sotto l'azione della flessione una trave incastrata viene sottoposta a trazione nella parte superiore e a compressione nella parte inferiore. Sull'asse/piano neutro (asse di simmetria) le particelle non sono soggette né a compressione né a trazione ed è lungo esso che la trave ruota. Le tensioni variano da zero (asse neutro) al valore massimo (parte superiore e inferiore). La trave è sottoposta ad un momento flettente → produce una rotazione. Il momento flettente è l'entità dello sforzo che sollecita le singole sezioni ed è massimo all'incastro. $Momento = Forza \times Braccio$. Freccia → abbassamento del solido. Dipende da: materiale impiegato, lunghezza corpo, disposizione carichi, disposizione trave rispetto ai carichi (l'altezza conferisce rigidità), forma trave.
- Torsione → tende a far ruotare le sezioni una rispetto all'altra sotto l'azione di forze uguali che agiscono nella stessa direzione ma con verso diverso. Sotto l'azione della torsione un cilindro non subisce variazioni lungo l'asse neutro (corrispondente al centro del cerchio) ma si verifica nella zona perimetrale quindi si concentra il materiale lungo il perimetro e la zona interna è cava.
- Carico di punta → si verifica solo in certi corpi (corpi snelli → le dimensioni in altezza sono esorbitanti rispetto alle dimensioni della sezione di base, es: pilastri, mensole balconi). Si verifica a seguito di un punto di applicazione della forza particolare → oltre un certo carico (carico critico che agisce solo in compressione) il corpo non si accorcia ma tende ad inflettersi lateralmente lungo la sua lunghezza → si verifica perché la forza applicata non agisce lungo l'asse geometrico. I materiali hanno un'omogeneità imperfetta tale per cui l'asse di simmetria è spostato e genera eccentricità che

generano momenti che determinano l'incurvamento. Si concentra il materiale nella zona dove l'eccentricità è massima (sezioni cave).

Carichi non assiali

- Pressoflessione → pressando un corpo il corpo tende a flettersi. Se la forza è esterna ad una sezione del solito si combinano compressione e trazione. Se è interno c'è solo compressione (nocciolo centrale d'inerzia → parte che circonda l'asse di simmetria in cui si verifica una sola sollecitazione).

Carico permanente

Peso proprio della struttura + peso di tutti i carichi che gravano permanentemente su di essa. Si attribuisce alla struttura un peso che costituisce il carico permanente sulla base dell'esperienza. $P = V \times d \text{ Kg}$ → la densità è un valore stabilito sperimentalmente a seconda del materiale → 1800 per laterizio, 600 per legno, 2400 per calcestruzzo, 7850 per acciaio, 2600 per alluminio.

Carichi accidentali

Carichi mobili o agenti naturali → variabile. Si stabiliscono dei valori a seconda delle funzioni a cui è destinata la struttura. Si esprime in KN/m². I sovraccarichi dipendono dalle condizioni climatiche, dalla morfologia degli edifici e dalla scabrosità superficiale (Pianta).

Azioni termiche

- Variazioni dimensionali → $dilatazione = coeff. dilatazione termica \times \Delta T$. Bisogna assecondare la variazione dimensionale intervenendo sulle condizioni di vincolo.
- Variazioni morfologiche → bisogna fare in modo che la struttura sia libera di muoversi.

Condizioni di equilibrio

- Traslazione (verticale e orizzontale) → c'è equilibrio se la risultante delle forze è zero.
- Rotazione → non è sufficiente che la risultante sia zero, variando la distanza dai punti di rotazione ai punti di struttura si può avere equilibrio se le forze sono diverse e si può non avere anche se sono uguali. C'è rotazione quando c'è il momento ($Momento = F \times b$)

1° legge dinamica → un corpo è in quiete fin tanto che non gli si applichi una forza → il corpo è in equilibrio.

3° legge dinamica → un corpo è in quiete se la risultante delle forze applicate è uguale a zero → ad ogni azione corrisponde una reazione uguale e contraria.

Composizione di forze

Nella progettazione si ha a che fare con forze concorrenti in un punto. Le forze sono forze che concorrono in uno stesso punto ma non agiscono sulla stessa direzione. Un corpo sottoposto a due forze con direzioni perpendicolari (o concorrenti) è come se agisse sotto l'effetto di una forza costituita dalla diagonale del quadrilatero costituito dalle due forze.

Vincoli

Applicati in punti determinati riducono la possibilità di movimento che hanno i corpi. Affinché un elemento strutturale non si stacchi dal supporto occorre che alla forza si opponga nel vincolo una forza uguale e contraria (equilibrio esterno). I vincoli più comuni sono:

- Carrello → consente una traslazione orizzontale e una rotazione.
- Cerniera → consente una rotazione.
- Incastro → impedisce ogni movimento.

Deformazione

Ogni corpo soggetto ad un carico si deforma → solitamente non visibile. Non esiste un corpo perfettamente rigido.

Deformazione = Allungamento (accorciamento) × lunghezza originaria. È indispensabile che un corpo sottoposto ad una forza subisca una deformazione che non aumenti indefinitamente e che la deformazione della struttura cessi quando termina l'azione del carico.

- Comportamento elastico → il corpo torna alle sue condizioni iniziali quando la deformazione è direttamente proporzionale al peso (legge di Heoke).
 - Lineare o proporzionale → forza e deformazione sono direttamente proporzionali.
 - Parabolico o non proporzionale → quanto meno le forze crescono le deformazioni corrono più rapidamente.
- Comportamento plastico → la forza produce una deformazione permanente.
- Comportamento complesso → il corpo subisce una fase di comportamento elastico e una di comportamento plastico, fino alla rottura. Tra la fase elastica e la plastica abbiamo il punto di snervamento (comporta grosse deformazioni permanenti). Il carico di rottura è un carico inferiore al carico massimo che rompe il corpo perché questo ha subito delle deformazioni che ne hanno modificato il comportamento. Si verifica uno scorrimento di strati che slittano e che comporta una contrazione locale del materiale.
- Comportamento fragile → si passa dalla fase elastica alla rottura senza nessuna fase plastica, sotto l'azione violenta di un carico. Si verifica una separazione di strati adiacenti di atomi (si possono far combaciare le parti rotte).

Coefficiente di sicurezza → è necessario evitare la formazione di deformazioni permanenti, non si può ammettere che una struttura si snervi e occorre prevedere che i materiali vengano impiegati entro i limiti di elasticità → i coefficienti di sicurezza variano a seconda del materiale, esprimono il denominatore di una frazione che a sua volta esprime quella parte del carico di snervamento/rottura oltre la quale non è ammissibile il funzionamento di una struttura.

Temperatura

Influenza la resistenza strutturale → a temperatura elevata i materiali scorrono plasticamente e lentamente. A temperature basse sono elastici e fragili. Qualunque materiale ha delle variazioni comportamentali a seconda di determinate condizioni d'impiego.

Modulo di elasticità (E)

Ciascun materiale reagisce in maniera specifica alle diverse sollecitazioni. Il modulo di elasticità è il carico P teorico capace di allungare un filo della sezione di 1 cm² fino al doppio della sua lunghezza iniziale. Si indica con Kg/cm². L'allungamento è dovuto a carico applicato, lunghezza del filo e sezione del filo. $E = \frac{\text{tensione unitaria}}{\text{allungamento unitario}}$.

Trasmissione carichi → i carichi gravano su strutture orizzontali → li trasferiscono alle strutture verticali → li trasferiscono a strutture fondazione → li trasferiscono a terreno. Sulle strutture verticali gravano anche strutture di contenimento che trasferiscono carichi alle fondazioni.

Terreno

Deve essere inteso come un materiale da costruzione (anelastico e composto).

1. Humus (carico di portanza 0 kg/cm²) → ricco di sostanze organiche, va asportato.
2. Terreno di riporto (carico di portanza 0) → va asportato.
3. Sabbia grossa + ghiaia (carico di portanza 2-3)
4. Roccia compatta (carico di portanza 16-20)
5. Argilla solida (carico di portanza 1-2)

Nei terreni meno resistenti si tende ad allargare la base fondale per distribuire il carico e con questa aumenta anche la profondità. La base deve essere tanto minore quanto più si è vicini a edifici già costruiti perché le forze agiscono anche lateralmente.

Classificazione:

sulla base della capacità resistente:

- Buoni → rocciosi, ghiaiosi, argillosi asciutti.
- Mediocri → argillosi sabbiosi, argillosi umidi.
- Cattivi → sabbiosi paludosi, vegetali.

Terreni rocciosi → resiste oltre i 15 Kg/cm², no sottofondo cedevole, strati orizzontali.

Terreni sabbiosi o ghiaiosi → resistono fino a 5 Kg/cm², grande spessore, diametro granuli elevato, non attraversato da falde acquifere.

Terreni argillosi → resistono fino a 2 Kg/cm², non interessato da infiltrazioni d'acqua.

$$Pressione unitaria = \frac{Carico\ critico}{area} \rightarrow$$

$$\sigma = Pressione\ unitaria / Grado\ di\ sicurezza.$$

Diffusione pressioni nel terreno

Avviene secondo curve di uguale pressione (isobare) di forma bulbare → il valore della pressione sulle isobare è valutato in percentuale della *pressione unitaria = forza/area*.

Due tipi:

- Isobara che separa zone interessate da deformazioni elastoplastiche (C) da elastiche (B) → 20% di pressione su carico medio.
- Separa deformazioni elastiche (B) da zona inerte (A) → 0% pressione su carico medio.

Scavi

1. Ripristino scavo
2. Aspirazione acqua
3. Puntellamento scavo

Quando il terreno è resistente e profondo si può sfruttare lo scavo per costruire piani interrati. Nei terreni in declivio per l'eliminazione delle acque piovane si realizzano vasche di intercettazione a monte degli edifici. Attraverso gli scavi si può modellare il terreno per adattarlo all'edificio → realizzare fondazioni a gradoni per limitare i movimenti del terreno.

- Solaio controterra → 3 modalità:
 - Distacco → il terreno non influisce
 - Attacco discreto → parzialmente sopraelevato → per impedire infiltrazioni si realizza igloo (strato portante in c.a + pannello termoisolante + massetto in cls alleggerito + letto di malta + pavimento)

- Attacco continuo → a contatto con il terreno → per impedire infiltrazioni si realizza gattaiolato (cls magro + guaina bituminosa + muretti di sostegno + tavellone + massetto in c.a. + massetto in cls alleggerito + letto di malta + pavimento).

Fondazioni

Hanno il compito di trasmettere al terreno il peso globale della costruzione senza che si verificino cedimenti. Fattori da controllare: rigidità struttura portante, morfologia struttura, tipologia struttura e caratteristiche terreno. Qualsiasi sia il tipo di fondazione si hanno problemi derivanti dall'acqua del terreno:

risalita d'acqua per capillarità → acqua presente nel terreno migra verso le fondazioni + vasi capillari vengono ostruiti → acqua ristagna e risale → distacchi.

Cordolo → apparecchiatura tra la fondazione e la muratura superiore; funge da barriera con l'acqua presente nel terreno.

Dirette

Trasmettono il carico direttamente al terreno di fondazione (terreno resistente):

- Continue → la struttura in elevazione è continua (costituita da murature portanti). Per diminuire la pressione unitaria prodotta dai carichi si allarga la base fondaria.
 - Ordinarie → fondazioni economiche e di semplice esecuzione realizzate solitamente con lo stesso materiale della struttura muraria di elevazione. Lo spessore delle murature di fondazione deve essere sempre maggiore rispetto a quello delle murature di elevazione. Possono essere in cls non armato (A) (per terreni con buona portanza, devono essere molto tozze per rendere trascurabili sollecitazioni di flessione e taglio) o in cls armato (B) (per terreni meno resistenti, occorre allargare la base fondale o si producono sollecitazioni dannose di taglio e flessione).
 - A travi rovesce → realizzate per strutture puntiformi. Deve rispondere a sollecitazioni di movimento, taglio e compressione. Il terreno non è omogeneo quindi le travi rovesce hanno bisogno di cordoli di collegamento (A) per evitare sollecitazioni dannose oppure si costruiscono travi rovesce incrociate (B).
 - A platea → realizzate per strutture puntiformi quando a causa della bassa portanza dei terreni occorre realizzare bassi fondali molto larghi che lascino tra trave e trave sottili diaframmi di terreno.
- Discontinue → struttura in elevazione discontinua (a pilastri o colonne). Si usano quando il terreno ha buone caratteristiche di resistenza e uniformità. I carichi di ogni pilastro vengono trasmessi al terreno in modo autonomo. Si usano i cordoli per collegare la struttura evitando eventuali cedimenti differenziali.
 - Plinti inerti → struttura in cui le sollecitazioni di trazione e flessione sono affidate al cls. Si usa una modesta armatura per assorbire piccoli cedimenti del terreno.
 - Plinti flessibili → le sollecitazioni sono modeste quando la congiungente le basi esterne del pilastro e del plinto è $< 55^\circ$ → integrare il cls con armatura che assorba le sollecitazioni di flessione e taglio.
 - Plinti in acciaio → si usano quando la struttura ha travi in acciaio. Costituiti da organo di prima diffusione del carico unitario (piastra in acciaio) e organo di seconda diffusione del carico (plinto in calcestruzzo).
 - Plinti zoppi → si usano quando si è ai confini di una proprietà o con edifici aderenti. Problemi: carico eccentrico + influenze reciproche con opere fondali attigue (sovrapposizione pressioni).

Indirette

Hanno bisogno di ricorrere a strutture intermedie per raggiungere in profondità il terreno fondabile (terreno poco resistente + terreno resistente in profondità). Si usano per strutture continue ma anche puntiformi.

- Pali → (armare il terreno) si usano in caso di terreni incoerenti:

- Infissi → posti in opera mediante battitura senza asportazione del terreno → infissione per battitura del tubo forma + getto di cls + estrazione tubo + costipazione cls.
- Trivellati → trivellazione e asportazione del terreno → il tubo forma è fatto discendere in un foro realizzato preventivamente.
- Battuti → realizzati fuori opera (in legno, C.A. oppure acciaio).
- Appoggiati → se la palificata ha lo scopo di raggiungere uno strato molto solido a profondità nota. La portanza è dovuta alla resistenza a compressione del terreno. Se i pali non sono troppo vicini si può dire che la portanza globale è uguale alla somma della portanza dei singoli pali.
- Sospesi → il carico che il palo può sopportare in condizioni di sicurezza (portanza) è dovuto all'attrito laterale (importante la forma del palo).
- Idrauliche → si utilizzano in presenza di notevoli masse d'acqua che non consentono l'esecuzione di opere di scavo. si può agire abbassando la falda oppure deviandola con paratie (in presenza di terreni permanentemente invasi d'acqua). Quando il terreno non è impermeabile in superficie ed è necessario raggiungere a grande profondità strati resistenti si usano i cassoni (il cassone affonda per il suo peso proprio, si aspira l'acqua e si riempie di cls).

Strutture in elevazione

Trilite

Basato su un elemento orizzontale (architrave) appoggiato a due elementi verticali (piedritti).

Se l'architrave è molto rigido ($\frac{H}{L} = \frac{1}{3} \div \frac{1}{3} \rightarrow$ non subisce deformazioni) si può dire che

trasmette ai piedritti una azione verticale assiale che produce su di essi una compressione semplice. Per architravi molto lunghi bisogna adottare materiali con buona resistenza a flessione (legno, acciaio, c.a.) che si deformano elasticamente trasmettendo ai piedritti un'azione eccentrica che produce pressoflessione.

Struttura a Telaio

Basato sulla giunzione tra architrave e piedritti \rightarrow architrave e piedritti formano un insieme monolitico con una resistenza maggiore alle azioni orizzontali (sisma, vento). Attraverso i punti di unione (nodi) si trasmettono forze e momenti flettenti \rightarrow l'architrave è soggetto a meno sollecitazioni di flessione perché non può ruotare alle estremità e i piedritti assorbono le sollecitazioni di compressione e di flessione trasmesse dall'architrave \rightarrow architrave e piedritti devono resistere a compressione flessione e taglio.

Funzioni principali degli elementi costituenti

- Solaio \rightarrow sostiene carichi verticali e attraverso le travi li trasmette ai pilastri.
- Travi \rightarrow elementi strutturali che collegano i pilastri in orizzontale e sostengono il solaio. Possono essere principali (sostengono i carichi agenti trasferendoli alle strutture verticali) o secondarie (sostenute dalle principali). Possono avere sezione piena (profilo ad I, T, L, C, H) o alleggerita (profilo scatolare, a cassone o reticolare).
 - Travi in c.a. \rightarrow resiste alle sollecitazioni di compressione con il conglomerato cementizio e di trazione con l'acciaio. Le barre di armatura della trave sono integrate da tondini piegati e da staffe resistenti a taglio. Può essere rialzata (sporge al di sopra del solaio) o ribassata (sporge al di sotto del solaio).
 - Travi in acciaio \rightarrow a parete piena, ad elementi gemelli o reticolare.
- Pilastri \rightarrow elementi strutturali verticali che trasmettono i carichi alla struttura di fondazione. Sono sottoposti a carichi verticali e orizzontali, a sollecitazioni di sforzo normale, momento flettente e pressoflessione.
 - Pilastri in c.a. \rightarrow di forma quadrata o rettangolare (o circolare) con tondini in acciaio longitudinali disposti ad angolo. L'armatura longitudinale (barre e tondini) resiste a trazione ed è completata da un'armatura trasversale costituita da staffe di piccolo diametro per evitare la dilatazione del pilastro e l'inflessione dei tondini. Il numero minimo di barre dell'armatura longitudinale è 4 (forma quadrata) o 6 (forma circolare). La staffatura può essere discreta oppure continua (a spirale) \rightarrow le staffe devono essere chiuse e conformate in modo da contrastare gli spostamenti dell'armatura longitudinale. Struttura vantaggiosa per edifici fino a 30 piani (per edifici più alti ci vorrebbe un ingombro di base non più vantaggioso).
 - Pilastri in acciaio \rightarrow si utilizzano per edifici più alti di 30 piani o con luci libere e molto ampie. Può essere formato da profili chiusi, quadrati o rettangolari.

Pilastro composto in acciaio → formato da unione di elementi gemelli a C o a doppia T.

- Pilastri arretrati → consentono la realizzazione della facciata libera.
- Pilastri a filo facciata → disposizione più adottata, costituiscono parte della chiusura.
- Pilastri emergenti → garantiscono il massimo livello di flessibilità.

La trasmissione dei carichi dal solaio ai pilastri avviene mediante flessione resa possibile dalle travi.

Disposizione telai:

- Trasversale →
- Longitudinale →
- Incrociata →

Giunti di dilatazione

Le variazioni di temperatura e il ritiro del cls generano nelle strutture in c.a. delle tensioni secondarie interne → lesioni → si possono prevedere delle soluzioni di continuità strutturale (giunti di dilatazione) → vengono realizzati mediante il raddoppio dei pilastri oppure in corrispondenza delle travi di solaio che si raddoppiano.

Arco

Trave curva resistente a compressione. Per ridurre la spinta ($\frac{p}{2} \cos \alpha$) si può aumentare il numero di conci che devono seguire un particolare andamento curvilineo (curva delle pressioni) in modo da risultare soggetti solo a compressione → forze interne al terzo medio → stabilità dell'arco. Stessa cosa per i piedritti → se non sono stabili si impiega la catena, contrafforte oppure si rialza il sesto dell'arco.

Centina → struttura temporanea per il sostegno e la formatura di archi e volte.

Strutture verticali continue (Murature)

Sono realizzate con elementi tecnici aventi lo scopo di sorreggere carichi trasmettendoli direttamente alle strutture di fondazione.

Dividono l'interno dall'esterno e mantengono il microclima di benessere interno. Le tecniche e i materiali usati dipendono dal risultato che si vuole ottenere → ricerca tecnologica per limitare il dispendio di energia e calore.

Anticamente stratificazioni di pietra e mattone, ora più strati che rispondono a diversi requisiti → svolta con Le Corbusier (il muro diventa solo tamponamento tra pilastri) → pilotis, cambia il concetto di muratura (più leggera e permette maggiore libertà di progettazione). Muro/facciata = involucro → regolazione scambio termico con l'esterno e luminosità. Possono essere portanti (funzioni strutturali nei confronti della struttura di elevazione orizzontale) o non portanti (funzione di tamponamento).

Requisiti:

- Benessere → permeabilità aria, tenuta all'acqua, isolamento termico (stratificazioni pareti), cercare di avere le pareti fredde (uso materiali isolanti).
- Sicurezza → uomo protetto dall'esterno, stabilità e protezioni dall'esterno, le pareti devono resistere al loro peso, resistenza ai pesi sospesi, resistenza meccanica ai pesi dinamici (vento, sisma), resistenza agli urti, in caso di incendio, a deformazione, a intrusione e sicurezza dalle esplosioni.
- Aspetto → soggettivo, dipende dal progettista.
- Fruibilità → integrazione tra impianti.
- Gestione → durabilità del manufatto, resistenza a sollecitazioni senza provocare degradi.

Murature in pietra

La resistenza è condizionata dalla forma e dalle dimensioni degli elementi.

- Muratura in pietrame montato a secco → realizzate con pietrame di differente pezzatura senza lavorazioni preliminari e senza uso di leganti. Il muro è costruito disponendo i conci di pietra con il lato lungo per piano e sfalsandoli. Scarsa resistenza a compressione → non può essere usato per altezze maggiore di 1,60 m e spessore non inferiore a 30/50cm.
- Muratura in pietrame e malta → realizzate con pietrame di differente pezzatura senza lavorazioni o semplicemente sbizzato. Gli inerti vengono bagnati con acqua in modo che a contatto con la malta non ne sottraggano l'acqua dell'impasto. La resistenza di tale muratura consente di raggiungere altezze rilevanti.
- Muratura in pietra da taglio → realizzate in pietre squadrate di forma parallelepipedica (conci) disposti con posa a fascia o di testa, regolare o irregolare. Questa muratura non va intonacata e li lascia a vista.

Murature in laterizi

La resistenza dipende dalle caratteristiche meccaniche dei laterizi e della malta impiegata.

- Murature in mattoni → dimensione mattone U.N.I: spessore 5,5, larghezza 12, lunghezza 25. Le disposizioni principali sono a spessore (giacitura di faccia lasciando a vista la costa), in chiave di punta (giacitura di faccia con testa a vista), a croce (giunti dei filari in spessore sfalsati di mezza lunghezza), gotica (in ogni filare alternati un mattone in chiave e uno a spessore). Importante sfalsare i mattoni, bagnarli fino a saturazione per impedire l'assorbimento dell'acqua della malta e la costruzione per strati orizzontali. Realizzazione di strati di malta tra un mattone e l'altro di circa 1 cm.
- Murature in blocchi → vengono utilizzati nelle pareti portanti perimetrale per l'elevata capacità portante e la resistenza termica. Per aumentare le capacità portanti i blocchi possono essere dotati di cavità nelle quali inserire tondini in acciaio (muratura ad armatura concentrata).

Murature in calcestruzzo

Il calcestruzzo può essere gettato in casseforme oppure utilizzato per la realizzazione di blocchi o pannelli prefabbricati.