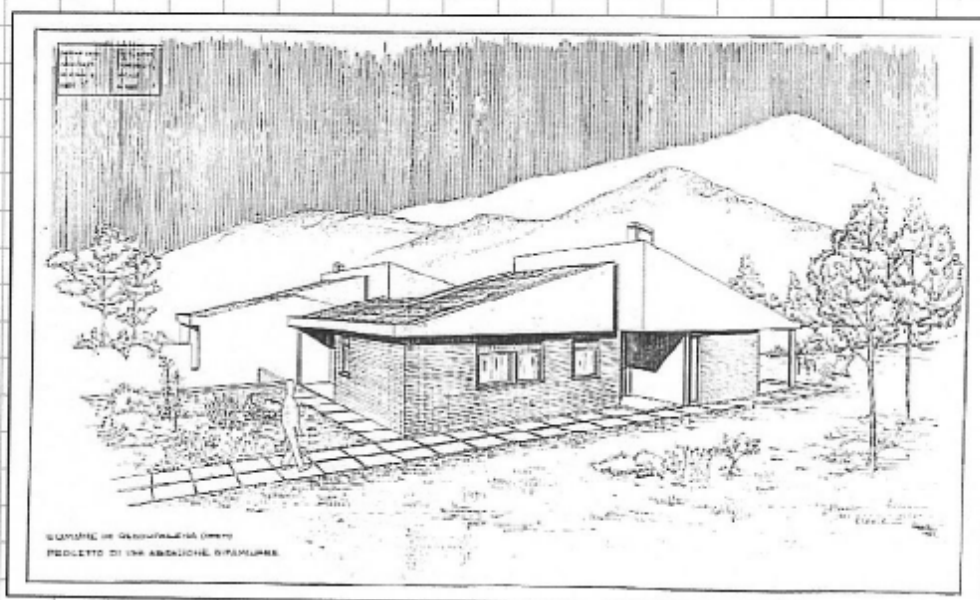


Prof. Arch. Domenico Natale

* * *

APPUNTI DI DISEGNO E PROGETTAZIONE



PARTE I

ISTITUTO TECNICO STATALE PER GEOMETRI

"C. MATTEUCCI"

ROMA

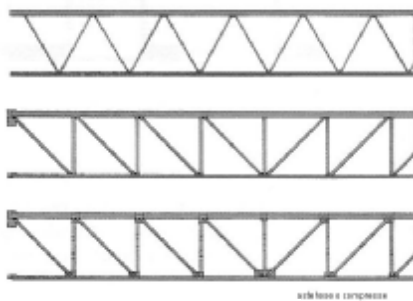
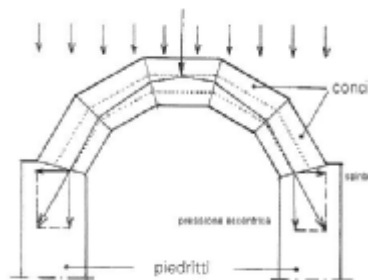
I SISTEMI COSTRUTTIVI

L'insieme degli elementi strutturali che compongono un fabbricato, la disposizione e la forma delle sue parti, dipendono da vari fattori: dai materiali impiegati e dalla tecnica costruttiva.

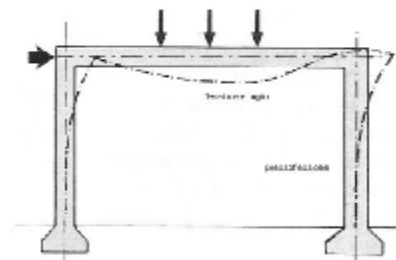
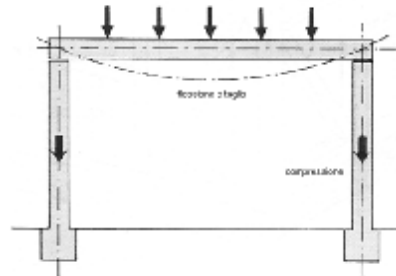
A. Riguardo al funzionamento statico abbiamo

- Ø Sistemi a tralite
- Ø Sistemi spingenti (archivoltati)
- Ø Sistemi a telaio (o a gabbia)
- Ø Sistemi reticolari e tensostrutture

Statica
dell'arco



Strutture reticolari



Confronto tra tralite e telaio



tensostruttura

B. Riguardo ai materiali abbiamo:

- Ø costruzioni in legno
- Ø costruzioni in pietra o laterizio
- Ø costruzioni in calcestruzzo armato
- Ø costruzioni in acciaio

C. Riguardo alla tecnica costruttiva abbiamo:

- Ø strutture in muratura portante (muri maestri e di spina)
- Ø strutture a scheletro o a gabbia (pilastri e travi)
- Ø strutture a setti (pareti portanti parallele)
- Ø strutture prefabbricate (elementi lineari, piani, tridimensionali)
- Ø strutture miste

GLI ELEMENTI COSTRUTTIVI

Gli elementi costruttivi sono le parti strutturali che compongono l'edificio e che formano il sistema costruttivo.

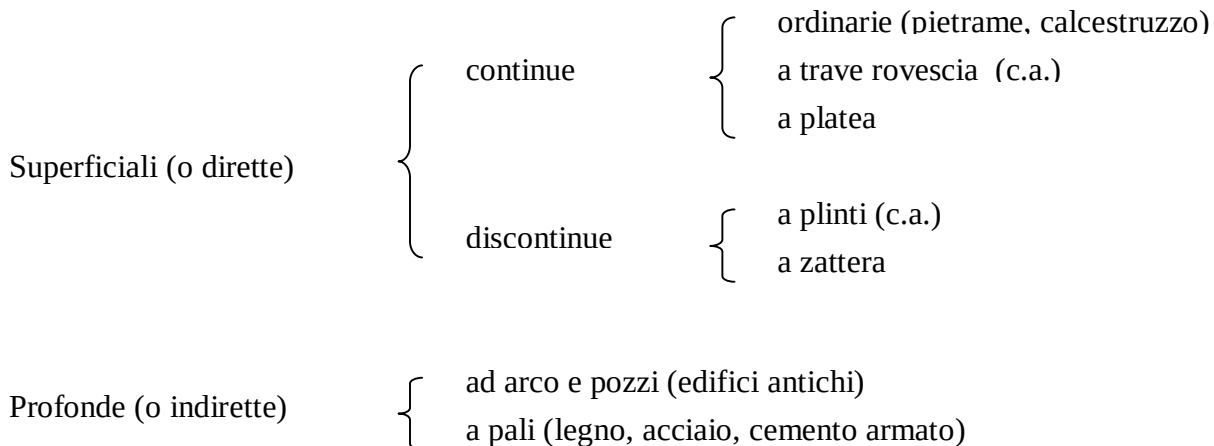
a) Opere strutturali

Sono le opere necessarie alla stabilità della costruzione:

§ fondazioni:

opere attraverso le quali si scaricano sul terreno i carichi gravanti sulla costruzione

Si distinguono in



§ Strutture portanti verticali (o di elevazione)

Hanno il compito di sostenere la costruzione e trasmettere i carichi alle fondazioni, Consistono in: murature portanti, setti portanti, colonne, pilastri in c.a., elementi strutturali misti.

§ Muratura perimetrale e tramezzi

I muri perimetrali prima avevano una funzione portante, oggi hanno più spesso una funzione di sola chiusura e di protezione dagli agenti atmosferici.

I tramezzi hanno solo funzione di divisione interna..

Le murature possono essere:

- in pietra (ciclopica, pietrame, conci squadriati, blocchetti di tufo o cemento)
- in mattoni (pieni, semipieni, forati blocchi, a cassa vuota)
- di getto (in calcestruzzo)
- a pannelli prefabbricati

§ Strutture portanti orizzontali (orizzontamenti)

Hanno il compito di sorreggere i pavimenti della costruzione, ovvero di consentire il calpestio.

Possono essere:

- volte (in pietra, mattoni, cemento armato)
- solai (in legno, acciaio, cemento armato, latero-cemento gettato in opera o a travetti prefabbricati, predalle, pannelli, misti)

§ Coperture

Sono l'insieme delle opere che servono per la protezione dell'edificio dagli agenti atmosferici. Esse sono:

- tetti inclinati a falde
- terrazze praticabili o non praticabili.

b) Opere di finitura

Consistono nelle opere necessarie a dare alla costruzione un aspetto estetico e funzionale soddisfacente.

- Intonaci. Strato di malta che si stende sulla muratura al rustico per migliorare le caratteristiche estetiche e di isolamento protettivo.

- Soffitti. Intonaco o elementi posti all'intradosso (controsoffitto) del solaio o della volta con lo scopo di migliorare l'aspetto estetico e funzionale (lasciando eventualmente un'intercapedine).
- Pavimenti. Costituiscono lo strato di usura (calpestio) che si sovrappone ai solai e alle volte per rendere agevole il cammino.
- Rivestimenti. Materiali sovrapposti alla muratura al rustico o all'intonaco con il compito di migliorare l'aspetto estetico e funzionale della parete.
- Davanzali, stipiti, soglie. Elementi in pietra, marmo, legno o altro materiale, che incorniciano le aperture.
- Serramenti esterni (infissi). Sono così detti i portoni, portoncini, le finestre e portafinestre, le persiane e gli avvolgibili.
- Serramenti interni. Sono le porte interne, le vetrate e in genere le separazioni non murarie degli ambienti interni.
- Opere da vetraio. I vetri in genere e le tecniche di posa in opera.
- Opere in ferro. Opere in cui è usato l'acciaio: ringhiere, cancelli, griglie, recinzioni, ferramenta varie.
- Opere da lattoniere. Sono le opere complementari alle coperture: grondaie, pluviali, discendenti, converse, bocchettoni.
- Opere in legno (o da falegname). Opere di finitura eseguite in legno: cassonetti per soffitti, cornici, zoccolini, parapetti, rivestimenti e le stesse porte e finestre. Opere da decoratore. Comprendono le tappezzerie in stoffa o carta, le opere di pittura e verniciatura, gli stucchi e cornici.

c) Impianti tecnici.

- Impianto idraulico ed igienico-sanitario. Impianto per l'approvvigionamento idrico e per lo smaltimento dei liquami.
- Impianto di riscaldamento e condizionamento. Sono impianti a circolazione d'acqua o d'aria con generatore di calore (caldaie, pompe di calore) e radiatori o piastre radianti, termoconvettori, pannelli radianti e serpentine a pavimento,, ventilconvettori (fan-coil), impianti centralizzati di condizionamento o condizionatori autonomi (split).
- Impianto elettrico, telefonico, televisivo, elettronico.
- Impianti antincendio con allarmi, rilevatori di fumo e di fiamma, impianti fissi di estinzione (sprinkler), idranti.
- Impianti di ascensore e montacarichi, servoscala (per il superamento di barriere architettoniche).

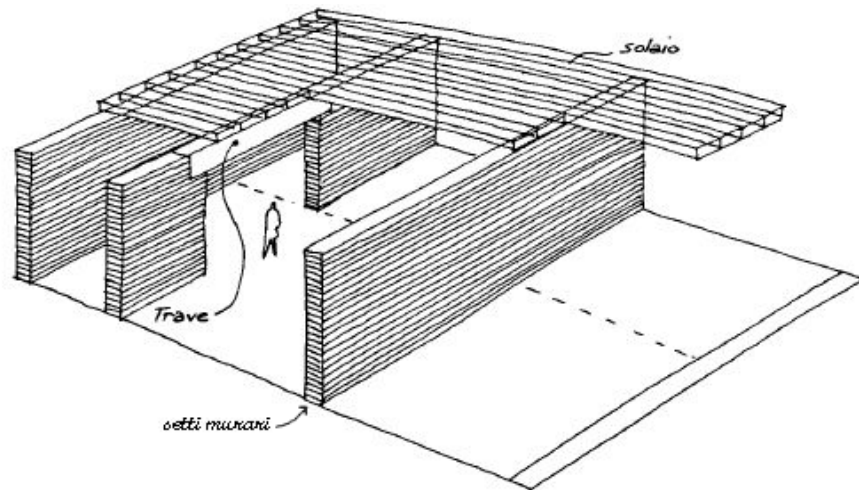
d) Opere esterne.

Sono le opere varie di sistemazione esterna: marciapiedi, scale esterne, cortili, fontane, recinzioni, strade in genere, parcheggi, spazi verdi.

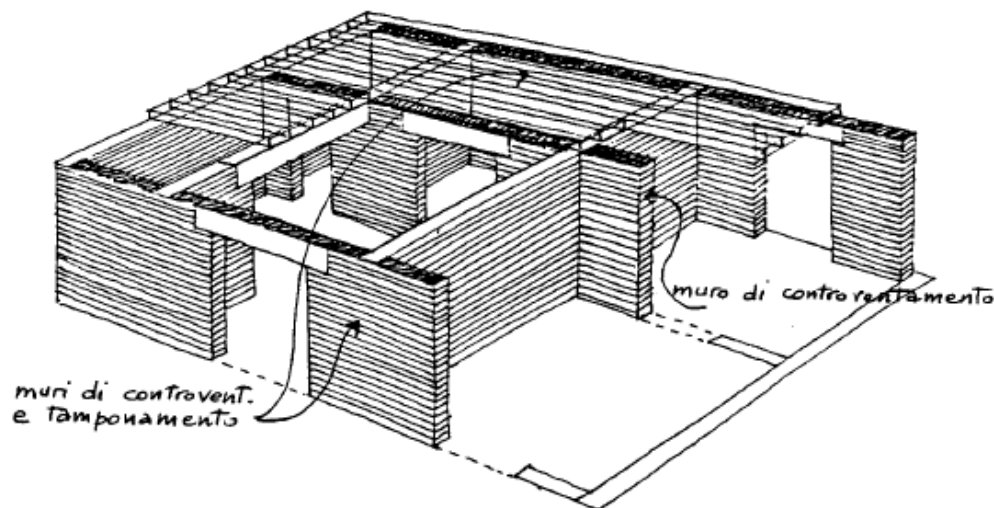
Strutture.

La struttura portante di una casa è normalmente in muratura o a gabbia di cemento armato, salvo rare eccezioni (strutture metalliche, lignee, miste).

Una struttura in muratura portante è composta da una serie di *setti murari paralleli* che sostengono i solai orizzontali; i setti possono essere interrotti da aperture di porte e finestre ma devono essere collegati da travi, per fornire un appoggio continuo ed ininterrotto ai solai.

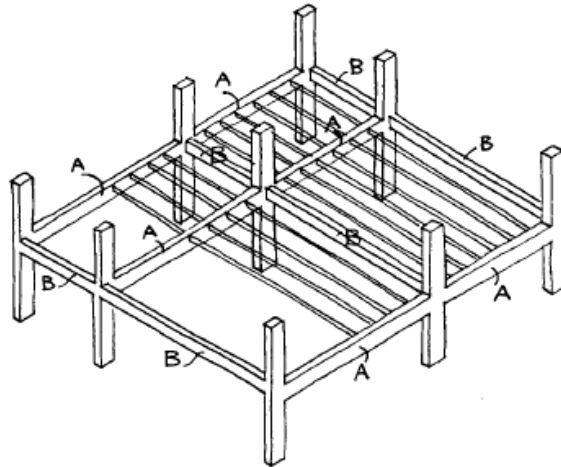


Per un buon funzionamento statico, dovuto alla capacità di opporsi alle spinte orizzontali, in particolare quelle sismiche, altri setti murari devono essere disposti ortogonalmente a quelli portanti, per fornire un irrigidimento alle strutture; queste murature, che non hanno la funzione di portare i solai, si chiamano di *controventamento* e possono anche svolgere funzioni di tamponamento; una struttura così composta si chiama "**scatolare**".

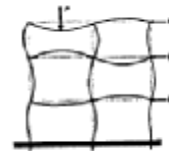


I muri di tamponamenti e i tramezzi non hanno alcuna funzione statica.

Una struttura a scheletro o a gabbia in c.a. analogamente è formata dall'unione di strutture a *telaio* parallele, in cui le travi (A) portano i solai, collegate da altre travi orizzontali (travi di bordo) (B) che sono normalmente di minor altezza e che servono per irrigidire la struttura.

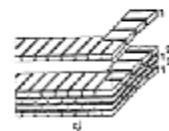
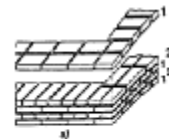


La struttura gabbia è intrinsecamente più omogenea e continua in quanto ogni elemento (pilastro, trave) è solidale agli altri e collabora alla resistenza del tutto, come si intuisce dai diagrammi di deformazione dei telai. Quindi le strutture a gabbia sono più snelle di quelle murarie; però elasticità ed omogeneità le rendono anche buone conduttrici di suono e calore (e questa è una caratteristica negativa).



a -Muri portanti

I muri portanti sono murature su cui poggiano altre strutture (solai, coperture, altri muri in elevazione). Lo spessore di queste murature dipende dal carico sostenuto e quindi anche in funzione dell'altezza del muro sovrastante; per questo i muri hanno una rastremazione (restringimento) dal basso verso l'alto, che può essere trascurata in edifici di limitata altezza. Normalmente in piccole case lo spessore delle murature portanti è di circa 20-30 cm costante per tutta l'altezza; questo si ottiene disponendo i mattoni a due teste, ma sempre a giunti sfalsati (a blocco o in chiave).



Queste murature hanno però scarse capacità di coibentazione termica, per cui quando i muri portanti sono disposti con una faccia verso l'esterno della casa essi devono diventare:

b-Muri portanti coibentati, cioè associati ad uno strato coibente (con o senza intercapedine) e ad una muratura leggera (in mattoni forati o altro), disposta sul lato interno della casa; in tal caso lo spessore totale è di 35-40 cm se sono mattoni, blocchetti in c.a. o tufo; di 25-30 cm, se sono setti in c.a.).

c-Muri di tamponamento

Questi sono muri che chiudono la casa all'esterno; non hanno alcuna funzione portante, sono invece buoni coibenti termici se isolati.

Essi sono in genere composti da una muratura esterna solida (mattoni ad 1 testa, tufo, pannelli in c.a.) di ridotto spessore (12-15 cm), da una camera d'aria (sono i cosiddetti *muri a cassetta o cassa vuota*) o da un riempimento di materiale coibente leggero di circa 5-10 cm, e da un muro interno leggero di circa 8-10 cm; nell'insieme il loro spessore varia fra 30 e 35 cm; lo strato interno e quello esterno di queste murature sono collegati con elementi trasversali.

d-Tramezzi

Questi non hanno alcuna funzione portante e servono solo a dividere gli ambienti, all'interno della casa; si realizzano in mattoni forati, in pannelli di gesso e simili ed hanno uno spessore ridotto (10 cm, con l'intonaco).

A. MURI PORTANTI		SPESORE cm.	INSEGNO IN PIANTA -
MURO A 1 TESTA	MATTONI UNI O DOPPIO UNI O BLOCCHI IN CEMENTO	12-15	
MURO A 2 TESTE	MATTONI UNI O DOPPIO UNI	25	
MURO IN TUFO O BLOCCHI	TUFO DA 20 O BLOCCHI IN CEMENTO DA 20	20	
SETTO IN C.A.	C.A.	15-20	
B MURI PORTANTI COIBENTATI			
MURO A 2 TESTE COIBENT.	VUOTO O COIBENTE SPES. 5/10 FORATI O GESSO	35-40	
SETTO IN C.A. COIBENT.	VUOTO O COIBENTE SPES. 5/10 FORATI O GESSO	25-30	
MURO A 1 TESTA DOPPIO	MATTONI UNI O DOPPIO UNI VUOTO O COIBENTE SPES. 5/10	30-35	
C MURI DI TAMPONAMENTO			
MURO A 1 TESTA.	VUOTO O COIB. SPES. 5/10 FORATI O GESSO	30-35	
MURO IN TUFO	TUFO (12 cm.) VUOTO O COIB. SPES. 5/10 FORATI O GESSO	30-35	
D TRAMEZZI			
TRAMEZZO	FORATI O GESSO	10-15	

Pilastri e setti

Questi sono elementi portanti isolati: si chiamano pilastri se hanno una sezione orizzontale quadrangolare, setti se hanno una sezione rettangolare, con un lato molto più lungo dell'altro; la loro sezione varia in funzione della resistenza del materiale e del carico che sorreggono e della loro altezza.

Se sono realizzati in muratura grosse dimensioni: praticamente per un'altezza di 3-4 ml il pilastro è di circa 38 x 38 cm ed il minimo setto, sempre in mattoni, è di circa 25 x 50 cm.

Se sono realizzati in c.a., le loro dimensioni invece si riducono, ma non meno di 25 x 25 cm né minori di 30 cm di diametro (nel caso di pilastri tondi). Importante è l'altezza libera (per l'instabilità a carico di punta), per cui se un pilastro di 25 x 25 cm può essere sufficiente in una casa a tre piani, in cui ogni piano esso è solidale alle travi orizzontali; se però dovesse sostenere la copertura della casa con un'altezza libera di 10 ml senza collegamenti intermedi esso dovrebbe diventare assai più massiccio (per esempio, 45 x 45 cm).

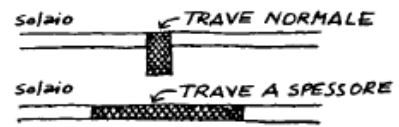
Si possono realizzare anche pilastri in metallo, se tutte o parte le strutture orizzontali (travi, solai, coperture) sono anche esse metalliche, con dimensioni normalmente non minori di 15 cm di diametro, se sono tubolari, o di 15 x 15 cm, se scatolari o HE.



Strutture orizzontali

Nella comune edilizia abitativa moderna si utilizzano prevalentemente strutture orizzontali (travi, cordoli e solai) in cemento armato. Qualche volta si usano solai in ferro, ad esempio nelle ristrutturazioni o quando si vogliono coprire luci grandi con strutture leggere come quelle costituite

Gli archi e volte sono il sistema tradizionale di realizzare strutture orizzontali associate a strutture murarie, ormai non più d'uso corrente; alcuni tipi di volte possano essere impiegate in configurazioni particolari di strutture in c.a.



travi

La trave è l'elemento primario delle strutture orizzontali correnti; la sua resistenza dipende dal carico e dalla sua distribuzione, dalla luce, dai vincoli, dal materiale costituente, nonché dal suo *momento d'inerzia*. Quest'ultimo fattore è connesso alle caratteristiche geometriche della sezione della trave e perciò è più indicato, in linea generale, adottare sezioni in cui l'altezza sia maggiore della larghezza.

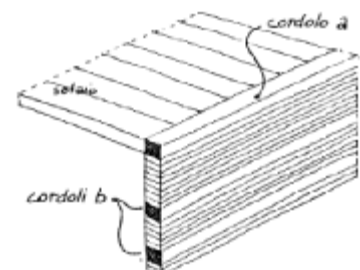
Queste travi normalmente sono dimensionate con una larghezza pari (o leggermente inferiore) a quella dei pilastri a cui sono vincolate o dei setti murari su cui poggiano: sono quindi larghe in genere 20-30 cm mentre la loro altezza dipende dal carico, dalla luce come sopra detto. Orientativamente nei solai ordinari l'altezza di una trave viene di massima valutata in $1/10 - 1/12$ della sua luce .

Per **architrave** si intende una trave posta sopra un'apertura (porta, finestra) in un setto murario; Sostanzialmente sono come delle travi, ma con un uso più frequente di elementi di metallo.

Diagram illustrating two types of architraves (architrave) used in masonry construction:

- Left Diagram:** Shows a brick architrave with a label *piattabande* pointing to the horizontal courses.
- Right Diagram:** Shows a brick architrave with a label *armatura in ferro* pointing to a horizontal reinforcement bar and a label *architrave: travetto in mattoni armati* pointing to the entire structure.

Elementi di regola in cemento armato, analoghi a travi, che formano delle strutture orizzontali di inigidimento e di collegamento. Sono disposti perimetralmente ai solai, lungo le direttrici di appoggio sulle murature portanti (-a-), oppure sono inseriti orizzontalmente (-b-) nelle stesse murature per irrigidirle e ripartire omogeneamente i carichi. Sono sempre appoggiate su murature ed hannou una limitata altezza di circa 20 cm..



Solai

Nelle comuni case di abitazione moderne si usano quasi esclusivamente solai in c.a. tradizionali (solai in *latero-cemento*), sia per i solai intermedi (A), sia per il solaio al piano terra (B) (un normale solaio sollevato dal suolo a formare una intercapedine, o un vespaio), sia per le coperture piane (C), che sono costituite da un solaio ricoperto da strati coibenti e di impermeabilizzazione, sia per la copertura a tetto (D), dove ancora un normale solaio viene disposto con la giacitura inclinata, associato eventualmente ad una breve soletta che realizza lo sporto del tetto, e ricoperto da uno strato coibente ed un manto di tegole.

Gli spessori complessivi al finito (solaio + strati di allettamento e pavimenti + coibentazioni + impermeabilizzazioni ecc.) sono diversi per i vari tipi: i solai ordinari delle case di abitazione sono all'incirca di 25 cm di spessore, ma specialmente i solai di copertura, una volta finiti, risultano assai più spessi degli altri (anche di 15-20 cm), non tanto per motivi strutturali, quanto per la presenza degli strati di coibentazione e impermeabilizzazione;

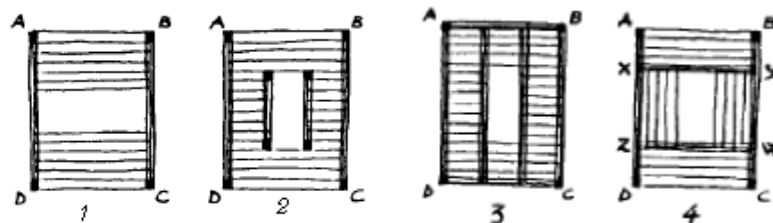
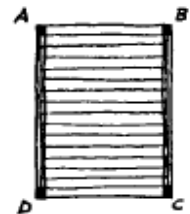
Solai in cemento armato tradizionali

Questi sono strutture miste, composte di *travetti* in c.a., gettati in opera o prefabbricati, con interposti elementi leggeri di laterizio (*pignatte*).

Lo spessore minimo dei solai in c.a. (al rustico) è valutato di massima in $1/25$ della luce, con un minimo di 12 cm o $1/30$ se costituiti da travetti precompressi.

Normalmente i travetti si dispongono secondo la luce minore e se la distanza degli appoggi è molto grande (più di 6-7 ml), non si possono più usare solai in c.a. normali e bisogna ricorrere a strutture più complesse ed onerose.

La disposizione dei travetti è importante nel caso di bucature da realizzare nei solai per i vani scale; infatti una buca che non taglia i travetti è assai facilmente realizzabile (1), in caso contrario occorre sostenere tutti i travetti monchi con due ulteriori strutture (muri, o travi) disposte ai suoi lati (2), oppure non resta che realizzare altre travi aggiuntive (3-4).



Solai in c.a. prefabbricati

Per luci più forti di 7-8 ml si possono usare solai ottenuti dall'assemblaggio di elementi prefabbricati (anche precompressi) di varia conformazione: pannelli a copponi ad U o a T, formando solai a sezioni nervate con varie altezze ed interassi.

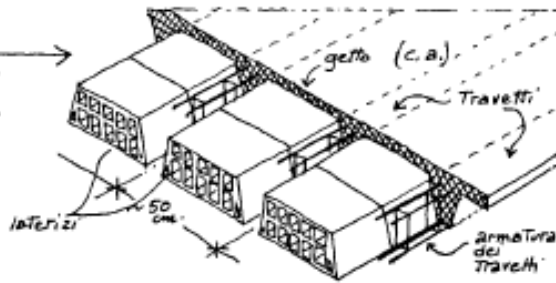
Solette

A differenza di tutti gli altri tipi di solaio, le solette sono lastre pressoché omogenee di cemento armato gettate su cassaforme piane, con una distribuzione interna dei ferri tale da garantirne la resistenza. Si usano normalmente in alcuni punti speciali quali scale e balconi. Sono strutture sottili (12-20 cm) per piccole luci, molto pesanti e molto elastiche.

TIPI DI SOLAIO IN C.A.

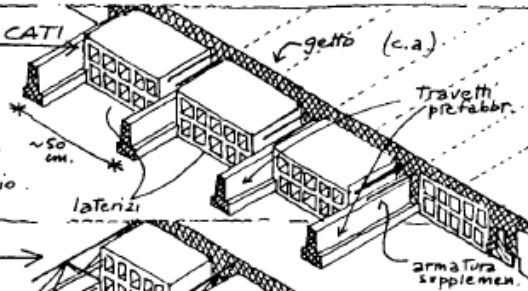
1. SOLAIO GETTATO IN OPERA

- il cemento viene gettato fra le file di laterizi e colma gli spazi fra esse, così si formano tanti Travetti paralleli —
- è necessario un Tavolato di appoggio



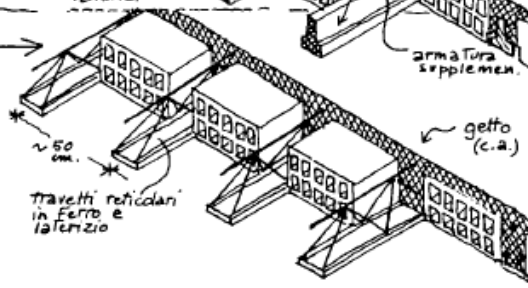
2. SOLAIO CON TRAVETTI PREFABBRICATI

- prima si posano i travetti, poi i laterizi, poi si colmano gli spazi con una gettata in c.a.; sistema più moderno di -1-, non necessita di tavolati d'appoggio.



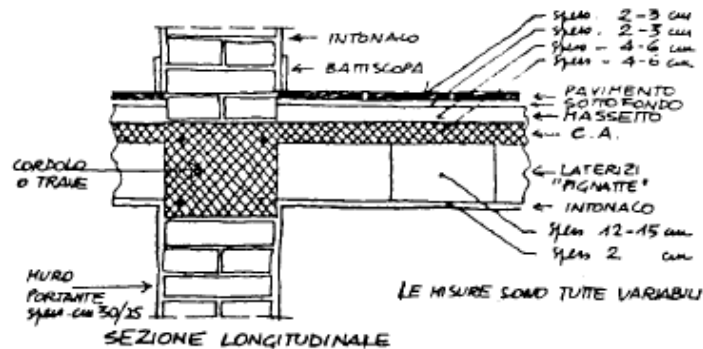
3. SOLAIO CON TRAVETTI RETICOLARI

- sistema analogo a -2-



luce max 7-8 ml. (tipi 1-2-3-)

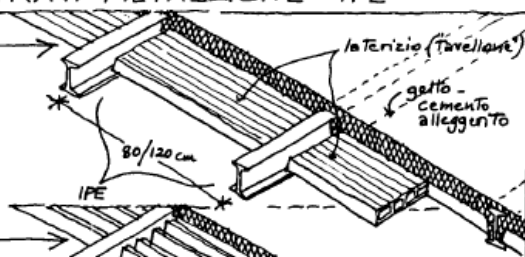
h. variabile da 16 a 24 cm. (tipi 1-2-3)



TIPI DI SOLAIO CON TRAVI METALLICHE - IPE

1- SOLAIO CON "TAVELLONI"

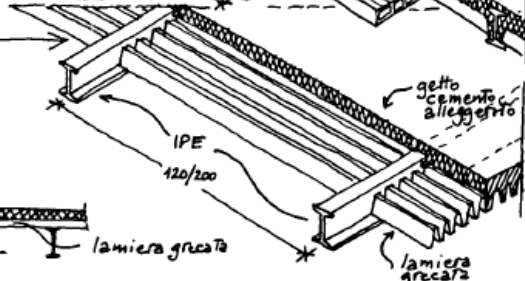
- per luci fino a 6-7 ml;
- IPE h. 12/20



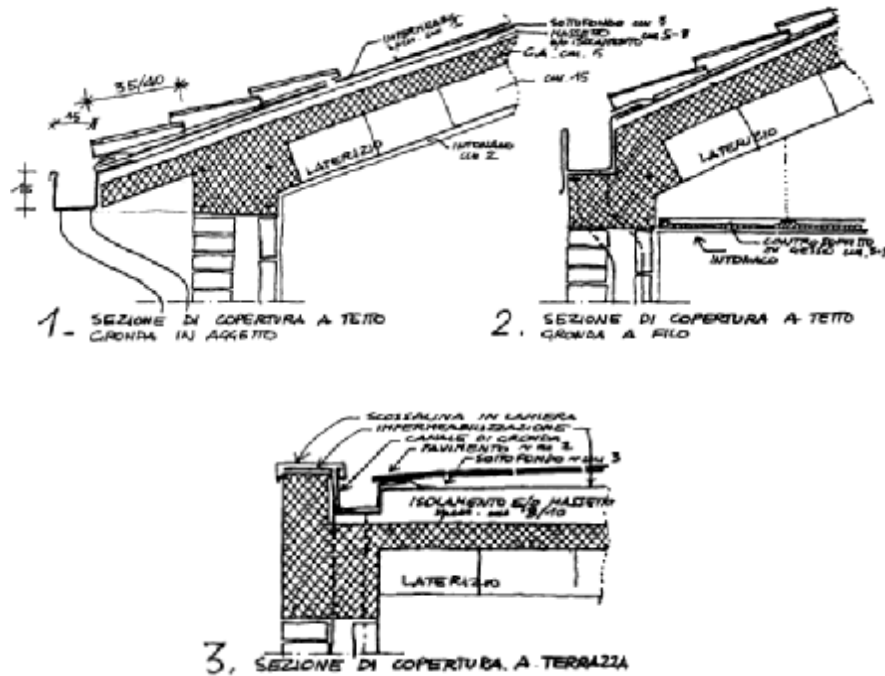
2- SOLAIO CON LAMIERA GRECATA

- come sopra; gli interassi delle IPE possono essere maggiori

sia -1- che -2- possono essere anche realizzati così



SOLAI DI COPERTURA



Scale

Le scale interne di una casa di abitazione possono essere realizzate non solo in c.a., ma anche in metallo, legno o con strutture miste in legno e metallo.

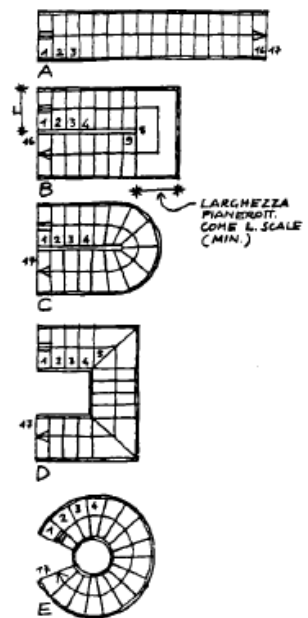
Le tipologie correnti delle scale sono a rampa unica, a due rampe parallele, a C ed elicoidali o a chiocciola. I gradini a raggiera o inclinati sono comunque scomodi; quindi le scale a chiocciola; (normalmente con diam. 90-120 cm) sono molto scomode per servire ambienti abitati e sono più indicate per servire ambienti secondari (es. soffitte, cantine ecc.); le scale elicoidali di maggiore diametro (diam. est. almeno 210 cm) sono invece ammissibili, anche se in genere implicano strutture portanti assai complesse.

- la larghezza di una scala interna ad un alloggio va da un minimo di 80 cm ad un massimo di 120 cm, ma normalmente è di 90 cm

- Il dimensionamento si basa su una formula empirica che lega la misure delle alzate dei gradini a quella delle pedate: $2 \text{ alzate} + 1 \text{ pedata} = 63-64 \text{ cm}$; per cui per alzate tra 17 e 20 cm si hanno lunghezze di pedata tra 30 e 24 cm:

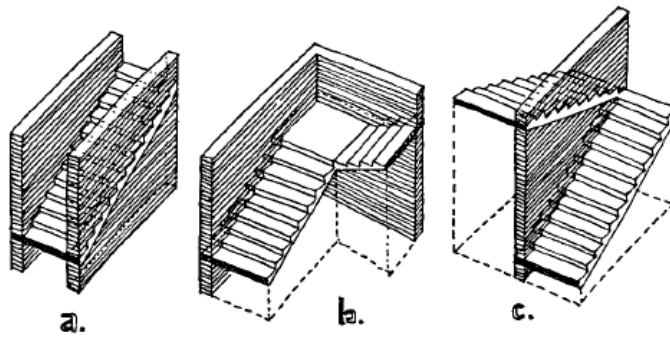
- solo le scale interne di un appartamento possono essere più ripide (alzate da 18-20 cm);

- i pianerottoli devono essere profondi almeno quanto la larghezza della scala.



Struttura portante

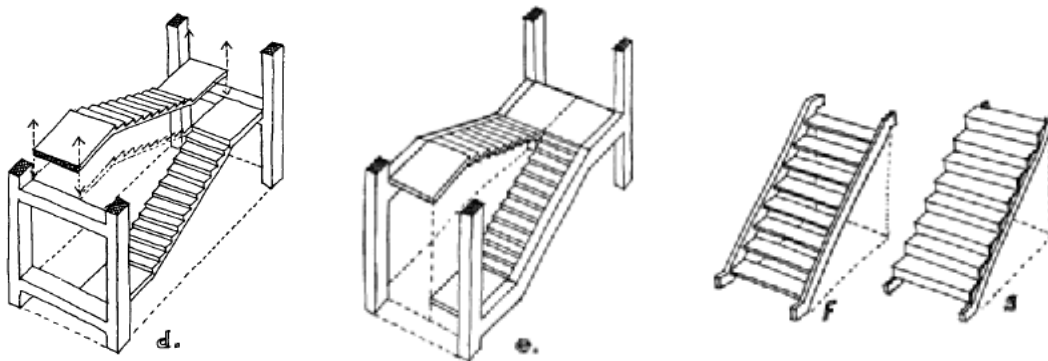
I gradini, nel caso più semplice, possono essere appoggiati a 2 muri paralleli (soluzione A) oppure possono essere realizzati a sbalzo da una parete laterale (sol. B) o da quella centrale (soluz. C).



Nelle **strutture in c.a.** le scale sono spesso eseguite in due modi alternativi, che implicano anche una diversa disposizione della struttura portante dell'intero edificio:

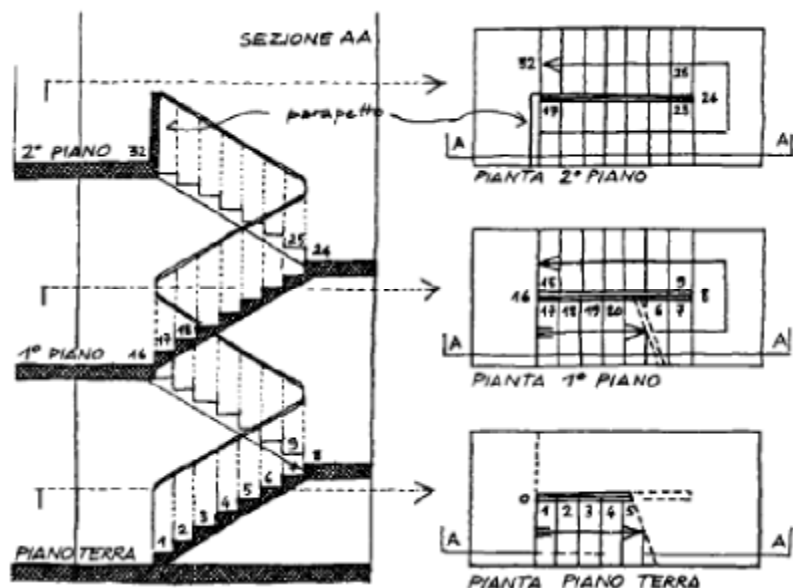
- il primo modo (soluzione D) prevede la realizzazione di una rampa e dei relativi pianerottoli come una struttura monolitica, cioè una **soletta piegata (a ginocchio)** appoggiata agli estremi su una robusta trave orizzontale lungo il pianerottolo;
- nel secondo modo (soluzione E) invece vengono realizzate due **travi piegate a ginocchio** che portano a sbalzo i singoli gradini; questa struttura presenta travi a ginocchio che lavorano irregolarmente ed a torsione, ma si ha anche una scala più sottile nelle rampe, mentre le travi a ginocchio restano nascoste,

Per le **scale in struttura metallica o in legno**, lo schema più comunemente adottato è quello di appoggiare i gradini all'interno (F) o sopra (G) due travi piegate parallele, dette **cosciali**; si tratta comunque di strutture di grande leggerezza che permettono anche di realizzare semplicemente delle scale elicoidali



Disegno delle scale.

Le scale vanno disegnate in modo diverso ai vari livelli (piano terra iniziale, piani intermedi, piano ultimo), considerando che la pianta è una sezione orizzontale, eseguita a circa un metro dal pavimento, quindi per semplicità si rappresenta convenzionalmente con una linea tratteggiata inclinata la sezione della scala, tagliata dal piano orizzontale della pianta, e con una freccia continua si indica sempre e solo il verso di salita della scala.



Infissi

Le tipologie di infissi sono numerose sia per tipo di apertura, che per materiale. I materiali impiegati sono: legno, metallo (più usato l'alluminio), materie plastiche, come il PVC (cloruro di polivinile). Si distinguono in serramenti esterni, interni e schermi (persiane, avvolgibili.)

Porte

Le porte hanno due telai ben distinti: il primo, detto *controtelaio* è un manufatto grezzo, in legno o metallo, che viene montato sulla muratura e serve a rifinire il vano murario e a predisporlo alla messa in opera dell'infisso. Il secondo il *telaio* fisso, viene prodotto e montato assieme alla porta sul controtelaio, dopo l'esecuzione di pavimenti, intonaci e pitture. Tra le misure interne del controtelaio e quelle del telaio sono lasciati alcuni centimetri per poter essere sicuri che il telaio entri bene nel controtelaio e per correggere eventuali piccole imperfezioni di posa; lo spazio fra i due telai viene coperto da fasce di legno, dette *mostre*.

Di conseguenza tra la luce interna del vano nella muratura e la luce effettiva della porta c'è sempre una differenza di circa 8/10 cm per parte.

Le dimensioni usuali delle porte interne (per abitazioni) sono:

- ad una anta, 60 - 90 cm di luce netta;
- a due ante. 90 - 120 cm di luce netta.

La loro altezza oscilla tra 210 e 240 cm.

Finestre e porte esterne

Gli infissi esterni (in legno, alluminio, pvc) sono posati su un vano murario conformato in modo particolare: ai lati, le *spalle* della muratura (ad angolo retto o a sguincio) terminano con battenti murari detti *mazzette*. Queste hanno in genere uno spessore di 12 cm ed un aggetto di 8 o 10 cm; le mazzette permettono l'appoggio del *telaio fisso* o del *controtelaio* (non tutte le finestre hanno però controtelai o telaio fisso) ed il riparo, dagli agenti atmosferici esterni, delle connessioni del telaio con il muro. In alcuni casi per la particolare struttura del telaio delle finestre le mazzette vengono omesse.

Anche per le finestre la *luce* netta (che è quasi uguale a quella interna fra le mazzette), è più grande (20-35 cm) della luce del vano murario all'interno.

Quando l'oscuramento avviene con avvolgibili la muratura è conformata con un'architrave piatta, detta *veletta*, che protegge il *cassonetto* dell'avvolgibile (lo spessore della veletta è tipicamente di 12 cm e la sua altezza è pari a quella del cassonetto, cioè 30-40 cm).

Gli infissi esterni presentano in basso una *soglia battentata*, su cui chiude il serramento, che sporge sempre dal filo esterno del muro e, se è a pavimento, come per le porte-finestre è sollevata rispetto al calpestio esterno.

Le finestre non hanno misure standard, ma le norme tecniche prescrivono che abbiano una superficie di circa 1/8 della superficie in pianta della stanza corrispondente

