

11 LE SCALE

Le scale rappresentano quelle parti di struttura che consentono il collegamento tra i vari piani. A seconda dello schema strutturale che le caratterizzano si differenziano in:

Scale a soletta rampante

Scale con travi a ginocchio e gradini a sbalzo

Scale in acciaio

Scale con gradini a sbalzo

Scale su volta rampante

11.1 Le scale a soletta rampante

Rappresentano la tipologie più comune nel panorama edilizio italiano delle costruzioni in cemento armato.

La soletta rampante è una piastra ad asse inclinato (rampa) che poggia sulle travi poste al livello di piano e di interpiano.

I gradini in genere sono riportati sulla soletta e non hanno funzione portante.

La figura successiva ne illustra la geometria:

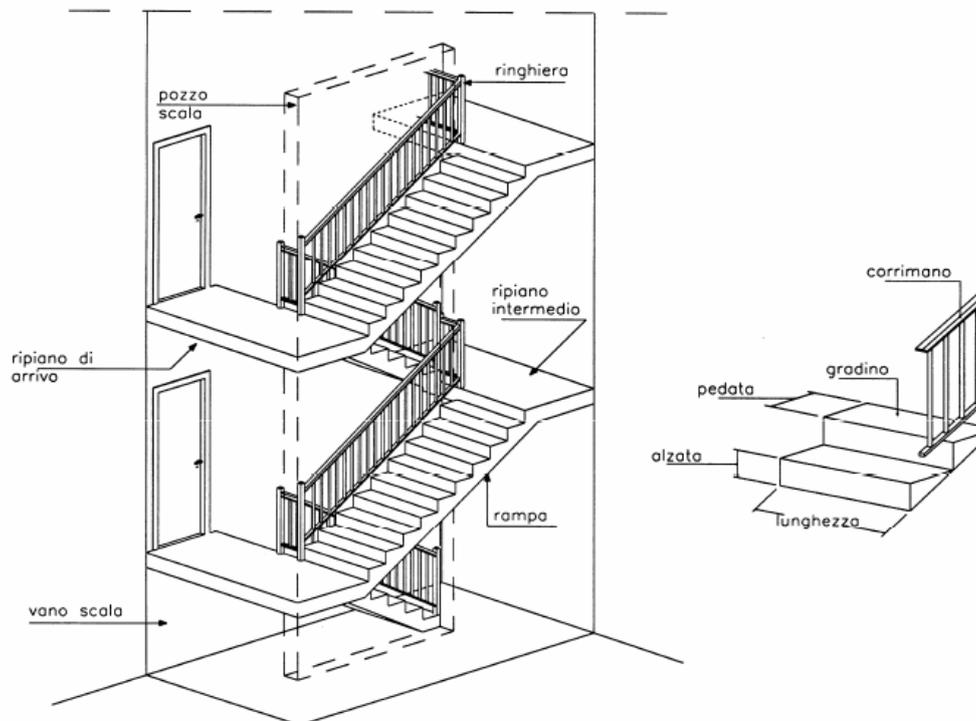


Figura 11.1 – Scala a soletta rampante

11.2 Le scale con travi a ginocchio e gradini a sbalzo

Senza dubbio meno impiegate delle precedenti, le scale in esame sono caratterizzate da una trave a ginocchio (ovvero ad asse spezzato) posta al perimetro della gabbia scala e su cui sono incastrati a mensola i gradini che quindi risultano portanti.

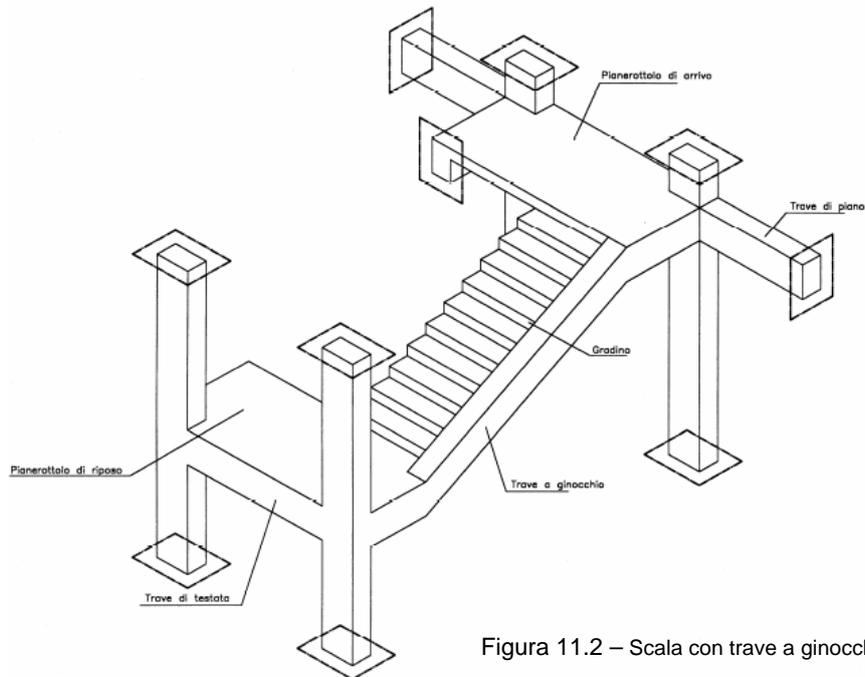


Figura 11.2 – Scala con trave a ginocchi e gradini a sbalzo

11.3 Scale in acciaio

Ripercorrono il concetto di scala a soletta rampante. Al posto della soletta, sono presenti delle travi metalliche ad asse inclinato su cui sono realizzati i gradini. Le travi inclinate sono vincolate alla struttura portante verticale in genere costituita da un telaio su due o quattro colonne.



Figura 11.3 –Scale in acciaio

Telaio portante con 4 colonne

11.4 Scale con gradini a sbalzo

Si trovano negli edifici in muratura e sono caratterizzate dalla presenza di gradini in pietra incastrati direttamente nei maschi murari.

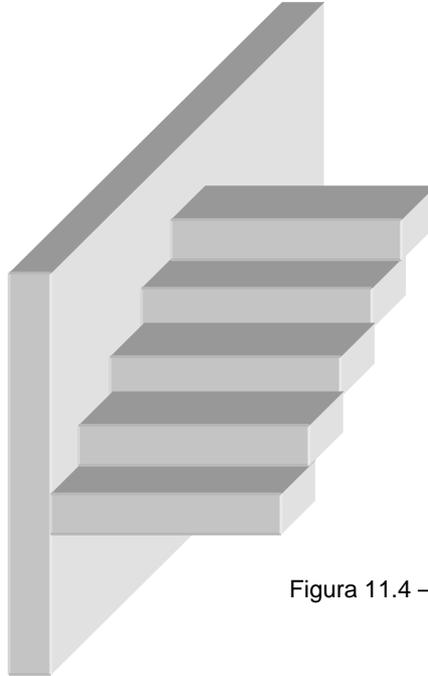


Figura 11.4 –Scala con gradini a sbalzo

11.5 Scala su volta rampante

E' la classica scala degli edifici in muratura. I gradini sono riportati su volte il cui piano di imposta è a quota differente (da cui la denominazione "rampante"). La seguente figura ne illustra la tipologia.

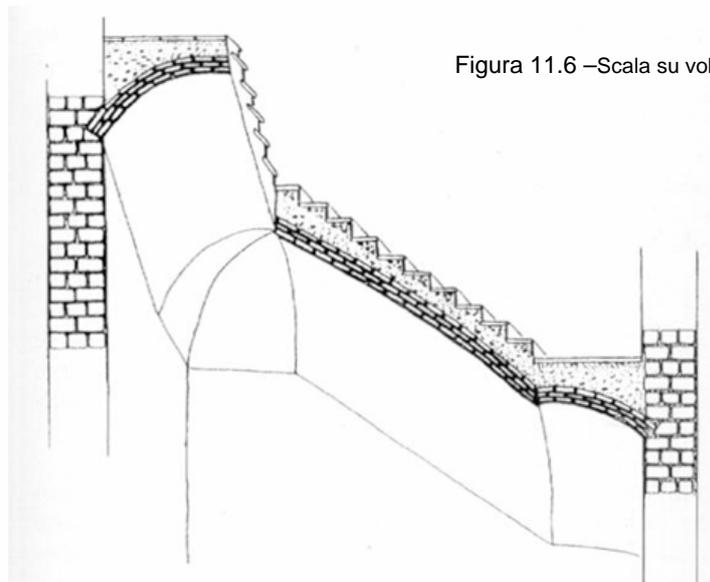


Figura 11.6 –Scala su volta rampante

12 LE COPERTURE

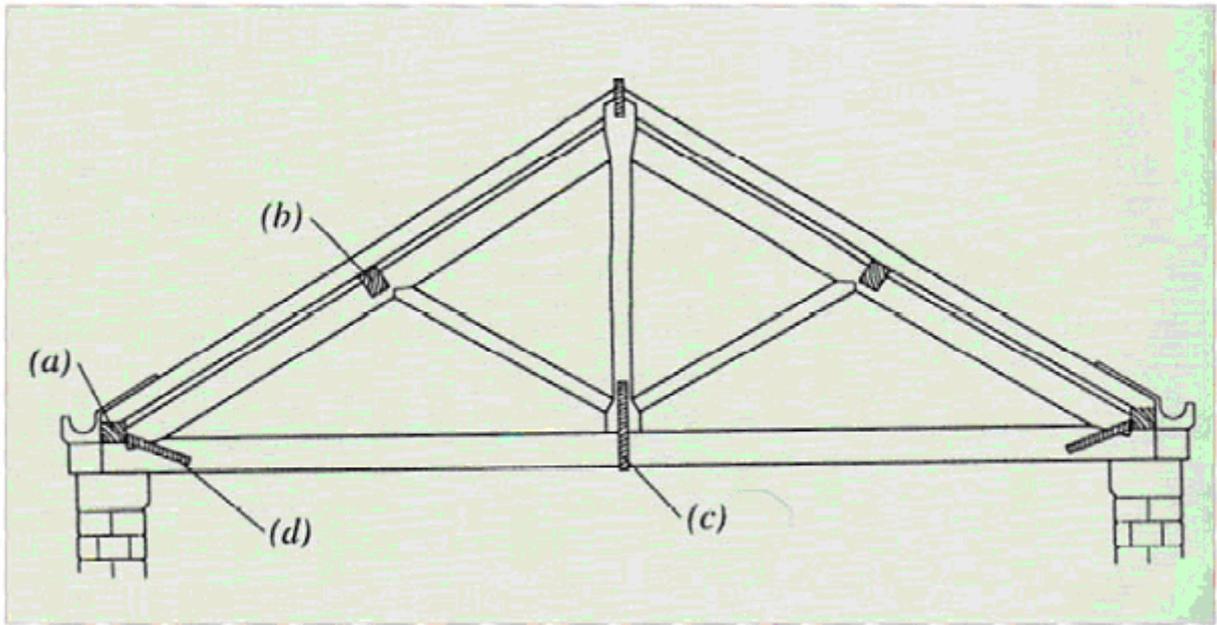


Figura 12.1 – Capriata

12.1 ASPETTI GENERALI

Le coperture hanno la funzione di delimitare superiormente l'edificio e di proteggere l'ambiente sottostante dalle precipitazioni atmosferiche.

Esse sono costituite da:

1. **un manto di copertura:** che rappresenta lo strato esterno della copertura e può essere rappresentato da materiali tradizionali (Laterizio: coppi, tegole marsigliesi, portoghesi, olandesi, romane, oppure rame o ardesia) o materiali innovativi (gres ceramico e porcellanato, tegole di cemento, alluminio, lastre di fibrocemento etc.) – vedi figg. 12.2 e 12.3;

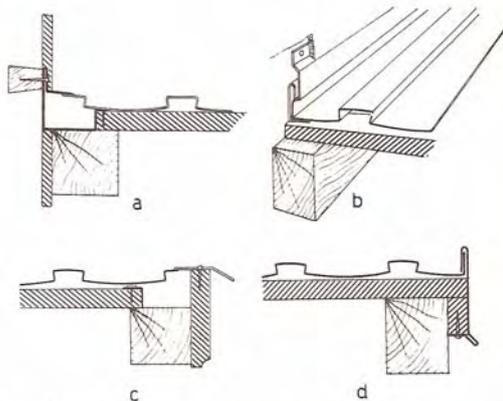


fig. 861
Manto brevettato in alluminio (Fural).

Figura 12.2 – Manto di copertura in alluminio

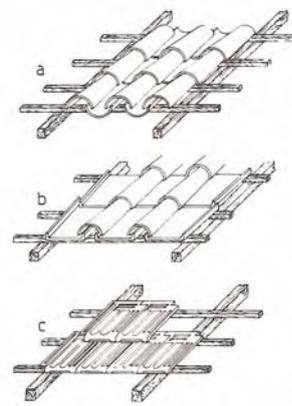


fig. 855
Manto di tegole laterizie. a) con coppi soprammessi; b) con tegole maritate; c) con tegole marsigliesi.

Figura 12.3 - Manto di tegole laterizie

2. **una struttura portante:** che ha la funzione di sorreggere il manto di copertura.

In questo capitolo, coerentemente ai temi trattati nel presente modulo didattico, saranno esaminati esclusivamente gli elementi relativi alla struttura portante della copertura.

La scelta del tipo di struttura portante, dipende dal grado d'inclinazione delle coperture. In funzione di questo parametro, esse si classificano in:

- **coperture a falda:** quando l'inclinazione risulta evidente – vedi fig. 12.4;
- **coperture a terrazzo:** quando l'inclinazione è trascurabile (realizzate in genere nelle zone a clima mediterraneo, caratterizzate da scarsa piovosità) – vedi fig. 4.



Figura 12.4 –Esempio di tetto a falda



Figura 12.5 - esempio di copertura a terrazzo

Le coperture a falda possono essere a loro volta del tipo:

- **spingente** - vedi fig 12.6;
- **non spingente** – vedi figg. 12.7-12.8-12.9-12.10;

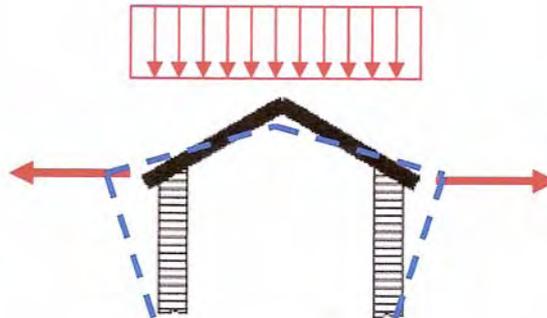


Figura 1 - esempio di tetto spingente

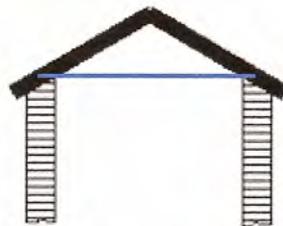


Figura 12.7 - spinta eliminata dalla catena

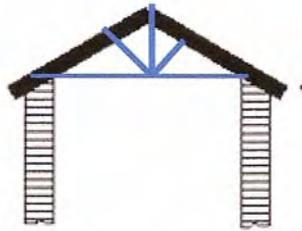


Figura 12.8 - spinta eliminata dalla capriata

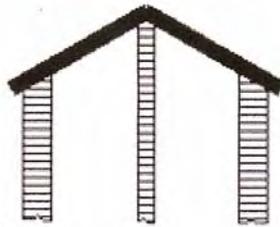


Figura 12.9 - spinta eliminata dal muro di spina

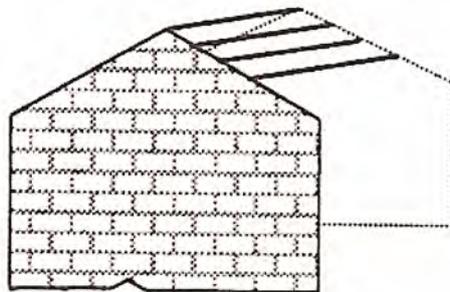


Figura 12.10 –

In questo caso la spinta è eliminata perché l'orditura principale è disposta longitudinalmente all'inclinazione della falda

Le coperture saranno spingenti se esse applicano forze orizzontali ortogonali alle pareti su cui si appoggiano, per effetto dei soli carichi verticali – vedi fig. 12.6. Ciò si verifica, ad esempio, in assenza di cordolo, e/o di muro di spina (per gli edifici in muratura), e/o di catene e/o di trave rigida di colmo e/o di capriata a spinta eliminata.

Viceversa, le coperture saranno non spingenti se esse applicano forze orizzontali trascurabili alle pareti su cui appoggiano. E' il caso, ad esempio, della copertura con presenza di catene – vedi fig. 12.7, oppure con presenza di capriate – vedi fig. 12.8, oppure con la presenza di un muro di spina

vedi fig. 12.9, oppure con orditura principale disposta longitudinalmente all'inclinazione della falda e poggiate tra due muri perimetrali o tra due capriate a spinta eliminata – vedi fig. 12.10.

E' evidente che, oltre a queste due situazioni limite, esistono casi intermedi nei quali pur non potendo parlare di coperture spingenti, l'azione orizzontale applicata alle pareti di appoggio non è più trascurabile.

12.2 Materiali

La struttura portante della copertura a falda può essere realizzata in legno, acciaio o cemento armato. La sua inclinazione dipende dal clima, dalla piovosità e dalla tradizione del posto.

Per le coperture a terrazzo la struttura portante è rappresentata dai solai in cemento armato oppure cemento armato alleggerito. Questo solai, in genere, sono perfettamente orizzontali tranne una leggera pendenza, necessaria per il convogliamento delle acque meteoriche – vedi fig. 12.11

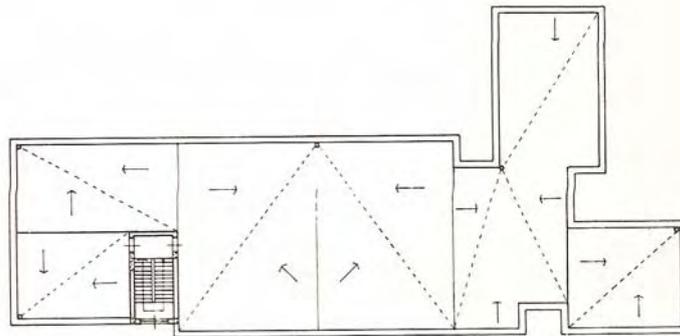


Figura 12.11 - copertura a terrazzo. Convogliamento delle acque meteoriche

Bibliografia

- G.B. Ormea "Manuale pratico per l'ingegnere civile". Ed. Kappa
- A. Petrignani: "Tecnologie dell'architettura". Serie Görlich;
- S. Di Pasquale ed altri "Costruzioni " Ed. Le Monnier.

13 LE FONDAZIONI

13.1 L'elemento costruttivo fondazione



Le strutture portanti di fondazione costituiscono l'elemento di trasmissione al terreno dei carichi verticali ed orizzontali agenti sull'edificio; il sedime di fondazione deve essere in grado quindi di reagire in modo tale da garantire condizioni di equilibrio e di stabilità all'intera costruzione.

Lo studio della fondazione riveste enorme importanza ed a nulla varrebbe eseguire una struttura perfettamente calcolata se il rapporto con il piano di posa non fosse risolto. Occorre pertanto conoscere affondo i due termini del problema: la struttura dell'edificio e la natura del terreno. Infatti la scelta del tipo di fondazione è funzione di questi due termini, e, come in ogni opera d'ingegneria, di considerazioni di caratteri economici.

13.2 Il terreno di fondazione

La capacità portante del terreno di fondazione viene analizzata con opportune indagini geognostiche che possono essere eseguite mediante prelievo dei campioni alle varie quote con apposite sonde, mediante penetrometri capaci di valutare la resistenza per attrito ed alla punta e con metodi acustici fondati sulla misura della velocità del suono in terreni di nota composizione.

Un terreno di fondazione posto sotto carico si deforma ovvero cade in misura proporzionale a i carichi trasmessi dalle opere di fondazione; se i cedimenti sono uniformi si rileva un unico abbassamento della quota di posa mentre se sono differenziali, può verificarsi uno stato di sollecitazione non previsto per la struttura con probabili catastrofiche conseguenze. È opportuno in tal senso, quando si prevedono grandi disparità di carichi tra i corpi di fabbrica di un edificio, dovuti ad esempio ad un diverso numero di piani, predisporre giunti tra le parti che consentono un abbassamento differenziale senza che si inducano ulteriori sollecitazioni.

La progettazione delle fondazioni deve procedere secondo precise fasi che possono così sintetizzarsi:

- a) analisi del terreno
- b) scelta del sistema
- c) analisi delle sollecitazioni
- d) verifica della stabilità dell'opera
- e) previsione dei cedimenti.

Tali fasi sono strettamente interrelate ed occorre un buon coordinamento tra l'opera del progettista, del geologo e dello strutturista.

13.3 Classificazione delle fondazioni

Nel campo delle fondazioni possono operarsi almeno tre tipi di classificazioni: la prima in relazione alla tipologia, la seconda relativa alla topologia, la terza alle modalità costruttive.

Per quanto riguarda la tipologia è ormai classica la distinzione di fondazioni dirette o indirette che possono essere entrambe continue e discontinue. Si dicono fondazioni dirette quelle che trasmettono il carico al terreno per pressione sul piano di posa; fondazioni indirette quelle che agiscono sul terreno attraverso la interposizione di un elemento, detto palo di fondazione.

I pali lavorano per attrito e/o compressione alla punta e possono essere realizzati con diversi materiali (legno, ferro e cemento) e tecniche d'infissione. I più diffusi oggi sono quelli in calcestruzzo, semplici o armato, gettati direttamente nel terreno previa trivellazione di un vano cilindrico, che fa da cassaforma. È chiaro che se il terreno non ha una consistenza tale da garantire l'integrità delle pareti del cavo cilindrico durante il getto del palo, occorre ricorrere ad un rivestimento a mezzo di un tubo forma, che può essere estratto a mano a mano che progredisce il getto del calcestruzzo. I pali in opera hanno le pareti più o meno corrugate in relazione al metodo di formazione adottato e sono pertanto adatti per fondazioni "sospese" (pali che lavorano per attrito); quelli prefabbricati, più lisci, sono più adatti per fondazioni a "castello" (pali che lavorano di punta) ed agiscono anche costipando il terreno.

Come detto sia le fondazioni dirette che quelle indirette possono essere continue o discontinue, tra le fondazioni continue si annoverano le travi rovesce e le platee, le discontinue sono costituite dai plinti isolati.

Sotto il profilo topologico le fondazioni si classificano in superficiali, profonde ed intermedie in relazione al rapporto tra la profondità del cavo di fondazione (p) e la sua larghezza (ℓ); si dicono superficiali quelle che hanno $p / \ell < 1$, intermedie quelle che hanno $p / \ell > 1$, profonde quelle con $p / \ell \gg 1$.

Per le fondazioni dirette, occorre eseguire uno scavo in trincea che, generalmente, richiede un'armatura per evitare pericolosi franamenti delle pareti.

Per modalità costruttive si dividono le fondazioni di due gruppi: ordinarie e idrauliche; le prime in terreni asciutti, le seconde sono quelle che vengono eseguite in presenza d'acqua. Le fondazioni idrauliche possono realizzarsi con prosciugamento del cantiere (palancolate, abbassamento della falda), con congelamento dell'acqua; oppure senza prosciugamento lavorando nell'ambiente acquatico con pozzi, cassoni o palificate.

Gli edifici in muratura del passato avevano fondazioni realizzate anch'esse in muratura, con allargamenti e gradoni in modo da aumentare gradualmente la larghezza del muro entroterra fino a raggiungere una superficie di contatto con il piano di posa capace di ripartire il carico nei limiti di una sollecitazione ammissibile per il terreno di fondazione (sedime).

Oggi le fondazioni, sia per edifici con struttura in c.a. che per quelli con struttura in acciaio si realizzano in cemento armato, avendo cura di evitare il contatto diretto del getto e delle armature con il terreno, ovvero predisponendo uno strato di calcestruzzo magro come sottofondo (sottofondazione) che, nelle fondazioni dirette, può servire anche ad aumentare la superficie di terreno investita.

Per la fondazione in zone sismiche occorre avere particolare cura nel calcolo per fare in modo che siano assorbiti dal terreno non solo le forze verticali dovute alla gravità ma anche quelle orizzontali comunque dirette dovute al sisma.

Le tipologie di fondazioni appena descritte sono nel seguito illustrate con maggiore dettaglio

13.4 Le fondazioni in muratura

Il carattere di linearità della struttura muraria si manifesta anche nelle opere di fondazione che sono, salvo rare eccezioni, del tipo continuo. In figura è rappresentata una fondazione diretta costituita da uno zoccolo di base in cemento armato che serve da tramite tra la muratura e il terreno. Le dimensioni della fondazione, ed in primo luogo la larghezza della fascia di terreno investito, vengono determinate tenendo conto dei carichi trasmessi dalla muratura in elevazione e della capacità portante del terreno. È chiaro che la superficie investita, a parità di qualità del terreno, aumenterà al crescere del carico da sopportare e a parità di carico diminuirà al crescere della sollecitazione ammissibile del piano di posa. Ancora nell'ambito delle fondazioni continue dirette l'elemento in cemento armato può essere sostituito da un progressivo aumento dello spessore della muratura procedendo dall'alto verso il basso. Si realizzerà in questo caso una muratura a gradoni che partendo dalla dimensione del muro al piano di campagna raggiungerà quella necessaria sul piano di posa.

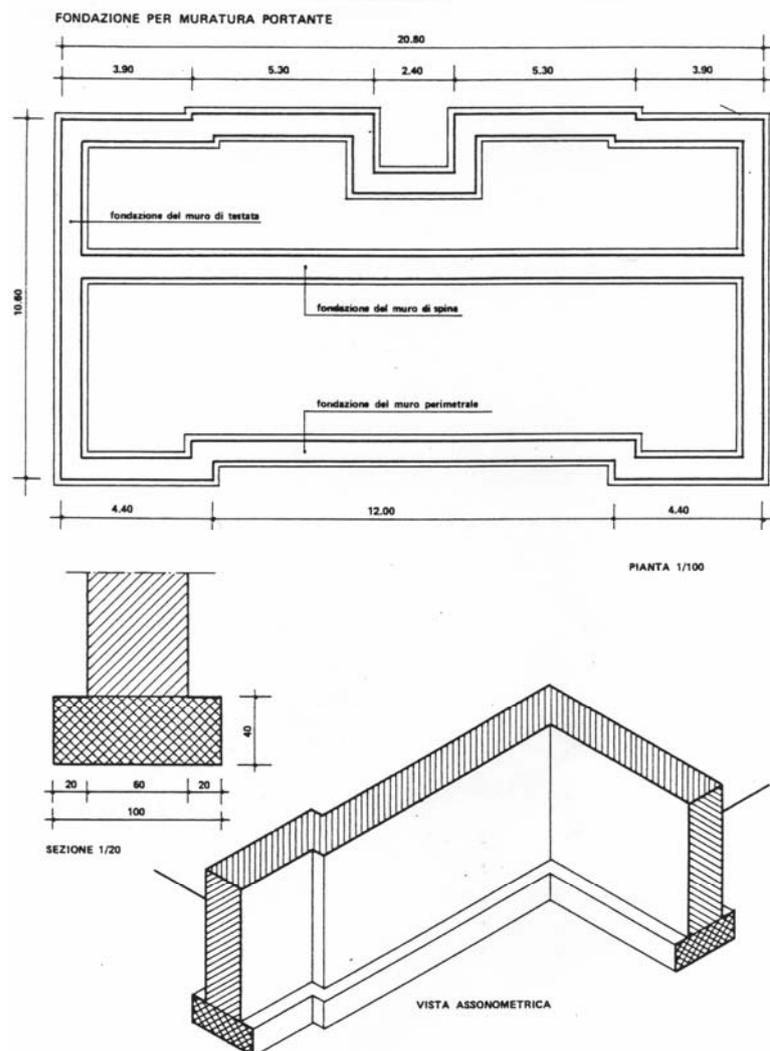


Figura 13.1

13.5 Fondazione su plinti isolati

La struttura intelaiata è caratterizzata, per quanto riguarda le fondazioni, dell'esigenza di dover ripartire il carico portato da ogni pilastro su un'adeguata superficie di terreno. Basta osservare quanto più piccola è la sollecitazione ammissibile del terreno rispetto a quella del materiale di cui è costituito il pilastro, per capire quanto più grande deve essere l'area direttamente interessata, sul piano di posa, dal carico trasmesso in fondazione. La figura mostra un esempio di fondazione diretta discontinua a plinti isolati, la cui forma in pianta, quadrata o rettangolare, è da mettersi in relazione con quella del pilastro e con l'esigenza di tenere i vari elementi abbastanza distanti fra loro. Il plinto ha un volume generalmente a tronco di piramide, ma molto spesso si preferisce, per rapidità d'esecuzione ed economia di cassaforma, realizzarlo prismatico anche se questo comporta l'impiego di una maggiore quantità di calcestruzzo. Al disotto di esso, quale ulteriore elemento di ripartizione viene predisposto un sottoplinto di calcestruzzo magro non armato (sottofondazione), che generalmente sporge dal perimetro del plinto di una quantità minore od al massimo uguale al suo spessore. Allo scopo di avere una congrua superficie per spiccare e centrare il pilastro, la base superiore del tronco di piramide sarà di dimensioni sempre maggiori di questo. A volte i plinti sono collegati da travi, dette appunto di collegamento, o portamuro quando devono sostenere le murature d'ambito.

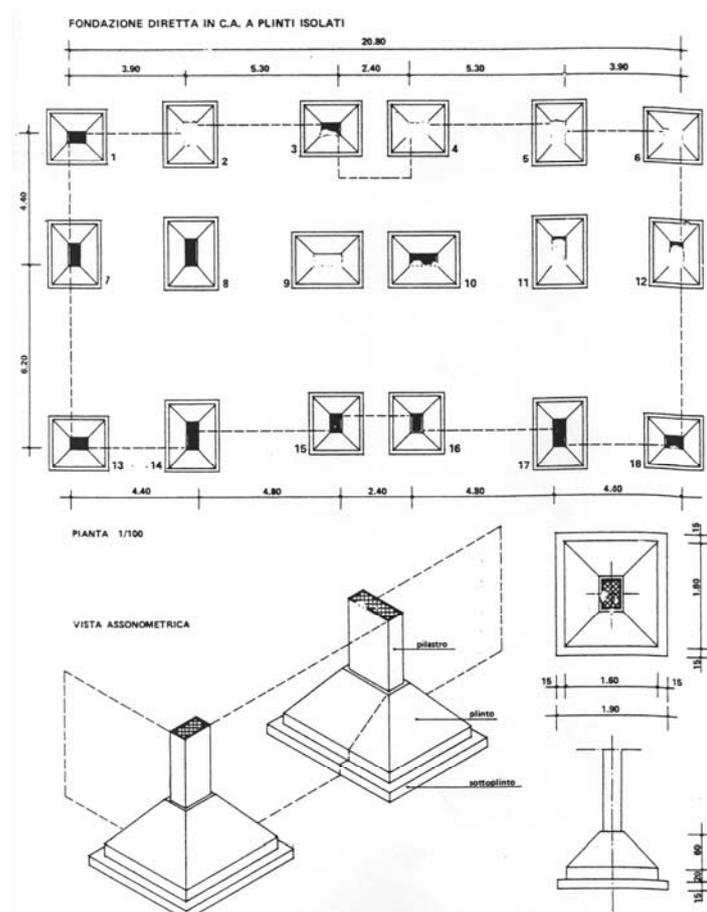


Figura 13.2

13.6 Fondazione con travi rovesce

Ove fosse necessario, in relazione al carico ed alla capacità portante del terreno, investire una superficie maggiore di quella ottenibile con dei plinti isolati, si può sfruttare l'allineamento dei pilastri per realizzare una ripartizione lineare del carico. La figura mostra un tipo di fondazione diretta continua che come tale si può assimilare a quella impiegata per le murature portanti. Essa è costituita da travi, dette rovesce in quanto caricate dalla reazione del terreno, fornite di un allargamento di base, che poggia su un sottofondo di calcestruzzo magro.

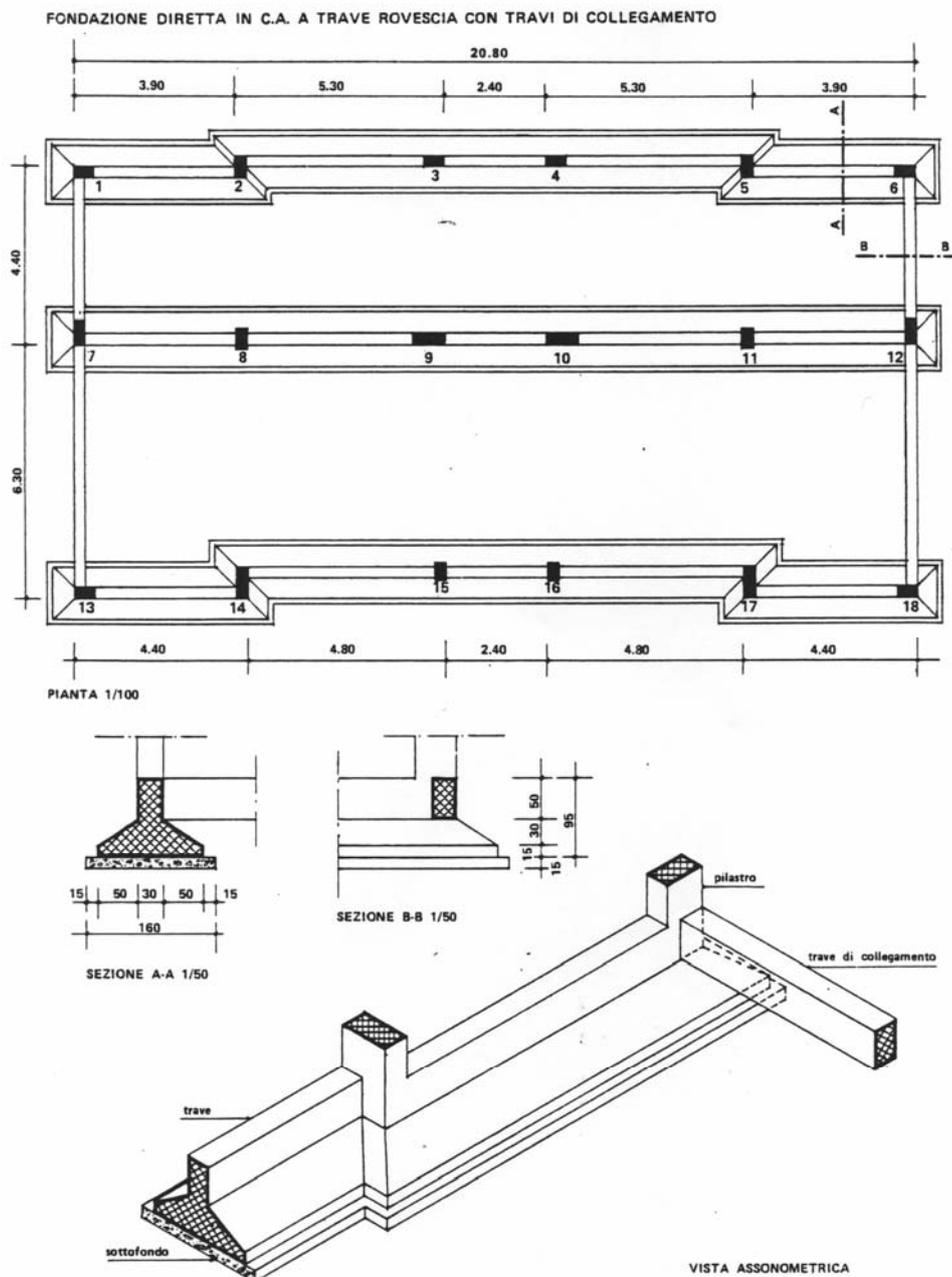


Figura 13.3

13.7 Fondazione con incrocio di travi rovesce

Quando la luce delle travi supera i valori usuali che si trovano nei fabbricati civili ($4 \div 6$ m) raggiungendo quelli, intorno agli $8 \div 10$ m, relativa agli edifici a destinazione speciale, può essere non più conveniente ripartire il carico su un solo allineamento di travi, in quanto ne risulterebbe una suola molto larga ed un carico eccessivo per la trave. S'impegna allora anche la direzione ortogonale disegnando una maglia di travi incrociate. Tale orditura per le travi di fondazione è anche richiesta per le costruzioni in zone sismiche ove esiste l'esigenza di ripartire le sollecitazioni trasmesse alla fondazione nella due direzioni ortogonali. La figura mostra la fondazione diretta continua per edificio in zona sismica.

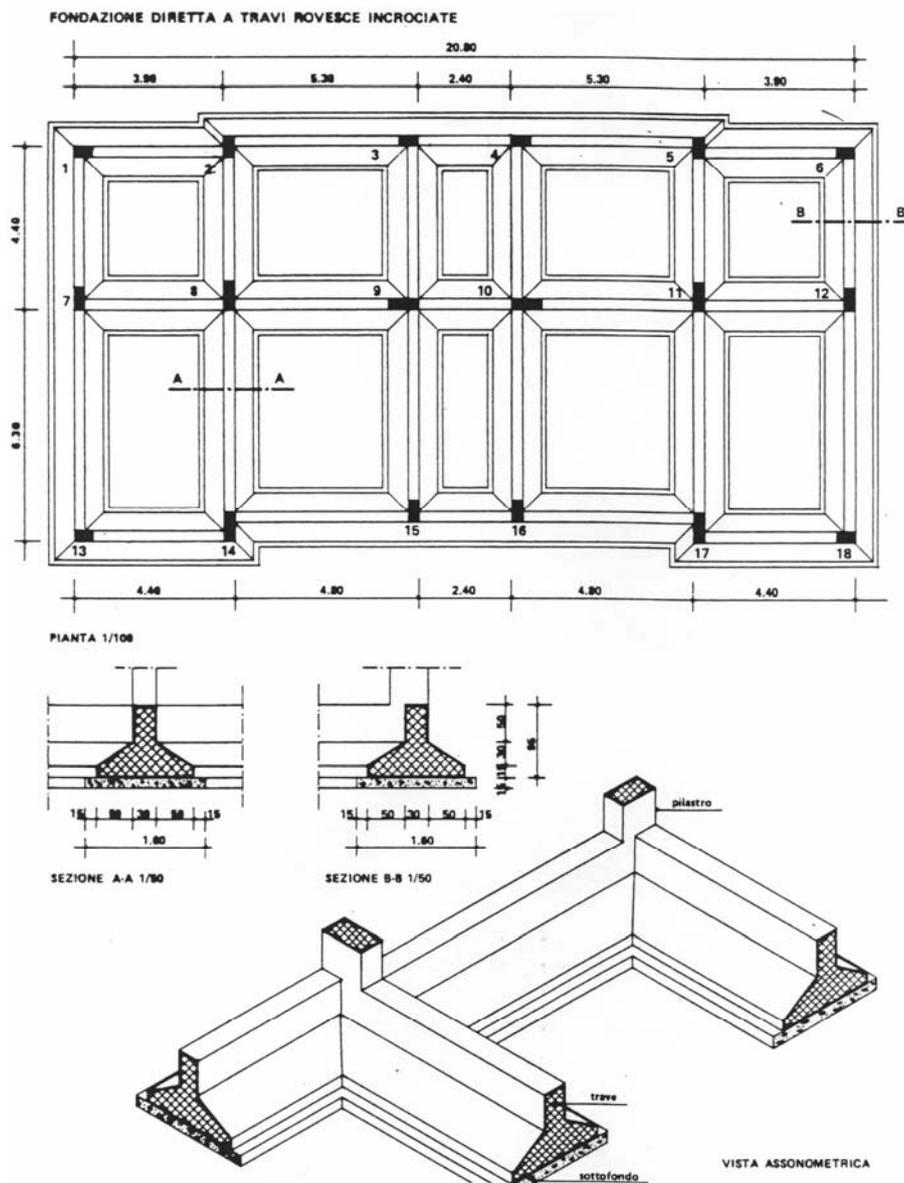


Figura 13.4

13.8 Fondazione a platea

A volte, è necessario per la scarsa capacità di portante del terreno, o per l'elevato valore del carico, ripartire i pesi trasmessi dalle strutture verticali sull'intera superficie coperta dal fabbricato, disegnando così ancora un tipo di fondazione diretta e continua, ma più specificamente detta a platea. Questo può considerarsi un solaio rovesciato caricato dalla reazione del terreno, ed è in genere realizzata con un solettone di calcestruzzo armato che trasmette le reazioni al contorno su una maglia di travi nei cui incroci sono ubicati i pilastri. Anche in questo caso è presente il sottofondo di calcestruzzo magro che evidentemente non ha più, se non in minima parte, la funzione di ulteriore allargamento della superficie di appoggio, ma serve principalmente per realizzare un piano orizzontale pulito sul quale disporre le armature della struttura. Lo spessore del solettone così come tutta la geometria delle travi, è definito da precisi calcoli statici, ed è intuitivo che sarà piccolo in presenza di carichi modesti e terreno scadente ed alto in caso contrario (a partire da spessore nell'ordine del metro o anche superiore ad esso).

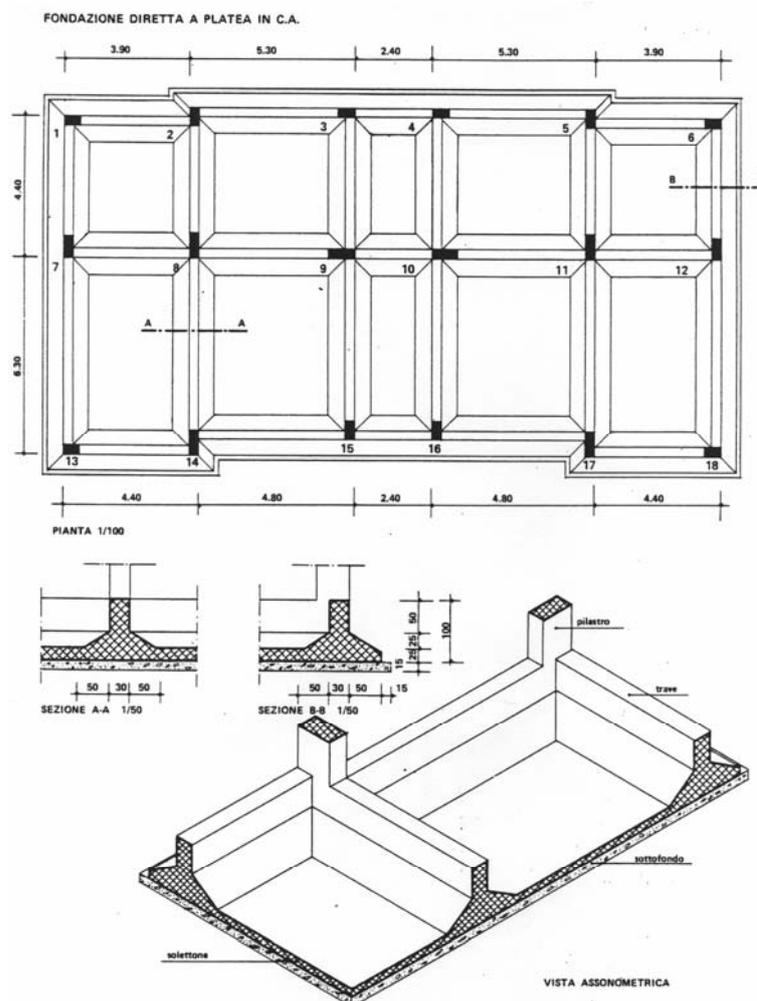


Figura 13.5

13.9 Fondazioni discontinue su pali

Quando il piano di posa della fondazione non è direttamente raggiungibile con un conveniente scavo, è possibile condurre ad esso il carico per via diretta, adottando dei pali. Si tratta di elementi cilindrici che attraverso un lavoro che è in parte di attrito sulla superficie laterale, in parte di pressione sulla base, riescono a portare un carico generalmente proporzionale al loro diametro. È possibile pertanto calcolare, per un dato terreno e per un dato palo, il limite massimo di peso sopportabile e, noto il carico trasmesso dal pilastro, computare il numero di pali necessari. Si avranno così, Com'è mostrato in figura, plinti a due, tre, quattro pali ed oltre, la cui forma e dimensione dipenderà proprio dal numero dei pali ad esso sottostanti. Infatti, per pali da 40 cm, assumendo l'interasse tra essi pari a tre volte il diametro e considerato un margine di dieci centimetri dal perimetro esterno, si avrà ad esempio per un plinto a due pali una dimensione in pianta di cm 180 X 60 e per uno a quattro pali una dimensione di cm 180 X 180. Nella figura è disegnata una fondazione su pali con travi di collegamento che, oltre ad aver spesso la funzione di costituire fondazione alle chiusure di perimetro (muri di tompagno), servono a rendere solidali i diversi elementi e, nel caso di plinti a due pali, ad assolvere l'indispensabile compito di assorbire le sollecitazioni dovute all'eccentricità trasversale del carico.

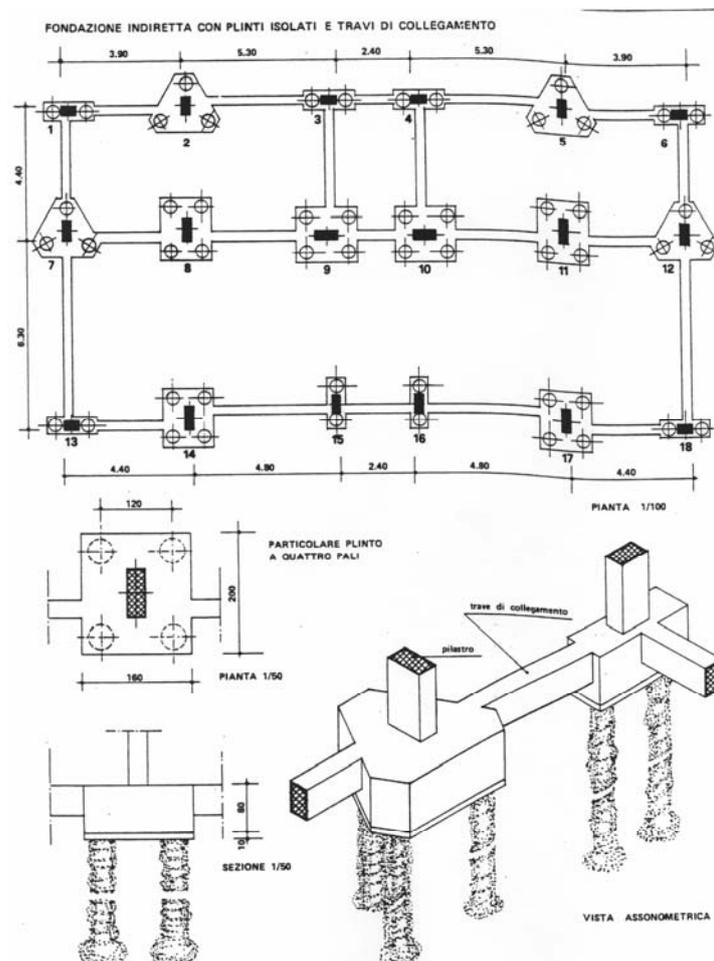


Figura 13.6

13.10 Fondazioni continue su pali

Fondazione indiretta continua è quella costituita da travi rovesce o da platea, portate da pali. La figura mostra un tipo di fondazione a travi su pali ed evidenzia la disposizione di questi, dettata dalle stesse modalità illustrate nel caso delle fondazioni discontinue del paragrafo precedente. L'interasse tra i pali è ancora centoventi centimetri, pari, secondo una norma a carattere generale, a tre volte il diametro; questa distanza può essere aumentata a quattro o cinque volte in presenza di pali lunghi e molto caricati o di palificate sospese, lavoranti solo per attrito.

FONDAZIONE INDIRECTA A TRAVI ROVESCE CON TRAVI DI COLLEGAMENTO

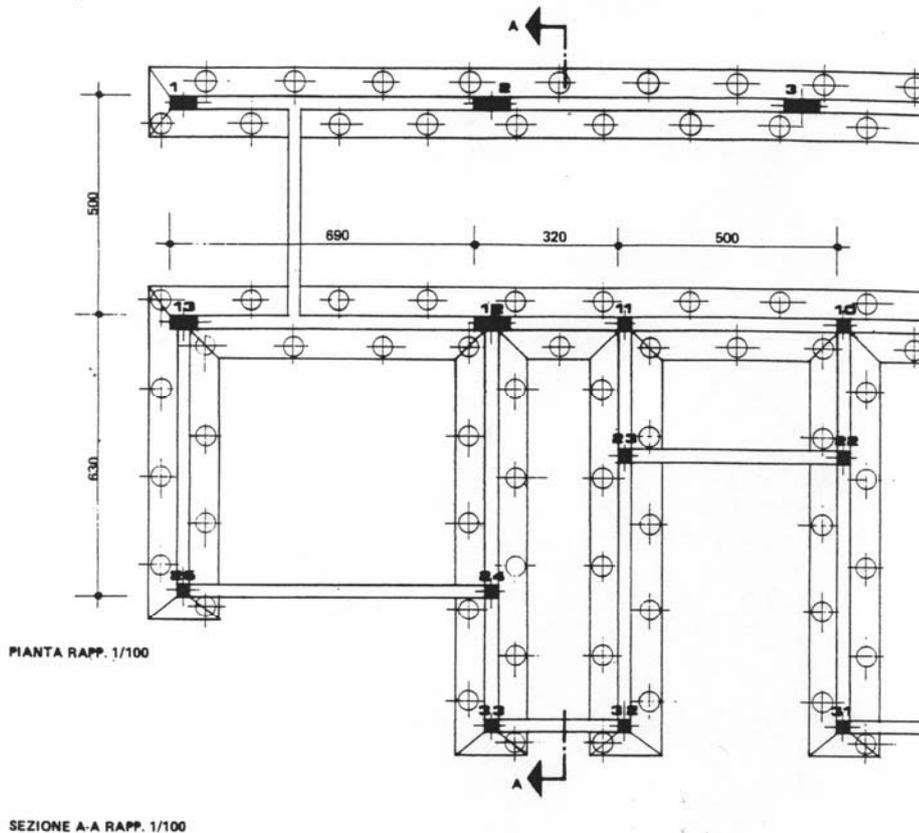


Figura 13.7

13.11 Fondazioni continue per strutture in acciaio

La fondazione presentata in figura è relativa ad una struttura portante in acciaio per un edificio civile. È di tipo continuo costruita da travi rovesce su sottofondo in calcestruzzo magro, alle quali vengono fissate, mediante tirafondi annegati nel getto di calcestruzzo, le piste di base dei pilastri HE. Si tratta, di una fondazione delle più semplici, di tipo superficiale, in cui la trave può costituire anche elemento di contenimento per un vespaio di pietrame a secco, o portare al suo estradosso il primo solaio di calpestio. La pianta di base del pilastro è saldata al profilo HE lungo il suo perimetro ed è munita di quattro fori per il passaggio dei perni filettati, cui sono avvitati i dadi e i controdadi necessari per l'appiombaggio ed il fissaggio delle strutture verticali. Altro è il caso di pilastri di notevole dimensioni portanti grandi carichi, per i quali l'elemento di base non può essere più di una semplice piastra, ma diviene una struttura irrigidita da nervature o profilati che si può dire costituisca un vero plinto di fondazione. Occorre osservare che, essendo l'acciaio un materiale facilmente attaccabile dall'ossidazione, è necessario, quando possibile, evitare il contatto diretto con il terreno facendo partire la struttura metallica al di sopra di una fondazione in cemento armato, ovvero usando particolari accorgimenti contro la corrosione.

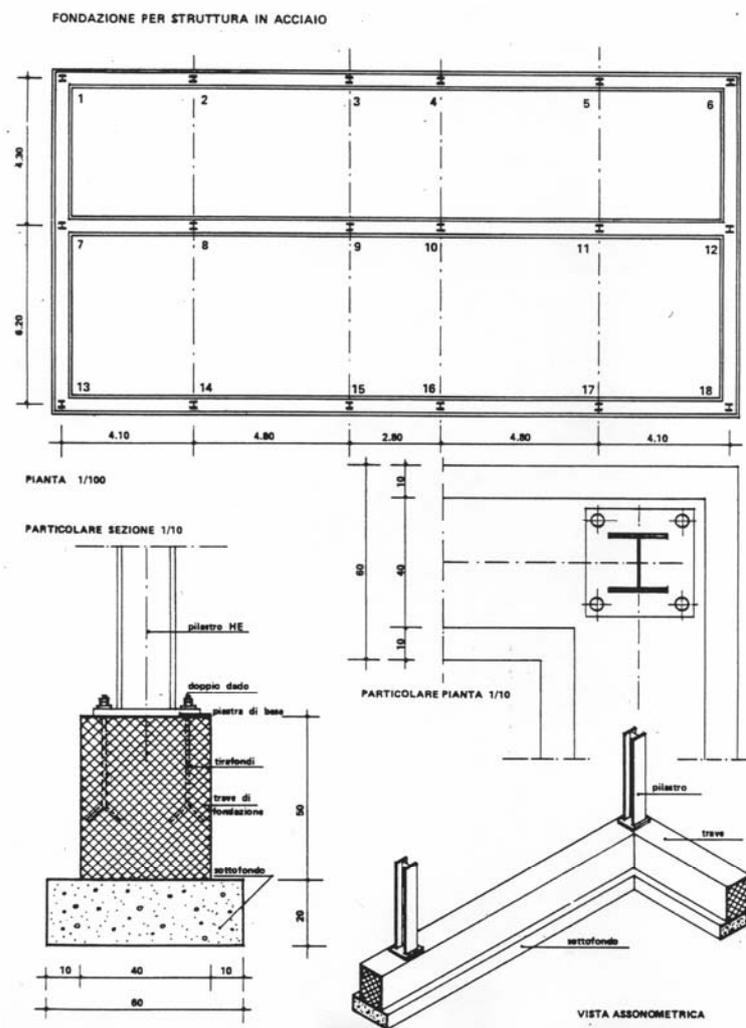


Figura 13.8

14 ARCHI E VOLTE

14.1 L'elemento costruttivo arco

L'arco è una struttura essenzialmente compressa, impiegata generalmente per coprire forti luci (come quelle dei ponti): il suo sviluppo si deve infatti ai Romani, i più grandi costruttori di strade ponti ed acquedotti dell'antichità.

Tuttavia anche nelle epoche passate i materiali capaci di lavorare a flessione erano costosi e facilmente deteriorabili dalle intemperie e per questo l'arco era l'elemento strutturale più comunemente impiegato per coprire luci modeste. Anche attualmente l'arco, nelle sue svariate forme, è impiegato per coprire piccole luci e può essere considerato come uno dei componenti strutturali fondamentali in tutti i generi di architettura.

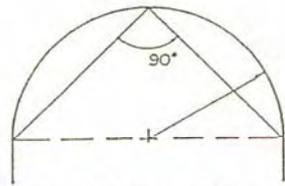
La forma ideale di un arco è quella capace di portare i carichi lavorando a compressione pura. Tale configurazione è quella che viene utilizzata prevalentemente quando gli archi sono realizzati in materiali con bassissima o nulla resistenza a trazione (murature).

Più in generale gli archi sopportano i carichi mediante una combinazione di compressione e flessione, in questi casi devono essere utilizzati per la loro realizzazione materiali che garantiscono una buona resistenza alla trazione (acciai).

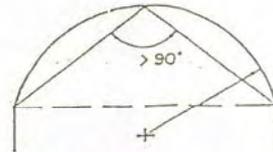
Quando la resistenza del materiale di fondazione è insufficiente, la spinta dell'arco viene fatta assorbire da una catena, se però la luce dell'arco deve essere lasciata sgombra per consentire il passaggio di mezzi e persone, sia che si tratti di un ponte o di una porta di ingresso ad una sala, la spinta viene fatta assorbire da contrafforti, oppure da catene disposte al di sotto del livello del suolo o del pavimento. La scelta della forma dell'arco non dipende solo da considerazioni strutturali: il semicerchio (arco a tutto sesto) la sola forma usata dai Romani, ha proprietà costruttive di tale semplicità che ne giustificano l'impiego, parimenti l'arco gotico (arco a sesto acuto) ha vantaggi sia strutturali, poiché riduce la spinta dell'arco, che estetici perché slancia le architetture verso l'alto.

L'arco gotico a sesto acuto ed i contrafforti occorrenti per assorbire la spinta sono tipici di una delle più grandi realizzazioni architettoniche: la cattedrale gotica.

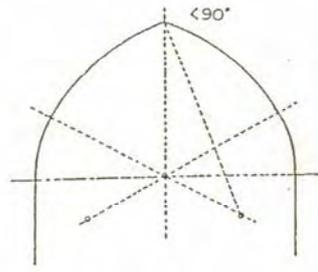
In ogni caso, a prescindere dalla particolare configurazione e tipologia dell'arco, è spesso più importante ridurre al minimo la spinta dell'arco, al fine di ridurre la dimensioni della catena o di escludere le eventualità di un eccessivo cedimento del suolo sotto la spinta trasmessa dalle spalle.



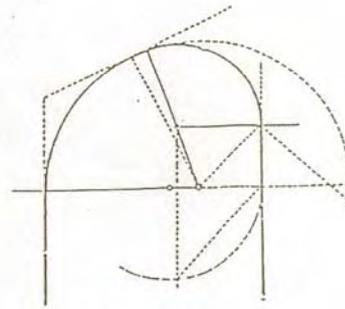
ARCO A TUTTO SESTO



ARCO A SESTO OTTUSO o "SCENO"



ARCO A SESTO ACUTO



ARCO ZOPPO

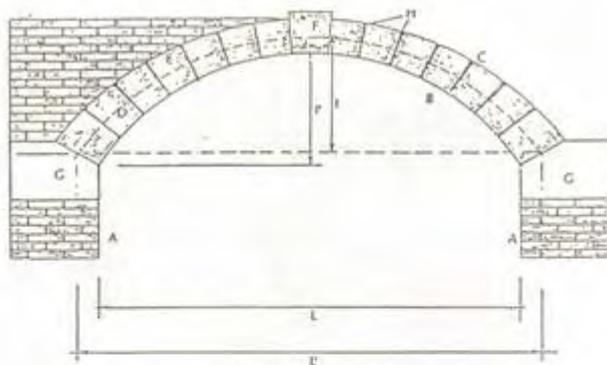
Quando per la costruzione geometrica dell'arco sono utilizzate porzioni di curve con diversi raggi di curvatura, l'arco viene definito "zoppo". Tale tipologia è stata comunemente utilizzata nei palazzi antichi per la realizzazione delle rampe delle scalinate in muratura ed anche attualmente viene impiegato per risolvere costruttivamente le problematiche che insorgono a seguito di asimmetrie architettoniche.

14.2 Funzionamento dell'arco

Sotto l'azione dei carichi verticali l'arco ha vincoli di imposta che reagiscono con una forza verticale ed una orizzontale ed in generale, a parità di sezione, basta aumentare il valore della freccia per sopportare carichi maggiori. L'arco è in grado di sopportare carichi verticali in quanto, in funzione di una opportuna curvatura, può essere sollecitato solo da sforzi di compressione. Tale caratteristica si realizza in fase di progettazione assegnando alla linea d'asse dell'arco una opportuna curvatura.



Si può dimostrare che la spinta di un arco è proporzionale al carico ed al quadrato della luce, ed inversamente proporzionale alla monta dell'arco. Per ridurre dunque al minimo la spinta per una data luce da coprire, l'arco deve essere il più leggero possibile ed avere la monta più marcata che sia economicamente realizzabile.



- A - Piedritti
- B - Imbotte o intradosso (curva interna dell'arco)
- C - Sovrainbotte o estradosso (curva esterna dell'arco)
- D - Curva d'asse (condotte per i baricentri geometrici dei conci)
- E - Concio (singolo elemento di pietra)
- F - Chiave dell'arco (elemento centrale sagomato a cuneo)
- G - Conci di appoggio o di imposta
- H - Giunti o commessure o cementi di malta
- I - freccia (I') freccia di calcolo
- L - Luce (L') luce di calcolo

Dal punto di vista della tecnica di costruzione l'arco può avere appoggi incernierati o incastrati.

Gli appoggi incernierati consentono la rotazione delle imposte dell'arco (conci di imposta) sotto i carichi e per effetto delle variazioni di temperatura. Gli archi incernierati sono relativamente meno rigidi, ed in essi non si verificano forti sollecitazioni di flessione per effetto di variazioni di temperatura o di cedimenti di terreni.

Per le imposte della maggior parte degli archi in acciaio si usano cerniere metalliche.

Gli archi incastrati sono costruiti sia in

acciaio che in calcestruzzo, essi sono più rigidi di quelli incernierati, e pertanto sono più sensibili alle sollecitazioni provocate dalle variazioni di temperatura o da cedimenti degli appoggi.

14.3 Dimensionamento

Lo spessore di un arco varia a seconda della luce che deve ricoprire, il carico che esso deve portare ed il materiale di cui è costituito. Anche la sagoma della curva di intradosso ha una sensibile influenza sulla stabilità dell'arco. Ognuno dei conci che costituiscono l'arco tende ad abbassarsi sotto l'azione dei carichi sovrastanti, e quindi preme contro gli adiacenti, che ne impediscono l'abbassamento: si origina così il mutuo contrasto fra i vari elementi che è la ragione della statica degli archi.

Il contrasto dei singoli elementi si trasmette sino ai piani di appoggio (le imposte) che gli archi spingono tenendo a rovesciarle all'infuori.

La stabilità degli archi aumenta con l'aumentare del rapporto tra monta (freccia) e la corda e varia anche con questo rapporto la direzione della spinta di piedritti. Essa è più prossima alla verticale negli archi a tutto sesto e si avvicina di più all'orizzontale negli archi a monta assai depressa e nelle piattabande. Gli archi a tutto sesto premono sui piedritti più di quanto li spingano, mentre avviene il contrario per gli altri. Le spinte che si sviluppano negli archi aumentano coi carichi e quindi vanno crescendo dai giunti di chiave verso i giunti di spalla e perciò gli elementi negli archi sono maggiormente sollecitati verso le imposte.

L'esperienza insegna che gli archi hanno la tendenza ad aprirsi presso le imposte. Le sezioni di probabile rottura si trovano approssimativamente in due piani inclinati di 30° sul piano di imposta.

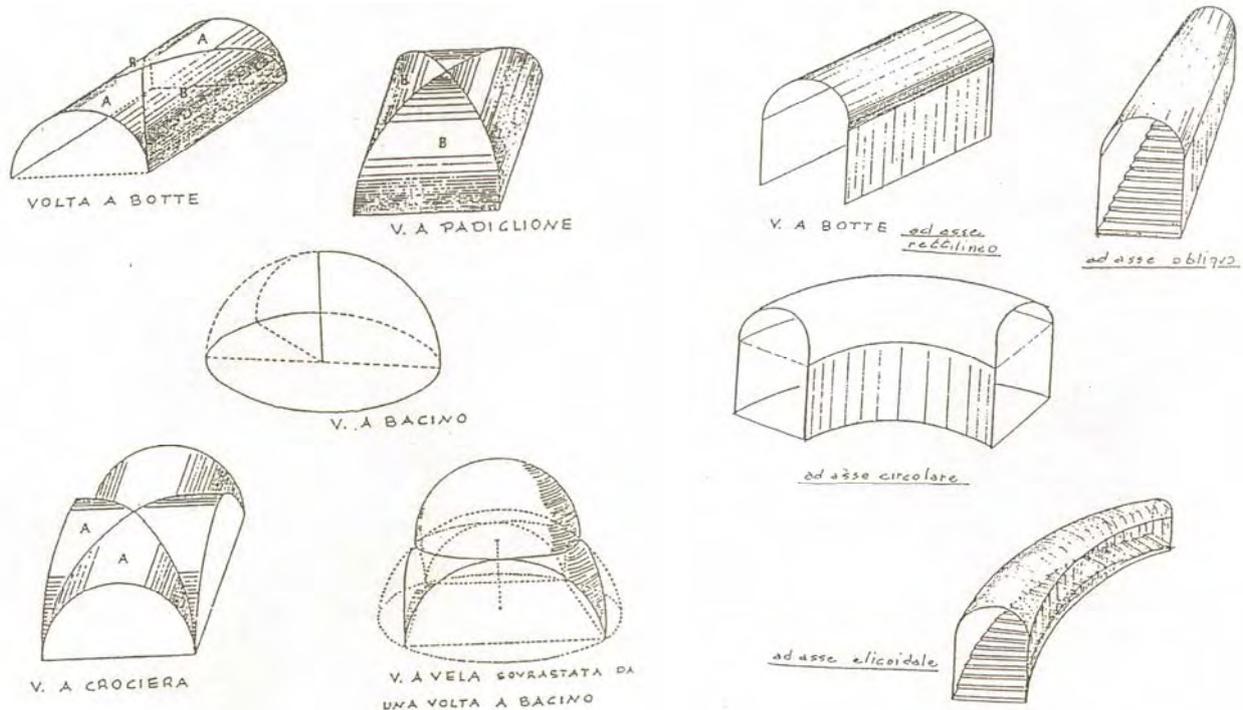
14.4 L'elemento costruttivo volta

La funzione delle volte in muratura è quella di creare delle coperture o dei calpestii. Esse derivano dall'uso ripetitivo dell'arco.

L'estradosso di una volta in muratura sarà poi coibentato e impermeabilizzato.

Per rendere piana la superficie di calpestio venivano realizzati dei riempimenti con materiali di risulta (rinfianchi). Il riempimento così eseguito, pur costituendo un peso morto cui la struttura portante veniva assoggettata, migliorava la stabilità delle volte riducendo le sollecitazioni su di essi esclusivamente a sforzi di compressione. Talvolta per ridurre i pesi inutili si inseriva una struttura di muretti in mattoni o traverse in legno lasciando vuote le intercapedini.

La figura seguente mostra le particolari configurazioni che può assumere la volta a botte.



15 LE OPERE DI SOSTEGNO

15.1 La spinta delle terre

Per comprendere il significato di spinta delle terre, si prendano inizialmente in considerazione tre identici contenitori con pareti laterali piane, riempiti rispettivamente di acqua, zucchero e maionese. Qualora si eliminasse all'improvviso una parete laterale dai tre contenitori, ci sarà una fuoriuscita del contenuto, che sarà caratterizzata da spostamenti diversi per ognuna delle sostanze. Si intuisce, allora, che se con l'eliminazione della parete si muove la sostanza contenuta, allora questa esercita una forza sulle pareti stesse che prende il nome di **spinta**, la quale, evidentemente, varia in funzione del tipo di sostanza contenuta..

Fenomeno analogo si verifica quando il materiale contenuto è il terreno e la parete è un muro di sostegno. Abbattendo il muro di sostegno, si sposterà un cuneo di terra (ved. fig. 15.1) che sarà proprio quello che generava la spinta sul muro.

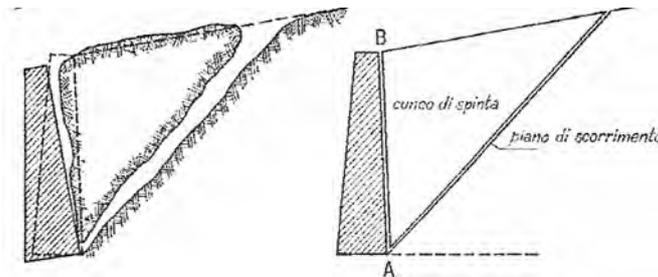


Figura 15.2 - Cuneo di spinta attiva del terreno

Questa spinta dipenderà dal:

- **Peso dell'unità di volume** del terreno. Un terreno normalmente pesa tra 1.6 e 1.8 tonnellate a metro cubo. All'aumentare del peso corrisponderà un aumento di spinta;
- **L'angolo di attrito interno** del terreno indicativo del modo in cui i grani che costituiscono il terreno agiscono uno contro l'altro per dare al terreno una stabilità propria. Fisicamente questo angolo è rappresentato dalla massima inclinazione con la quale si dispone un mucchio di sabbia su di un piano orizzontale (vedasi fig. 15.2)

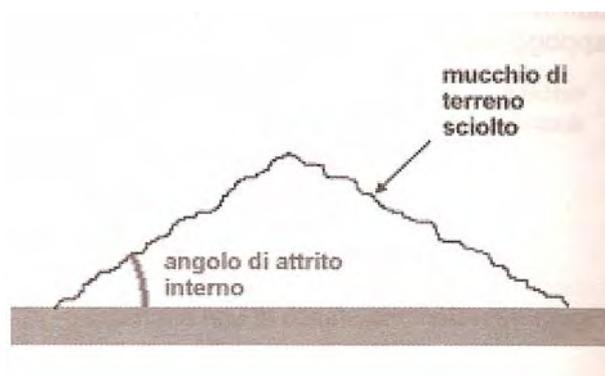


Figura 15.3 - Angolo di attrito interno del terreno

Maggiore è l'angolo di attrito interno, minore sarà la spinta esercitata sul muro. Nel caso di sabbie bagnate, il valore dell'angolo d'attrito aumenta e, conseguentemente, diminuisce la spinta (vedasi fig. 15.3).

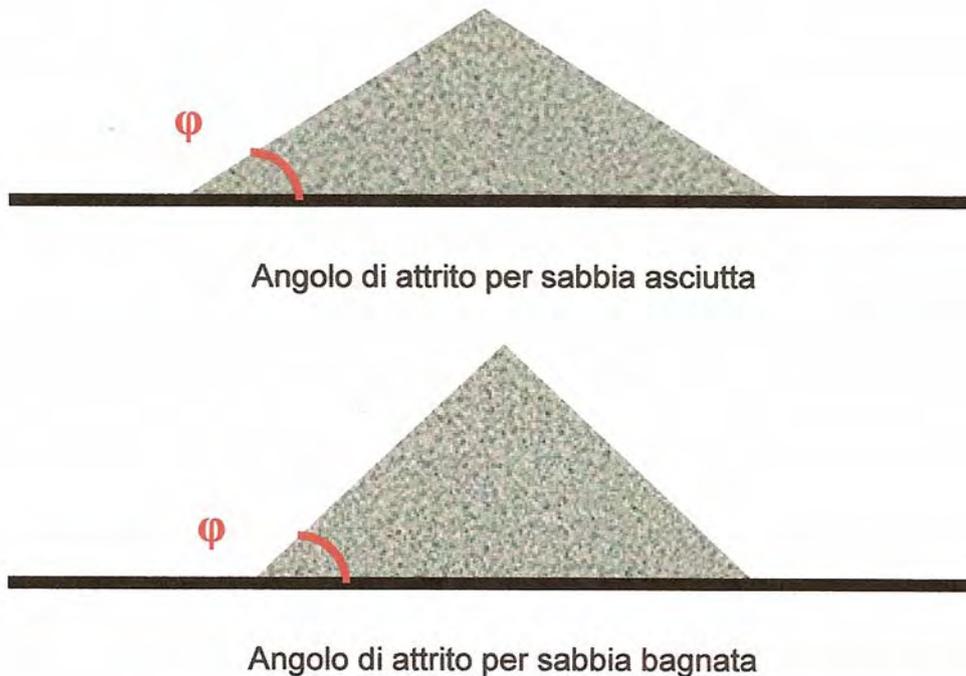


Figura 15.4 - Aumento dell'angolo di attrito per sabbie bagnate

- **La coesione** che incide sulla spinta nel caso di terreni argillosi. Maggiore è la coesione e minore sarà la spinta esercitata dal terreno. Un esempio pratico è rappresentato da una pila di libri tenuta in equilibrio da due forze orizzontali (vedasi fig. 15.4) se tra le copertine ci fosse olio (la coesione sarebbe più bassa) ci vorrebbe una forza maggiore per mantenere l'equilibrio che si traduce in una maggiore spinta.



Figura 15.5 - La coesione

15.2 Le opere di sostegno

Le opere di sostegno sono necessarie quando si vuole spianare un terreno scosceso (vedasi fig. 15.5), oppure quando si realizzano delle strade con sezioni in rilevato (vedasi fig. 15.6) o in trincea (vedasi fig. 15.7), oppure quando si vogliono creare dei terrazzamenti allo scopo di rendere possibile la coltivazione.

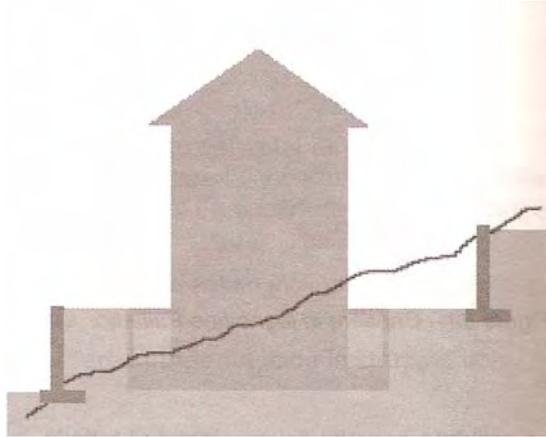


Figura 15.6 - Costruzione su un terreno scosceso

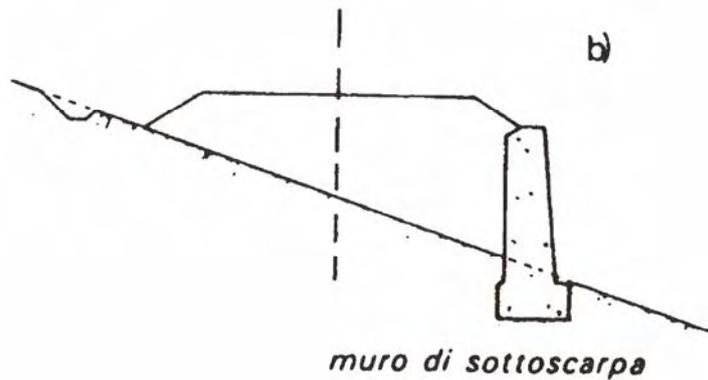


Figura 15.7 - Costruzione di muro di sostegno per sezione stradale in rilevato

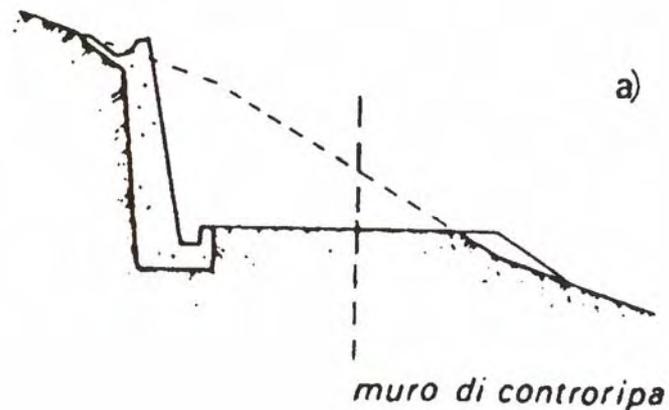


Figura 15.8 - Costruzione di muro di sostegno per sezione stradale in trincea

Queste opere hanno lo scopo di opporsi alla azione del terreno che tende a disporsi secondo la sua pendenza naturale.

Le opere di sostegno possono classificarsi in:

- **muri di sostegno a gravità** (ved. fig. 15.8) quando l'effetto stabilizzante è offerto da peso proprio. In genere sono realizzati in muratura o in calcestruzzo non armato;
- **muri di sostegno a mensola** (ved. fig. 15.8) caratterizzati da spessori molto più sottili rispetto ai muri a gravità, ma hanno una fondazione molto più estesa. Per queste tipologie di muri, viene usato un materiale resistente a flessione come il cemento armato;
- **paratie** che possono essere realizzate mediante dei diaframmi (setti in calcestruzzo - ved. fig. 15.9), delle palancole (elementi in acciaio lunghi anche 10-15 metri – ved. fig. 15.10), dei pali accostati o ad interasse (ved. fig. 15.11). Le paratie si dividono a loro volta in
 - **paratie incastrate** utilizzate solo per pareti di modesta altezza e per basse spinte del terreno (ved. fig. 15.8);
 - **paratie tirantate** mediante trefoli o barre d'acciaio (ved. fig. 15.8)

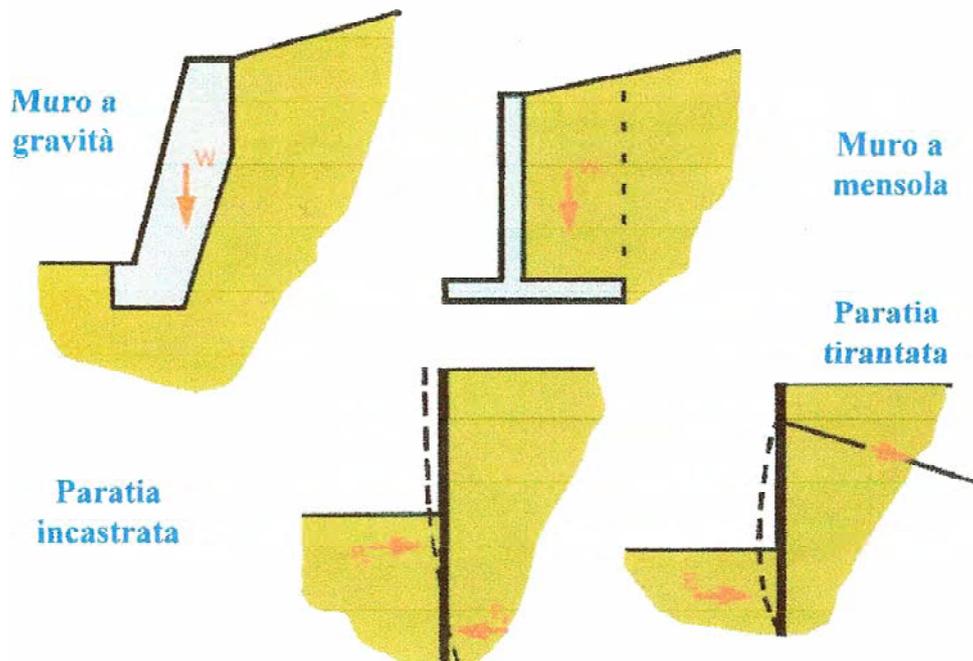


Figura 15.9 - Tipologia delle opere di sostegno

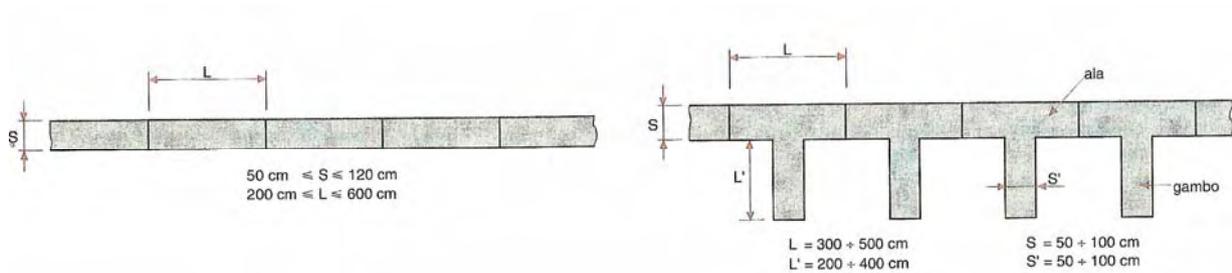


Figura 15.10 - Paratie con diaframmi rettangolari e a T

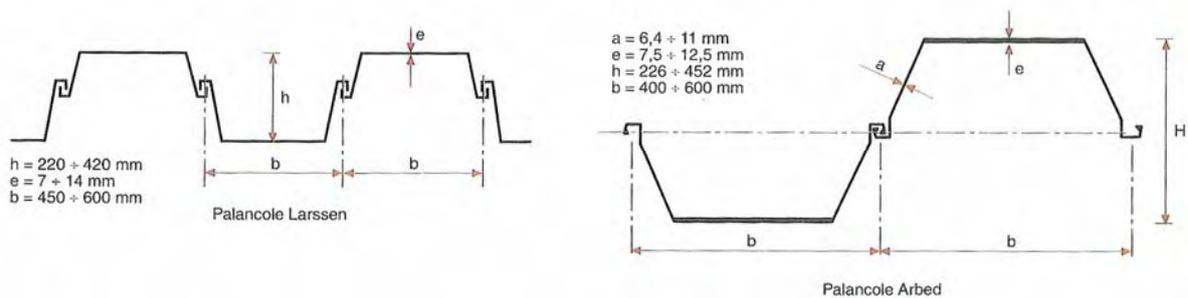


Figura 15.11 - Paratie con palancole



Figura 15.12 - Paratie con pali

15.3 Le verifiche dei muri di sostegno

Le verifiche da eseguire su un muro di sostegno, devono considerare tutti i possibili meccanismi di collasso.

- **Verifica allo scorrimento** (ved. fig. 15.12): si verifica che la componente orizzontale della spinta del terreno non sia superiore (a meno di un fattore di sicurezza pari a 1.3) alla forza frenante data dall'attrito tra fondazione e terreno, proporzionale al peso del muro;
- **Verifica al ribaltamento** (ved. fig. 15.13): si verifica che il momento delle forze che tendono a ribaltare il manufatto sia inferiore (a meno di un fattore di sicurezza pari a 1.5) al momento delle forze che stabilizzano il medesimo;

- **Verifica della capacità portante** (ved. fig. 15.14): determinato il carico totale esercitato dal muro sul terreno ed il corrispondente diagramma delle tensioni, si verifica che il carico trasmesso al terreno sia inferiore alla sua capacità portante ovvero che la massima tensione indotta non superi la tensione ammissibile nel terreno;
- **Verifica di stabilità globale** (ved. fig. 15.15) Si verifica che il versante contenente il manufatto sia stabile a meno di un coefficiente di sicurezza pari a 2.

SCORRIMENTO

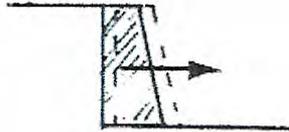


Figura 15.13 - Muro di sostegno: verifica allo scorrimento

RIBALTAMENTO

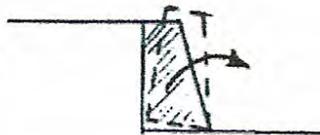


Figura 15.14 - Muro di sostegno: Verifica al ribaltamento

CARICO LIMITE

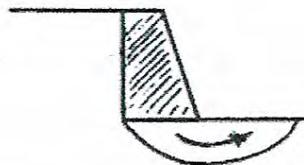


Figura 15.15 - Muro di sostegno: Verifica della capacità portante

ROTTURA GLOBALE

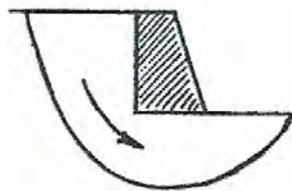
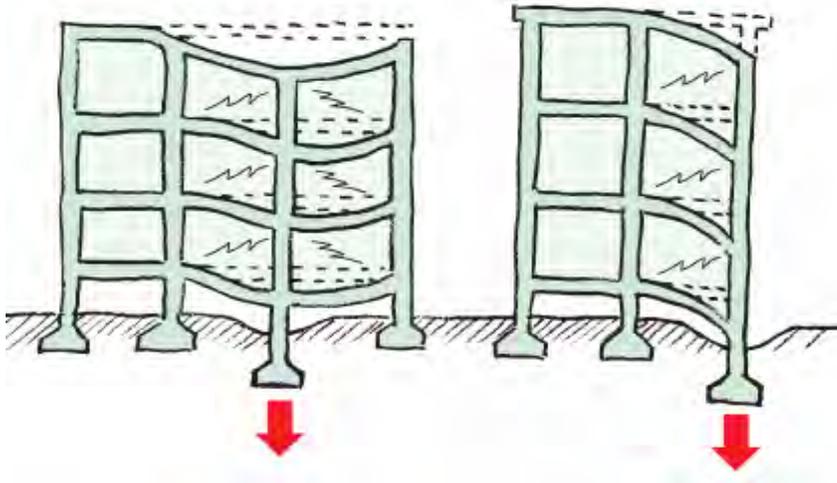


Figura 15.16 - Muro di sostegno: Verifica di stabilità globale

Bibliografia

- P. Colonna "Corso di costruzioni di strade, ferrovie e aeroporti" Politecnico di Bari.
- G. Dellana "Appunti di Geotecnica" Versione 1.3
- G.B. Ormea "Manuale pratico per l'ingegnere civile". Ed. Kappa
- S. Di Pasquale ed altri "Costruzioni " Ed. Le Monnier.

16 I DISSESTI STATICI DELLE COSTRUZIONI



16.1 Teoria delle fessurazioni

Per i materiali lapidei da costruzione (cemento armato e muratura) vale la seguente regola pratica:

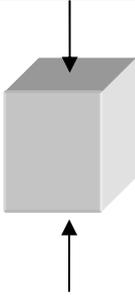
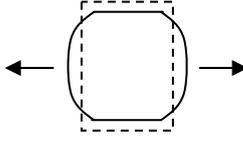
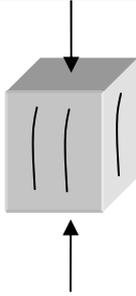
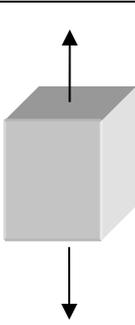
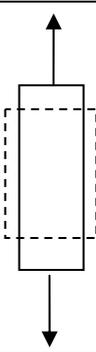
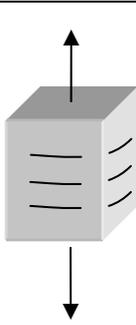
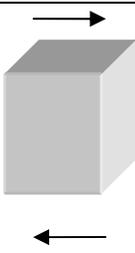
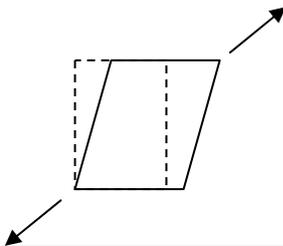
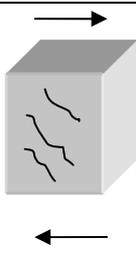
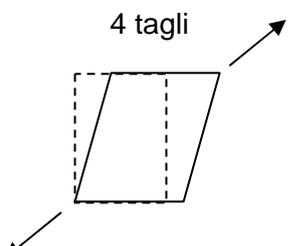
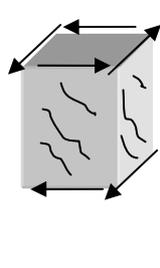
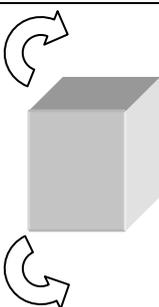
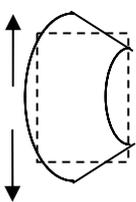
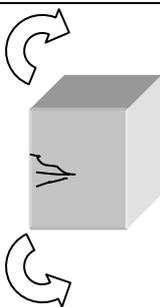
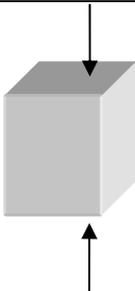
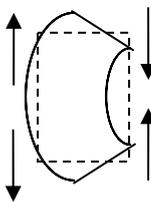
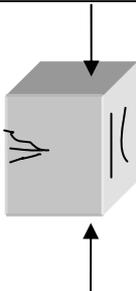
LE FESSURAZIONI SONO SEMPRE PERPENDICOLARI ALLA DIREZIONE DELLA TENSIONE MASSIMA DI TRAZIONE !!!



L'operatore V.F. deve essere in grado di risalire alla direzione delle tensioni di trazione che hanno portato al quadro fessurativo evidenziato e quindi di farsi un'idea dello stato sollecitativo che lo ha indotto. Al termine di tale processo, bisogna cercare di risalire alle cause che hanno portato al dissesto in atto. Tale operazione non è per nulla semplice e non può prescindere da un'ispezione accurata dell'intero manufatto oltre che dall'attenta analisi di quanto riferito dagli occupanti che conoscono certamente meglio dei VV.F. le vicissitudini occorse alla costruzione. E' fuori di dubbio che le opinioni di chi è presente sul posto possono essere viziate da mancanza di

conoscenze tecniche o da interessi privati ma, comunque, è necessario che l'operatore V.F. le ascolti attentamente ricordando al suo interlocutore che si trova di fronte ad un Pubblico Ufficiale (o Agente) nell'esercizio delle sue funzioni di soccorritore.

Da un punto di vista pratico si suggerisce un comodo espediente per rintracciare subito le direzioni delle tensioni massime di trazione (e quindi i piani di frattura ad esse perpendicolari): basta immaginare l'elemento lapideo fratturato come se fosse *di gomma* osservando le direzioni in cui esso si allunga: le lesioni si svilupperanno ortogonalmente ad esse!

<p>Compressione</p>			
<p>Trazione</p>			
<p>Taglio</p>			
<p>Torsione</p>			
<p>Flessione</p>			
<p>Pressoflessione</p>			

Ricapitolando:

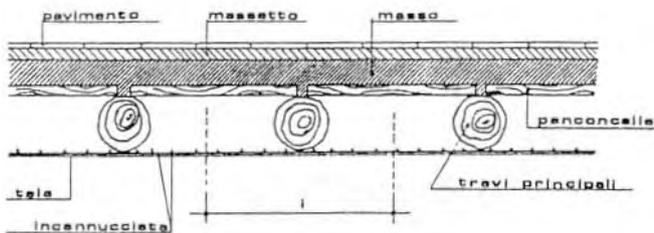
le lesioni da compressione (o da schiacciamento) sui pilastri sono verticali e quelle da taglio sono inclinate a 45°. Le lesioni da flessione sono concentrate nella mezzeria degli elementi e quella da trazione sono perpendicolari all'elemento strutturale.

16.2 Dissesti dei solai

In sostanza esistono tre tipologie di solaio a seconda del materiale di cui essi sono costituiti:

- Solai in legno
- Solai in "ferro"
- Solai in cemento armato

Per quanto riguarda i *solai in legno*, la figura riportata di seguito ne evidenzia gli elementi costitutivi principali:



l'orditura¹ principale, costituita da travi di legno

l'orditura secondaria, costituita da un assito ligneo realizzato con tavole o con travicelli di dimensioni inferiori rispetto a quelle portanti

il massetto strutturale (vincolato o meno all'orditura principale mediante dei connettori)

il massetto per l'allettamento della pavimentazione

la pavimentazione

il controsoffitto (in genere costituito da tele o da un incannucciato)

¹ Orditura: direzione delle strutture portanti

I dissesti particolarmente ricorrenti nei solai in legno sono i seguenti:

a) eccessiva deformazione per rilassamento del legno

Questo fenomeno non è istantaneo e come conseguenze può comportare la perdita degli appoggi nella muratura oppure lo schiacciamento di tramezzi su cui vanno a gravare i solai "imbarcati". Per evitare tale fenomeno o quantomeno per limitarne l'entità, i solai dovrebbero essere muniti di una robusta soletta collaborante. In tempi passati si era soliti "rigirare" periodicamente le travi per compensare l'effetto di rilassamento. I Vigili del fuoco devono essenzialmente valutare il grado di incastro delle travi nella muratura (eventualmente rimuovendo parzialmente l'intonaco) verificando lo stato delle testate delle travi, la qualità dei mattoni su cui insistono e il loro livello di degrado. Qualora sorgessero dubbi sulla staticità dell'orizzontamento si deve provvedere all'interdizione del locale oggetto di sopralluogo e a tutti quelli sottostanti.

Il controllo dei vani sottostanti il solaio esaminato deve essere teso ad evidenziare eventuali situazioni di dissesto localizzato dei tramezzi su cui eventualmente grava il solaio eccessivamente inflesso. Qualora detti tramezzi dovessero risultare eccessivamente danneggiati o fuori piombo, si provvederà ad interdire l'accesso ai locali con esso confinanti.

b) Putrescenza del materiale mai trattato con protettivi

Il legno è un materiale organico facilmente attaccabile da insetti o funghi e può subire un lento degrado in termini di perdita di resistenza, di flessibilità e di sezione resistente. Se non adeguatamente protetto da appositi rivestimenti o vernici nel corso di una decina di anni si appalesano crepe e fenomeni di marcescenza con conseguente incremento della vulnerabilità delle strutture.

c) Faticenza dei controsoffitti in tela o dell'incannucciato

Molto spesso i solai in legno antichi delle abitazioni più povere presentano dei controsoffitti in tela o in cannuce. E' bene valutare con attenzione lo stato di detti controsoffitti e delle pendinature perché spesso si verificano dei cedimenti.

d) Scarso ammorsamento delle travi nella muratura con probabile distacco in caso di sisma.

Come si vede nella figura riportata in basso l'assenza di un adeguato ammorsamento delle travi nelle pareti portanti e l'assenza di un cordolo di ripartizione delle azioni sismiche può comportare il parziale sfilamento delle strutture lignee dagli appoggi. La situazione evidenziata risulta particolarmente pericolosa e non può prescindere da uno sgombero del manufatto.

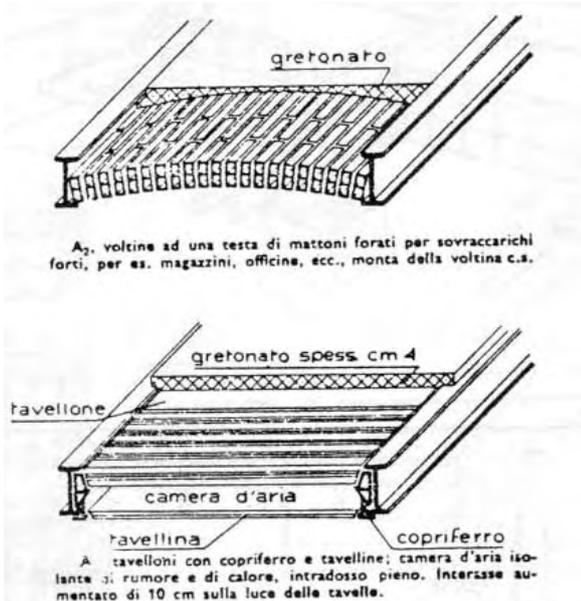


d) Lesioni delle travi principali per eccessivo sovraccarico o vetustà



Nelle strutture prevalentemente inflesse (e quindi nei solai) possono essere presenti delle lesioni longitudinali o trasversali alle travi portanti. Se presenti in mezzeria, le seconde sono decisamente più gravi e pericolose delle prime perché denotano l'inadeguatezza della struttura a portare i carichi strutturali. Interventi di interdizione sono quanto mai consigliati.

Le lesioni longitudinali evidenziate nella figura riportata di sopra, sono praticamente inevitabili nei solai in legno comunemente realizzati: il legno è un materiale "vivo" e per questo motivo tende a respirare con l'ambiente che lo circonda. Esso si dilata e si contrae, reagisce all'umidità ambientale ed è spesso sede di tasche di resina o di cretti. L'operatore dei Vigili del Fuoco deve verificare se il solaio risulta eccessivamente imbarcato o se sono presenti lesioni trasversali in mezzeria. In caso non ve ne fossero, il pericolo di collasso parziale può non essere ritenuto imminente: le travi si comportano infatti come due elementi sovrapposti e la capacità portante è pari alla somma dei singoli contributi. Talvolta la capacità portante di un solaio in legno viene incrementata aggiungendo delle travi metalliche all'orditura principale.



A₂, voltine ad una testa di mattoni forati per sovraccarichi forti, per es. magazzini, officine, ecc., monca della voltina c.s.

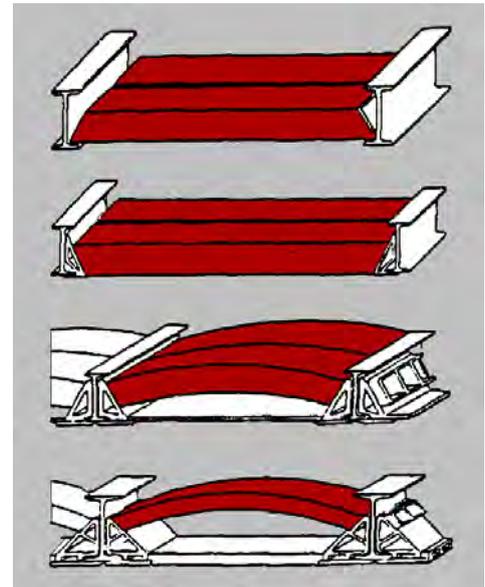
A, tavelloni con copriferro e tavelline; camera d'aria isolante al rumore e di calore, intradesso pieno. Incassate aumentato di 10 cm sulla luce delle cavelle.

Due tipologie di **solai in ferro** sono di seguito rappresentate:

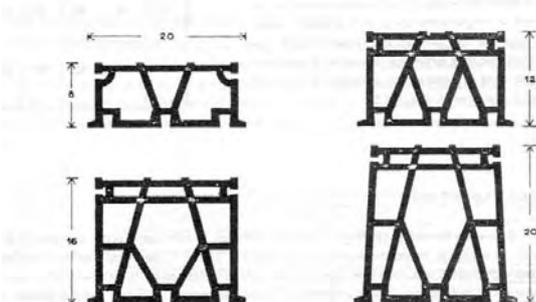
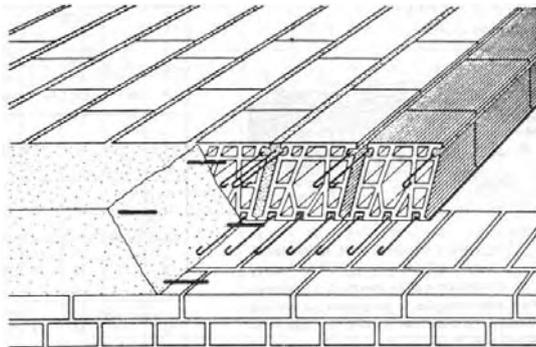
Meno deformabili dei solai in legno, i loro principali problemi sono rappresentati dalla scarsa aderenza dell'intonaco all'intradosso, dalla bassa affinità con le voltine che, per effetto di un insufficiente contrasto offerto dalle putrelle metalliche possono crollare e dalla possibilità di caduta dei tavelloni di riempimento.

I profilati metallici spesso non risultano ben ammortati nella muratura per assenza di cordoli.

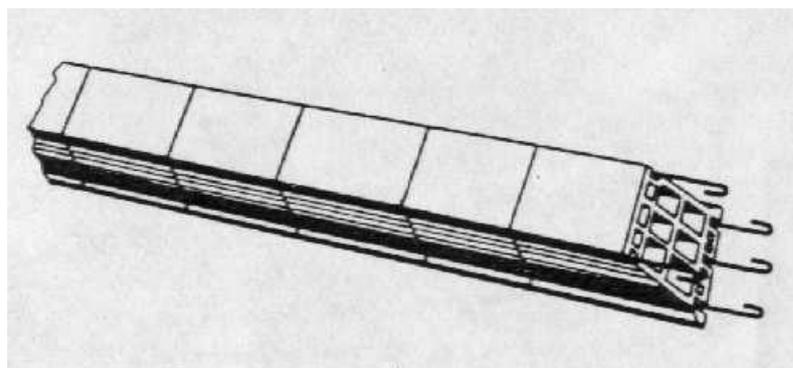
Lo stato di un solaio si valuta osservandolo all'intradosso (dal basso verso l'alto). Molto spesso sono ben visibili le tracce delle putrelle che, per effetto di un differente coefficiente di dilatazione termica rispetto ai laterizi o alle voltine, tendono ad evidenziare l'eterogeneità dei materiali. Per valutare la qualità del livello di incastro tra i profilati metallici e le tavelle, oppure il grado di aderenza tra la parte strutturale del solaio e l'intonaco si utilizza la piccozza: ad un rumore sordido corrispondono dei vuoti che denotano l'assenza di contatto tra intonaco e struttura. L'operatore dei VV.F. provvederà a saggiare tutti i campi di solaio ed a far crollare le parti pericolanti di intonaco evitando di danneggiare inutilmente le suppellettili presenti.



I disegni dei solai in cemento armato sono legati essenzialmente allo storico solaio tipo **“SAP”** (Solaio Auto Portante).



E' uno dei solai più insidiosi e pericolosi per il Tecnico dei Vigili del Fuoco. Non si contano i crolli di solai di questo tipo per effetto dello scarsissimo ricoprimento delle barre di armatura che li contraddistinguono. Molto adoperato nell'edilizia del dopoguerra per la celerità di esecuzione, i solai tipo SAP sono caratterizzati da travetti gettati in opera (di larghezza minima di 2,5 cm!!!) posti tra gli allineamenti prefabbricati in laterizio in cui sono posizionati gli esili ferri di armatura (spesso lisci!!!).



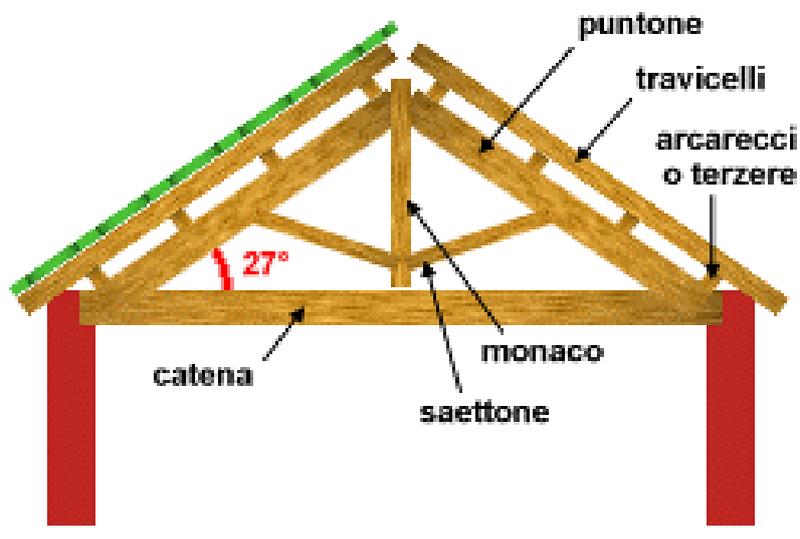


Un esempio classico di dissesto statico è illustrato a lato: si noti lo scarsissimo copriferro con la conseguente ossidazione delle barre e l'espulsione dei laterizi e dell'intonaco. Se si individuano in fase di sopralluogo casistiche del genere è bene essere cautelativi.

16.3 Dissesti delle coperture a falda

Sono di seguito evidenziati gli elementi principali costituenti una copertura a doppia falda. In particolare, si può dire che, nella seguente configurazione (con il monaco indipendente dalla catena) sono noti a priori gli andamenti degli stati tensionali agenti negli elementi strutturali presenti:

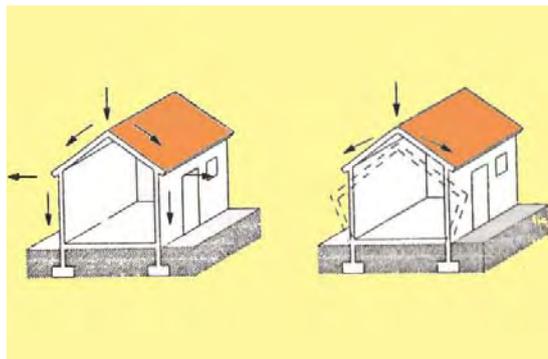
gli elementi tesi sono rappresentati dalla catena e dal monaco, i compressi dai puntone e dai saettoni e gli elementi inflessi sono le travi di colmo e gli arcarecci.



Noti gli stati tensionali da un punto di vista qualitativo, si può quindi affermare che per gli elementi tesi è bene effettuare una verifica dell'efficienza delle zone di giunzione (i nodi) nonché l'assenza di lesioni trasversali, essendo praticamente influente da un punto di vista statico la presenza di lesioni longitudinali. Per gli elementi compressi, invece, è bene accertarsi che non vi siano lesioni ad andamento longitudinale o elementi fortemente arcuati: in tale caso potrebbero verificarsi fenomeni di instabilità piuttosto repentini.

Le coperture a falda presentano la caratteristica di essere spingenti nei confronti delle pareti che le sostengono in assenza di catena. Ricordando che esse sono vietate dalla normative nazionali

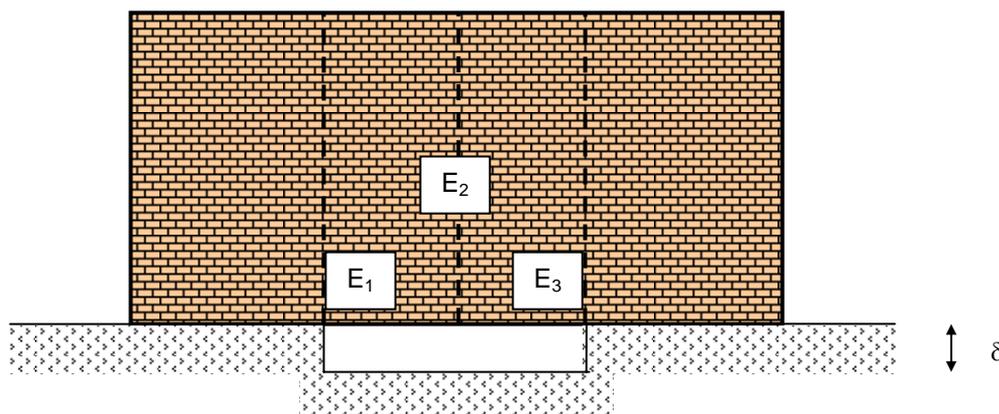
vigenti in zona sismica, è bene verificare la presenza di fuori piombo delle pareti in corrispondenza degli incastri nonché lo stato delle zone di ammassamento delle travi nella muratura. La presenza di sganciamenti delle murature fenomeni potrebbe portare a situazioni di crisi repentine contro cui è bene cautelarsi per tempo.



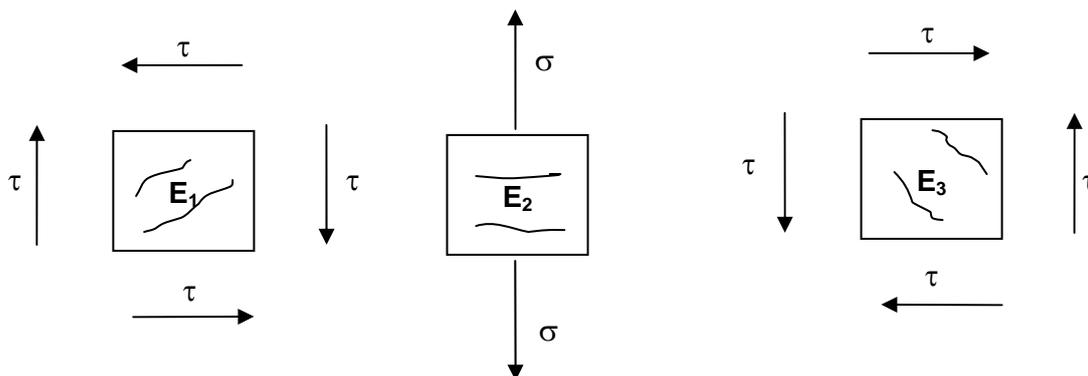
16.4 Dissesti da cedimento o da eccessiva deformabilità strutturale

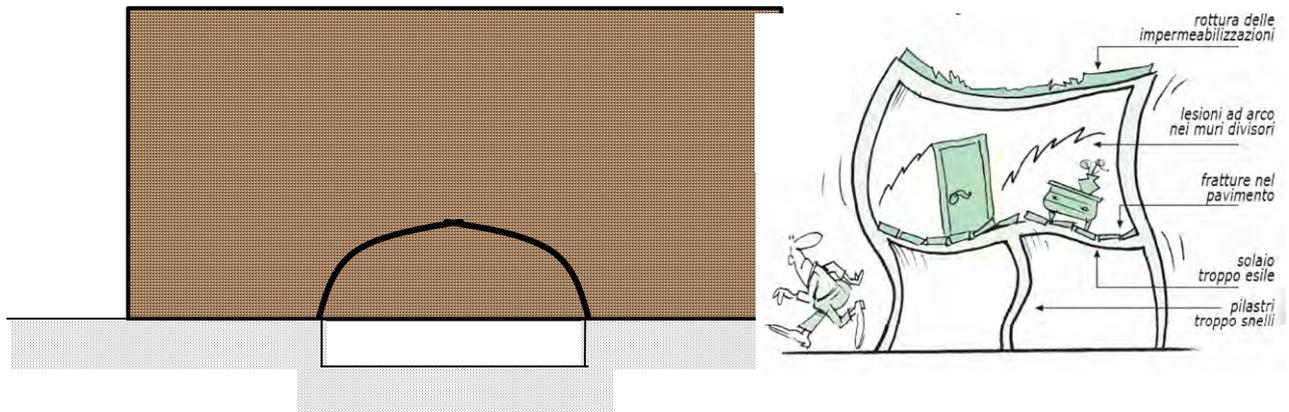
In questo paragrafo saranno utilizzati i concetti introdotti nelle sezioni precedenti con riferimento ai quadri fessurativi degli elementi lapidei sottoposti a caratteristiche della sollecitazione elementari (casi dei "cubetti di gomma"). Deducendo gli stati di sollecitazione elementari agenti, sarà quindi possibile risalire al quadro fessurativi completo e quindi all'origine del dissesto.

Per analizzare il quadro fessurativi di un cedimento fondale, si consideri il caso di una parete poggiante su un terreno interessato da un cedimento.



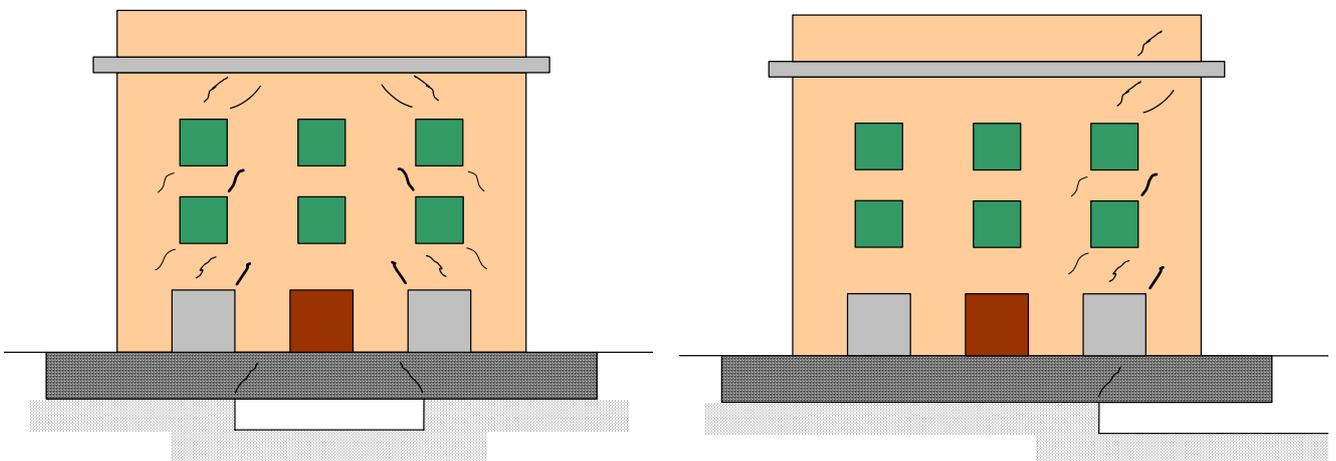
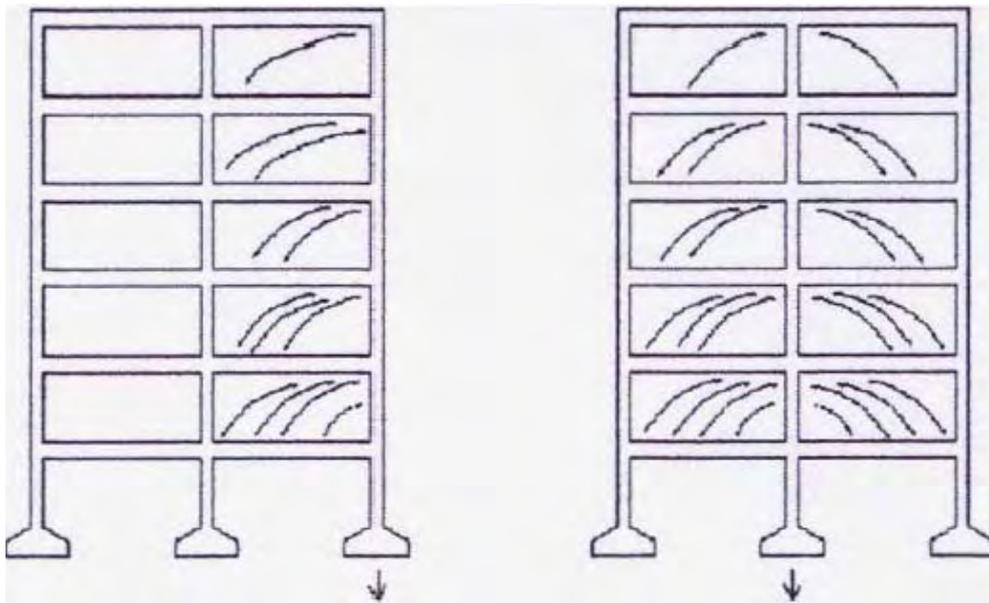
Gli elementi E_1 e E_3 sono trattenuti dalla parte di parete poggiante su suolo stabile: la sollecitazione elementare sarà di taglio puro. L'elemento E_2 è trattenuto dalla parte sovrastante di parete che, per effetto arco, conserva la stabilità meccanica. Esso è soggetto a trazione semplice. Le lesioni conseguenti sono riportate di seguito (orizzontali nel caso di trazione pura e a 45° nel caso di taglio puro)





E' evidente la classica lesione a parabola del muro.

Analoghi dunque sono i casi di cedimenti fondali su edifici in muratura o in cemento armato che mostrano le tracce delle lesioni a parabola lungo le facciate uscenti dagli spigoli dei vani dove si verificano concentrazioni di sforzi.



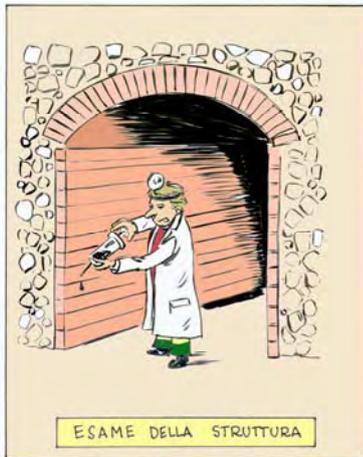
La simpatica figura in basso mostra cause possibili di cedimenti differenziali: escavazioni in prossimità delle strutture fondali, perdite dalle condotte di adduzione idrica o fognarie, smottamenti...



In fase di sopralluogo è necessario verificare se il fabbricato è stato interessato da cedimenti fondali controllando la corretta apertura di porte e finestre nei rispettivi vani oppure utilizzando delle comuni biglie per la valutazione dell'orizzontalità dei solai o monitorando il corretto deflusso degli scarichi fognari aprendo i pozzetti di ispezione. In particolare, la difficoltosa apertura di porte e finestre, soprattutto in abitazioni recentemente ristrutturate avvalorano l'ipotesi di fenomeni fondali in rapida evoluzione. La presenza di lesioni o avvallamenti dei solai, se da un lato evidenzia la loro stretta collaborazione con le strutture portanti verticali, dall'altro mostra che il fenomeno è in rapida evoluzione così come l'assenza di drenaggio da parte delle fognature. In questi casi, data la mancanza di tempo e di mezzi per effettuare rilievi più approfonditi (tra l'altro esulanti dagli scopi dei Vigili del Fuoco) è sempre bene operare a vantaggio di sicurezza.

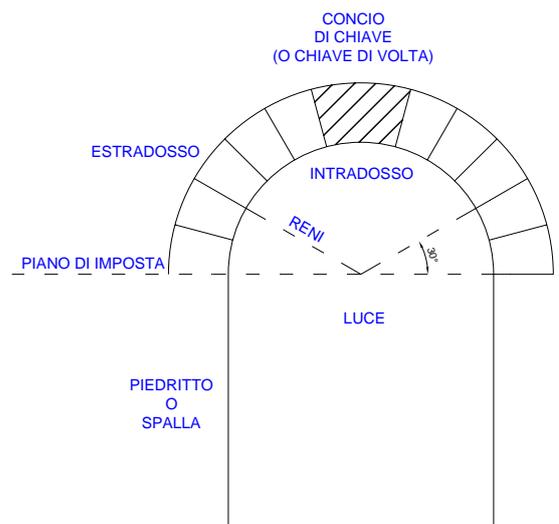
Per quanto riguarda le lesioni dei muri di sostegno, si osservi che quelle ad andamento verticali sono meno preoccupanti di quelle orizzontali: basta pensare che è come se il muro si suddividesse in più conci. Talvolta si notano rifluimenti di terreno a monte del paramento o spanciamenti dello stesso a valle: questi sono sintomi dell'effettiva attivazione della spinta delle terre a tergo dei muri e devono essere valutate attentamente sia osservando l'entità degli spostamenti che la rapidità degli stessi. La maggiore o minore vetustà del muro e le osservazioni effettuate da chi è originario del posto e conosce la realtà dei luoghi sono senza dubbio valide indicazioni per le azioni da compiere.

16.5 Dissesti di archi e volte



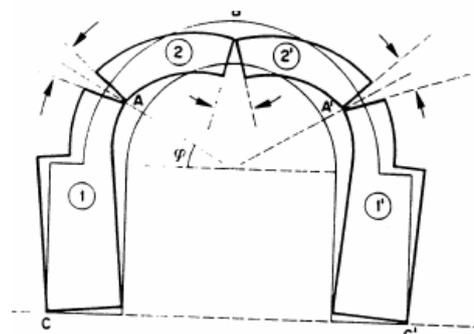
Le strutture ad arco sono particolarmente insidiose per quanto riguarda i dissesti statici che le contraddistinguono e per questo motivo il tecnico dei Vigili del Fuoco deve conoscerne le principali caratteristiche statiche per capirne il funzionamento ed esprimersi in maniera compiuta in merito ad eventuali situazioni di pericolo.

Le principali parti costituenti un arco sono evidenziate nella figura a lato:



L'arco sta in piedi in virtù del fatto che il peso proprio e del materiale di riempimento sovrastante ingenera un sistema di compressioni tra i blocchi costituenti tale da garantirne la stabilità. Le tre sezioni significative di un arco sono quella in chiave e le due alle reni: sia alle reni che in chiave agiscono due azioni orizzontali (spinte) uguali e contrarie che, se non ben contrastate con piedritti sufficientemente "pesanti" o con catene, conducono al collasso dell'arco. Le lesioni in chiave tendono ad aprirsi dal basso verso l'alto mentre alle reni accade il contrario. Per tale motivo le lesioni alle reni, purtroppo difficilmente visibili con un'ispezione visiva, sono molto più pericolose di quelle in chiave: se esse sono evidenti all'intradosso significa che l'arco ha esaurito tutte le sue riserve statiche ed è prossimo al collasso.

Dunque anche una lesione in chiave può essere sintomatica di un avanzato fenomeno di dissesto statico e per questo motivo deve essere esaminata con la massima attenzione.



Approfondimento:

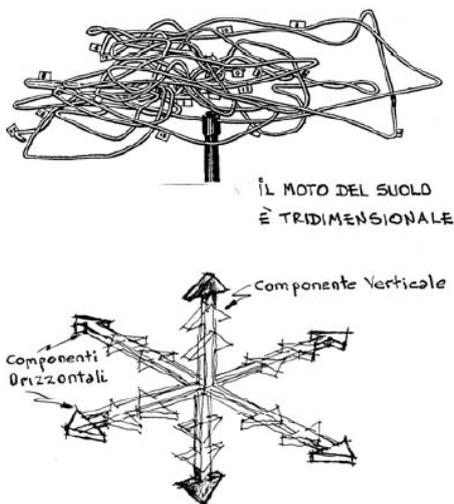
Nell'ipotesi di arco simmetrico a due cerniere di luce L e freccia f su cui agisce un carico distribuito uniforme (q), si dimostra con semplici considerazioni di equilibrio che la componente orizzontale (H) della spinta sui piedritti vale $H = qL^2/(8f)$.

16.6 Dissesti da sisma

16.6.1 Il terremoto: nomenclatura e genesi

Il termine terremoto deriva dal latino “**terrae motus**” e consiste in uno scuotimento del suolo più o meno prolungato (da pochi secondi ad alcuni minuti).

Tale scuotimento può determinare effetti sia sugli edifici interessati dal moto quali lesioni, ribaltamenti, crolli che effetti sul territorio circostante (effetti “cosismici”) come frane, fagliazioni superficiali, liquefazione dei terreni, assestamenti, tsunami.

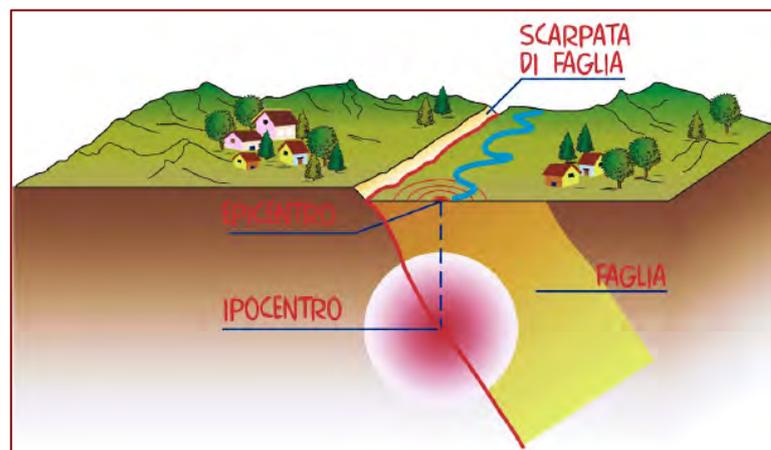


registrate per mezzo di sismografi.

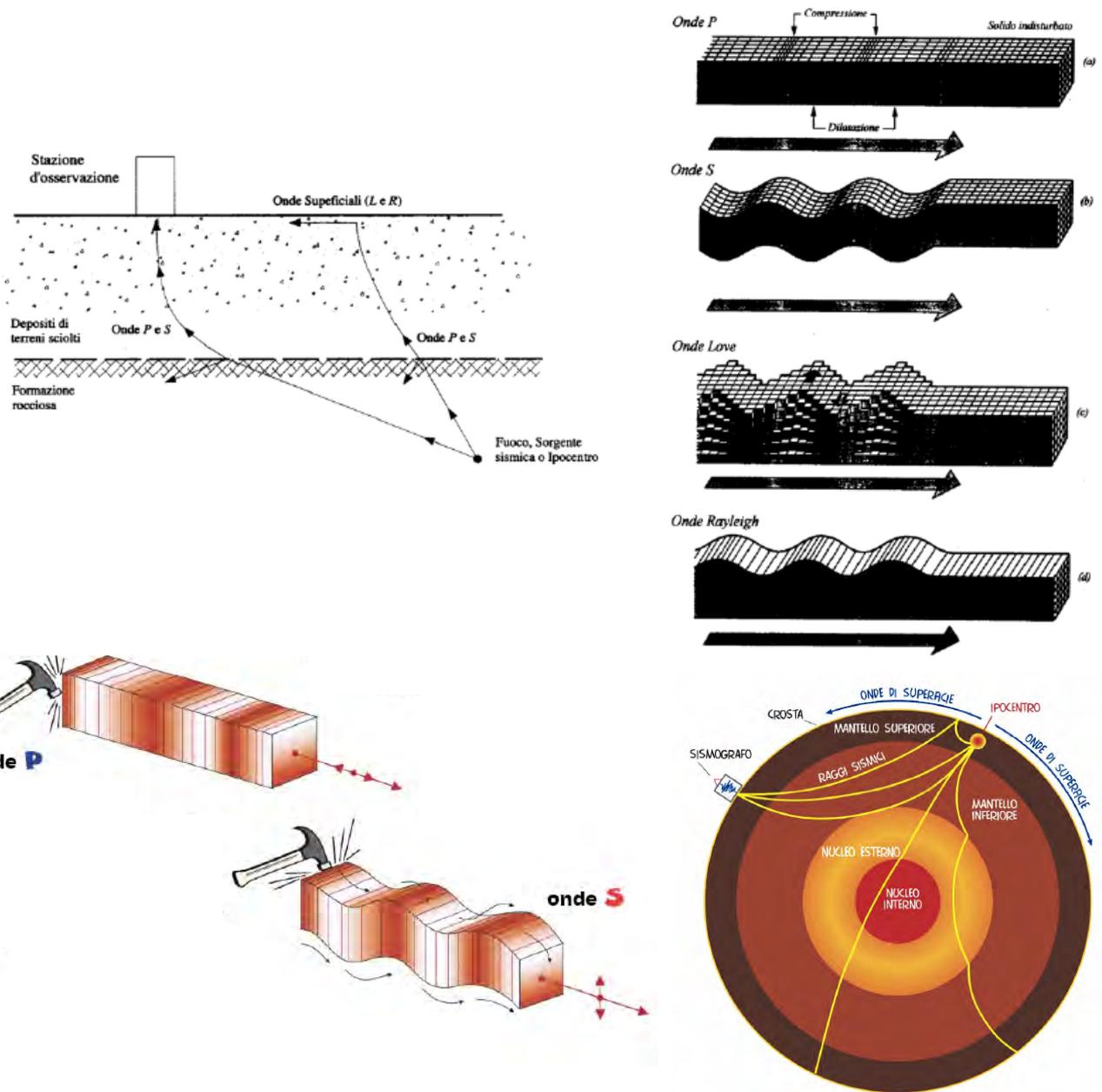
Il terremoto è originato da rotture delle rocce del sottosuolo per effetto di eccessi di sforzi causati dalla tettonica delle placche di cui è costituita la crosta terrestre (deformazioni e movimenti che provocano terremoti di origine tettonica) oppure da movimenti magmatici in corrispondenza di zone vulcaniche (terremoti vulcanici). La superficie di frattura tra

● AZIONE sismica

diverse zolle di sottosuolo si chiama faglia. Il punto di origine del terremoto è detto **ipocentro** o **fuoco** e la sua proiezione ortogonale sulla superficie terrestre è detto **epicentro**.



La rottura della crosta terrestre determina delle “onde sismiche” di differenti tipologie:



Le onde P (di **compressione** o **primae**) viaggiano nel sottosuolo ad una velocità di circa 1,7 volte la velocità delle onde S (o di **taglio** o **secundae**). Le onde di **Rayleigh** e di **Love** sono onde superficiali.

E' importante utilizzare una corretta terminologia per garantire una rapida ed efficace comunicazione tra i colleghi e con gli Enti esterni.

Per indicare quanto sia stato “forte” un terremoto vengono utilizzate due definizioni differenti: la magnitudo e l'intensità.

La magnitudo fu definita nel 1935 dal sismologo C.F. Richter come misura oggettiva della quantità di energia elastica emessa durante un terremoto.

L'intensità di un terremoto quantifica e classifica esclusivamente gli effetti provocati dal sisma sull'ambiente, sulle cose e sull'uomo. Pertanto, a differenza della magnitudo, per uno stesso terremoto essa può assumere valori diversi in luoghi diversi. L'intensità e la magnitudo non sono a rigore correlabili !!!

La classificazione in base all'intensità di un terremoto viene effettuata mediante la cosiddetta “scala Mercalli”, ideata da Mercalli nel 1902 e modificata da Cancani e Sieberg (M.C.S.) nel 1923 e successivamente nel 1931 e 1956. Essa è suddivisa in 12 gradi. Ecco la scala in forma dettagliata...

I grado - scossa strumentale: impercettibile agli esseri umani, è rilevabile soltanto dagli strumenti (sismografi).

II grado - scossa leggerissima: avvertita soltanto da persone particolarmente sensibili o nervose, in perfetta quiete, cioè ferme o a riposo in ambiente tranquillo. Solitamente è **percepibile solo nei piani superiori delle case** ove possono oscillare lievemente gli oggetti appesi (lampadari).

III grado - scossa leggera: viene avvertita all'interno delle abitazioni con un effetto simile al passaggio di un autocarro: **poche persone ci fanno caso** ed altre la riconoscono come terremoto soltanto dopo averne parlato con altri. Oggetti appesi possono oscillare.

IV grado - scossa moderata: all'aperto **la scossa è percepita fisicamente da poche persone** anche se le automobili ferme oscillano vistosamente. All'interno delle abitazioni **numerose persone, ma non tutti, avvertono un effetto simile al passaggio di un autocarro pesante** su una strada dissestata: tremolio o leggere oscillazioni dei mobili, urti di cristalleria e vasellame posti a breve distanza; tremano i vetri o tintinnano le finestre; scricchiolano porte, travi e assi in legno. Nei recipienti aperti, i liquidi vengono leggermente mossi. Si può avere la sensazione che in casa sia caduta una serie di oggetti pesanti. Si oscilla con tutta la sedia o il letto come su una barca. **Generalmente questi fenomeni non provocano paura** a meno che le persone non siano state già spaventate da terremoti precedenti. Raramente la scossa può svegliare chi dorme.

V grado - scossa forte: **all'interno delle case la scossa viene avvertita da tutti.** Nelle strade e durante le attività lavorative il sisma viene percepito da numerose persone e persone sensibili lo avvertono anche in aperta campagna. Nelle case si avverte lo scuotimento dell'intero edificio. Oggetti appesi ma anche tendaggi non troppo pesanti oscillano; nel caso di campanelle, suonano. Gli orologi a pendolo possono fermarsi od oscillare con maggior periodo a seconda se la scossa si esplica in direzione normale o perpendicolare al piano su cui oscillava il pendolo. Talvolta orologi a pendolo fermi possono riprendere temporaneamente il movimento. I mobili vibrano e piccoli oggetti possono cadere. Recipienti colmi ed aperti versano piccole quantità dei liquidi contenuti. I quadri si spostano, urtano tra loro o battono contro le pareti. Porte ed imposte sbattono e i vetri possono infrangersi. Talvolta l'illuminazione elettrica guizza o viene a mancare. **Chi dorme viene svegliato bruscamente** e sporadici gruppi di persone fuggono all'aperto. Chi si trova già all'aperto nota piante o rami che si muovono con evidenza come sotto l'effetto di un vento moderato e **calcinacci che cadono dai cornicioni delle case.**

VI grado - scossa molto forte: tutti si rendono conto che c'è un terremoto provandone paura, anche a causa dei forti rumori e boati che produce. Molti fuggono all'aperto ma spesso si ha una sensazione d'instabilità che può arrivare al punto da far barcollare.

La superficie dei liquidi si agita vistosamente. Quadri, libri ed oggetti possono cadere a terra; le porcellane si frantumano anche senza cadere; suppellettili assai stabili e perfino pezzi d'arredo vengono spostati o rovesciati. Nelle chiese piccole campane suonano da sole e battono gli orologi dei campanili. **Le abitazioni di solida costruzione subiscono strutturalmente danni lievi:** spaccatura dell'intonaco e caduta del rinzafo di soffitti e pareti. Danni più gravi, ma non pericolosi, si hanno negli edifici mal costruiti. All'esterno può cadere qualche tegola o pietra di camino con qualche pericolo per chi fugge in strada.

VII grado - scossa fortissima: la scossa provoca panico nella popolazione. I mobili si scostano dai muri e notevoli danni vengono provocati ad oggetti di arredamento anche pesanti. Numerosi edifici costruiti solidamente subiscono danni moderati: piccole spaccature nei muri, caduta di toppe piuttosto grandi dell'incalcinatura e dello stucco; caduta a volte anche di mattoni. Negli edifici a pareti intelaiate i danni all'incalcinatura e all'intelaiatura sono più gravi. **In casi isolati può avvenire la distruzione di case mal costruite oppure riattate. All'esterno cadono molte tegole e vetri di finestre.** Molti fumaioli vengono lesi da incrinature. Camini già danneggiati possono rovesciarsi sopra il tetto danneggiandolo. Da torri e costruzioni alte cadono decorazioni mal fissate. Grandi campane rintoccano. Le chiome degli alberi oscillano. Si producono onde sugli specchi d'acqua e le acque si intorbidiscono a causa della melma mossa. Varia la portata delle sorgenti.

VIII grado - scossa rovinosa: la scossa viene avvertita distintamente anche da chi è alla guida di un'auto, che può perderne temporaneamente il controllo. Cadono rami, alberi, palizzate, torri e si aprono crepe nel terreno. Statue e monumenti in chiese, cimiteri e parchi pubblici ruotano sul proprio piedistallo o si rovesciano. Solidi muri di cinta in pietra si rompono e crollano. All'interno delle case anche i mobili più pesanti vengono spostati lontano o rovesciati. **Gli edifici non costruiti in cemento armato subiscono gravi danni strutturali: circa un quarto delle case è gravemente leso, alcune crollano, molte diventano inabitabili; gran parte di queste cadono.** Negli edifici intelaiati cade gran parte della tamponatura. Case in legno vengono schiacciate o rovesciate. Spesso campanili di chiese e di fabbriche con la loro caduta causano danni agli edifici vicini più di quanto non avrebbe fatto da solo il terremoto. In pendii e terreni acquitrinosi si formano crepe. In terreni bagnati si ha l'espulsione di sabbia e di melma.

IX grado - scossa distruttiva: distrugge gli edifici poco resistenti o vetusti: circa la metà delle case in pietra vengono distrutte; molte crollano; la maggior parte diviene inabitabile. Le case ad intelaiature sono divelte dalle proprie fondamenta e crollano; travi strappate a seconda delle circostanze contribuiscono alla rovina. All'esterno si aprono numerose crepe nel terreno provocando la fuoriuscita di fango e la rottura di condutture e cavi sotterranei. Acqua e "vulcanetti" di sabbia traboccano dai terreni alluvionali.

X grado - scossa fortemente distruttiva: distruzione di circa 3/4 degli edifici, la maggior parte di essi crolla. Subiscono gravi lesioni, e a volte vengono distrutti, anche ponti e solide costruzioni di legno. Argini e dighe vengono notevolmente danneggiati. I Binari vengono leggermente piegati mentre le tubature (gas, acqua e scarichi) vengono troncate, rotte e schiacciate anche a causa delle profonde fratture che si formano nel terreno. Nelle strade lastricate e asfaltate si formano crepe e per pressione sporgono larghe pieghe ondose. In terreni meno densi e più umidi si creano spaccature fino alla larghezza di alcuni decimetri; si notano parallelamente ai corsi d'acqua spaccature che raggiungono larghezze fino a un metro. Si producono frane e smottamenti; interi macigni rotolano a valle. Grossi massi si staccano dagli argini dei fiumi e da coste scoscese; riviere basse subiscono spostamenti di masse sabbiose e fangose, per cui il livello del terreno viene notevolmente variato. Le sorgenti subiscono frequenti cambiamenti di livello dell'acqua. Da fiumi, canali e laghi ecc. le acque vengono gettate contro le sponde o subiscono locali straripamenti a causa delle frane.

XI grado - scossa catastrofica: muoiono molte persone. **Crollano tutti gli edifici in muratura,** resistono soltanto le capanne di legno e le costruzioni ad incastro di grande elasticità. Crollano anche i ponti più sicuri a causa della caduta dei pilastri in pietra o del cedimento di quelli in ferro. I binari si piegano fortemente e si spezzano. Le tubature interrate vengono spaccate e rese irreparabili (vengono a mancare tutti i servizi di pubblica erogazione). Nel terreno si manifestano vari mutamenti di notevole estensione, a seconda della natura del suolo, si aprono grandi crepe e spaccature. Soprattutto in terreni morbidi e acquitrinosi il dissesto è considerevole sia orizzontalmente che verticalmente. Ne segue il trabocco di sabbia e melma con diverse manifestazioni. Sono frequenti lo sfaldamento di terreni e la caduta di massi.

XII grado - scossa gravemente catastrofica: provoca migliaia di vittime. **Ogni opera umana viene rasa al suolo.** Vengono scagliati in aria oggetti di ogni dimensione. Grandi masse di terreno vengono spostate con sollevamenti e abbassamenti del suolo (si creano onde sulla superficie del suolo). Lo sconvolgimento del paesaggio assume aspetti grandiosi. Corsi d'acqua sia superficiali che sotterranei subiscono mutamenti vari, si formano cascate, scompaiono laghi, deviano fiumi.

Tribunale T. - Sezione riassuntiva

...e in forma sintetica:

I	IMPERCETTIBILE
II	MOLTO LEGGERO
III	LEGGERO
IV	MODERATO
V	ABBASTANZA FORTE
VI	FORTE
VII	MOLTO FORTE
VIII	ROVINOSO
IX	DISTRUTTIVO
X	TOTALMENTE DISTRUTTIVO
XI	CATASTROFICO
XII	GRANDEMENTE CATASTROFICO

Consultando il sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (www.ingv.it) è possibile conoscere in tempo reale Magnitudo e posizione dell'epicentro del sisma.

Il grande successo della scala Mercalli che "resiste" dal 1902 è legato al fatto che essa fornisce in tempi rapidi una stima dei danni sul territorio e quindi consente una stima rapida degli stanziamenti da erogare per la riparazione dei danni e "costringe" le Autorità locali a comunicare i danni rilevati. Sebbene come detto non sia possibile correlare in maniera rigorosa la magnitudo all'intensità, esiste comunque una carta di correlazione ricavata in base alla realtà edilizia italiana. Essa è riportata nella figura seguente:

intensità:	magnitudo:
III-IV	2.8-3.1
IV	3.2-3.4
IV-V	3.5-3.7
V	3.7-3.9
V-VI	4.0-4.1
VI	4.2-4.4
VI-VII	4.5-4.6
VII	4.7-4.9
VII-VIII	5.0-5.1
VIII	5.2-5.6
IX	5.7-6.1
X, XI	≥6.2

Come si vede i terremoti percettibili dall'uomo sono quelli con magnitudo superiore a 3.

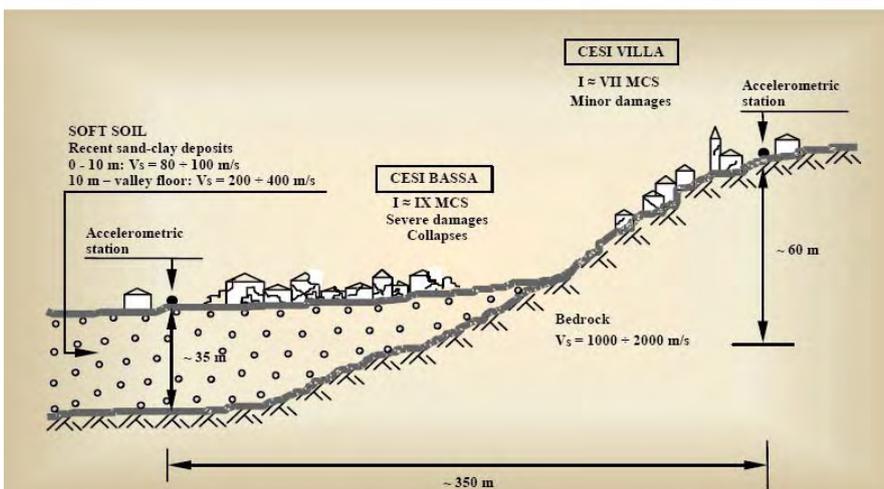
Per la classificazione sismica del territorio italiano si rimanda alla sezione dedicata nel capitolo “azioni”.

Una cosa importante da osservare, comunque, è che tutto il territorio italiano è classificato sismicamente e che le zone maggiormente penalizzate sono quelle appenniniche, il Friuli Venezia Giulia, la Calabria e la Sicilia Orientale, mentre “isole felici” sono la Sardegna, la Puglia meridionale, parte della Val Padana e dell’Arco Alpino.

Per un Vigile del Fuoco è fondamentale conoscere la classificazione sismica dei Comuni del proprio territorio di competenza per essere in grado di valutare **da un punto di vista qualitativo**, in fase di sopralluogo, gli eventuali accorgimenti antisismici presenti sull’edificio osservato e per poter stimare la capacità del manufatto di resistere ad eventuali after shock nel breve periodo successivo.

Attenzione, non ci si stupisca se...

... si verificano fenomeni di amplificazione delle onde sismiche dovuti a particolari realtà locali (presenza di terreni particolarmente soffici!).



Nell’esempio a lato lo stesso terremoto (magnitudo unica) è stato classificato di intensità VII in zona rocciosa e di intensità IX in zona con terreno soffice. Le due zone distano tra loro appena 350m!

16.6.2 I danni da terremoto

Quando si verifica un terremoto violento i fabbricati si danneggiano: è proprio grazie alla qualità del loro danneggiamento che i fabbricati non crollano. In sostanza, se un fabbricato di “danneggia correttamente” resiste al terremoto e non crolla. Il Vigile del Fuoco deve essere in grado di valutare la qualità del danneggiamento per capire se il manufatto si è comportato bene o male e per cercare di prevedere come si comporterà a seguito di eventuali repliche.

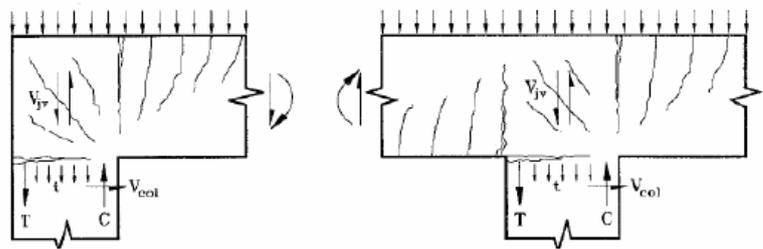
Le cose da guardare durante un sopralluogo post sisma sono tre:

- Il comportamento dei materiali
- Il comportamento delle sezioni
- Il comportamento dell'intera struttura

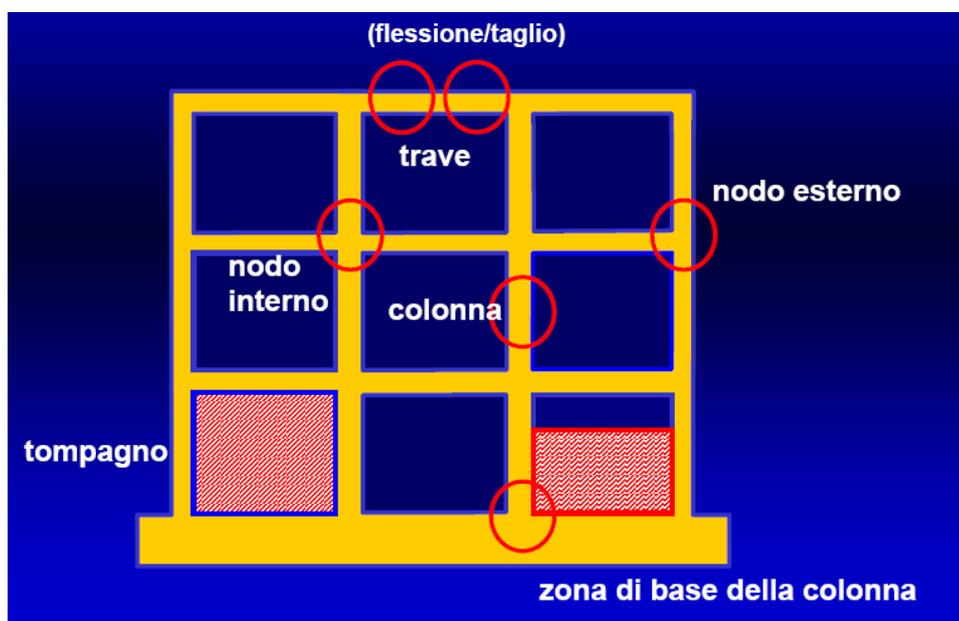


Per quanto riguarda i materiali costruttivi, non essendo possibile effettuare in fase di sopralluogo dei controlli sperimentali, basta sapere che l'acciaio è un materiale più “deformabile” del cls e della muratura.

Per quanto riguarda le duttilità a livello delle sezioni e di struttura, bisogna sapere che in una struttura intelaiata (quali la maggior parte di quelle in c.a.), le zone “delicate” sono costituite dai **pilastri e dai nodi**, mentre risultano “meno vulnerabili” le travi sollecitate a flessione e non a taglio.

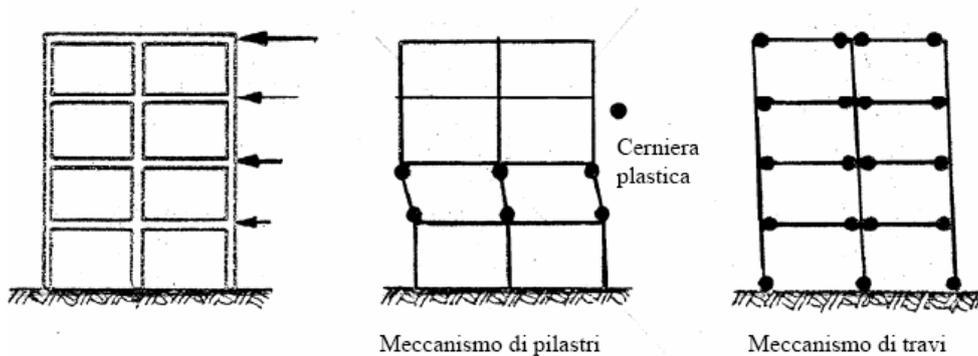


Per tale motivo, durante un sopralluogo, è bene accertarsi che dopo un sisma non siano presenti rotture dei nodi perimetrali, né schiacciamenti o disassamenti di pilastri o meccanismi di rottura per taglio: insomma **si preferisce che si danneggino le travi e non i pilastri o i nodi**.

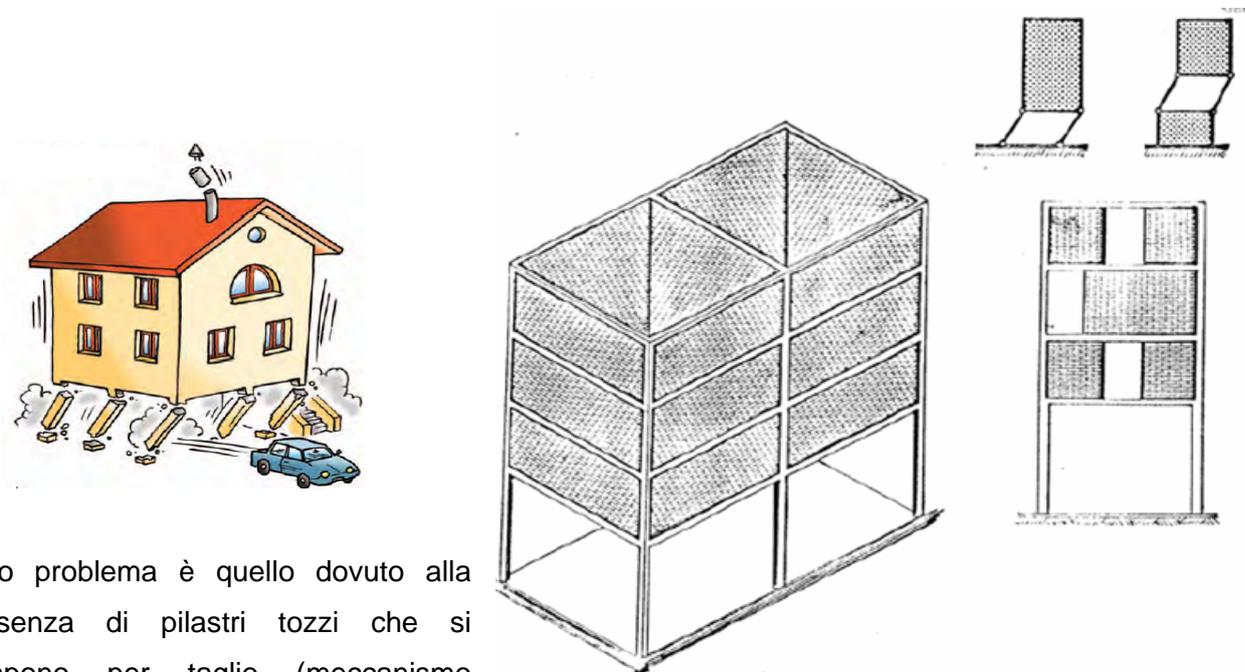


Da un punto di vista di assetto strutturale, invece, bisogna tener presente che le strutture “antisismiche” devono essere il più possibile regolari in pianta ed in elevazione.

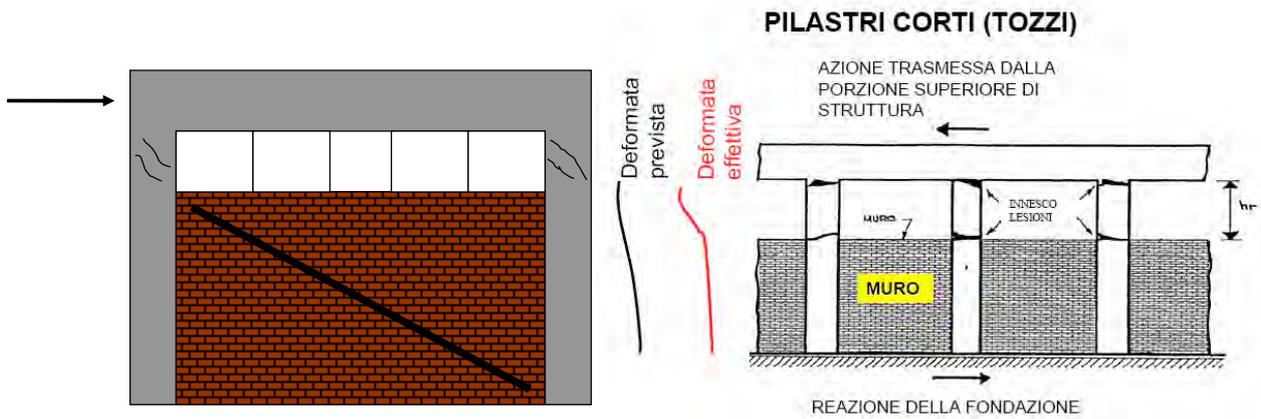
Facciamo un esempio classico:



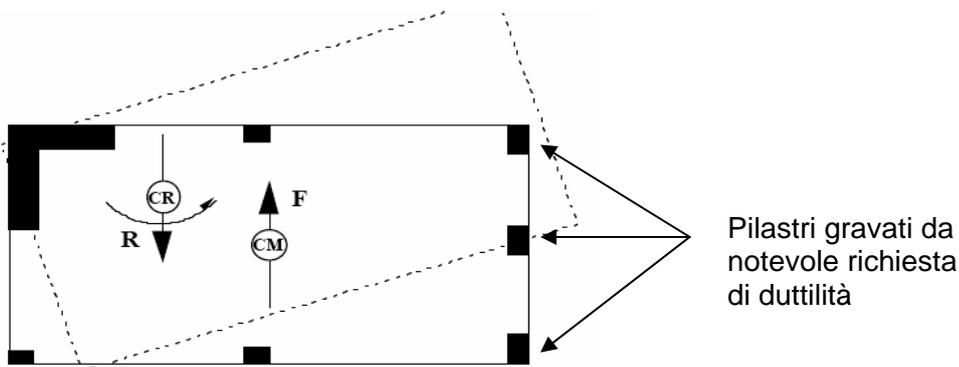
La struttura di mezzo evidenzia il problema del piano soffice (o piano debole): le rotture si verificheranno prevalentemente in tale zona e la cosa non è gradita.



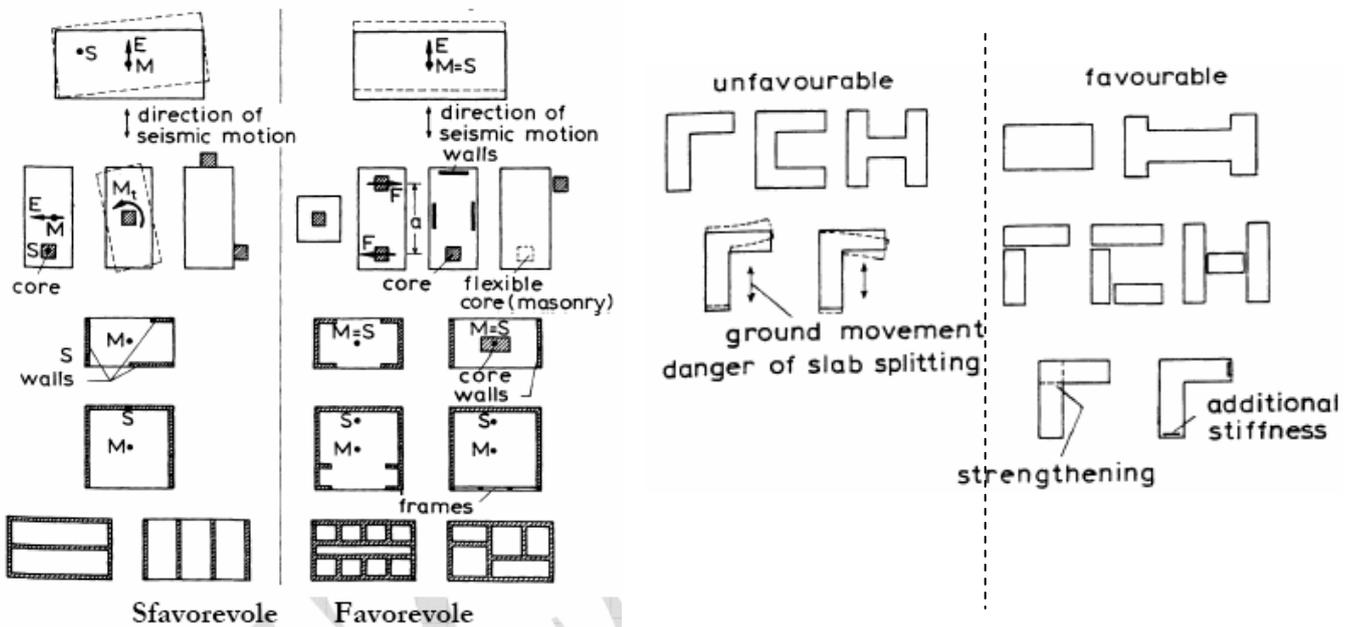
Altro problema è quello dovuto alla presenza di pilastri tozzi che si rompono per taglio (meccanismo fragile). E' di seguito riportato il caso di un parziale tamponamento di una struttura con formazione di una biella compressa al suo interno e conseguente rottura per taglio dei pilastri tozzi (la presenza di una finestratura alta lungo la tamponatura è classica quando si verifica tale fenomeno).



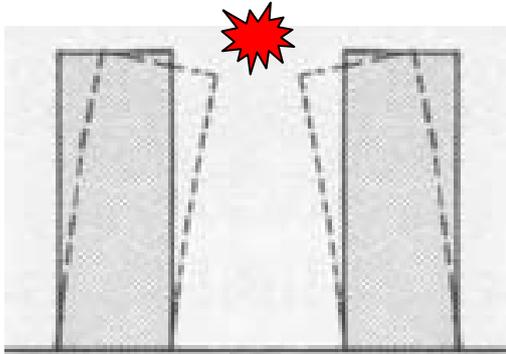
Altro dissesto tipico è provocato dall'irregolarità in pianta dei fabbricati: la presenza di forti eccentricità tra il baricentro delle masse e quello delle rigidezze determina forti rotazioni dei manufatti con conseguente forte richiesta di duttilità alle strutture portanti più lontane dal centro di rotazione (coincidente con il baricentro delle rigidezze):



Sono di seguito evidenziate distribuzioni in pianta favorevoli e non, sia per la non coincidenza tra baricentro delle masse e delle rigidezze che per infelice scelta della pianta la cui forma favorisce moti torsionali e concentrazioni di sforzi nei punti angolosi:

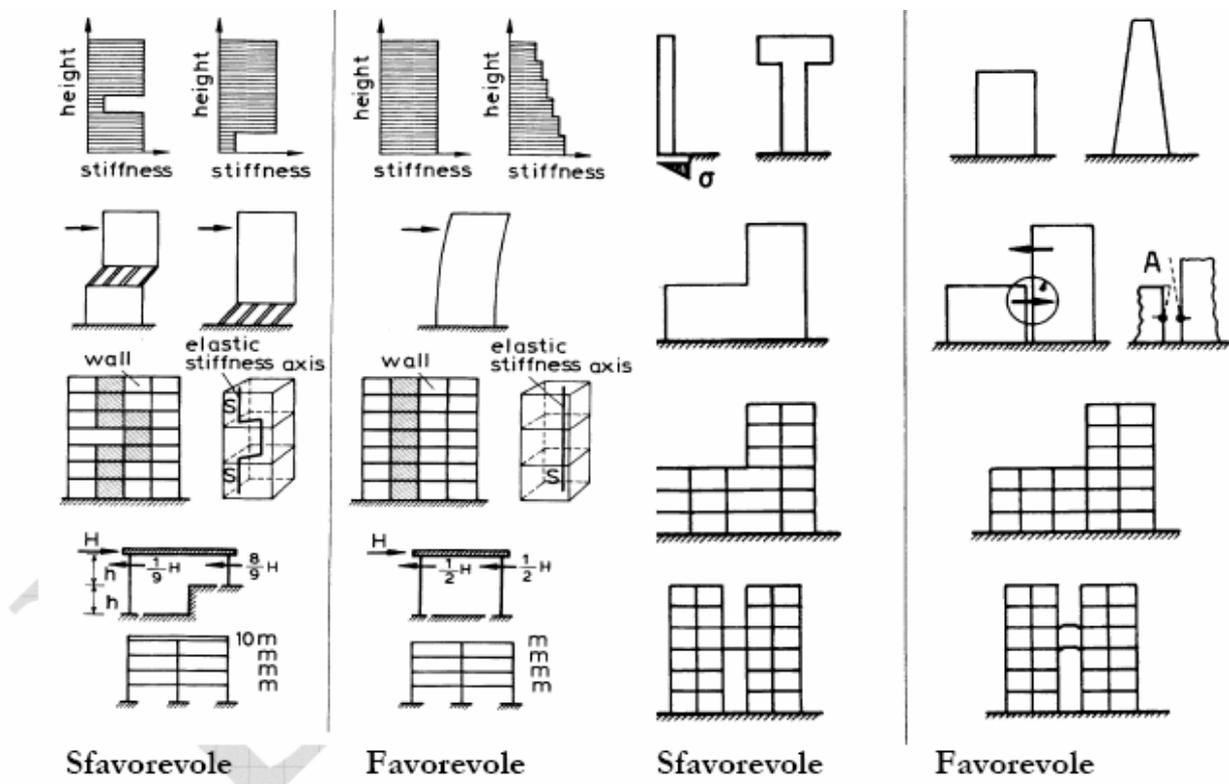


Altro problema è costituito da strutture aderenti che, durante il sisma, oscillano in controfase. Esse sono soggette al fenomeno del **martellamento**. Le norme tecniche prescrivono un giunto strutturale non inferiore a $H/100$ (essendo H l'altezza del fabbricato a partire dallo spiccato delle fondazioni).

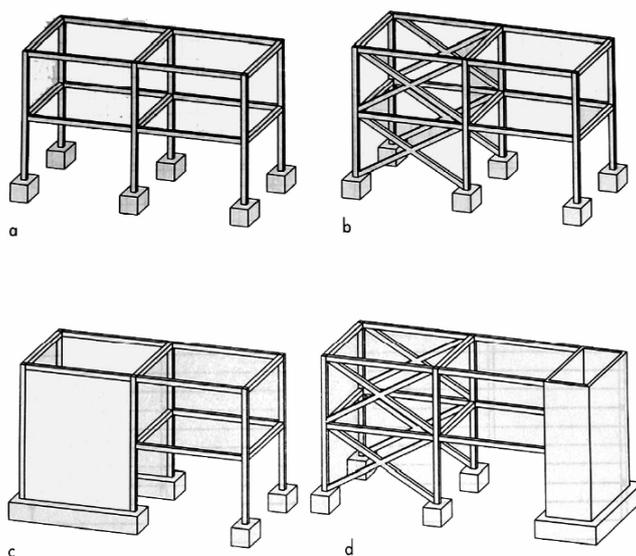


Le arcate che collegano i fabbricati nei centri storici rappresentano dei vincoli unilaterali: possono essere efficaci solo se gli edifici oscillano in fase ma perdono la funzione di ritegno in caso contrario.

Anche la distribuzione in altezza delle masse può essere sintomatica di irregolarità strutturali. E' di seguito riportato un riepilogo delle configurazioni favorevoli e sfavorevoli in altezza. Si noti che è bene evitare irregolarità (ossia brusche variazioni di rigidità e di masse che determinano concentrazioni di sforzi).



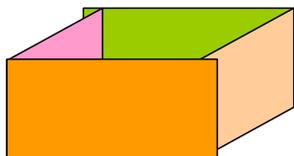
Nelle figure che seguono si nota che nel caso "a" (telaio regolare) la rigidità è ben distribuita mentre nei casi "b" (telaio controventato), "c" (telaio con setti) e "d" telaio con controventi e nucleo la rigidità prevale in una sola direzione (b e c) o non è ben distribuita (caso c).



16.6.3 Le caratteristiche dei fabbricati in muratura in zona sismica

Il successo di un manufatto in muratura in zona sismica è legato alla possibilità che esso ha di comportarsi come una scatola compatta.

La seguente figura aiuta a comprendere cosa si intende per comportamento “scatolare” di un edificio in muratura.



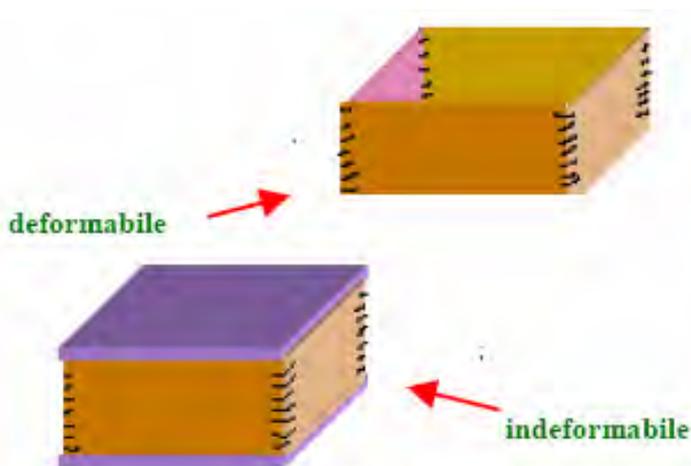
Si prendano quattro cartoncini e li appoggino l'uno all'altro a mo' di quadrato: i quattro fogli si terranno in piedi in equilibrio precario (come in un castello di carte): anche un soffio di vento può abbattearli.

Se gli spigoli dei cartoncini sono legati tra loro, la struttura acquisterà una maggiore rigidità e se con il coperchio si chiude la scatola, il sistema sarà molto più rigido e resistente.

Un edificio in muratura deve comportarsi proprio come una scatola: le pareti devono essere ben ammorsate tra loro e non troppo distanziate, i solai devono essere rigidi nel loro piano e correttamente collegati alla muratura.

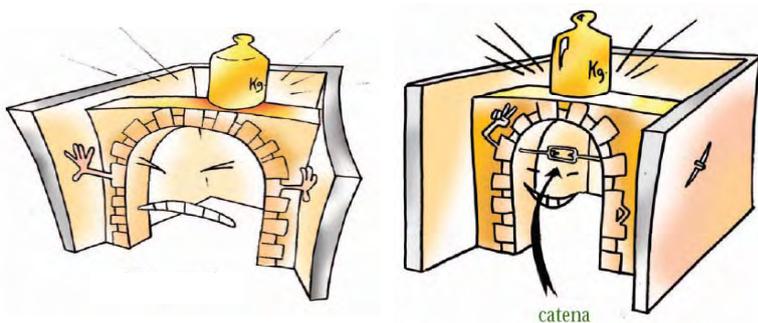
Le pareti, inoltre, devono essere in grado di resistere alle azioni sismiche senza danneggiarsi eccessivamente e per tale motivo devono essere di spessore adeguato, di materiali adatti e con vani non troppo grandi e comunque ben allineati.

Le piattabande devono essere ben ammorsate nella muratura in maniera tale da garantire un

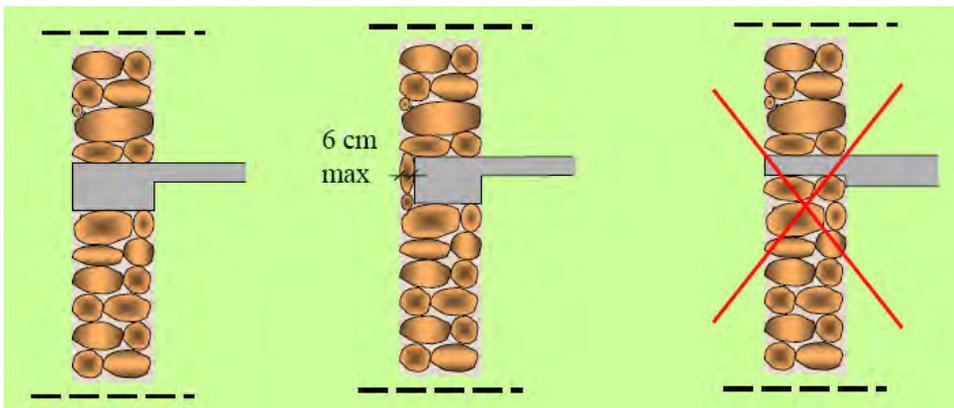


efficace trasferimento dei carichi ai maschi sottostanti.

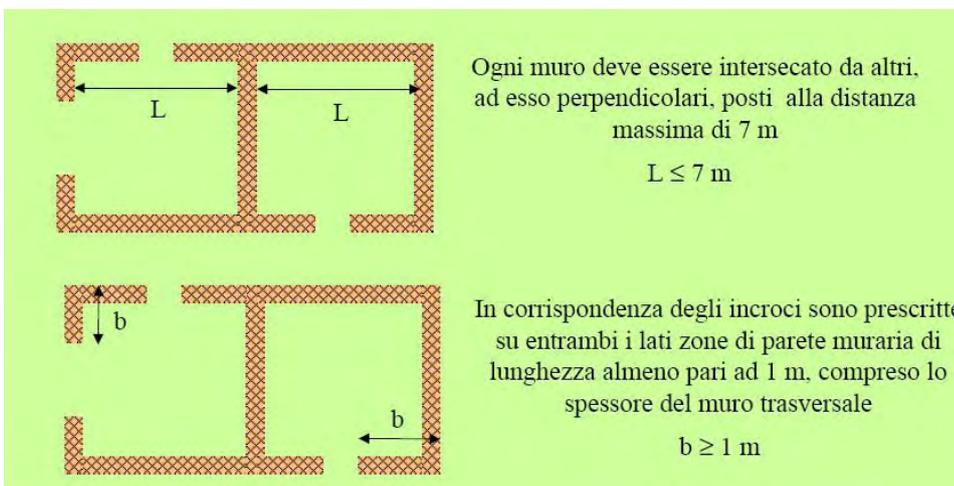
Infine, le strutture spingenti (archi, volte, capriate), tipiche degli edifici con struttura muraria, devono essere a spinta eliminata.



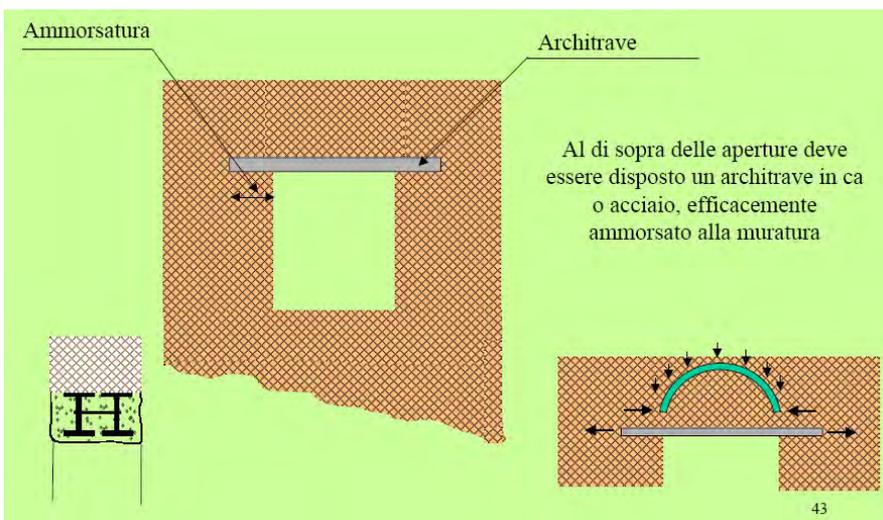
Le figure seguenti esplicitano alcuni dei concetti appena espressi:



Presenza di cordoli di collegamento tra solai e muratura



Muri di spina non troppo distanti tra loro (max 7 metri) ed ammorsamenti efficienti (incroci lunghi mai meno di un metro).

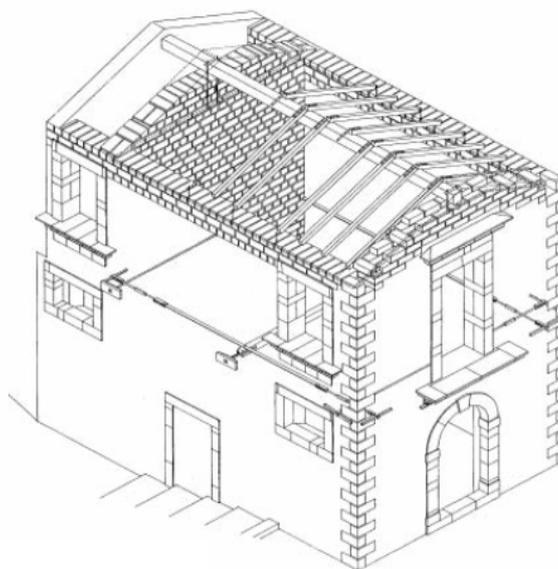


Ammorsamento delle piattabande nella muratura (durante il sisma è proprio nelle “fasce di piano” presso le piattabande che si verificano concentrazioni notevoli di sforzi).



Allineamento dei vani (porte e finestre) per rendere efficace la parte di sistema sismoresistente costituita dai maschi murari. Come si vede in figura il non allineamento dei vani rende di fatto inefficaci parti consistenti dei maschi con concentrazione di sforzi nei pochi maschi aventi pieno sviluppo in verticale. Questo fenomeno è ben accentuato nei centri storici delle città dove non solo i commercianti ampliano a loro piacimento le vetrine pensando di risolvere il problema con le sole piattabande ma dove i condomini creano vani ovunque per migliorare la fruibilità delle loro dimore (nuovi ingressi, nicchie per ripostigli...).

Le catene ai piani consentono di cucire le pareti opposte e di compattare la scatola muraria.



16.6.4 Altri effetti del sisma

Oltre al crollo o al danneggiamento dei fabbricati il sisma può indurre altri fenomeni quali: frane, cedimenti e ribaltamenti di interi fabbricati, fessurazioni superficiali dei terreni, tsunami.

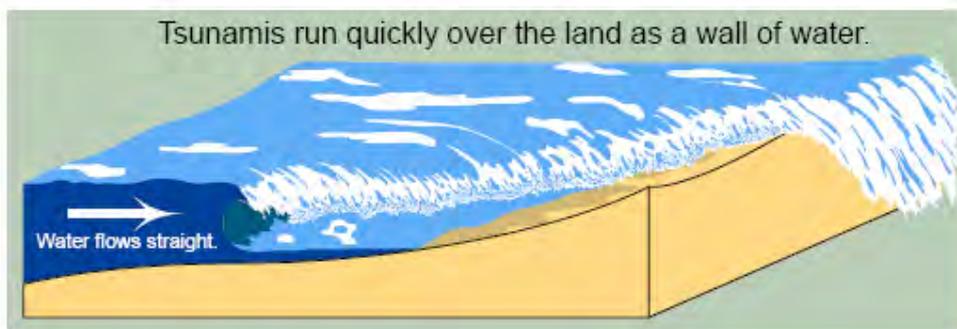
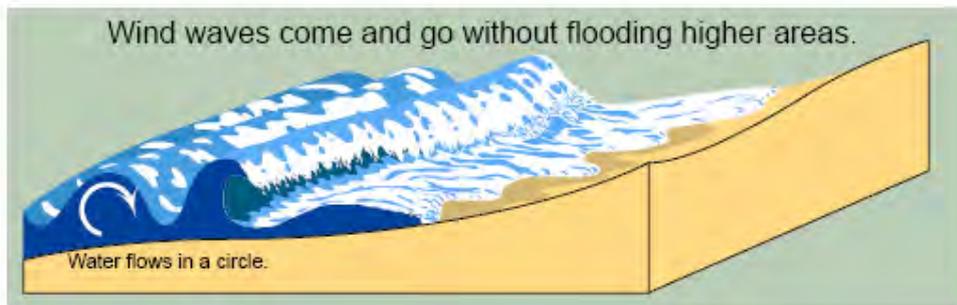


Frane



Fagliazione
superficiale

Liquefazione e cedimenti
permanenti



Tsunami

16.6.5 Esempi di dissesti post sisma

Le figure di seguito evidenziano esempi di forme strutturali non “antisismiche” che hanno portato a forti danneggiamenti o a crolli degli edifici. Il Vigile del Fuoco deve essere in grado di riconoscere in fase di sopralluogo tali fattori negativi per prendere tutti i provvedimenti idonei a tutelare la vita delle persone e la salvaguardia dei beni.



PIANO SOFFICE BASSO



PIANO SOFFICE INTERMEDIO



ROTTURA DEI NODI ESTERNI



ROTTURA DI COLONNE TOZZE



COLONNE TOZZE PER TAMPONATURA NON A TUTTA ALTEZZA

Importanza della distanza tra gli edifici Effetti di martellamento



1999 Kocaeli, Turkey

MARTELLAMENTO

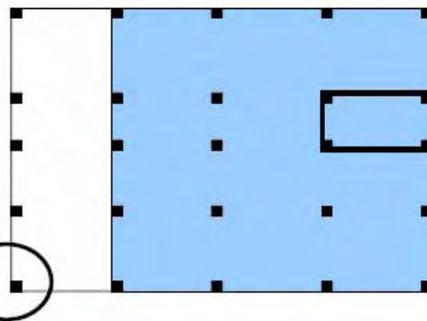


Turchia, Agosto 1999

ROTTURA DEL NODO ESTERNO (SX)
TRAVE FORTE E PILASTRO DEBOLE (DX)



Emilia, 1996

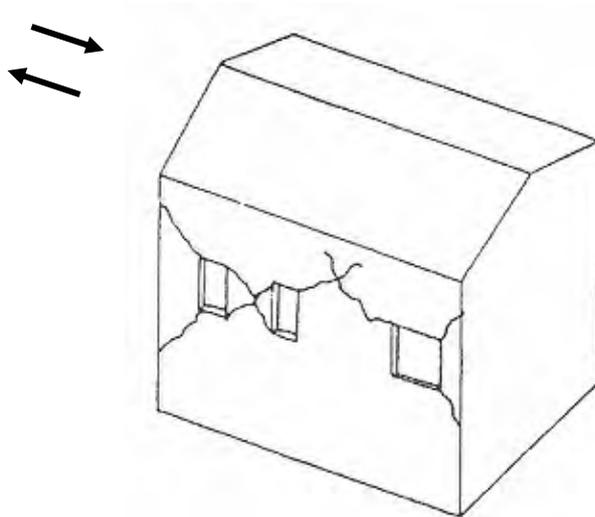


Drift sufficiente a produrre l'espulsione di coprifermo in testa al pilastri accompagnata da lievi lesioni si è avuta per una intensità di VI - VII MCS, anche a causa di irregolarità in pianta

FORTI ECCENTRICITA'



CLASSICHE LESIONI A CROCE IN EDIFICI IN MURATURA



Nota: immagini tratte da presentazioni dell'ing. Goretti (S.S.N.), ing. Di Pasquale (S.S.N.), ing. Pecce (Univ. Sannio), ing. Secchi (CNR Padova), ing. Masi (Univ. Basilicata), dal sito www.ingv.it, dal sito <http://www.protezionecivile.regione.umbria.it> e dal web.

Testo: Petrini-Pinho-Calvi, Criteri di progettazione antisismica di edifici, IUSS Press

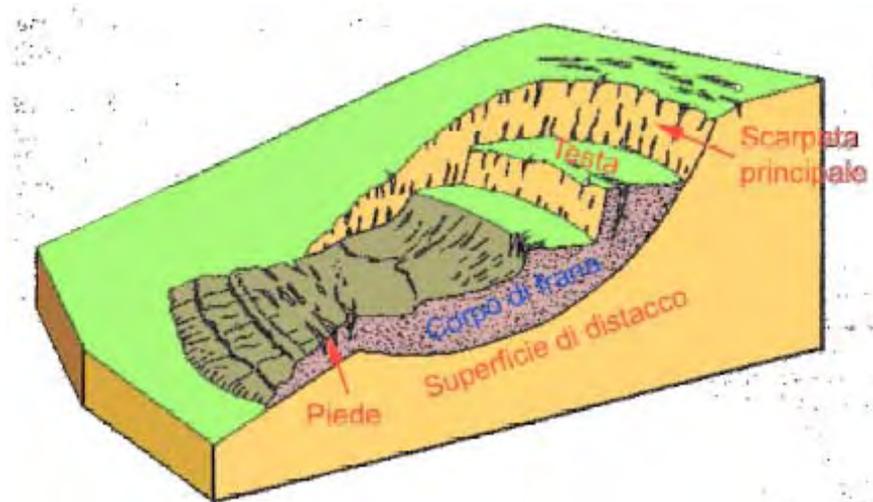
16.7 I dissesti dovuti alle frane

Una frana è un movimento di masse di terreno o di roccia costituenti un pendio, limitate da una superficie ben definita, con direzione verso il basso o verso l'esterno del pendio stesso (Varnes 1958).

Le frane si manifestano quando la resistenza allo scivolamento del terreno lungo la potenziale superficie di scivolamento è inferiore alla forza di trascinamento del corpo di frana. Lo schema in basso illustra il fenomeno:



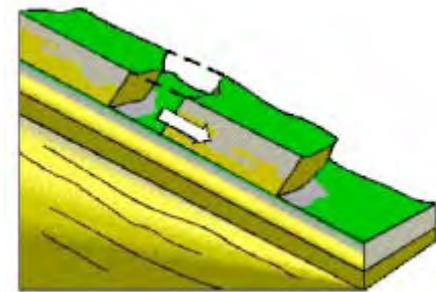
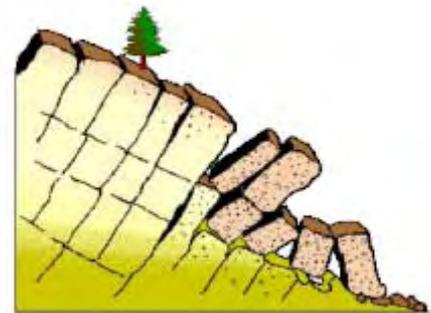
Nella seguente figure sono illustrati gli elementi significativi di una frana:



Secondo la classificazione di Varnes del 1978 esistono 6 tipologie di frane:

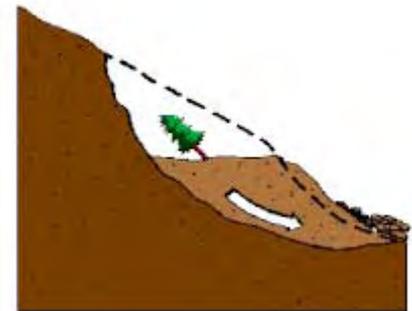
- Le frane da crollo
- I ribaltamenti
- Le colate
- Gli scivolamenti
- Le espansioni laterali
- Le frane complesse

Le frane da **crollò e da ribaltamento** si manifestano prevalentemente in terreni rocciosi molto acclivi e sono molto rapide e con pochi segnali premonitori. I Vigili del Fuoco devono osservare attentamente le forme del territorio e vedere se la zona oggetto di sopralluogo è sede di altri crolli o meno e se sono stati già effettuati interventi di ripristino dei versanti.

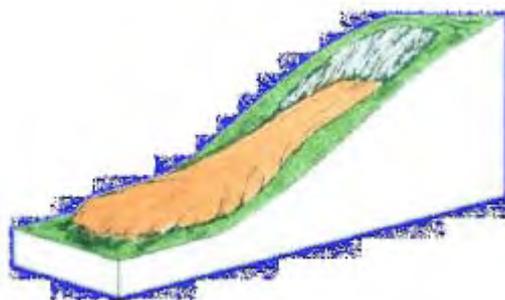


Le frane da **scivolamento** possono manifestarsi sia in zone rocciose che lungo versanti caratterizzati da terreni sciolti. Si manifestano lungo piani di scorrimento e di discontinuità per le rocce e lungo superfici concoidi (a "cucchiaino") nelle terre.

Dette frane possono attivarsi a seguito di eventi meteorici



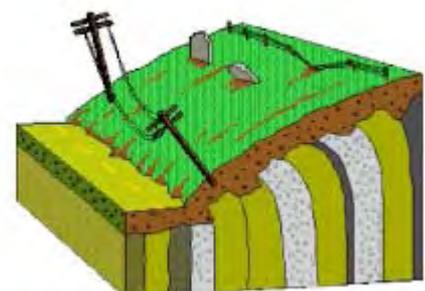
importanti e possono essere caratterizzate anche da velocità di avanzamento notevoli. Possono verificarsi con o senza segnali premonitori. E' comunque bene accertarsi se sono presenti superfici di discontinuità affioranti in superficie e se sono presenti fessurazioni lungo i manti stradali o inclinazioni di pali della luce o disassamenti di steccati o deformazioni significative di muri di sostegno.



Le **colate** possono avvenire sia in roccia (raramente) che in terra. Sono caratterizzate da movimenti piuttosto lenti del terreno e le forme del territorio che ne possono evidenziare la presenza sono le stesse indicate per le frane da scivolamento.

Le **espansioni laterali** sono frane da crollo o da ribaltamento con direzione della caduta verso l'esterno del corpo di frana mentre le frane **complesse** sono quelle caratterizzate da più meccanismi contemporanei.

Oltre alle frane indicate esistono le frane superficiali di cui quella da **creep** sono un esempio. Esse interessano spessori limitati di terreno e possono essere dovute a notevoli deformabilità del terreno (per il creep) o da scivolamenti di modeste coltri di terreno o roccia.



16.8 Il comportamento al fuoco dei materiali

In questa sezione sarà analizzato brevemente il comportamento al fuoco dei quattro materiali utilizzati correntemente nell'edilizia: cemento armato, legno, acciaio e muratura evidenziandone gli aspetti salienti.



Senza dubbio quello con il comportamento migliore, per il **cemento armato** si può dire che fintanto che non viene raggiunta una temperatura di 500°C dalle barre di armatura non ci sono problemi.

Mediante metodi empirici, come quelli riportati nella pubblicazione di cui è riportata la copertina a lato (1950) è possibile risalire alla massima temperatura raggiunta dalla superficie del calcestruzzo durante l'incendio osservandone la colorazione dopo il raffreddamento. Leggendo le prime due colonne della tabella riportata in basso relativa alla malta di cemento, si vede che a circa 300°C essa passa dal colore grigio al colore rosato per poi scurirsi intorno ai 400°C e poi schiarirsi fino al grigio chiaro fino ai 1000°C. Questa indicazione è utile per la valutazione della resistenza del calcestruzzo dopo un incendio. Il colore rosato è indice di un discreto cemento termico ma non di un severo degrado delle proprietà meccaniche.

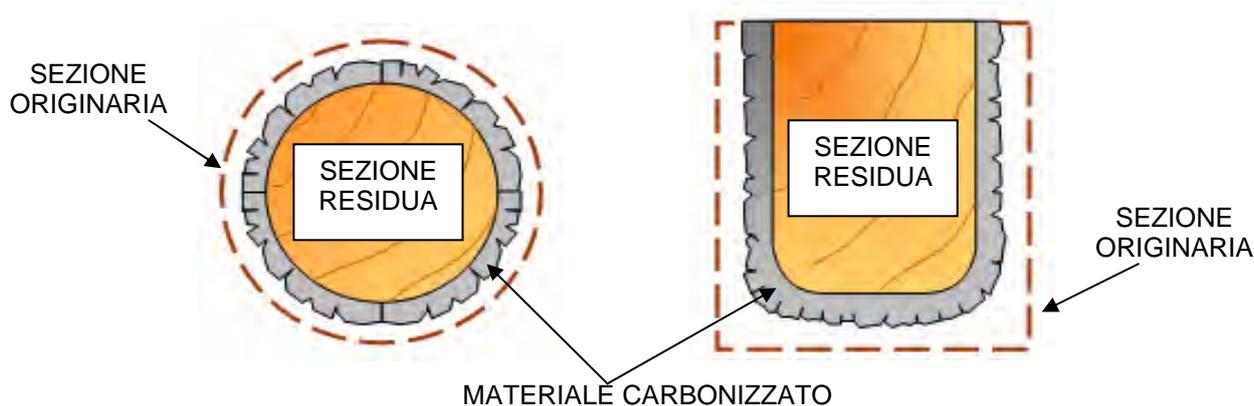
Sempre per il calcestruzzo armato, il fenomeno del distacco esplosivo del copriferro (altrimenti detto "spalling") è un fenomeno pericoloso e indica di un notevole degrado delle proprietà meccaniche. Detto fenomeno si manifesta per effetto del brusco incremento di volume dell'acqua intrappolata nella pasta di cemento all'atto della presa del cemento. La pressione raggiunta dal vapore può determinare la rottura parziale delle sezioni di calcestruzzo con conseguente riduzione delle sezioni resistenti. Il classico crepitio che si ascolta durante un incendio di manufatti in cemento armato è indice di tale fenomeno nonché della rottura delle pignatte di cui sono costituiti i solai.



Particolare attenzione va prestata nei confronti delle strutture prefabbricate: lo scarso grado di vincolo delle membrature costituenti caratteristico delle tipologie costruttive consente alle travi notevoli allungamenti liberi sui sostegni e quindi non sono rari fenomeni di crollo parziale legati alla

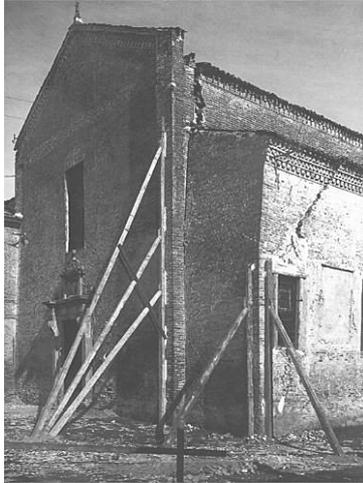
perdita degli appoggi anche in fase di raffreddamento. Per tale motivo è bene prestare notevole attenzione anche ad incendio spento!!!

La **muratura** non presenta di per sé grossi problemi se non quelli legati al degrado della malta come per il calcestruzzo mentre le strutture lignee hanno sorprendentemente un comportamento molto buono nei confronti dell'incendio. Il **legno** vede ridursi progressivamente la sua sezione resistente al crescere della temperatura in virtù della carbonizzazione della sua superficie. Proprio lo strato carbonizzato (il cui avanzamento può essere **cautelativamente** assunto pari ad **un millimetro al minuto** in condizioni di incendio standard) riesce a proteggere il cuore incombusto del legno che presenta temperature inferiori a 200°C conservando intatta la resistenza meccanica. In fase di sopralluogo post incendio si dovrebbe decorticare la parte combusta di legno per verificare lo spessore intatto degli elementi strutturali e quindi stimare la capacità portante degli stessi per pianificare gli eventuali interventi urgenti di presidio per la salvaguardia delle strutture. La figura in basso schematizza il processo di carbonizzazione progressiva del legno. E' evidenziato con linea tratteggiata il profilo originario delle membrature, lo spessore della parte carbonizzata e il cuore incombusto.



Le **strutture metalliche** presentano un pessimo comportamento al fuoco. Sebbene la loro temperatura critica (ossia temperatura di collasso) si aggiri intorno ai 500°C come per il calcestruzzo, i tempi di riscaldamento ne sono di gran lunga inferiori. Una struttura in acciaio non protetta e sottoposta ad un incendio generalizzato resiste al massimo 10 minuti prima di crollare! L'acciaio, si sa, non si fessura ma si deforma notevolmente se riscaldato. E' bene prestare la massima attenzione durante le fasi di spegnimento di un incendio perché i crolli delle strutture metalliche sono molto probabili.

17 LE OPERE PROVVISORIALI NEL SOCCORSO TECNICO URGENTE



“La Casa dell'Oratore ha sofferto moltissimo, e per rendersi alla meglio sicuro ha riparato provisionalmente con de' Puntelli ”

(Terremoto del 30.09.1789 della Valtiberina – testimonianza da Citerna)

17.1 Aspetti generali

Con il termine “opere provvisorie nel soccorso tecnico urgente” ci si riferisce agli insiemi d'interventi urgenti e provvisori necessari per:

- evitare il progredire del danno strutturale (Fig. 17.1);
- e/o per tutelare l'incolumità delle persone (Fig. 17.2);
- e/o per poter riutilizzare rapidamente le strutture che presentano danni localizzati (Fig. 17.3).



Figura 17.17



Figura 17.2



Figura 17.3

Queste opere, possono essere utilizzate non solo per collaborare parzialmente o totalmente alla resistenza degli edifici danneggiati, ma anche per permettere il normale svolgimento di attività ubicate vicino a strutture danneggiate più o meno severamente.

Per ottenere un efficace intervento, è opportuno correlare il tipo di danneggiamento con le tipologie di opere provvisionali da adottare, attraverso un procedimento che si sviluppa secondo queste fasi:

- 1) Riconoscimento della tipologia edilizia;
- 2) Valutazione dell'entità del danno;
- 3) Riconoscimento del meccanismo di danno;
- 4) Valutazione della necessità dell'intervento provvisorio, sulla base di 1) e 2)
- 5) Individuazione della tipologia d'intervento provvisorio;
- 6) Realizzazione dell'opera provvisorio.

Le fasi 1, 2, 3 e 4 sono state già trattate nei capitoli precedenti, in questo capitolo si affronta l'aspetto relativo all'individuazione del più idoneo intervento provvisorio, una scelta che dovrà avvenire all'interno delle seguenti tipologie:

- Puntelli;
- Tiranti;
- Cerchiature;
- Demolizioni.

17.2 Puntelli

I puntelli sono elementi provvisori di sostegno alla costruzione danneggiata. Si tratta di aste sollecitate esclusivamente o prevalentemente a compressione (vedi Fig. 17.4)

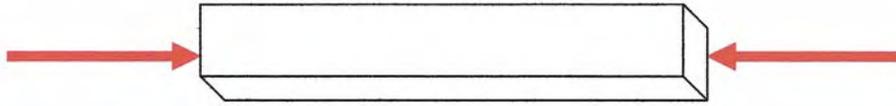


Figura 17.4

Una prima classificazione, basata sul tipo di resistenza offerta, porta a dividere questi elementi in

- puntelli di ritegno (vedi Fig 17.5a);
- puntelli di sostegno (vedi Fig. 17.5b).

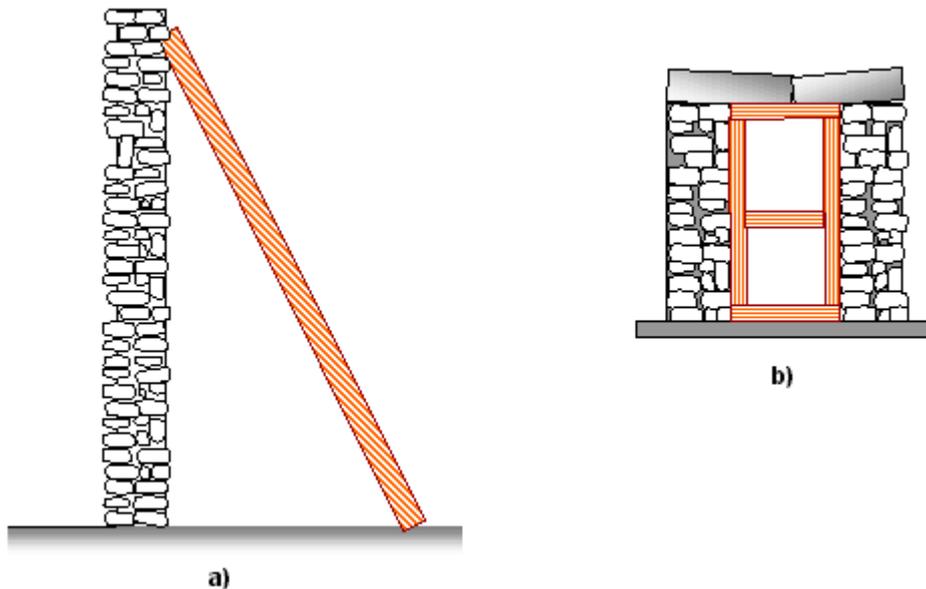


Figura 17.5

I puntelli di ritegno hanno lo scopo di opporsi ad eventuali cedimenti che possono manifestarsi con rotazioni o ribaltamenti di parti strutturali, mentre i puntelli di sostegno si oppongono alle traslazioni verticali della struttura o di una sua parte.

Una seconda classificazione prende, invece, in considerazione la loro inclinazione. Questo criterio, porta all'individuazione di due tipi di puntelli:

- puntelli verticali;
- puntelli inclinati;

Generalmente, i puntelli di sostegno sono verticali e realizzati con materiali tradizionali: legno, acciaio e in muratura. Spesso si ricorre all'utilizzo di puntelli commerciali in acciaio, i quali

presentano notevoli vantaggi per rapidità e praticità nell'installazione (vedi Fig. 17.3 e Fig. 17.6 quando le altezze in gioco non superano i 4 m, essendo concepiti specificamente per assolvere tale funzione. Una buona alternativa, anche se più complicata perché prevede una messa in opera più lenta, è rappresentata dai sostegni in legno (vedi Fig. 17.7).



Figura 17.6



Figura 17.7

Si fa ricorso alla muratura, quasi esclusivamente per gli interventi di puntellamento dei vani finestra e delle aperture in genere, per i quali questa tipologia, applicata in forma di tamponatura, resta tra le più efficienti nei confronti della resistenza globale della struttura (Vedi Fig. 17.8).



Figura 17.8

Generalmente si ricorre ai puntelli di sostegno per sostenere solai e architravi dissestati (vedi Fig. 17.3) o per supportare colonne o pareti che hanno subito una perdita della loro capacità portante. Un particolare tipo di puntelli di sostegno è rappresentato dai sistemi di centinatura per archi e volte (vedi Fig. 17.9, Fig 17.10 e Fig 17.11)

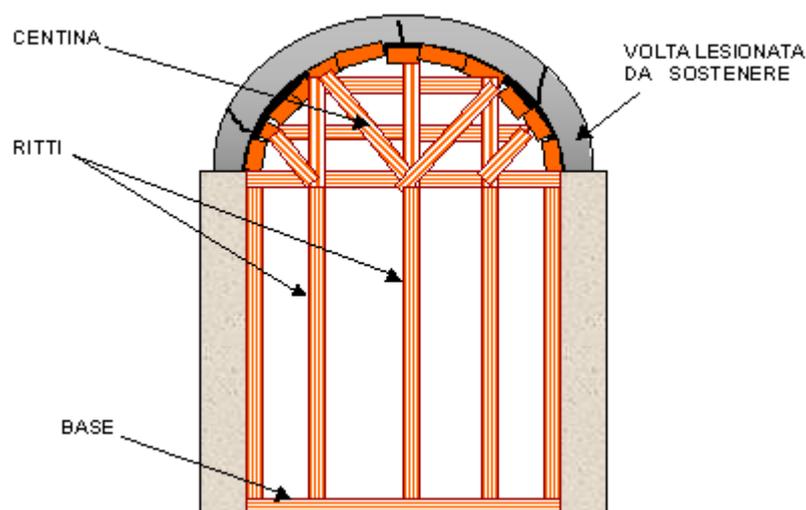


Figura 17.9

Volta a crociera

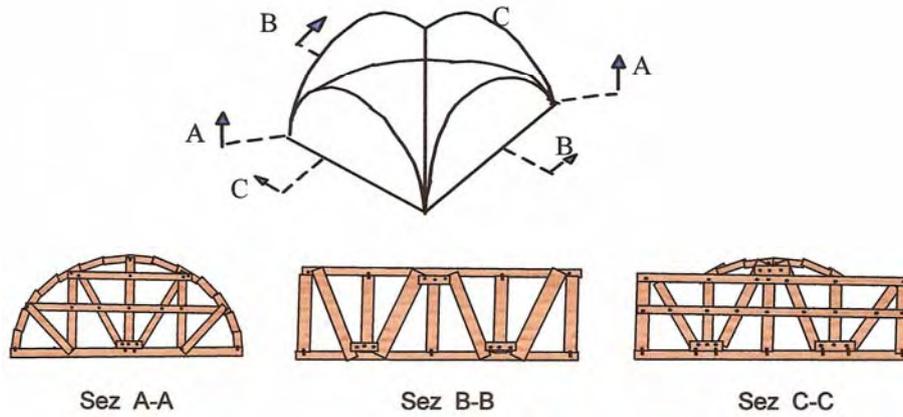


Figura 17.10

Volta a padiglione

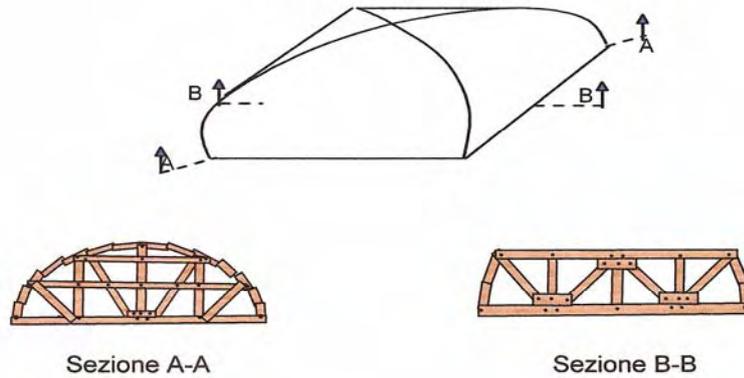


Figura 17.11

I puntelli di ritegno sono generalmente puntelli inclinati utilizzati per contrastare meccanismi di ribaltamento di pareti e, più in generale, di meccanismi di collasso globale dell'intera struttura (vedi Fig. 17.12).



Figura 17.12

La complessità della soluzione è legata all'entità e, soprattutto, al meccanismo di collasso che il sistema di puntellamento deve contrastare, nonché all'opera oggetto dell'intervento, passando dal puntello isolato sino alla realizzazione di vere e proprie strutture reticolari (vedi Fig. 12.13).

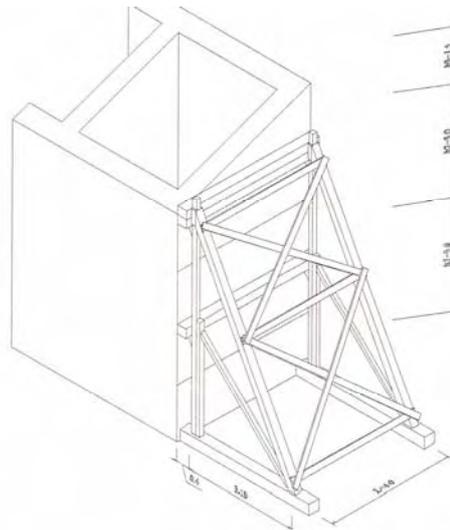


Figura 17.13

Il materiale più utilizzato per questo tipo di intervento è senza dubbio il legno, generalmente preferito per ragioni di praticità, montaggio e costo alle tipologie in acciaio. Il ricorso a queste ultime è in genere riservato alle situazioni più impegnative. Il legno utilizzato, generalmente di abete, essendo sollecitato di punta, deve essere sempre di prima scelta a fibra dritta. E' importante, inoltre, la mancanza di spaccature, la compattezza delle fibre diritte e la limitatezza dei nodi, mentre è essenziale la robustezza e stagionatura del legname, quando ha funzione di ripartizione di sforzi concentrati, come nel caso dei dormienti(vedi Fig. 17.14).

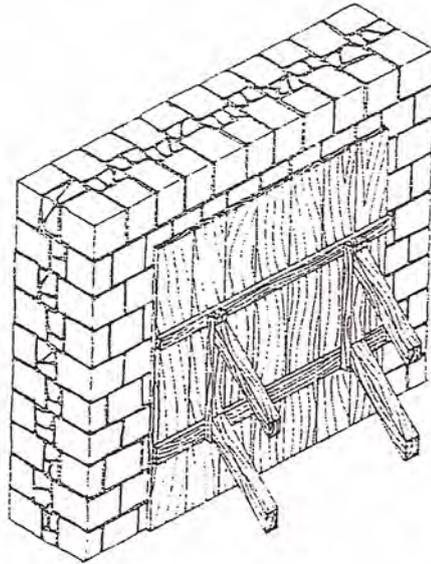


Figura 17.18

Frequente è l'utilizzazione di puntelli di contrasto, disposti tra l'immobile danneggiato e l'immobile ad esso prospiciente, contando sulla capacità di quest'ultimo di assorbire le spinte statiche determinate dal meccanismo di collasso attivato nell'immobile danneggiato e quelle dinamiche prodotte da scosse sismiche (vedi Fig. 17.15). Il vantaggio di questo sistema risiede nel fatto che, a differenza del sistema dei puntelli inclinati, non è di ostacolo alla viabilità.

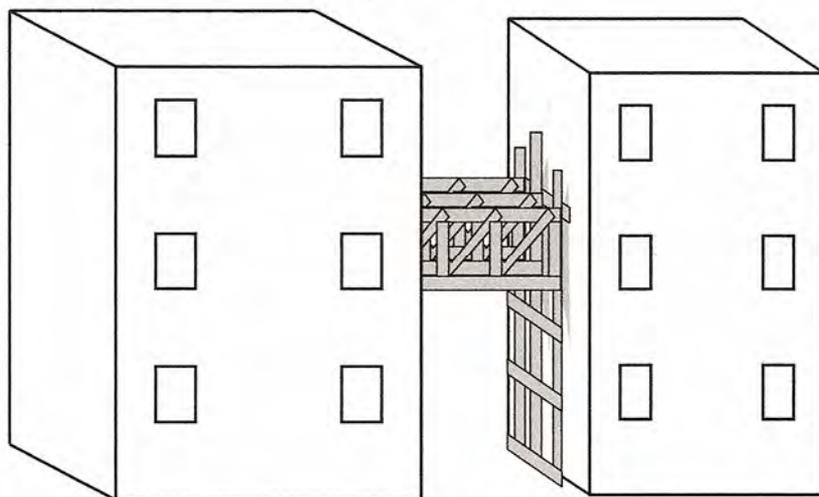


Figura 17.15

17.2.1 Accorgimenti tecnici nell'utilizzo dei puntelli

Nell'intervento di puntellamento, è necessario tener conto di una serie di aspetti tecnici che, se trascurati, renderebbero inefficace l'intervento. Allo stesso tempo, questi problemi possono essere brillantemente affrontati e risolti attraverso dei semplici accorgimenti.

Si pensi, ad esempio, al pericolo di instabilità del puntello al carico di punta. Il rimedio, in questo caso, è rappresentato dalla aggiunta di elementi d'irrigidimento (rompitratti) che rendono il puntello meno esposto al pericolo di instabilità flessionale (vedi Fig. 17.16)

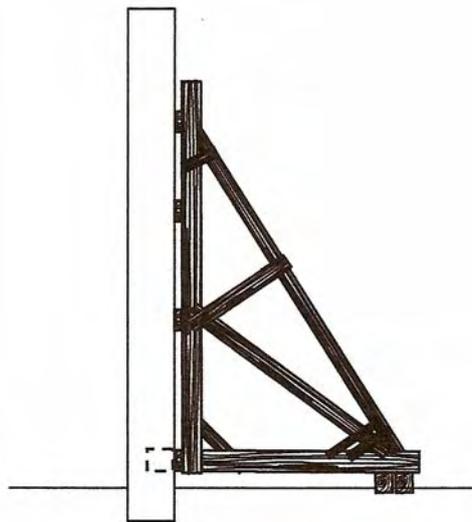


Figura 17.16

Un altro aspetto da considerare è il rischio di scorrimento lungo il muro di un puntello inclinato. Anche in questo caso la soluzione è semplice, basta irrigidire i nodi ed ancorare al muro alcuni organi della puntellatura (vedi Fig. 17.16 e Fig. 17.17)



Figura 17.17

Un grave limite del legno, è rappresentato dalla notevole variazione di volume che subisce al variare del grado d'umidità nell'aria. Queste variazioni, oltre un certo limite di altezza, risultano incompatibili per i puntelli. Per questa ragione, quando l'intervento riguarda altezze superiori a 6 – 7 metri, si preferisce ricorrere ad elementi metallici (vedi Fig. 17.18)



Figura 17.18

Occorre, inoltre, richiamare l'attenzione sulla necessità di evitare di trasmettere, attraverso la testa del puntello, elevate tensioni sul muro. A tale scopo, si frappono un dormiente tra la testa del puntello ed il paramento murario (vedi Fig. 17.14), con la funzione di ripartire l'azione su di un'area maggiore, riducendo così le tensioni sul muro.

Analogamente, il piede del puntello dovrà trovare una sede ampia, capace di abbassare il più possibile le tensioni sul terreno, per renderne trascurabili le deformazioni (vedi Fig. 17.19)

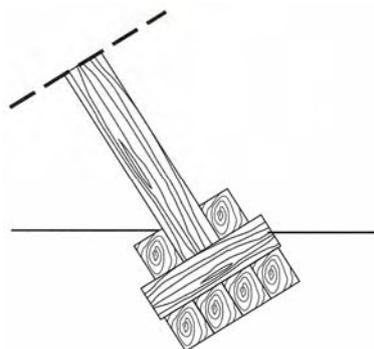


Figura 17.19

La testa del puntello, oltre ad essere a contatto con il dormiente, dovrà essere sempre posizionata in corrispondenza degli incroci murari (solaio – vedi Fig. 17.20 e/o muro di spina). Qualora ciò non fosse verificato, si parlerebbe di puntello applicato in “falso” che potrebbe causare, soprattutto in presenza di un’azione sismica, uno sfondamento del muro.

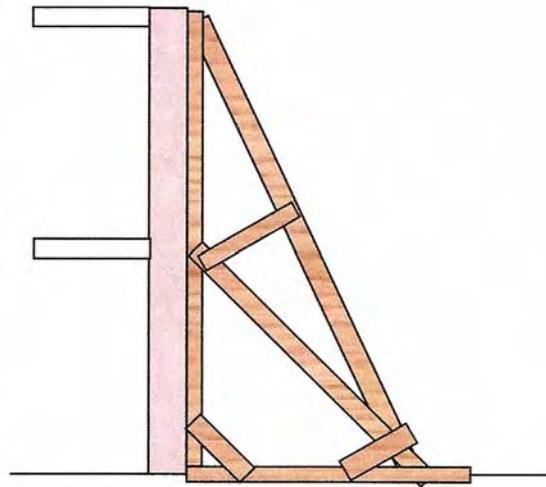


Figura 17.20

Quando s'interviene per un cedimento di un solaio posto ad un piano intermedio, non si può limitare l'intervento al solo solaio danneggiato, perché verrebbe messa a rischio la stabilità strutturale del solaio sottostante. E' necessario, in questo caso, innalzare i puntelli di sostegno, partendo dal piano più basso fino a raggiungere il solaio danneggiato (vedi Fig. 17.21).

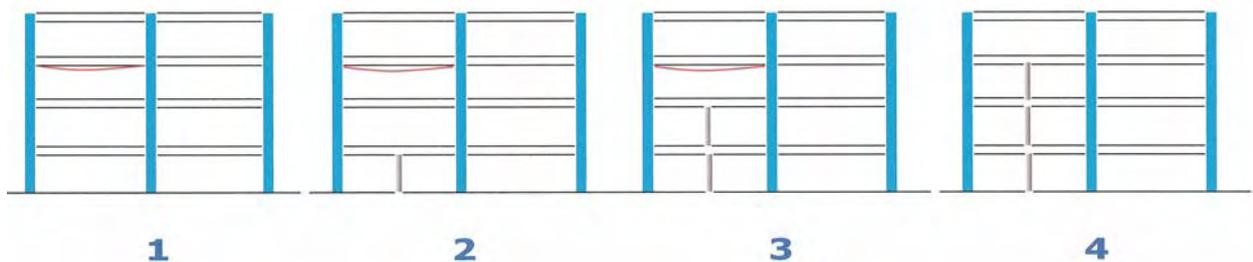


Figura 17.21

17.2.2 Esempi applicativi

Si riportano in questo paragrafo, alcuni esempi di puntellamenti di ritegno, effettuati durante un'emergenza sismica.

Il primo esempio riguarda il caso di distacco iniziale di una parete dal fabbricato (vedi Fig. 17.22).

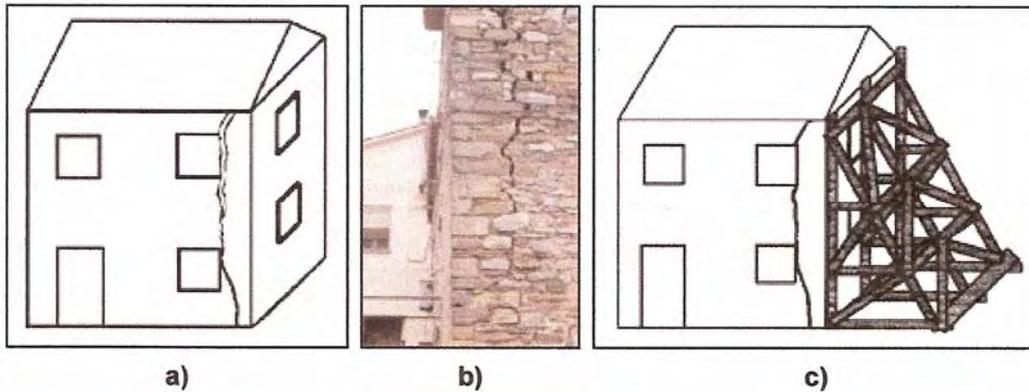


Figura 17.22

L'intervento proposto è il puntellamento della parete, che per altezze non superiori ai 6-7 metri, potrà essere realizzato in legno, mentre per altezze superiori diventerà necessario il ricorso agli elementi metallici. Questo intervento ha lo scopo di evitare il ribaltamento della parete fino a quando non saranno realizzati gli interventi definitivi di consolidamento strutturale.

Il secondo esempio riguarda il caso di lesione d'angolo di un edificio (vedi Fig. 17.23)

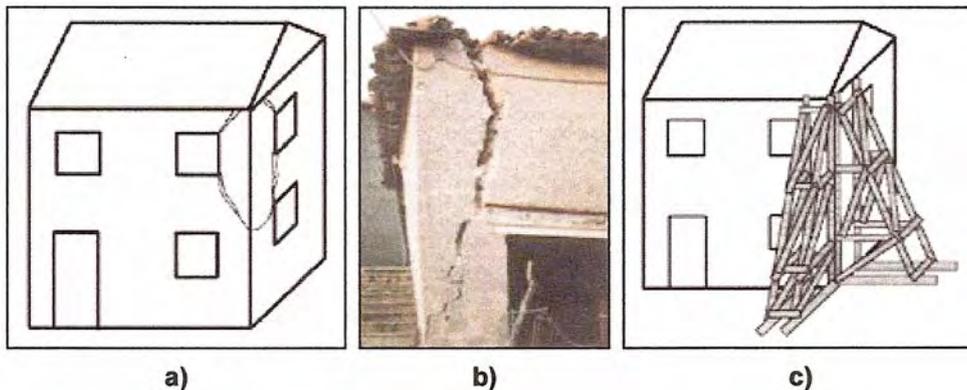


Figura 17.23

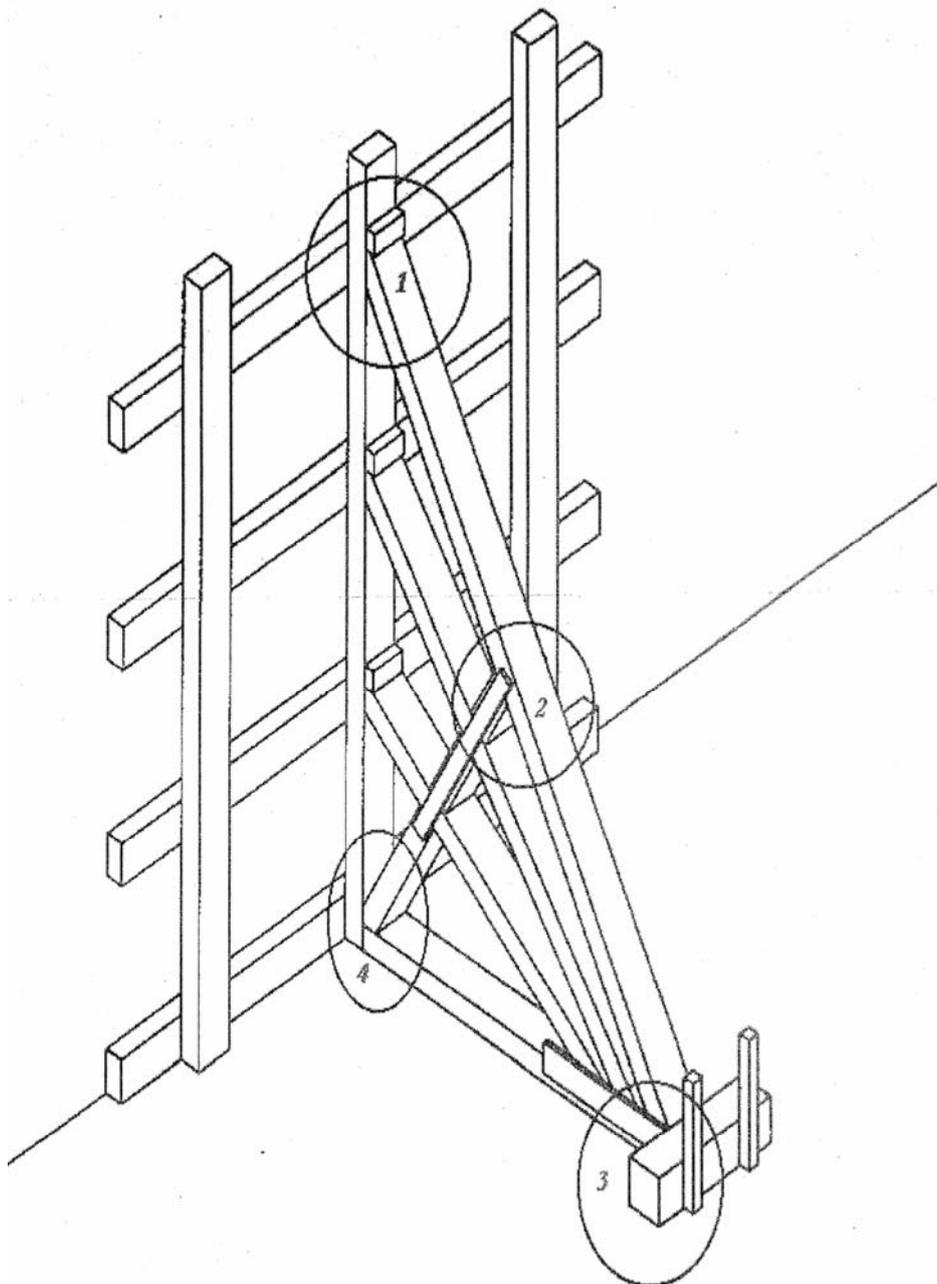
L'intervento proposto in questo caso, è il puntellamento delle due pareti interessate dal dissesto, per un'estensione limitata alla zona interessata dalla lesione. L'intervento ha lo scopo di evitare il crollo della massa muraria coinvolta dal dissesto, fino a quando non saranno eseguiti i lavori di ripristino definitivi. Sull'uso dei materiali, valgono le stesse considerazioni espresse nel caso precedente.

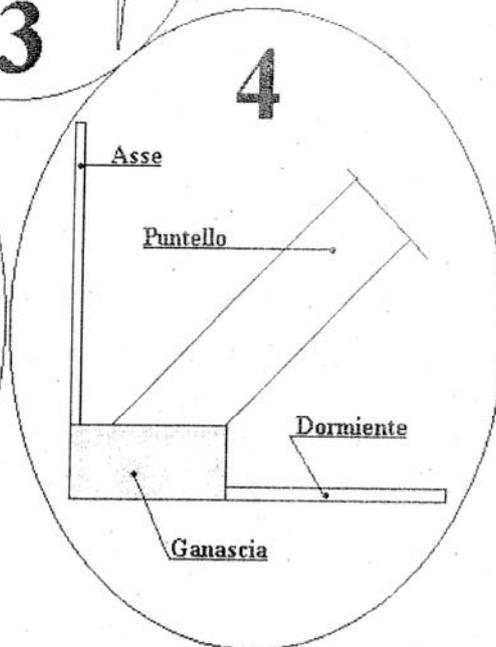
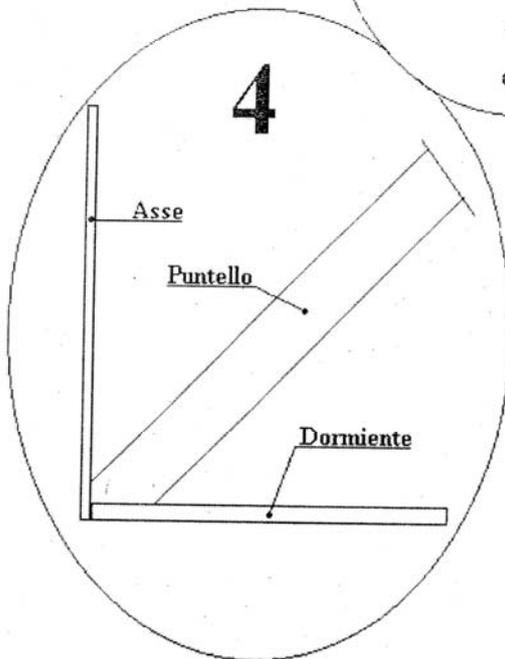
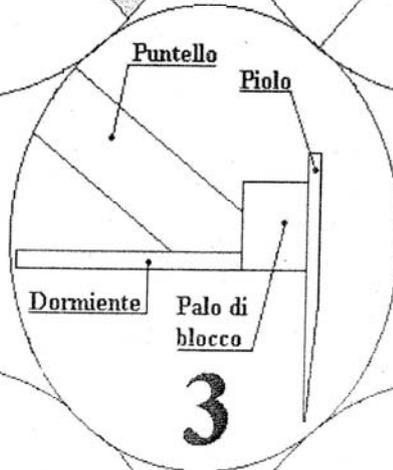
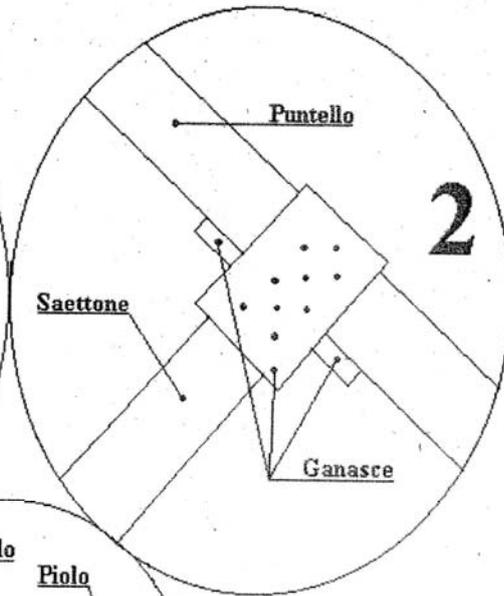
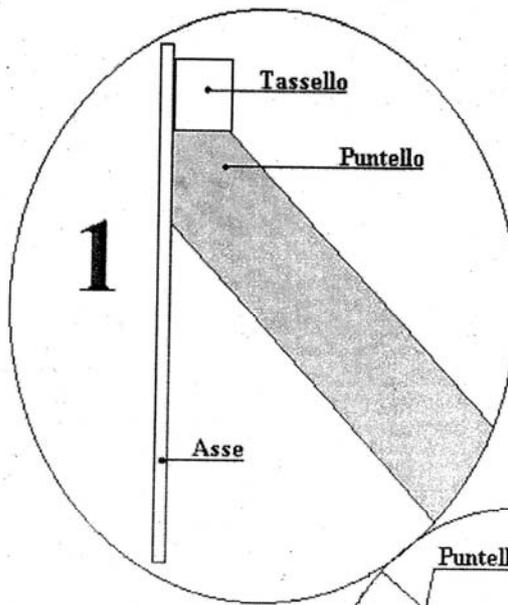
17.3 Dettagli costruttivi dei puntellamenti in legno

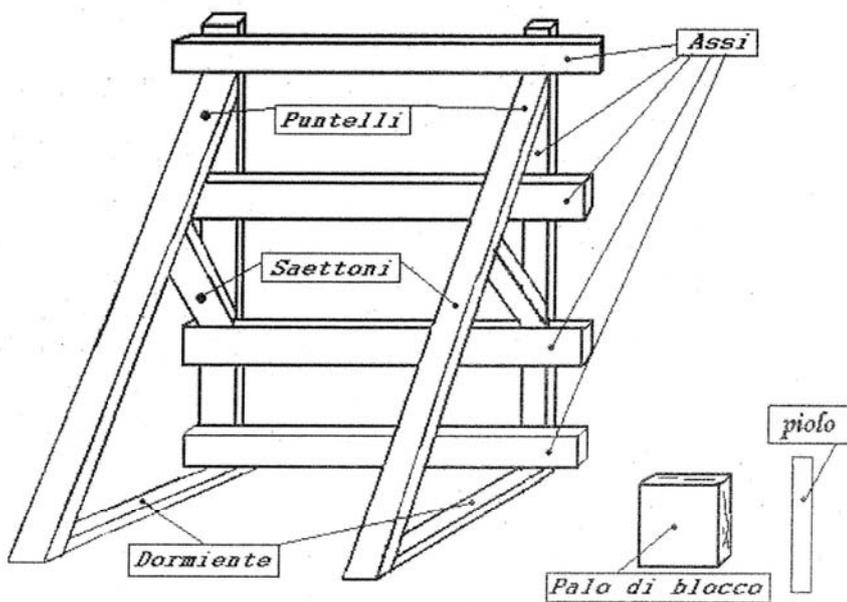
Nel presente paragrafo, sono riportati alcuni grafici di dettagli costruttivi, relativi a diverse tipologie di puntellamento in legno:

- puntellamenti di ritegno;
- puntellamenti di sostegno;
- puntellamenti di archi.

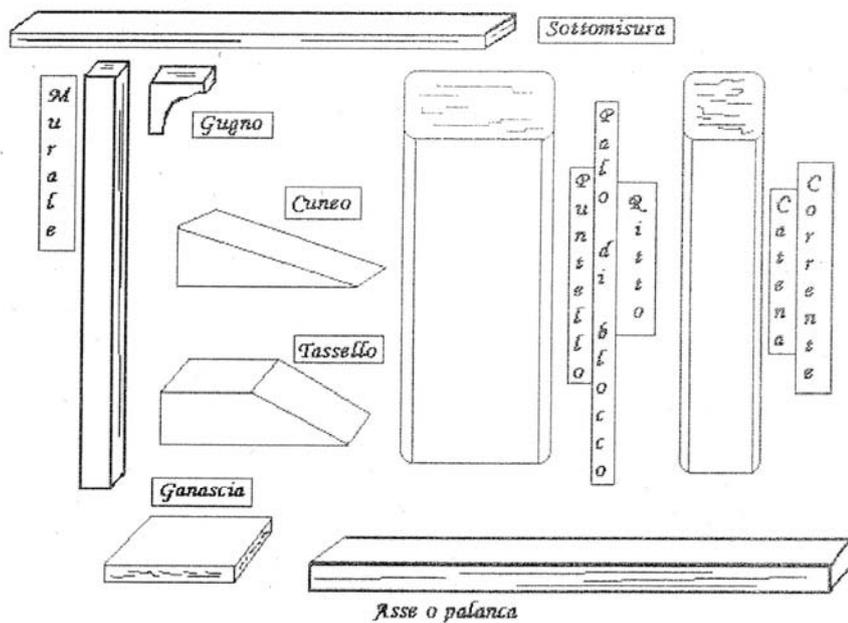
Questi elementi grafici sono da supporto alla fase di esercitazione, prevista nel presente modulo didattico.



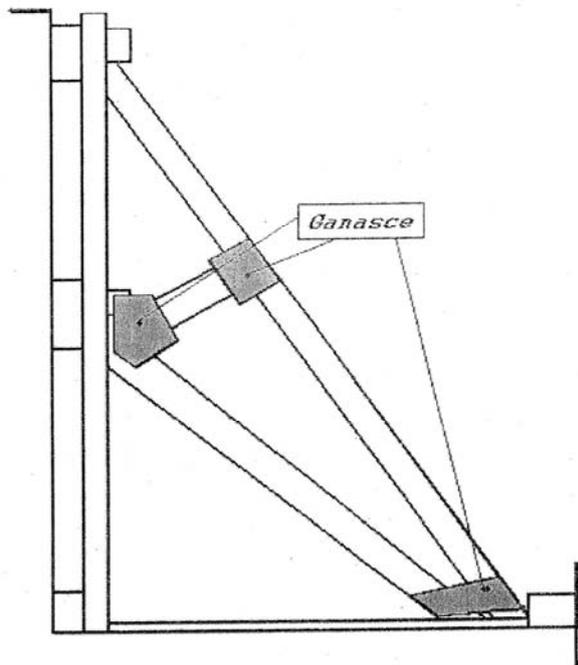
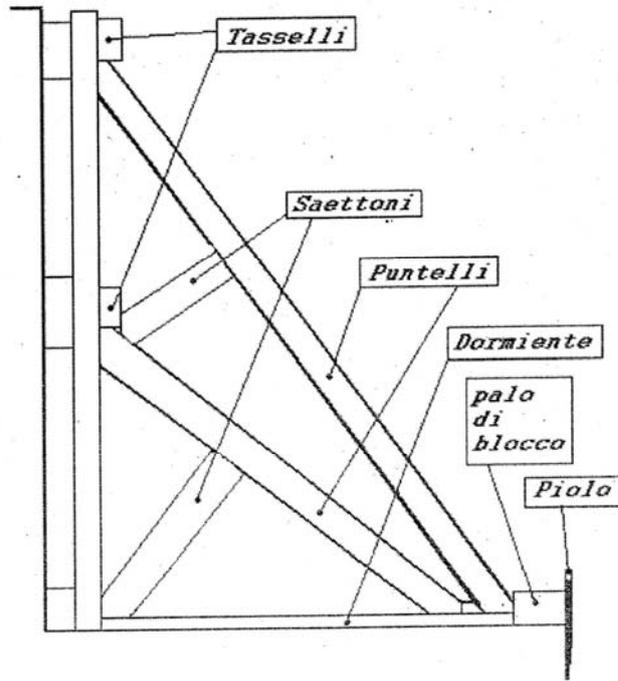


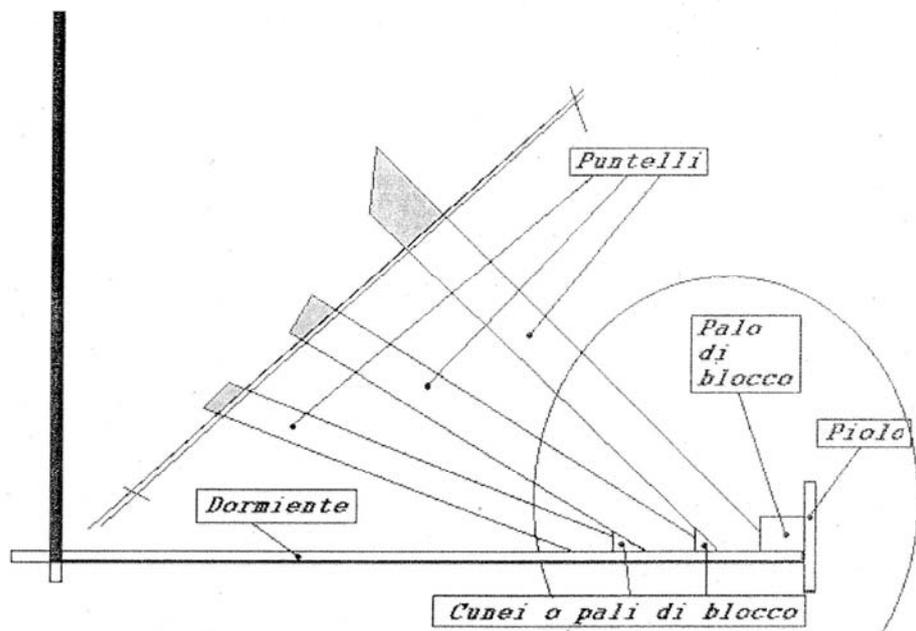
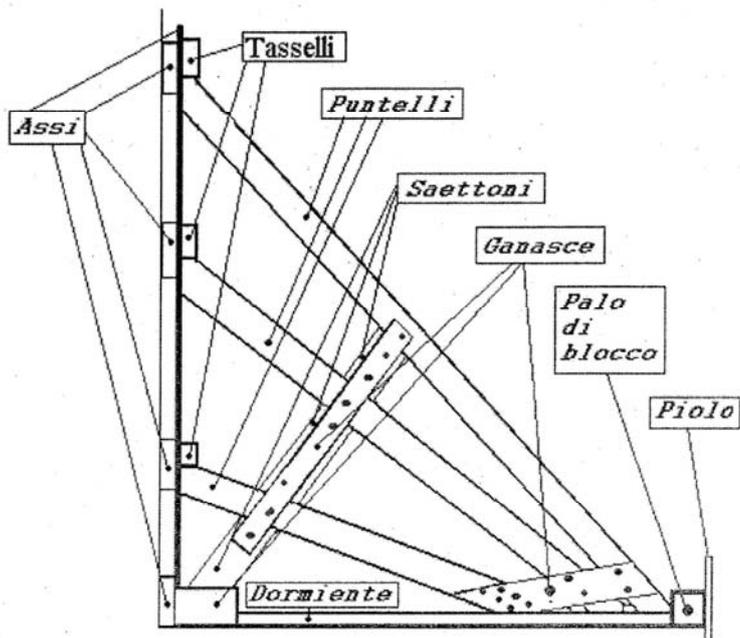


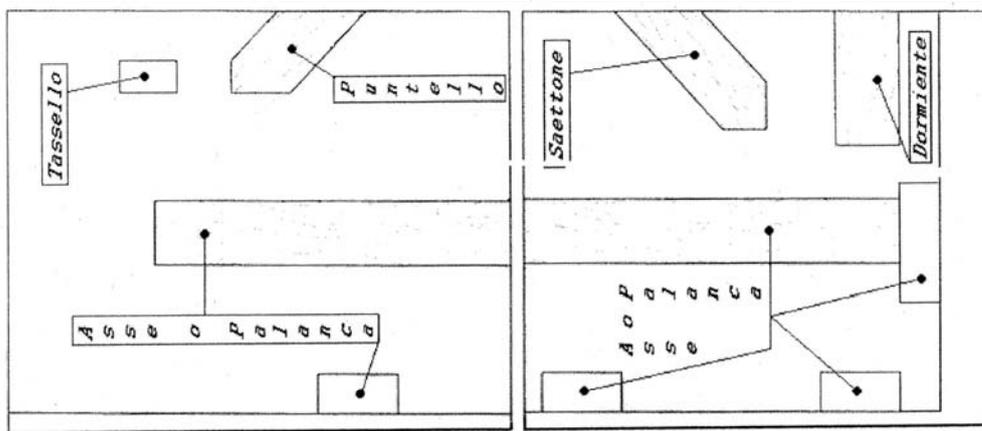
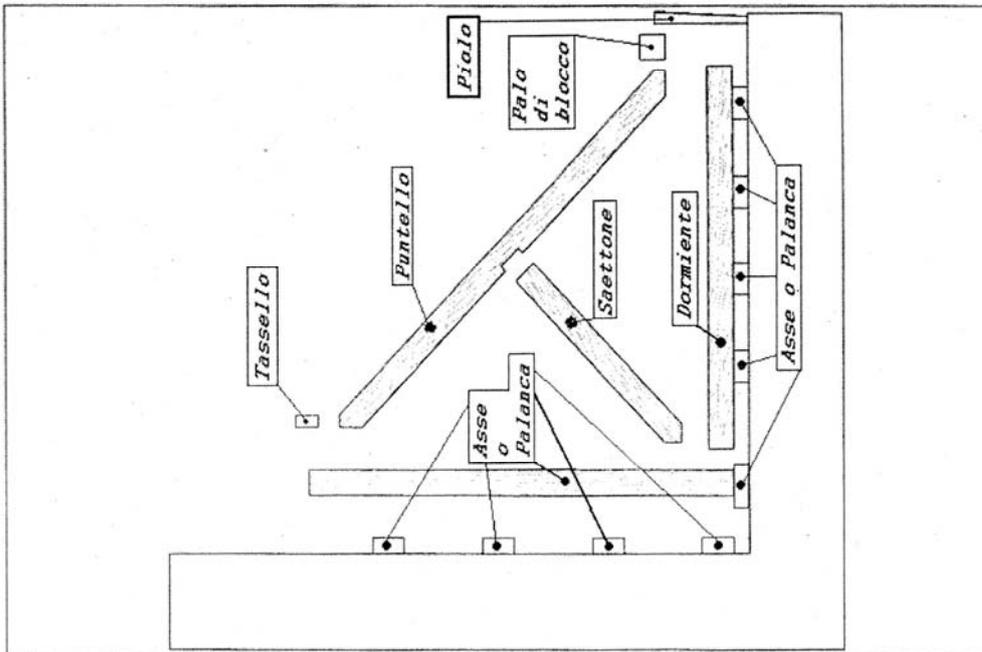
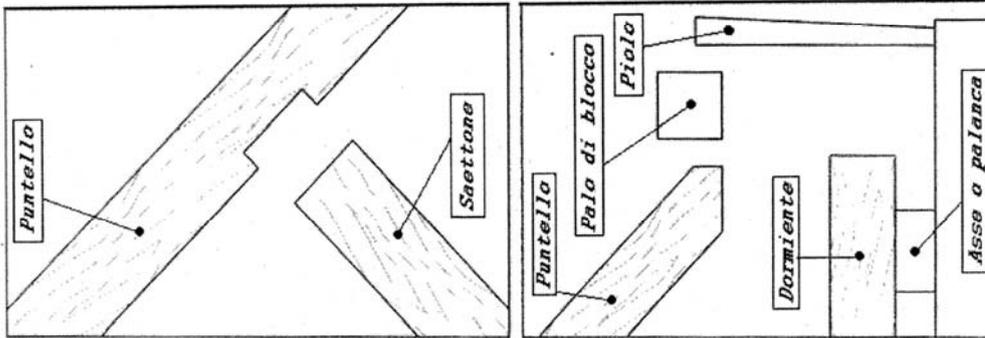
Individua gli errori formali in questo puntellamento

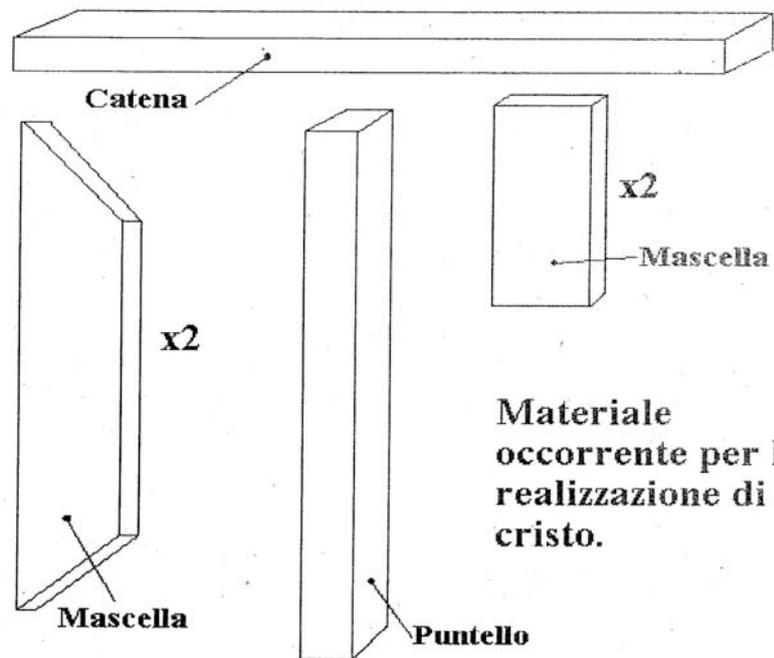
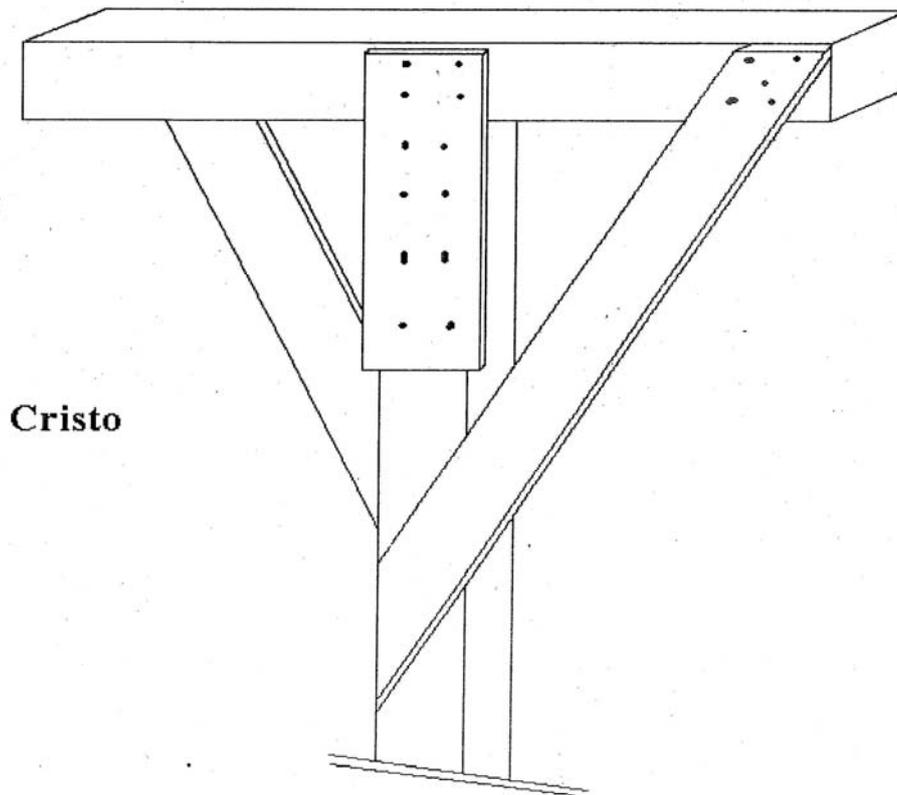


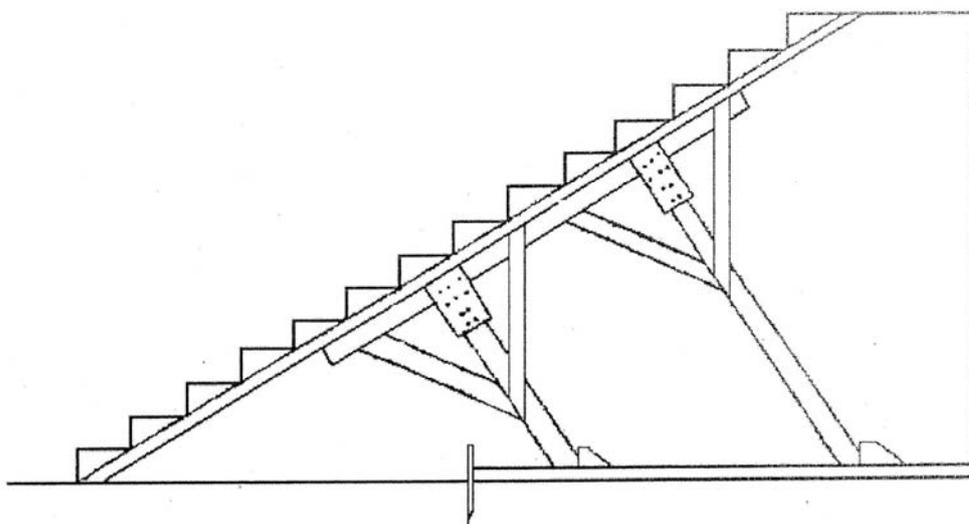
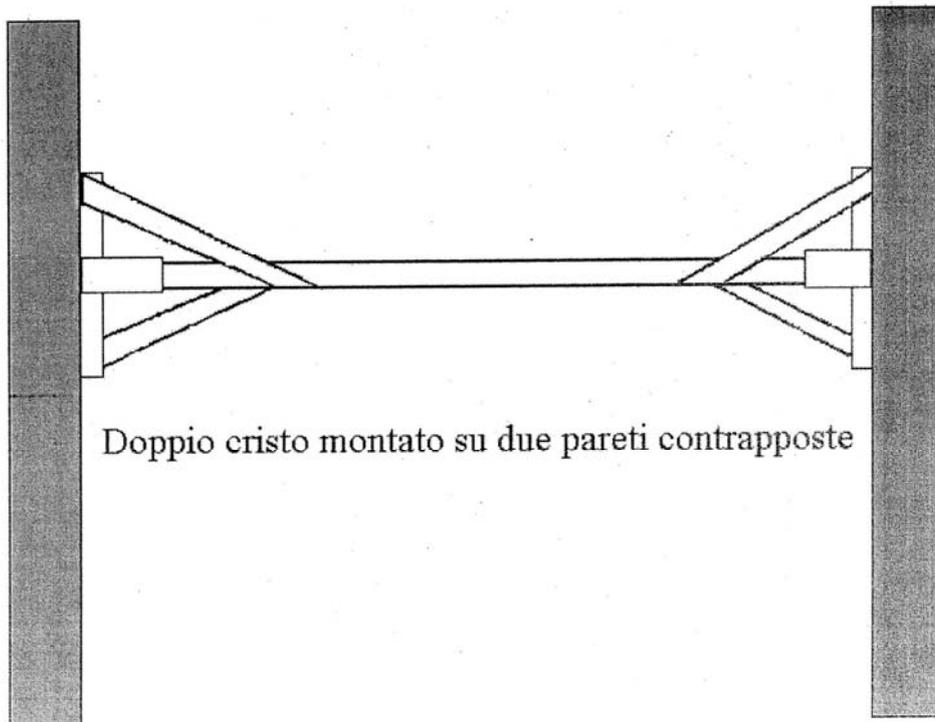
Nomenclatura del materiale in uso comune nei puntellamenti



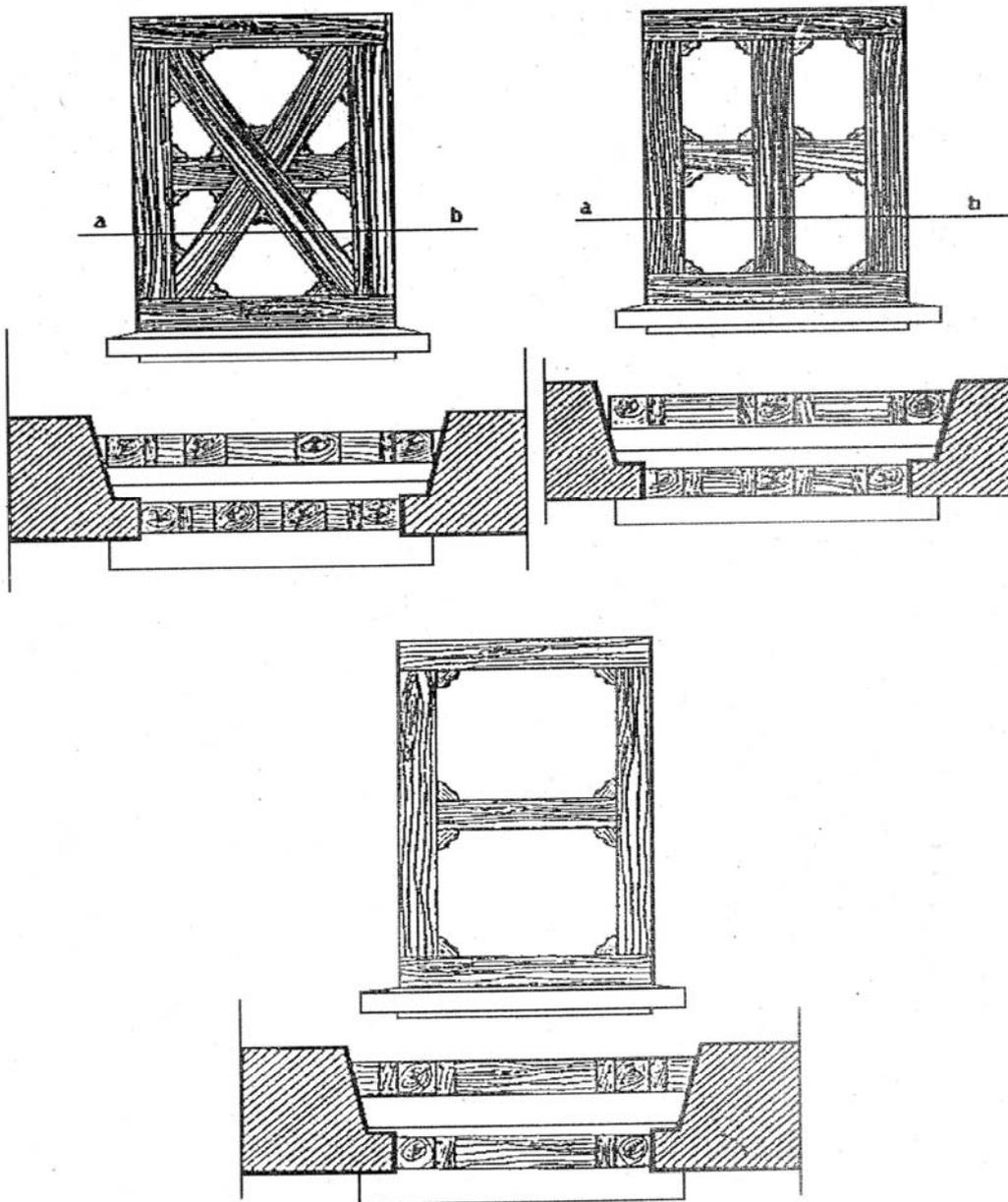




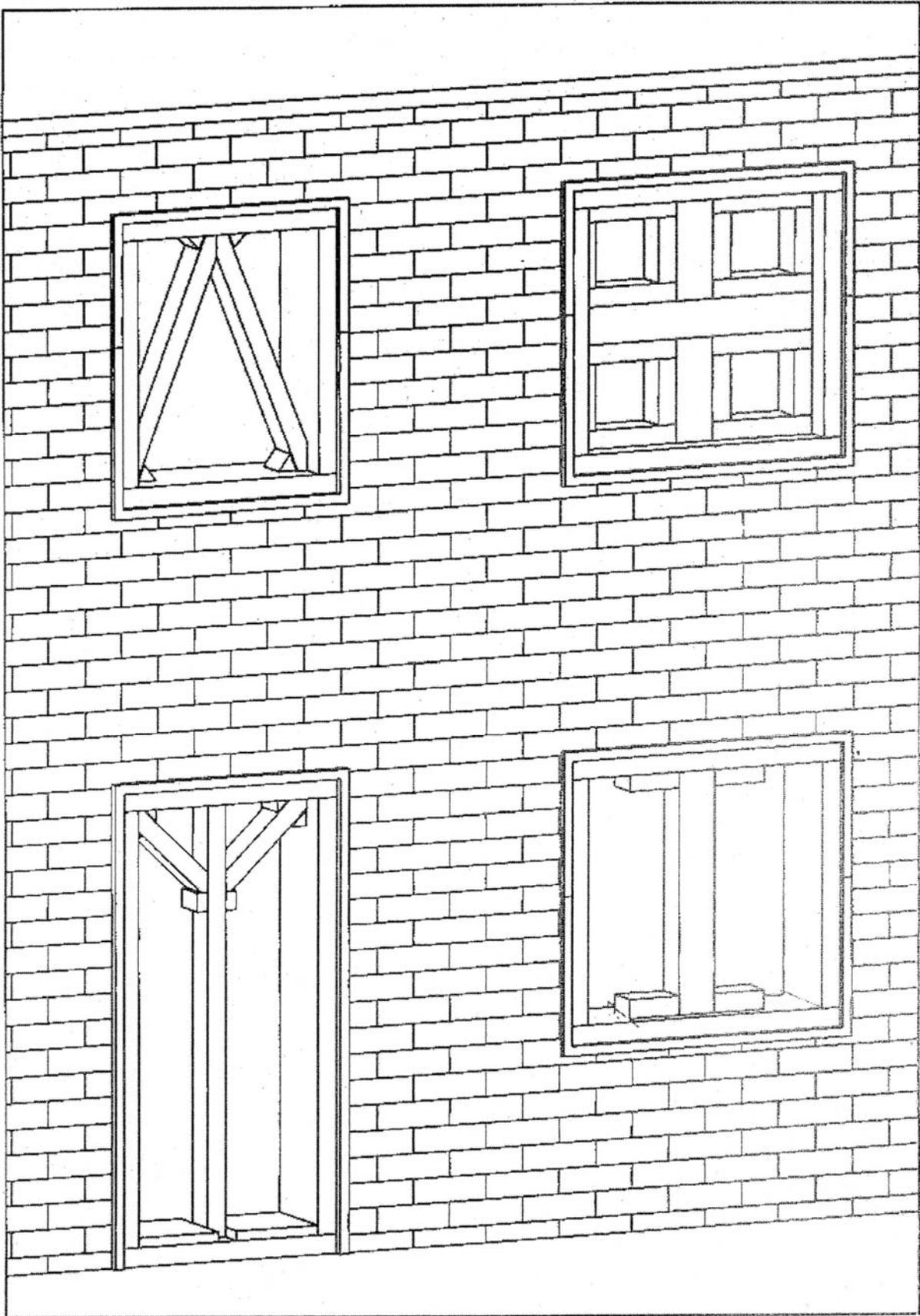


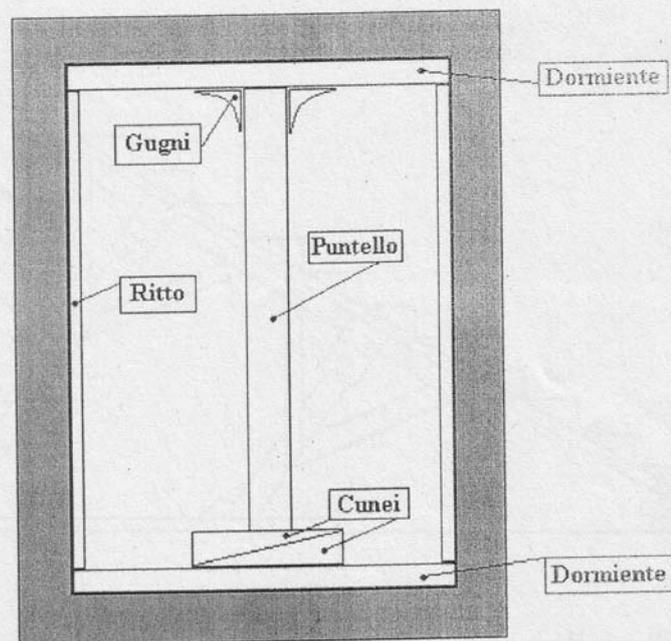
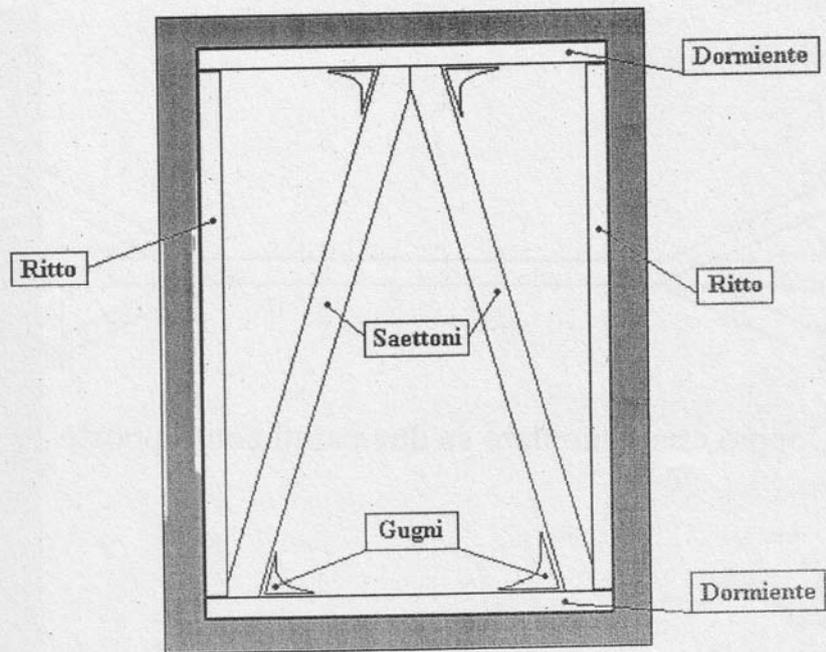


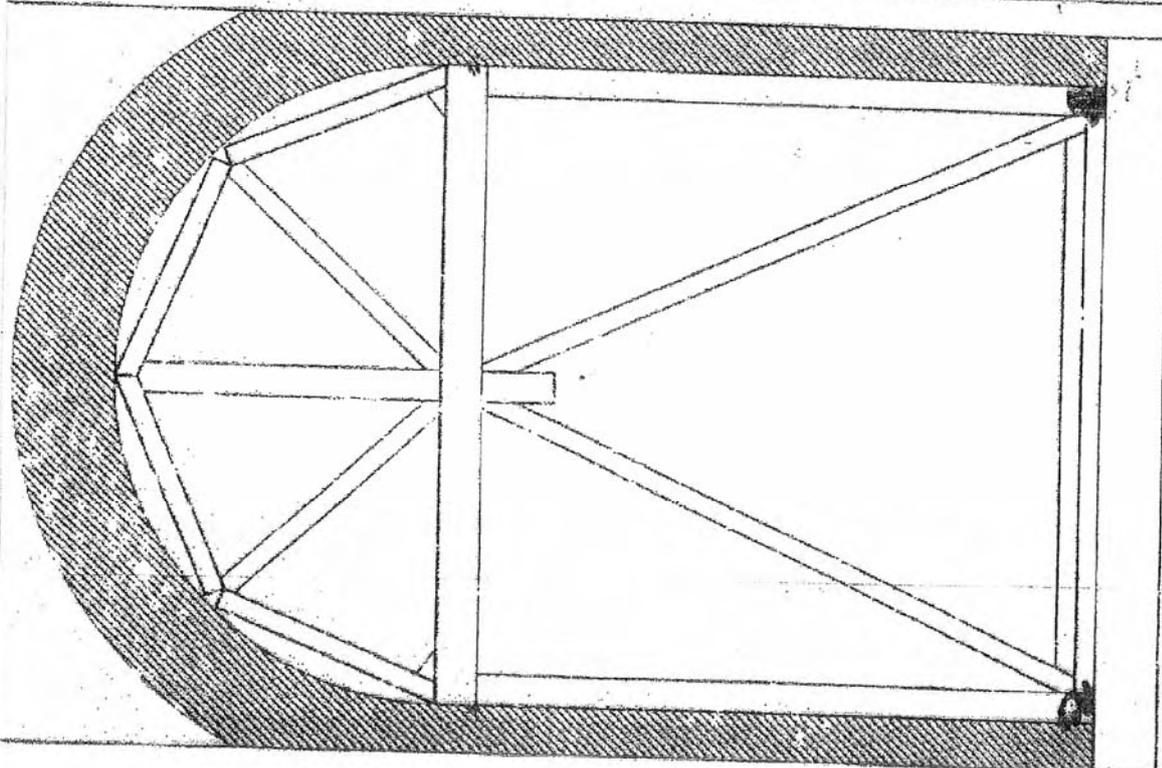
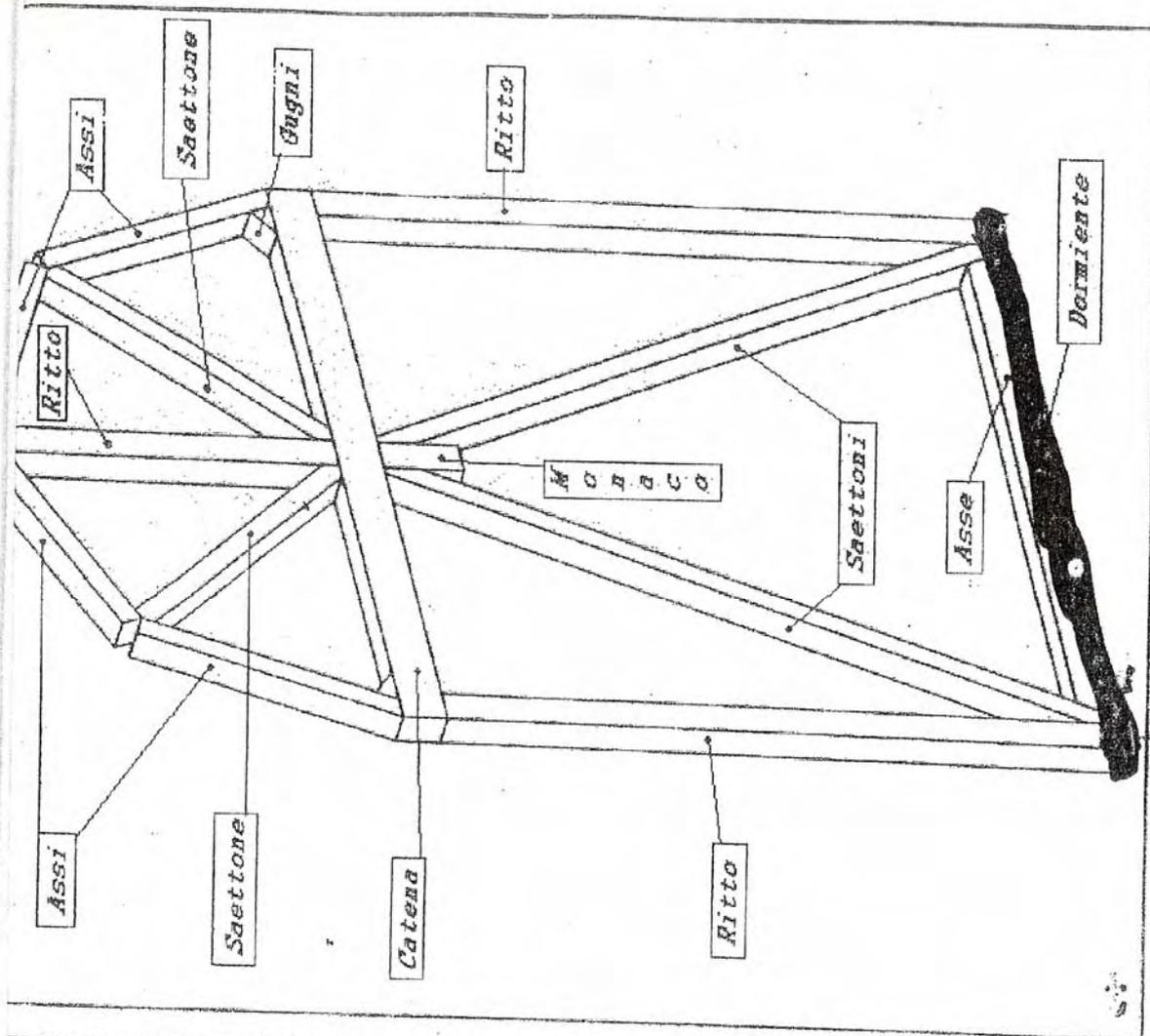
Puntellamento con cristi di una rampa di scale

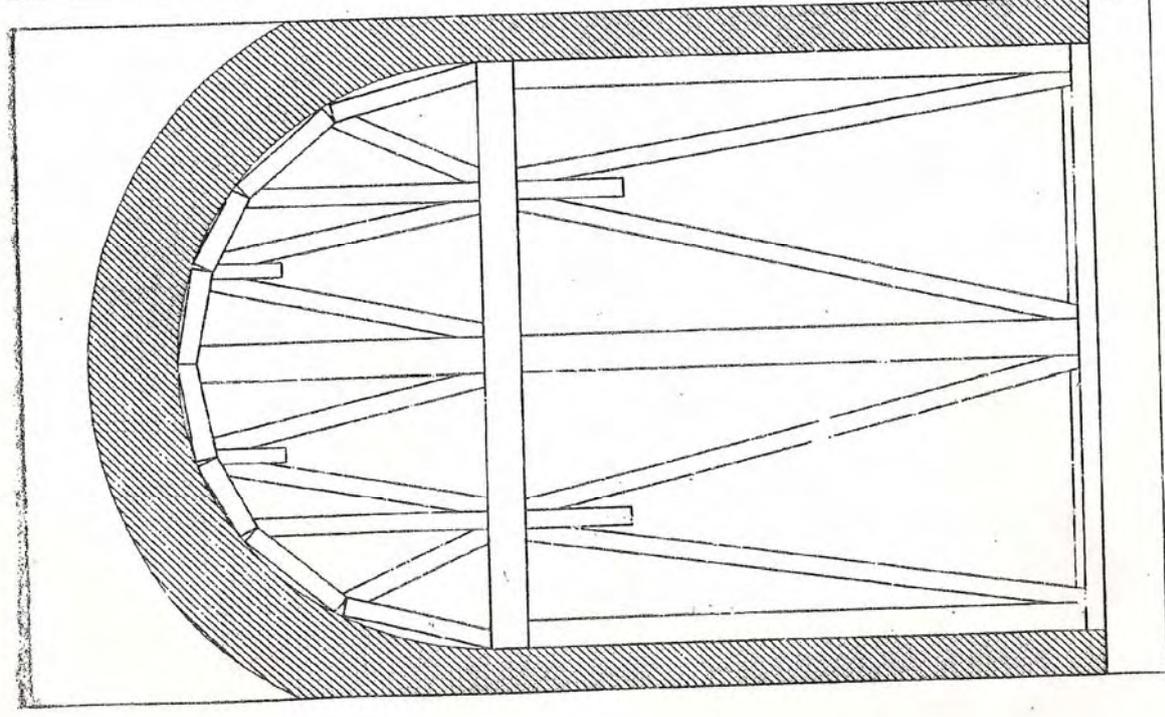
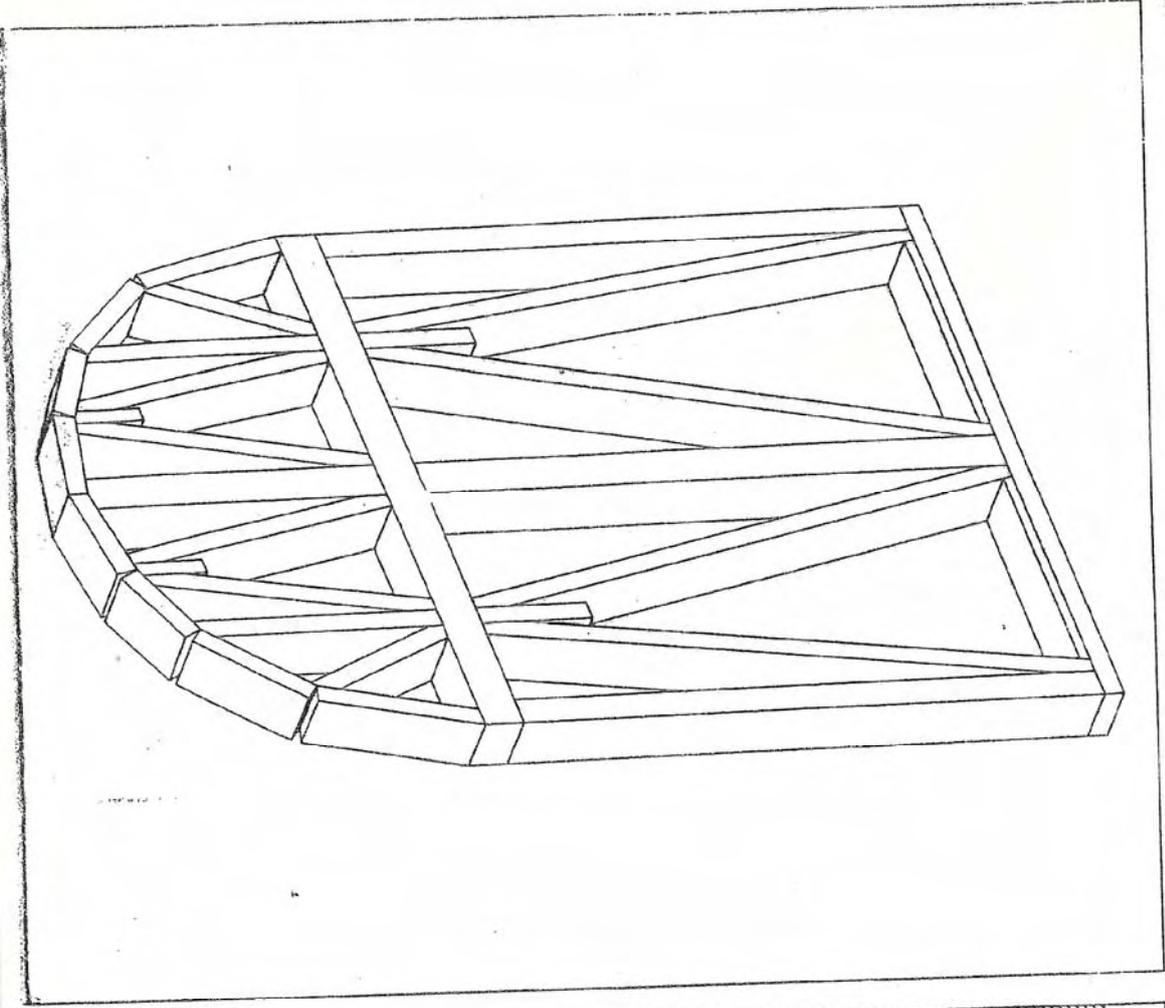


Puntellamento di aperture









17.4 Tiranti

I tiranti e le catene sono tra i più antichi interventi sulle murature esistenti. Sono molto utilizzati per interventi di consolidamento provvisorio, ed ancora di più, per opere di consolidamento permanente. Trovano un largo impiego, sia per la neutralizzazione delle spinte delle volte e degli archi che per bloccare meccanismi di apertura della scatola muraria (dovuti all'azione sismica e al cattivo ammassamento dei muri in corrispondenza degli incroci, e/o all'assenza di un cordolo all'altezza del solaio, e/o alla presenza di un tetto spingente – vedi Fig. 17.24).

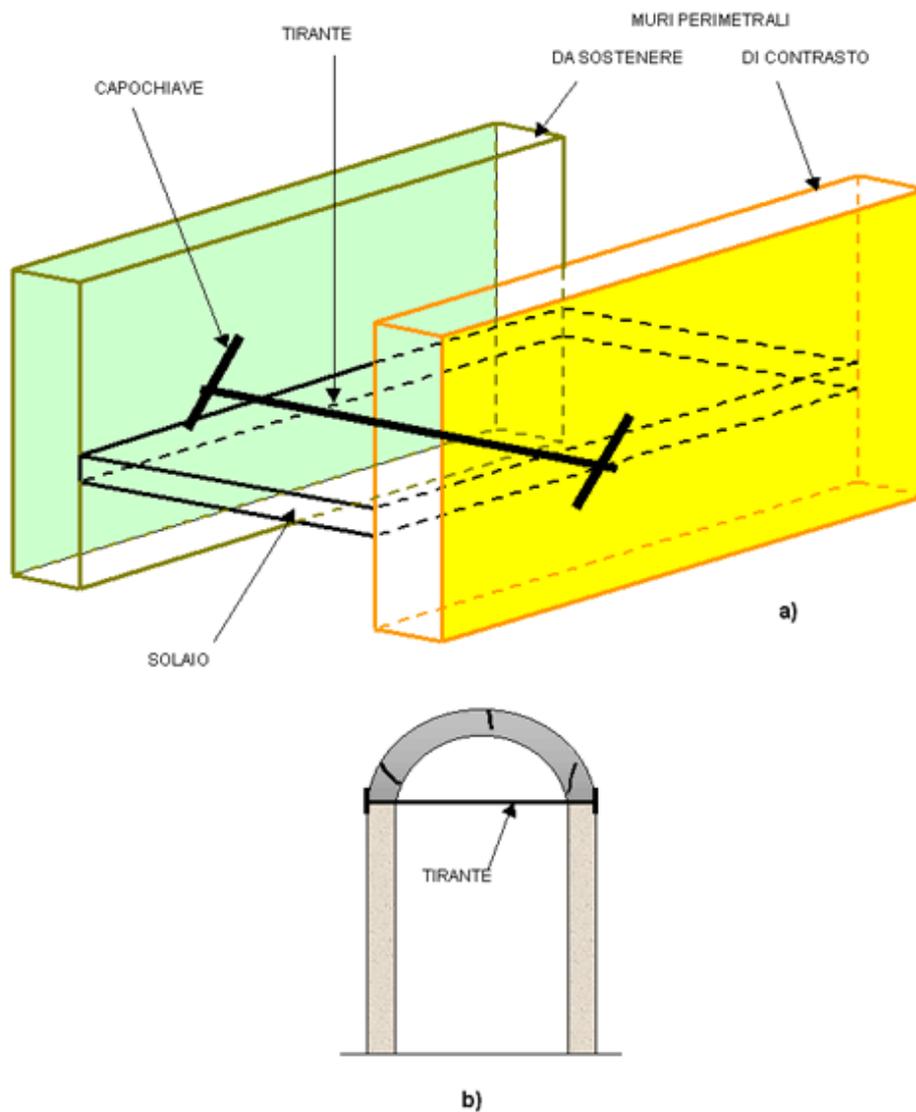


Figura 17.24

Gli elementi costitutivi dei tiranti metallici (vedi Fig. 17.25) sono:



Figura 17.25

- **tirante** consistente in un elemento di acciaio tondo o ad aderenza migliorata, piatto o quadrato. La forza di progetto che si affida al tirante, dovrà essere compatibile, oltre che con la resistenza dell'acciaio, anche con quella delle murature cui si ancora mediante i capochiave.
- **capochiave** è l'organo di ritegno che può essere a paletto (di lunghezza in genere compresa tra cm 80 e cm 120. Una lunghezza maggiore potrebbe determinare eccessive inflessioni che ridurrebbe l'efficacia del ritegno, così come un paletto troppo corto darebbe luogo ad elevati sforzi concentrati) o a piastra (di forma circolare, quadrata, ellittica o rettangolare (vedi Fig. 17.26). I primi due tipi dovranno avere il lato o il diametro compreso tra i 30 e 50 cm, mentre gli altri due tipi avranno una superficie equivalente ai primi due);
- **giunto di connessione** è l'organo che collega i vari tronchi dei tiranti. Generalmente quello più usato è il tipo con manicotto a vite.



Figura 17.26

La posizione ideale dei tiranti è in aderenza ai muri ortogonali a quello che si vuole bloccare. Questa ubicazione serve a garantire una maggiore efficacia dell'intervento e ad evitare che, nella fase di tiraggio, si abbiano danni locali alle strutture murarie. Se il tirante è anche parte dell'intervento definitivo, può essere disposto sotto il pavimento.

I paletti devono essere disposti a 45°, in modo che la reazione dell'elemento murario, sia più o meno uguale su entrambi i semipaletti. Infatti, con l'orientamento a 45° si ottiene che il semipaletto superiore agisce sul muro ortogonale al fronte, mentre il semipaletto inferiore agisce sul solaio, oppure, nel caso che esista, sulla volta (vedi Fig. 17.27)

Ubicazione del tirante

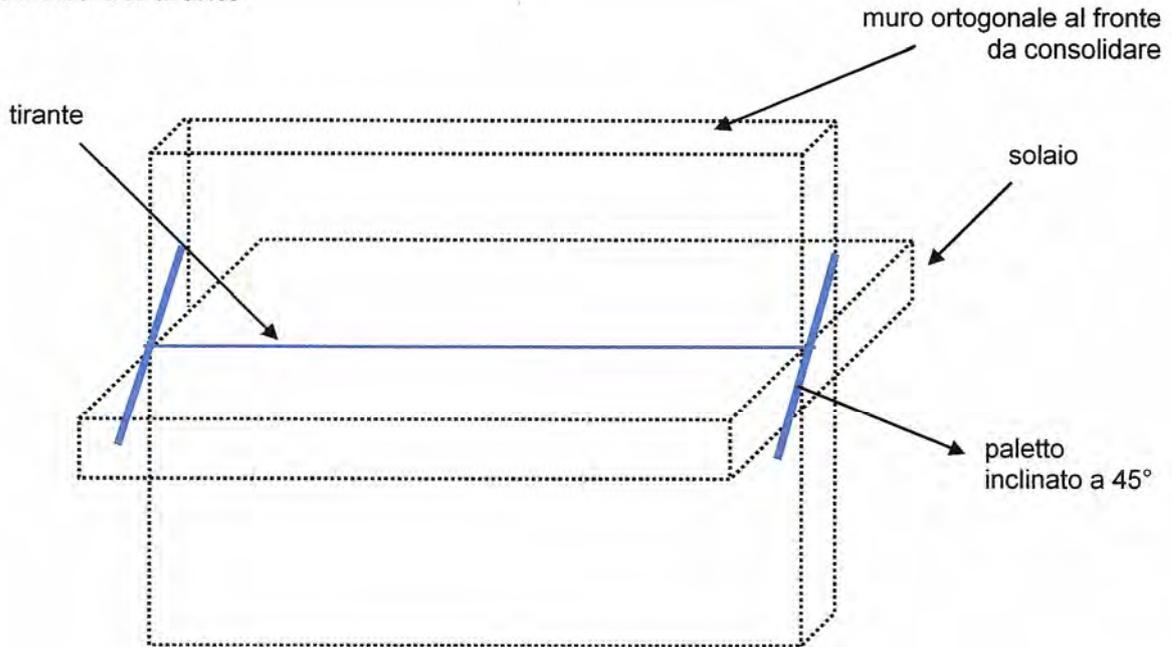


Figura 17.27

Spesso i tiranti vengono utilizzati insieme ai profilati metallici, con questi ultimi che assolvono la funzione di travi di contenimento. Questa unione consente di realizzare interventi provvisori molto efficaci (vedi Fig 17.28 e Fig 17.29)

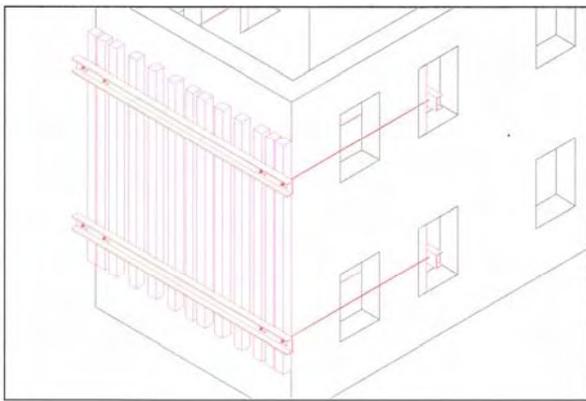


Figura 17.28

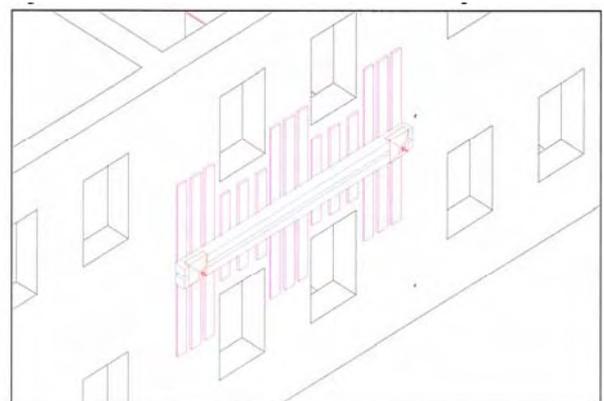


Figura 17.29

È sempre da tener presente, nella fase di realizzazione, come un tirante sia tanto più efficace quanto più immediatamente entra in funzione e dunque quanto più sia possibile regolarne lo stato di messa in tensione e, eventualmente, di regolazione successiva. È perciò importante verificare con quali modalità e con quale efficacia questa operazione possa essere compiuta (preriscaldamento, cunei, manicotti di giunzione filettati, filettatura terminale delle barre, etc.) all'atto della posa in opera e in tempi successivi.

17.5 Cerchiature

Si consideri una colonna muraria sottoposta a compressione assiale, essa subisce un accorciamento lungo l'asse e una dilatazione trasversale (vedi Fig. 17.30) che, oltre certi limiti di carico, dà luogo ad un quadro fessurativo tipico dello schiacciamento.

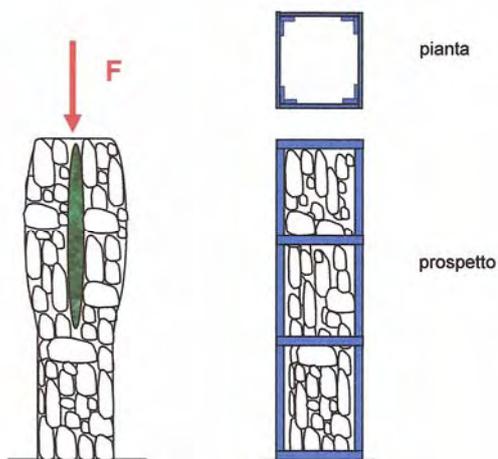


Figura 17.30



Figura 17.31

Con la cerchiatura della colonna si impedisce la dilatazione trasversale e, conseguentemente, si aumenta la resistenza alla compressione assiale.

Su questo principio sono basate le cuciture e le cerchiature dei pilastri, delle colonne (vedi Fig. 17.31), degli edifici e soprattutto delle torri e delle ciminiere soggette a dissesti di schiacciamento.



Figura 17.32

Nella pratica, la cerchiatura viene realizzata con l'apposizione di più anelli o cerchi in opportunamente distanziati (vedi Fig. 17.32) oppure con cerchiatura elicoidale continua con tondini d'acciaio dolce di diametro compreso tra 6 e 10 mm e con il passo dai 6 cm ai 10 cm. Il materiale

prevalentemente utilizzato per questi interventi è l'acciaio, grazie alle sue elevate caratteristiche di resistenza a trazione.

Di recente introduzione sono i materiali polimerici, quali ad esempio il poliestere utilizzato in forma di cinghie e funi, particolarmente validi per la leggerezza, rapidità di posa in opera e buona efficienza strutturale (vedi Fig. 17.33).



Figura 17.33



Figura 17.34

Date le loro caratteristiche, il loro uso è particolarmente indicato per operazioni di cerchiaggio globale su strutture di dimensioni contenute (vedi Fig. 17.34)

17.5.1 Esempio applicativo

L'esempio, in questo caso, riguarda una lesione d'angolo ad un edificio e l'intervento proposto consiste nella cerchiatura dell'intero perimetro del fabbricato (vedi Fig. 17.35)



Figura 17.35

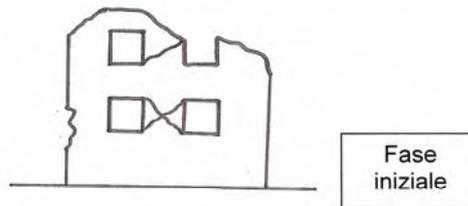
La cerchiatura ha, in questo caso, lo scopo di ripristinare l'ammorsamento tra i muri nei quali si è sviluppato il meccanismo. Il materiale da utilizzare può essere indifferentemente rappresentato da profilati d'acciaio, dalle fasce in poliestere, oppure dall'abbinamento profilati e cavi d'acciaio. Le cerchiature vanno applicate in corrispondenza di ogni solaio. Qualora non fosse possibile intervenire con la cerchiatura, ad esempio nel caso in cui un fabbricato non abbia tutti i lati liberi, si potranno apporre lungo le due facciate coinvolte dal dissesto dei tiranti (catene).

17.6 Demolizioni

Le demolizioni, in effetti, più che una tipologia d'intervento provvisoria, rappresentano la fase iniziale di un intervento definitivo. Tuttavia, quando questi interventi sono caratterizzati dalla somma urgenza, dettata dalla necessità di eliminare situazioni di pericolo, assolvono alle stesse funzioni delle opere provvisorie già descritte nel paragrafo relativo agli aspetti generali.

Le informazioni riportate di seguito in questo paragrafo, sono estratte dal Decreto del Presidente della Repubblica 7 gennaio 1956 n. 164 - Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro nelle costruzioni.

Prima dell'inizio di lavori di demolizione è fatto obbligo di procedere alla verifica delle condizioni di conservazione e stabilità delle varie strutture da demolire. In relazione al risultato di tale verifica devono essere eseguite le opere di rafforzamento e di puntellamento necessarie ad evitare che, durante la demolizione, si verifichino crolli imprevisti (vedi Fig. 17.36)



Prima di iniziare la demolizione, si procede alla verifica delle condizioni di stabilità del fabbricato e, se necessario, provvedere al consolidamento e al puntellamento della struttura per evitare che si verifichino crolli imprevisti



Figura 17.36

I lavori di demolizione devono procedere con cautela e con ordine dall'alto verso il basso e devono essere condotti in maniera da non pregiudicare la stabilità delle strutture portanti o di collegamento di quelle eventuali adiacenti, ricorrendo, ove occorra, al loro preventivo puntellamento (vedi Fig. 17.37)

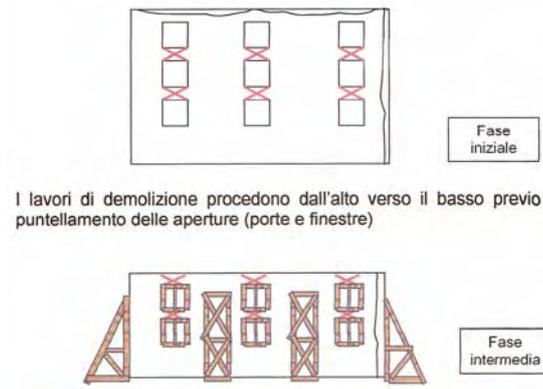


Figura 17.37

la demolizione di parti di strutture aventi altezza sul terreno non superiore a 5 metri può essere effettuata mediante rovesciamento per trazione o per spinta (vedi Fig. 17.38).

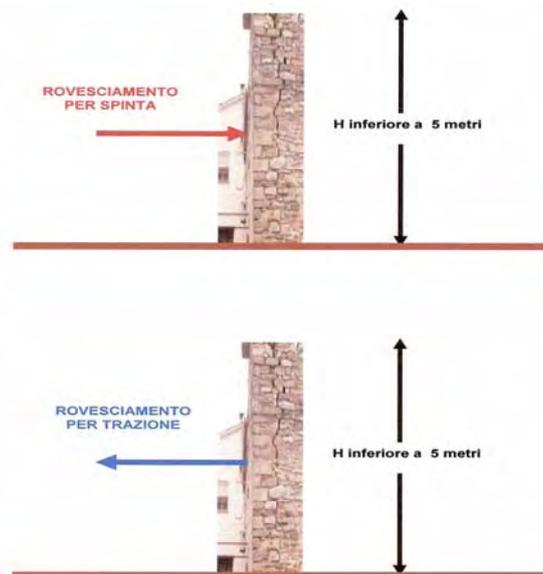


Figura 17.38

Nella zona sottostante la demolizione deve essere vietata la sosta ed il transito, delimitando la zona stessa con appositi sbarramenti. L'accesso allo sbocco dei canali di scarico per il caricamento ed il trasporto del materiale accumulato deve essere consentito soltanto dopo che sia stato sospeso lo scarico dall'alto. Di seguito viene riportato uno schema di delimitazione delle aree d'intervento, in caso di demolizione da parte dei Vigili del Fuoco (vedi Fig 17.30)

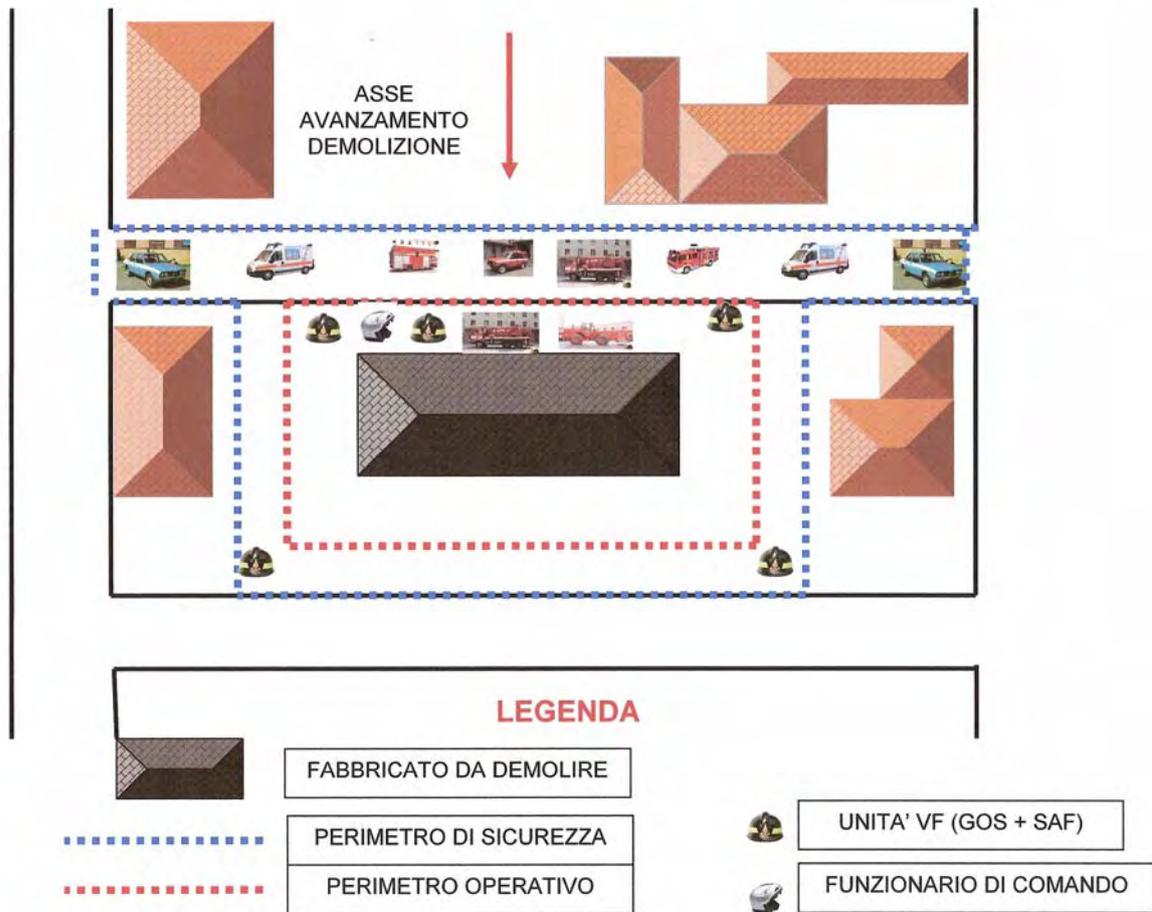


Figura 17.39

Bibliografia

- A. Annovi: *"La messa in sicurezza degli edifici danneggiati dal terremoto"*. Gruppo Comunale di Protezione Civile Modena. <http://associazioni.monet.modena.it>;
- G. Astrua: *"Manuale completo del capomastro"*. Ed. Hoepli;
- R. Ballardini, F. Doglioni: *"Indirizzi riguardanti le iniziative ed i comportamenti atti a limitare i danni al patrimonio culturale in caso di sisma"* documento approvato dal Comitato Nazionale per la Prevenzione del Patrimonio Culturale dal Rischio Sismico nella seduta del 12.12.1986;
- M. Bellizzi: *"Le opere provvisorie nell'emergenza sismica"*. Servizio Sismico Nazionale – Agenzia di Protezione Civile;
- P. D'Aquino, V. Vinciguerra: *"Corso di consolidamento degli edifici"*. Appunti delle lezioni tenute dal Prof. A. Albimarini presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Napoli - Ed. Ilardo;
- M. Dolce, D. Liberatore, C. Moroni, G. Perillo, G. Spera, A. Cacosso *"OPUS – Manuale delle opere provvisorie urgenti post-sisma"*. Dipartimento della Protezione Civile – Università degli Studi della Basilicata;
- C. Gavarini, Angeletti, Aquilino, Cartapati, Cherubini, Piccarreta, Samuelli e Zingali : *"Costruzioni e terremoto"*. Ed. Esa;
- L. Falsini, A. Michelon, M. Vinci: *"Ponteggi"*. Ed. DEI Tipografia del Genio Civile;
- B. Furiozzi, C. Messina, L. Paolini: *"Prontuario per il calcolo degli elementi strutturali"*. Ed. Le Monnier;
- S. Mastrodicasa: *"Dissesti statici delle strutture edilizie"*. Ed. Hoepli;
- G.B. Ormea, U. Reverberi: *"Dissesti e consolidamenti in zone terremotate"*. Ed. Hoepli.
- A. Pasta: *"Interventi di restauro in zona sismica"*. Ed. Flaccovio.
- M. Sanginisi: *"Ponteggi (progetto - verifiche - disegni)"*. Ed. Flaccovio.
- Servizio Sismico Nazionale, Gruppo Ricercatori G.N.D.T. dell'Aquila: *"Manuale per la gestione dell'attività tecnica nei COM"*. Documento stampato e diffuso dal S.S.N.