



**I.T.C.G.T. “Leonardo da Vinci”
Milazzo**

Dipartimento di
Costruzioni, Tecnologia delle Costruzioni e Topografia

ing. Gianfranco Minniti

Adeguamento strutturale degli edifici

Generalità – Riferimenti normativi

Quadro Normativo

- ⇒ Legge 28/01/77 n. 10 (art.9)
- ⇒ Legge 05/08/78 n. 457 (art.31)
- ⇒ D.M.LL.PP. 20/11/87
Norme tecniche per gli edifici in muratura
- ⇒ D.M.LL.PP. 16/01/96
Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- ⇒ Circ.Min.LL.PP. 10/04/97 n.65 AA.GG.



Fasi degli interventi di adeguamento

La previsione e la realizzazione degli interventi prevedono quattro fasi:

- Diagnostica: da affidare a professionisti esperti per eseguire, con l'ausilio di ditte specializzate, l'accertamento della situazione statica del materiale da conservare in opera, stato limite, lesioni, deformazioni, cedimenti; prelievo di saggi; prove tecnologiche
- Progettuale: strutturale ed architettonica, vincolata al ripristino dell'originale ed alla conservazione dell'esistente in costruzioni di interesse artistico; alla scelta dei nuovi materiali; al rispetto delle normative; alla programmazione degli interventi
- D'indagine economica: lavori gravosi per la unicità e la non ripetitività degli interventi
- Esecutiva: opere da realizzare con cautela e perizia, con l'impiego di imprese idonee e dotate di capaci mezzi tecnici, sotto la direzione di professionisti qualificati capaci di adottare i provvedimenti programmati, puntualizzandoli alla reale situazione che si verrà ad evidenziare con il procede-

TITOLO IV - Norme generali per il recupero del patrimonio edilizio ed urbanistico esistente

Definizione degli interventi

Gli interventi di recupero del patrimonio edilizio esistente sono così definiti:

- a) interventi di manutenzione ordinaria, quelli che riguardano le opere di riparazione, rinnovamento e sostituzione delle finiture degli edifici e quelle necessarie ad integrare o mantenere in efficienza gli impianti tecnologici esistenti;
- b) interventi di manutenzione straordinaria, le opere e le modifiche necessarie per rinnovare e sostituire parti anche strutturali degli edifici, nonché per realizzare ed integrare i servizi igienico-sanitari e tecnologici, sempre che non alterino i volumi e le superfici delle singole unità immobiliari e non comportino modifiche delle destinazioni di uso;
- c) interventi di restauro e di risanamento conservativo, quelli rivolti a conservare l'organismo edilizio e ad assicurarne la funzionalità mediante un insieme sistematico di opere che, nel rispetto degli elementi tipologici, formali e strutturali dell'organismo stesso, ne consentano destinazioni d'uso con essi compatibili. Tali interventi comprendono il consolidamento, il ripristino e il rinnovo degli elementi costitutivi dell'edificio, l'inserimento degli elementi accessori e degli impianti richiesti dalle esigenze dell'uso, l'eliminazione degli elementi estranei all'organismo edilizio;
- d) interventi di ristrutturazione edilizia, quelli rivolti a trasformare gli organismi edilizi mediante un insieme sistematico di opere che possono portare ad un organismo edilizio in tutto o in parte diverso dal precedente. Tali interventi comprendono il ripristino o la sostituzione di alcuni elementi costitutivi dell'edificio, la eliminazione, la modifica e l'inserimento di nuovi elementi ed impianti;
- e) interventi di ristrutturazione urbanistica, quelli rivolti a sostituire l'esistente tessuto urbanistico-edilizio con altro diverso mediante un insieme sistematico di interventi edilizi anche con la modificazione del disegno dei lotti, degli isolati e della rete stradale.

Le definizioni del presente articolo prevalgono sulle disposizioni degli strumenti urbanistici generali e dei regolamenti edilizi.

Restano ferme le disposizioni e le competenze previste dalle leggi 1° giugno 1939, n. 1089, e 29 giugno 1939, n. 1497, e successive modificazioni ed integrazioni.

Generalità – Classificazione degli interventi

Manutenzione ordinaria

Per la difesa del degrado delle rifiniture, dei servizi e degli impianti degli edifici

Opere di rifinitura

Lavori di riparazione, rinnovamento o sostituzione di:

- intonaci, rivestimenti, tinteggiature, pavimentazioni
- infissi, opere in legno e metalliche, di recinzione
- impermeabilizzazioni, grondaie, pluviali

Servizi e impianti

Lavori necessari ad integrare o mantenere in efficienza impianti tecnologici esistenti:

- cucine, bagni, W.C., fognature
- riscaldamento, condizionamento
- elettrico
- ascensori

Interventi strutturali sugli edifici

Consolidamento: finalizzato al rafforzamento delle strutture di una costruzione; si rende necessario a causa di uno stato di deterioramento o perché è mutata la destinazione d'uso (carichi accidentali superiori) o al fine di adeguare la struttura secondo norme di nuova introduzione (norme sismiche).

Restauro: ripristino dello stato originario della costruzione; reintegro delle caratteristiche fisico-chimiche e di aspetto degli elementi edilizi.

Restauro statico: riporta una struttura danneggiata dal punto di vista statico alle sue capacità originarie di resistenza, ripristinandone la funzionalità.

Manutenzione straordinaria

Lavori tendenti ad assicurare (art.1005 C.C.) la stabilità delle costruzioni e per apportare in queste miglioramenti e modifiche ai servizi ed agli impianti.

Stabilità degli edifici

Interventi relativi al rafforzamento delle condizioni statiche o alla sostituzione di elementi strutturali:

- Muri maestri, pilastri, travi, volte
- Tetti, solai, scale, aggetti
- Argini, muri di sostegno, d'intercapedine

Servizi e impianti

Opere per realizzare ed integrare servizi igienico-sanitari e impianti tecnologici, a condizione che non alterino i volumi e le superfici delle singole unità immobiliari e non comportino modifiche alla destinazione d'uso

Interventi di restauro

Lavori di restauro e di risanamento conservativo rivolti a garantire l'organismo e ad assicurare la funzionalità mediante un insieme sistematico di opere che, nel rispetto degli elementi tipologici, formali e strutturali dell'organismo stesso, ne consentano destinazioni d'uso con essi compatibili.

Tali interventi comprendono: il consolidamento, il ripristino e il rinnovo degli elementi costruttivi dell'edificio, l'inserimento degli elementi necessari e degli impianti, l'eliminazione degli elementi estranei.

Interventi di ristrutturazione

Per trasformare una costruzione mediante un insieme sistematico di opere che possono portare questa, in tutto o in parte ad un organismo edilizio diverso.

Tali interventi comprendono: il ripristino o la sostituzione di alcuni elementi costruttivi dell'edificio, la eliminazione, la modifica e l'inserimento di nuovi elementi ed impianti.

Generalità – Fasi dell'intervento

L'intervento di recupero

Deve essere preceduto da un attento esame dell'elemento edilizio interessato tendente essenzialmente a:

- definire le caratteristiche dimensionali e costruttive dell'organismo edilizio e degli elementi su cui si vuole intervenire;
- individuare lo stato funzionale degli elementi edilizi e le cause che ne hanno determinato l'alterazione o il degrado;

Fasi di un intervento

- il **rilievo**;
- la **valutazione**, che consente di accertare o diagnosticare il livello di efficienza degli elementi edilizi o degli edifici;
- la **diagnosi**, che si esplicita attraverso il progetto di recupero

Rilievo

E' l'insieme di operazioni atte a conoscere le tecniche costruttive, le caratteristiche dimensionali, i materiali impiegati, lo stato di conservazione dell'edificio o dell'elemento oggetto dell'intervento.

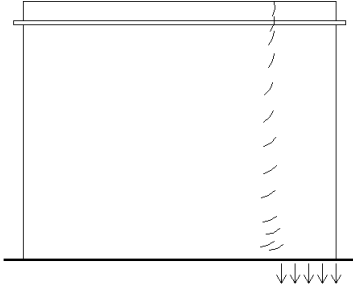
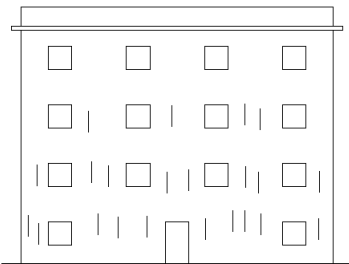
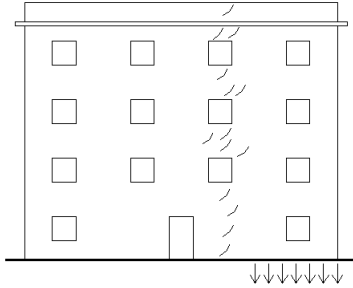
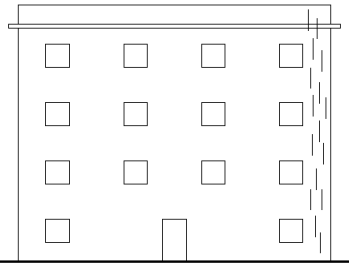
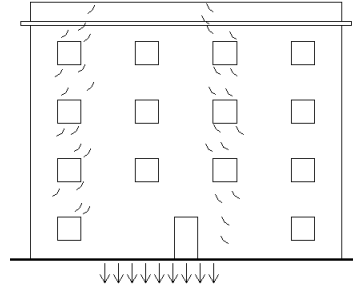
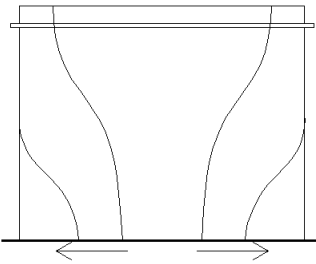
- Rilievo geometrico**: consiste nella misurazione con appositi sistemi (diretta o mediante apparecchiature topografiche e fotogrammetriche) delle dimensioni degli spazi e degli elementi edilizi di un edificio, con riguardo alla individuazione dei materiali e alla definizione dei dettagli costruttivi; comprende la stesura degli elaborati, in scala adeguata, risultanti dalle misurazioni e dagli accertamenti effettuati
- Rilievo del quadro fessurativo**: consiste nella individuazione e nella acquisizione di tutti i sintomi di comportamento statico anomalo, al fine di risalire dagli effetti alle cause che li hanno determinati; per quadro fessurativo deve intendersi il complesso delle lesioni alle strutture, manifestantesi non solo attraverso fessure vere e proprie, ma anche attraverso deformazioni, movimenti, rotture.
- Rilevamento filologico**: da eseguirsi su edifici di particolare interesse architettonico che abbiano subito modifiche; consiste nella ricerca dei loro caratteri originari tramite l'acquisizione di dati di archivio o attraverso indagini dirette (sondaggi sulle strutture portanti, sulla consistenza dei materiali e sulle parti ornamentali e artistiche).

Tipi di diagnosi	Aspetti da valutare
Consistenza dei materiali	• Consistenza di intonaci, di parti lignee, lapidee, ceramiche, cementizie, etc.
Condizioni statiche	• Quadro fessurativo e consistenza dei materiali
Condizioni di isolamento termico	• Trasmittanza, trasmittanza lineare e permeabilità dell'aria
Condizioni di isolamento acustico	• Coefficiente di assorbimento, potere fonoisolante ai rumori aerei e di calpestio
Condizioni illuminotecniche	• Fattore medio di luce diurna
Caratteristiche microclimatiche ambientali	• Umidità relativa, temperatura e velocità dell'aria nell'ambiente
Condizioni igrometriche degli elementi edilizi	• Tenore di umidità dei materiali

Diagnosi

Lesioni negli edifici con muratura portante

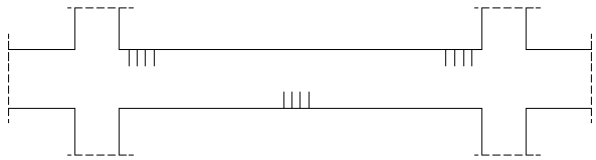
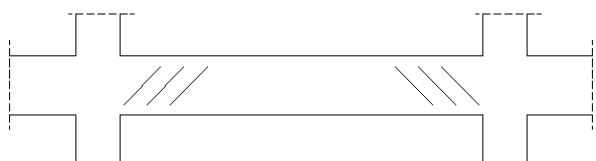
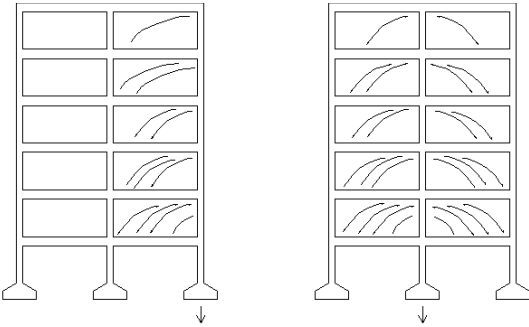
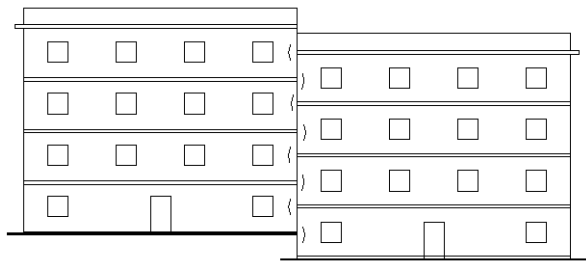
L'analisi del quadro fessurativo degli edifici con murature portanti consente di ottenere alcuni degli elementi necessari a formulare un giudizio sulle condizioni statiche strutturali o di risalire alle cause determinanti i dissesti.

Lesioni nella costruzione	Cause	Lesioni nella costruzione	Cause
<p>Muratura portante senza aperture con lesioni ad andamento variabile da orizzontale alla base a verticale in sommità, localizzate su una fascia verticale.</p> 	<p>Cedimento dell'estremità della fondazione posta oltre la zona in cui sono concentrate le lesioni.</p>	<p>Lesioni verticali situate in corrispondenza delle zone di muratura portante al livello delle aperture (zone di minore resistenza).</p> 	<p>Schiacciamento della muratura.</p>
<p>Muratura portante con lesioni inclinate localizzate su una fascia verticale in corrispondenza delle zone di minore resistenza.</p> 	<p>Cedimento dell'estremità della fondazione posta oltre la zona in cui sono concentrate le lesioni.</p>	<p>Lesioni verticali localizzate su una fascia verticale, ad una estremità della facciata.</p> 	<p>Rotazione nel muro trasversale attorno alla sua base con perdita dell'ammorramento fra i due muri.</p>
<p>Muratura portante con lesioni inclinate localizzate su due fasce verticali in corrispondenza delle zone di minore resistenza.</p> 	<p>Cedimento verticale di un tratto intermedio della fondazione.</p>	<p>Lesioni ad andamento verticale con caratteristica forma ad imbuto. Il distacco fra i bordi delle lesioni è maggiore alla base della muratura.</p> 	<p>Allontanamento di masse di terreno senza che si verifichi cedimento verticale, causate da dilatazioni e contrazioni del terreno, movimenti franosi, eventi sismici.</p>

Diagnosi

Lesioni negli edifici con struttura in c.a.

Le deformazioni anomale di travi, solai e pilastri si ripercuotono sulle pareti perimetrali e sulle tompagnature interne. L'esame del quadro fessurativo delle pareti ci permette quindi di individuare cedimenti strutturali che presentano segnali meno evidenti sulle strutture stesse.

Lesioni nella costruzione	Cause	Lesioni nella costruzione	Cause
<p>Trave in c.a. con lesioni verticali ravvicinate disposte all'intradosso in mezzeria e all'estradosso agli incastri</p> 	<p>Plasticizzazione delle sezioni maggiormente sollecitate da momento flettente.</p>	<p>Apertura delle staffe in un pilastro con espulsione del copriferro.</p>	<p>Schiacciamento di un pilastro.</p>
		<p>Espulsione del copriferro in corrispondenza degli spigoli di travi e pilastri.</p>	<p>Ossidazione delle armature metalliche.</p>
		<p>Lesioni verticali ed orizzontali in corrispondenza delle giunzioni</p>	<p>Ritiro della malta.</p>
<p>Trave in c.a. con lesioni inclinate a 45° in vicinanza alle zone di vincolo.</p> 	<p>Rottura per sforzi di taglio o torsione eccessivi.</p>	<p>Rottura di pareti con andamento delle lesioni a 45°.</p>	<p>Eccessiva deformazione dell'elemento strutturale sottostante (trave o solaio).</p>
<p>Lesioni nelle pareti con andamento di parabole convergenti verso il pilastro che ha subito cedimento</p> 	<p>Cedimento verticale di pilastro.</p>	<p>Lesioni di forma curva concave verso l'elemento spingente (solaio) dell'edificio vicino con cui si condivide un muro portante o un pilastro.</p> 	<p>Variazioni di temperatura, ritiro, eventi sismici.</p>

Fondazioni

Consolidamento delle fondazioni

La stabilità delle fondazioni influisce in modo determinante sul comportamento statico dell'intero edificio, poiché i cedimenti che esse subiscono si ripercuotono sullo stato di deformazione dell'organismo strutturale.

Le possibili cause di cedimento sono:

- errori progettuali o carenze in esecuzione;
- mutamento dell'assetto idrogeologico e conseguentemente della portanza del terreno di fondazione;
- aumento dei carichi trasmessi dalla struttura dell'edificio a causa di sopraelevazioni o variazioni di destinazione non previste in origine.

Gli interventi di consolidamento più comuni sono realizzati al fine di ottenere:

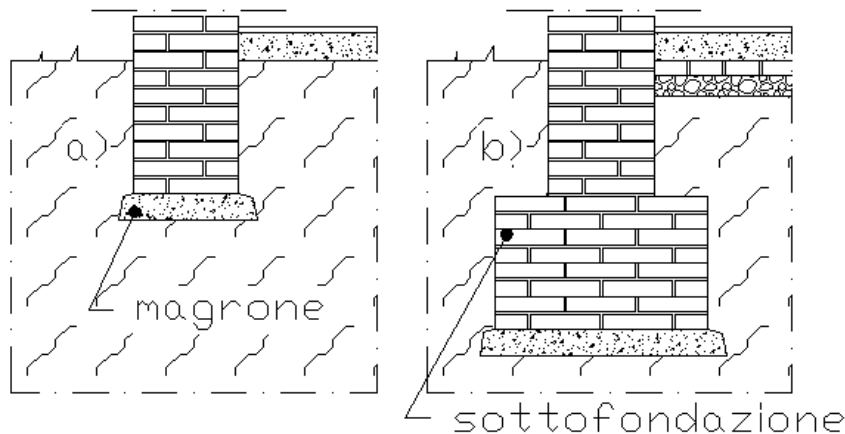
- l'aumento della superficie di trasmissione dei carichi;
- lo spostamento del piano di posa verso strati di terreno più profondi e dotati di maggiore resistenza;
- il miglioramento delle caratteristiche di resistenza del terreno di fondazione.

Le tipologie di intervento più comunemente adottate sono la realizzazione di sottofondazioni e la infissione di pali.

Particolare cura dovrà porsi nel primo caso al fine di evitare l'insorgere di fenomeni di assestamento pericolosi, causati dal ritiro o dalla deformazione sotto carico degli

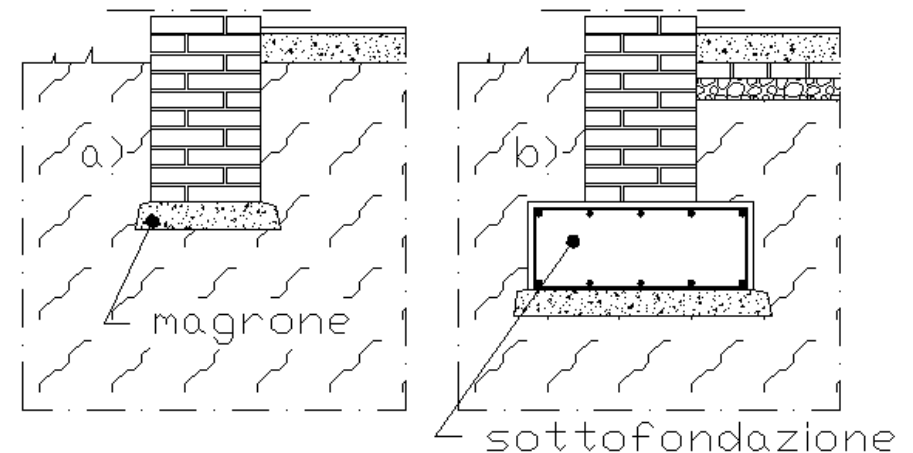
Sottofondazioni in muratura di mattoni

E' una tecnica applicabile in presenza di carichi ridotti e quando non è necessario riportare in strati più profondi il piano di fondazione. L'intervento viene effettuato in settori alternati della fondazione, predisponendo una opportuna puntellatura ed eseguendo lo scavo fino al nuovo piano di posa. Dopo l'esecuzione del magrone viene su questo realizzata la nuova fondazione in laterizio.



Sottofondazioni con cordoli in c.a.

L'intervento viene eseguito con modalità analoghe a quello delle sottofondazioni in muratura. I settori realizzati vengono resi solidali fra di loro, al fine di realizzare la continuità dell'opera di fondazione. Possono così realizzarsi fondazioni più larghe, e quindi con una migliore ripartizione delle tensioni sul terreno, di quelle che, a parità di altezza, sono possibili con la muratura.



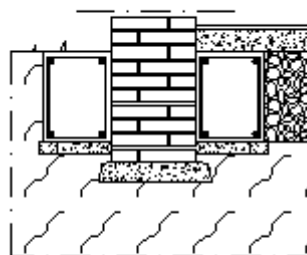
Fondazioni

Cordoli in c.a. aderenti alla muratura

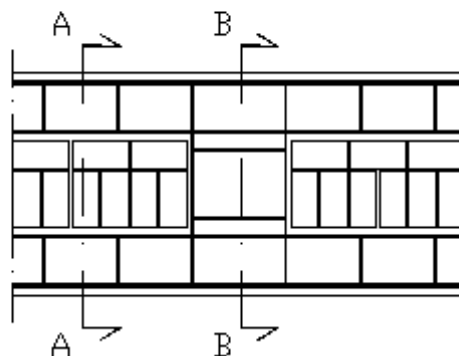
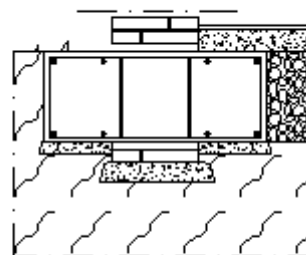
Vengono eseguiti, in aderenza alla fondazione esistente, due cordoli in c.a. dotati di collegamenti trasversali con la funzione di rendere solidali fra loro i cordoli stessi e la muratura esistente, ottenendo così un allargamento della base di appoggio ed un buon collegamento con la struttura esistente.

Eseguito lo scavo dai due lati della fondazione esistente, viene effettuato il getto dei cordoli in c.a. predisponendo i tondini di armatura in corrispondenza dei collegamenti. Dopo la maturazione del getto si procede alla apertura dei vani nella muratura per la realizzazione dei predetti collegamenti trasversali, che vengono realizzati con un getto di calcestruzzo con additivi espansivi.

sez. AA

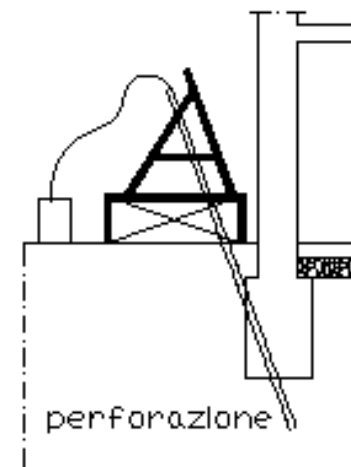


sez. BB



Pali radice

La realizzazione dei micropali è più semplice di quella dei pali trivellati. Con questa tecnica si ottiene un sensibile miglioramento (per costipamento) del terreno sottostante la fondazione e una “cucitura” della fondazione esistente con il terreno stesso.



Infissione di pali trivellati in c.a.

E' una tecnica adottata quando è necessario raggiungere strati profondi del terreno dotati di maggiore portanza. Vengono realizzate due serie di pali disposti ai lati della fondazione esistente e collegati in testa da due cordoli in c.a. aderenti alla muratura. Vengono successivamente realizzati i collegamenti trasversali in c.a. con modalità analoghe ai cordoli trave sopra descritti. L'unico inconveniente è costituito dalla necessità di disporre di spazi adeguati all'impiego delle attrezzature necessarie



alla trivellazione e al getto dei pali.

Fondazioni

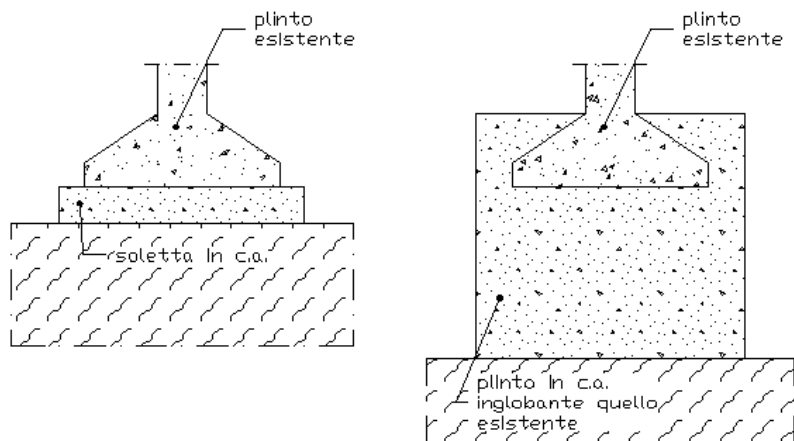
Sottofondazione di plinti

E' la più semplice soluzione per il consolidamento di plinti di fondazione sui quali si preveda un incremento dei carichi indotti dalla struttura in elevazione (mutata destinazione d'uso, sopraelevazione, etc.). Dopo avere opportunamente puntellato il pilastro interessato al fine di scaricare il più possibile il plinto sottostante, viene eseguito lo scavo fino al raggiungimento della quota del nuovo piano di posa.

Realizzato il magrone, viene disposta l'armatura metallica ed eseguito il getto di calcestruzzo, che sarà opportuno costipare adeguatamente perché aderisca perfettamente alla faccia inferiore del plinto esistente.

Nel caso sia necessario realizzare un consistente abbassamento del piano di fondazione (realizzazione di un piano cantinato) è invece opportuno inglobare il plinto esistente in un plinto di maggiore altezza e dimensioni adeguate.

Solo in casi molto particolari, data la complessità dell'intervento, si procederà alla realizzazione di pali, realizzati con elementi prefabbricati, infissi al di sotto della fondazione preesistente.



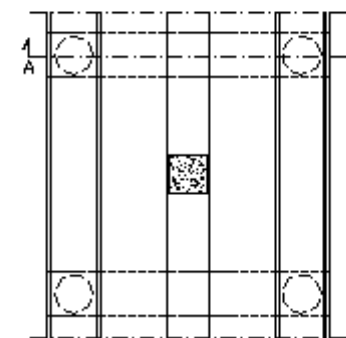
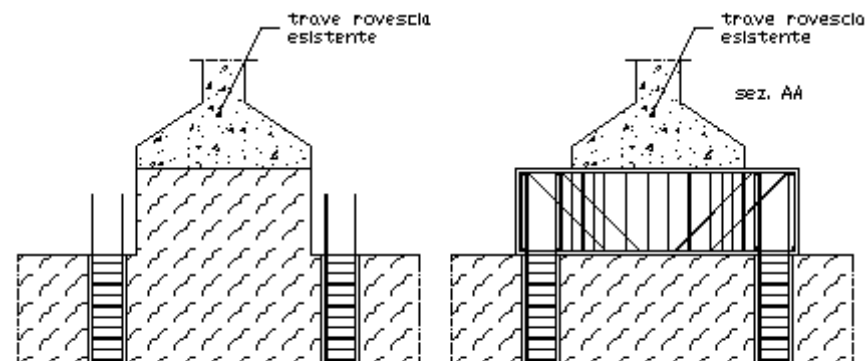
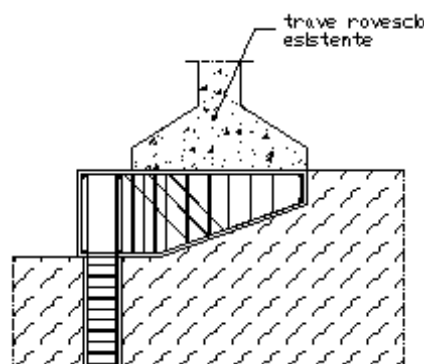
Pali trivellati in c.a.

L'intervento prevede la trasformazione di una fondazione di tipo diretto continuo in una di tipo indiretto, poggiante su strati di terreno più profondi e dotati di adeguata portanza.

Dopo la realizzazione di una serie di coppie di pali trivellati ai lati della fondazione esistente, la testa di ogni coppia viene collegata attraverso la realizzazione di travi trasversali in c.a.

I pali da ogni parte della fondazione sono inoltre collegati fra loro da un cordolo in c.a., che corre parallelamente alla fondazione esistente.

Nel caso non sia possibile lavorare da una parte della fondazione



esistente (limitata altezza dei locali, impossibilità di demolire il pavimento), potrà realizzarsi una palificata dal solo lato accessibile; le travi sottostanti la vecchia fondazione lavoreranno quindi a mensola ed i pali supporteranno uno sforzo normale a grande eccentricità.

Visto l'elevato costo, interventi di questo tipo vengono limitati ai casi di opere di particolare pregio o quando il valore dell'edificio lo giustifica.

Murature

Recupero delle murature portanti

Le strutture verticali costituite da murature portanti, sia in pietra che in laterizio, sono spesso realizzate con materiali aventi caratteristiche fisico-meccaniche diverse fra loro. Questo accade particolarmente nei vecchi edifici che hanno subito nel tempo parziali interventi di recupero. Questa circostanza può notevolmente influenzare il comportamento statico degli elementi strutturali, che potranno avere zone con capacità di resistenza differenziate.

I tipi di degrado delle murature in pietra o laterizio sono costituiti da:

- fessurazioni e deformazioni provocate da sollecitazioni eccessive o dal decadimento della resistenza dei materiali;
- alterazioni delle caratteristiche fisico-chimiche dei materiali, sia limitate agli strati superficiali che estese in profondità, dovute agli agenti atmosferici o agli effetti dell'inquinamento.

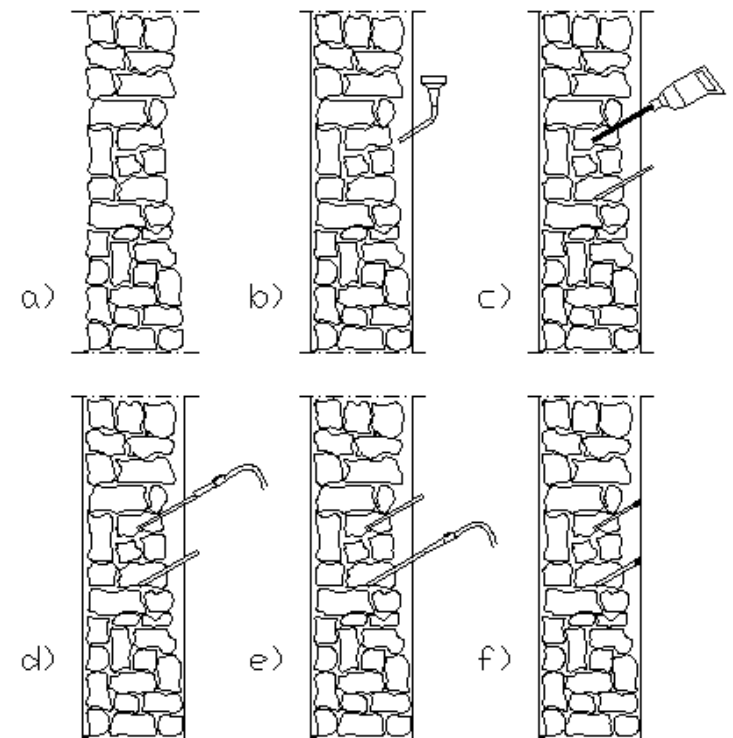
Nei casi di estrema urgenza o di pericolo, ovvero allo scopo di contenere il progredire delle lesioni, è bene ricorrere alla puntellatura dell'edificio, utilizzando puntoni in legno o strutture tubolari in acciaio, al fine di impedire cedimenti e rotazioni delle pareti e con il beneficio di alleggerire le parti che saranno poi oggetto dell'intervento di consolidamento dai carichi trasmessi dagli elementi soprastanti. Può, inoltre, essere utile ricorrere a sbadacchi (puntellature a contrasto con un elemento strutturale vicino, atte ad assorbire spinte orizzontali) o alla muratura dei vani di apertura, al fine di irrigidire la struttura.

Consolidamento con iniezioni cementizie

Questa tecnica permette di migliorare le caratteristiche di resistenza della muratura grazie alla reintegrazione del legante e alla saturazione di eventuali vuoti o discontinuità.

La miscela utilizzata è, nei casi più comuni, una boiaccia di cemento e acqua in parti uguali; talora vengono anche utilizzati fluidificanti, espansivi o anche resine epossidiche.

Partendo dallo stato iniziale a), si procede all'inserimento di ugelli, alla intonacatura e alla preiniezione b); si eseguono quindi delle perforazioni c) e delle iniezioni (2,5÷3 bar) fino alla fuoriuscita della miscela dai fori adiacenti d) e); infine viene sigillato il primo foro procedendo all'esecuzione delle iniezioni successive f).



E' importante che lo stato dell'intonaco sulle due facce della parete sia in buono stato perché possa sopportare la spinta esercitata dalla miscela; particolare cura va posta in caso di presenza di intercapedini, canne fumarie, vani.

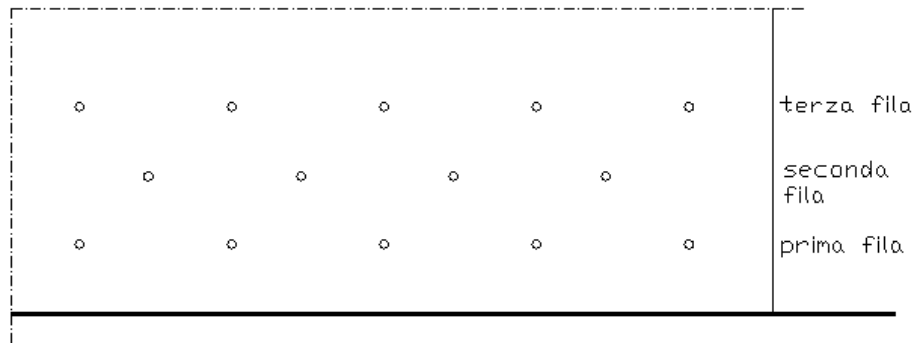
Inoltre bisogna procedere all'esecuzione delle iniezioni per zone, partendo dal basso verso l'alto e dai lati verso il centro della parete da risanare.

Murature

Consolidamento con colatura di boiacca

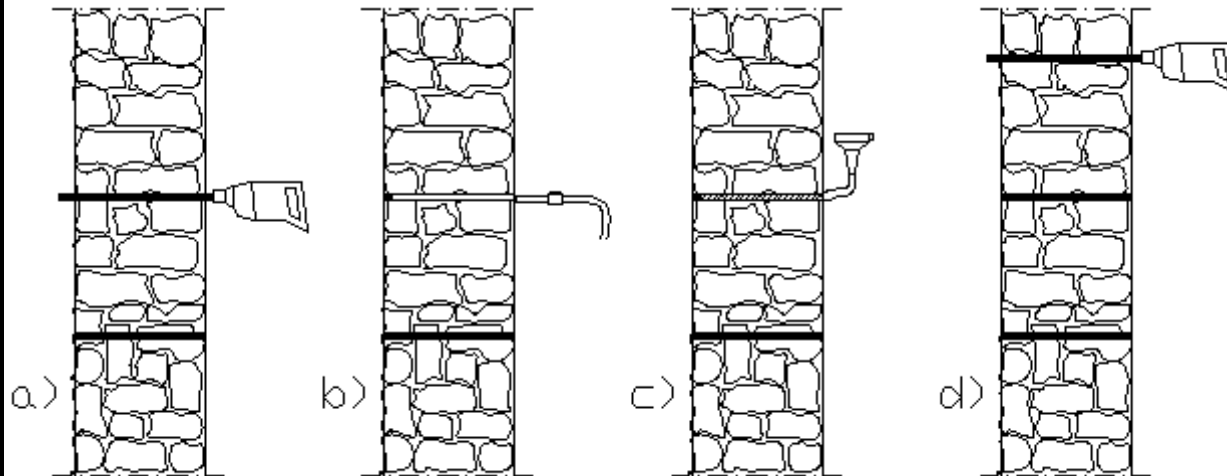
Questa tecnica è di più semplice esecuzione e presenta minori costi rispetto a quella con iniezioni cementizie, anche se rispetto a questa è di minore efficacia. L'intervento viene limitato a zone circoscritte della muratura da risanare e non è necessario procedere alla intonacatura per la tenuta ma basta effettuare la stuccatura di eventuali fessure superficiali per impedire la fuoriuscita della boiacca.

Si procede, partendo dal basso e dall'esterno verso l'interno, ad eseguire la prima fila di fori.



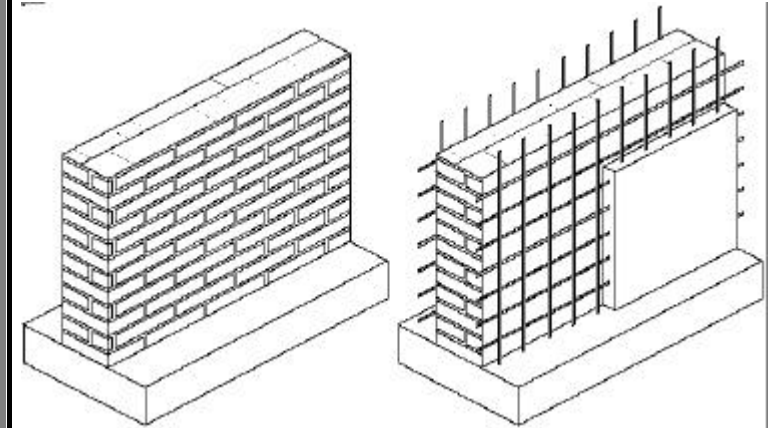
Viene dapprima operata la perforazione e la sigillatura del foro da una parte del muro a); si procede quindi prima alla

bagnatura b) per favorire l'infiltrazione e successivamente alla colatura attraverso un boccaglio della boiacca c), normalmente costituita da cemento e acqua in parti uguali; l'operazione viene quindi ripetuta per la successiva fila di fori d).



Consolidamento con applicazione di conglomerato cementizio armato

Detta anche placcaggio, questa tecnica consiste nell'applicare uno strato di betoncino (conglomerato cementizio a granulometria fine)



di spessore minimo di 4÷5 cm armato con rete elettrosaldata, su entrambe le facce della parete da consolidare; i due strati vengono inoltre collegati fra loro mediante la disposizione di staffe metalliche inserite in fori passanti da una parte all'altra della parete oggetto dell'intervento.

La tecnica ha lo svantaggio di aumentare, anche se di poco, lo spessore del muro e non è applicabile nel caso in cui si voglia conservare la vista del rustico murario.

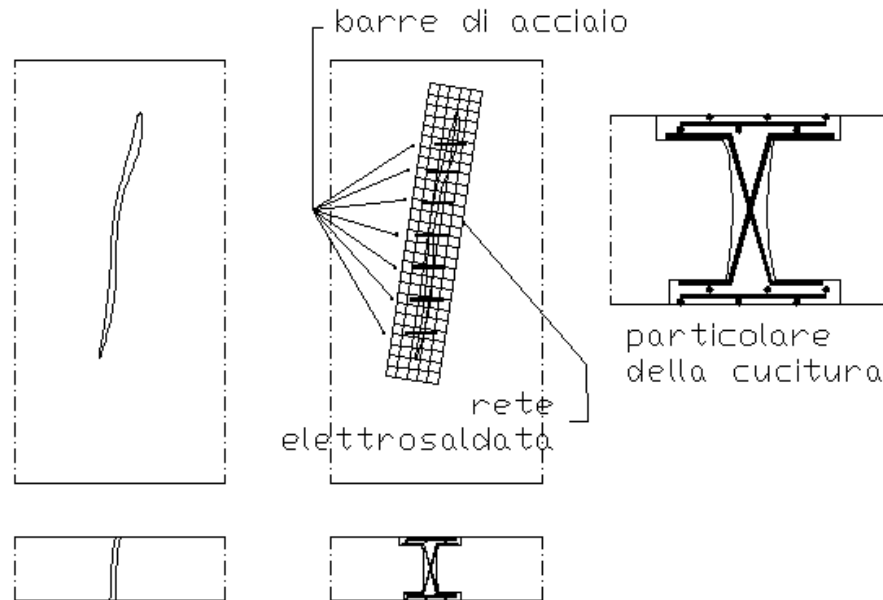
Si procede asportando prima l'intonaco esistente ed eseguendo i fori passanti in cui inserire le staffe di collegamento (almeno 6 al mq); dopo aver disposto la rete elettrosaldata si passa alla bagnatura della parete e allo spruzzo di una miscela secca, costituita da una parte di cemento e quattro di sabbia, mescolata dal dispositivo di spruzzamento alla quantità di acqua necessaria per ottenere un impasto che consenta un buon aggrappaggio (spritz-beton).

Murature

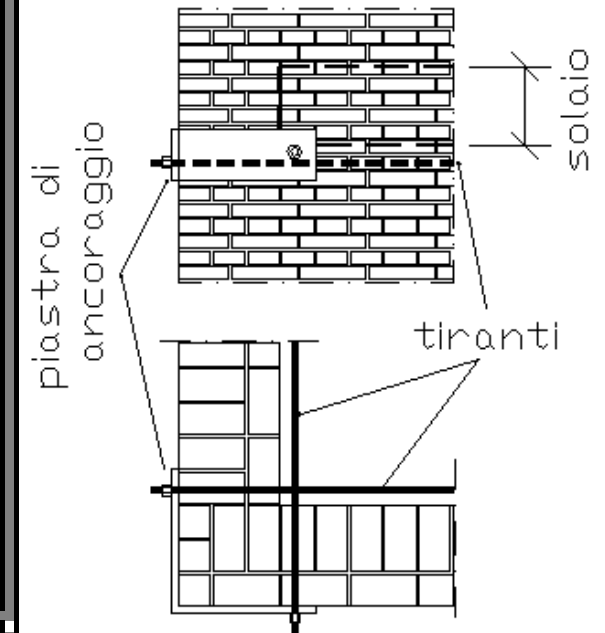
Risarcitura di fessure con cuciture armate

Se è necessario sigillare una fessurazione, riportando così il muro alle capacità di resistenza originarie, è possibile ricorrere alla cucitura con barre di acciaio e reti elettrosaldate annegate in strati superficiali di conglomerato cementizio.

Asportato l'intonaco lungo una striscia circostante e liberata dai detriti la fessura si esegue una sigillatura con malta cementizia additivata con prodotti antiritiro. Vengono quindi eseguiti dei fori passanti inclinati nei quali si inseriscono le barre di acciaio, sigillandoli poi con boiacca di cemento; ai due lati della muratura vengono fissate alle barre due strisce di rete elettrosaldata e si procede allo spruzzo di conglomerato di cemento a granulometria fine.



Consolidamento con applicazione di tiranti



Consolidamento con perforazioni armate

E' una tecnica impiegata per realizzare o ricostituire la continuità fra elementi di parete o anche per rinforzare la coesione in determinate zone della struttura muraria. La resistenza della muratura alle forze orizzontali è infatti fortemente influenzata dalla presenza di muri di irrigidimento trasversali che

siano bene ammortati con la muratura principale. Vengono eseguiti fori in numero, dimensione e posizione prefissati e in essi vengono inserite delle barre ad aderenza migliorata, sigillate poi con iniezioni di malte speciali o resine.

E' possibile l'uso di questa tecnica anche su murature a faccia vista, a condizione di disporre delle barre poco più corte del foro praticato e di operare la stuccatura a filo con il laterizio.

Soddisfa efficacemente la necessità di realizzare o migliorare i collegamenti fra pareti, soprattutto nei casi in cui i muri trasversali non diano un adeguato effetto di controventamento.

E' importante che la piastra sia resa aderente alla parete con l'impiego di malta.

Ottenuto lo sforzo di trazione necessario attraverso i dadi filettati, questi vengono saldati alla piastra.

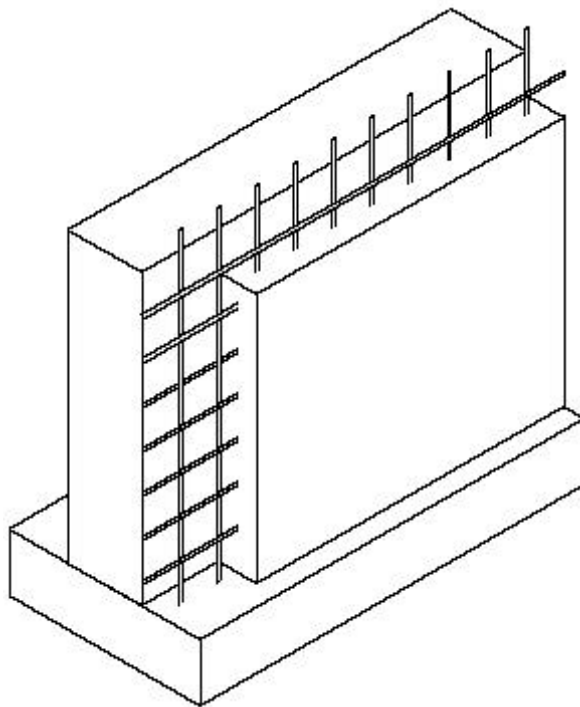
Murature

Consolidamento con setti in c.a.

Viene reso solidale, con una delle due facce della parete da consolidare, un setto di calcestruzzo armato di adeguato spessore.

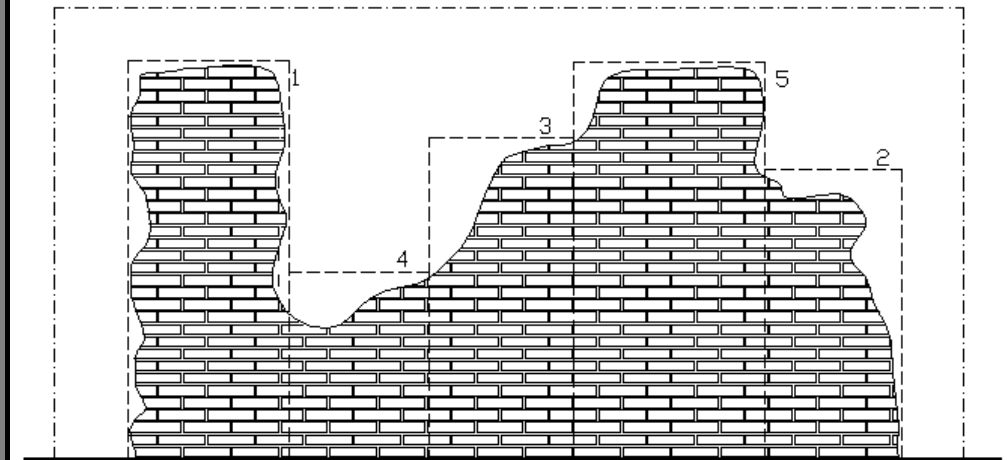
Lo scopo è quello di irrobustire la parete gravemente lesionata o sottodimensionata o in molti casi di sostituirla nelle sue funzioni portanti ormai gravemente compromesse.

E' buona norma far si che l'armatura venga inglobata opportunamente nella sottofondazione che verrà realizzata contemporaneamente al setto stesso.



Murature in sostruzione

Indicata anche con la denominazione di cuci-scuci, permette di ripristinare la continuità strutturale di una muratura in laterizio o pietrame con elementi a faccia vista mediante la sostituzione delle parti degradate, senza che venga alterata la funzione portante dell'elemento strutturale anche durante l'esecuzione dell'intervento. E' una tecnica impiegabile solo quando il degrado è limitato a zone ben definite della mu-



Ripresa di muratura

La tecnica del cuci-scuci può essere impiegata pure per il consolidamento di murature lesionate quando non si intende operare un intervento con cucitura armata.

Procedendo dal basso verso l'alto, si effettua la ripresa di tratti di modesta altezza e che interessano il muro per tutta la profondità, se questa è al massimo di due teste, oppure alternando l'attacco sulle due facce se lo spessore è maggiore.

L'operazione si conclude con la totale eliminazione della parte lesionata, avendo cura di rincalzare adeguatamente l'ultimo tratto contro la muratura preesistente non interessata dal dissesto.

Nel caso la sezione resistente non venga giudicata sufficiente durante l'esecuzione dello strappo, si dovranno provvedere opportune puntellature, atte a ridurre il più possibile la sollecitazione sulla muratura oggetto dell'intervento.

ratura stessa.

La sostituzione della muratura avviene per zone non contigue in modo da mantenere sempre attiva una sufficiente sezione resistente; eseguito il primo "strappo in breccia", viene subito realizzata la nuova muratura, avendo cura di ammorsarla ai lati e forzarla lungo il lato superiore con cunei a contrasto con la muratura esistente; i cunei verranno sostituiti da mattoni e malta appena si sarà esaurito il ritiro della parte ricostruita. Di seguito vengono ripetute le stesse operazioni per le zone successive.

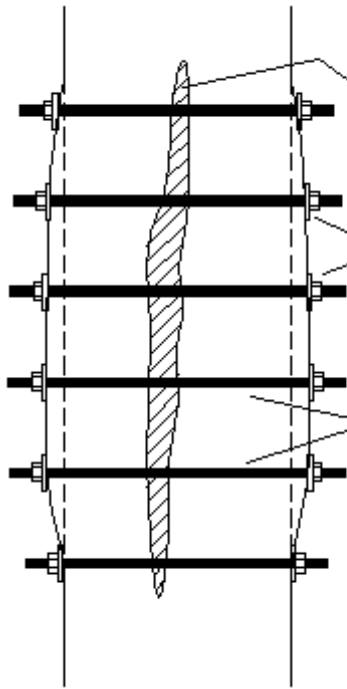
Si tratta di una tecnica particolarmente laboriosa e che richiede una mano d'opera altamente qualificata affinché durante la rimozione non si rovinino gli elementi (mattoni o pietre) delle zone ancora in buono stato, e venga poi eseguito un corretto ammorsamento dei nuovi elementi.

La stessa tecnica di ammorsamento viene impiegata per la chiusura di armadi a muro, aperture, canne fumarie ed altri vani.

Murature

Tiranti antiespulsivi

Nei muri deformati e frantumati in più tronconi a causa di fessure verticali parallele



lesione
interna da
schiacciamento

rondelle di
tenuta

tiranti

alle facce longitudinali può essere impiegata una cucitura con tiranti antiespulsivi.

I tiranti sono formati da bulloni dotati di due rondelle di tenuta agli estremi e vanno introdotti in fori passanti, realizzati trasversalmente alla muratura e distribuiti sulla superficie laterale delle pareti.

I tiranti vanno inseriti dopo una fase di preriscaldamento in maniera che, raffreddandosi si contraggano ed

entrino in tensione, contrastando, grazie alle rondelle di tenuta le azioni di deformazione dell'elemento murario. Per una migliore efficacia è opportuna una distribuzione diffusa.

Allineamento delle aperture

E' molto importante, soprattutto nella ristrutturazione di vecchi edifici, accertarsi che in precedenti interventi non sia stata effettuata l'apertura di vani, ai diversi piani, in modo non coordinato. Infatti, se la localizzazione dei vani non rispetta l'allineamento su una verticale, si verranno a determinare concentrazioni eccessive di sforzi sulle restanti parti della muratura, con grave pericolo per la stabilità dell'intero edificio.

Formazione di aperture

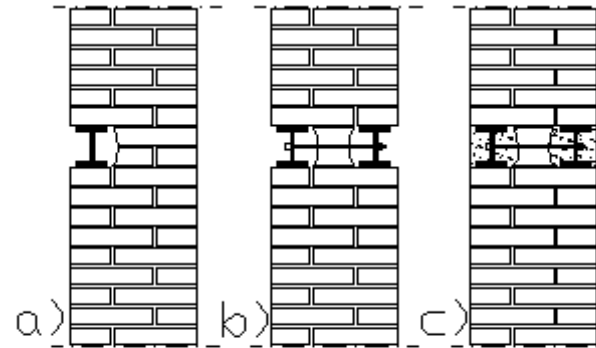
L'apertura di vani più o meno grandi nelle pareti portanti va eseguita dopo adeguati controlli all'assetto strutturale dell'intero edificio, visto che la riduzione della sezione resistente del muro oggetto dell'intervento determinerà un aumento delle tensioni sulle parti restanti, nonché una redistribuzione delle sollecitazioni anche sulle opere di fondazione.

Tali cautele dovranno essere ancora maggiori nel caso di murature realizzate con materiali di ridotta resistenza o particolarmente degradate.

La tecnica esecutiva più comune prevede l'esecuzione dello strappo della muratura dopo aver provveduto alla realizzazione di una architrave con due putrelle di acciaio, possibilmente collegate fra loro.

Dopo aver opportunamente puntellato la parete, si esegue una scanalatura orizzontale al di sopra del vano da aprire e si posa il primo profilato, curando particolarmente il contatto con la muratura nelle zone di appoggio.

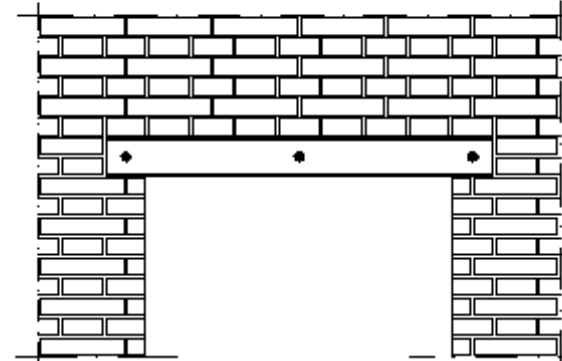
Alla stessa maniera si esegue la posa del profilato sul lato opposto, eseguendo, ove



possibile, il collegamento fra i due profilati con bullone di adeguata lunghezza. Si annegano infine le putrelle in malta di cemento.

L'apertura del vano verrà eseguita dopo alcuni giorni per consentire alla malta il raggiungimento di una resistenza adeguata.

Lo strappo della muratura sottostante va eseguita dall'alto verso il basso.



Pilastrì

Consolidamento di pilastrì in muratura

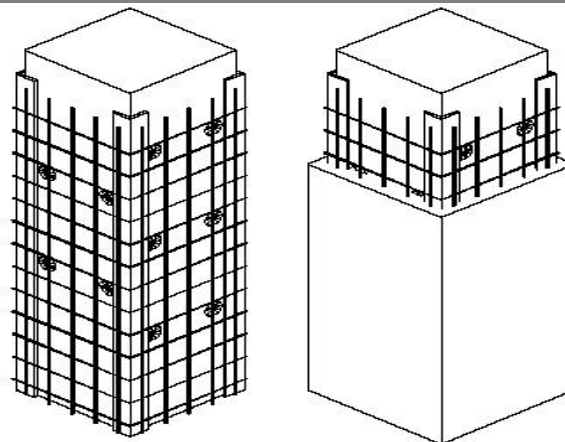
Nella maggior parte dei casi, la perdita di resistenza dei pilastrì o di elementi in muratura di sezione ridotta è determinata dalla disgregazione della malta dei giunti o dalle eccessive sollecitazioni.

Consolidamento con placcaggio

Una delle tecniche più comuni prevede la reintegrazione del legante e l'aumento della sezione resistente.

Viene rimosso l'intonaco e, procedendo dal basso verso l'alto, si eseguono dei fori passanti in cui vengono inserite delle barre di acciaio ad aderenza migliorata, inglobate successivamente in boiaccia di cemento colata entro i fori stessi.

Si dispongono quindi dei profilati angolari agli spigoli della sezione e viene eseguita la posa di rete metallica elettrosaldata, annegata poi in uno strato di circa 5 cm di spritz-beton.



Cerchiatura

Consiste nel disporre attorno alla colonna in fase di schiacciamento dei piatti di acciaio che esercitino una compressione sulla colonna stessa, limitando la deformazione trasversale e migliorandone quindi la portanza. E' inoltre opportuno prevedere dei longheroni verticali fra la colonna e la cerchiatura. Le variazioni di temperatura possono tuttavia influenzare negativamente la sua efficacia (dilatazione o contrazione della cerchiatura) vanificando l'intervento.

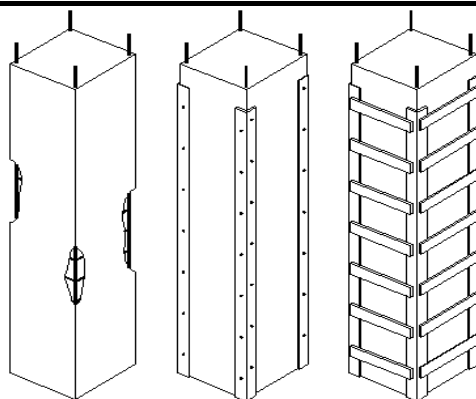
Consolidamento di pilastrì in c.a.

Consiste principalmente in due tipi di intervento: il consolidamento della sezione resistente e il ripristino superficiale. Il primo è necessario quando sono presenti sollecitazioni maggiori di quelle previste inizialmente o quando si è verificato un eccessivo degrado del calcestruzzo. Il secondo viene eseguito nel caso si sia verificato il distacco del copriferro a causa dell'ossidazione dell'armatura metallica.

Senza aumento della sezione resistente

Vengono applicati dei profilati angolari agli spigoli del pilastrino, mediante tassellatura o applicazione di adesivi speciali.

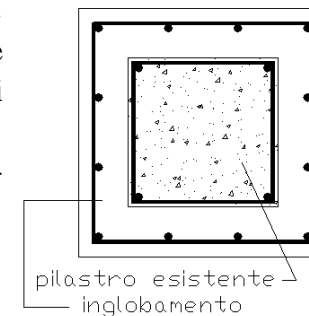
Nel caso il pilastrino sia particolarmente caricato è consigliabile collegare i profilati fra loro mediante la saldatura di piastre perimetrali (calastrelli)



Con aumento della sezione resistente

Fra gli interventi di più comune impiego sono:

- **l'incamiciatura del pilastrino** con profilati a L fissati agli spigoli con tasselli o adesivi a cui segue la posa di staffe in acciaio saldate ai profili angolari e la spruzzatura di malta a secco fino a ottenere lo spessore previsto;
- **la cerchiatura del pilastrino** mediante la realizzazione di una sezione in c.a. inglobante il pilastrino esistente; si procede con l'asportazione del copriferro e l'inserimento di barre di acciaio ad aderenza migliorata in fori trasversali; quindi si dispone una armatura di ferri longitudinali e staffe che verrà annegata nel successivo getto di calcestruzzo; nel caso di pilastrini circolari la staffatura sarà realizzata con la disposizione di armatura a spirale.



Archi e volte

Recupero di archi e volte

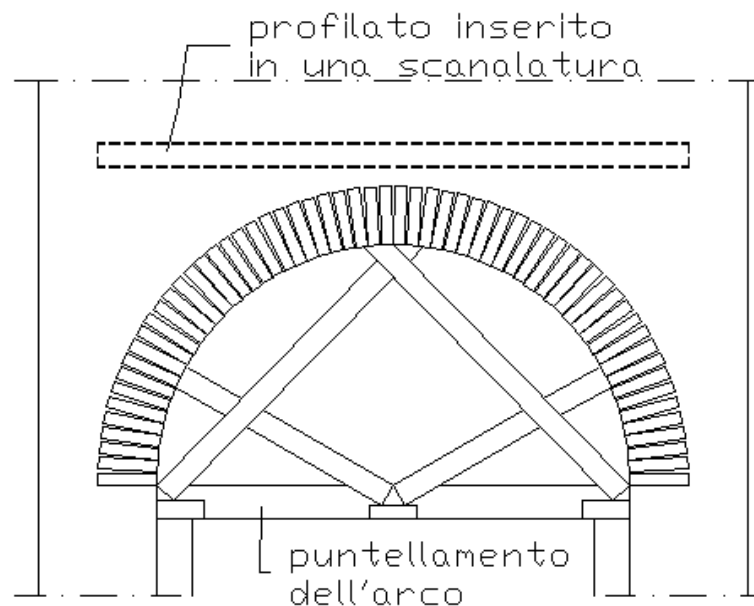
Le cause che provocano il dissesto negli archi e nelle volte sono:

- **cedimento dei piedritti (archi) o delle murature di sostegno (volte)**, legato alla scarsa capacità di assorbire la spinta orizzontale;
- **cedimento spontaneo**, determinato da un andamento anomalo della curva delle pressioni e quindi dal manifestarsi di tensioni normali di trazione nel materiale.

I motivi sono da ricercarsi non solo nella scarsa resistenza dei materiali e nel possibile degrado di questi, ma anche nei difetti di esecuzione originari e nella mutata dislocazione dei carichi (rinfianchi o elementi orizzontali gravanti) o nella loro asimmetria.

Le modalità di intervento richiedono sempre valutazioni e verifiche di calcolo approfondite.

Consolidamento di archi mediante inserimento di architrave



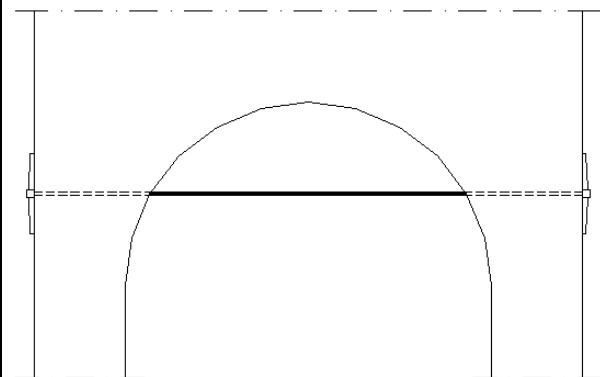
Al fine di riportare i carichi gravanti sull'arco direttamente sui piedritti, riducendo così la componente orizzontale della spinta, può adottarsi questo metodo, che presenta il vantaggio di non avere elementi che rimangono in vista.

Dopo aver puntellato la struttura, cautelandosi in tal modo anche dalla controspinta, si esegue la scanalatura entro cui sistemare un profilato in acciaio, che verrà quindi annegato in malta cementizia. Analogamente si procede sulla parete opposta; è preferibile che i due profilati vengano uniti fra loro mediante bullonatura.

Consolidamento di archi con tiranti

Questo intervento è utile quando la spinta dell'arco tende a spostare i piedritti verso l'esterno, facendoli ruotare rispetto alla base.

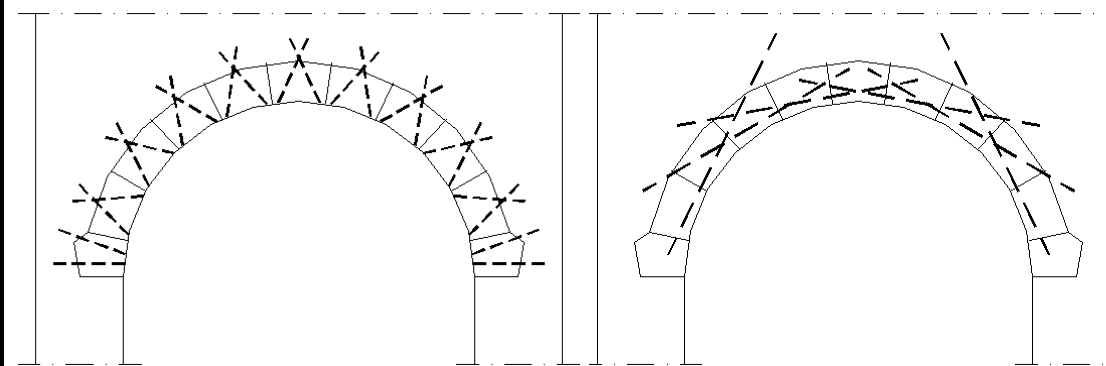
Dopo la foratura dell'arco all'altezza delle reni viene inserito un tirante di acciaio, bloccato all'esterno dei piedritti da piastre di contrasto.



Consolidamento di archi con perforazioni armate.

E' una soluzione che consente di non alterare l'aspetto esteriore dell'arco. A seconda della opportunità si potrà scegliere di intervenire con perforazioni radiali, se è possibile operare dall'intradosso dell'arco stesso, ovvero con perforazioni tangenziali, se si deve intervenire dall'estradosso.

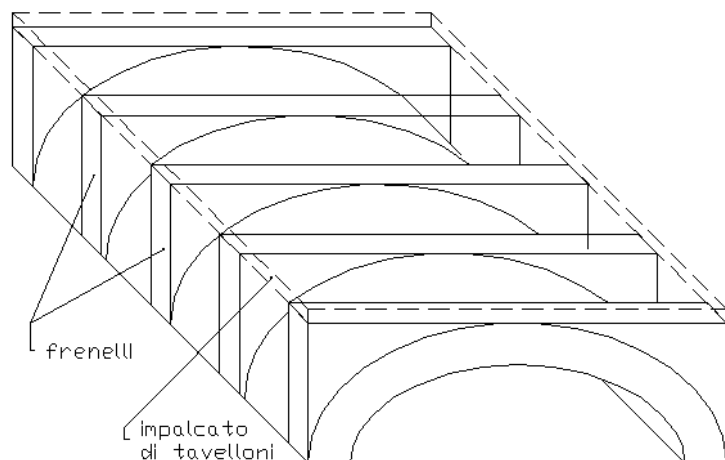
In entrambe i casi vengono sistemate nei fori delle barre di acciaio ad aderenza migliorata che vengono poi sigillate con resine o malte speciali.



Archi e volte

Consolidamento di volte con sostituzione dei rinfianchi

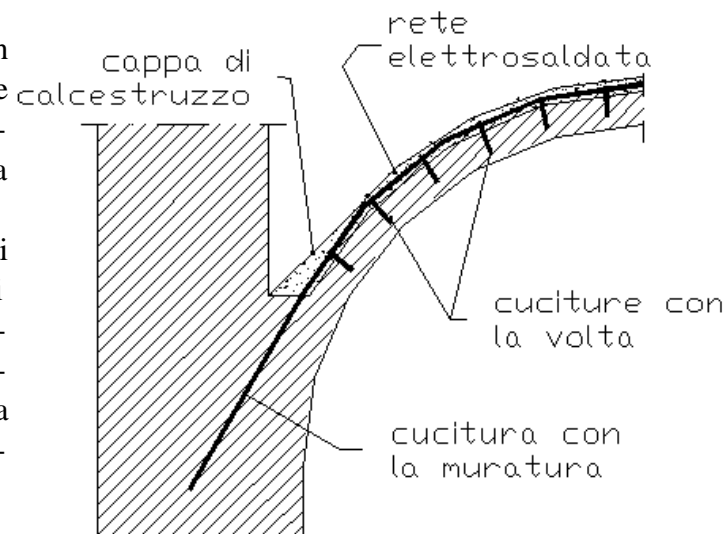
In taluni casi l'eccessivo peso dei rinfianchi della volta può pregiudicarne la stabilità. Si adotta allora la sostituzione dei rinfianchi esistenti con rinfianchi cellulari, realizzati con muretti di mattoni (frenelli) disposti ad interasse di 60÷120 cm, saldamente ammorsati al profilo della volta stessa in modo da funzionare anche da costole di irrigidimento. Sui frenelli può quindi realizzarsi un impalcato di tavelloni su cui poggiare la soprastante pavimentazione.



Consolidamento di volte con iniezioni cementizie e cappa armata all'estradosso

La volta viene consolidata con iniezioni cementizie a pressione atmosferica tramite colatura attraverso gli interstizi e i giunti tra gli elementi.

Si applica quindi una cappa di calcestruzzo di almeno 4 cm di spessore armata con rete elettrosaldata. E' buona norma effettuare le cuciture della volta con la muratura in corrispondenza dell'imposta.



Demolizione delle volte

Quando è impossibile effettuare un intervento di recupero della volta e si rende necessaria la demolizione, è essenziale che questa venga operata nel rispetto di accorgimenti utili a preservare l'assetto statico della struttura restante.

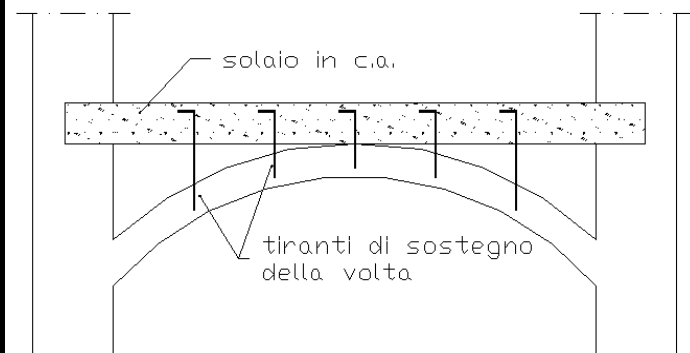
La demolizione deve avvenire con una precisa sequenza di operazioni:

- applicazione di puntelli per neutralizzare la spinta di volte adiacenti;
- costruzione del ponteggio di lavoro;
- costruzione del sottopalco di sicurezza;
- rimozione di pavimento e rinfianchi;
- rimozione degli elementi della volta procedendo in ordine inverso alla costruzione.



Ancoraggio a un solaio in c.a.

Viene realizzato un solaio con cassaforma a perdere ancorando ad esso



la volta con tiranti verticali opportunamente distribuiti. Il solaio inoltre serve da concatenamento delle pareti

Travi e solai

Consolidamento dei solai in legno

I tipi di degrado cui vanno soggetti i solai in legno sono:

- deterioramento degli elementi costituenti causati da insetti;
- deformazioni eccessive determinate dalla riduzione della sezione resistente o dall'aumento dei carichi di esercizio;
- deterioramento delle travi nelle sezioni di appoggio su murature esposte agli agenti atmosferici.

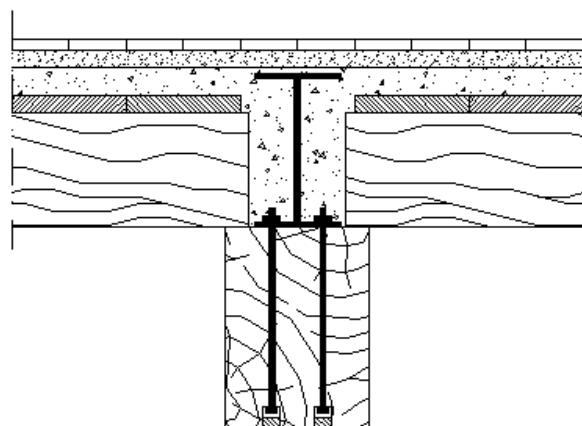
Le modalità di intervento vanno dalla sostituzione degli elementi, al consolidamento, al ripristino delle parti degradate.

Se i solai sono di particolare pregio artistico-architettonico e si sceglie di conservarli malgrado la loro inadeguatezza funzionale, si può realizzare un nuovo solaio a quota leggermente superiore di quella esistente.

Consolidamento estradossale

Questo intervento viene condotto esclusivamente all'estradosso del solaio, disponendo dei profilati metallici collegati alle travi in legno esistenti con varie tecniche, dopo aver rimosso il pavimento esistente.

Le travi metalliche vanno inserite in appositi fori praticati nella muratura avendo cura di ripartire al meglio i carichi nella zona di appoggio.



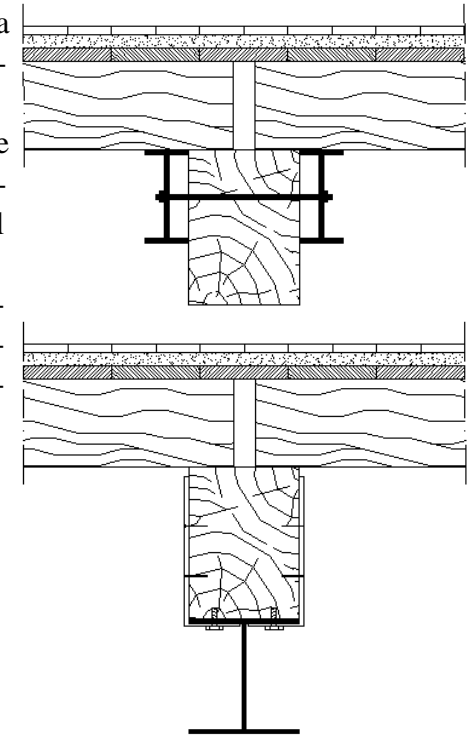
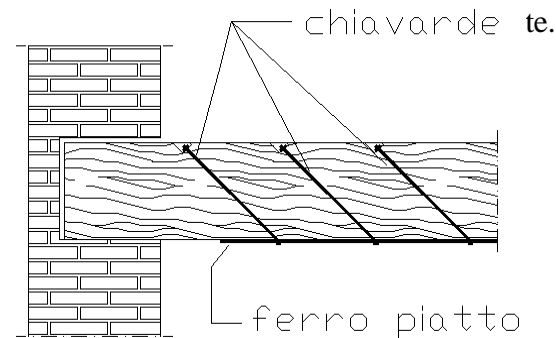
Il profilato viene quindi annegato in un getto di calcestruzzo realizzando così un nuovo solaio con sezione resistente in c.a.

a.

Consolidamento intradossale

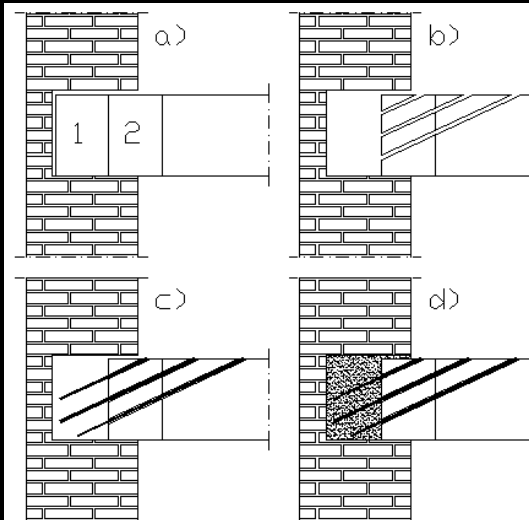
E' un intervento da adottare quando prevale l'esigenza statica sull'aspetto estetico o quando è previsto un controsoffitto. E' possibile impiegare due modalità:

- con profilati di acciaio a doppio T disposti a fianco delle travi in legno ed opportunamente collegati fra loro, ovvero con una singola putrella posta a contrasto con il lembo inferiore della trave in legno da sostenere;
- con un profilo piatto posto longitudinalmente all'intradosso della trave da sostenere; gli sforzi di trazione vengono riportati su profilo da chiavarde a 45° ben serrate.



Recupero delle parti degradate delle travi

Una possibile soluzione per il ripristino di parti degradate (zona 1 fig.a) consiste nella loro asportazione grazie all'esecuzione di furi (fig.b) attraverso la parte non del tutto deteriorata (zona 2), e nell'inserimento in essi di barre di acciaio ad aderenza migliorata (fig.c) con successiva iniezione di resine epossidiche che inglobino le barre e riempiano il vuoto lasciato dalle parti asportate (fig.d).



Travi e solai

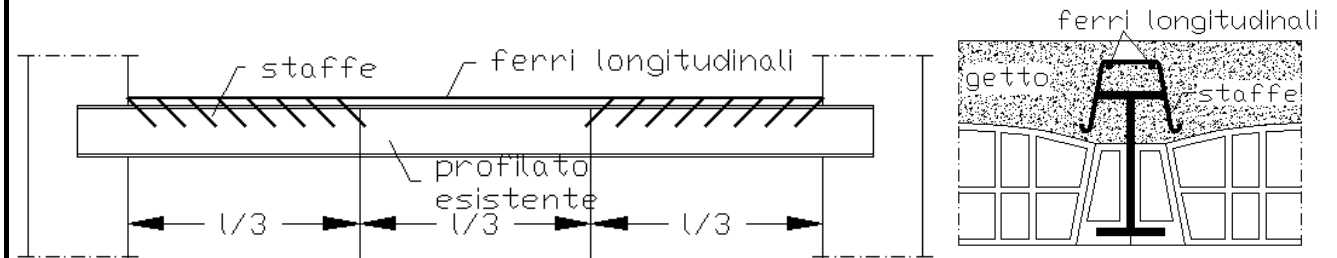
Recupero dei solai in acciaio e laterizi

I solai realizzati con putrelle di acciaio e tavelloni o voltine in laterizio possono necessitare di consolidamento per insufficiente sezione dei profili o per adeguarli a carichi di maggiore entità. E' anche frequente il caso di perdita di efficienza del profilato per effetto di ruggine profonda.

Sintomi riscontrabili sono le deformazioni eccessive e un irregolare comportamento elastico, o anche il semplice distacco dell'intonaco e fessurazioni all'intradosso, in corrispondenza dei profilati.

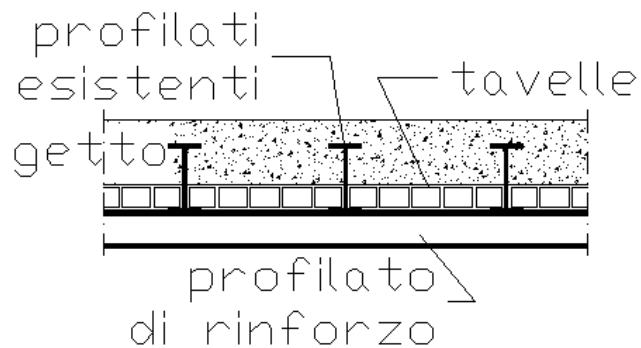
Consolidamento estradossale di solai in acciaio e laterizi

Una possibile tecnica prevede il getto di una soletta in c.a. che ingloba la parte superiore dei profilati, dopo che sono stati rimossi la pavimentazione e il riempimento esistenti. L'armatura del getto è realizzata con ferri longitudinali e staffe, inclinate a 45° e saldate agli spigoli superiori dell'ala del profilato nei terzi esterni. Prima del getto i profilati vanno ben puntellati e puliti nella parte scoperta e i laterizi bagnati abbondantemente.



Consolidamento intradossale dei solai in acciaio e laterizi

Si esegue disponendo dei profilati di acciaio trasversalmente a quelli esistenti. Nel caso di grandi luci si potrà eseguire una doppia orditura, prevedendo delle travi principali nella stessa direzione di quelle esistenti e l'orditura secondaria ortogonalmente ad essa. Unico inconveniente è la riduzione di altezza dell'ambiente sottostante al solaio da consolidare.



Recupero dei solai in c.a.

In genere i solai in c.a. hanno un degrado limitato, a condizione che siano stati realizzati in conformità alle norme tecniche e nel rispetto della regola d'arte. Tuttavia, se le condizioni ambientali sono particolarmente sfavorevoli o se le condizioni di servizio sono mutate nel tempo, possono riscontrarsi segni di degrado che si manifestano con il distacco del copriferro e la fessurazione delle pignatte in corrispondenza ai travetti e con frecce di inflessione eccessive.

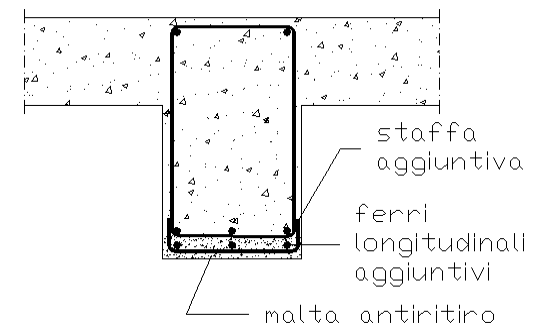
I sistemi di intervento si differenziano a seconda che si debba operare per il rafforzamento delle travi o sui solai stessi, anche se lo scopo è comunque quello di aumentare la capacità di assorbire tensioni di trazione dove queste si manifestano, ovvero all'intradosso in mezzera e all'estradosso agli appoggi.

E' sempre raccomandabile sigillare le eventuali lesioni con malta di cemento o con resine epossidiche al fine di prevenire l'ossidazione delle armature metalliche che vengono a contatto con l'aria.

Rinforzo di travi in cemento armato

Fra le svariate tecniche le più comuni sono quelle che tendono ad aumentare l'area di armatura sottoposta a trazione.

Nel caso in figura l'armatura viene inserita dopo aver rimosso il copriferro; le staffe ven-

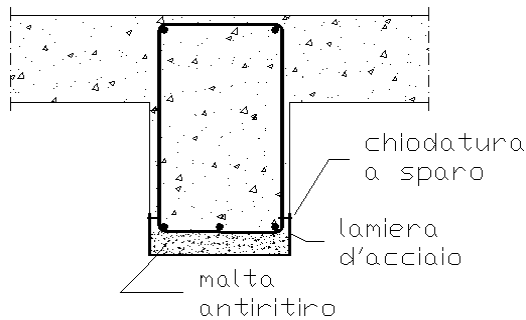


gono saldate a quelle preesistenti; il copriferro viene ricostituito mediante conglomerato additivato con prodotti antiritiro.

Travi e solai

Rinforzo di travi in c.a.

L'intervento si basa sul rivestimento dell'intradosso della trave con un profilo di lamiera di spessore adeguato, reso solidale con il calcestruzzo mediante chiodatura; il vuoto viene quindi riempito con malta antiritiro o con iniezioni di boiaccia di cemento.

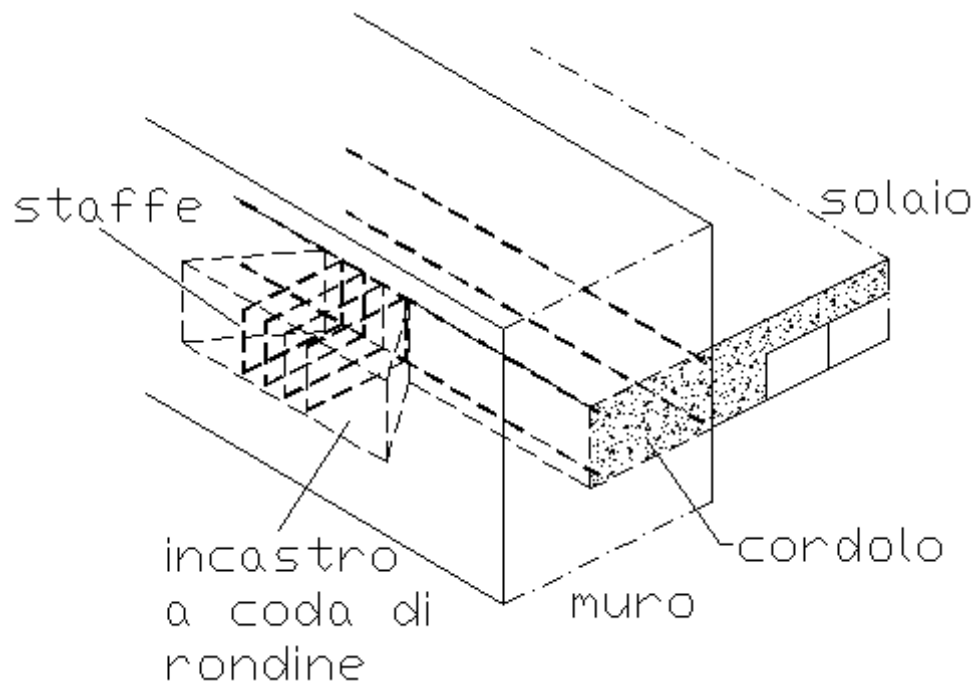


Rinforzo di travetti di solai in latero-cemento

Il rinforzo viene effettuato con metodi analoghi a quelli delle travi, fissando all'intradosso lamiere di acciaio rese solidali con il calcestruzzo. In casi di particolare degrado vengono disposte lamiere ad U, che incamiciano la parte inferiore del travetto, previa rottura delle pignatte di laterizio per mettere a nudo la sezione resistente da rinforzare.



Quando l'aumento della sezione resistente riguarda le zone in calcestruzzo, soggette a compressione, viene eseguita la scalpellatura dell'estradosso, riportando successivamente uno strato di caldanea di adeguato spessore, additivato con prodotti antiritiro, per realizzare un buon ammorsamento con il conglomerato esistente.



Consolidamento dell'appoggio dei cordoli sulle murature

La scarsa affidabilità dell'appoggio di un solaio in latero-cemento sulle pareti perimetrali comporta anche l'insufficiente concatenamento tra le pareti stesse e quindi un ridotto effetto di controventamento.

L'intervento sul cordolo può realizzarsi con la costituzione di incastri a coda di rondine, disposti a intervalli determinati e formati da elementi prismatici a base trapezia in c.a., con staffe saldate direttamente alle armature del cordolo esistente.

Recupero dei tetti a falde

Il degrado dei tetti può essere causato dalle sollecitazioni trasmesse da vento o neve, dal gelo e dall'ambiente aggressivo.

Il consolidamento della grossa orditura (travi di colmo, capiate) avviene attraverso:

- l'uso di profili di acciaio come per le travi di solai in legno;
- l'inserimento di saettoni di irrigidimento delle travi
- l'inserimento di tiranti allo scopo di eliminare le spinte sulle pareti perimetrali o in aiuto di catene esistenti.

Per altri tipi di intervento può farsi riferimento alle tecniche già esaminate per il consolidamento dei solai.