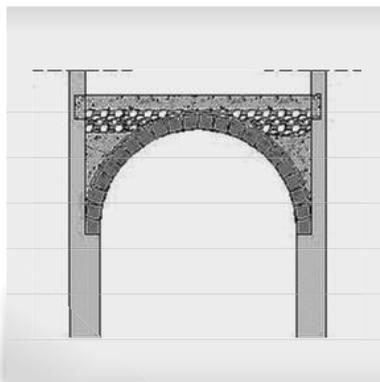


Vittoriano Gebbia

RISTRUTTURAZIONE E RESTAURO DEGLI EDIFICI

**MANUALE TECNICO
PER IL RECUPERO ARCHITETTONICO**



SOFTWARE INCLUSO

TEORIA, MATERIALI, VOCI DI CAPITOLATO,
ESEMPI DI CALCOLO, NORMATIVA DI RIFERIMENTO



GRAFILL

Vittoriano Gebbia

RISTRUTTURAZIONE E RESTAURO DEGLI EDIFICI

ISBN 13 978-88-8207-479-1

EAN 9 788882 074791

Manuali, 124

Prima edizione, marzo 2013

Gebbia, Vittoriano <1962->

Ristrutturazione e restauro degli edifici / Vittoriano Gebbia. – Palermo : Grafill, 2013.

(Manuali ; 124)

ISBN 978-88-8207-479-1

1. Edifici – Restauro.

720.288 CDD-22

SBN Pal0245009

CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

© **GRAFILL S.r.l.**

Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo

Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313

Internet <http://www.grafill.it> – E-Mail grafill@grafill.it

Finito di stampare nel mese di marzo 2013

presso **Officine Tipografiche Aiello & Provenzano S.r.l.** Via del Cavaliere, 93 – 90011 Bagheria (PA)

Tutti i diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica e di riproduzione sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Editore. Ogni riproduzione non autorizzata sarà perseguita a norma di legge.

Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

INDICE

INTRODUZIONE	p.	9
1. LA TEORIA	"	11
1.1. Consolidamento delle fondazioni	"	11
1.2. Strutture verticali in elevazione	"	15
1.2.1. Strutture portanti verticali in legno	"	15
1.2.2. Strutture portanti verticali in muratura.....	"	16
1.2.3. Strutture portanti verticali in calcestruzzo armato	"	23
1.2.4. Strutture portanti verticali in acciaio.....	"	24
1.2.5. Consolidamento e rinforzo strutturale con tessuto in fibra di carbonio	"	25
1.3. Recupero dei solai e delle strutture orizzontali in legno.....	"	25
1.4. Marcescenza della travatura lignea	"	26
1.4.1. Deterioramento lungo la luce della trave	"	26
1.4.2. Deterioramento delle testate della trave	"	27
1.5. Ipodimensionamento della travatura lignea	"	28
1.5.1. Consolidamento e rinforzo strutturale con tessuto in fibra di carbonio	"	32
1.5.2. Consolidamento con soletta collaborante.....	"	32
1.6. Il recupero dei solai e delle strutture orizzontali in ferro e laterizio	"	33
1.6.1. Consolidamento e rinforzo strutturale con tessuto in fibra di carbonio	"	37
1.7. Il recupero dei solai, delle strutture orizzontali in latero-cemento e della travatura in c.a.....	"	38
1.7.1. Consolidamento e rinforzo strutturale con tessuto in fibra di carbonio	"	39
1.7.2. Consolidamento con soletta collaborante.....	"	40
1.8. Il recupero delle volte	"	41
1.9. Il recupero delle coperture	"	42
1.9.1. Coperture inclinate con tegole	"	43
1.9.2. Coperture piane	"	43
1.9.3. Cenni su altri tipi di copertura	"	44
1.10. Impermeabilizzazione degli spazi esterni e dei parcheggi sopraelevati.....	"	44

1.11.	Interventi finalizzati all'eliminazione dell'umidità dalle strutture verticali in elevazione	p.	46
1.12.	Bonifica delle coperture in amianto-cemento	"	50
1.13.	Recupero degli intonaci	"	51
2.	I MATERIALI	"	53
2.1.	Additivi	"	53
2.2.	Protezione e risanamento dei manufatti in calcestruzzo	"	54
2.3.	Sigillanti e impermeabilizzanti	"	56
2.4.	Prodotti epossidici	"	59
2.5.	Vernici e pitture decorative e protettive	"	59
2.6.	Malte e calcestruzzi	"	62
2.7.	Intonaci	"	63
3.	VOCI DI CAPITOLATO	"	65
3.1.	Fondazioni	"	65
	<i>Consolidamento delle fondazioni con la costruzione, sotto la fondazione esistente, di una muratura in mattoni pieni</i>	"	65
	<i>Consolidamento delle fondazioni con la costruzione, sotto la fondazione esistente, di cordolo di calcestruzzo e di una muratura in mattoni pieni</i>	"	66
	<i>Consolidamento delle fondazione eseguito con cordoli o travi in cemento armato</i>	"	66
	<i>Consolidamento delle fondazioni con l'esecuzione di palificazione in calcestruzzo armato</i>	"	67
	<i>Micropalo per fondazione verticale o inclinato</i>	"	68
	<i>Esecuzione di iniezioni consolidanti di resina</i>	"	68
3.2.	Strutture verticali	"	69
	<i>Trattamento superficiale delle strutture in legno dagli agenti atmosferici</i>	"	69
	<i>Trattamento superficiale delle strutture in legno contro i parassiti</i>	"	69
	<i>Ripristino di muratura con il riempimento e sigillatura dei giunti</i>	"	69
	<i>Consolidamento delle murature mediante iniezioni di malte fluide di calce idraulica</i>	"	69
	<i>Consolidamento delle murature mediante iniezioni di malte fluide a base cementizia</i>	"	70
	<i>Ricostruzione di parti non eccessivamente estese di muratura con malta composta da calce idraulica ed inerti macinati</i>	"	71
	<i>Consolidamento profondo delle murature mediante iniezioni ad alta pressione con malta cementizia iniettabile</i>	"	71
	<i>Consolidamento profondo delle murature mediante iniezioni armate ad alta pressione con malta cementizia iniettabile</i>	"	73

	<i>Recupero delle murature degradate mediante l'applicazione di rete elettrosaldata</i>	p.	74
	<i>Cordoli ancorati per tre facce nelle murature esistenti</i>	"	75
	<i>Consolidamento della muratura portante con tiranti</i>	"	75
	<i>Ingabbiamento di pilastro in muratura</i>	"	76
	<i>Ingabbiamento di pilastro in muratura con profilati a C.....</i>	"	77
	<i>Recupero e consolidamento di pilastro in muratura mediante rete elettrosaldata</i>	"	77
	<i>Risanamento di pilastro in cemento armato</i>	"	78
	<i>Consolidamento e rinforzo con tessuto in fibra di carbonio.....</i>	"	79
3.3.	<i>Solai in legno</i>	"	79
	<i>Recupero trave in legno con profilati metallici contrapposti</i>	"	79
	<i>Recupero delle testate d'appoggio di trave in legno con resine epossidiche mescolate a granulato di quarzo.....</i>	"	79
	<i>Recupero delle testate d'appoggio di travi in legno con profilati metallici a L.....</i>	"	80
	<i>Recupero di singola testata d'appoggio di trave in legno con profilato sagomato</i>	"	80
	<i>Recupero di trave in legno con la collocazione, sul suo estradosso, di un profilato metallico a doppio T.....</i>	"	81
	<i>Recupero di trave in legno con la collocazione, sul suo intradosso, di un profilato metallico a doppio T.....</i>	"	82
	<i>Recupero e rinforzo di trave in legno con profilati metallici sull'estradosso e nell'intradosso</i>	"	84
	<i>Irrigidimento di solaio ad armatura lignea con griglia d'acciaio elettrosaldata.....</i>	"	84
	<i>Rinforzo ed irrigidimento della travatura lignea di solaio con profilati metallici a doppio T collocati perpendicolarmente ed inferiormente alle travi portanti del solaio</i>	"	85
	<i>Consolidamento e rinforzo con tessuto fibra di carbonio.....</i>	"	85
	<i>Rinforzo ed incremento della portanza di solaio in legno con soletta in calcestruzzo armato collaborante.....</i>	"	85
3.4.	<i>Strutture orizzontali in ferro e laterizio</i>	"	86
	<i>Recupero di trave metallica con la collocazione, sul suo estradosso, di un profilato metallico a doppio T.....</i>	"	86
	<i>Recupero di trave in legno con la collocazione, sul suo intradosso, di un profilato metallico a doppio T.....</i>	"	87
	<i>Irrigidimento di solaio ad armatura metallica con griglia d'acciaio elettrosaldata</i>	"	88
	<i>Rinforzo ed irrigidimento della travatura metallica di solaio con profilati metallici a doppio T collocati perpendicolarmente ed inferiormente alle travi portanti del solaio</i>	"	88

	<i>Fissaggio e bloccaggio di trave metallica tendente allo scorrimento orizzontalmente</i>	p.	88
	<i>Consolidamento e rinforzo con tessuto in fibra di carbonio</i>	"	89
3.5.	<i>Solaio in latero-cemento e strutture orizzontali in c.a.</i>	"	89
	<i>Recupero di solaio latero-cementizio</i>	"	89
	<i>Consolidamento e rinforzo con tessuto in fibra di carbonio</i>	"	90
	<i>Recupero di trave in calcestruzzo armato</i>	"	90
	<i>Rinforzo ed incremento della portanza di solaio latero-cementizio con soletta in calcestruzzo armato collaborante</i>	"	90
3.6.	<i>Volte</i>	"	91
	<i>Recupero della volta con caldana in calcestruzzo armato con rete elettrosaldata</i>	"	91
	<i>Consolidamento di volta con travatura orizzontale in calcestruzzo armato</i>	"	92
	<i>Consolidamento di volta con travatura in acciaio a doppio T</i>	"	92
3.7.	<i>Coperture</i>	"	93
	<i>Impermeabilizzazione delle coperture con impasto resino-cementizio</i>	"	93
3.8.	<i>Impermeabilizzazione degli spazi esterni e dei parcheggi sopraelevati</i>	"	93
	<i>Impermeabilizzazione con guaina bituminosa ad alte prestazioni meccaniche</i>	"	93
	<i>Impermeabilizzazione delle coperture con impasto resino-cementizio</i>	"	94
3.9.	<i>Eliminazione dell'umidità dalle strutture verticali in elevazione</i>	"	95
	<i>Intervento di risanamento dall'umidità di risalita con taglio della muratura, rifacimento vespaio ed impermeabilizzazione di sottopavimentazione</i>	"	95
	<i>Intervento di risanamento dall'umidità di risalita con taglio della muratura e costituzione di solaio al di sopra della pavimentazione esistente</i>	"	96
	<i>Intervento di risanamento dall'umidità di risalita con taglio della muratura, costituzione di solaio al di sopra della pavimentazione esistente e controparete interna</i>	"	96
	<i>Intervento di risanamento dall'umidità di risalita con iniezioni ad alta pressione di impregnante antiumido</i>	"	97
	<i>Intervento di risanamento dall'umidità di risalita con iniezioni a bassa pressione di impregnante antiumido</i>	"	98
	<i>Eliminazione di umidità dalle murature interrato con l'esecuzione di scannafosso</i>	"	99
	<i>Eliminazione di umidità dalle murature interrato con malta cementizia a ritiro controllato</i>	"	100
3.10.	<i>Bonifica delle coperture in amianto-cemento</i>	"	100
	<i>Incapsulamento</i>	"	100

4. ESEMPI DI CALCOLO	p.	101
4.1. Esempio di calcolo di consolidamento fondale con travi affiancate alla fondazione esistente	"	103
4.1.1. Esempio 1 – Ing. Gaetano Pupella – Ing. Salvatore Priolo	"	103
4.1.2. Esempio 2 – Ing. Massimo Basile.....	"	105
4.2. Esempio di calcolo di consolidamento delle fondazioni con l'esecuzione di palificazione in calcestruzzo armato.....	"	109
4.2.1. Calcolo di Q_s	"	111
4.2.2. Calcolo di Q_b	"	113
4.2.3. Calcolo di R_{cal}	"	113
4.3. Esempio di calcolo di consolidamento delle fondazioni con l'esecuzione di micropali	"	117
4.4. Esempio di calcolo dell'intervento con inserimento di tiranti per evitare meccanismi di ribaltamento di pareti	"	124
4.4.1. Esempio 1 – Ing. Gaetano Pupella – Ing. Salvatore Priolo	"	124
4.4.1. Esempio 2 – Ing. Massimo Basile.....	"	126
4.5. Esempio di calcolo di verifica di solaio misto legno-calcestruzzo consolidato con soletta collaborante in calcestruzzo	"	133
4.6. Esempio di calcolo di verifica di solaio in legno irrigidito con trave collocata perpendicolarmente ed inferiormente alle travi portanti del solaio	"	137
4.7. Esempio di calcolo di verifica di solaio in acciaio e tavelle irrigidito con trave a doppio T collocati perpendicolarmente ed inferiormente alle travi portanti del solaio	"	140
4.8. Esempio di calcolo per recupero di una volta in muratura mediante il solo "appesantimento" del rinfianco.....	"	143
 5. LE NORME LEGISLATIVE	"	147
Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380 <i>Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia</i>	"	149
 6. GUIDA AL SOFTWARE ALLEGATO	"	199
6.1. Introduzione	"	199
6.2. Requisiti minimi hardware e software	"	200
6.3. Download del software e richiesta della password di attivazione.....	"	200
6.4. Procedura per l'installazione e l'attivazione del software.....	"	200

INTRODUZIONE

Ai nostri giorni l'attività professionale dei progettisti e dei tecnici dell'edilizia è indirizzata, quasi esclusivamente, verso il recupero del costruito. Oggi si costruisce pochissimo e si tende, sempre di più, a recuperare gli immobili esistenti riportandoli, quando possibile, agli splendori originari. Si tende, inoltre, ad adattare vecchi edifici alle esigenze abitative odierne che, in linea di massima, risultano differenti, anche in modo rilevante, dalle abitudini di vita dei nostri predecessori.

In linea di massima il recupero di edifici risalenti a trenta, trentacinque anni or sono, non impegna in maniera determinante il professionista. Questi edifici, infatti, solitamente sono stati costruiti con metodologie abbastanza recenti e con materiali facilmente reperibili.

Il boom edilizio degli anni sessanta ha fatto sì che si espandesse a macchia d'olio un tipo di edificazione veloce e poco costosa. È stato quello il periodo in cui le strutture portanti intelaiate in c.a. sono diventate la metodologia predominante delle costruzioni. Le strutture intelaiate offrono, rispetto a quelle in muratura portante, la possibilità di potere raggiungere altezze di gran lunga superiori e di utilizzare muri di tamponamento di sezione ridotta.

Ma quali sono le metodologie da seguire nel momento in cui si deve affrontare il recupero di fabbricati costruiti con vecchi sistemi?

Si devono obbligatoriamente utilizzare vecchi metodi costruttivi o possono essere sfruttate nuove tecnologie e nuovi materiali, alcuni dei quali pensati e prodotti proprio per il recupero storico?

È chiaro ed evidente che una risposta esauriente è quasi impossibile. La scelta delle metodologie di intervento dipende, in gran parte, dalla sensibilità del progettista e dal tipo di manufatto da recuperare.

Diciamo che, giusto per dare delle indicazioni di massima, le metodologie attuali, finalizzate al recupero di edifici datati, sono sicuramente veloci ed economiche. Se si volesse trovare una regola che stabilisca che tipo di intervento bisogna seguire per il recupero di edifici di epoca preindustriale, si potrebbe dire che è conveniente utilizzare nuove metodologie nel caso in cui queste non interferiscano con le caratteristiche formali dell'edificio ed utilizzare, invece, vecchi sistemi costruttivi qualora questi influiscano in maniera determinante sull'aspetto formale dell'edificio stesso.

Nelle pagine successive verranno trattati i metodi di recupero dei fabbricati, esaminando separatamente le varie parti costituenti un edificio. Fra le svariate e numerosissime soluzioni, sono state scelte quelle più semplici, pratiche ed economiche dedotte dalle conoscenze teoriche e dalla esperienza di cantiere ultraventennale dell'autore.

LA TEORIA

▼ 1.1. Consolidamento delle fondazioni

Particolare attenzione va dedicata al risanamento ed al consolidamento delle fondazioni degli edifici. Danni e alterazioni delle strutture in superficie sono spesso conseguenza di cedimenti delle fondazioni.

Un ottimo sistema di fondazione garantisce la staticità dell'edificio in elevazione e, quindi, la durata nel tempo. Proprio per l'importanza rilevante che le fondazioni rivestono nell'esecuzione di un manufatto edilizio, difficilmente esse sono state trascurate o sottodimensionate all'atto della costruzione.

Purtroppo nel tempo intervengono fattori esterni che possono modificare le condizioni iniziali, sulle quali si era originariamente basata la costruzione dell'edificio e delle sue fondazioni.

L'innalzamento o l'abbassamento della falda acquifera, l'aumento dei carichi permanenti ed accidentali causati da un modo improprio di abitare l'edificio o da una diversa destinazione d'uso dello stesso, rispetto a quello per cui originariamente era stato costruito, modifiche del terreno di fondazione causate dalla costruzione di edifici limitrofi, scavi stradali di particolare entità, assestamenti naturali del terreno possono essere causa di alterazioni delle condizioni originarie delle fondazioni.

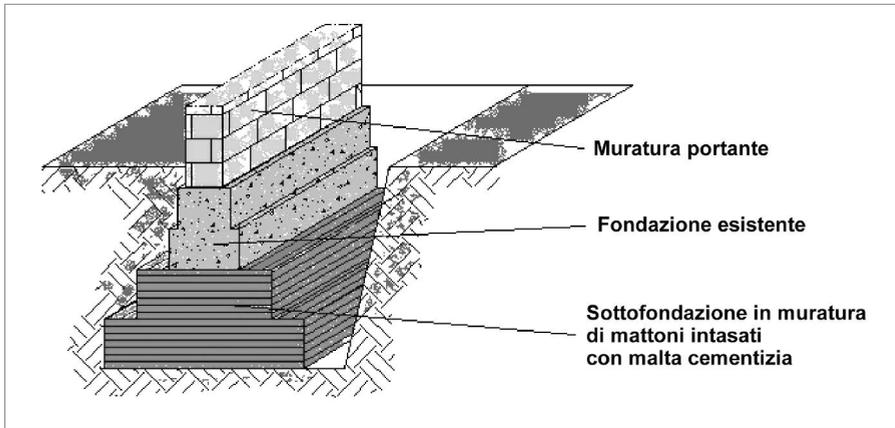
Nelle pagine che seguono si annotano i metodi d'intervento più semplici e meno dispendiosi da realizzarsi nel consolidamento delle fondazioni. Del resto rimane sempre del progettista la scelta, caso per caso, della metodologia da applicare, optando, qualora gli interventi appresso riportati non soddisfacessero la particolare situazione dello stato dei luoghi, per interventi più complessi e appropriati.

Prima di dare inizio ai lavori di consolidamento dovrà essere accertata la consistenza delle strutture di fondazione e la natura del terreno su cui esse gravano. Si dovranno eseguire scavi a ridosso del muro di elevazione fino al piano di posa delle fondazioni in modo da potere attentamente verificare lo stato e le dimensioni delle stesse, nonché accertarsi delle cause dei cedimenti.

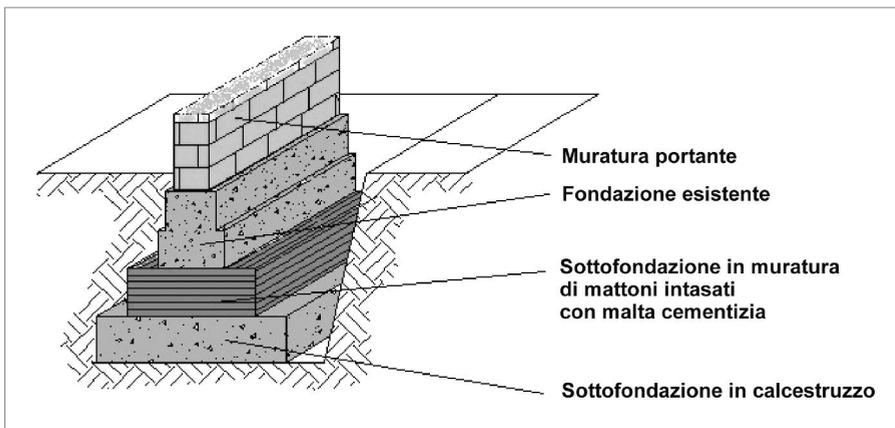
La maggior parte degli interventi di consolidamento delle fondazioni è finalizzata, in linea di massima, ad aumentare in larghezza la base delle fondazioni stesse. È chiaro che gli interventi sulla base delle fondazioni dovranno essere eseguiti a tratti e dopo avere provveduto ai dovuti puntellamenti della struttura soprastante.

Uno dei metodi più usati per il consolidamento delle fondazioni è quello della sottofondazione in muratura di mattoni e malta di cemento. Dopo avere effettuato i puntellamenti della struttura e lo scavo nel terreno, corrispondente al tratto da consolidare, si dovrà procedere alla costruzione, sotto la fondazione esistente di una muratura in mattoni pieni e malta di cemento di larghezza sufficiente a garantire la distribuzione dei carichi su una su-

perficie di terreno maggiore rispetto a quella preesistente. La muratura dovrà avere un andamento piramidale e l'ultima fila di mattoni dovrà essere completata con malta cementizia con l'aggiunta di additivo espansivo.



Lo stesso procedimento potrà essere usato sostituendo parzialmente la muratura di mattoni con un cordolo in calcestruzzo armato e procedendo con le modalità indicate nel paragrafo precedente.

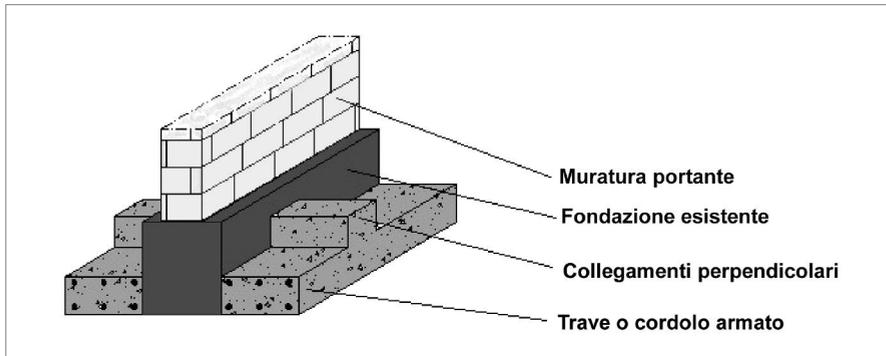


Un procedimento di consolidamento molto efficace ed abbastanza semplice da realizzare è quello eseguito con cordoli o travi in cemento armato.

Dovrà essere effettuato uno scavo da ambedue i lati del tratto di fondazione interessata fino a raggiungere il piano di posa della fondazione. Una volta rimossa la terra di scavo, dovrà essere effettuato un getto di magrone di calcestruzzo e, sistemata l'armatura, si dovrà procedere al getto del calcestruzzo per i cordoli o le travi laterali. I cordoli laterali dovranno essere collegati perpendicolarmente l'uno con l'altro attraverso brecce passanti sul-

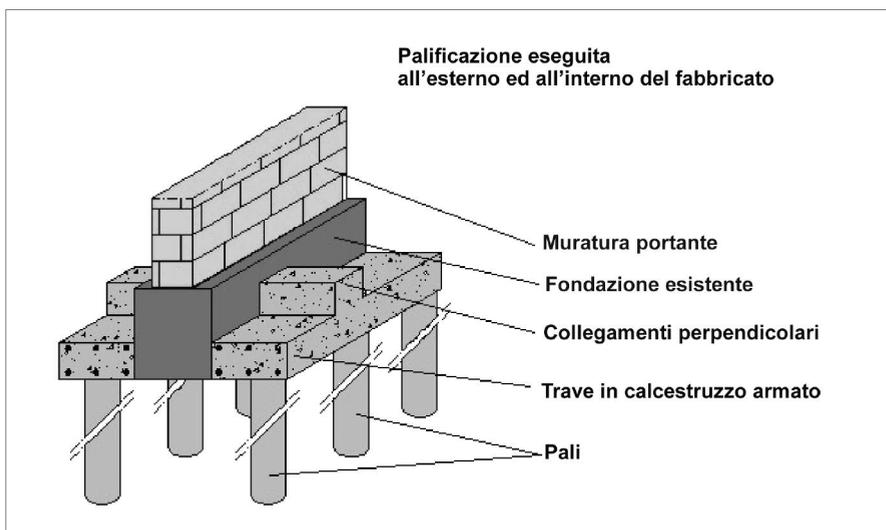
la fondazione esistente che dovranno essere riempite con un getto di calcestruzzo, previa collocazione dei ferri d'armatura.

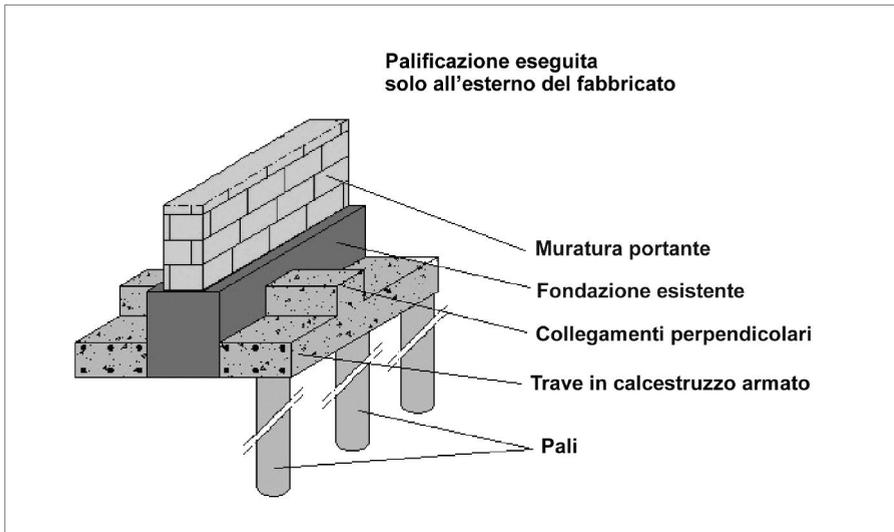
In corrispondenza delle brecce effettuate nella fondazione esistente si dovranno far uscire dai cordoli o dalle travi laterali, prima del loro getto, ferri verticali di concatenamento per i collegamenti perpendicolari.



Se da analisi geologiche del terreno si rilevasse che lo strato resistente ai carichi voluti si trovi al di sotto del piano delle fondazioni, si dovrà procedere come appresso. Gettare, ai due lati della base di fondazione (all'esterno e all'interno della costruzione), due travi in calcestruzzo armato e collegarle ad una palificazione precedentemente eseguita ai lati della fondazione esistente. Le dimensioni delle travi in c.a, la quantità e la collocazione dei ferri, il diametro dei pali, la loro profondità e la disposizione delle loro armature saranno dedotti da un calcolo preciso.

Le due travate laterali alla fondazione esistente dovranno essere collegate perpendicolarmente l'una all'altra attraverso brecce passanti sulla fondazione esistente che dovranno essere riempite con un getto di calcestruzzo, previa collocazione dei ferri d'armatura.





I pali dovranno essere posizionati a contatto con il solo lato esterno della fondazione, se la ridotta altezza dei locali interni non consentirà l'uso delle attrezzature di perforazione. In questo caso dalla parte interna della fondazione dovrà essere eseguita esclusivamente una trave in c.a. che sarà collegata alla travata esterna su pali con le modalità sopra descritte.

I pali laterali alla fondazione esistente potranno essere del tipo trivellati in sito o del tipo ad elementi prefabbricati. In quest'ultimo caso i pali, formati da elementi che si andranno ad innestare l'uno sull'altro, verranno infissi mediante la pressione statica esercitata da un martinetto idraulico.

Le fondazioni di una struttura potranno essere consolidate anche con la formazione di una palificata direttamente sotto la fondazione esistente.

In questo caso è quasi d'obbligo utilizzare pali ad elementi prefabbricati che si andranno ad innestare l'uno sull'altro e verranno infissi nel terreno mediante la pressione statica esercitata da un martinetto idraulico messo a contrasto con l'intradosso della fondazione esistente.

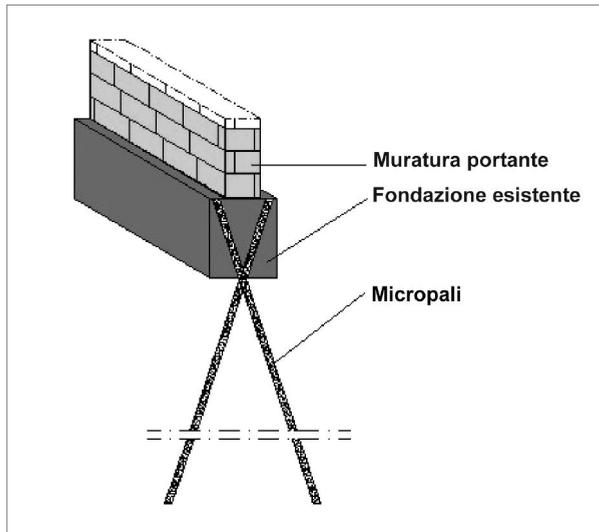
Un metodo da ricordare, finalizzato al consolidamento delle fondazioni, è quello eseguito con l'inserimento di micropali.

I micropali non sono altro che pali di sezione ridotta, di diametro variabile dai 10 ai 25 centimetri che vengono infissi nel terreno in direzione inclinata perforando anche la fondazione esistente da consolidare (*vedi figura pagina successiva*).

L'esecuzione dei micropali, per la sua particolare complessità, viene affidata sempre a ditte specializzate nel settore, che oltre a conoscere le tecniche specifiche, possiedono le attrezzature speciali per la corretta esecuzione.

Un ultimo procedimento di consolidamento delle fondazioni è quello delle iniezioni consolidanti di resina allo scopo di incrementare la capacità portante di esercizio del terreno.

Il procedimento consiste nell'esecuzione di iniezioni controllate di resine aventi caratteristiche tecniche certificate da laboratori qualificati e riconosciuti.



Le iniezioni vengono eseguite sotto le fondazioni, a diversi livelli di profondità a partire dal piano di posa delle stesse, in modo da garantire il miglioramento delle caratteristiche geomeccaniche di tutto il volume di terreno sottostante.

Per l'esecuzione delle iniezioni vengono eseguite delle perforazioni ad inclinazione variabile a partire dal piano di lavoro ed eventualmente attraverso le fondazioni. Quindi viene iniettata la resina con appositi compressori fino a quando il terreno trattato risulta talmente addensato da rifiutare un'ulteriore compressione.

Il procedimento, poco invasivo, garantisce ottimi risultati.

▼ 1.2. Strutture verticali in elevazione

Le strutture portanti verticali in un edificio possono essere di vario genere e, solitamente, possono essere distinte in quattro principali tipologie:

- strutture portanti verticali in legno;
- strutture portanti verticali in muratura;
- strutture portanti verticali in calcestruzzo armato;
- strutture portanti verticali in acciaio.

1.2.1. Strutture portanti verticali in legno

Ben poco c'è da dire sulle strutture portanti in legno, poiché raramente in Italia si trovano abitazioni costruite interamente con tale materiale. Le strutture portanti verticali in legno, comunque, possono essere generalmente ripristinate seguendo le modalità adottate per il recupero delle coperture.

Le superfici esterne hanno bisogno di periodiche cure. Solitamente è sufficiente proteggere quelle a contatto con gli agenti atmosferici con del comune impregnante. In commercio se ne trovano svariati tipi. Ultimamente i vecchi impregnanti a solvente sono