

Manuale della
Tecnica di Ancoraggio
Würth

Principi – Impieghi – Aspetti pratici



Manuale della
Tecnica di Ancoraggio
Würth

Volume 1:
Principi – Impieghi – Aspetti pratici

Würth Srl

Egregio Cliente Würth,

in soli 61 anni Würth è diventato leader mondiale nella tecnica professionale di fissaggio e montaggio. Oggi (2007) offriamo ai nostri Clienti una gamma di oltre 100.000 prodotti nei settori Auto, Cargo, Edilizia, Metallo, Termosanitario, Elettrico e Manutenzione.

Da decenni Würth offre un'ampia gamma di tasselli. La Tecnica di Ancoraggio è una delle gamme prodotte più innovative. Tasselli sono diventati dei veri prodotti high-tech ed il loro funzionamento è solo efficace se l'utilizzatore sa esattamente, quale tassello risolve quale problema di fissaggio in modo ottimale.

Tanti dei tasselli Würth dispongono del Benestare Tecnico Europeo: ovunque vengono installati tasselli con Benestare, l'utilizzatore necessita di un'ampia conoscenza sulla posa dei tasselli.

Non è ragionevole sviluppare in continuazione la Tecnica di Ancoraggio se i montatori in cantiere non dispongono della conoscenza specifica d'impiego. Già l'errata foratura e/o la pulizia dalla polvere di trapanatura possono portare alla diminuzione significativa dei valori di estrazione. Per informare al meglio, abbiamo creato questo nuovo manuale

Tecnica di Ancoraggio Würth: Principi – Impieghi – Aspetti pratici.

Progettisti ed i responsabili di cantiere trovano qui una panoramica sullo stato attuale della Tecnica di Ancoraggio. Questo libro contiene tutto il necessario all'utilizzo e al montaggio di tasselli. Il lettore constaterà velocemente che questo manuale è una fonte di informazioni e di consigli indispensabili.

Inoltre Würth offre la possibilità di partecipare al seminario **“Le moderne tecniche di ancoraggio”**.

Voi, cari lettori ed esperti nel campo, Vi accorgerete presto che le informazioni qui raccolte vi faranno risparmiare non solo tempo e spiacevolezze, ma anche denaro. Inoltre aumenteranno notevolmente la sicurezza e la qualità degli ancoraggi.

Vi auguriamo quindi buona lettura!

Cordialmente

Würth Srl

4 Indice

1	Introduzione	9			
2	Impiego di sistemi di fissaggio	10			
2.1	Sviluppi storici	10			
2.2	Tecniche di fissaggio attuali	11			
3	Supporto di ancoraggio	17			
3.1	Generalità	17			
3.2	Calcestruzzo	17			
3.2.1	Generalità	17			
3.2.2	Composizione	18			
3.2.2.1	Cemento	18			
3.2.2.2	Cariche	19			
3.2.2.3	Acqua	20			
3.2.3	Rapporto acqua/cemento	20			
3.2.4	Resistenza del calcestruzzo	21			
3.2.5	Calcestruzzo armato	22			
3.3	Muratura	24			
3.3.1	Pietre naturali	25			
3.3.2	Laterizi e blocchetti (mattoni artificiali)	25			
3.3.3	Mattoni pieni	26			
3.3.4	Mattoni forati	27			
4	Sollecitazioni	29			
4.1	Sollecitazioni dipendenti dal carico	29			
4.2	Sollecitazioni indipendenti dal carico	31			
5	Montaggio e funzionamento	33			
5.1	Generalità	33			
5.2	Fori	34			
5.2.1	Procedimenti di foratura	34			
5.2.2	Forature errate	36			
5.2.3	Determinazione approssimativa della natura del supporto	37			
5.2.4	Tipologie di montaggio	38			
5.2.5	Montaggio dei tasselli	39			
5.2.5.1	Generalità	39			
5.2.5.2	Tasselli in metallo ad espansione	40			
5.2.5.2.1	Tasselli ad espansione a forza controllata	40			
5.2.5.2.2	Tasselli ad espansione a controllo di spostamento	42			
5.2.5.3	Tasselli a variazione di forma (addattamento geometrico)	44			
5.2.5.4	Ancoranti a vite	45			
5.2.5.5	Tasselli per controsoffitti	47			
5.2.5.6	Tasselli in plastica	47			
5.2.5.7	Ancoranti chimici	49			
5.2.5.7.1	Ancoranti chimici - sistemi a fiala	51			
5.2.5.7.2	Ancoranti chimici per calcestruzzo fessurato	52			
			5.2.5.7.3	Ancoranti chimici - sistemi ad iniezione	53
			5.2.5.8	Tasselli speciali	55
			5.2.6	Regole generali per il montaggio	55
			6	Comportamento dei tasselli sotto carico	57
			6.1	Generalità	57
			6.2	Tasselli a variazione di forma e tasselli metallici ad espansione	57
			6.2.1	Sollecitazione a trazione assiale in calcestruzzo non fessurato	57
			6.2.2	Sollecitazione a taglio in calcestruzzo non fessurato	66
			6.2.3	Sollecitazione combinata a trazione assiale e taglio in calcestruzzo non fessurato	72
			6.2.4	Sollecitazione a trazione assiale in calcestruzzo fessurato	73
			6.2.5	Sollecitazione a taglio in calcestruzzo fessurato	74
			6.2.6	Sollecitazione combinata a trazione assiale e taglio in calcestruzzo fessurato	76
			6.3	Ancoranti a vite	76
			6.3.1	Montaggio in calcestruzzo	76
			6.3.2	Sollecitazione a trazione in calcestruzzo non fessurato	78
			6.3.3	Sollecitazione a taglio in calcestruzzo non fessurato	79
			6.3.4	Sollecitazione combinata a trazione e taglio in calcestruzzo non fessurato	79
			6.3.5	Sollecitazione a trazione in calcestruzzo fessurato	79
			6.4	Ancoranti chimici	80
			6.4.1	Sollecitazione a trazione assiale in calcestruzzo non fessurato	80
			6.4.2	Sollecitazione a taglio in calcestruzzo non fessurato	85
			6.4.3	Sollecitazione combinata a trazione assiale e taglio in calcestruzzo non fessurato	85
			6.4.4	Sollecitazione a trazione assiale in calcestruzzo fessurato	85
			6.4.5	Sollecitazione a taglio in calcestruzzo fessurato	87
			6.4.6	Sollecitazione combinata a trazione assiale e taglio in calcestruzzo fessurato	87
			6.5	Ancoranti chimici per fissaggi in calcestruzzo fessurato	88
			6.5.1	Calcestruzzo non fessurato	88
			6.5.2	Calcestruzzo fessurato	88
			6.6	Tasselli in nylon	90
			6.6.1	Generalità	90
			6.6.2	Comportamento di portata di tasselli in nylon in calcestruzzo	90
			6.6.3	Comportamento di portata di tasselli in nylon in muratura	92
			6.7	Ancoranti ad iniezione in muratura	94
			7	Fissaggio diretto	98
			7.1	Generalità	98
			7.1.1	Comportamento di portata in calcestruzzo non fessurato	99
			7.1.2	Comportamento di portata in calcestruzzo fessurato	101
			7.2	Montaggio e condizioni di impiego	101
			7.3	Tipologia di chiodi	103

8	Fissaggio di ferri di armatura con ancorante chimico	104
8.1	Generalità	104
8.2	Sistemi di ancoraggio chimico	104
8.3	Trasmissione del carico	105
8.4	Comportamento della coesione di ferri di armatura singoli con copriferro maggiorato	106
8.5	Dimensionamento e montaggio di ferri di armatura ancorati con ancoranti chimici	109
8.5.1	Generalità	109
8.5.2	Dimensionamento	109
8.5.3	Posa	111
8.6	Conclusioni	113
9	Fissaggio di tende da sole	114
9.1	Generalità	114
9.2	Indicazioni sulla tecnica di fissaggio descritte nella norma DIN EN 13561	114
9.3	Altri regolamenti	115
9.4	Basi di calcolo per le sollecitazioni agenti sul tassello	115
9.5	Esempio di calcolo	115
9.6	Supporti isolati	116
9.7	Richieste al montatore	117
10	Aspetti nella scelta dei tasselli	118
10.1	Generalità	118
10.2	Sicurezza	118
10.3	Supporto e la sua geometria	119
10.3.1	Generalità	119
10.3.2	Supporto in calcestruzzo	120
10.3.3	Supporto in muratura	123
10.4	Dimensioni minime (distanze dai bordi, distanze tra i tasselli, spessore del supporto)	123
10.5	Sollecitazioni	124
10.6	Condizioni ambientali: temperatura	124
10.7	Condizioni ambientali: umidità	125
10.8	Condizioni ambientali: corrosione	125
10.9	Modalità di posa	126
10.10	Aspetti economici	126
11	Principi di dimensionamento	127
11.1	Sistemi di dimensionamento	127
11.1.1	Generalità	127
11.1.2	Dimensionamento con coefficiente globale di sicurezza	128
11.1.3	Dimensionamento con coefficienti parziali di sicurezza	129
11.2	Procedimenti di dimensionamento per calcestruzzo	131
11.2.1	Generalità	131

11.2.2	Dimensionamento secondo il procedimento κ	133
11.2.3	Dimensionamento secondo la linea guida sul dimensionamento [Bibliografia 8 e 42]	134
11.2.3.1	Generalità	134
11.2.3.2	Procedimento A della linea guida sul dimensionamento	135
11.2.3.2.1	Generalità	135
11.2.3.2.2	Sollecitazione a trazione assiale	137
11.2.3.2.3	Sollecitazione a taglio	140
11.2.3.2.4	Trazione obliqua	142
11.2.3.3	Procedimento B della linea guida sul dimensionamento	143
11.2.3.4	Procedimento C della linea guida sul dimensionamento	143
11.3	Procedimenti di dimensionamento per fissaggi in muratura	143
11.3.1	Generalità	143
11.3.2	Tasselli in nylon	144
11.3.2.1	Dimensionamento	144
11.3.2.2	Prove in cantiere	145
11.3.3	Ancoranti ad iniezione	147
12	Regolamenti	149
12.1	Generalità	149
12.2	Prodotti per impieghi rilevanti ai fini della sicurezza	149
12.3	Tasselli	150
12.4	Armonizzazione europea	151
12.5	Contenuti del Benestare Tecnico Europeo (ETA)	152
12.6	Impiego dei regolamenti nel campo dei fissaggi	153
13	Impieghi errati ed eventi dannosi	155
14	Fissaggi economici	158
15	Responsabilità	160
16	Seminario “Le moderne tecniche di ancoraggio”	161
16.1	“Posa in opera da personale adeguatamente istruito e sotto la supervisione del direttore dei lavori”	161
16.2	Argomenti	161
16.3	Sollecitazioni	162
16.4	Supporti	162
16.5	Montaggio e funzione	162
16.6	Regolamenti/contenuti del Benestare Tecnico Europeo	163
17	Bibliografia	164

8 Contenuto

01	Introduzione
02	Impiego di sistemi di fissaggio
03	Supporto di ancoraggio
04	Sollecitazioni
05	Montaggio e funzionamento
06	Comportamento dei tasselli sotto carico
07	Fissaggio diretto
08	Fissaggio di ferri di armatura con ancorante chimico
09	Fissaggio di tende da sole
10	Aspetti nella scelta dei tasselli
11	Principi di dimensionamento
12	Regolamenti
13	Impieghi errati ed eventi dannosi
14	Fissaggi economici
15	Responsabilità
16	Seminario “Le moderne tecniche di ancoraggio”
17	Bibliografia

1. Introduzione

9

01

L'esigenza di una maggiore flessibilità nella progettazione e nello sviluppo di sistemi semplici per l'esecuzione di interventi di consolidamento su manufatti è antica come la stessa arte di costruire. La tecnica di fissaggio assume in questo campo una posizione di rilievo.

La necessità sempre più pressante in questi ultimi decenni a ridurre in modo drastico i tempi lavorativi ha determinato un rapido sviluppo della tecnologia dei fissaggi e l'impiego sempre più massiccio di tasselli per il fissaggio di carichi elevati e concentrati su opere in calcestruzzo e muratura. Würth ha risposto a questa richiesta di tecniche rapide, flessibili, sicure ed economiche, sviluppando e commercializzando sistemi di tasselli innovativi e di elevata qualità. Sono ora disponibili i più diversi tipi di tasselli metallici ad espansione forzata ed a variazione di forma, nonché di ancoranti chimici con caratteristiche certificate in grado di risolvere in sicurezza ed in economia un'ampia gamma di problemi di fissaggio. I tasselli Würth sveltiscono i processi lavorativi ed aumentano la produttività in cantiere.

La grande varietà dei prodotti ed il crescente numero dei campi di applicazione richiedono tuttavia, per un impiego ottimale dei sistemi di fissaggio, una conoscenza sempre più approfondita del funzionamento, del dimensionamento e della posa da parte di progettisti e montatori.

Questo manuale ha lo scopo di aumentare le conoscenze in materia di fissaggi. Esso si rivolge a tutti coloro che si occupano di progettazione ed esecuzione di fissaggi mediante tasselli, ed intende mettere il lettore in condizione di impiegare nel modo migliore le tecniche di fissaggio più avanzate.

Il manuale offre una panoramica aggiornata sullo stato dell'arte in materia di fissaggi su manufatti preesistenti, concentrandosi in particolare sull'aspetto della scelta economica e tecnicamente corretta del tipo di fissaggio.

2.1 Sviluppi storici

Nell'antichità i costruttori traevano vantaggi dall'esperienza, trasmettendo verbalmente ai loro apprendisti l'arte di costruire. Tuttavia non era dato a tutti di imparare a costruire in modo sicuro, durevole ed esteticamente gradevole: quest'arte restava appannaggio del capomastro.

Non esistevano regole scritte su come costruire, ma che già nella Babilonia del XXII secolo avanti Cristo potessero verificarsi danni ai manufatti ce lo conferma il Codice del re Hammurabi. La figura 2.1 riporta alcuni passaggi del codice, che recitano così:

- Se una casa mal costruita crolla e produce danni alle persone, provocando la morte del committente, sia giustiziato il capomastro (si applica il diritto penale)
- Se nel crollo di una casa muore "solo" uno schiavo - gli schiavi erano considerati cose - il capomastro sia tenuto al pieno risarcimento, sostituendo lo schiavo morto con un altro dello stesso valore (si applica il diritto civile)
- Se non si verificano danni ad altre cose - crolla soltanto una parete - sia ricostruita la parete stessa (si applica la garanzia del diritto contrattuale)

Le diverse conseguenze giuridiche di un evento dannoso dovuto all'impiego di materiali difettosi sono quindi praticamente le stesse di oggi.



Fig. 2.1: estratto del Codice di Hammurabi



Fig. 2.2: il Colosseo, Roma

Nella Roma del I secolo avanti Cristo, con i suoi dieci tomi sull'architettura, Vitruvio mise per iscritto le prime regole sulla stabilità, la durevolezza e l'estetica dei manufatti, introducendo anche le tecniche di fissaggio, con la descrizione delle soluzioni adottate per il Colosseo. In figura 2.2 si vedono distintamente i fori dei tasselli utilizzati per sostenere il rivestimento della struttura. Elementi di fissaggio erano stati inoltre utilizzati anche per la posa di elementi "prefabbricati".

Sempre nell'antica Roma, Plutarco (45-125 d.C) ci riferisce che erano le imprese che promettevano il lavoro qualitativamente migliore ai costi più bassi e nei tempi più brevi a vedersi affidare gli incarichi di realizzare le opere. I fattori qualità, costo e tempo non sono quindi un'invenzione dei giorni nostri, erano già allora un valido motivo per impiegare le tecniche di fissaggio.

Ancora verso la fine del XIX secolo la filosofia dei costruttori in materia di fissaggi era "fà come si è sempre fatto". Di conseguenza, durante il periodo del secolo scorso, i fissaggi venivano effettuati inserendo dei pezzi di legno (per carichi leggeri) o di metallo (per carichi pesanti) nella malta o nel calcestruzzo. Altri metodi erano praticamente sconosciuti.

Col rapido sviluppo della tecnica all'inizio dell'era dell'industrializzazione questa cultura dovette essere abbandonata. Si svilupparono nuovi materiali costruttivi, si cominciarono a produrre industrialmente laterizi e blocchetti e si idearono nuove tecniche costruttive, come in calcestruzzo armato. Si rese così necessaria l'adozione di nuove tecniche di fissaggio, quali la posa dei tasselli successivamente alla realizzazione della struttura, e la varietà dei prodotti crebbe con l'aumentare dei possibili impieghi.

2.2 Tecniche di fissaggio attuali

Il principale vantaggio di tutti tasselli moderni o del montaggio diretto con chiodi consiste nella possibilità di una posa successiva in qualsiasi punto della struttura. Non è quindi necessaria una progettazione preliminare dettagliata ma eventuali cambiamenti d'uso delle strutture si possono attuare con rapidità e semplicità in una fase successiva.

Nel frattempo è diventata prassi comune fissare strutture portanti e non portanti su elementi costruttivi in calcestruzzo armato o muratura. Nuovi tipi di supporto pongono esigenze sempre diverse alle tecniche di fissaggio, che affrontano il compito sviluppando soluzioni di fissaggio innovative.

In figura 2.3 si presenta una panoramica dei sistemi di fissaggio impiegati attual-



Fig. 2.3: sistemi di fissaggio su strutture preesistenti

mente per interventi su strutture in calcestruzzo e muratura già esistenti.

A livello pratico, per l'utilizzatore è diventato sempre più difficile individuare la soluzione di fissaggio corretta ed eseguire quindi fissaggi sicuri. Dopo il verificarsi di eventi dannosi anche gravi, varie commissioni di esperti presso il DIBt* hanno cominciato ad occuparsi dei fissaggi, col risultato che nel 1975 è stata rilasciata la prima omologazione per gli impieghi edilizi di un tassello. Siccome queste omologazioni si basano su prove identiche realizzate nelle medesime condizioni, è diventato in tal modo possibile sottoporre a raffronto i prodotti di varie marche. Inoltre sono state stabilite con precisione le condizioni di impiego.

Nel frattempo, il numero di prodotti impiegabili per determinati utilizzi è cresciuto a dismisura. Per quasi ogni impiego sono oggi disponibili sistemi di tasselli in acciaio o plastica in grado di reggere in maniera sicura e duratura carichi di ogni tipo, operanti secondo principi diversi. Sono realizzati nei più svariati materiali, nelle più diverse dimensioni e destinati alla posa in calcestruzzo armato o in muratura. Il loro corretto impiego è da verificare in cantiere.

La scelta del mezzo di fissaggio corretto dovrebbe basarsi anzitutto sulla seguente domanda:

Quale tipo di fissaggio è il più adatto per risolvere la mia necessità?

La seconda domanda sarà:

Come posso utilizzare al meglio le potenzialità del mio mezzo di fissaggio?

Di queste questioni si occupano essenzialmente il progettista e l'ingegnere.

*DIBt – Deutsches Institut für Bautechnik – Istituto tedesco per la tecnica edilizia. Quest'ente prova, esamina e rilascia omologazioni a livello tedesco o europeo di materiali edili, come per esempio i tasselli.

Tuttavia la scelta più oculata del tassello e la più accurata delle progettazioni non servono a nulla se il fissaggio non funziona in maniera affidabile o non è posato correttamente. I fattori che assicurano un fissaggio affidabile sono riassunti in figura 2.4. Per ulteriori dettagli sulla scelta del tassello si rinvia al capitolo 10.

Il corretto funzionamento del tassello viene assicurato dal certificato di omologazione rilasciato dalle autorità competenti, nonché dai controlli effettuati in fabbrica e da parte dei laboratori di prova esterni.

Inoltre Würth offre un seminario per istruire il montaggio corretto dei tasselli.

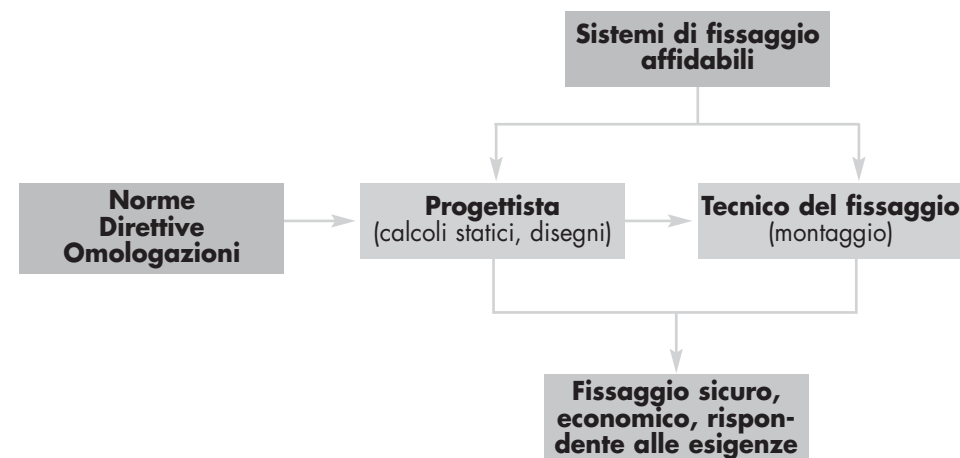


Fig. 2.4: fattori di buona riuscita per un fissaggio affidabile mediante tasselli

E' peraltro ovvio che i tasselli destinati a sostenere carichi elevati o rilevanti ai fini della sicurezza vanno progettati e dimensionati da tecnici esperti. Vanno qui predisposti calcoli e disegni chiari ed inequivocabili. La posa dovrebbe venire effettuata a cura di personale esperto ed istruito.

Fissaggi sicuri, realizzati con tasselli affidabili e sulla base degli opportuni calcoli statici, si possono garantire solo in stretta collaborazione tra le due figure direttamente coinvolte, il progettista e il montatore. Esempi dei vasti campi di impiego per i moderni mezzi di fissaggio sono riportati nelle figure da 2.5 a 2.11. Non dovrebbe mai venire dimenticato che l'efficacia di un fissaggio è spesso vitale per l'utilizzabilità e la stabilità di un manufatto.

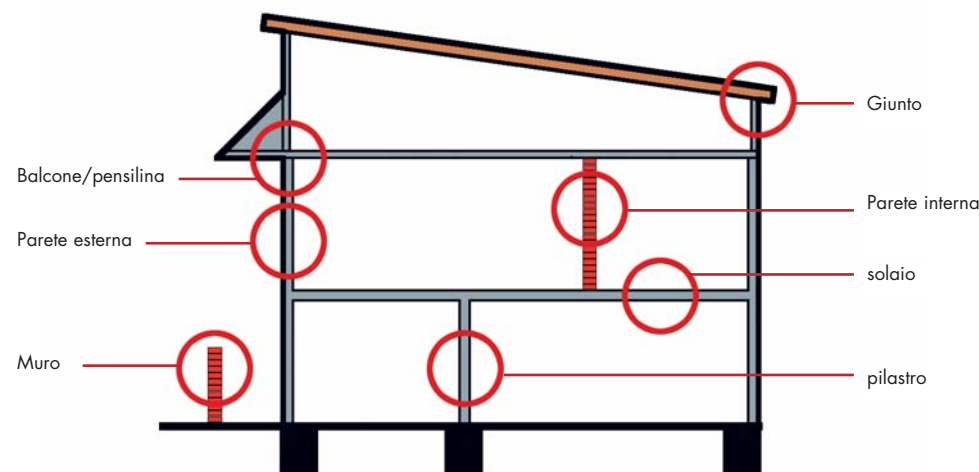


Fig. 2.5: esempi di campi di impiego di tasselli in costruzioni edili

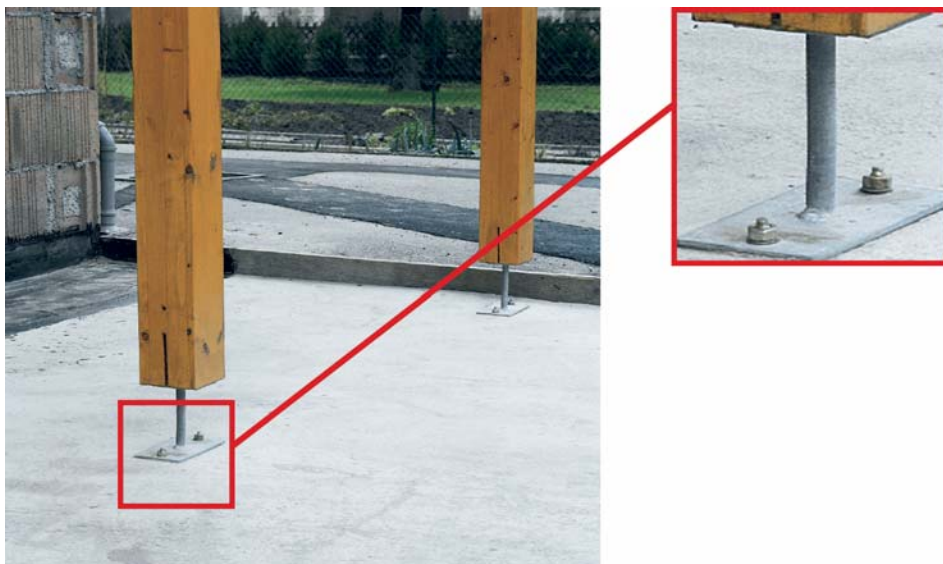


Fig. 2.6: fissaggio del piede di un pilastro con l'ancorante Würth W-FAZ/A4, M10

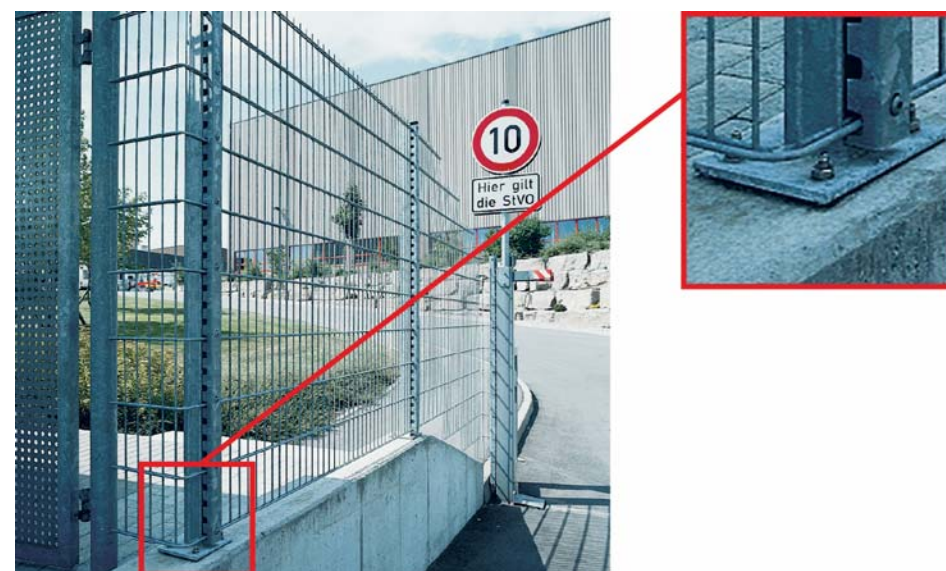


Fig. 2.8: fissaggio di una recinzione all'uscita di un garage sotterraneo con tassello Würth W-FAZ/HCR, M12

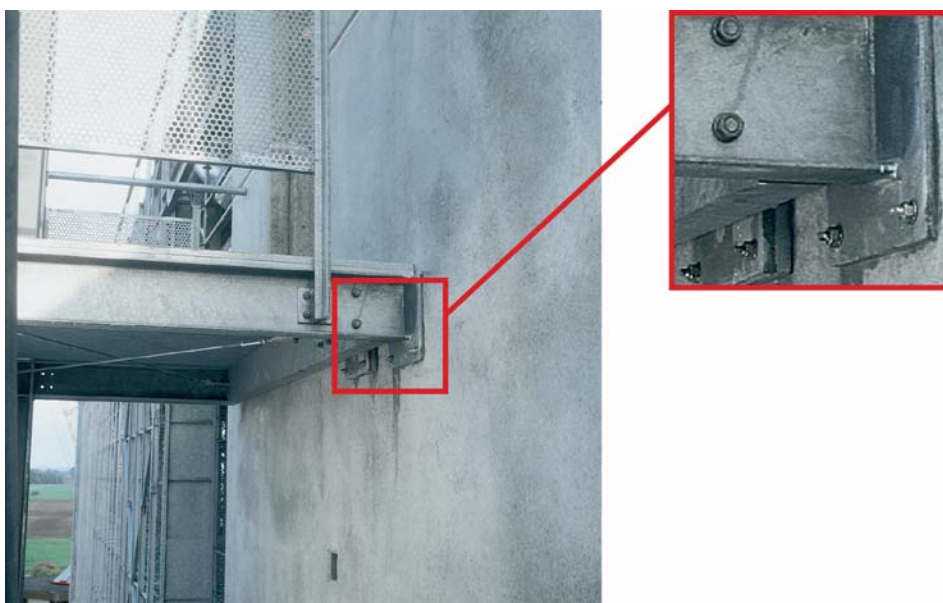


Fig. 2.7: fissaggio di una passerella in acciaio con tassello Würth W-VAD/A4, M16



Fig. 2.9: fissaggio di una pensilina in muratura con ancorante ad iniezione Würth WITC200 e barra filettata M12, A4

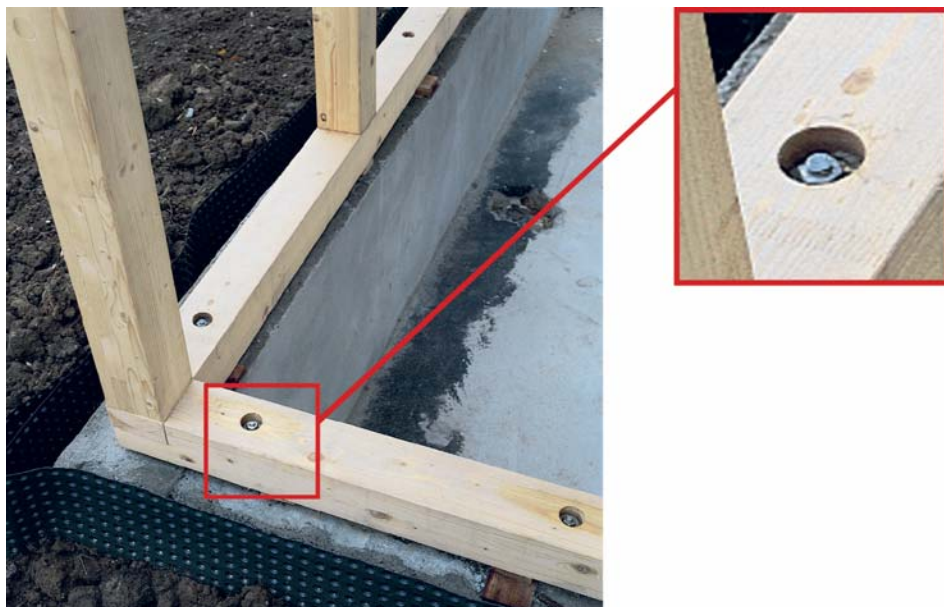


Fig. 2.10: fissaggio di una struttura in legno con tassello Würth W-VAD, M10



Fig. 2.11: fissaggio di mensole per apparecchiature con tassello Würth W-FAZ/S, M12

3.1 Generalità

I materiali per costruzione possono essere massicci, porosi, molto duri, molto teneri, vecchi o nuovi, possono cioè caratterizzarsi per pesi specifici apparenti e resistenze assai diverse. La natura e le caratteristiche del materiale che costituisce il supporto del tassello influenzano quindi in maniera rilevante la scelta del sistema di fissaggio e la sua tenuta.

In linea di massima si distingue tra i supporti calcestruzzo, muratura e materiali leggeri (figura 3.1). Una muratura può essere realizzata in mattoni pieni o forati.

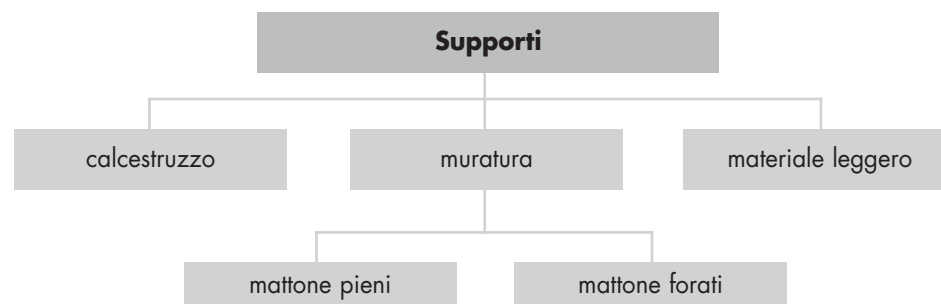


Fig. 3.1: tipi di supporto

3.2 Calcestruzzo

3.2.1 Generalità

Il calcestruzzo è un materiale da costruzione di natura minerale, che si può considerare alla stregua di una pietra artificiale. Esso è costituito da una miscela di cemento, cariche e acqua. Come carica si impiega prevalentemente sabbia, ghiaia e pietrisco. Per poter dare alla struttura la forma desiderata, la miscela di calcestruzzo viene immessa in una struttura di contenimento detta cassetta.

Finché è ancora lavorabile, il calcestruzzo si definisce fresco, mentre nella fase dell'indurimento (da uno a quattro giorni) esso è chiamato "verde". Una volta indurito, il calcestruzzo si dice maturato. A questo punto esso presenta elevata resistenza alla compressione ed un'assai più limitata resistenza alla trazione (circa il 10, 15% della resistenza alla compressione).

A seconda delle caratteristiche, il calcestruzzo si classifica come segue:

Prendendo a riferimento il peso specifico di calcestruzzo asciutto si distingue

■ calcestruzzo alleggerito: peso specifico da 0,8 al 2,0 kg/dm³

■ calcestruzzo normale: peso specifico da 2,0 a 2,8 kg/dm³

■ calcestruzzo pesante: peso specifico oltre 2,8 kg/dm³

Nelle costruzioni edili si impiega prevalentemente calcestruzzo normale.

Prendendo a riferimento il luogo di miscelazione si distingue tra

■ calcestruzzo gettato in opera

■ calcestruzzo prefabbricato

Soprattutto per motivi di economia e di qualità, nei cantieri moderni si impiega prevalentemente calcestruzzo prefabbricato (figura 3.2).

Utilizzo in percentuale

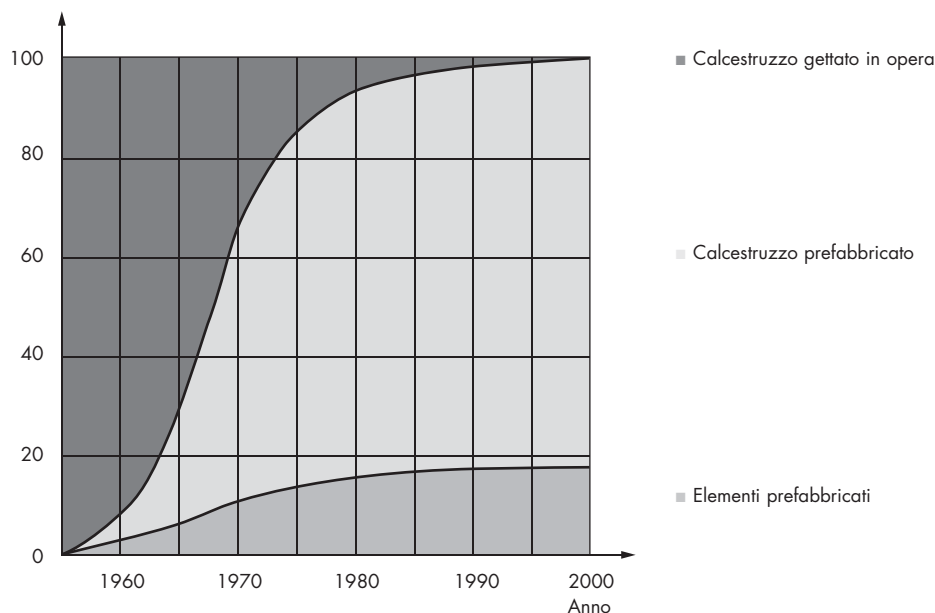


Fig. 3.2: sviluppo dell'impiego di calcestruzzo preconfezionato [Bibliografia 37]

Le caratteristiche del calcestruzzo variano a seconda della classe di resistenza del cemento impiegato, delle caratteristiche della carica e dell'acqua usata per la miscelazione nonché del rapporto di miscelazione tra cemento, acqua e carica.

3.2.2 Composizione

3.2.2.1 Cemento

Per la produzione di calcestruzzo si impiegano oggi quasi esclusivamente cementi sottoposti a norme, per esempio secondo DIN EN 197-1. La scelta del tipo di cemento influenza per esempio la velocità di indurimento oppure la resistenza del calcestruzzo agli agenti chimici o a fattori ambientali. Per le strutture di costruzioni edili in calcestruzzo armato si adopera prevalentemente cemento Portland (CEM I) e cemento Portland composito (CEM II).

I cementi standard vengono prodotti nelle classi di resistenza 32,5R, 32,5, 42,5R, 42,5, 52,5R e 52,5. I numeri stanno a indicare la resistenza standard in N/mm^2 dopo 28 giorni di maturazione. La lettera R indica un indurimento più rapido. Una classe di resistenza più alta del cemento determina una maggior resistenza finale del calcestruzzo.

3.2.2.2 Cariche

Come cariche per il calcestruzzo normale si impiegano prevalentemente materiali naturali, quale ghiaia di depositi fluviali o materiale pietroso frantumato (pietrisco, pietrischetto). Per il calcestruzzo alleggerito si impiega prevalentemente la pomice e per quello pesante, accanto alle normali cariche del calcestruzzo normale, cariche in materiale non naturale quali ad esempio microsfere di ferro. La figura 3.3 illustra diverse cariche e le loro provenienze.

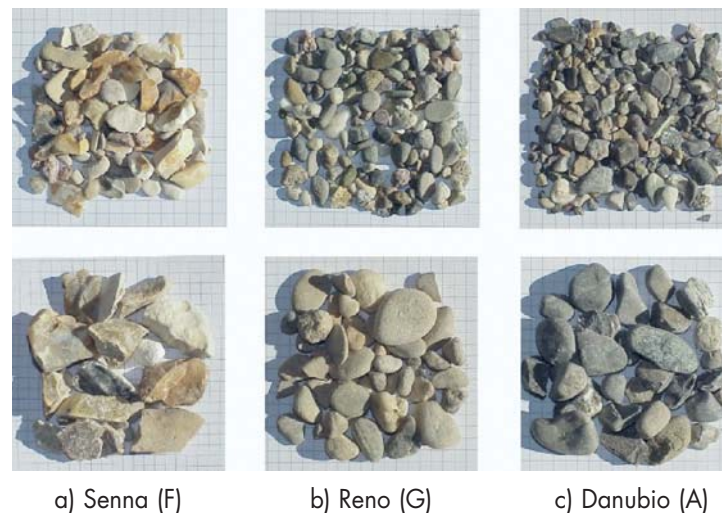


Fig. 3.3: cariche di varia origine per calcestruzzo normale [Bibliografia 44]

La carica determina in larga misura la lavorabilità e la resistenza del calcestruzzo. Miscelando correttamente cariche di diversa granulometria si ottiene la maggior densità possibile dei grani e quindi una minor presenza di interstizi per la miscela di cemento. Questa miscelazione di cariche di diversa granulometria si definisce nella cosiddetta curva granulometrica (figura 3.4). Un'elevata densità della carica consente di distribuire le sollecitazioni sull'intera struttura in calcestruzzo (figura 3.5). Normalmente nelle costruzioni edili si impiegano cariche di granulometria fino a 32 millimetri.

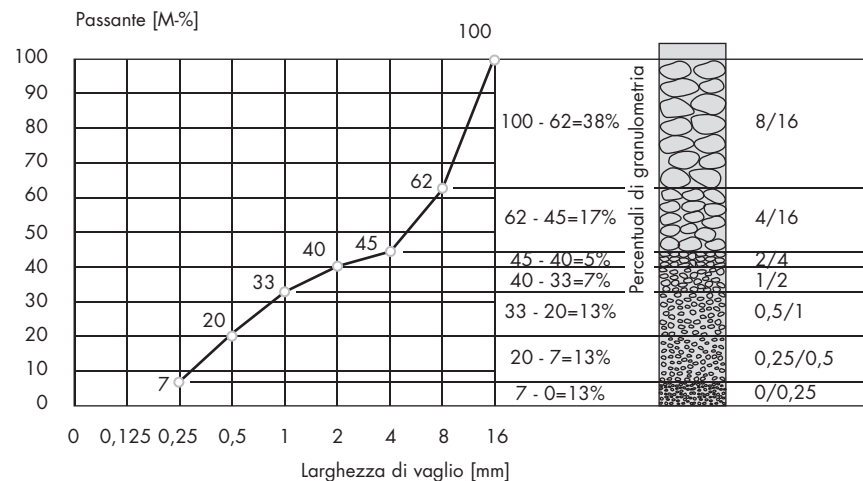


Fig. 3.4: curva granulometrica ideale con granulometria massima di 16 mm [Bibliografia 71]

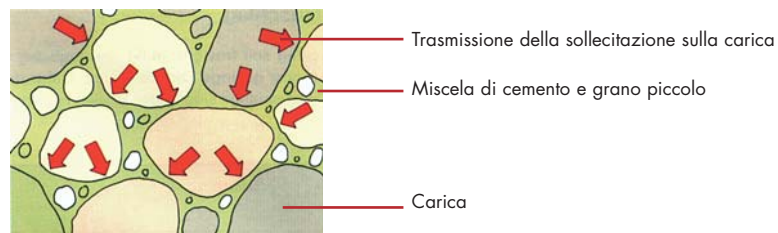


Fig. 3.5: trasmissione delle sollecitazioni attraverso la struttura dei grani

3.2.2.3 Acqua

L'acqua usata per la miscelazione del calcestruzzo può essere di qualsiasi tipo, a condizione che non contenga sostanze chimiche aggressive in grado di influenzare l'indurimento del calcestruzzo o compromettere il trattamento anticorrosione delle armature.

3.2.3 Rapporto acqua/cemento

Il rapporto acqua - cemento (rapporto a/c) è il parametro determinante per la qualità del calcestruzzo. Essa esprime la quantità d'acqua e di cemento impiegata nella miscela e determina la compattezza e la resistenza del calcestruzzo indurito. Aumentando la quantità d'acqua si migliora la lavorabilità del calcestruzzo fresco ma se ne aumenta anche la porosità, riducendone la resistenza.

Indurendo, il cemento lega una quantità d'acqua pari a circa 40% del suo peso (a/c = 0,4). Per miscelare il cemento serve tuttavia una quantità maggiore d'acqua. Ne

deriva che, in fase d'indurimento, l'acqua non legata fuoriesce dal calcestruzzo, ne rilascia dei pori e riduce il volume della struttura (contrazione del calcestruzzo). Perciò con l'aumento del rapporto a/c risulta una diminuzione della resistenza del calcestruzzo indurito. Quale compromesso pratico per consentire la lavorabilità della miscela si impiegano oggi rapporti a/c compresi tra 0,5 e 0,6. Tuttavia l'impiego di additivi consente di assicurare una miglior lavorabilità della miscela senza dover incrementare questo rapporto.

3.2.4 Resistenza del calcestruzzo

Nelle normative vigenti, il calcestruzzo viene classificato in base alla sua resistenza alla compressione. Quanto più lungo è il periodo di indurimento, tanto più elevata è questa resistenza. Tuttavia il processo di solidificazione è di norma in gran parte concluso dopo 28 giorni. L'ulteriore indurimento successivo non viene considerato nel valutare la resistenza del calcestruzzo nella struttura finita. La resistenza alla compressione del calcestruzzo viene misurata attualmente su provini di forma cubica con lunghezza di spigolo 150 millimetri oppure su provini di forma cilindrica di diametro 150 millimetri ed altezza 300 millimetri, maturati per 28 giorni. La tabella 3.1 riporta in forma sintetica le classi di resistenza. Si evidenzia come la resistenza alla compressione del calcestruzzo dipenda dalla scelta del provino: il provino cilindrico presenta resistenza minore rispetto a quello cubico. Nell'uso pratico si utilizzano anche provini di forma diversa, calcolando poi i valori misurati tramite appositi fattori di conversione.

Classe di resistenza	$f_{ck, cyl}$ [N/mm ²]	$f_{ck, cube}$ [N/mm ²]
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C 50/60	50	60
C55/67	55	67
C60/75	60	75
C70/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105	90	105
C100/115	100	115

1) per il calcestruzzo delle classi di resistenza C90/105 e C100/115 sono richieste ulteriori prove in funzione dell'impiego previsto

Tab. 3.1: classi di resistenza del calcestruzzo in base al Eurocodice 2

I certificati di omologazione di tasselli considerano calcestruzzi maturati per almeno 28 giorni. I certificati per gli ancoranti chimici e tasselli in plastica destinati all'uso in calcestruzzo si riferiscono in genere a classi di resistenza tra C12/15 a C50/60, certificati di ancoranti in metallo ed a variazione di forma tra C20/25 a C50/60. Siccome tuttavia nel trasmettere le sollecitazioni gli elementi di fissaggio esplicano una trazione sul calcestruzzo e la resistenza alla trazione nel calcestruzzo si sviluppa più lentamente di quella alla compressione, non è ammesso il loro impiego in calcestruzzo maturato meno di 28 giorni, anche se la resistenza minima alla compressione, secondo l'omologazione, risulta già raggiunta.

3.2.5 Calcestruzzo (o cemento) armato

Le condizioni generali per il dimensionamento, la progettazione, lo sviluppo e l'esecuzione di manufatti portanti in calcestruzzo sono fissate nel Eurocodice 2. La figura 3.6 illustra la suddivisione della norma.



Fig. 3.6: suddivisione del Eurocodice 2

Nel trasmettere le sollecitazioni, gli elementi di fissaggio sfruttano la resistenza alla trazione del calcestruzzo. Tuttavia questa resistenza, essendo pari a circa il 10% di quella alla compressione, è assai limitata. Pertanto il calcestruzzo non armato è usato assai di rado per la realizzazione di manufatti; di norma si impiega a questo scopo il calcestruzzo armato. Il principio dell'armatura è illustrato in figura 3.7 nell'esempio di una trave poggiante su supporti alle due estremità. La sollecitazione verticale suddivide la trave in una zona sottoposta a compressione (calcestruzzo non fessurato) ed una sottoposta a trazione (calcestruzzo fessurato). In mancanza di un'armatura (tondini di acciaio collocati all'interno della trave), la trave si spezzerebbe al superamento della resistenza alla trazione del calcestruzzo. Se la trave viene armata, le forze di trazione vengono sorrette dalle armature, creando delle fessurazioni sulla parte dalla quale proviene la trazione. In caso di sollecitazioni normali, la larghezza delle fessure per un elemento in calcestruzzo armato dimensionato in base al Eurocodice 2 può raggiungere i 0,3 millimetri circa. Si presume quindi che in prossimità di un'armatura si trova la zona sollecitata a trazione e quindi il calcestruzzo fessurato.

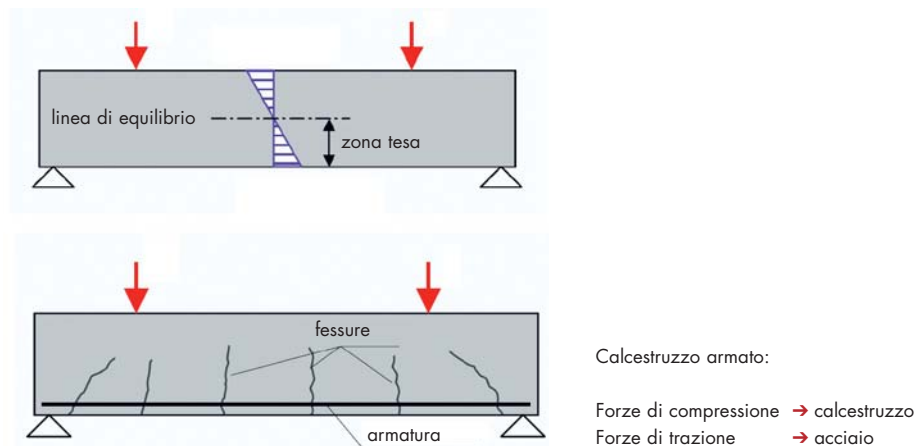


Fig. 3.7: principio di reazione di una struttura in calcestruzzo armato

Le fessurazioni non vengono tuttavia a formarsi solo in seguito alla sollecitazione degli elementi in calcestruzzo. Esse possano per esempio formarsi anche sulla superficie del calcestruzzo, in seguito ad una solidificazione troppo rapida o in seguito a sollecitazioni termiche dovute al raffreddamento e al riscaldamento (irraggiamento solare), o ancora in seguito ad assestamento del manufatto eccetera. Siccome le fessurazioni influenzano in maniera determinante la tenuta degli elementi di fissaggio, si dovrebbe considerare l'ancoraggio adeguato al calcestruzzo fessurato.

3.3 Muratura

Per muratura si intende ogni struttura realizzata in elementi naturali o artificiali disposti gli uni sugli altri su più strati e formanti un elemento unico. Le fughe tra i singoli elementi possono di norma venir cementate.

La posa degli elementi su un letto di malta consente di sfruttare al meglio la resistenza alla compressione degli elementi. La malta compensa irregolarità superficiali degli elementi e garantisce in questa maniera la trasmissione uniforme dei carichi tra gli elementi. Nelle murature realizzate con elementi artificiali, le fughe presentano di norma uno spessore compreso tra 10 e 12 millimetri. Laterizi e blocchetti realizzati con superfici piane e parallele fra di loro non necessitano di strati spessi e possono venire collate praticamente a contatto.

Le fughe orizzontali si chiamano fughe di corso, quelle verticali fughe di testa (figura 3.8). Le prime sono di norma formate con un letto di malta, le seconde spesso non sono cementate e gli elementi semplicemente posati testa contro testa. Per questo motivo si deve evitare di implementare tasselli nelle fughe di testa, mentre per quelle orizzontali va tenuto conto delle limitazioni previste dal rispettivo certificato di omologazione.

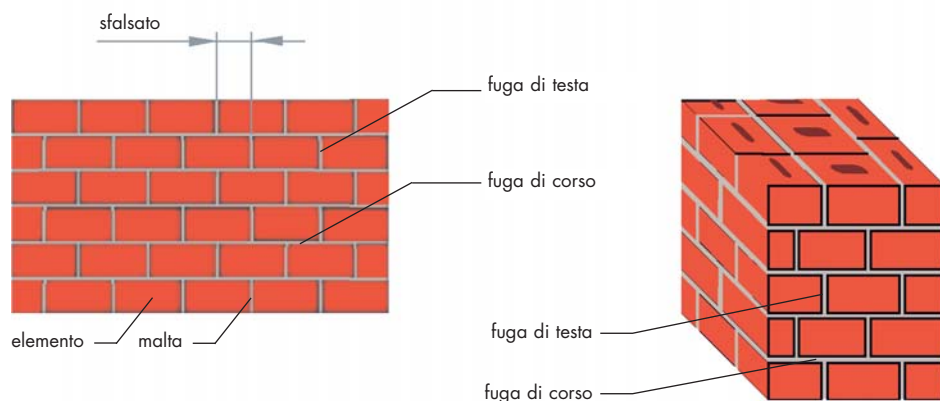


Fig. 3.8: muratura con fughe

Va inoltre ricordato che l'intonaco (figura 3.9) o altri strati isolanti non hanno funzione portante in caso di impiego di tasselli. Pertanto nello stabilire la lunghezza utile del tassello occorre tener conto dello spessore dello strato non portante.

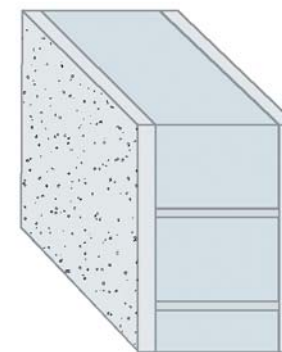


Fig. 3.9: parete in muratura con intonaco esterno ed interno

3.3.1 Pietre naturali

La struttura e la resistenza delle pietre naturali variano molto di caso in caso. Pertanto per l'impiego di tasselli in una muratura realizzata in pietre naturali non esistono omologazioni. Se tuttavia si rende necessario effettuare fissaggi su una muratura realizzata in pietre naturali, occorre stabilire le caratteristiche di resistenza mediante prove di trazione effettuate in loco da un tecnico, che può quindi individuare il carico ammissibile.

3.3.2 Laterizi e blocchetti (mattoni artificiali)

Le caratteristiche dimensionali e la geometria dei fori e dei setti nei laterizi e nei blocchetti sono di norma fissate da apposite norme DIN. Impiegando la malta prevista dalle medesime norme si realizza una muratura dalle caratteristiche ben individuate, che costituisce quindi un supporto chiaramente definito per la posa di tasselli. Per questi supporti realizzati con elementi a norma DIN sono disponibili elementi di fissaggio corredati dei relativi certificati di omologazione.

Inoltre sono disponibili nella più grande varietà di forme laterizi e blocchetti a loro volta omologati. Per il fissaggio di tasselli in questi elementi le omologazioni non specificano i carichi.

Il peso specifico apparente di questi elementi è compreso tra i $0,4 \text{ kg/dm}^3$ e i $2,0 \text{ kg/dm}^3$. Buone resistenze alla compressione si possono di norma garantire solo con elementi che presentano elevato peso specifico apparente. Buone caratteristiche coibentanti e pesi limitati, con la relativa maggior facilità di lavorazione, possono invece essere garantiti solo da elementi con basso peso specifico apparente, che però a loro volta presentano limitate capacità di accumulo termico e ridotte caratteristiche fonoassorbenti.

La figura 3.10 presenta una panoramica delle pietre artificiali reperibili sul mercato. Queste si distinguono in base alle modalità di fabbricazione e alla loro natura, cioè pieni o forati.

I mattoni sono di norma realizzati in argilla o terra argillosa e quindi cotti a temperature comprese tra 800 e 1.000°C. La cottura dei mattoni consente di differenziarne le caratteristiche. I blocchetti in arenaria calcarea e quelli in calcestruzzo vengono invece realizzati mediante leganti: vengono pressati e in seguito essiccati a vapore utilizzando calce o cemento come leganti, acqua e diversi tipi di cariche (per esempio sabbia).

Pietre da costruzione secondo DIN *

DIN 105 Mattoni	DIN 106 Blocchetti in arenaria calcarea	DIN 18151 Blocchetti semipieni in calcestruzzo alleggerito	DIN 18152 Blocchetti per muratura in calcestruzzo alleggerito	DIN 18153 Blocchetti per muratura in calcestruzzo normale	DIN 4165 Blocchetti in calcestruzzo poroso	Pietre da costruzione omologate
Argilla/ terra argillosa acqua	Calce sabbia acqua	Cemento cariche leggere acqua		Cemento cariche acqua	Cemento calce sabbia acqua	Argilla/ terra argillosa acqua
Mattoni pieni Mattoni forati	Blocchi pieni Blocchetti forati	Differen- ziazione in base al numero di celle	Blocchi Blocchetti pieni	Blocchi Blocchetti semipieni	Tavelloni Blocchetti	Mattoni forati

* Le omologazioni per i tasselli si applicano solo agli elementi a norma DIN

Fig. 3.10: laterizi e blocchetti per murature

Tasselli con elevate forze di espansione non sono adatti a fissaggi in muratura in quanto i laterizi potrebbero rompersi già durante la posa a causa delle loro limitate dimensioni. In questo caso vanno quindi usati sistemi a limitata forza espandente, come ad esempio quelli in plastica o quelli ad iniezione.

3.3.3 Mattoni pieni

Si definiscono mattoni pieni quelli la cui sezione viene ridotta, per esempio da scanalature, del 15% al massimo in caso di mattoni (figura 3.11) o del 10% in caso di elementi in calcestruzzo. Si distingue qui tra laterizi a cottura normale, per esempio mattoni pieni, Klinker pieni (mattone usato molto nel nord d'Europa, p. es. Inghilterra)

o elementi pressati idraulicamente, per es. elementi pieni in arenaria calcarea o blocchetti pieni. Vi sono poi elementi in calcestruzzo poroso ("cemento spugno") disponibili in forma di lastre e blocchetti. Questi elementi vengono realizzati con cemento, calce, cariche fini e alluminio, nonché acqua quale distaccante e poi induriti a vapore.

Con i mattoni pieni si realizzano murature di elevata resistenza e di elevate caratteristiche fonoassorbenti. Utilizzando mattoni pieni in calcestruzzo poroso il vantaggio principale è invece quello della coibentazione. Il peso specifico apparente e la resistenza risultano minori.

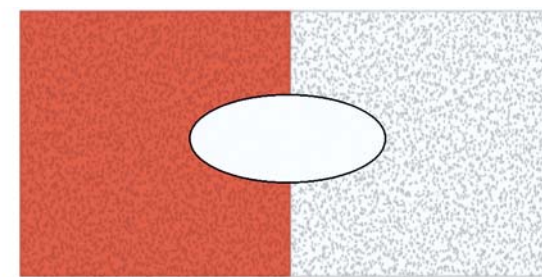


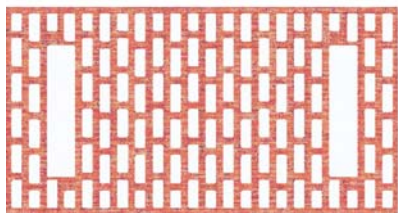
Fig. 3.11: mattone pieno con foro di presa, a sinistra argilla, a destra arenaria calcarea

3.3.4 Mattoni forati

Si definiscono forati i mattoni la cui sezione è ridotta da aperture per oltre il 15% in caso di blocchetti in arenaria calcarea e per oltre 10% in caso di blocchetti in calcestruzzo. Le aperture possono presentare forma diversa ed essere distribuite in varie maniere nell'elemento.

Laterizi forati sono principalmente i mattoni forati di traverso (fig. 3.12a), i mattoni forati leggeri, i mattoni leggeri forati di lungo. Blocchetti forati sono per esempio quelli in arenaria calcarea (fig. 3.12b) o in un calcestruzzo alleggerito (la distinzione dipende dal numero delle camere).

A questi elementi si aggiungono numerose altre varianti omologate e realizzate espressamente per finalità di coibentazione.



a) mattone forato
Fig. 3.12: elementi forati



b) blocchetto in arenaria calcarea forato

La figura 3.13 illustra in sintesi i laterizi e blocchetti attualmente disponibili sul mercato.

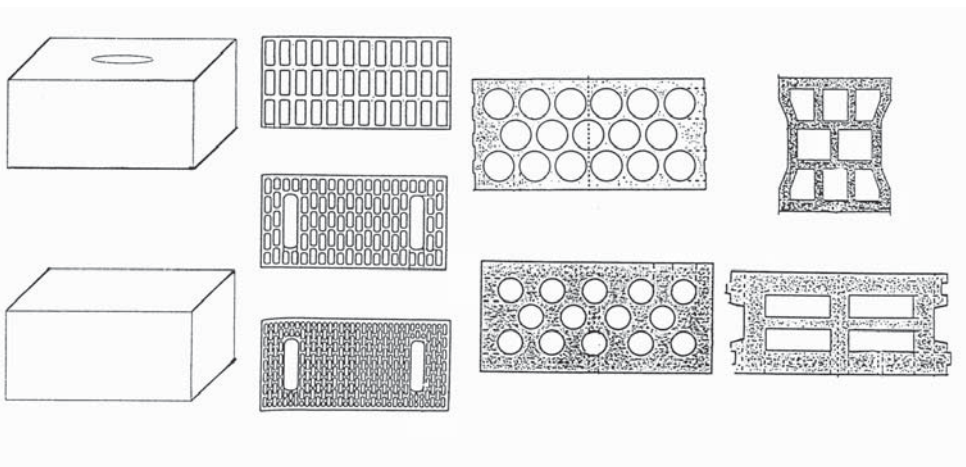


Fig. 3.13: laterizi e blocchetti

I tasselli vanno scelti in modo da poter esplicitare le funzioni loro demandate. Essi devono essere idonei all'uso previsto e durare nel tempo nonchè avere la capacità di portata sufficiente. Per questo è necessario conoscere in anticipo l'entità e la natura del carico (cioè della sollecitazione dovuta al carico) e la direzione in cui esso si esplica. Inoltre devono essere disponibili informazioni sull'area adiacente al punto di posa del tassello, cioè sulle sollecitazioni non dipendenti dal carico.

4.1 Sollecitazioni dipendenti dal carico

In tabella 4.1 sono riportati alcuni esempi di sollecitazioni dipendenti dal carico. Queste sollecitazioni si differenziano principalmente per la loro frequenza e per il loro andamento nel tempo. Se non variano nel tempo (come è il caso delle sollecitazioni dovute al peso proprio dell'elemento che si vuole fissare) oppure se variano con relativa lentezza (per esempio il peso di elementi di arredamento, neve o persone), queste sollecitazioni vengono definite statiche. Se le sollecitazioni invece variano rapidamente, le si definisce carichi dinamici. Rientrano tra queste le sollecitazioni improvvise dovute per esempio ad urti o a movimenti ricorrenti quali quelli di ascensori o gru su rotaie. L'andamento del carico in funzione del tempo è illustrato a titolo di esempio in figura 4.1 per vari casi pratici. Una classificazione più precisa dei tipi di sollecitazione si può trovare nelle relative norme Euro.

Numero di variazioni del carico				
nessuno	limitato		elevato	
	senza forze di massa	con forze di massa	senza forze di massa	con forze di massa
peso proprio pareti divisorie persone arredamenti materiali depositati neve acqua vento inarcamenti	inarcamenti	urti terremoti esplosioni	carichi da traffico su ponti e cortili scantinati gru su rotaie montacarichi ascensori macchine senza masse acceleranti	macchine con masse acceleranti (per es. stampi, presse, battipali, forge)
Prevalentemente invariabile		A scosse forti	Progressivo/ alternato	A scosse
Sollecitazione statica		Sollecitazione dinamica		

Tab. 4.1: classificazione delle sollecitazioni

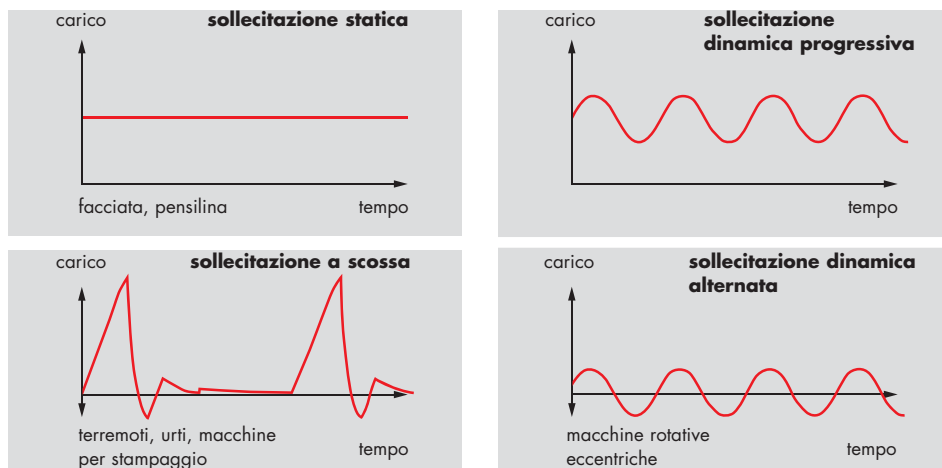


Fig. 4.1 andamento di vari tipi di sollecitazione in relazione al tempo

Le sollecitazioni statiche e dinamiche possono esplicarsi sul tassello sotto forma di trazione, compressione, taglio e carico obliquo (inclinato di un certo angolo rispetto all'asse del tassello) (figura 4.2). Va qui tenuto presente che i tasselli ad espansione o a variazione di forma non devono indurre nel supporto forze di compressione. Se l'elemento da ancorare viene fissato a distanza rispetto al supporto (montaggio distanziato), può esplicarsi sul tassello una combinazione di taglio e flessione o carico obliquo e flessione (figura 4.3). In caso di montaggio distanziato senza incastro (figura 4.3b) può subentrare un cedimento superficiale del calcestruzzo prima del cedimento del tassello. Di questa possibilità va tenuto conto nel dimensionamento, incrementando di a_3 il braccio di leva e_1 . Se viene effettuato l'incastro (figura 4.3c) il braccio di leva è dato dalla distanza tra la freccia di esplicazione del carico applicato e la superficie del calcestruzzo.

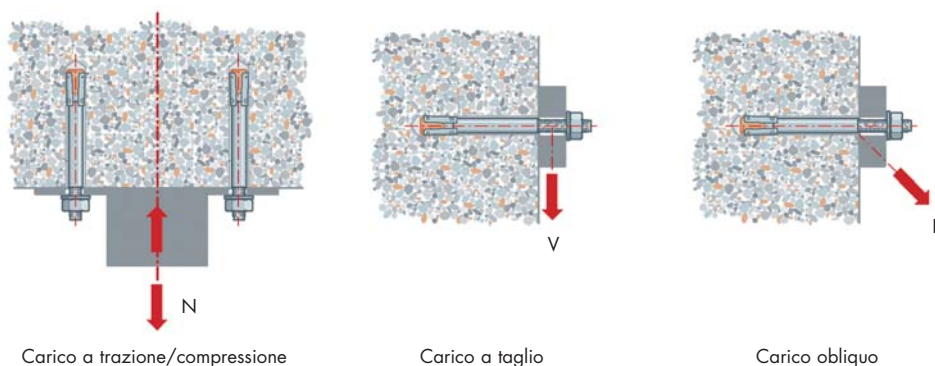
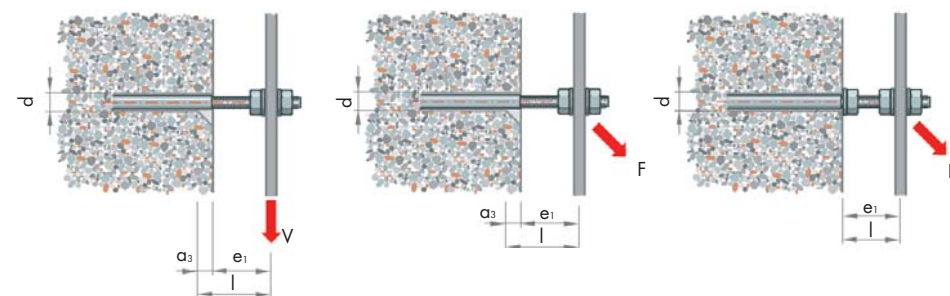


Fig. 4.2: direzioni di sollecitazione



a) Carico a flessione b) Carico obliquo con flessione c) Carico obliquo con flessione

Fig. 4.3: sollecitazione di un tassello in caso di montaggio distanziato

4.2 Sollecitazioni indipendenti dal carico

Da un fissaggio ci si aspetta che duri almeno quanto il manufatto stesso. Pertanto per gli elementi di fissaggio vanno scelti materiali in maniera che essi resistano agli influenti atmosferici, garantendone la durata nel tempo.

Sollecitazioni non dipendenti dal carico, quali sostanze nocive presenti nell'atmosfera o agenti meteorici, possono col tempo asportare i rivestimenti protettivi applicati sulla superficie dei tasselli (per esempio zincature). Ne deriva una corrosione del tassello, che causa un'indebolimento della sezione portante e una compromissione della sua funzionalità, come pure colature di ruggine che guastano l'estetica del fissaggio.

Inoltre alle nostre latitudini i raggi solari possono indurre nei fissaggi temperature fino a 80°C ed oltre. Il materiale plastico dei tasselli (in plastica) e le resine impiegate per gli ancoranti chimici devono essere in grado di resistere anche a queste sollecitazioni. Altre sollecitazioni termiche si possono avere in caso di gelo o incendio.

Nella scelta del tassello non si possono trascurare le sollecitazioni non dipendenti dal carico. Va quindi tenuto conto delle influenze dell'aria, della temperatura e dell'umidità (figura 4.4). Le limitazioni delle deformazioni forzate (per esempio causate da contrazione o temperatura) possono portare ad una riduzione della resistenza alla trazione del calcestruzzo. Le tensioni di trazione forzate devono essere assorbite dall'armatura del manufatto. Altrimenti può cedere il manufatto. Queste informazioni sono reperibili sulle pagine di prodotto Würth.

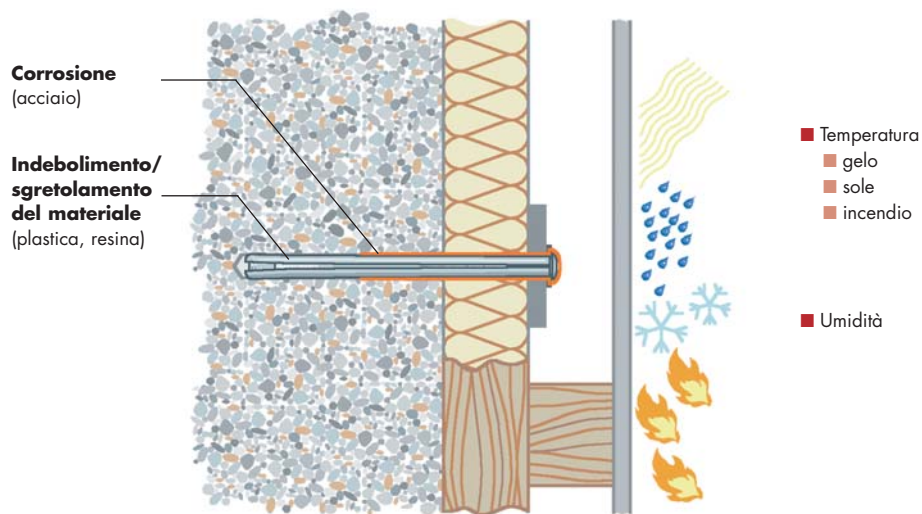


Fig. 4.4: sollecitazioni indipendenti del carico

5.1 Generalità

Un tassello può svolgere il suo compito di fissaggio e funzionare correttamente solo se montato a regola d'arte.

Per il montaggio di tasselli si pratica normalmente un foro nel supporto, quindi vi si inserisce il tassello e lo si fissa attenendosi alle istruzioni. A questo scopo occorre talvolta servirsi di particolari utensili di montaggio.

Il foro va sempre realizzato perpendicolarmente alla superficie del supporto, evitando di danneggiare o tagliare l'armatura, se il supporto è realizzato in calcestruzzo armato. Danneggiando l'armatura si può infatti compromettere la resistenza della struttura, oltre ad influenzare negativamente la funzionalità del tassello. Perciò si consiglia di utilizzare un cercametri per individuare l'ubicazione delle armature e contrassegnare le stesse in modo da escludere danni alle armature.

La lunghezza utile del tassello va scelta tenendo conto dello spessore dello strato non portante (per esempio l'intonaco) nonché di quello dell'elemento da fissare (figura 5.1).

Nel dimensionare il tassello e l'elemento da fissare si presuppone che sono stati rispettati i diametri dei fori passanti di quest'ultimo riportati in tabella 5.1 e che l'elemento da fissare non si deve deformare sotto carico. L'elemento da fissare deve essere quindi sufficientemente rigido e, salvo in caso di montaggi distanziati, poggiare sul supporto per tutta la sua superficie. Se non si rispettano i diametri dei fori passanti indicati il risultato può essere una minor tenuta.

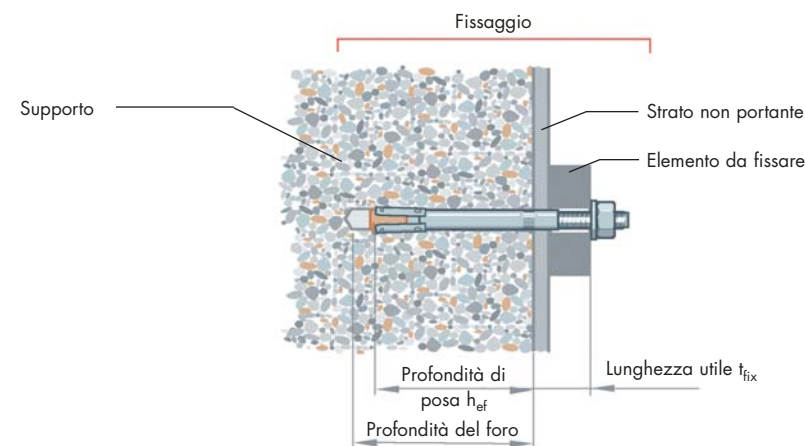


Fig. 5.1: tassello montato

	Diametro del tassello in corrispondenza dell'elemento da fissare (mm) ¹											
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
Diametro max ammesso d_f del foro passante nell'elemento da fissare (mm)	7	9	12	14	16	18	20	22	24	26	30	33

1) corrisponde al diametro nominale della boccola del tassello in caso di montaggi passanti o al diametro nominale del perno o della vite in caso di montaggi non passanti
 Tab. 5.1: fori passanti nell'elemento da fissare

Nel montare i tasselli è necessario attenersi alle indicazioni del certificato di omologazione. Questo deve essere disponibile in loco al momento del montaggio. Se il tassello non è omologato, occorre attenersi alle istruzioni di montaggio o alle informazioni di prodotto.

I singoli elementi costituenti un tassello non vanno scambiati fra di loro in quanto in questo modo non è più assicurato il suo perfetto funzionamento. Tasselli montati in maniera non corretta e quindi rimossi non vanno più utilizzati.

5.2 Fori

La tenuta della maggior parte dei tasselli è influenzata in maniera determinante dalla modalità di realizzazione del foro, cioè dal metodo utilizzato e quindi dalla geometria del foro. La modalità di esecuzione del foro è stabilita dall'omologazione.

5.2.1 Procedimenti di foratura

I metodi più comuni di realizzazione di fori in calcestruzzo e muratura sono i seguenti:

- foratura a rotazione
- foratura a rotopercussione
- foratura con martello elettropneumatico
- foratura con corone diamantate.

Nella foratura a rotazione il foro viene realizzato con la semplice rotazione della punta, senza alcuna percussione (figura 5.2a). Mentre la punta gira l'operatore esercita una pressione sul trapano, in questa maniera il foro viene "intagliato" nel materiale del supporto. La foratura a rotazione viene effettuata soprattutto su supporti in materiale pieno a bassa resistenza (per esempio cemento spugno) e su mattoni forati. In questi materiali il foro deve essere eseguito sempre con sola rotazione in quanto con utensili

a rotopercussione il foro diventa più grande del necessario e, in caso di elementi forati, i setti si rompono compromettendo la tenuta del supporto (vedi punti 6.6.3 e 6.7). La foratura a rotopercussione (figura 5.2b) viene effettuata prevalentemente in materiali pieni a bassa resistenza, per esempio blocchetti pieni in muratura o calcestruzzo normale a bassa resistenza. Il foro viene realizzato mediante rotazione e contemporanea percussione, secondo il principio "ruotare + spingere + percussione". Nel trapano uno spallamento dentato imprime sul mandrino rotante una serie di percussioni e la contemporanea pressione dell'operatore spinge la punta nel materiale del supporto che viene in questo modo scavato. La foratura a rotopercussione si caratterizza per un'elevata frequenza e una bassa energia di percussione.

Nel caso di utilizzo di martelli elettropneumatici (figura 5.2c) il foro viene eseguito mediante rotazione e percussione. La differenza rispetto alla rotopercussione consiste nel fatto che la percussione è impressa da un dispositivo pneumatico. I colpi vengono impressi sul mandrino mediante un battente, che si comporta come un martello. La frequenza delle percussioni è assai inferiore rispetto alla rotopercussione, ma l'energia è assai più elevata. I martelli elettropneumatici trovano impiego prevalentemente in calcestruzzo.

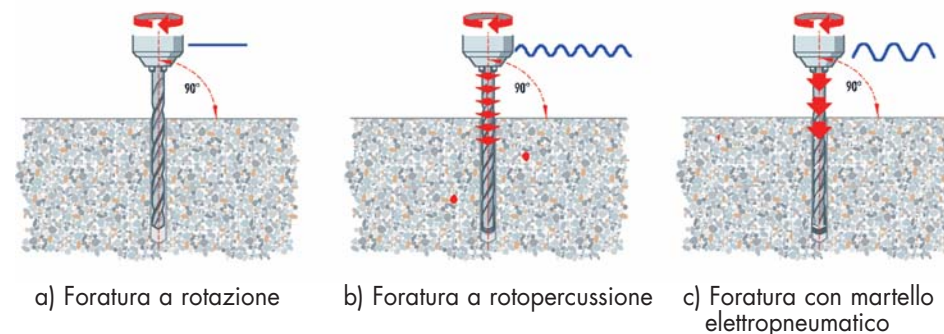


Fig. 5.2: metodi di foratura

I fori realizzati per il montaggio di tasselli devono rispettare determinate tolleranze. Queste sono garantite se le punte sono nuove e se riportano il marchio di approvazione dall'ente competente (Prüfgemeinschaft Mauerbohrer) (figura 5.3) che è impresso sul gambo della punta.



Fig. 5.3: marchio di approvazione della Prüfgemeinschaft Mauerbohrer e.V.

Le corone diamantate (figura 5.4) consentono di effettuare fori in assenza di vibrazioni. In questo caso si adoperano corone con taglienti contenenti piccoli frammenti di diamanti industriali in grado di asportare il materiale nel supporto (calcestruzzo). La foratura può essere effettuata sia a secco che su bagnato, ma sempre a sola rotazione senza percussione. Corone diamantate sono adoperate di norma per eseguire fori di grande diametro che devono presentare pareti lisce, particolarmente in calcestruzzo ad alta resistenza. Con queste corone è anche possibile forare le armature senza problemi. La realizzazione di fori mediante corone diamantate è tuttavia assai costosa e del resto, salvo alcune eccezioni, non è neppure consentita l'implementazione di tasselli. Per informazioni più precise si rinvia ai certificati di omologazione e alle informazioni sul prodotto fornite assieme ai tasselli.

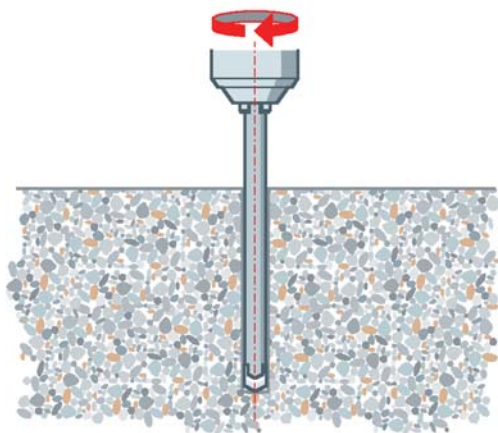


Fig. 5.4: corona diamantata

5.2.2 Forature errate

Si definiscono errate le forature che:

- sono state effettuate nel punto sbagliato
- per aver intercettato l'armatura non si sono potute eseguire a sufficiente profondità
- toccano un armatura impedendo il corretto montaggio del tassello

I tasselli non vanno implementati in forature errate, in questo caso occorre praticare un nuovo foro ad una distanza da quello errato non inferiore a quanto prescritto dal certificato di omologazione. Le regole generali per l'esecuzione di nuovi fori sono indicate in tabella 5.2.

Tipo di tasselli	distanza / intervento
Tassello in metallo ad espansione	> 2 x profondità del foro errato
Tassello in plastica	> 1 x profondità del foro errato e > 5 x diametro esterno del tassello
Ancorante chimico	cementazione del foro errato
Ancorante chimico espandente	> 2 x profondità del foro errato e cementazione dello stesso

Tab. 5.2: regole generali previste dai certificati di omologazione in relazione alla distanza tra fori errati e nuovi fori

Le regole precise vanno ricavate dai certificati di omologazione o dalle informazioni sul prodotto.

5.2.3 Determinazione approssimativa della natura del supporto

In mancanza di informazioni precise sulla natura del supporto o in presenza di un intonaco che non permette di riconoscere la stessa, con la tabella 5.3 si può effettuare una determinazione approssimativa del supporto.

avanzamento nella foratura (rotazione)	supporto	colore della polvere	materiale
lento continuo	muratura piena	grigio	calcestruzzo
		rosso	mattoni, Klinker
		bianco	Arenaria calcarea
veloce continuo		bianco	Calcestruzzo poroso
discontinuo	muratura forata	grigio	Blocchetto forato
		rosso	mattoni forati
		bianco	Arenaria calcarea forata

Tab. 5.3: determinazione approssimativa della natura del supporto

Per esempio, l'avanzamento discontinuo nella foratura a rotazione indica che si stanno forando le camere interne del mattone. Se inoltre la polvere del foro è grigia, il supporto è costituito da blocchetti forati.

5.2.4 Tipologie di montaggio

Nei fissaggi su manufatti preesistenti (post-installamento) si distingue tra montaggio non passante (figura 5.5a), montaggio passante (figura 5.5b) e montaggio distanziato (figura 5.5c).

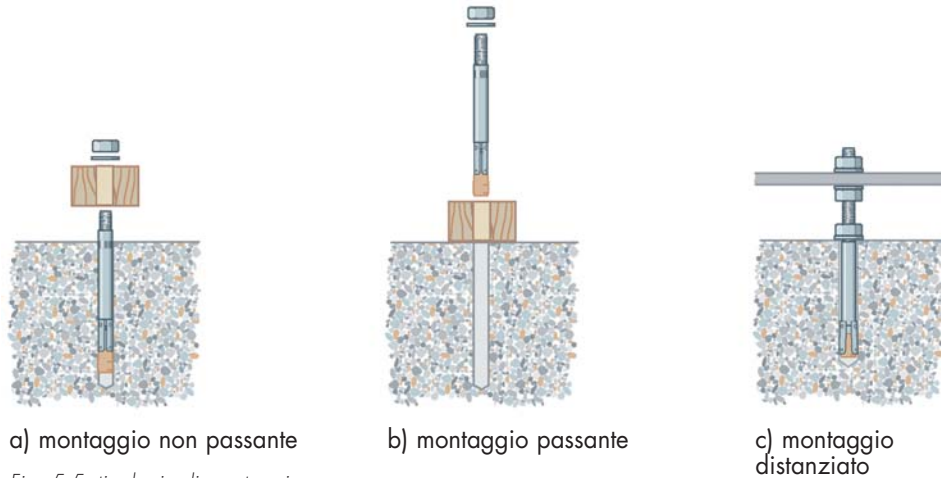


Fig. 5.5: tipologie di montaggio

Nel montaggio non passante (figura 5.5a) si segna anzitutto il punto di foratura, poi si esegue il foro, si posa il tassello, si posiziona l'elemento da fissare e lo si fissa mediante viti. In questo tipo di montaggio il diametro del tassello e quello del foro nel supporto non sono identici.

Nel montaggio passante (figura 5.5b) si posiziona l'elemento da fissare, si pratica il foro nel supporto attraverso il foro passante dell'elemento, si implementa il tassello nel supporto direttamente attraverso il foro nell'elemento e lo si monta senza più rimuovere l'elemento da fissare. Questo tipo di montaggio è raccomandato per l'ancoraggio di strutture pesanti e per fissaggi multipli. Col montaggio passante si evita di dover segnare esattamente in precedenza tutti i fori e si riducono le possibilità di forature errate.

Il montaggio distanziato viene spesso adottato per il fissaggio di elementi di facciata (figura 5.5c). In questo caso il punto di fissaggio si trova distanziato di una certa misura dal supporto. A questo scopo si impiegano tasselli con elevato spessore serrabile oppure barre filettate. Gli elementi di fissaggio vengono sottoposti ad una maggiore sollecitazione di flessione.

5.2.5 Montaggio dei tasselli

5.2.5.1 Generalità

Nel montare i tasselli occorre attenersi scrupolosamente a quanto specificato nel certificato di omologazione. In assenza di un tale certificato vanno seguite le istruzioni di montaggio.

Prima e durante il montaggio occorre prestare attenzione ai seguenti aspetti:

- **Supporto**
 - caratteristiche del supporto in loco (resistenza?)
 - dimensioni effettive della struttura che funge da supporto (spessore, larghezza, lunghezza?)
 - la scelta del tassello è corretta?
- **Tassello**
 - sono disponibili l'omologazione/il benessere tecnico europeo o le istruzioni di montaggio in loco?
 - numero e validità del certificato
 - verifica dello spessore serrabile (lunghezza utile) del tassello
 - il materiale del tassello (acciaio zincato/inossidabile) è idoneo all'impiego previsto?
- **Elemento da fissare**
 - lo spessore ed i fori dell'elemento da fissare rispondono all'omologazione?
- **Montaggio**
 - quale tipologia di foratura è prevista dal certificato di omologazione/dalle istruzioni di montaggio?
 - quale utensile elettrico (trapano) è idoneo?
 - quale punta (diametro del tagliente, lunghezza della punta) è idonea?
 - sono presenti armature nel supporto? Le armature si trovano nella zona prevista per il fissaggio?
 - quali utensili sono richiesti per il montaggio del tassello?
 - quale tipologia di montaggio è richiesta? E' possibile evitare la segnatura dei fori grazie al montaggio passante?
 - realizzazione dei fori ortogonalmente alla superficie del supporto nella profondità prevista dal certificato di omologazione o dalle istruzioni
 - eliminazione della polvere di trapanatura come previsto dal certificato di omologazione o dalle istruzioni

- implementazione e montaggio del tassello in base al certificato di omologazione o alle istruzioni
- montaggio dell'elemento da fissare in base al certificato di omologazione o alle istruzioni
- impiego di una chiave dinamometrica tarata
- verifica del fissaggio come previsto dal certificato di omologazione (eventualmente prove in loco)
- predisposizione e conservazione del verbale di montaggio come previsto dal certificato di omologazione
- conservazione del verbale di montaggio insieme alle altre documentazioni tecniche dell'opera per almeno cinque anni.

5.2.5.2 Tasselli in metallo ad espansione

I tasselli in metallo ad espansione sono realizzati in acciaio con zincature galvaniche (spessore $\geq 5 \mu\text{m}$) o in acciaio inossidabile e possono venir impiegati solo in calcestruzzo. Essi funzionano in base al principio della tenuta per attrito: il carico esercitato sul tassello viene trasmesso al supporto per attrito tra la boccia di espansione e la parete del foro.

I tasselli in metallo ad espansione si suddividono in tasselli a forza controllata e tasselli a controllo di spostamento.

5.2.5.2.1 Tasselli ad espansione a forza controllata

I tasselli ad espansione a forza controllata vengono ancorati al supporto serrando la vite o il dado con una forza ben definita, servendosi di una chiave dinamometrica tarata. In questo modo si induce nella vite o nel perno del tassello un pretensionamento ed il cono viene tirato nella boccia d'espansione o nei segmenti di espansione, allargandoli e premendoli contro la parete del foro (fig. 5.6). L'effetto di espansione si ha soltanto sull'altezza del cono.

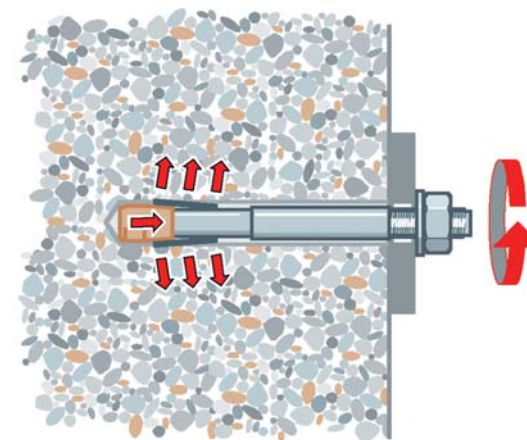


Fig. 5.6: funzionamento di un tassello ad espansione a forza controllata (tenuta per attrito tra la superficie esterna della boccia e la parete del foro)

Con i tasselli ad espansione a forza controllata le tolleranze del foro possono in certa misura venir compensate aumentando la penetrazione del cono nella boccia. La coppia di serraggio da applicare prescritta, serve per il controllo del corretto montaggio. I tasselli possono considerarsi montati regolarmente solo se nel montaggio si è applicata la coppia prevista, il tassello si è espanso e si è prodotto il necessario pretensionamento. Per questo motivo il serraggio va effettuato sempre con una chiave dinamometrica tarata. In mancanza di ciò il tassello non può venire caricato.

La coppia di serraggio svolge due importanti funzioni nei tasselli a forza controllata: essa garantisce il corretto funzionamento del tassello e consente di serrare saldamente l'elemento da fissare contro il supporto. I tasselli a forza controllata trasmettono al supporto le forze di trazione esterne principalmente tramite l'attrito tra la superficie esterna della boccia e la parete del foro. Se la forza esterna supera la forza di pretensionamento disponibile, il cono viene ulteriormente tirato nella boccia. Questo meccanismo consente di mantenere la tenuta del tassello e si definisce espansione secondaria.

Esempi di tasselli ad espansione a forza controllata sono l'ancorante Würth W-FAZ (tipo a perno con cono) (figura 5.7) e l'ancorante per carichi pesanti Würth W-HAZ (tipo a boccia) (figura 5.8), la cui posa è illustrata sinteticamente nelle immagini che seguono.

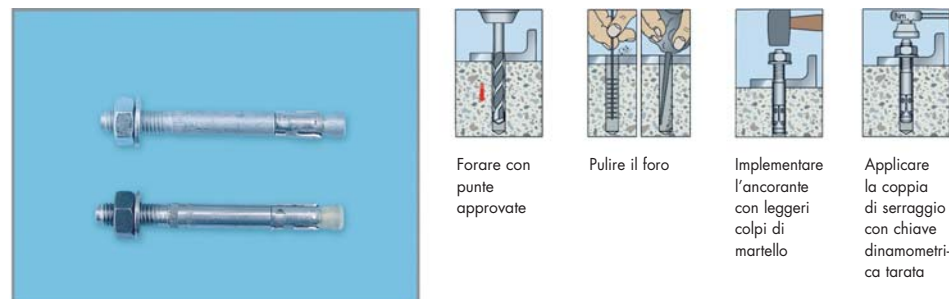


Fig. 5.7: montaggio passante con ancorante Würth W-FAZ/S

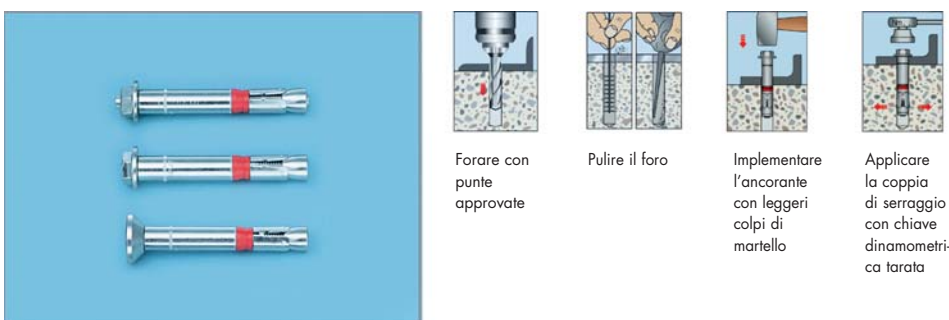


Fig. 5.8: montaggio passante con ancorante per carichi pesanti Würth W-HAZ

5.2.5.2.2 Tasselli ad espansione a controllo di spostamento

I tasselli ad espansione a controllo di spostamento (tasselli a percussione) sono delle boccole in acciaio con zincature galvaniche o in acciaio inossidabile con una filettatura interna. Con questo tipo di tasselli non sono possibili montaggi passanti. Essi vengono infatti montati percuotendo il cono all'interno della boccola con un particolare utensile. Le forze di trazione esterne vengono trasmesse al supporto prevalentemente per attrito (figura 5.9). L'effetto espandente è dovuto esclusivamente all'altezza del cono. I tasselli ad espansione a percorso controllato non sono soggetti ad espansione secondaria.

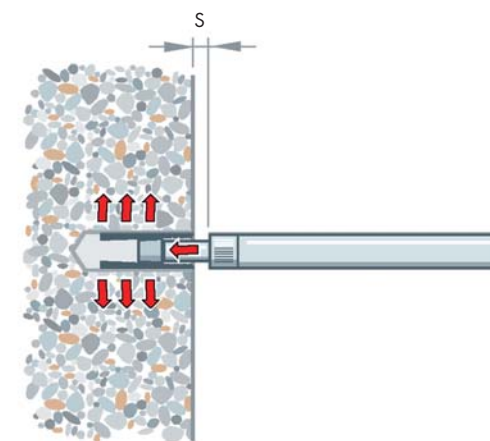


Fig. 5.9: funzionamento di un tassello ad espansione a controllo di spostamento (tenuta per attrito tra la superficie esterna della boccola e la parete del foro)

Nei tasselli a controllo di spostamento, la forza di espansione trasmessa dalla boccola alla parete interna del foro è assai maggiore di quella che si crea nei tasselli a forza controllata. Pertanto sono maggiori anche le distanze tra i tasselli e quelle dai bordi minime necessarie.

La tenuta dei tasselli a percussione è fortemente influenzata dalle tolleranze del foro e da espansioni non perfette. Pertanto nel montaggio di questi tasselli è particolarmente importante impiegare punte approvate, che rispettino le tolleranze costruttive prescritte. Inoltre occorre prestare particolare attenzione a rispettare la profondità del foro prescritta, in modo che la boccola risulti a filo con la superficie del calcestruzzo e la lunghezza della vite sia sufficiente a serrare l'elemento da fissare. Il tassello è correttamente montato se il colletto dell'utensile di espansione è aderente alla boccola. Un montaggio corretto è quindi garantito soltanto se si impiega l'utensile di posa specifico previsto per quel tassello. In particolare in calcestruzzo ad alta resistenza o con diametri dei fori vicini al limite di tolleranza inferiore è necessario un'alto numero di colpi di martello. Per questo vanno effettuati i necessari controlli di posa. Questi controlli vengono semplificati utilizzando un'utensile che punzona la circonferenza esterna del tassello che rende così visiva l'espansione corretta.

A sua volta, l'elemento da fissare è ancorato correttamente se la vite risulta serrata alla coppia di serraggio prevista e se l'elemento poggia saldamente sul supporto. A questo scopo va utilizzata una chiave dinamometrica tarata. Serrando con la coppia di serraggio prescritta si evita che durante il montaggio la boccola o la testa della vite possano rompersi.

La figura 5.10 mostra i tasselli a percussione Würth W-ED/S e W-ED/A4 con il relativo utensile di posa e illustra le varie fasi di montaggio.

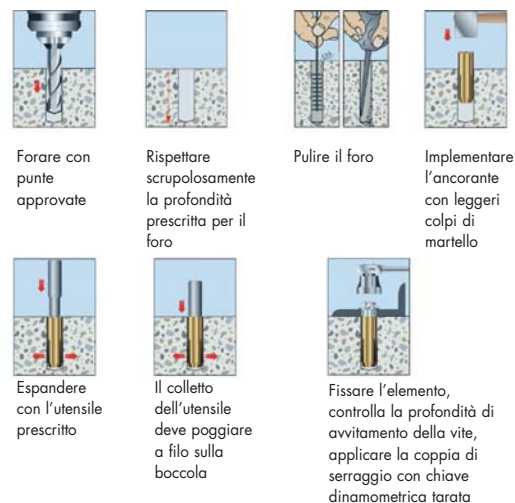


Fig. 5.10: montaggio non passante con tasselli a percussione Würth W-ED/S e W-ED/A4

5.2.5.3 Tasselli a variazione di forma (adattamento geometrico)

Nei tasselli a variazione di forma la tenuta si realizza tramite adattamento geometrico dei tasselli alla forma nel supporto. La figura 5.11 mostra come il carico viene trasmesso al supporto attraverso una specie di "radice" che garantisce la tenuta per forma.

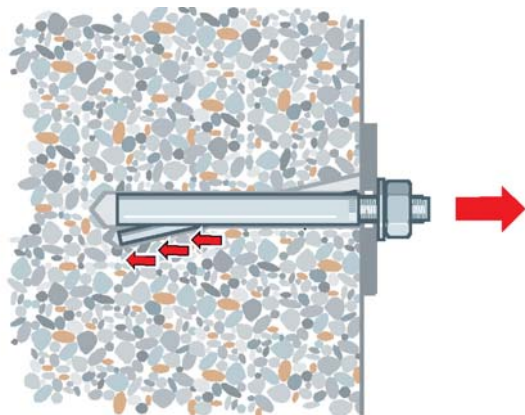


Fig. 5.11: trasmissione del carico per adattamento geometrico di forma

Il montaggio dell'ancorante è illustrato in figura 5.12. Nella prima fase d'intervento va realizzato un foro cilindrico. Dopo aver pulito il foro ed aver inserito il perno principale si realizza il foro per la spina di bloccaggio, obliqua rispetto al tassello. Dopo aver pulito anche questo foro si inserisce la spina fino a che essa si trovi a filo del supporto. Infine si posiziona l'elemento da fissare e si applica la pretensione sul dado. Al tensionamento la spina viene a premere contro la superficie d'appoggio. Alla posa non si creano sollecitazioni al supporto derivanti dall'espansione. Sollecitazioni vengono generate solamente dal serraggio del dado e dall'applicazione del carico, ma sono sensibilmente inferiori a quelle prodotte da tasselli a forza controllata o a controllo di spostamento.

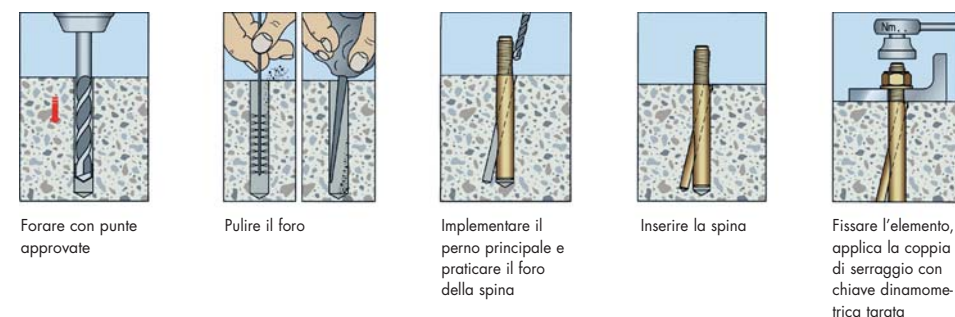


Fig. 5.12: montaggio dell'ancorante Würth W-WA

5.2.5.4 Ancoranti a vite

Avvitando gli ancoranti a vite nel calcestruzzo la filettatura dell'ancorante si taglia un percorso nel foro (fig. 5.13). Così carichi a trazione vengono trasferiti tramite diagonali compresse cioè tramite una dentatura meccanica (adattamento geometrico di forma) nel supporto (fig. 5.14).



Fig. 5.13: ancorante a vite e una filettatura tagliata nel calcestruzzo [50]

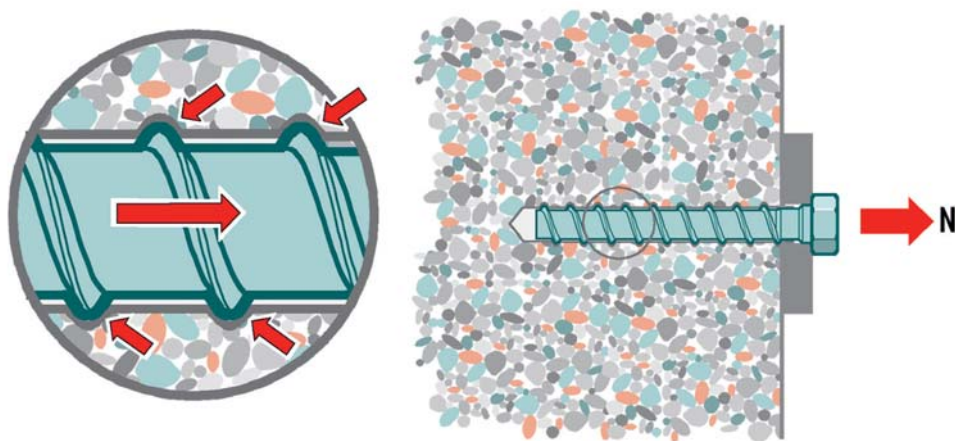


Fig. 14: trasferimento dei carichi dell'ancorante a vite [adattamento geometrico di forma]

Il comportamento di portata degli ancoranti a vite può essere comparato con il comportamento di portata dei ferri di armatura nervati. La filettatura dell'ancorante a vite ha una funzione simile ai nervi dei ferri di armatura nervati, cioè la trasmissione dei carichi. Ci sono però differenze chiari tra ancorante a vite e ferro di armatura nervato. Danneggiamenti o distaccamenti nella zona della filettatura tagliata nel calcestruzzo possono ridurre la dentatura meccanica.

Per poter posare l'ancorante a vite il diametro del nocciolo deve essere minore del diametro del foro.

Fig. 5.15 illustra il procedimento di montaggio di un ancorante a vite Würth W-SA.

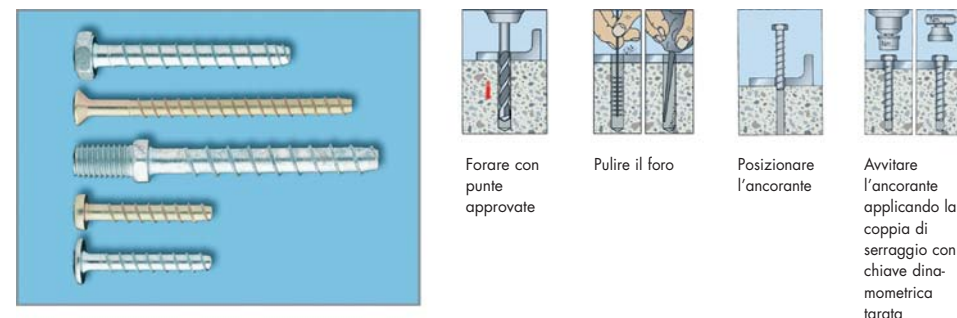


Fig. 5.13: montaggio di un ancorante a vite Würth W-SA

5.2.5.5 Tasselli per controsoffitti

I tasselli per controsoffitti servono a fissare controsoffittature leggere con peso massimo di 1 kN/m^2 su supporto in calcestruzzo. Si tratta in prevalenza di tasselli metallici ad espansione a forza o a percorso controllato, di dimensioni M6 ed M8 e con profondità di posa fino a 40 mm circa. Per il montaggio si procede analogamente ai sistemi descritti in precedenza.

Date le limitate dimensioni, i tasselli per controsoffitti presentano una zona di espansione ridotta. Pertanto è particolarmente importante impiegare per l'esecuzione del foro punte approvate.

Il corretto montaggio e quindi la corretta tenuta di tutti i tasselli vanno verificati eseguendo prove su un numero sufficiente di tasselli.

Spesso si impiegano per il fissaggio di controsoffitti anche viti per calcestruzzo. Vale in questo caso quanto specificato in precedenza.

5.2.5.6 Tasselli in plastica

I tasselli in plastica omologati vanno impiegati quali unità integrate, senza interscambiare le boccole in plastica e le relative viti speciali. La lunghezza, il diametro e la filettatura delle viti, fornite insieme al tassello, sono studiate per garantire la loro massima tenuta nel tassello. Un collare alla sua estremità impedisce inoltre che essa penetri eccessivamente nel foro. Inoltre sul tassello può essere indicata la profondità di posa minima, il tutto per evitare il più possibile errori di montaggio. Durante il montaggio la temperatura del supporto non deve mai scendere sotto i 0°C .

I tasselli in plastica si possono suddividere, per quanto riguarda i campi di impiego, in sistemi per fissaggio in calcestruzzo, in muratura piena o muratura forata. Essi sono costituiti da una boccola con sezioni espandenti e da una vite in acciaio (figura 5.16). Ci sono poi tasselli espandenti a percussione che al posto di una vite sono dotati di un

chiodo (figura 5.17). Questi ultimi tuttavia non sono omologati. La sezione espandente dei tasselli in plastica è fessurata ed è dotata di alette che impediscono che il tassello ruoti assieme alla vite durante il montaggio e lo smontaggio.

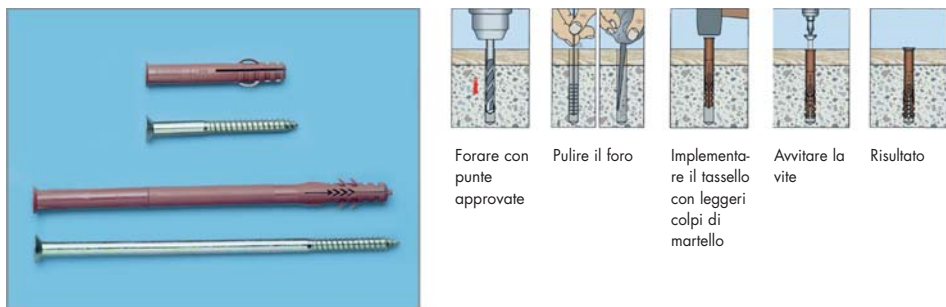


Fig. 5.16: montaggio del tassello per serramenti Würth VVE, destinato a fissaggi in calcestruzzo

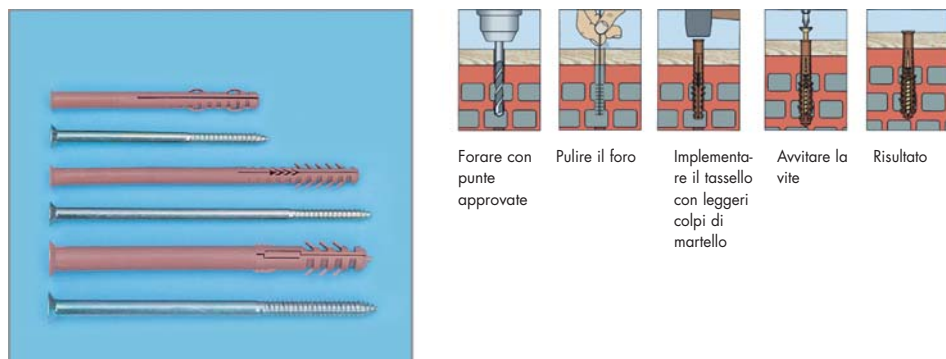


Fig. 5.17: montaggio dei tasselli per serramenti Würth VVD 10 e HBR 14, destinati a fissaggi in muratura

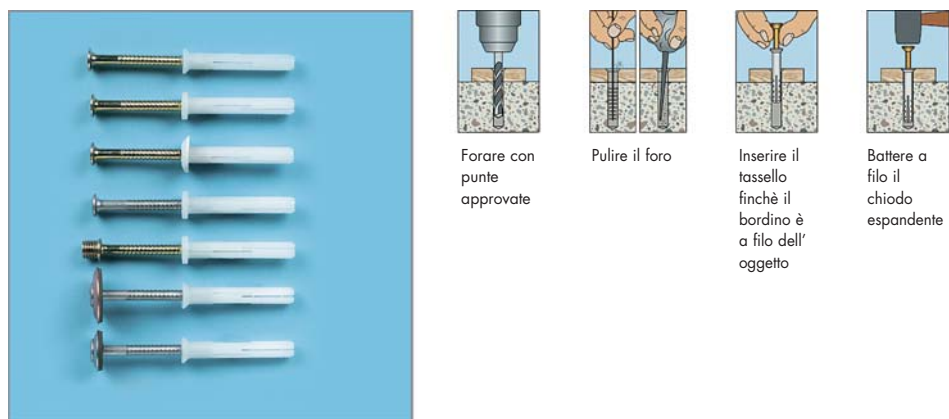


Fig. 5.18: Tasselli a chiodo Würth per fissaggi in calcestruzzo e muratura

Il tassello viene espanso avvitando la vite (figura 5.14, figura 5.17) o percuotendo il chiodo (figura 5.18). La vite o il chiodo vanno inseriti a filo nel tassello, in modo che la vite taglia un filetto nella plastica e la preme contemporaneamente contro la parete. Sulle murature piene (calcestruzzo, blocchetti pieni) i tasselli si ancorano per attrito sulla parete, in quanto, per la sua durezza inferiore a quella del calcestruzzo, il materiale plastico del tassello non è in grado di comprimere il materiale del supporto. Su murature forate i tasselli si ancorano del pari per attrito. La superficie esterna dei tasselli si espande attorno ai setti interni del supporto, aumentando in misura limitata la tenuta del tassello. Per consentire al tassello di esercitare una pressione sui setti, la sezione espandente viene di volta in volta adattata alla configurazione dei fori.

Su murature forate i fori vanno eseguiti sempre e soltanto a rotazione e senza percussione, altrimenti l'elevata energia della percussione provocherebbe la rottura dei setti riducendo sensibilmente così la successiva tenuta dei tasselli.

5.2.5.7 Ancoranti chimici

L'utilizzo di ancoranti chimici è legato ad un'intero sistema: delle barre o delle bussole filettate vengono inserite in un foro previamente riempito di una resina speciale. Non sono qui possibili montaggi passanti.

Innanzitutto si distingue tra fissaggi su muratura piena e muratura forata.

Su calcestruzzo la profondità di posa degli ancoranti chimici è pari a circa 8-10 volte il diametro della barra. La tenuta è dovuta all'incollaggio della parte metallica sulla parete del foro (figura 5.19). Questo tipo di ancoraggio si definisce fissaggio chimico. I carichi di trazione vengono trasmessi al supporto attraverso la resina indurita ed elemento metallico, oppure tra resina indurita e parete del foro.

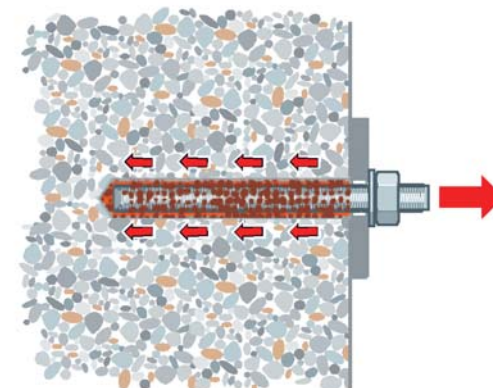


Fig. 5.19: trasmissione dei carichi in un'ancorante chimico

Gli ancoranti chimici vengono distinti tra sistemi a fiala e sistemi ad iniezione. L'indurimento della massa dipende dalla sua composizione chimica e dalla temperatura del supporto. Tra la posa dell'ancorante e l'applicazione del carico, a seconda del tipo di resina utilizzata, occorre aspettare da 20 a 45 minuti con temperature del supporto comprese tra 10 e 20°C, mentre se si effettua la posa alla temperatura minima prevista di -5°C occorre aspettare diverse ore. Per informazioni più dettagliate si rinvia ai certificati di omologazione e alle istruzioni di montaggio, che sono riportate sinteticamente anche sulle cartucce.

Una buona tenuta tra il calcestruzzo e la resina è garantita soltanto se l'ancorante è stato montato attenendosi scrupolosamente alle istruzioni di montaggio. In particolare va prestata attenzione alla pulizia del foro.

Nel posare ancoranti chimici non si inducono forze espandenti nel supporto. Queste vengono tuttavia generate solamente dalla pretensione ed applicazione del carico. In ogni caso le forze espandenti esplicate sono assai inferiori a quelle esercitate da tasselli ad espansione in metallo. In questo modo, nel montaggio sono sufficienti interassi e distanze dai bordi nonché spessori dei supporti minimi.

Per fissaggi in muratura forata si impiegano sempre ancoranti ad iniezione. In caso di muratura piena la trasmissione dei carichi avviene come per il calcestruzzo (figura 5.19). Su muratura forata invece la resina iniettata nelle camere trasmette i carichi prevalentemente in seguito ad un adattamento geometrico nei setti (figura 5.20).

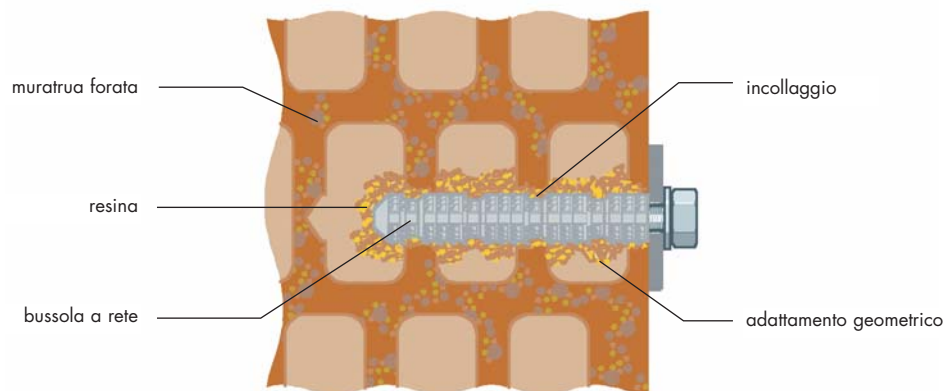


Fig. 5.20: fissaggio di ancoranti chimici ad iniezione su muratura forata (adattamento geometrico e chimico)

5.2.5.7.1 Ancoranti chimici - sistemi a fiala

Gli ancoranti chimici a fiala sono destinati all'impiego in calcestruzzo non fessurato e sono disponibili nelle versioni in acciaio zincato e in acciaio inossidabile. Essi sono costituiti da una barra filettata o da una bussola filettata tagliata obliquamente all'estremità e riportante le tacche di posa, nonché da una fiala di vetro, quest'ultima contenente la resina, l'induritore (catalizzatore) ed una carica di quarzo, in percentuali predefinite. Per ogni ancoraggio va utilizzata una fiala. Le modalità di montaggio sono illustrate sinteticamente in figura 5.21.

La fiala viene introdotta nel foro accuratamente pulito, quindi si inserisce la barra filettata fino alla profondità richiesta servendosi di uno speciale adattatore ed un martello elettropneumatico impostato a rotopercolazione. In questo modo la fiala si rompe, la resina e le cariche vengono mescolate e compattate e l'interstizio tra la barra filettata e la parete del foro viene completamente riempito. La fiala contiene una quantità di resina sufficiente a debordare dal foro se si inserisce la barra filettata alla profondità prescritta. L'estrusione della resina conferma che il foro è completamente riempito e che la barra è stata introdotta alla profondità corretta.

Trascorsi i necessari tempi di indurimento, si può posizionare l'elemento da fissare e serrare il dado alla coppia di serraggio prevista servendosi di una chiave dinamometrica tarata.

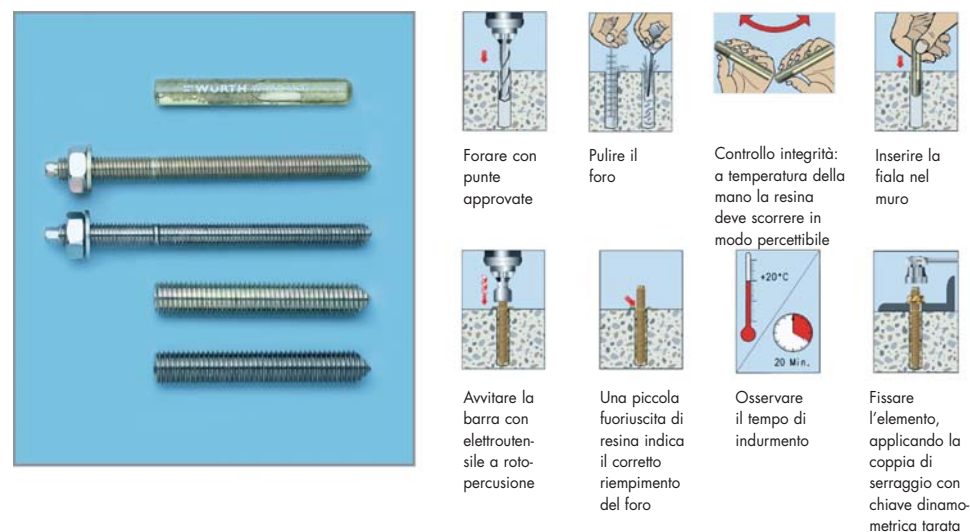


Fig. 5.21: montaggio non passante di un'ancorante Würth W-VD in calcestruzzo non fessurato

5.2.5.7.2 Ancoranti chimici per calcestruzzo fessurato

Gli ancoranti chimici tradizionali sono poco adatti all'impiego in calcestruzzo fessurato, ove si trasmettano al supporto prevalentemente carichi di trazione (vedi punto 6.4.4). Per impiego in calcestruzzo fessurato si è però sviluppato un'ancorante specifico.



Fig. 5.22: barra conica per ancorante chimico ad espansione

Il sistema di ancoraggio illustrato in figura 5.22 è costituito da un perno con più coni che viene ancorato in fori cilindrici mediante iniezione di resina.

In questo tipo di ancoraggio, all'aumentare del carico, i coni vengono tirati nella resina che agisce da guscio espandente. Vengono così generate forze di espansione tra il guscio di resina e la parete del foro e quindi attriti sufficienti a trasmettere la forza di trazione nel supporto senza coinvolgere l'ancoraggio per incollaggio. Le forze espandenti sono inferiori a quelle prodotte dai normali tasselli ad espansione, rendendo così possibili distanze tra i tasselli e distanze dai bordi inferiori a quelli dei tasselli ad espansione.

La posa degli ancoranti chimici ad espansione (fig. 5.2.2) va effettuata con simili a quelle modalità prescritte per gli ancoranti ad iniezione (vedi figura 5.23).

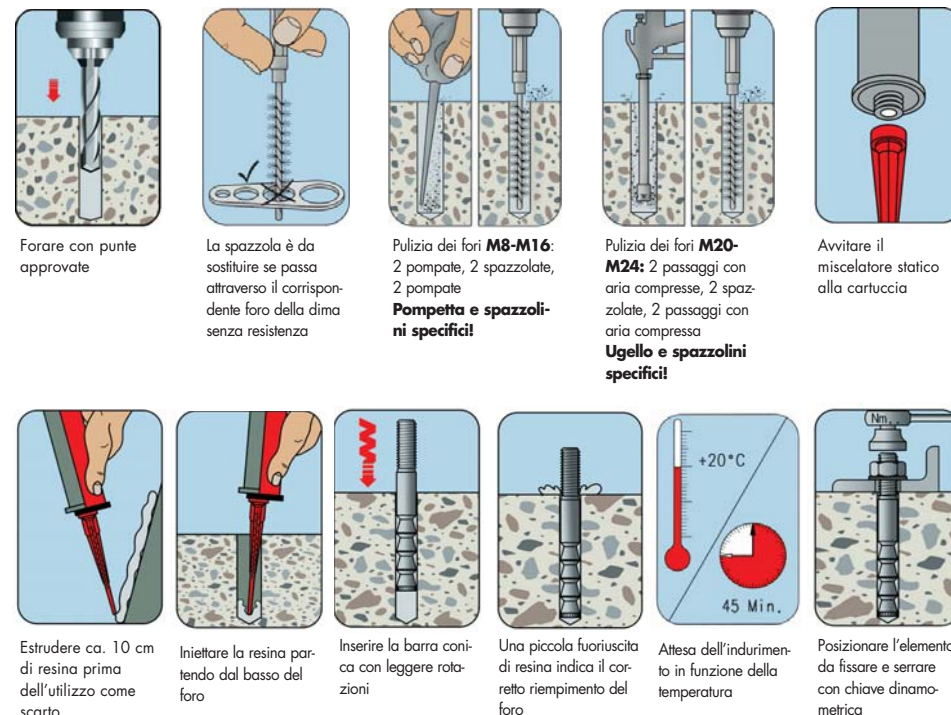


Fig. 5.23: montaggio di un'ancorante chimico ad espansione Würth

5.2.5.7.3 Ancoranti chimici – sistemi di iniezione

I sistemi di iniezione Würth sono previsti per l'utilizzo in calcestruzzo non fessurato e per muratura con mattoni pieni e forati.

Sistemi di iniezione sono in gran parte sistemi bicomponenti. Una cartuccia in alluminio contiene specifiche quantità di resina e dell'indurente. Fig. 5.24 mostra le componenti ed il procedimento di montaggio di un sistema di iniezione senza bussola a rete. La resina e l'indurente vengono estrusi dalla cartuccia tramite un'apposita apparecchiatura accordata alla cartuccia ed un miscelatore speciale. Dopodiché viene inserita la barra o la bussola con filettatura interna ruotandola leggermente per migliorare il contatto tra elemento di ancoraggio e resina. Durante l'inserimento della barra o della bussola non si devono formare bolle d'aria nella resina. Questo viene evitato cominciando ad iniettare la resina dal fondo del foro e badando che la punta del iniettore durante l'iniezione sia sempre affondata nella resina. Altrimenti la capacità di portata dell'ancorante diminuisce notevolmente.

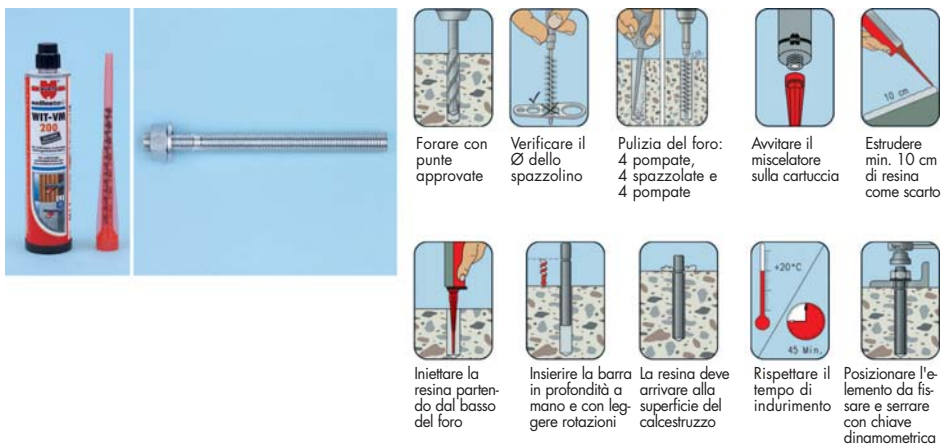


Fig. 5.24: montaggio non passante di un ancorante Würth WV-VI/S in calcestruzzo non fessurato

Il sistema di iniezione illustrato in figura 5.25 è costituito da una bussola a rete in plastica, da una barra filettata con un dado ed una rondella di centraggio ovvero da una bussola con filettatura interna nonché da cartucce ad iniezione di resina organica. Questo tipo di ancoraggio è omologato per la posa in muratura cava. La bussola a rete viene introdotta nel foro a filo della superficie del supporto e quindi riempita interamente con resina. Si inserisce quindi a mano la barra filettata fino al fondo della bussola a rete, o la bussola filettata a filo della superficie del supporto. In questa operazione la resina viene spinta attraverso le maglie della bussola a rete, raggiunge le camere dei mattoni perforate e stabilisce così una dentatura con il supporto. Il montaggio dell'elemento da fissare può essere effettuato dopo l'indurimento della resina.

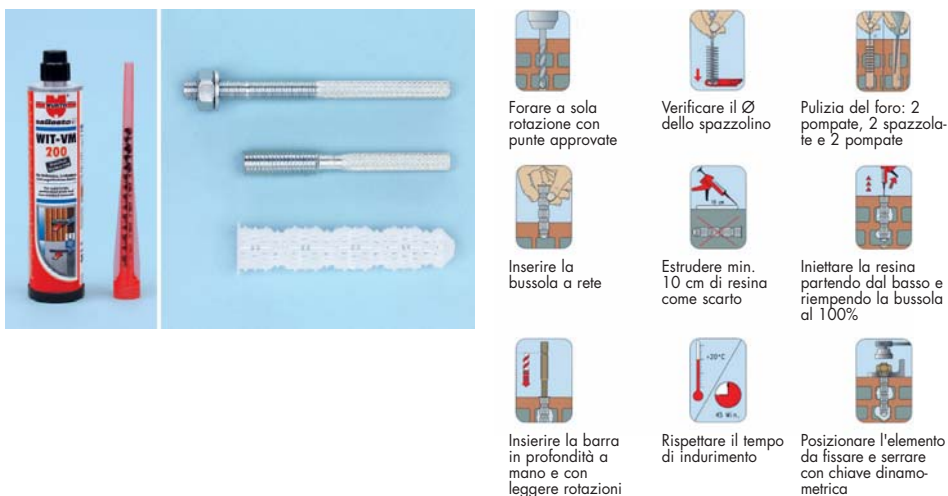


Fig. 5.25: montaggio non passante di un ancorante Würth WIT-VM 200 in muratura

5.2.5.8 Tasselli speciali

La maggioranza dei tasselli speciali viene utilizzata in campo edile per applicazioni per le quali non è prevista un'omologazione. In questo campo la Würth propone tutta una serie di tasselli specifici in plastica, a chiodo, speciali per lattoneria, per installazioni elettriche, termiche e sanitarie, per il montaggio di serramenti, per il fissaggio di rivestimenti coibentanti e per numerosi altri impieghi edili.

La varietà di tasselli speciali disponibili non ne consente una descrizione dettagliata in questo manuale. Per informazioni più precise si raccomanda quindi di ricorrere alla consulenza degli esperti Würth.

5.2.6 Regole generali per il montaggio

Prima di acquistare ed utilizzare il prodotto, consigliamo che l'operatore si informi sulla scelta più idonea, esaminando i dati del fabbricante e le prescrizioni dei certificati di omologazione. I certificati riportano alcuni elementi particolarmente importanti ai fini del montaggio:

- Dal frontespizio del certificato di omologazione si ricavano i seguenti dati:
 - Numero del Benestare Tecnico Europeo (ETA)
 - Nome del richiedente (produttore del tassello)
 - Oggetto dell'ETA (tassello, nome del prodotto)
 - Validità dell'ETA (i prodotti la cui omologazione è scaduta non vanno utilizzati per fissaggi rilevanti ai fini della sicurezza).
- Disposizioni particolari:
 - oggetto dell'omologazione e campo di applicazione
 - descrizione del prodotto nei suoi componenti e nel suo funzionamento
 - verifica della rispondenza del tassello alla descrizione
 - descrizione del campo di impiego: calcestruzzo non fessurato, calcestruzzo fessurato e non fessurato, resistenza del calcestruzzo o della muratura
 - verifica della possibilità di impiegare il tassello nel supporto descritto
 - condizioni climatiche: interni asciutti (acciaio zincato), interni umidi (per esempio acciaio A4), esterni (per esempio acciaio A4 o acciaio HCR)
 - verifica dell'idoneità nel materiale del tassello allo scopo previsto.
 - Disposizioni per il tassello:
 - per le sue caratteristiche e la composizione il tassello deve rispondere ai disegni e ai dati del certificato di omologazione
 - verifica della corrispondenza.

- Imballaggio, stoccaggio e contrassegnazione:
 - il tassello può essere confezionato e fornito solo quale unità completa
 - verifica della presenza del contrassegno “CE” e degli altri marchi o contrassegni richiesti (per esempio W - FAZ, M12, A4).
- Disposizioni relative alla progettazione e al dimensionamento:
 - per il dimensionamento va adattato esclusivamente il procedimento previsto dall'ETA.
- Disposizioni per la posa:
 - il tassello va utilizzato esclusivamente quale unità completa. I singoli componenti non vanno scambiati. La natura e la resistenza del supporto vanno verificate prima della posa.
 - verifica della rispondenza del supporto agli utilizzi previsti dall'ETA (per esempio calcoli statici).
- Esecuzione del foro:
 - va utilizzato esclusivamente il metodo di foratura prescritto (a rotoperussione o rotazione) con l'utensile prescritto (per esempio punta con battuta) contrassegnata col marchio della Prüfgemeinschaft Mauerbohrer e.V. Remscheid
 - verifica della presenza del marchio sulla punta
 - le armature non vanno intercettate o danneggiate
 - la polvere di foratura va scrupolosamente rimossa
 - in caso di errata foratura vanno realizzati fori nuovi alle distanze previste dall'ETA.
- Posa del tassello:
 - il foro va realizzato ortogonalmente alla superficie del calcestruzzo
 - va rispettata la profondità di foratura prescritta dall'ETA
 - il tassello va montato servendosi degli utensili di posa prescritti (chiave dinamometrica, utensile a percussione)
 - va verificata la regolarità dell'ancoraggio secondo le indicazioni dell'ETA (per esempio prova con chiave dinamometrica).
- Verifica dell'esecuzione:
 - durante la realizzazione dell'ancoraggio deve essere presente in cantiere il tecnico responsabile della posa o altra persona competente incaricata dallo stesso. Detta persona risponde della regolare esecuzione dei lavori
 - va redatto un verbale di posa
 - questi verbali vanno conservati per almeno cinque anni dopo la conclusione dei lavori.

6.1 Generalità

Con il termine di comportamento di portata non si intende soltanto la trasmissione del carico nel supporto, ma anche la resistenza dell'elemento ancorante alle sollecitazioni esterne (trazione assiale, a taglio, obliqua). La flessione si può trascurare se l'elemento di fissaggio soddisfa le seguenti condizioni:

- l'elemento da fissare è in metallo e poggia completamente sul supporto senza interposizione di altri elementi
- l'elemento da fissare è perfettamente a contatto col tassello
- il foro passante nell'elemento da fissare non supera i valori ammissibili di diametro di secondo [Bibliografia 8 e 42] (vedesi Tab. 5.1).

6.2 Tasselli a variazione di forma e tasselli in metallo ad espansione

6.2.1 Sollecitazione a trazione assiale in calcestruzzo non fessurato

Sistemi di ancoraggio trasmettono i carichi esterni nel supporto attraverso i meccanismi di ancoraggio elencati e descritti al capitolo 6.

Siccome in questo modo il calcestruzzo viene sollecitato a trazione, in molti casi il cedimento dell'ancoraggio è dovuto al superamento della resistenza alla trazione del calcestruzzo. Per effetto della trazione si stacca dalla struttura un frammento di calcestruzzo di forma conica con un angolo di spoglia di circa 35° (Fig. 6.1).

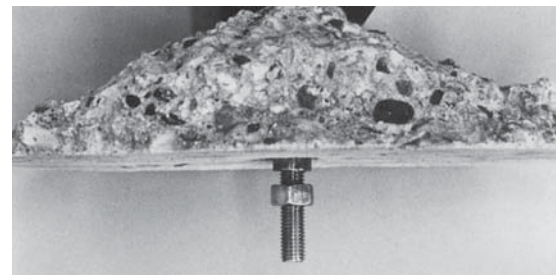


Fig. 6.1: cono di rottura del calcestruzzo con un tassello a variazione di forma sollecitato a trazione

Si possono inoltre verificare anche le tipologie di cedimento illustrate in figura 6.2.

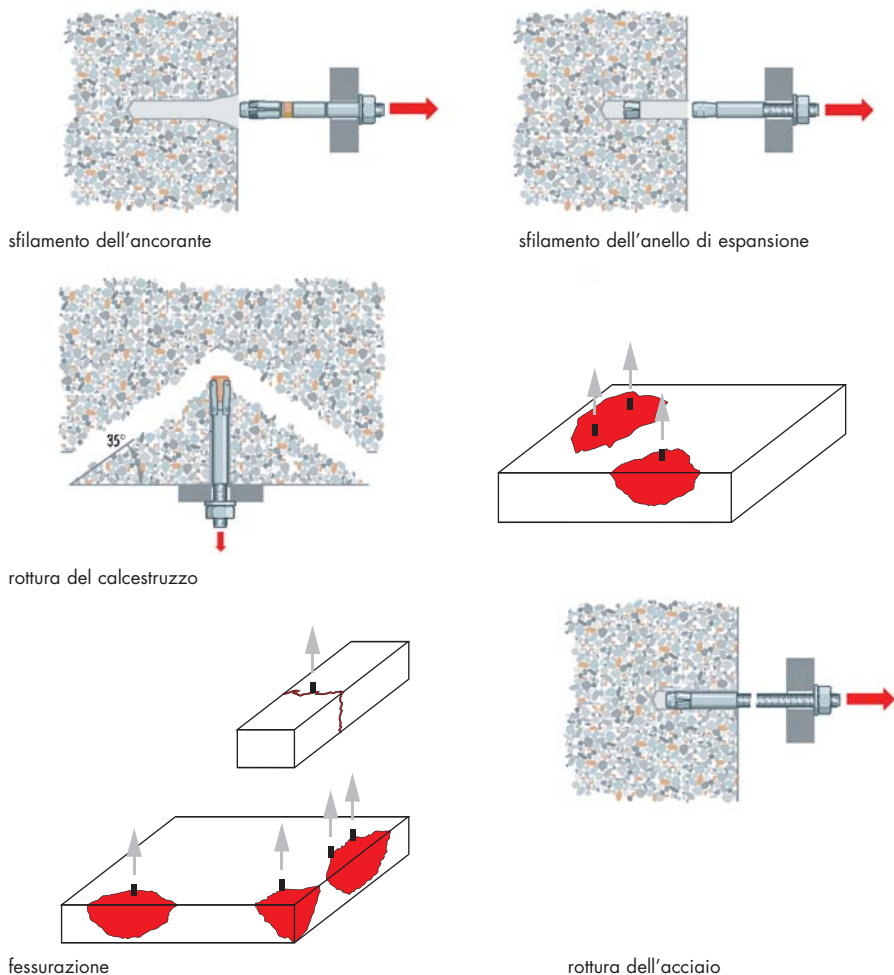


Fig. 6.2: tipologie di cedimento in caso di sollecitazione a trazione

■ Sfilamento dell'ancorante

Questo tipo di cedimento si verifica quando le forze di attrito esistenti tra la boccia espandente e la parete del foro sono inferiori alle forze di trazione esterne, in questo caso il tassello viene sfilato dal foro. Durante lo sfilamento può verificarsi anche un danneggiamento del calcestruzzo in prossimità della superficie. In caso di tasselli ad espansione a percorso controllato questa tipologia di cedimento può verificarsi solo se il cono non è correttamente penetrato nella boccia e

pertanto la forza di espansione presente non è sufficiente a mantenere il tassello nella sua posizione fino al raggiungimento del carico di rottura del calcestruzzo. In caso di tasselli ad espansione a forza controllata una rottura di questo tipo può invece verificarsi se nel tassello non avviene l'espansione secondaria. Superato il limite della tenuta per attrito, un certo carico può essere ancora sopportato dall'attrito radente, che dipende in essenza dalla scabrezza della parete del foro. Dato che però questa resistenza dipende in larga misura dal caso (per esempio sistema di foratura prescelto, scabrezza del supporto) e pertanto non è quantificabile, di essa non si tiene conto nelle prove di omologazione per i tasselli ad espansione a forza controllata.

In caso di ancoranti con perno filettato e di tasselli a variazione di forma, questo tipo di cedimento si può anche verificare se l'indentamento meccanico del tassello nelle pareti del foro è insufficiente.

■ Sfilamento dell'anello di espansione

Nei tasselli ad espansione a forza controllata funzionanti correttamente può accadere che l'anello di espansione venga sfilato attraverso la boccia, mentre quest'ultima rimane nel foro. In questo caso si parla di sfilamento dell'anello di espansione.

Lo sfilamento dell'anello di espansione è un tipo di cedimento che può verificarsi nei tasselli a forza controllata, nei quali non dovrebbe invece verificarsi uno sfilamento dell'ancorante.

■ Rottura del calcestruzzo

Il cedimento del calcestruzzo si verifica quando, in presenza di una trazione assiale sul tassello, si supera la forza di trazione che il calcestruzzo può sopportare in quel punto. In caso di tasselli ad espansione ciò avviene quando la forza di attrito tra la parete del foro e la boccia espandente è maggiore della resistenza puntuale alla trazione del calcestruzzo. Ciò significa che la forza di espansione di un tassello deve essere sufficiente ad ancorarlo in modo che un eventuale cedimento si verifichi prima nel calcestruzzo.

Questo tipo di cedimento si osserva anche in caso di tasselli a variazione di forma o di ancoranti con perno filettato, se la superficie di tenuta meccanica, cioè la superficie di appoggio della spina, è sufficientemente grande.

Il cedimento di tasselli ad espansione a percorso controllato correttamente posati avviene prevalentemente per rottura del calcestruzzo, a causa della profondità di posa, di norma limitata, e delle forze di espansione relativamente elevate.

Il cono di rottura presenta un angolo di spoglia di circa 35° rispetto alla superficie del calcestruzzo. Tenendo conto di quest'angolo, con distanze dai bordi $\geq 1,5 h_{ef}$ (h_{ef} = profondità effettiva di posa) e interassi $\geq 3 h_{ef}$ non hanno influenza sul cedimento del tassello eventuali spigoli o tasselli adiacenti.

■ Fessurazione

La fessurazione del calcestruzzo in presenza di un elemento ancorante sollecitato a trazione si verifica di norma soltanto se le dimensioni del supporto o le distanze dai bordi o gli interassi sono inferiori ai valori previsti dal certificato di omologazione, cioè sono troppo ridotti.

■ Rottura dell'acciaio

Per cedimento dell'acciaio si intende la rottura del perno, della vite o della boccia di un'ancorante sollecitato a trazione. Il cedimento dell'acciaio indica il limite massimo di portata del tassello. Un cedimento di questo tipo può verificarsi in casi di presenza di elevate profondità di posa e con tasselli posati in calcestruzzo a elevata resistenza. A profondità di posa normali di regola si verifica prima la rottura del calcestruzzo o lo sfilamento dell'anello di espansione.

Ciascuno dei cedimenti sin qui descritti si caratterizza per un comportamento differente (Fig. 6.3)

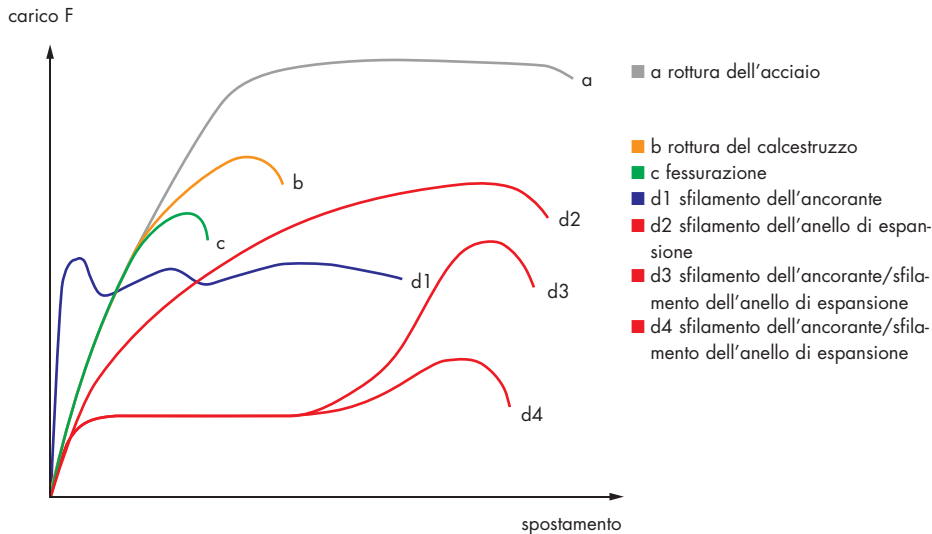


Fig. 6.3: curve teoriche carico/spostamento di tasselli sollecitati a trazione in presenza di diverse tipologie di cedimento [Bibliografia 46]

Considerando il tipo di cedimento "rottura del calcestruzzo", nel calcestruzzo non fessurato il carico di rottura massimo si raggiunge se l'elemento ancorante non è influenzato dalla vicinanza di bordi o altri tasselli. Ciò si spiega col fatto che può venire a crearsi uno stato di tensione indisturbato e simmetrico di trazione.

La valutazione di numerosi esperimenti ha dimostrato che i carichi massimi medi, in caso di cedimento del calcestruzzo, crescono proporzionalmente con $h_{ef}^{1,5}$ (figura 6.4) e $\sqrt{f_{cc}}$ (fig. 6.5). Il tipo di tassello non influenza in maniera rilevante la tenuta. Il carico massimo medio si ha per

$N_{u,c}^0 = k_1 \cdot h_{ef}^{1,5} \cdot \sqrt{f_{cc,200}}$	[N]	(7.1)
k_1	= 13,5 in $N^{0,5}/mm^{0,5}$ (tassello metallico)	
h_{ef}	= profondità di posa in mm	
$f_{cc,200}$	= resistenza alla compressione di un provino cubico di calcestruzzo di 200 mm di spigolo in N/mm^2	

carico di rottura del calcestruzzo

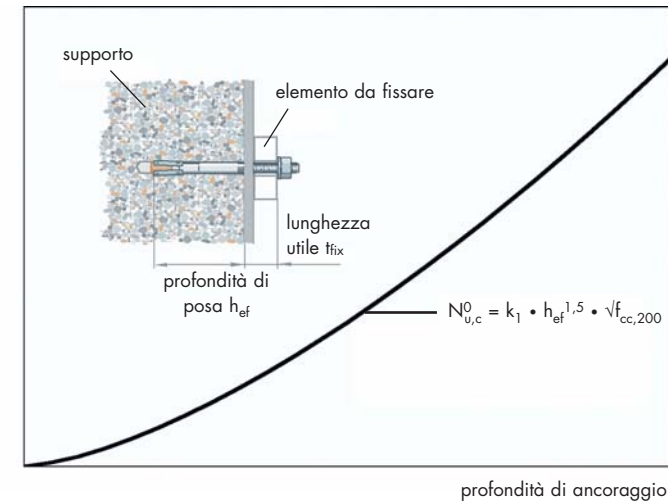


Fig. 6.4: carico di rottura del calcestruzzo con tasselli ad espansione metallici e tasselli a variazione di forma sollecitati a trazione assiale in funzione della profondità di posa (secondo [Bibliografia 46])

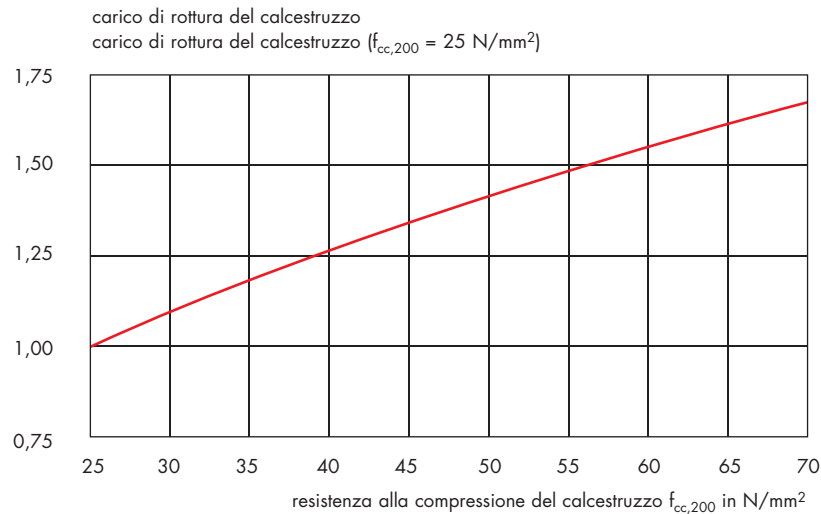


Fig. 6.5: incremento del carico di rottura del calcestruzzo con tasselli ad espansione metallici e tasselli a variazione di forma sollecitati a trazione assiale in funzione della resistenza alla compressione del calcestruzzo

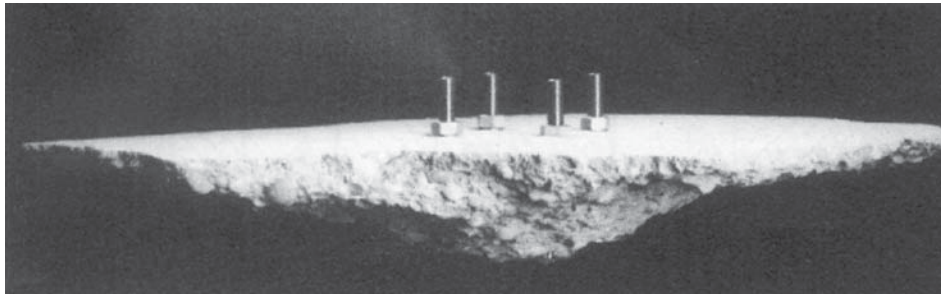


Fig. 6.6: cono di rottura del calcestruzzo in un fissaggio quadruplo [Bibliografia 68]

Empiricamente si è dimostrato che l'inclinazione del cono di rottura è di circa 35° , vale a dire che il diametro del cono è pari a circa tre volte la profondità di posa. Da ciò deriva un interasse critica pari a $s = 3 h_{ef}$, alla quale non viene a crearsi sovrapposizionamento dei coni e quindi un reciproco influenzamento dei tasselli. Se la distanza fra i tasselli è inferiore, i coni di rottura si sovrappongono e il carico complessivo risultante per il gruppo è inferiore al valore massimo. Nel valutare il tipo di cedimento "rottura del calcestruzzo", si tiene conto della diversità delle dimensioni del cono di rottura in funzione dell'interasse adottando il procedimento CC (figura 6.7). In questo procedimento la superficie proiettata di rottura del calcestruzzo di un gruppo A viene raffrontata con la superficie proiettata di rottura di un singolo fissaggio

gio A^0 . Questo rapporto A/A^0 moltiplicato per il carico di rottura del calcestruzzo di un singolo fissaggio (a distanza non critica dai bordi) dà il carico complessivo del gruppo. In figura 6.8 è illustrato l'incremento del carico di rottura del calcestruzzo di un fissaggio quadruplo simmetrico all'aumentare degli interassi. A partire da interassi $s \geq 3 h_{ef}$, non vi sono ulteriori incrementi del carico, si verificano cioè quattro rotture distinte.

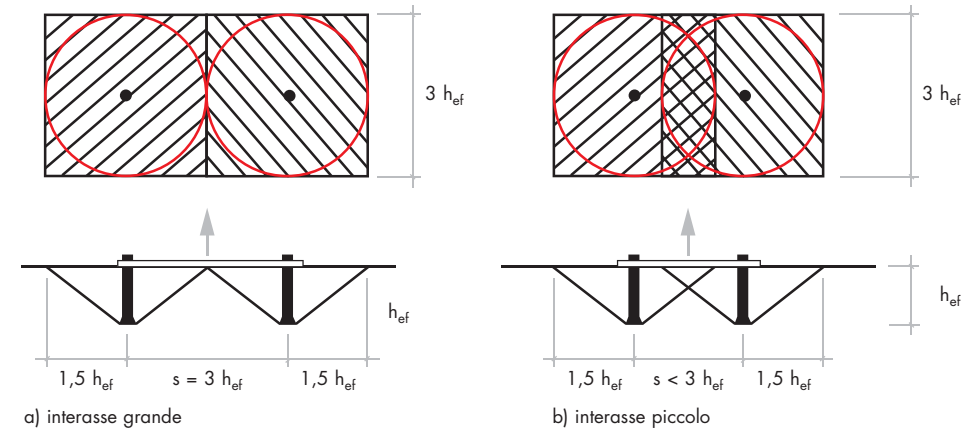


Fig. 6.7: influenza dell'interasse sulla forma del cono di rottura, secondo [Bibliografia 44]

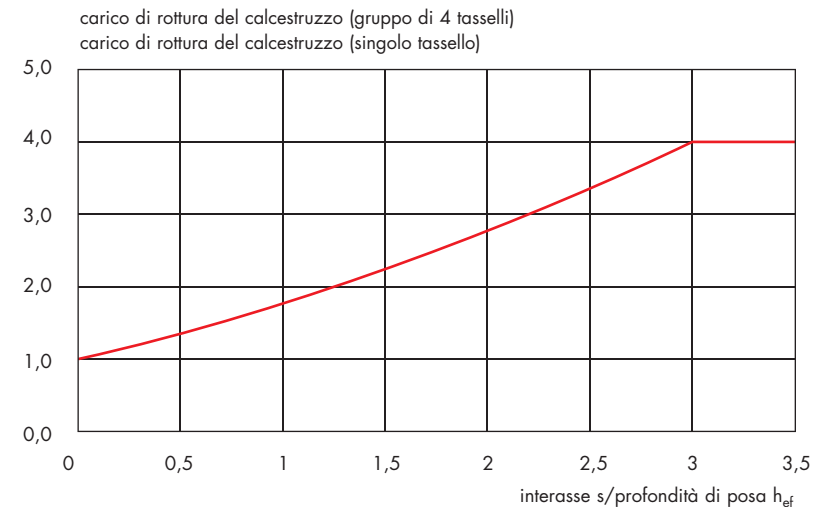


Fig. 6.8: carico di rottura del calcestruzzo con fissaggio quadruplo rispetto al carico di un fissaggio singolo in funzione dell'interasse

Se il tassello viene posato a una distanza dal bordo inferiore al valore critico $c = 1,5 h_{ef}$, il suo carico massimo si riduce. Le dimensioni del possibile cono di rottura diminuiscono rispetto a quelle del cono che viene a crearsi in caso di cedimento lontano dal bordo (figura 6.9 e figura 6.10). Inoltre a causa della presenza del bordo non viene più a crearsi uno stato di tensione simmetrico di rotazione.

Quanti più bordi ci sono e/o quanto più vicino ai bordi si trova il tassello considerato, tanto maggiore è la riduzione del carico massimo rispetto ad un tassello "indisturbato". La riduzione del carico massimo in funzione della distanza dai bordi è illustrata in figura 6.11a) (bordo) e in figura 6.11b) (spigolo).

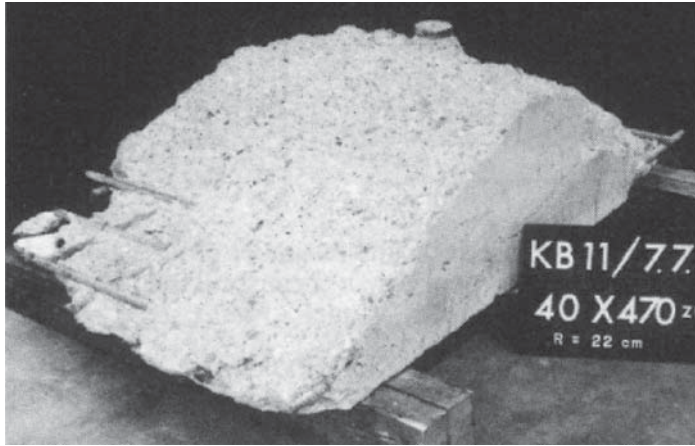


Fig. 6.9: frammento di calcestruzzo staccato nel caso di un ancorante con perno filettato fissato in prossimità di un bordo (secondo [Bibliografia 43])

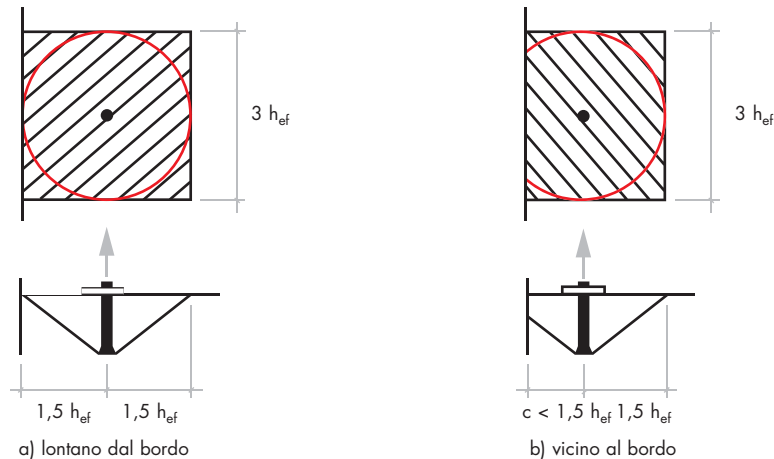
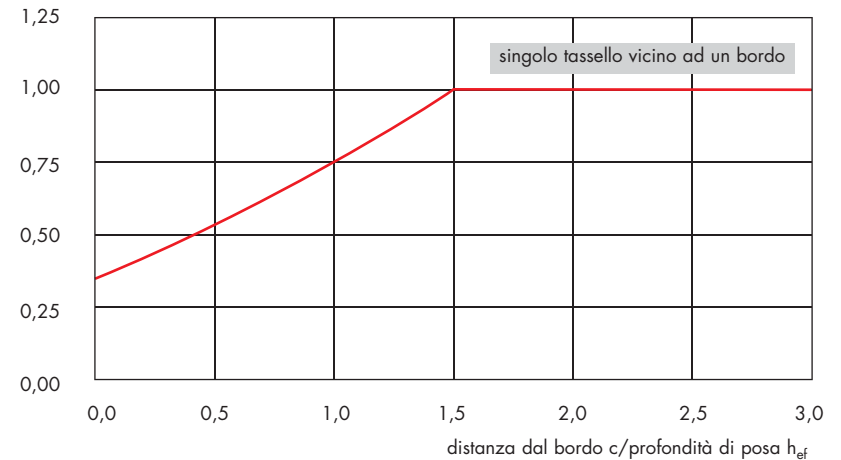


Fig. 6.10: influenza della distanza dal bordo sulla forma del cono di rottura, secondo [Bibliografia 44]

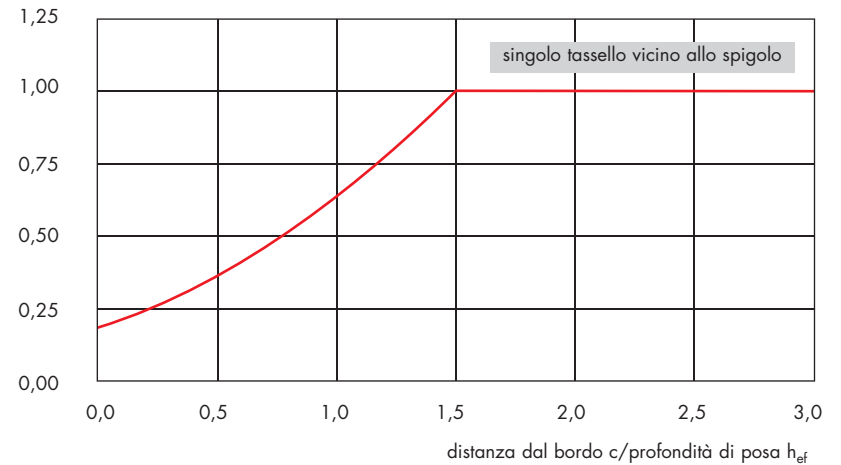
carico di rottura del calcestruzzo (bordo)
carico di rottura del calcestruzzo (piano)



a) Influenza della distanza dal bordo

Fig. 7.11

carico di rottura del calcestruzzo (spigolo)
carico di rottura del calcestruzzo (piano)



b) Influenza della distanza dallo spigolo

Fig. 6.11: carico di rottura del calcestruzzo con un fissaggio singolo a) vicino ad un bordo e b) vicino ad uno spigolo rispetto al carico di un fissaggio singolo lontano dai bordi in funzione della distanza dai bordi

6.2.2 Sollecitazione a taglio in calcestruzzo non fessurato

Le possibili tipologie di cedimento di fissaggi soggetti a sollecitazioni a taglio sono illustrate in figura 6.12.

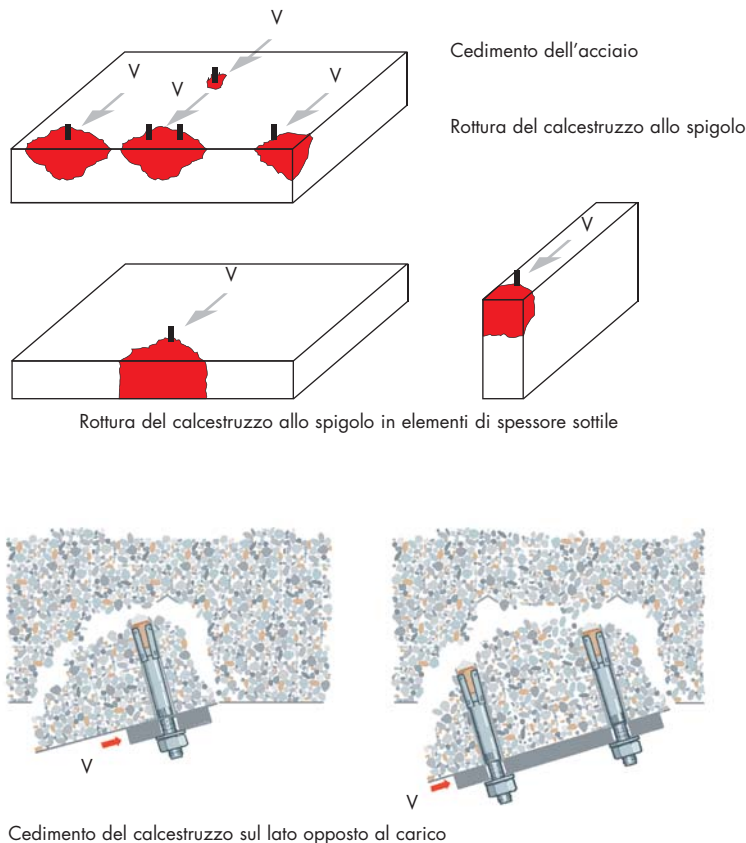


Fig. 6.12: tipologie di cedimento in caso di sollecitazioni a taglio

■ Rottura dell'acciaio

Il cedimento dell'acciaio in presenza di carichi a taglio si può verificare solo negli ancoraggi posti lontani dai bordi. Poco prima che si raggiunga il carico massimo si osserva di norma uno sfaldamento concoidale del calcestruzzo vicino alla superficie. La profondità dello sfaldamento, immediatamente davanti al tassello, è pari circa al diametro del tassello.

■ Rottura del calcestruzzo allo spigolo

Se il tassello si trova vicino ad un bordo o ad uno spigolo e la forza di taglio agisce verso tale bordo o spigolo, si può verificare la rottura del calcestruzzo.

■ Rottura del calcestruzzo sul lato opposto al carico

Questa tipologia di cedimento si verifica in presenza di tasselli sollecitati a taglio, caratterizzati da limitata profondità di posa. In caso di fissaggi multipli il frammento di calcestruzzo distaccato è unico per tutti tasselli.

■ Sfilamento (non illustrato)

Il cedimento per sfilamento può verificarsi solo in tasselli ad espansione la cui forza espandente non è sufficiente a resistere alla forza di trazione causata dalla deformazione trasversale. Nei sistemi omologati questo tipo di cedimento di solito non si verifica.

Il foro passante nell'elemento da fissare non deve presentare diametro superiore a quello massimo ammissibile d_f secondo [Tab. 5.1].

Una distribuzione uniforme del carico a taglio su tutti i tasselli, come illustrato in figura 6.13, non si verifica all'atto pratico. La distribuzione del carico a taglio dipende da:

- il gioco del foro passante (nell'elemento da fissare)
- la posizione dei tasselli nei fori (con o senza contatto con l'elemento da fissare)
- il comportamento di deformazione del tassello.

La distribuzione reale del carico è difficilmente calcolabile. Perciò, per fissaggi sollecitati trasversalmente in prossimità del bordo, si ipotizza in base a [Bibliografia 42] che in caso di gruppi di due tasselli posizionati l'uno a fianco all'altro (in asse con la direzione del carico) l'intero carico di taglio sia sostenuto da un tassello e in caso di gruppi di quattro tasselli da due tasselli (figura 6.14).

Se in presenza di due tasselli il carico a taglio si esplica ortogonalmente alla linea che collega i due tasselli e se la piastra di ancoraggio può ruotare, entrambi i tasselli sostengono il carico a taglio. Se però la piastra di ancoraggio non può ruotare, tutto il carico a taglio è sostenuto dal tassello a contatto con l'elemento da fissare. Occorre qui considerare che la struttura da fissare sia in grado di assorbire il momento di spostamento che si viene a creare.

In base a [Bibliografia 8], se i fori passanti nell'elemento da fissare sono troppo grandi si può partire dal principio che tutti i tasselli parteciperanno a sostenere il carico (figura 6.15). Andrà tuttavia tenuto presente che il carico a taglio solleciterà tutti i tas-

selli a flessione, con relativa riduzione del carico massimo sostenibile. Disponendo idoneamente fori oblunghi si può controllare la trasmissione del carico sui tasselli (figura 6.16).

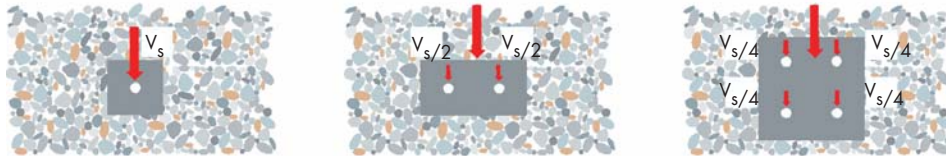


Fig. 6.13: esempi di distribuzione del carico se tutti tasselli sostengono il carico a taglio

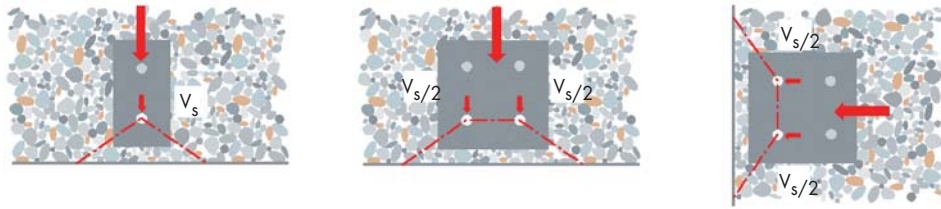


Fig. 6.14: esempi di distribuzione del carico in caso di ancoraggio in prossimità di un bordo

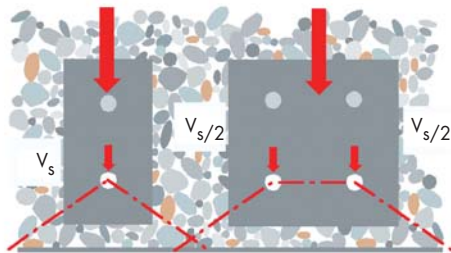


Fig. 6.15: esempi di distribuzione del carico se il diametro dei fori è maggiore del valore indicato in [Bibliografia 8 e 42] (dimensionamento della flessione)

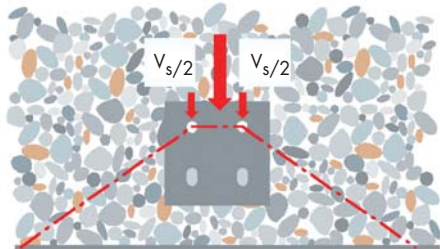


Fig. 6.16: esempio di distribuzione del carico in caso di ancoraggio con fori oblunghi

L'allargamento dei fori influenza in maniera rilevante il carico sostenibile e si può quindi effettuare solo previa consultazione col responsabile dei calcoli statici!

La figura 6.17 illustra una tipica curva carico/spostamento un fissaggio mediante tasselli realizzato a distanza dai bordi, pretensionato sul supporto e sollecitato a taglio. Superato l'attrito tra la piastra di ancoraggio e il calcestruzzo e annullato il gioco del tassello nel foro della piastra, il carico a taglio viene trasferito sul lato del foro opposto al carico. All'aumentare del carico a taglio crescono le pressioni di contatto nei pressi della bocca del foro e davanti al tassello vengono a formarsi sfaldamenti conoidali. Continuando ad aumentare il carico, se la distanza dal bordo è sufficiente, il tassello viene tranciato. Per un raffronto, nel diagramma è riportato il modello di spostamento del carico in presenza di una trazione assiale.

Carico F



Spostamento verso la direzione del carico

Fig. 6.17: a) curve tipiche di spostamento del carico in presenza di sollecitazione assiale e a taglio [Bibliografia 68]; b) rottura di un tassello posizionato lontano dal bordo in seguito a sollecitazione a taglio [Bibliografia 33].

Ancoraggi posizionati in vicinanza dei bordi possono cedere per rottura del calcestruzzo prima che si raggiunga il carico di rottura dell'acciaio. Il carico massimo di tasselli singoli nella tipologia di cedimento "rottura del calcestruzzo agli spigoli" si può stabilire con l'equazione che segue (6.2).

$V_{u,c}^0 = 0,9 \cdot \sqrt{d_{nom}} \cdot \sqrt{f_{cc,200}} \cdot (l_f/d_{nom})^{0,2} \cdot c_1^{1,5}$	[N]	(6.2)
d_{nom}	diámetro esterno del tassello ≤ 25 mm	
c_1	distanza dai bordi in direzione del carico	
l_f	distanza efficace di trasmissione del carico	
$l_f/d_{nom} \leq 8$		

In base a questa equazione, il carico di rottura del calcestruzzo agli spigoli è influenzato in maniera rilevante dalla distanza dal bordo nella direzione del carico, poiché questa - come nella sollecitazione assiale - determina le dimensioni del corpo fratturato (figura 6.19). Il carico massimo cresce proporzionalmente a $c_1^{1,5}$.

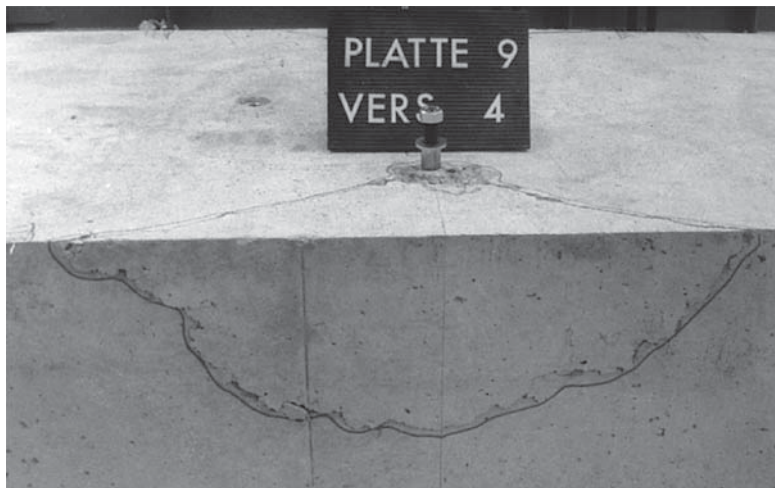


Fig. 6.18: rottura del calcestruzzo in corrispondenza di un tassello posizionato vicino al bordo e sollecitato a taglio in direzione del bordo [Bibliografia 45]

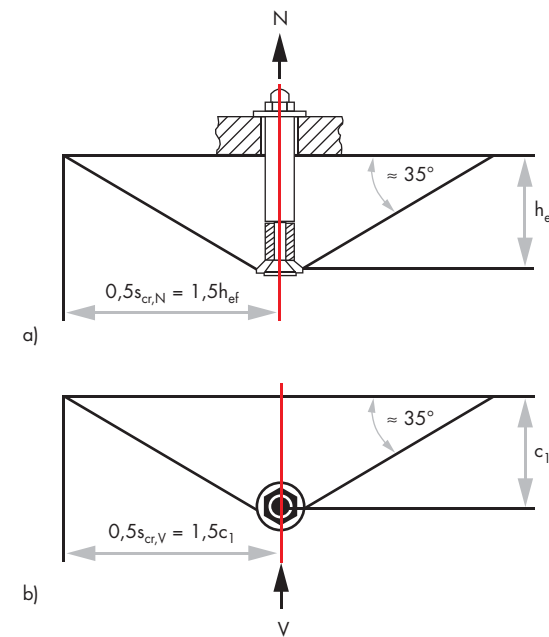


Fig. 6.19: raffronto di corpi fratturati [Bibliografia 44]: a) sollecitazione assiale, b) sollecitazione a taglio verso il bordo

Carico di rottura agli spigoli del calcestruzzo

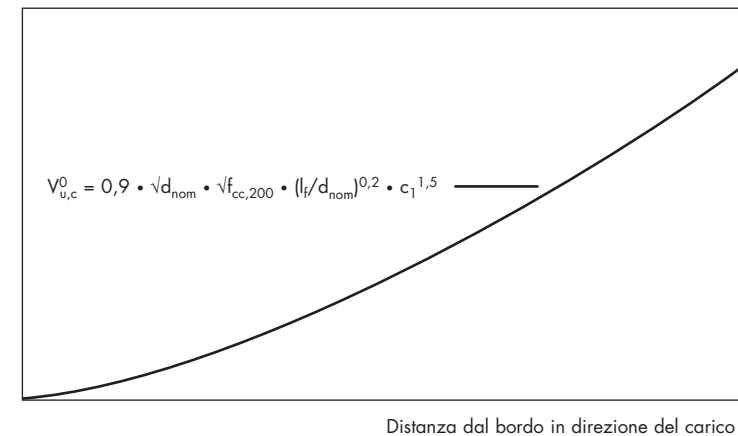


Fig. 6.20: influenza della distanza dal bordo sul carico di rottura del calcestruzzo in presenza di sollecitazione a taglio [Bibliografia 34]

6.2.3 Sollecitazione combinata a trazione assiale e taglio in calcestruzzo non fessurato

Il comportamento dei fissaggi soggetti ad una sollecitazione assiale ed un taglio combinato è un misto tra la reazione alla trazione assiale e quella al taglio. Essa viene influenzata dall'angolazione del carico applicato. Le tipologie di cedimento che si verificano in presenza di una sollecitazione di trazione obliqua sono le stesse già riscontrate per la trazione assiale e il taglio. Si possono osservare le seguenti combinazioni di cedimento a) - d):

	Trazione assiale	Taglio
a)	rottura dell'acciaio	rottura del acciaio
b)	rottura del calcestruzzo	rottura dell'acciaio
c)	rottura del calcestruzzo	rottura del calcestruzzo
d)	rottura dell'acciaio	rottura del calcestruzzo

Tutte le combinazioni di carico possono descriversi prudenzialmente con l'equazione di interazione trilineare (equazioni da (6.3) a (6.5)). Alternativamente può essere utilizzata l'equazione (6.6) con $k = 1,5$. Se, in presenza di una sollecitazione di trazione obliqua, la tipologia di cedimento è la rottura dell'acciaio, si può usare l'equazione (6.6) con $k = 2$.

$N/N_u = 1,0$	(6.3)
$V/V_u = 1,0$	(6.4)
$N/N_u + V/V_u = 1,2$	(6.5)
$N(V)$ percentuale di carico assiale (di carico a taglio) sul carico massimo in presenza di carico assiale a taglio combinato $N_u(V_u)$ carico massimo medio in presenza di carico assiale (carico a taglio)	
$(N/N_u)^k + (V/V_u)^k = 1,0$	(6.6)

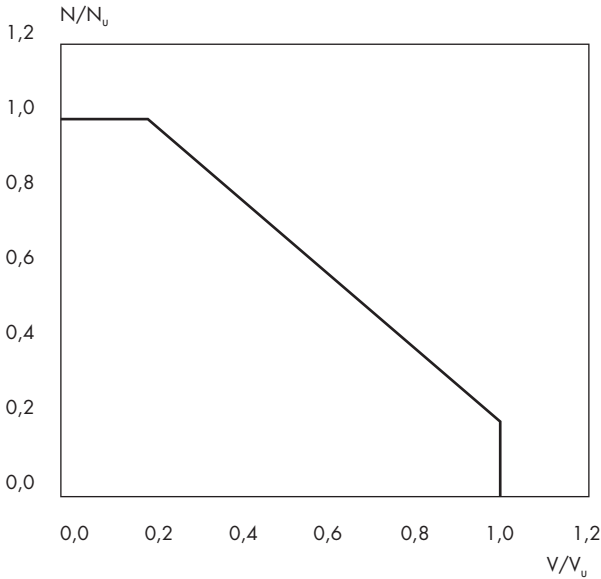
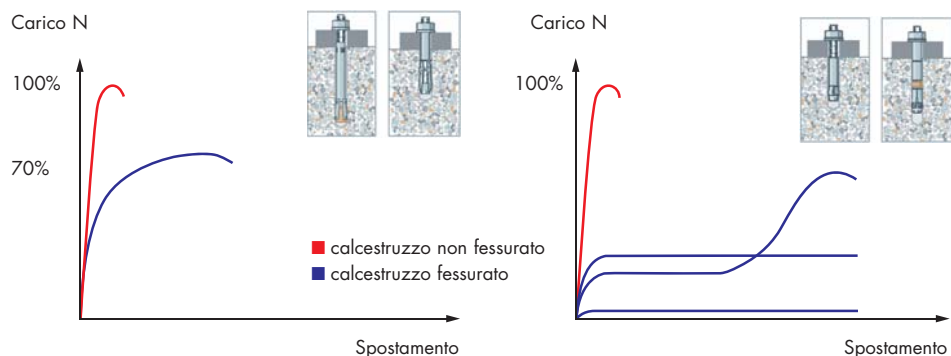


Fig. 6.21: diagramma di interazione di viti e tasselli indipendentemente dal tipo di cedimento [Bibliografia 33]

6.2.4 Sollecitazione a trazione assiale in calcestruzzo fessurato

I tasselli a variazione di forma funzionano bene su calcestruzzo fessurato, mentre quelli metallici ad espansione e quelli chimici devono essere concepiti a questo scopo. Così nei tasselli a variazione di forma i carichi di rottura del calcestruzzo si riducono del 30% circa, con spostamenti leggermente superiori all'aumentare del carico.

Il comportamento carico/spostamento di tasselli ad espansione a forza controllata adatti e non adatti per l'impiego su calcestruzzo fessurato è determinato dalla cosiddetta espansione secondaria. I tasselli ad espansione per zone fessurate presentano un comportamento carico/spostamento simile a quello dei tasselli a variazione di forma (figura 6.22a). In essi, all'allargarsi della fessura, il cono viene tirato sempre di più nella boccia espandente (espansione secondaria). Tasselli ad espansione non adatti a zone fessurate cedono invece a carichi sensibilmente inferiori a quelli necessari per la rottura del calcestruzzo. Un'espansione secondaria di norma non avviene e già in presenza di carichi assai limitati il tassello presenta spostamenti rilevanti (figura 6.22b).



a) tassello idoneo ad ancoraggi in calcestruzzo fessurato e non fessurato

b) tassello idoneo ad ancoraggi in calcestruzzo non fessurato e non idoneo ad ancoraggi in calcestruzzo fessurato (difficoltà di espansione secondaria)

Fig. 6.22: curve schematiche carico/spostamento del carico con tasselli ad espansione a forza controllata in calcestruzzo non fessurato e fessurato in presenza di trazione assiale [Bibliografia 30]

Così è di norma per i tasselli ad espansione e a percorso controllato. Se il tassello a percussione viene espanso completamente, la curva di spostamento del carico risulta più piatta, con una sensibile riduzione del carico massimo rispetto al calcestruzzo non fessurato. Questa tendenza risulta ancora più accentuata se il tassello non è espanso completamente.

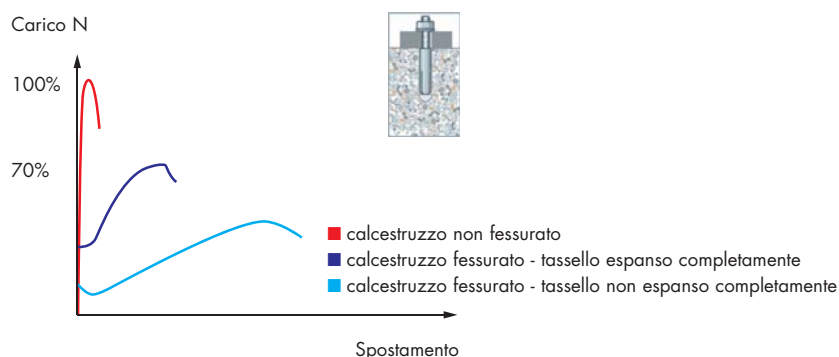


Fig. 6.23: curve schematiche carico/spostamento con tasselli a percussione in calcestruzzo fessurato e non fessurato [Bibliografia 33]

Nel calcestruzzo fessurato la capacità di portata di tutti i sistemi di ancoraggio si riduce rispetto ai valori che si riscontrano nel calcestruzzo non fessurato. La riduzione del carico massimo in presenza di fessure di circa 0,3 mm è del 30% almeno con tasselli adatti a zone fessurate, mentre utilizzando sistemi non adatti la riduzione può raggiungere e superare il 90%. Nei sistemi ad espansione a forza controllata questa riduzione dipende in misura rilevante dall'espansione secondaria dell'elemento.

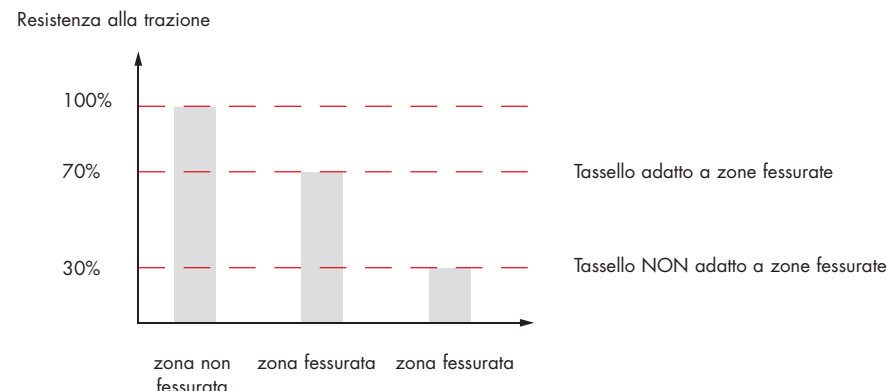


Fig. 6.24: resistenza alla trazione di ancoraggi in calcestruzzo non fessurato/fessurato

Per questo motivo i tasselli non adatti a zone fessurate non sono ammessi per fissaggi singoli in calcestruzzo fessurato. Tuttavia alcuni di questi tasselli possono venir impiegati per fissaggi di tipo ridondante (fissaggi multipli), come ad esempio su controsoffitti e facciate.

6.2.5 Sollecitazione a taglio in calcestruzzo fessurato

Il comportamento del tassello in presenza di un carico a taglio dipende dalla direzione del carico rispetto alla direzione delle fessure. Se le fessure sono ortogonali rispetto al carico a taglio, il comportamento del tassello non si differenzia molto da quello in calcestruzzo non fessurato. Se invece la forza di taglio si esplica nella stessa direzione delle fessure, gli spostamenti sono di norma superiori a quelli che si verificano nel calcestruzzo non fessurato.

A seconda della distanza dai bordi e della profondità di posa, i fissaggi soggetti a taglio possono cedere per rottura dell'acciaio, rottura del calcestruzzo sul lato opposto al carico o rottura del calcestruzzo agli spigoli.

I tasselli soggetti a carichi di taglio, posati a sufficiente distanza dai bordi e a sufficiente profondità, cedono di norma per rottura dell'acciaio, anche in calcestruzzo non fessurato. La riduzione del carico massimo per la presenza di fessure è inferiore al 10%.

Per il tipo di cedimento "rottura del calcestruzzo sul lato opposto al carico" il carico massimo si riduce della stessa misura riscontrata per una sollecitazione di trazione, cioè la riduzione rispetto al carico in calcestruzzo non fessurato è del 30% circa. Ciò vale anche per ancoraggi realizzati vicino ai bordi e carichi diretti verso il bordo (tipo di cedimento "rottura del calcestruzzo agli spigoli").

6.2.6 Sollecitazione combinata a trazione assiale e taglio in calcestruzzo fessurato

Nei tasselli adatti a zone tese e posati in calcestruzzo fessurato il comportamento carico/spostamento è in linea di massima uguale a quello del calcestruzzo non fessurato. Le modalità di cedimento sono qui le stesse osservate nel calcestruzzo non fessurato. Il comportamento di tasselli adatti a zone tese in calcestruzzo fessurato in presenza di sollecitazione combinata (assiale e di taglio) si possono descrivere con le medesime equazioni di interazione adottate per il calcestruzzo non fessurato (vedi equazioni da (6.3) a (6.6)).

6.3 Ancoranti a vite

6.3.1 Montaggio in calcestruzzo

Nell'utilizzo quotidiano gli ancoranti a vite di norma vengono montati con un'avvitatore ad impulsi (Fig. 6.25). Possono essere montati anche con chiavi a cricchetto o con chiavi dinamometriche.



Fig. 6.25: Montaggio di un'ancorante a vite con un'avvitatore ad impulsi [51]

Figura 6.26 illustra un andamento tipico della coppia motrice durante l'avvitamento di un'ancorante a vite in calcestruzzo del tipo C20/25 con un diametro massimo della carica di 8 mm. Come tipologia di cedimento qui viene illustrata la tranciatura (Rottura dell'acciaio) di un'ancorante a vite. Si vede chiaro che la coppia motrice varia poco durante l'avvitamento. Essa aumenta notevolmente avvitando l'ancorante a vite una volta assestato sull'elemento da fissare. Questo aumento della coppia motrice si nota facilmente avvitando l'ancorante a vite con chiavi a cricchetto o con chiavi dinamometriche vedendo la testa assestata sull'elemento da fissare ed un aumento veloce e chiaro della forza di avvitamento.

L'ancorante a vite è montato in modo corretto quando l'elemento da fissare viene pressato sul supporto ed un'ulteriore avvitamento risulta difficile. Se si continua ad

avvitare, come in fig. 6.26, l'ancorante a vite cede con la rottura dell'acciaio come tipologia di cedimento. Utilizzando una profondità di posa minore a quella prescritta nell'omologazione o nelle indicazioni del fabbricante o montando ancoranti a vite con un diametro di nocciolo elevato può comportare la tranciatura della filettatura tagliatasi nel calcestruzzo.

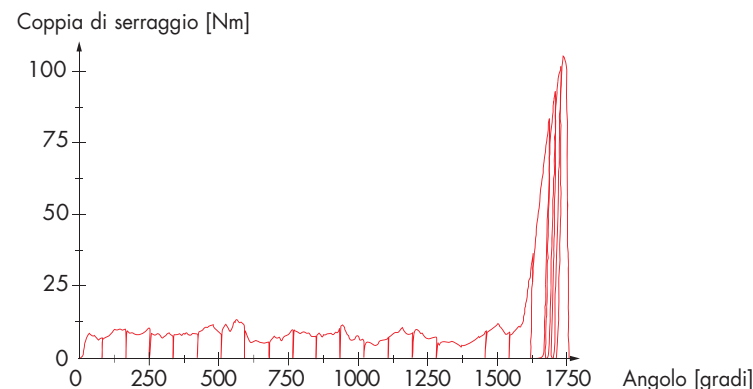


Fig. 6.26: Andamento tipico della coppia motrice avvitando un'ancorante a vite (rottura dell'acciaio) [52]

Per questo sono da rispettare le indicazioni del fabbricante e si deve evitare l'aumento della coppia motrice una volta assestato l'ancorante a vite. Durante il montaggio con un'avvitatore ad impulsi si parla di un montaggio corretto se l'ancorante a vite assestato sull'elemento da fissare.

Il montaggio di un'ancorante con un'avvitatore ad impulsi è corretto quando l'elemento da fissare viene pressato sul supporto con l'ancorante a vite assestato sull'elemento e la punta dell'avvitatore non si gira più. Dopodiché si spegne l'avvitatore e lo si toglie dall'ancorante. Durante il montaggio si può notare inoltre che ancoranti a vite si possono utilizzare solo una volta perché il filo tagliente della filettatura diminuisce e la filettatura è concepita per un solo utilizzo. Questo comporta che la filettatura non si taglia più in modo corretto nel calcestruzzo e il carico massimo non si trasmette più al supporto. Inoltre non è consentito avvitare un'ancorante a vite per due volte nello stesso foro perché il secondo passo del filetto diminuirebbe notevolmente la capacità della portata.

Anche il diametro di taglio della punta del trapano utilizzato influenza la coppia motrice necessaria per l'avvitamento dell'ancorante a vite. I limiti massimi sono indicati nelle omologazioni. Per ancoranti a vite con, per esempio, un diametro di foro uguale a $d_0 = 10$ mm secondo l'omologazione può essere utilizzato un trapano con un diametro di taglio della punta massimo di $d_{cut} = 10,45$ mm. Punte molto consumate rendono più difficile il montaggio, perché, secondo fig. 6.27, la coppia motrice di una punta consumata ($d_{cut} = 10,0$ mm) è molto più alta di una di una punta nuova ($d_{cut} = 10,3$ mm).

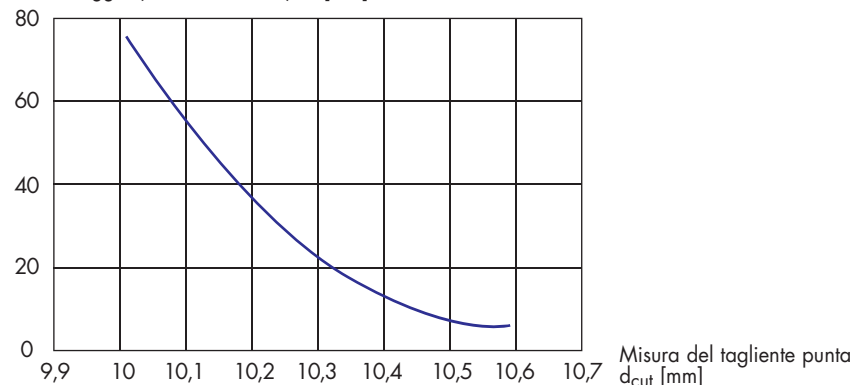
Coppia di serraggio (nell'avvitamento) T_E [Nm]

Fig. 6.27: influenza del diametro di taglio della punta sulla coppia (nell'avvitamento) in calcestruzzo [52]

La coppia motrice aumenta anche notevolmente con un foro non pulito (Fig. 6.28). La polvere di trapanatura viene premata contro i bordi del foro ed il nocciolo dell'ancorante a vite. Un foro non pulito comporta inoltre il pericolo che l'ancorante a vite non viene inserito completamente nel foro (la profondità di posa viene ridotto dalla polvere di trapanatura) e quindi l'elemento da fissare non viene premuto contro il supporto.

Coppia di serraggio (nell'avvitamento) T_E [Nm]Fig. 6.28: influenza della pulizia del foro sulla coppia (nell'avvitamento) T_E di ancoranti a vite in calcestruzzo [52]

6.3.2 Sollecitazione a trazione in calcestruzzo non fessurato

Le tipologie di cedimento dell'ancorante a vite di norma sono simili a quelle degli ancoranti in acciaio e dei tasselli a variazione di forma. Con una profondità di posa ed una filettatura lungo tutta la profondità di posa il calcestruzzo cede su tutta la profondità di posa (Fig. 6.29a). Con una profondità di posa maggiore diminuisce la profondità della rottura del calcestruzzo e la tipologia di cedimento diventa una combinazione tra rottura del calcestruzzo e sfilamento (Fig. 6.29b).



a)



b)

Fig. 6.29: rottura del calcestruzzo con una profondità di posa minore
a) $h_{nom} = 50$ mm e b) $h_{nom} = 90$ mm [50]

6.3.3 Sollecitazione a taglio in calcestruzzo non fessurato

Con una sollecitazione a taglio gli ancoranti a vite si comportano come i tasselli metallici ad espansione ed i tasselli a variazione di forma.

6.3.4 Sollecitazione combinata a trazione e taglio in calcestruzzo non fessurato

Il comportamento di portata di ancoranti a vite sollecitati a trazione e a taglio in calcestruzzo non fessurato corrisponde a quello dei tasselli metallici ad espansione e dei tasselli a variazione di forma. Per questo possono essere usate le stesse equazioni (vedesi punto 6.2.3).

6.3.5 Sollecitazione a trazione in calcestruzzo fessurato

Se ancoranti a vite vengono utilizzati in calcestruzzo fessurato, la fessura del calcestruzzo in confronto a calcestruzzo non fessurato riduce l'area di variazione di forma. Perciò avviene una riduzione del carico massimo dei tasselli metallici ad espansione e dei tasselli a variazione di forma in presenza di fessure di circa 0,3 mm è del 30% (vedesi punto 6.2.4) ed una diminuzione della rigidità del sistema [52]. Il comportamento carico/spostamento corrisponde a quello in fig. 6.22a.

6.4 Ancoranti chimici

6.4.1 Sollecitazione a trazione assiale in calcestruzzo non fessurato

La figura 6.30 illustra le tipiche modalità di cedimento di singoli tasselli sottoposti a trazione. Con profondità di posa limitate ($h_{ef} \approx 3d$ a $5d$) si verifica una rottura del calcestruzzo di forma conica avente vertice nel punto più basso di ancoraggio (figura 6.30a). A profondità di posa maggiore si osserva di norma un cedimento di tipo combinato. Vicino alla bocca del foro si crea un cono di rottura profondo circa $2d-3d$. Nella parte rimanente dell'ancorante cede invece il collegamento. Il collegamento può cedere tra resina e calcestruzzo (figura 6.30b) o all'interfaccia tra resina e barra (figura 6.30c) oppure in forma combinata, con rottura tra il calcestruzzo e la resina nella parte superiore e tra resina e barra nella parte inferiore (figura 6.30d). Se le profondità di posa sono molto lunghe, il collegamento chimico assume tale resistenza da far cedere l'acciaio (figura 6.30e). In caso di tasselli multipli e ravvicinati si verifica un'unica rottura del calcestruzzo, mentre per fissaggi in prossimità dei bordi o di uno spigolo si può verificare il cedimento dello spigolo o una spaccatura del calcestruzzo.

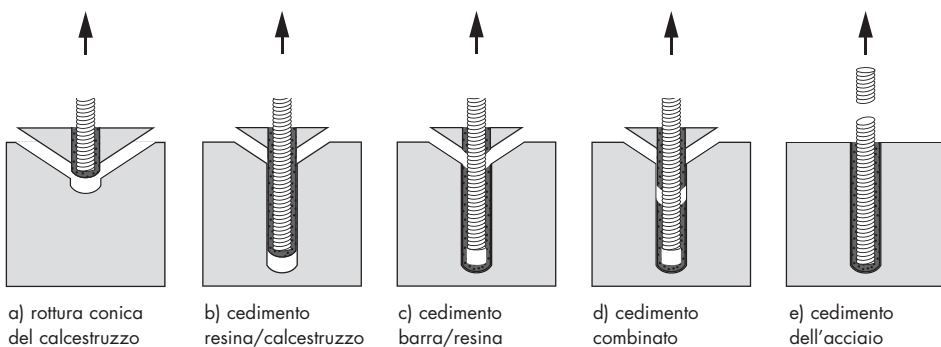


Fig. 6.30: modalità di cedimento di ancoranti chimici sottoposti a trazione assiale [Bibliografia 6]

La resistenza della resina dipende essenzialmente dal tipo di resina. Siccome essa varia da prodotto a prodotto, il valore di resistenza individuato per un prodotto non può essere applicato anche ad altri.

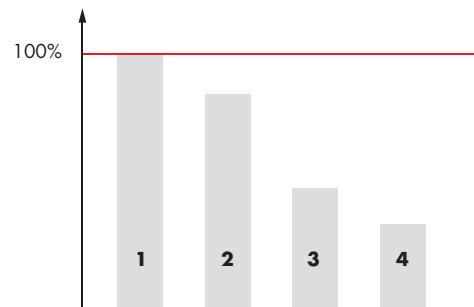
In base alla [Bibliografia 6], per la maggior parte dei prodotti la resistenza della resina non dipende dal diametro della barra. Tuttavia con determinati diametri singoli prodotti possono presentare resistenze anche sensibilmente inferiori [Bibliografia 56]. L'influenza della resistenza alla compressione del calcestruzzo sulla resistenza della resina varia anch'essa da prodotto a prodotto. Essa è tuttavia in genere limitata. Di norma la resistenza della resina individuata in calcestruzzi di resistenza $f_{ck, cube} \approx 25 \text{ N/mm}^2$ può prendersi a riferimento per calcestruzzi di classe di resistenza fino a C50/60. Impiegando tasselli chimici in calcestruzzi di resistenza ancora maggiore può darsi che la resistenza della resina diminuisca per la limitatissima scabrezza della parete del foro.

I valori di resistenza della resina indicati si intendono per calcestruzzo asciutto e per fori realizzati con martelli elettropneumatici, accuratamente puliti con spazzola e soffio d'aria, nonché per condizioni di temperatura ambiente e con montaggio eseguito attenendosi scrupolosamente alle istruzioni del produttore. Se nei sistemi a fiala, nei quali l'inserimento della barra va effettuato a rotazione e percussione, la barra viene soltanto inserita e non ruotata, la resina non viene sufficientemente miscelata e quindi non indurisce completamente. Ne possono derivare carichi di sfilamento inferiori.

Indipendentemente dalla direzione di posa dei tasselli (verticale verso il basso, verticale verso l'alto, orizzontale) rimane della polvere sulla parete se il foro non è accuratamente pulito. La pulizia del foro può avere effetti limitati o rilevanti sullo spostamento del carico e sui carichi massimi, a seconda del sistema impiegato. Tra i sistemi meno sensibili si annoverano quelli a fiala, nei quali la barra va inserita a rotopercolazione mediante martello elettropneumatico. In questo caso infatti la polvere di foratura viene asportata dalla parete dalle cariche contenute nella resina e si mescola con quest'ultima. La riduzione del carico è di norma $\leq 20\%$.

Nei sistemi ad iniezione la riduzione del carico per l'inadeguata pulizia del foro dipende dalla resina e dal suo effetto adesivo. Essa varia da prodotto a prodotto e può arrivare al 60% [Bibliografia 57] (figura 6.31). Importante è tuttavia che nei sistemi ad iniezione il foro venga pulito con uno spazzolino adatto, in quanto la semplice soffiatura con pompa a mano non è sufficiente a rimuovere la polvere.

Capacità di portata



- 1 soffiare 2 volte
spazzolare 2 volte
soffiare 2 volte
- 2 soffiare 1 volta
spazzolare 1 volta
soffiare 1 volta
- 3 soffiare 2 volte
- 4 non effettuare alcuna pulizia

Fig. 6.31: influenza della pulizia del foro sui carichi massimi di ancoranti ad iniezione M12 in calcestruzzo asciutto (secondo [Bibliografia 57])



Fig. 6.32: pulizia del foro male effettuata in un'ancorante ad iniezione [Bibliografia 56]

Nel calcestruzzo umido l'accurata pulizia del foro risulta a volte complicata, in quanto la polvere aderisce saldamente alla parete. Inoltre, a seconda del tipo di resina, l'acqua presente sulla parete del foro può avere un effetto negativo sulla tenuta. Nel calcestruzzo bagnato la tenuta dipende anche dal sistema di resine impiegato.

Nei sistemi a fiala a base di resine poliesteriche insature e di resine a base di resine vinilestere contenenti stirene la riduzione del carico di sfilamento con calcestruzzo bagnato è relativamente ridotta ($\leq 20\%$). Con altri sistemi di resina quali esempio le resine vinilestere non contenenti stirene o le resine epossidiche, la riduzione del carico massimo può essere assai più sensibile. Questa riduzione della caricabilità può venir ulteriormente aggravata da un'insufficiente pulizia del foro nei sistemi a iniezione.

Anche se il foro è ben pulito ma è pieno d'acqua, la resistenza della resina diminuisce, ed è paragonabile all'incirca a quella di un ancoraggio effettuato in foro ben pulito ma con calcestruzzo umido.

La resistenza della resina diminuisce all'aumentare della temperatura. Questo comportamento varia da prodotto a prodotto (figura 6.33). Nei tasselli chimici a base di resine poliesteriche insature la resistenza della resina a 80°C è pari a 0,7 volte quel-

la a 20°C . A temperature maggiori essa si riduce assai rapidamente, in quanto si raggiunge la temperatura di vetrificazione. Anche nelle resine a base di resine vinilestere la resistenza a 80°C è pari al 70% circa del valore a 20°C . Anche in questo caso la resistenza diminuisce poi ulteriormente all'aumentare della temperatura, pur se meno velocemente che nelle resine poliesteriche. Negli ancoranti chimici a base di resine epossidiche la resistenza della resina all'aumentare della temperatura di norma si riduce in misura maggiore di quanto indicato sopra. Tuttavia svolge qui un ruolo importante il tipo di resina usato.

Tensione di coesione

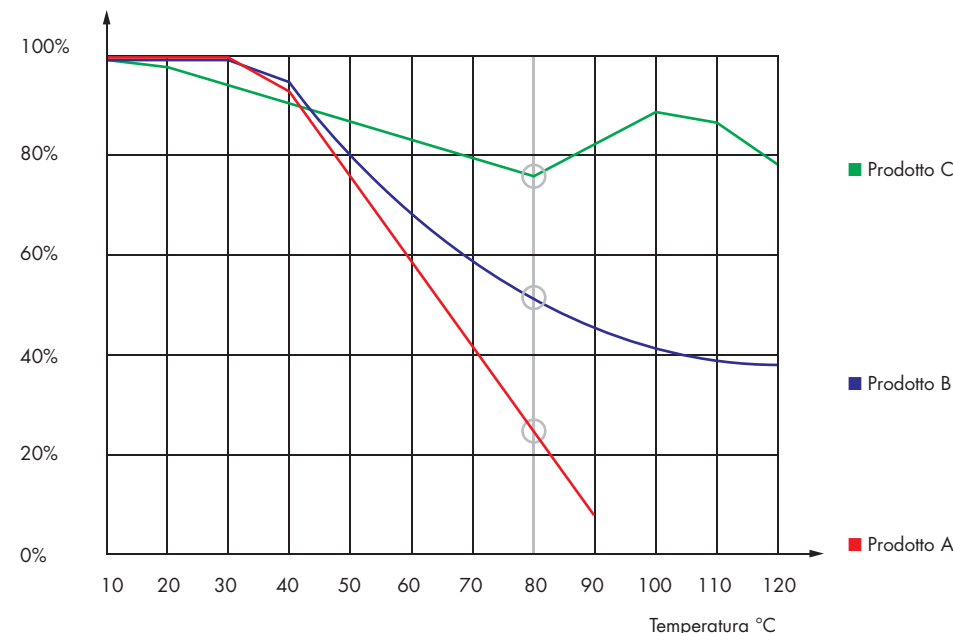


Fig. 6.33: tensione di coesione della resina di ancoranti chimici in funzione della temperatura del supporto [Bibliografia 6]

Il calcolo del carico di sfilamento di ancoranti chimici che presentano notevole interasse e distanza dai bordi si effettua in base all'equazione (6.7).

$N_u^0 = \pi \cdot d \cdot h_{ef} \cdot \tau_u$		(6.7)
d	diametro della barra	
h_{ef}	profondità di ancoraggio	
τ_u	resistenza media della tensione di coesione (dipende dal prodotto)	

La tensione di coesione τ_u dipende dal prodotto. Essa viene influenzata dalle condizioni del calcestruzzo (asciutto, bagnato), dalle modalità di realizzazione del foro (con martello elettropneumatico, con corona diamantata), dall'accuratezza della pulizia, dall'umidità e dalla temperatura del supporto. La tensione di coesione nello specifico caso va quindi stabilita sperimentalmente.

Anche gruppi di ancoranti chimici possono cedere per sfilamento dei singoli tasselli. Se l'interasse è inferiore a un certo valore caratteristico, il carico massimo di gruppi di quattro ancoranti è inferiore a quattro volte il carico di sfilamento di un singolo ancorante. Riducendo ulteriormente l'interasse si verifica la rottura del calcestruzzo, ed il carico massimo diminuisce ancora.

Ancoranti posti nelle vicinanze di un bordo possono cedere per sfilamento, rottura del calcestruzzo o sfaldamento del calcestruzzo; scendendo al di sotto di un valore caratteristico di distanza dai bordi, il carico massimo si riduce rispetto a quello usuale con distanze dai bordi normali.

Il carico massimo di gruppi di ancoranti posati in vicinanza dei bordi con i tipi di cedimento "rottura del calcestruzzo" e "sfilamento" è calcolabile in forma approssimata analogamente al procedimento CC [Bibliografia 54], indipendentemente dal tipo di cedimento. Tuttavia l'interasse e la distanza dai bordi critici con $s_{cr,N} = 2 \cdot c_{cr,N} = 20 \cdot d \cdot (\tau_u/10)^{2/3}$ sono spesso inferiori a quelli di tasselli a variazione di forma e tasselli metallici ad espansione. Il procedimento è descritto in dettaglio in [Bibliografia 29 e 30].

Per le caratteristiche del materiale, le resine sintetiche presentano una differenza di resistenza alle sollecitazioni brevi e a quelle di lunga durata. Inoltre la loro resistenza può venir ridotta da fattori ambientali. La resistenza nel tempo di ancoranti chimici in ambienti asciutti può in media stimarsi nel 60% circa di quella di breve periodo. Se durante la prova non si verifica alcun cedimento definitivo, la resistenza individuata nell'esperimento di breve periodo non viene ridotta in maniera sensibile dalla precedente sollecitazione di lungo periodo.

In caso di ancoraggi all'aperto non si possono escludere variazioni dell'umidità nel calcestruzzo e variazioni termiche, come pure alternanze di gelo e disgelo. Inoltre possono essere presenti anche sostanze aggressive.

Negli ancoranti chimici a base di resine poliesteriche insature l'influenza dell'umidità nel lungo periodo può in media ridurre la resistenza della resina al 60% circa, e in casi limite anche al 30% del valore iniziale.

Le resine a base di vinilestere sono chiaramente meno sensibili ai fattori climatici di quelle poliesteriche. La loro resistenza può ridursi in seguito a fattori ambientali (per esempio umidità) del 10% al massimo.

6.4.2 Sollecitazione a taglio in calcestruzzo non fessurato

In caso di carico a taglio gli ancoranti chimici presentano le stesse tipologie di cedimento di quelli metallici ad espansione e di quelli a variazione di forma.

6.4.3 Sollecitazione combinata a trazione assiale e taglio in calcestruzzo non fessurato

Il comportamento degli ancoranti chimici in calcestruzzo non fessurato e in presenza di una combinazione di sollecitazioni a trazione assiale ed a taglio è equivalente a quella dei tasselli metallici ad espansione e dei tasselli con variazione di forma. Si possono pertanto impiegare le medesime equazioni (vedi punto 6.2.3).

6.4.4 Sollecitazione a trazione assiale in calcestruzzo fessurato

A seconda della profondità di posa, della resistenza del calcestruzzo e di quella dell'acciaio, nel calcestruzzo fessurato i tasselli chimici possono cedere per rottura dell'acciaio o per sfilamento. In caso di sfilamento il cedimento avviene di norma tra la resina e la parete del foro, occasionalmente anche tra la resina e la barra. In caso di fissaggi a limitata distanza dai bordi e/o di elementi costruttivi di ridotto spessore si può anche verificare sfaldamento. Di norma non si osserva cedimento del calcestruzzo.

La figura 6.34 illustra schematicamente le curve di spostamento del carico di ancoranti chimici in calcestruzzo fessurato e non fessurato. Come anche per altri tipi di fissaggio in calcestruzzo fessurato, la rigidità degli ancoranti è in questo caso inferiore a quella riscontrata in calcestruzzo non fessurato. Una volta superata la resistenza all'interfaccia tra la resina e la parete del foro, il tassello viene sfilato insieme ad un "tappo" di resina; è qui possibile un ulteriore incremento della tenuta (curva verde in figura 6.34), dovuto ad un eventuale attrito del "tappo" di resina se la parete del foro presenta andamento ondulato. Siccome l'attrito dipende qui da casuali irregolarità della parete del foro, esso è assai variabile e quindi dopo l'anzidetto cedimento le curve di spostamento del carico possono presentarsi assai irregolari.

Se il foro non viene accuratamente pulito, il carico massimo si riduce ulteriormente (curva blu in figura 6.34). L'influenza della pulizia del foro sul carico di sfilamento dipende dal prodotto, e nel calcestruzzo fessurato è di norma maggiore che in quello non fessurato [Bibliografia 36].

Se i tasselli chimici sono posati in zona fessurata e costantemente sollecitati a trazione assiale, gli spostamenti del carico aumentano al variare della larghezza delle fessure nel supporto. Se il carico di trazione assiale permanente è sensibilmente inferiore a quello necessario per un cedimento tra la resina e la parete del foro, ci si può aspettare solo un limitato incremento dello spostamento. Se invece esso è maggiore, dopo l'apertura di poche fessure si verificherà lo sfilamento del tassello.

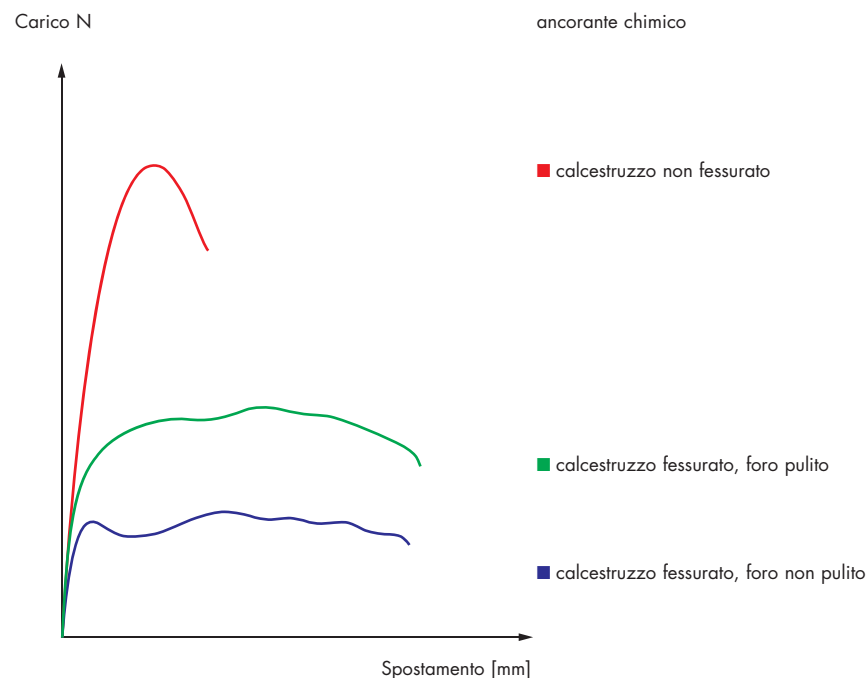


Fig. 6.34: curve schematiche di spostamento/carico con ancoranti chimici in calcestruzzo non fessurato e fessurato [Bibliografia 34]

Per l'elevata resistenza alla trazione della resina, la fessura tende a formarsi tra la parete del foro e la resina. In questo modo viene spaccato il legame tra la resina e la parete su un lato del foro (figura 6.35). Ipotizzando che la fessura illustrata in figura 6.35 interessi l'intera profondità di posa, si conclude che, una volta superata la resistenza della resina, sul lato intatto vi sarà ancora teoricamente un carico pari al 50% di quello massimo in calcestruzzo non fessurato.

I carichi di sfilamento nel calcestruzzo fessurato sono assai inferiori a quelli in calcestruzzo non fessurato. Con fessure di larghezza $w = 0,3$ millimetri, essi variano tra il 25% e l'80%, attestandosi in media sul 50% del carico massimo in calcestruzzo non fessurato.

Per la riduzione significativa del carico nel calcestruzzo fessurato rispetto a quello non fessurato, i normali tasselli chimici non sono omologati all'impiego in calcestruzzo fessurato.

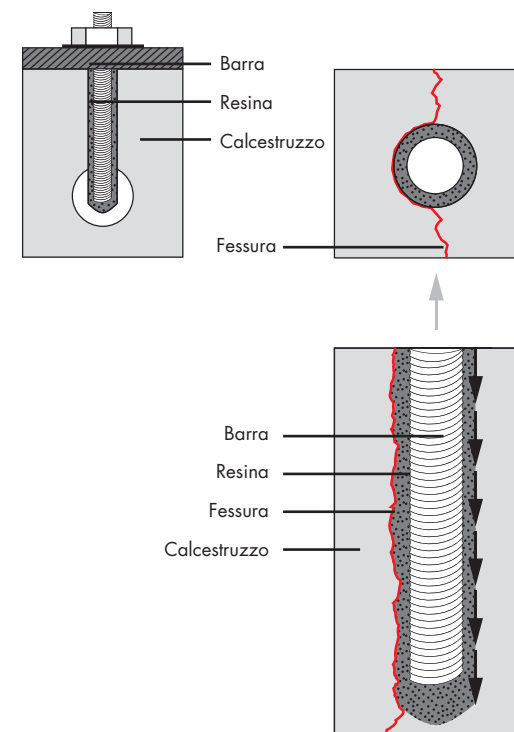


Fig. 6.35: anomalia dell'interfaccia tra resina e calcestruzzo per una fessura nel supporto [Bibliografia 33]

6.4.5 Sollecitazione a taglio in calcestruzzo fessurato

Le fessure hanno di norma solo un'influenza limitata sulla tenuta di tasselli chimici sollecitati a carico di taglio. Se la distanza dai bordi e la profondità di posa sono sufficienti, tende a cedere l'acciaio; il carico massimo viene influenzato dalle fessure solo in misura limitata. In posizioni prossime ad un bordo si verifica di norma il cedimento del calcestruzzo al bordo.

6.4.6 Sollecitazione combinata a trazione assiale e taglio in calcestruzzo fessurato

Negli ancoranti chimici in linea di principio il comportamento di spostamento del carico osservato nel calcestruzzo fessurato è analogo a quello riscontrato nel calcestruzzo non fessurato. Nel calcestruzzo fessurato si osservano le stesse tipologie di cedimento del calcestruzzo non fessurato. I carichi massimi degli ancoranti chimici

sottoposti a sollecitazione combinata (trazione assiale e taglio) in calcestruzzo fessurato si possono descrivere con le stesse equazioni di interazione utilizzate per il calcestruzzo non fessurato (vedi equazioni da (6.3) a (6.6)).

6.5 Ancoranti chimici per fissaggi in calcestruzzo fessurato

6.5.1 Calcestruzzo non fessurato

Nel calcestruzzo non fessurato il meccanismo di tenuta, il comportamento di spostamento del carico e le tipologie di cedimento dei tasselli chimici ad espansione sollecitati a trazione non si discosta di molto dal comportamento nei normali ancoranti chimici. L'azione espandente ha un effetto positivo sulla tenuta. La pulizia del foro influenza in misura relativamente limitata la tenuta, in quanto una volta superato il legame tra la resina e la parete del foro il tassello continua a funzionare grazie alla sua componente espandente. La tenuta in funzione della temperatura, dei carichi permanenti e delle influenze ambientali è analoga a quella degli altri tasselli chimici (cfr. punto 6.4.1).

Rispetto ai carichi di taglio i tasselli chimici ad espansione si comportano come quelli metallici ad espansione.

6.5.2 Calcestruzzo fessurato

La figura 6.36 illustra le curve di spostamento del carico di ancoranti chimici ad espansione non pretensionati e sollecitati a trazione in calcestruzzo non fessurato e fessurato. Rigidità e carico massimo si riducono come con gli ancoranti ad espansione per calcestruzzo fessurato.

Negli ancoranti chimici ad espansione la creazione di una fessura rompe il legame tra la resina e la parete del foro su un lato dello stesso, analogamente a quanto detto per gli ancoranti chimici. In presenza di un carico, il guscio di resina si apre in senso radiale e la barra viene tirata nel guscio (figura 6.37). Si verifica qui la cosiddetta "espansione secondaria", che consente di riprendere il gioco della fessura. Questa espansione secondaria si riconosce nella variazione dell'inclinazione della curva di spostamento del carico in figura 6.36. Tra la resina e la parete del foro vengono ad esplicarsi forze espandenti e di conseguenza forze di attrito, che sono sufficienti a trasferire al supporto le forze di trazione senza ulteriormente sollecitare la tenuta tra la resina e la parete del foro. Se la forza che tende a separare la barra dalla resina è sufficientemente bassa, gli ancoranti chimici ad espansione effettuano l'espansione secondaria anche se il foro è stato pulito in maniera inadeguata. Si raggiunge cioè lo stesso carico massimo di un foro ben pulito (figura 6.36).

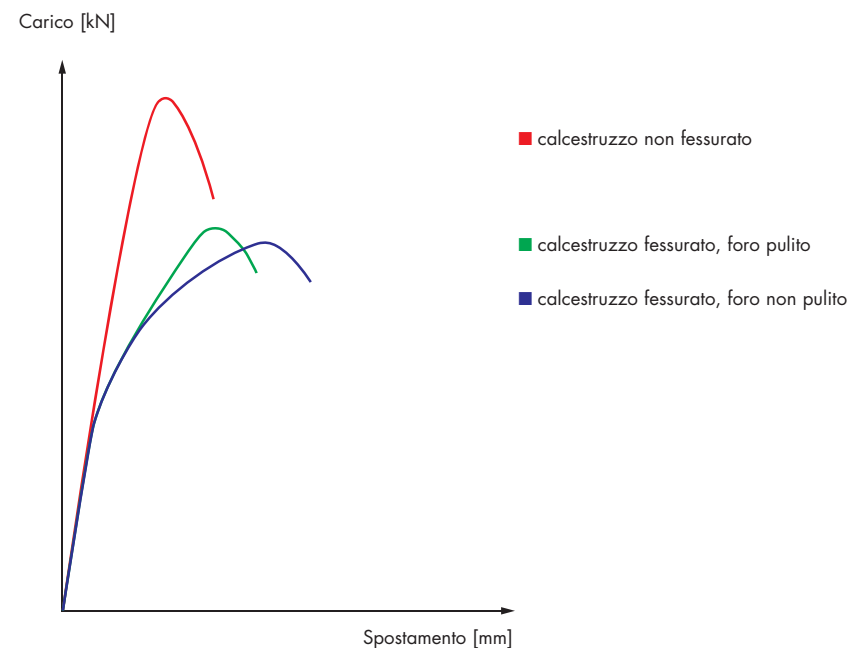


Fig. 6.36: curve schematiche di spostamento/carico con ancoranti chimici ad espansione in calcestruzzo non fessurato e fessurato [Bibliografia 33]

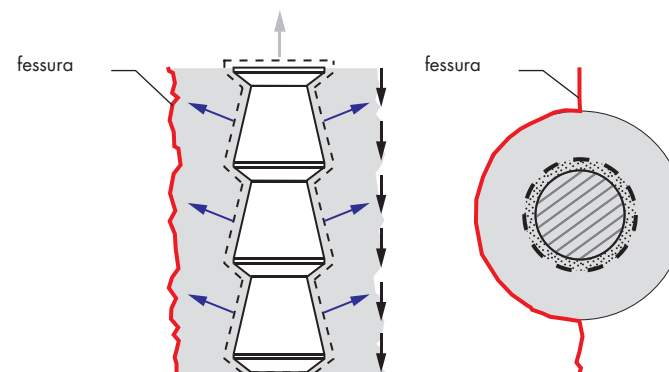


Fig. 6.37: compromissione della tenuta tra resina e calcestruzzo per la presenza di una fessura nel supporto e trasmissione dei carichi di trazione in ancoranti chimici ad espansione [Bibliografia 30]

Gli ancoranti chimici ad espansione cedono nel calcestruzzo fessurato in quanto la barra si sfilava dalla resina. I carichi massimi sono del 30% circa inferiori a quelli del calcestruzzo non fessurato. Il dimensionamento degli ancoraggi con ancoranti chimici adatti a zone fessurate si effettua in base al procedimento CC.

6.6 Tasselli in nylon

6.6.1 Generalità

Nel tassello in nylon la tenuta è data dalla pressione provocata dall'avvitamento della vite nel tassello contro la parete interna del foro nella muratura. Lungo l'asse del tassello vengono così ad esplicarsi forze espandenti. I tasselli in plastica moderni si caratterizzano per una distribuzione assai omogenea della pressione espandente lungo tutto l'asse del tassello.

Nei tasselli in nylon a vite, la vite si crea una filettatura nella boccola mentre viene avvitata. Le forze di trazione esterne vengono trasmesse dalla vite al supporto grazie alla variazione di forma e all'attrito interno tra la vite e la boccola e poi dall'attrito tra la boccola e la parete del foro. Nei tasselli a chiodo, battendo il chiodo nel tassello, il materiale plastico della boccola viene essenzialmente spostato. Perciò la forza di trazione esplicata sul chiodo si trasmette alla boccola prevalentemente per attrito. Col prolungarsi della sollecitazione, il nylon si espande nelle irregolarità e nei micropori del calcestruzzo, dando luogo a indentature e quindi ad una limitata variazione di forma tra la boccola e il supporto.

I tasselli a vite cedono di norma per sfilamento della boccola dal foro. Il cedimento non provoca il danneggiamento del supporto, in quanto questo non si rompe. Nei tasselli a chiodo il cedimento può essere dovuto anche allo sfilamento del chiodo dal tassello, a causa della limitata tenuta tra chiodo e boccola.

Quali materiali per la realizzazione di tasselli in nylon, il Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt) ha omologato al momento soltanto poliammidi PA6 o PA66 di specifici produttori. I poliammidi sono sostanze termoplastiche parzialmente cristalline le cui caratteristiche sono influenzate da svariati parametri. Sul piano della portata dei tasselli in plastica, i parametri rilevanti sono anzitutto l'umidità, la temperatura e il tempo. L'assorbimento di acqua determina una variazione di volume. Aumentando il proprio contenuto umido, il poliammide assume consistenza plastica perdendo rigidità e durezza.

Inoltre la tenuta dei tasselli in plastica è influenzata in misura rilevante dalla deformazione viscoso-elastica della plastica nel tempo. Si esplicano cioè nel tempo processi di rilassamento e di scorrimento.

6.6.2 Comportamento di portata di tasselli in nylon in calcestruzzo

I carichi di sfilamento dei tasselli in nylon sono determinati dalla forza espandente degli stessi la cui entità è influenzata dalle caratteristiche costruttive del tassello. Perciò tasselli in nylon di vari produttori presentano diversi carichi ammissibili.

In figura 6.38 è illustrata l'influenza della temperatura sulla resistenza a trazione dei tasselli in plastica in Ultramid. Si osserva qui che nei tasselli realizzati in B3L, il carico

di sfilamento si riduce sensibilmente con l'aumentare della temperatura, se invece la boccola è realizzata in B3S il carico rimane praticamente invariato fino ad una temperatura di 80°C circa. Per i tasselli in nylon destinati al montaggio di facciate la temperatura massima ammessa - peraltro per tempi limitati - è di circa 80°C. Durante il montaggio la temperatura del supporto non deve scendere al di sotto di 0°C.

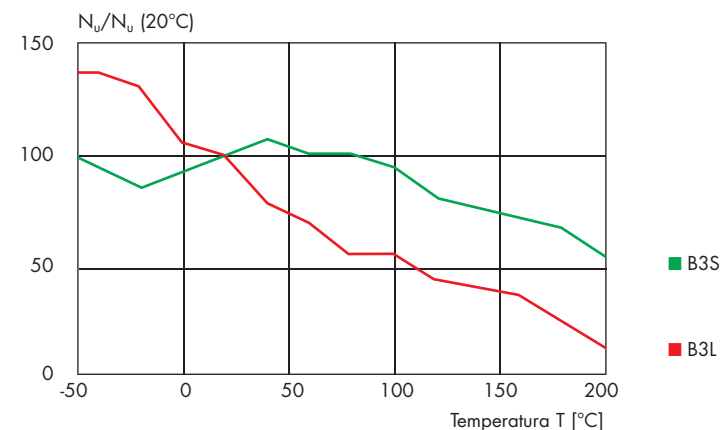


Fig. 6.38: influenza della temperatura sulla resistenza alla trazione di tasselli in nylon [Bibliografia 26 e 27]

La figura 6.39 illustra l'influenza dell'umidità presente nella boccola sulla resistenza alla trazione di tasselli in nylon. L'umidità intrinseca dei poliammidi è del 2,5% circa, quella di saturazione varia tra il 7% e il 10% a seconda del tipo di poliammide. Se i tasselli presentano un grado di umidità inferiore a quello intrinseco, la resistenza alla trazione aumenta. Se la boccola è umida il carico di sfilamento diminuisce. Nell'Ultramid B3L la perdita di carico è più rapida che nel B3S.

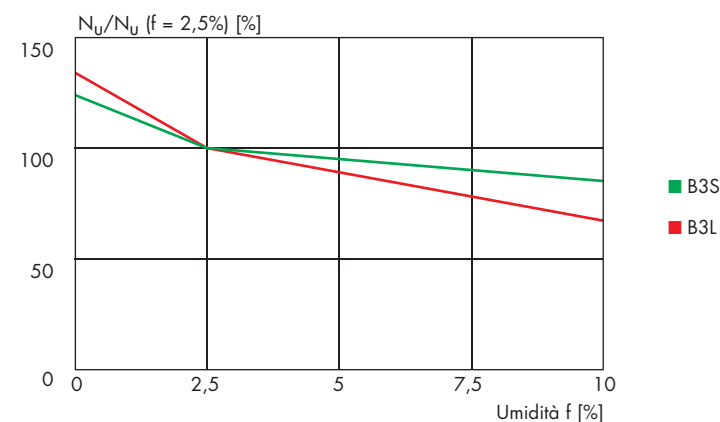


Fig. 6.39: influenza dell'umidità della boccola sulla resistenza alla trazione di tasselli in nylon [Bibliografia 27 e 28]

La figura 6.40 descrive l'influenza del diametro del tagliente (della punta che pratica il foro) sui carichi di sfilamento dei tasselli in nylon. I carichi di sfilamento si riducono fortemente all'aumentare del diametro del tagliente perché crescendo il diametro del foro vengono ad aumentare le tolleranze tra la boccola ed il foro e quindi le forze espandenti generate sono inferiori. Per questo è importante rispettare le tolleranze del foro prescritte.

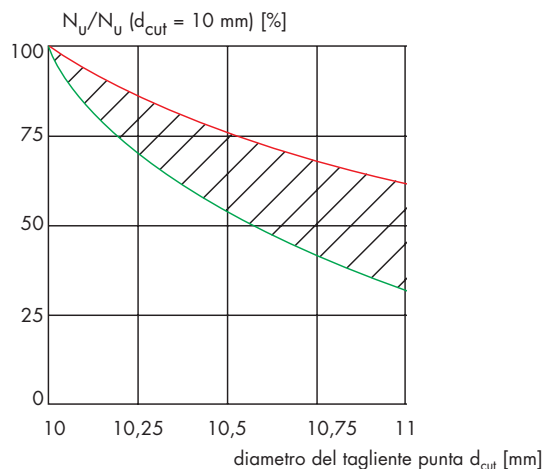


Fig. 6.40: influenza del diametro del tagliente della punta sui carichi massimi di tasselli in nylon soggetti a trazione assiale [Bibliografia [27], [60].

Nelle strutture in calcestruzzo armato occorre partire dal principio che il calcestruzzo si presenterà fessurato. A partire da fessure di larghezza $w=0,3$ mm, i carichi di sfilamento nei normali tasselli in plastica si riducono talvolta di oltre il 50% perché la presenza della fessura riduce la forza espandente in senso ortogonale alla direzione della fessura stessa.

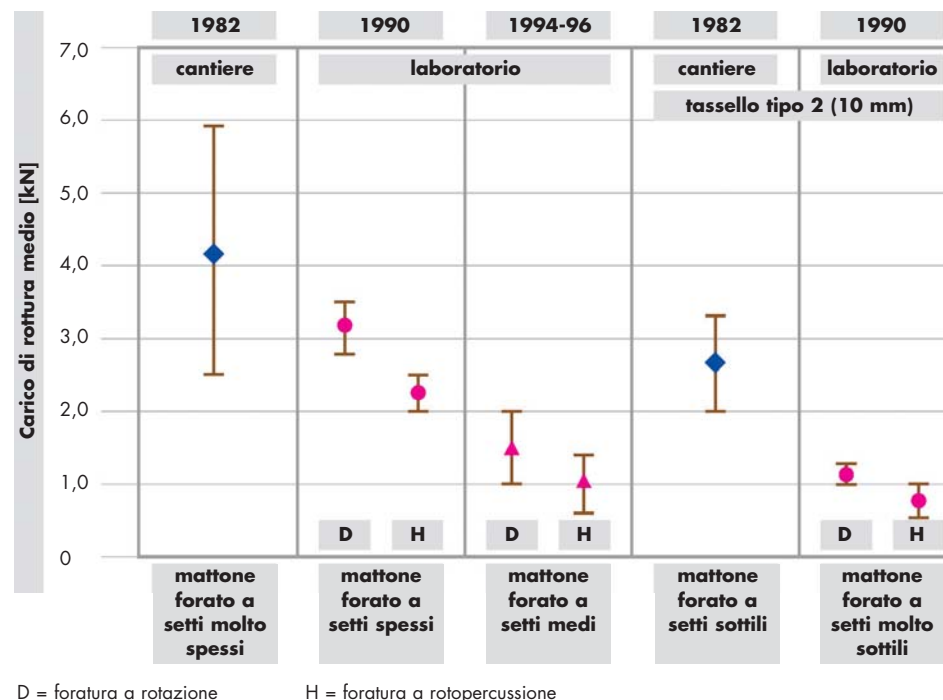
Gli spostamenti dei tasselli in nylon sottoposti a sollecitazione aumentano col passare del tempo a causa dello scorrimento della plastica. Gli spostamenti dei tasselli crescono fortemente nella fase iniziale per diminuire poi dopo circa 500-1000 ore. Gli spostamenti misurati sono assai ridotti (0,25 millimetri circa). La valutazione delle prove di durata dimostra che tasselli in nylon in poliammide omologato saranno in grado di trasferire senza difficoltà nel supporto carichi di trazione di entità ammissibile per oltre 50 anni [Bibliografia 33].

6.6.3 Tenuta di tasselli in nylon in muratura

La figura 6.41 illustra i risultati di oltre 2000 prove di trazione effettuate in cantiere fino al 1982, come pure i risultati di prove di laboratorio più recenti. Vengono repor-

tati i valori medi e i campi di dispersione ($\pm 2 \times$ deviazione standard) delle serie sottoposte a test. I carichi di sfilamento in mattoni forati sono notevolmente ridotti negli ultimi anni. Questa tendenza non va attribuita alle modalità costruttive dei tasselli ma alla diversa configurazione dei fori e agli spessori dei setti dei mattoni.

In cantiere si impiegano di norma tasselli in plastica di una determinata lunghezza utile. Questa è individuata in modo che, sfruttando l'intera altezza serrabile, le profondità di posa reali corrispondano a quelle teoriche. Se l'altezza serrabile è inferiore, aumenta quindi la profondità di posa. Va qui tenuto presente che l'ubicazione e il numero dei setti intercettati dal tassello hanno un'influenza rilevante sui carichi di sfilamento. Mentre in caso di ancoraggio in calcestruzzo e laterizi pieni un aumento della profondità di posa determina carichi di sfilamento più elevati o perlomeno uguali, nella muratura forata di norma, inserendo i tasselli a profondità maggiore, i carichi di sfilamento vengono sensibilmente ridotti.



D = foratura a rotazione

H = foratura a rotopercussione

Fig. 6.4.1: sviluppo dei carichi di sfilamento di mattoni forati di traverso dal 1982, dati ricavati da [Bibliografia [61], [62], [66], [73] a [76]

Nei blocchetti forati in arenaria calcarea i fori presentano le più svariate configurazioni, determinate non soltanto nelle dimensioni dell'elemento ma anche dalla classe di peso specifico apparente. I carichi di sfilamento dipendono chiaramente dal tipo di tassello e dallo spessore dei setti esterni degli elementi impiegati.

Negli elementi con peso specifico apparente $\rho = 1,4 \text{ kg/dm}^3$ i setti esterni presentano di norma uno spessore fino a 40 mm. Le maggiori lunghezze di ancoraggio dovute al maggior spessore dei setti migliorano sensibilmente la resistenza dei tasselli in plastica. Si considerano tasselli di diametro nominale compreso tra 8 mm e 14 mm. Le profondità teoriche di ancoraggio ($h_{\text{ef, teor}}$) variano tra 50 mm e 70 mm (calcestruzzo) ovvero tra 50 mm e 90 mm (muratura). I tasselli in plastica sono omologati solo per fissaggi multipli di rivestimenti di facciate. Ciò significa che in caso di cedimento di un tassello il carico deve potersi trasmettere ad almeno un altro dei tasselli adiacenti.

Nelle omologazioni sono indicati i carichi ammissibili dei tasselli in plastica in vari supporti. Questi carichi si intendono per i casi di trazione assiale, taglio e trazione obliqua sotto qualsiasi angolo. Va qui tenuto presente che una sollecitazione di trazione permanente è ammessa solo in direzione obliqua (almeno 10° di inclinazione tra la forza risultante e l'asse del tassello).

Nelle murature realizzate in mattoni forati i fori possono eseguirsi solo a rotazione (senza percussione). Si può derogare da questa regola solo se prove effettuate in loco hanno dimostrato la buona tenuta del tassello anche in fori realizzati a rotoperussione (per ulteriori dettagli vedi [Bibliografia 31] o i certificati di omologazione). Inoltre, in caso di mattoni forati, vanno in linea di principio effettuate comunque prove in cantiere, salvo sia dimostrato che il supporto è costituito da mattoni forati di traverso rispondenti alla DIN 105 con classe di resistenza $\geq \text{Hlz12}$ e classe di peso specifico $> 1,0 \text{ kg/dm}^3$ e che i tasselli sono posati alla profondità di posa prescritta.

6.7 Ancoranti ad iniezione in muratura

Negli elementi forati, gli ancoranti ad iniezione trasmettono le forze di trazione prevalentemente per effetto dell'indentatura meccanica della resina pressata nelle cavità intercettate. Inoltre, in corrispondenza dei setti forati, si esplicano anche forze di coesione dovute all'incollaggio. Un cedimento avviene di norma per rottura del mattone. Pertanto il carico massimo dipende dalla resistenza dell'elemento e dallo spessore e il numero di setti nella zona di ancoraggio. Inoltre la tenuta può essere influenzata dalla resistenza della resina. Se questa è troppo ridotta, le barre vengono sfilate dalla resina prima che ceda il mattone.

In elementi pieni, durante la foratura di norma non si intercettano cavità. I tasselli trasmettono il carico per effetto della coesione tra la parete del foro e la resina. Lo stesso si può dire anche degli elementi forati se eseguendo il foro non si intercettano cavità. La resistenza del tassello è influenzata in maniera decisiva dalla pulizia del foro prima della posa dell'ancorante. Pertanto occorre assolutamente attenersi alle indi-

cazioni del produttore in relazione alla pulizia del foro. In elementi pieni, di norma gli ancoranti ad iniezione cedono per il venir meno della coesione all'interfaccia tra resina e parete del foro.

I carichi massimi di sistemi di ancoranti omologati in mattoni forati con classe di resistenza approssimativamente eguale non vengono di norma influenzati dal luogo di posa o dalla direzione di posa.

La figura 6.42 illustra lo sviluppo dei carichi di sfilamento di ancoranti ad iniezione dal 1984 per gli ancoranti di tipo C e B (produttore A) e di tipo D e G (produttore B). I prodotti B e G sono qui ulteriori varianti del sistema, che in test comparati hanno presentato perlomeno la stessa resistenza della versione precedente. Si riconosce chiaramente come i carichi di sfilamento si siano considerevolmente ridotti dal 1984. Il motivo va cercato nelle caratteristiche dei laterizi. I setti sempre più sottili riducono infatti la resistenza allo sfilamento degli ancoranti.

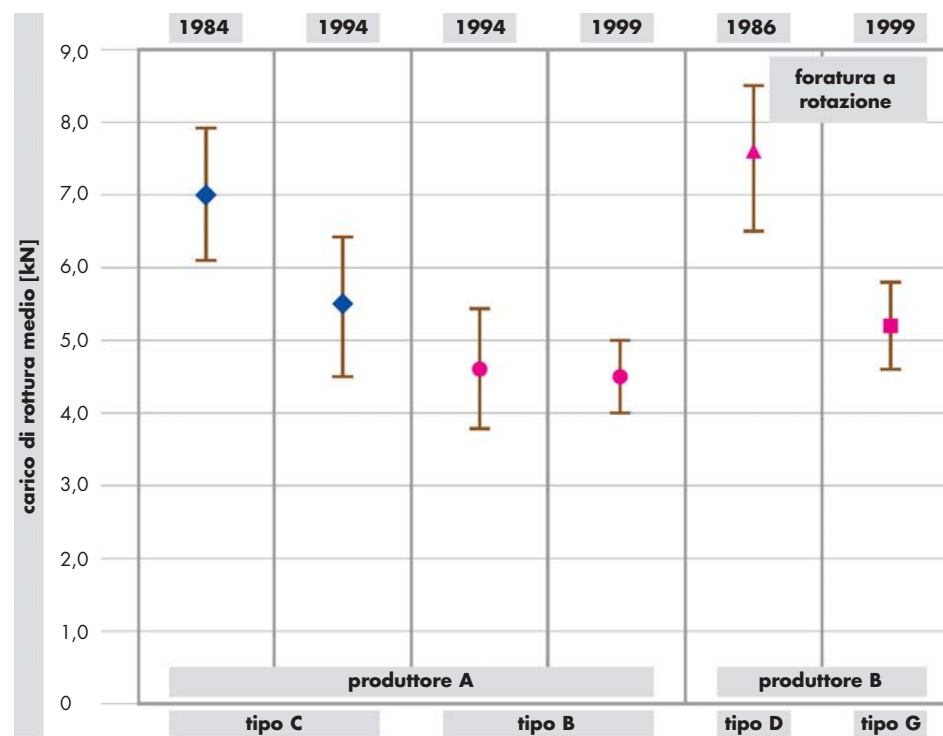


Fig. 6.42: carichi massimi di ancoranti ad iniezione in mattoni forati secondo DIN 105; sviluppo dei carichi di rottura dal 1984 [Bibliografia 32]

Forando a rotopercussione i blocchetti di arenaria calcarea i setti si frantumano formando dei coni di rottura sul lato opposto a quello da cui è penetrata la punta (figura 6.43). In questo modo lo spessore dei setti viene a ridursi rispetto a quello in cui il foro è stato eseguito semplicemente a rotazione e vengono a ridursi anche i carichi massimi applicabili. Per questo motivo nei certificati di omologazione i carichi ammissibili sono indicati in funzione della modalità di foratura.



Fig. 6.43: influenza della modalità di foratura sulla geometria del foro in elementi forati in arenaria calcarea (a sinistra foratura a rotazione, a destra foratura a rotopercussione)

Negli elementi forati nei quali eseguendo il foro non si sono intercettate cavità oppure negli elementi pieni gli ancoranti ad iniezione devono trasmettere il carico al supporto per effetto della coesione esistente tra la resina e la parete del foro. La tenuta è influenzata in maniera rilevante dalla pulizia del foro. La figura 6.44 illustra l'influenza della pulizia del foro sui carichi massimi applicabili in elementi pieni in arenaria calcarea.

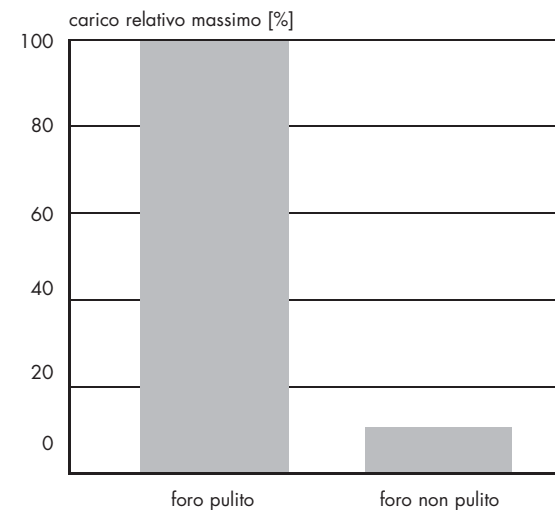


Fig. 6.44: influenza della pulizia del foro sul carico massimo di un'ancorante ad iniezione in un elemento pieno in arenaria calcarea [Bibliografia 67]

7.1 Generalità

Il fissaggio di chiodi Würth è un sistema diretto: il chiodo viene posato mediante un apposito attrezzo e senza ulteriori lavori preliminari (per esempio foratura, ecc.), direttamente nel supporto. Ne risulta per l'operatore un rilevante risparmio di tempo rispetto ai metodi di fissaggio tradizionali.

Per la posa dei chiodi si impiegano apposite pistole sparachiodi che mediante speciali cartucce conficcano il chiodo nel supporto. La posa si può effettuare in due modalità (illustrate in figura 7.1): il sistema a sparo e quello tramite un pistone.

Nel sistema a sparo tutta l'energia della carica viene trasferita al chiodo. L'energia è tale che il chiodo può riuscire ad attraversare completamente supporti sottili o poco compatti. Proprio per l'elevato pericolo di incidenti, l'utilizzo di questi utensili è vietato. Nel sistema a pistone l'energia della carica viene trasferita per il 95% circa ad un pistone e solo per il 5% circa al chiodo stesso. Siccome il pistone si limita a percuotere il chiodo senza poter fuoriuscire dalla pistola, non c'è pericolo per l'utilizzatore.

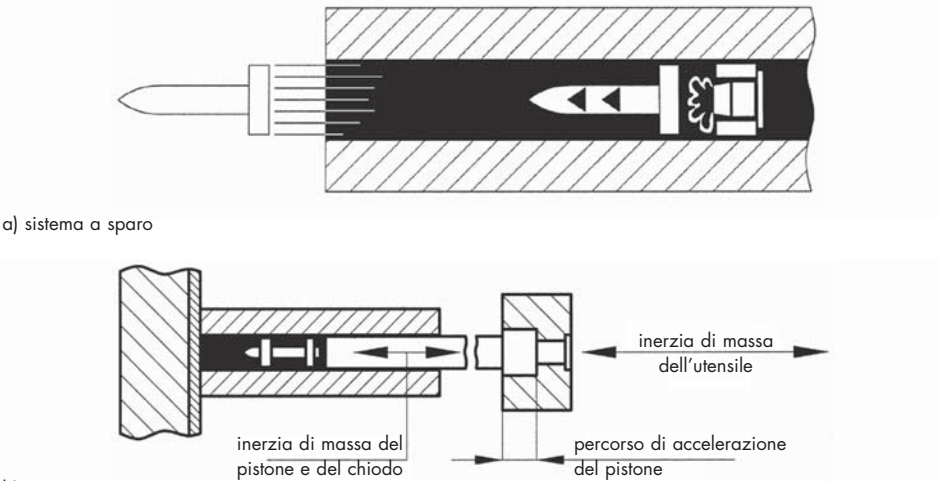


Fig. 7.1: principi di funzionamento delle pistole sparachiodi

Le pistole sparachiodo a pistone sono realizzate in modo da consentire un impiego in piena sicurezza. Essi devono infatti rispondere ai seguenti requisiti costruttivi

- la detonazione è valida solo dopo che la conca dell'attrezzo è stata premuta contro il supporto
- la sola pressione dell'attrezzo sul supporto non deve bastare a provocare la detonazione
- presenza di un dispositivo di sicurezza (in caso di caduta dell'attrezzo)
- la detonazione deve essere possibile solo ad attrezzo chiuso.

E' comunque consigliato l'impiego di pistole sparachiodi che riportano chiaramente i seguenti dati:

- contrassegno di omologazione
- nome o marchio del costruttore
- denominazione del tipo di attrezzo
- denominazione delle munizioni prescritte
- numero di serie
- contrassegno di collaudo.

L'utilizzatore dovrebbe soddisfare seguenti requisiti:

- avere più di 18 anni
- essere in grado di utilizzare l'attrezzo responsabilmente
- se minorenne deve essere presente un maggiorenne
- essere adeguatamente addestrato all'uso dell'attrezzo
- essere a conoscenza dei pericoli connessi con l'utilizzo dell'attrezzo

Gli aspetti essenziali e i criteri di scelta per il montaggio diretto sono illustrati in tabella 7.1.

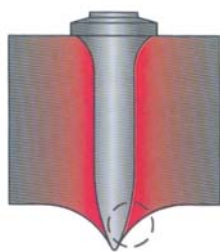
Criteri di scelta per il montaggio diretto		
Carichi	Supporto	Altri aspetti
$F_{u, \text{calcestruzzo}} < F_{u, \text{ammesso, acciaio}}$	■ Calcestruzzo C12/15 - C40/50 ■ Acciaio con $f_{uk} \leq 450 \text{ N/mm}^2$ e acciaio colato ■ Blocchetto pieno in arenaria calcarea (DIN 106)	■ Fissaggi reversibili ■ Fissaggi temporanei ■ Rapidità ■ Economia

Tab. 7.1: aspetti e criteri di scelta per il montaggio diretto

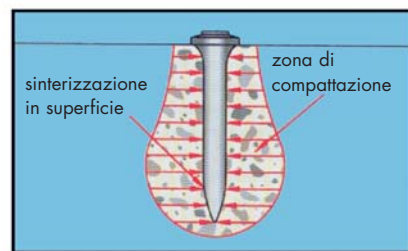
Di seguito vengono trattati il montaggio in calcestruzzo e acciaio e il comportamento di portata nel calcestruzzo.

7.1.1 Comportamento di portata in calcestruzzo non fessurato

Quando il chiodo viene sparato nel supporto, il materiale di cui esso è costituito viene spostato e compattato. Inoltre l'elevata velocità di penetrazione determina un incremento della temperatura sulla superficie del chiodo che provoca la sinterizzazione (fusione) del calcestruzzo sullo stesso. Infine la superficie del chiodo si irrugginisce. Tutto ciò determina una miglior coesione tra il calcestruzzo e il chiodo, che tiene sia per adesione che per attrito.



chiodo sparato in un supporto di acciaio
(comportamento schematico)
fusione dell'acciaio in prossimità della punta



chiodo sparato in un supporto di calcestruzzo
(comportamento schematico)

Fig. 7.2: meccanismo di tenuta di chiodi in supporti di acciaio e calcestruzzo

A carico a trazione il cedimento non avviene tra calcestruzzo e chiodo ma nel calcestruzzo. La capacità di portata viene determinata soprattutto dalla profondità di penetrazione del chiodo (figura 7.3). In caso di cariche (pietre) molto dure o implementazione sotto angolo sfavorevole, i chiodi vengono dirottati e quindi non montati correttamente. La quota di chiodi non montati correttamente aumenta con l'aumento della resistenza alla compressione del calcestruzzo e cariche grandi (ca. 10% al 20%).

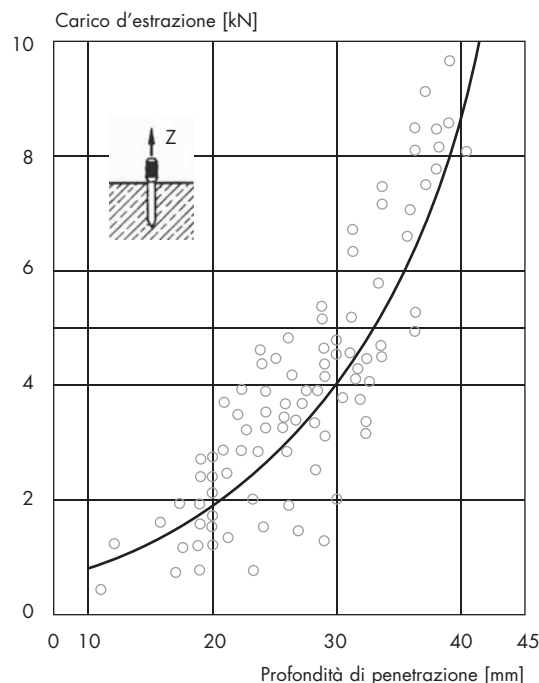


Fig. 7.3: carico di rottura di chiodi sollecitati a trazione assiale in funzione della profondità di penetrazione (in base a [Bibliografia 52])

7.1.2 Comportamento di portata in calcestruzzo fessurato

Le sollecitazioni di compressione indotte dalla penetrazione del chiodo vengono fortemente ridotte dalle fessure, in particolare quelle in direzione ortogonale alla fessura. Di conseguenza, con fessure di larghezza $> 0,2$ mm permangono nella struttura sollecitazioni di compressione assai limitate; la sinterizzazione tra l'acciaio e il calcestruzzo e l'irruvidimento della superficie del chiodo garantiscono peraltro un coesione molto buona tra il chiodo e il calcestruzzo, che di norma è superiore alla resistenza alla trazione del calcestruzzo. Per questo motivo anche nel calcestruzzo fessurato la fessurazione critica - quella cioè che determina il cedimento - attraversa il calcestruzzo e non l'interfaccia tra chiodo e calcestruzzo. Ne deriva che il comportamento di portata in calcestruzzo fessurato è determinato in misura rilevante dall'indentatura dei bordi della fessura. Il cedimento avviene per sfilamento del chiodo assieme ai residui di calcestruzzo incollati su di esso. La capacità di portata dei chiodi viene fortemente ridotta dalla presenza di fessure. Per questo motivo non è ammesso l'impiego di chiodi singoli in calcestruzzo fessurato.

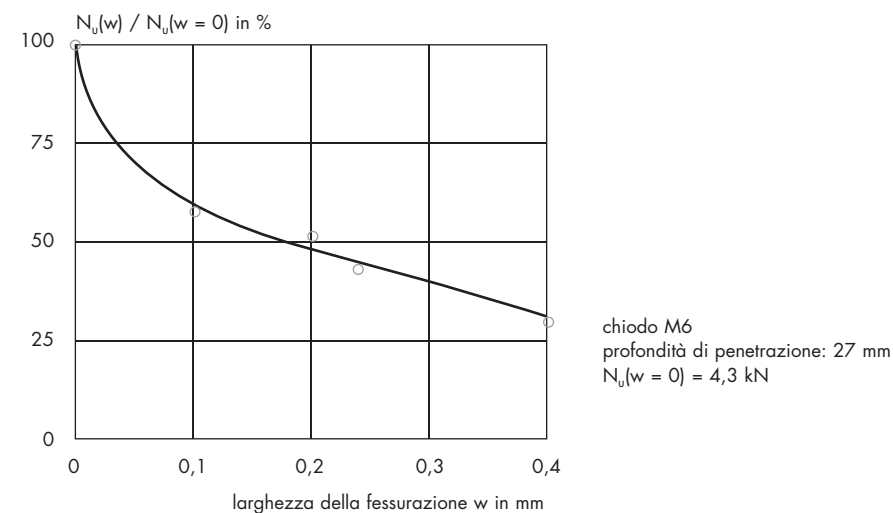


Fig. 7.4: carico di rottura di chiodi sollecitati a trazione assiale in funzione della larghezza di fessurazione (secondo [Bibliografia 59])

7.2 Montaggio e condizioni di impiego

■ In base al supporto esistente l'operatore sceglie la carica della cartuccia necessaria e carica l'attrezzo come da istruzioni del produttore (tabella 7.2). Si possono utilizzare soltanto le munizioni indicate nelle istruzioni e riportate sulla pistola, contrassegnate dal marchio del fabbricante e riportanti la potenza della carica.

Colore	potenza	Supporto
verde	debole	calcestruzzo verde (maturazione < 28 giorni)
giallo	media	calcestruzzo C12/15 a C30/37
rosso	forte	acciaio di resistenza fino a 450 N/mm ² calcestruzzo C30/37 a C40/50

Tab. 8.2: scelta della cartuccia e della carica in funzione del supporto

■ L'operatore stabilisce quindi la lunghezza del chiodo necessaria. Questa si calcola come illustrato in figura 7.5 (calcestruzzo) e 7.6 (acciaio). Nel montaggio vanno rispettate le distanze minime e gli spessori minimi del supporto indicate per il calcestruzzo e per l'acciaio.

Calcestruzzo: profondità di posa nel supporto (min. 25 mm) + elemento da fissare = lunghezza del chiodo

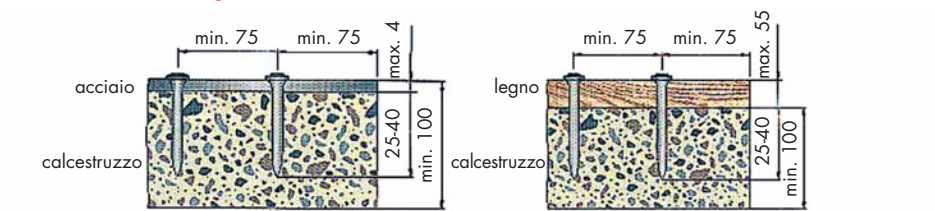


Fig. 7.5: profondità di posa e distanze tra i fissaggi in calcestruzzo (profondità minima di posa 25 mm, interassi e distanze minime dai bordi 75 mm, spessore minimo del supporto 100 mm)

Acciaio: profondità di posa nel supporto (8-12 mm) + elemento da fissare = lunghezza del chiodo d min (supporto) = 5 mm

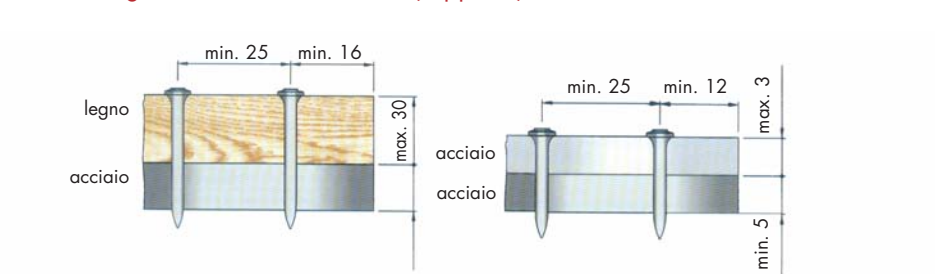


Fig. 7.6: profondità di posa e distanze tra i fissaggi in acciaio (profondità minima di posa 8 mm, interasse minimo 25 mm, distanza dai bordi minima 16 mm, spessore minimo del supporto 5 mm, spessore massimo dell'elemento da fissare (non preforato) 3 mm)

■ il chiodo prescelto viene inserito nella conca della pistola, quindi quest'ultima viene pressata contro il supporto, infine si aziona il grilletto. La cartuccia esplode, spinge il pistone in avanti e questo spinge a sua volta il chiodo nel supporto.

7.3 Tipologia di chiodi

E' ormai disponibile sul mercato un'ampia gamma di chiodi per montaggio diretto. I chiodi si possono classificare in 3 gruppi:

- 1. Chiodi: chiodi, chiodi con rondella in acciaio, chiodi con rondella in plastica;
- 2. Perni filettati: M6, M8 con varie lunghezza di gambo e di filetto;
- 3. Chiodi speciali: chiodi per pannelli coibentanti, graffe fissatubo, graffe fissacavi.

Vanno utilizzati soltanto chiodi le cui dimensioni e le cui guide si adattano all'attrezzo sparachiodi utilizzato e che sono contrassegnati col marchio del fabbricante. Tutti i tipi di chiodo sono particolarmente resistenti in quanto durante la fabbricazione vengono esposti a complessi trattamenti termici per garantire la struttura e il grado di durezza richiesti. Il trattamento anticorrosione consiste in una zincatura spessa circa 10 micron.

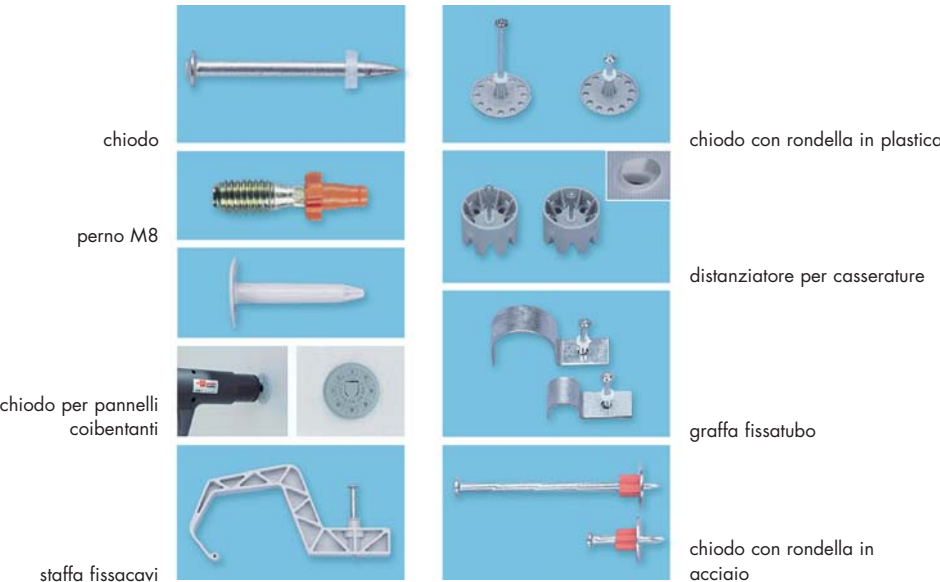


Fig. 7.7: esempi di chiodi

8.1 Generalità

In questi ultimi tempi si è diffusa sempre di più la pratica di collegare nuove strutture ad opere preesistenti servendosi di ferri di armatura fissati mediante ancorante chimico. Esempi sono riportati in figura 8.1.

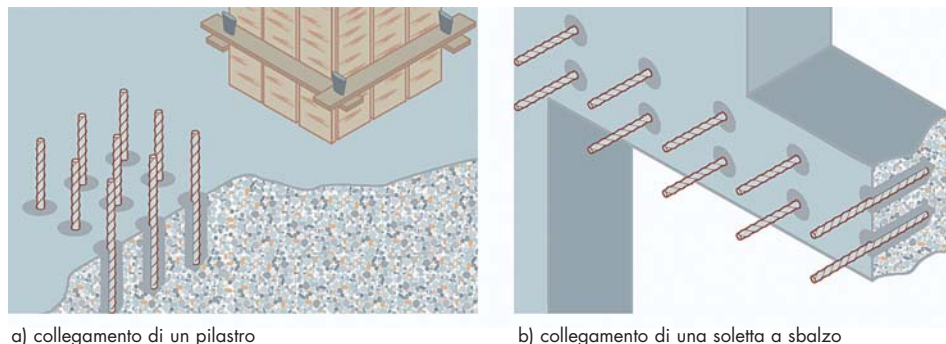


Fig. 8.1: esempi di impiego di fissaggi di ferri di armatura

I ferri vengono ancorati in strutture preesistenti di calcestruzzo armato o giuntati alle armature preesistenti. A questo scopo si realizza nella struttura preesistente un foro mediante martello elettropneumatico, demolitore o corona diamantata. Il foro viene quindi pulito e riempito di ancorante. Infine si infila o si batte il tondino nel foro cementato.

8.2 Sistemi di ancoraggio chimico

In commercio sono disponibili vari sistemi per l'ancoraggio chimico di ferri di armatura. La differenza sta nel tipo di resina e nelle modalità di esecuzione. Il legante del materiale può essere costituito da cemento, resina sintetica o una miscela dei due. Si impiegano le resine poliestere insature, viniliche e epossidiche. Per ulteriori dettagli si rinvia a [Bibliografia 30 e 49].

In tutti i sistemi occorre realizzare un foro e quindi pulirlo attenendosi alle indicazioni del fabbricante. Nella maggior parte dei casi il foro va pulito mediante spazzolino e soffio d'aria.

Nei sistemi ad iniezione, i componenti del prodotto (resina, induritore, carica) sono contenuti in apposite cartucce nelle quali la resina è mantenuta separata dall'induritore. I due componenti vengono miscelati automaticamente al momento dell'iniezio-

ne mediante un apposito miscelatore statico. Dopo aver iniettato la miscela nel foro fino ad una determinata altezza, si inserisce il ferro nel foro ruotandolo. L'operazione va compiuta nel tempo di lavorazione indicato il quale dipende dalla temperatura del supporto. Una volta indurito l'ancorante si può eseguire la gettata del nuovo elemento.

Per l'ancoraggio di ferri di armatura è inoltre possibile servirsi dei sistemi a fiala nei quali l'ancorante è appunto conservato all'interno di una fiala di vetro. Le fiale vengono introdotte nei fori puliti, dopodiché vengono inseriti i ferri tramite colpi di martello. La percussione frantuma il vetro della fiala e consente la miscelazione della resina e dell'induritore.

Le fiale a percussione si distinguono da quelle impiegate per il fissaggio di barre filettate per la disposizione di resina e di induritore nella fiala, che ha in questo caso lo scopo di garantire un'adeguata miscelazione all'inserimento del ferro. Negli ancoranti chimici per barre filettate invece la miscelazione è assicurata dall'inserimento a rotopercussione.

8.3 Trasmissione del carico

I ferri di armatura possono venir ancorati in strutture prive di un'armatura di ripresa (figura 8.2), oppure raccordati mediante opportuni giunti all'armatura preesistente (figura 8.3). Nel primo caso il calcestruzzo deve assorbire la tensione che trasmette il carico e si sfrutta la resistenza alla trazione del calcestruzzo. Con resistenza dell'acciaio sufficiente, la rottura avviene all'interfaccia tra la resina e il ferro o tra la resina e il calcestruzzo, per sfaldamento del calcestruzzo oppure per cedimento del cono del calcestruzzo. Quest'ultima si osserva in particolare se i ferri sono posizionati a distanza ridotta fra di loro [Bibliografia 33]. Nel secondo caso la forza di trazione viene trasmessa ai ferri di armatura preesistenti. Con resistenza dell'acciaio sufficiente, la rottura avviene tramite sfaldamento del copriferro oppure alla giunzione del ferro d'armatura ed il supporto. Si sfrutta la resistenza alla trazione del calcestruzzo. Le forze di taglio vengono assorbite da armature trasversali opportunamente disposte.

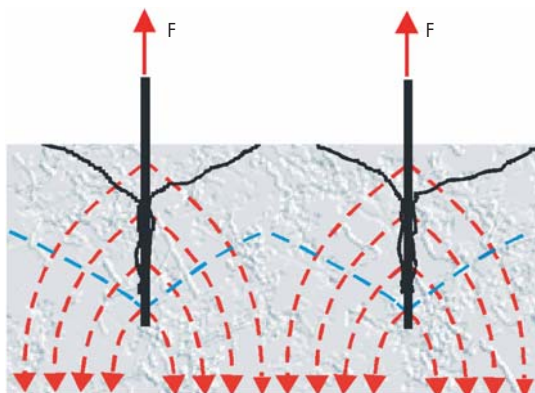


Fig. 8.2: ferri di armatura ancorati senza armature di ripresa [Bibliografia 40]

8.4 Comportamento della coesione di ferri di armatura singoli con copriferro maggiorato

La pulizia del foro è determinante per la capacità di portata dei ferri d'armatura ancorati. La pulizia ottimale dipende dalla composizione dell'ancorante chimico, il tipo di montaggio (ad iniezione, a fiala) e il tipo di foratura. La figura 8.4 si riferisce a sistemi ad iniezione. I fori sono stati eseguiti mediante martello elettropneumatico. Vengono figurate le curve di tensione/spostamento di ferri di armatura ancorati con sistema ibrido, cioè sistema con cemento. Il sistema ibrido raggiunge risultati ottimali pulendo il foro con aria compressa con l'ausilio di un'ugello speciale, ed una spazzola metallica montata su un trapano. Invece il sistema con cemento ha portato ottimi risultati pulendo con acqua ad alta pressione e aria compressa in quanto la zona di contatto del calcestruzzo viene inumidita. Va osservato che la pulizia del foro in entrambi i sistemi con spazzolino a mano e pompetta a mano, come usuale nel montaggio di tasselli, non ha portato risultati soddisfacenti.

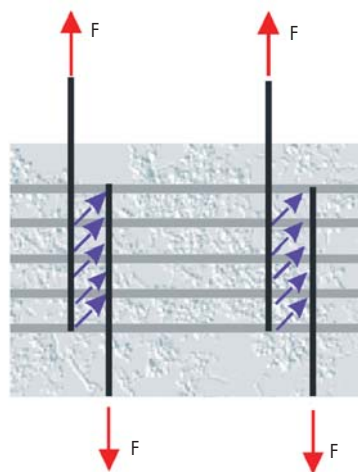


Fig. 8.3: ferri di armatura ancorati con armature di ripresa [Bibliografia 40]

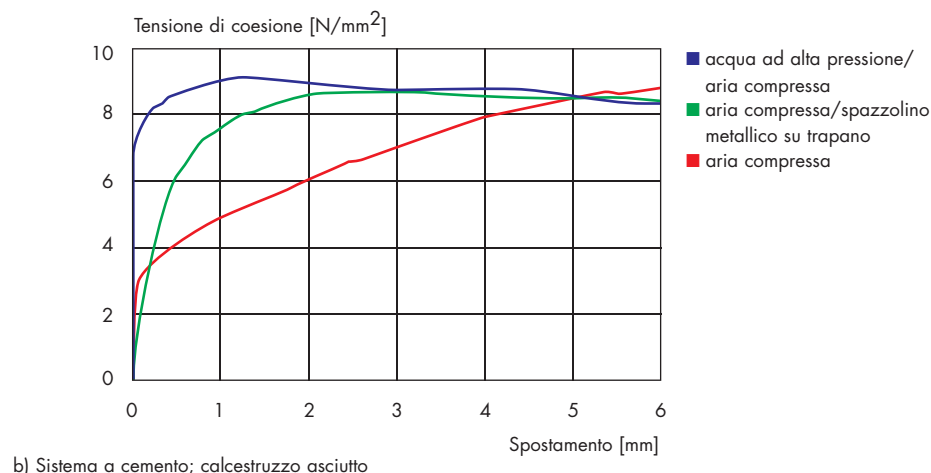
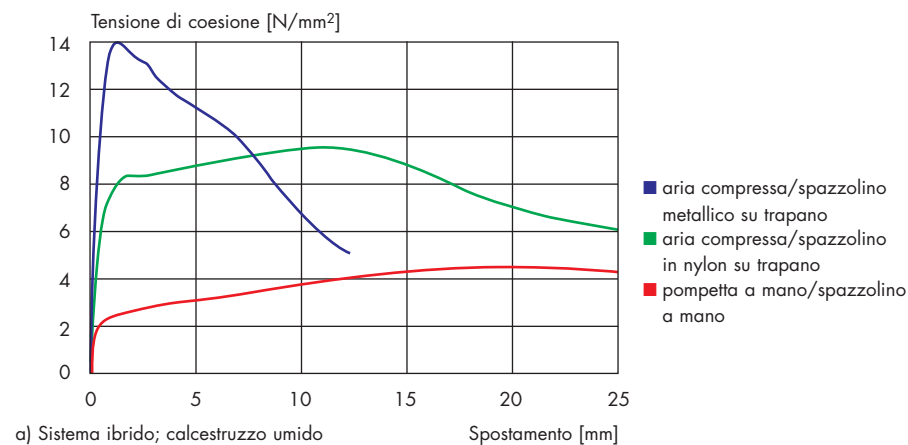


Fig. 8.4: influenza della pulizia del foro sulla curva tensione/spostamento; copriferro maggiorato, $d_s = 20 \text{ mm}$, $l_v = 300 \text{ mm}$ [Bibliografia 74]

In caso di ferri di armatura annegati nel calcestruzzo la coesione aumenta con l'aumentare della resistenza alla compressione del calcestruzzo. Per contro la coesione i ferri ancorati con i sistemi ibridi esaminati non aumenta più a partire da $f_c \approx 40 \text{ N/mm}^2$, perché in calcestruzzo ad alta resistenza, il cedimento è dovuto al distacco dell'interfaccia ferro/ancorante. Si ricorda che l'influenza della resistenza alla compressione del calcestruzzo sulla coesione di ferri di armatura ancorati dipende dal sistema di ancorante chimico impiegato.

La figura 8.5 illustra l'influenza del procedimento di foratura sul comportamento di tensione di coesione/spostamento di ferri di armatura ancorati. I fori possono essere eseguiti mediante matello elettropneumatico, trapani ad aria compressa o corona diamantata. L'uso di trapani ad aria compressa crea superfici del foro molto ruvide che permette una coesione di tensione molto alta. Con martelli elettropneumatici il foro è meno ruvido ma se la pulizia viene eseguita in modo ottimale, la coesione risulta solo leggermente minore. Con corone diamantate le superfici dei fori sono relativamente lisce, in particolare in calcestruzzo di alta resistenza. Perciò con il sistema ibrido esaminato si sono riscontrate tensioni di coesione assai ridotte. Un miglioramento si può ottenere irruvidendo meccanicamente la parete del foro. L'influenza del procedimento di foratura è tuttavia correlata anche al sistema di ancorante chimico impiegato.

08

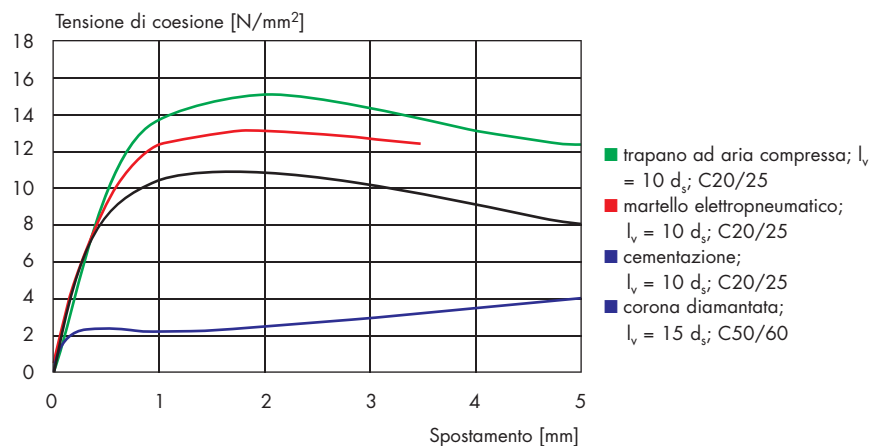


Fig. 8.5: influenza del procedimento di foratura sul comportamento di tensione di coesione/spostamento di ferri di armatura ancorati; sistema ibrido [74]

La tensione di coesione di ancoranti chimici può essere ridotta da influenze chimiche (per esempio l'alcalinità del calcestruzzo o la presenza di solfati). Ad esempio la tensione di coesione di ancoranti chimici a base di resine poliestere insature in calcestruzzo umido, dopo qualche anno è pari soltanto al 50% del valore iniziale. In caso di ancoranti chimici a base di cemento, il legante deve essere resistente ai solfati. Questo vale anche per il cemento dei sistemi ibridi. Per ulteriori dettagli si rinvia a [Bibliografia 33].

L'influenza della temperatura sulla tensione di coesione corrisponde a quella degli ancoranti chimici (punto 6.4.1, figura 6.33).

In sintesi si può concludere che impiegando sistemi adatti, garantendo un'adeguata pulizia del foro e iniettando correttamente il prodotto, non vi sono rilevanti differenze di tenuta tra i ferri di armatura annegati nel calcestruzzo e i ferri di armatura fissati con ancorante chimico.

08

8.5 Dimensionamento e montaggio di ferri di armatura ancorati con ancorante chimico

8.5.1 Generalità

Il comportamento di portata di ferri di armatura ancorati può essere influenzato in maniera rilevante dal montaggio. Particolarmente importanti sono la corretta pulizia del foro, l'iniezione dell'ancorante senza inglobamenti d'aria e la posa dei ferri d'armatura fino alla profondità di ancoraggio prescritta entro i tempi di lavorazione ammessi, che sono particolarmente brevi in caso di elevata temperatura del supporto. Con una temperatura del supporto di +40°C, il tempo di lavorazione dei prodotti esaminati, non supera i 2 minuti. In ogni caso il foro è da eseguire con estrema precisione onde garantire un copriferro sufficiente. Inoltre è necessario localizzare le armature nella costruzione preesistente servendosi di rilevatori di metalli.

Per ottenere collegamenti di qualità, è necessario che i montatori siano esperti e ben istruiti. Il collegamento va progettato da un progettista competente. La ditta esecutrice deve disporre di dirigenti qualificati, montatori istruiti e di apparecchiature idonee. È importante elaborare un protocollo di esecuzione del collegamento.

Il dirigente qualificato deve disporre di sufficienti conoscenze e di esperienze nell'esecuzione di collegamenti di ferri di armature ancorati. Esso risponde dei lavori effettuati in cantiere, della verifica dell'elenco prestazioni, della progettazione dei lavori, della valutazione della qualifica del personale e della presentazione dei lavori al personale sovrintendente. Inoltre esso oppure un rappresentante qualificato (per esempio direttore dei lavori) dirige i lavori in cantiere. Il personale esecutivo specializzato va opportunamente addestrato. Esso esegue i lavori e compila il protocollo dell'esecuzione del collegamento. Esso risponde di eventuale personale ausiliario (per esempio per la preparazione dei ferri di armatura).

8.5.2 Dimensionamento

I risultati delle prove effettuate dimostrano che, utilizzando un prodotto adatto ed eseguendo la posa a regola d'arte, a parità di altre condizioni, i ferri di armatura ancorati presentano una tenuta analoga a quella di ferri annegati nel calcestruzzo. Differenze nel comportamento di portata si osservano solo con temperature del supporto maggiori a +40 °C e in caso di ancoraggio in corrispondenza di fessure longitudinali. I fori vanno realizzati con martelli elettropneumatici o trapani ad aria compressa. In base a questi risultati consigliamo di rispettare i seguenti regolamenti.

- L'ancorante chimico prescelto per l'ancoraggio deve essere idoneo e non alterarsi nel tempo. Esso deve inoltre proteggere il ferro dalla corrosione, e a tal fine, deve presentare di norma un valore pH sufficientemente alto. Inoltre le apparecchiature

prescritte dal produttore per la pulizia dei fori e per l'iniezione devono essere idonee all'uso pratico e garantire una sufficiente qualità esecutiva, sia in calcestruzzo asciutto che bagnato. Tutte le attrezzature necessarie per l'esecuzione di collegamenti con ferri di armatura ancorati dovrebbero venire offerte e commercializzate in un'unica valigetta. I passi di lavoro necessari vanno descritti in modo dettagliato nelle istruzioni di montaggio.

- Si possono realizzare esclusivamente collegamenti dritti tra ferri di armatura annegati in calcestruzzo e ferri di armatura ancorati. I collegamenti con ferri di armatura ancorate vanno progettati da un'ingegnere e corredati da calcoli verificabili e disegni costruttivi dettagliati.
- In fase di progettazione va tenuto conto anche delle armature presenti e della classe di resistenza del calcestruzzo. Andrà inoltre comprovata la trasmissione dei carichi alla struttura preesistente.
- Ancoraggi e giunti con ferri di armatura vanno dimensionati secondo l'Eurocodice 2 [Bibliografia 26]. Ciò vale per la lunghezza di ancoraggio e l'armatura trasversale nella zona di ancoraggio e di trasmissione del carico. La zona di ancoraggio da considerare nel dimensionamento si basa sull'armatura annegata nel calcestruzzo. Vanno tenute presenti le seguenti deroghe alle regole in [Bibliografia 26, vedasi 10 e 11]:
 - Per il calcolo della lunghezza di ancoraggio va preso a base un calcestruzzo di classe di resistenza massima C30/37. In questo modo si tiene conto del fatto che la tensione di coesione di ferri di armatura ancorati non aumenta anche se il calcestruzzo presente fosse di classe di resistenza massima oltre 40 N/mm².
 - Vanno rispettati i valori minimi del copriferro e della distanza tra i ferri di armatura esistenti per evitare il danneggiamento del calcestruzzo in fase di foratura. Questi valori minimi dipendono dal procedimento di foratura e sono maggiori dei valori prescritti dal Eurocodice 2 [Bibliografia 26]. Realizzando il foro con martello elettropneumatico, il copriferro minimo è di $c = 2 d_s \geq 30 \text{ mm}$ e l'interasse minima tra due ferri di armatura ancorati $s_{\min} = 5 d_s$.
 - Nell'individuazione del copriferro minimo necessario va tenuto conto della tolleranza della foratura, aumentando il copriferro minimo del valore Δc . Detto valore di riserva è pari a $\Delta c = 0,06 \cdot l_v$ in caso di foratura eseguita con trapano senza supporti di foratura e a $\Delta c = 0,02 \cdot l_v$ con foratura praticata impiegando opportuni supporti di foratura.
 - I valori minimi della profondità di ancoraggio e della lunghezza di sovrapposizione, riferiti al diametro del ferro, vanno incrementati del 50% rispetto a [Bibliografia 26]. In tal modo si tiene conto del fatto che nella rottura per sfilamento, la tensione di coesione dei ferri di armatura ancorati è maggiormente influenzata dalla presenza di fessure longitudinali di quella dei ferri di armatura annegati nel calcestruzzo.

- La superficie di contatto della struttura preesistente va resa quanto più possibile ruvida e indentata, in modo da consentire la trasmissione delle sollecitazioni di taglio.
- In caso di richieste di resistenze al fuoco, il copriferro va maggiorato rispetto a quello per i ferri di armatura annegati. L'incremento dipende dalla sensibilità alle temperature dell'ancorante chimico e del tempo di resistenza al fuoco necessario.

8.5.3 Posa

Si illustrano di seguito, a titolo esemplificativo, le modalità di posa di ferri di armatura ancoranti. Per altri sistemi ad iniezione la posa va effettuata in maniera simile. I fori vanno realizzati con martello elettropneumatico o trapano ad aria compressa. Non vanno utilizzate, in quanto non ammesse, le corone diamantate. La pulizia del foro va effettuata con aria compressa non contenente residui di olio e con spazzola (figura 8. 6). Il foro va pulito tre volte mediante aria, utilizzando un ugello adeguato al diametro del foro stesso (pressione $\geq 6 \text{ bar}$), quindi va spazzolato tre volte utilizzando uno spazzolino metallico applicato al mandrino di un trapano, infine pulito altre tre volte mediante soffio d'aria compressa.

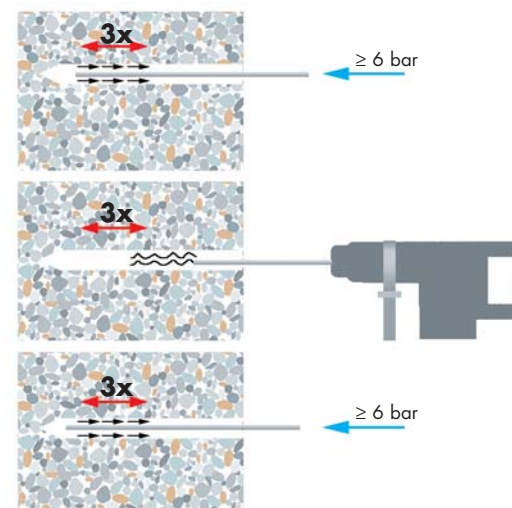


Fig. 8.7: pulizia del foro [Bibliografia 40]

Infine il foro va riempito a partire dal fondo con ancorante chimico ad iniezioni e (figura 8.7). Per evitare di inglobare aria è utile dotare il tubetto di un tappo di costipamento adatto al diametro del foro che consente di mantenere il tubetto stesso costantemente premuto contro la superficie del calcestruzzo durante il riempimento. La quantità di ancorante chimico necessaria per il riempimento è indicata nelle istruzioni di posa. Di norma il foro va riempito per 2/3. Il corretto riempimento si controlla mediante una tacca opportunamente praticata sul tubetto.

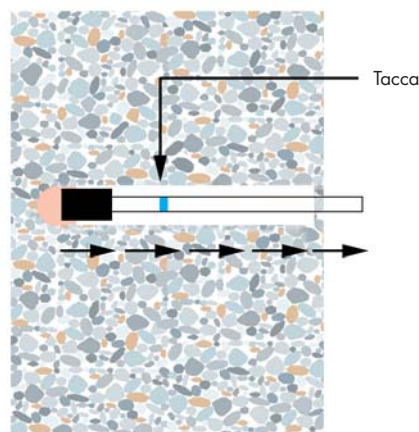


Fig. 8.7: iniezione dell'ancorante chimico [Bibliografia 40]

Conclusa l'iniezione, il ferro di armatura va inserito nel foro riempito di ancorante ruotandolo leggermente fino alla profondità di posa prescritta, contrassegnata con una tacca sul tondino stesso. La posa si intende effettuata correttamente se il tondino è ancorato alla profondità prescritta e parte del collante fuoriesce dal foro.

L'iniezione e l'inserimento del ferro di armatura vanno eseguiti entro il tempo di lavorazione indicato, in quanto altrimenti il l'ancorante chimico comincia ad indurire e non consente di raggiungere la profondità di posa necessaria. Se le temperature sono elevate è necessario lavorare con rapidità, per cui occorre porre particolare cura nel lavoro preparatorio.

8.6 Conclusioni

Le coesioni di strutture mediante ferri di armatura e ancorate successivamente sono sempre più diffuse negli interventi edili. A questo scopo si impiegano ancoranti chimici a base di cemento, resine o una miscela dei due. Sono disponibili sia sistemi ad iniezione che sistemi a fiala.

Numerose prove hanno dimostrato che il comportamento di coesione di ferri di armatura annegati nel calcestruzzo e ferri di armatura ancorati con ancorante chimico non differisce molto, sia in calcestruzzo fessurato che non fessurato, a condizione che si utilizzi un' ancorante chimico adatto e che il foro sia perfettamente pulito e venga iniettato correttamente. A questo scopo sono necessari utensili specifici. Differenze nel comportamento di portata si osservano in presenza di fessurazioni longitudinali oppure di temperature elevate.

La coesione della struttura nuova alla struttura preesistente mediante ferri di armatura ancorati è un collegamento rilevante ai fini della sicurezza, dove il cedimento può determinare pericoli per la salute di persone o rilevanti danni economici.

Per raggiungere il risultato desiderato, è fondamentale che i montatori siano adeguatamente istruiti ed esperti nel campo.

9.1 Generalità

Da marzo 2006 è in vigore la norma DIN EN 13561 "Tende da sole – richiesta delle prestazioni e richiesta della sicurezza". Essa regola le richieste alla capacità di utilizzo di tende da sole e la loro marcatura CE. Essa vale per quasi tutti tipi di tende in commercio, se fabbricate dopo la data di rilascio della norma.



Figura 9.1: "Tenda da sole fissata in sicurezza"

9.2 Indicazioni sulla tecnica di fissaggio descritte nella norma DIN EN 13561

Nel punto 17 "maneggio e immagazzinaggio" sono descritte le seguenti indicazioni in riferimento alla tecnica di fissaggio:

17.3 Richiesta alle prestazioni: "... componenti specifici per l'assemblaggio, il fissaggio e la tenuta, per esempio mensole adatte, devono venire dati a disposizione..."

Inoltre il punto 18 "Istruzioni per il maneggio, il disimballaggio e la posa in opera" regola le istruzioni.

18.3.2.1 Istruzioni generali: "... Le istruzioni devono riportare per iscritto le operazioni nella giusta sequenza per raggiungere un'installazione adeguata e sicura, per esempio istruzioni per l'assemblaggio, posa in opera e fissaggio..."

Questa norma non stabilisce altri regolamenti sul fissaggio della tenda alla struttura.

9.3 Altri regolamenti

Secondo le nostre conoscenze, altri regolamenti sono, ad oggi, in fase di elaborazione. Il testo seguente si riferisce a come presupponiamo vengano realizzati i regolamenti. Inoltre vengono indicati i procedimenti di calcolo per determinare le forze di trazione sui tasselli.

9.4 Basi di calcolo per le sollecitazioni agenti sul tassello

Per calcolare le sollecitazioni agenti sul tassello vengono considerati il peso proprio della tenda e le sollecitazioni dal vento. Come base per la determinazione della sollecitazione dal vento, il produttore di tende deve classificare la sua tenda in quattro classi diverse di vento. Altre sollecitazioni non vengono considerate.

Equazione di calcolo per la sollecitazione dal vento (F_W):

$$F_W = \alpha_{\text{carico}} q \cdot B_T \cdot H$$

α_{carico}	fattore di carico
0,4	per tende fino a 3,5m di uscita ed fino a una superficie del telo di 15,75m ²
0,5	per tende con uscita > 3,5 m oppure una superficie del telo > 15,75m ²
0,6	per impiego con classe del vento 3

Classi di resistenza al vento secondo DIN EN 13561

Classi	0	1	2	3
Pressione dinamica da vento q [N/m ²]	<40	40	70	110
B_T [m]	larghezza telo			
H [m]	uscita secondo DIN EN 1932			

9.5 Esempio di calcolo

L'esempio seguente è riferito ad una tenda da sole montata su un supporto solido.

Momento flettente al punto di fissaggio della tenda M_{tot} [Nm]:

$$M_{\text{tot}} = (H + T_M) \cdot F_P + (0,5 \cdot H + T_M) \cdot (F_A + F_T + F_W)$$

Momento flettente per braccio snodato [Nm]

$$M = M_{\text{tot}} / 2$$

Forza di trazione agente ai tasselli superiori FB [N]:

$$F_B = M / (O_B - s) / K / n$$

T_M	[m]	bordo posteriore della mensola fino all'asse di avvolgimento
O_B	[m]	distanza tra il tassello superiore ed il bordo inferiore della mensola
F_P	[N]	peso proprio del profilo sporgente
F_A	[N]	peso proprio del braccio snodato
F_T	[N]	peso proprio del tessuto
F_W	[N]	sollecitazione del vento
s		spostamento staticamente necessario del centro di rotazione di 0,01 m
K		numero delle mensole vicine ai bracci snodati
n		numero dei tasselli superiori per ogni mensola

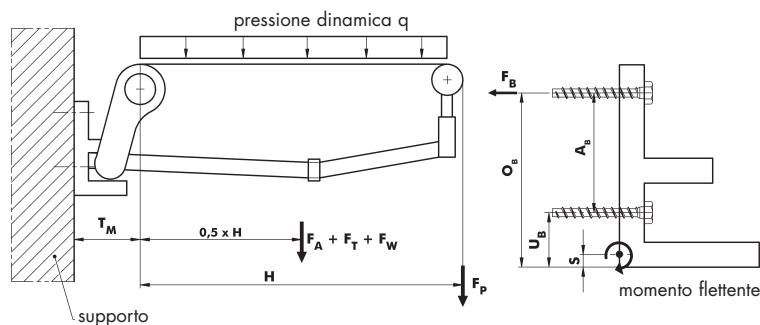


Figura 9.2: illustrazione schematica della tenda da sole

9.6 Supporti isolati

Soprattutto nel campo della post-installazione di protezioni dal sole capita molto spesso che il supporto è munito di un'isolamento. Anche su muratura ad alta capacità isolante (senza isolamento) è sempre presente un'isolamento nella zona della soletta. In questo caso bisogna superare lo spessore isolante e riuscire a fissare la mensola (della tenda) aderente senza danneggiare l'isolamento. Se la posizione della tenda viene definita prima del montaggio dell'isolamento, è possibile montare la mensola aderente al supporto. Se la posizione della tenda viene definita dopo il montaggio dell'isolamento, è possibile impiegare il sistema Würth Amo-Max. In questo sistema lo spessore dell'isolamento viene superato attraverso una speciale boccia a stella di alluminio. Per livellare gli spessori dell'intonaco, sempre differenti, vengono applicati speciali anelli. Utilizzando questo sistema è importante scegliere un tassello di una lunghezza sufficiente in quanto si deve superare l'intonaco e l'isolamento, parti non portanti del fissaggio.



Figura 9.3: illustrazione schematica del sistema Amo-Max

9.7 Richieste al montatore

Il montatore deve effettuare un fissaggio sicuro della tenda da sole secondo l'esempio di dimensionamento citato prima. Deve essere in grado di valutare la capacità portante del supporto e scegliere in base a ciò il giusto quantitativo e il giusto tipo di mensole e deve scegliere un sistema di fissaggio adatto.

Se la sollecitazione calcolata (peso proprio + sollecitazione dal vento) non può essere trasmessa al supporto a causa di una sollecitazione dal vento troppo elevata, per esempio se il supporto ha una bassa capacità di portata, il montatore deve ridurre la classe di sollecitazione dal vento ed effettuare un nuovo calcolo. Ciò comporta che il montatore deve informare per iscritto il suo cliente, che la classe di resistenza al vento è stata ridotta a causa del supporto e perciò la tenda deve venire tirata dentro ad una sollecitazione del vento inferiore.

10.1 Generalità

Per il fissaggio di elementi costruttivi sono al giorno d’oggi disponibili numerosi sistemi di fissaggio. Spetta all’utente scegliere il sistema di fissaggio più adatto alle sue esigenze.

A seconda del tipo di supporto e della sua geometria, dei carichi previsti, dei campi d’impiego e delle tipologie di posa si offrono oggi sistemi ottimizzati per l’impiego specifico. Questa grande varietà di offerta comporta però per l’utente la necessità di conoscere le condizioni di impiego, i principi di funzionamento, i vantaggi e svantaggi dei vari sistemi e le modalità di intervento.

Gli aspetti più importanti da tener presenti nella scelta del tassello sono riassunti in figura 10.1.

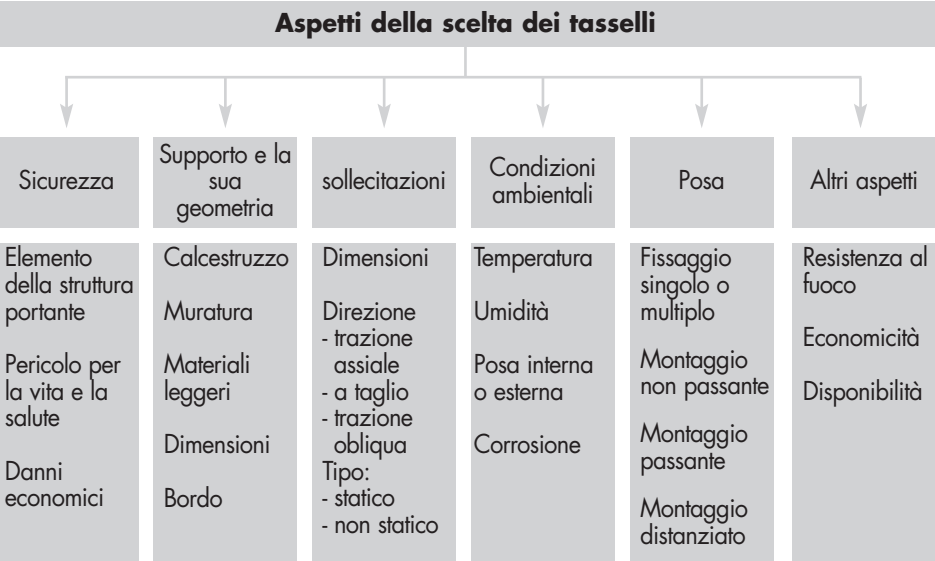


Fig. 10.1: Aspetti della scelta dei tasselli

10.2 Sicurezza

Si intendono rilevanti ai fini della sicurezza i fissaggi il cui cedimento può comportare un pericolo per la vita e la salute delle persone o un rilevante danno economico (figura 10.2, [Bibliografia 58]). E’ questo in particolare il caso nel fissaggio di elementi che costituiscono parte della struttura portante. I fissaggi rilevanti ai fini della sicurezza richiedono che la relativa progettazione e il dimensionamento siano effettuati da un ingegnere e che il montaggio sia eseguito a regola d’arte.

Nei casi che si discostano sensibilmente dalle normali condizioni per le quali gli elementi sono stati omologati è necessario richiedere di volta in volta un’autorizzazione specifica, basata sulla valutazione di un esperto.

Non si considerano invece rilevanti ai fini della sicurezza i fissaggi di importanza secondaria o quelli nei quali, in caso di cedimento, è improbabile un pericolo per le persone [Bibliografia 58]. Fissaggi di questo tipo vanno realizzati attenendosi alle normali regole di buona esecuzione e non richiedono la realizzazione di un dimensionamento.



Fig. 10.2: regole per l’esecuzione di un fissaggio

10.3 Supporto e la sua geometria

10.3.1 Generalità

La scelta del tassello adatto è determinata essenzialmente dalla natura del supporto e dalla sua capacità di portata. Mentre in calcestruzzo normale si possono eseguire fissaggi con tasselli metallici, ancoranti chimici e tasselli in plastica, in muratura vanno impiegati tasselli in plastica ed ancoranti ad iniezione (vedi tabella 10.1).

Un prospetto generale dei sistemi di tasselli omologati consigliati per i vari supporti è illustrato in tabella 10.1. Per maggiori dettagli sui vari sistemi di tasselli si rinvia al capitolo 5.

Supporto			Tipo di tassello				
			Tasselli metallici ad espansione e a variazione di forma	Ancoranti chimici a filala	Ancoranti chimici ad iniezione (con bussola a rete)	Ancoranti chimici ad iniezione (senza bussola a rete)	Tasselli in plastica
Calcestruzzo normale			■	□		■	□
Muratura	Mattoni	pieni					□
		forati			□		□
	Arenaria calcarea	pieni				□	□
		forati			□		□
	Calcestruzzo alleggerito	pieni				□	□
		forati			□		□
Calcestruzzo normale		forati					□
Cemento spugno					□	□	□

■ Con Benestare Tecnico Europeo □ Raccomandato dal costruttore

Tab. 10.1: sistemi di tasselli con BTE e raccomandati per i vari supporti in calcestruzzo e muratura

10.3.2 Supporto in calcestruzzo

Per la scelta dei tasselli da utilizzarsi in calcestruzzo sono rilevanti le condizioni statiche del sistema (staticamente definito o non definito), le condizioni del calcestruzzo (fessurato o non fessurato) e la funzione dell'elemento da fissare (portante, non portante).

Un sistema staticamente definito è quello in cui in elementi da fissare lineari o bidimensionali vi sono rispettivamente meno di tre/quattro punti di fissaggio (figura 10.3). Un punto di fissaggio può essere costituito da uno o più tasselli (gruppo di tasselli). Nei sistemi staticamente definiti il cedimento di un tassello può determinare il cedimento dell'intero fissaggio. Di conseguenza per questi fissaggi vanno impiegati tasselli in grado di trasmettere in sicurezza il carico al supporto anche in caso di fissaggi singoli. Se il sistema staticamente è indefinito e l'elemento da fissare non fa parte della struttura portante si possono usare i cosiddetti fissaggi ridondanti, cioè fissaggi multipli nei quali, in caso di cedimento di un tassello, il carico può venir trasferito ad un punto di fissaggio adiacente. Questo tipo di fissaggio però è ammesso solo per carichi relativamente bassi (per esempio un controsoffitto).

Un'elemento da fissare si considera parte della struttura portante se al suo cedimento cede l'intero manufatto o parte di esso. E' questo ad esempio il caso delle pile di una struttura, mentre invece ad esempio tubazioni non svolgono di norma funzione portante. La procedura della scelta del tassello è raffigurata schematicamente in figura 10.4.

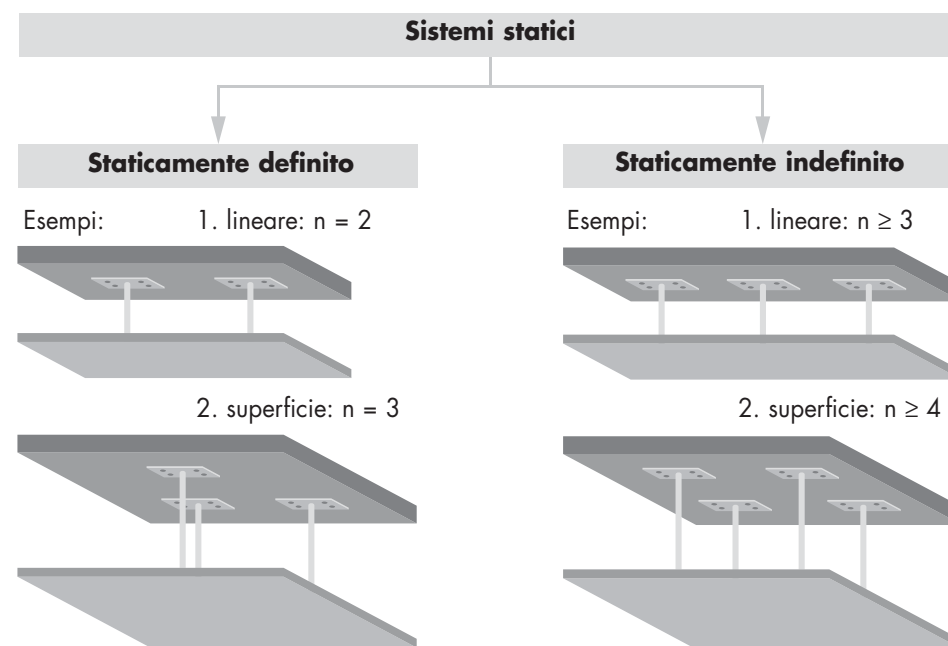


Fig. 10.3: definizione dei sistemi statici

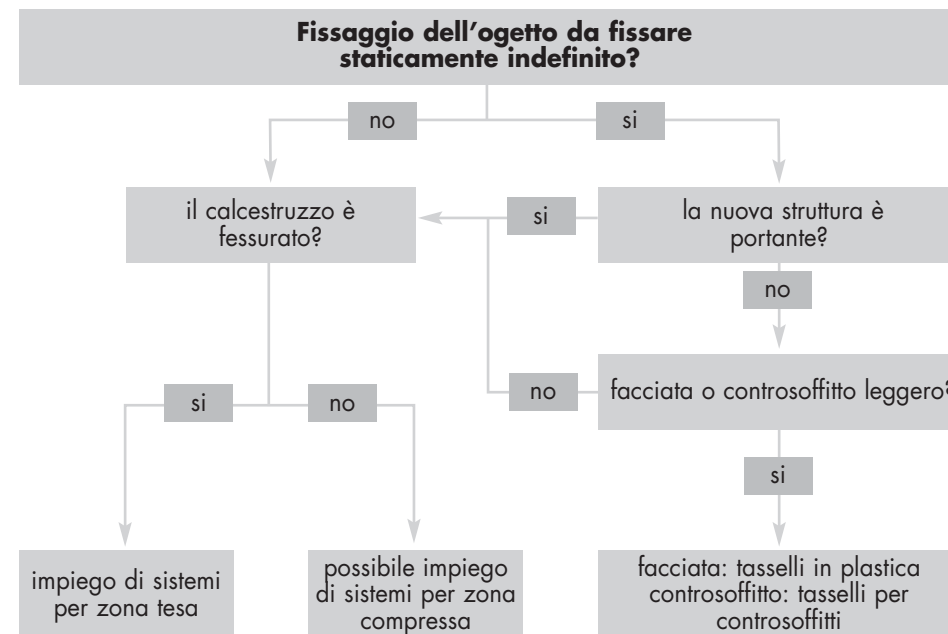


Fig. 10.4: scelta del tassello per posa in calcestruzzo

In caso di elementi posizionati in zona staticamente definita o facenti parte della struttura portante va chiarito se il calcestruzzo è fessurato o non fessurato (vedi figura 10.5 o punto 3.2.5). In linea di principio va ipotizzata la presenza di calcestruzzo fessurato, in quanto le sollecitazioni esterne o le tensioni dovute alle differenze di temperatura o alla deformazione del calcestruzzo sono in grado di superare la limitata resistenza alla trazione del calcestruzzo. Il calcolo per il calcestruzzo non fessurato va effettuato in base all'equazione (11.1). A questo scopo sono tuttavia necessarie sufficienti conoscenze in materia di dimensionamento degli elementi in calcestruzzo armato.

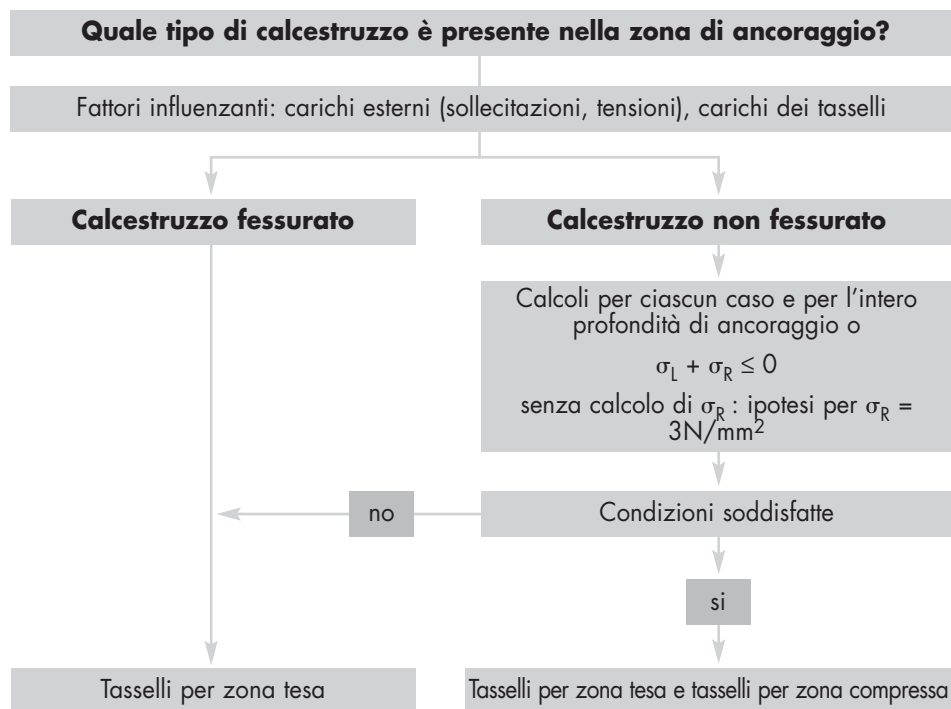


Fig. 10.5: scelta del tassello in funzione del supporto in calcestruzzo

Il fissaggio di strutture di supporto come quelle impiegate per l'ancoraggio di facciate o controsoffitti, si possono effettuare con tasselli per controsoffitti o tasselli adatti a zone fessurate (figura 10.6). Nel caso dei controsoffitti non si deve superare il peso complessivo di 1 kN/m². Per strutture di supporto di facciate sono inoltre ammessi tasselli in plastica. Il fissaggio di tubazioni, canalette portacavi o canalette di ventilazione non è espressamente regolamentato da omologazioni. Rispettando un carico lineare $\leq 0,5$ kN/m si considera però ammissibile l'impiego di tasselli per controsoffitti [Bibliografia 33]. Per impieghi in calcestruzzo ad alta resistenza ($> C50/60$) i sistemi di fissaggio di norma non sono ammessi.



Fig. 10.6: tasselli per strutture di supporto

10.3.3 Supporto in muratura

La scelta dei tasselli adatti a fissaggi in muratura va fatta tenendo conto della tipologia dei mattoni presenti (pieni o forati) e dei materiali in cui essi sono realizzati (laterizi, arenaria calcarea, calcestruzzo normale, calcestruzzo alleggerito o cemento spugno).

10.4 Dimensioni minime (distanze dai bordi, distanza tra i tasselli, spessore del supporto)

In ogni applicazione occorre prestare attenzione a rispettare le distanze minime tra i tasselli e dai bordi necessarie per evitare la formazione di fessure nella posa (figura 10.7) e per raggiungere i carichi di portata desiderati. Le distanze minime dipendono soprattutto dalle forze di espansione [Bibliografia 1]. I sistemi di fissaggio caratterizzati da minore forza espandente, quali i tasselli a variazione di forma e quelli chimici, possono presentare di norma distanze minime inferiori a quelle dei tasselli metallici ad espansione e sono perciò consigliati nell'uso su supporti con poco spessore.

Durante la posa va prestata attenzione ad impiegare chiavi dinamometriche tarate e ad attenersi alle coppie di serraggio prescritte nelle istruzioni.

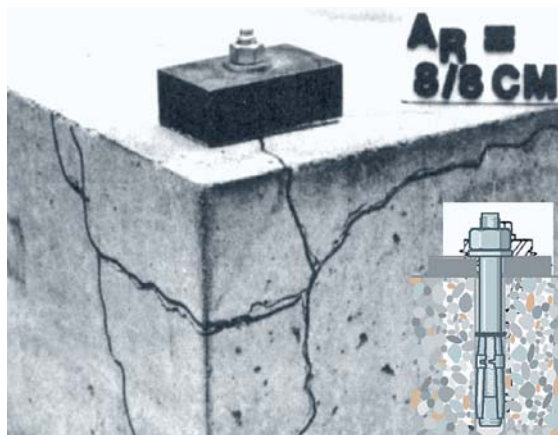


Fig. 10.7: fessurazione del supporto alla posa in calcestruzzo di un tassello ad espansione a controllo di coppia, dovuta al mancato rispetto delle distanze minime dai bordi e/o al superamento della coppia di serraggio prescritta.

10.5 Sollecitazioni

I tasselli possono essere sollecitati da trazione assiale, taglio o trazione obliqua (vedi punto 4.1). Se l'elemento da fissare non poggia perfettamente sul supporto o se il gioco tra il foro passante nell'elemento e il tassello è troppo grande, in base a [Bibliografia 8] va tenuto conto anche di una sollecitazione di flessione. I valori limite dei diametri dei fori passanti sono riassunti in tabella 5.1.

In presenza di una sollecitazione di flessione sul tassello, il carico di portata dal fissaggio si riduce sensibilmente. Per questo motivo è utile intervenire con misure costruttive - per esempio con la realizzazione di mensole - per evitare che tali sollecitazioni abbiano a crearsi.

10.6 Condizioni ambientali: temperatura

Nella scelta del fissaggio va tenuto conto delle condizioni ambientali, e in particolar modo delle sollecitazioni termiche. Mentre per i tasselli metallici le sollecitazioni termiche non creano limitazioni, gli ancoranti chimici ed i tasselli in plastica vanno di norma impiegati in ambienti a temperatura costante (nel lungo periodo) compresa tra -40°C e $+50^{\circ}\text{C}$. Per brevi periodi sono di solito ammessi incrementi della temperatura fino a $+80^{\circ}\text{C}$. In casi eccezionali si possono ammettere anche sollecitazioni termiche più elevate. L'impiego in presenza di sollecitazioni termiche superiori alla norma e le riduzioni di carico che ne derivano vanno comunque verificati di volta in volta.

10.7 Condizioni ambientali: umidità

Impiegando ancoranti chimici e tasselli in plastica, l'umidità nel supporto può determinare una riduzione talvolta sensibile dei carichi di portata. Nei sistemi dotati di Benestare Tecnico Europeo questa influenza viene verificata e di essa si tiene conto nello stabilire il carico ammissibile [Bibliografia 33].

10.8 Condizioni ambientali: corrosione

I tasselli zincati galvanicamente sono adatti solo all'impiego in interni asciutti, poiché all'esterno il sottile rivestimento di zinco non offre una protezione duratura contro la corrosione.

Una corrosione superiore può verificarsi in interni umidi o all'aperto. Per queste applicazioni vanno impiegati, secondo BTE, tasselli realizzati in acciaio inossidabile. Fanno qui eccezione i tasselli in plastica con viteria zincata, il cui impiego è ammesso in esterni anche in atmosfera industriale e in ambienti marini a condizione che le teste delle viti siano idoneamente protette dall'umidità, cioè le parti metalliche siano verniciate in corrispondenza della testa e del gambo fino al tassello. E' anche ammesso l'impiego di tappi di protezione in plastica. Tuttavia l'eventuale penetrazione dell'umidità sotto i tappi può dar luogo ad una corrosione anche più accentuata.

In presenza di agenti corrosivi particolarmente aggressivi l'acciaio inossidabile A4 non presenta caratteristiche di resistenza sufficienti. Pertanto in ambienti esposti a presenze elevate di biossidi di cloro o di zolfo, quali piscine coperte, acque marine e gallerie stradali, vanno impiegati, secondo BTE, acciai altamente resistenti alla corrosione. Per agevolare la scelta del materiale adatto, gli acciai e la loro composizione chimica sono definiti da codici e suddivisi in varie classi di resistenza alla corrosione (vedi tabella 10.2).

Codice materiale	Classe di resistenza alla corrosione/requisiti di resistenza	Impieghi tipici
1.4003 1.4016	I / limitati	Interni
1.4301 1.4541 1.4318 1.4567	II / moderati	Strutture accessibili senza rilevante presenza di cloruri e anidride solforosa
1.4401 ⁴⁾ 1.4404 1.4571 ⁴⁾ 1.4439	III / medi	Strutture non accessibili ¹⁾ con moderata presenza di cloruri e anidride solforosa
1.4539 1.4462 1.4565 1.4529 1.4547	IV / elevati	Strutture fortemente esposte a corrosione da parte di cloruri e anidride solforosa (anche con concentrazione delle sostanze nocive, per es. elementi immersi in acqua marina o situati all'interno di gallerie stradali). Piscine coperte vedi note ^{2,3)}

1) Si considerano non accessibili le strutture il cui stato non si può controllare o si può controllare solo con difficoltà, e che in caso di necessità si possono risanare solo con spesa ingente.

2) Acciaio codice 1.4539 per elementi situati in piscine coperte senza regolare pulizia dell'acciaio, in presenza di acque rispondenti al Regolamento sulle acque potabili.

3) Acciai codice 1.4565, 1.4529 e 1.4547 per elementi situati in piscine coperte senza regolare pulizia dell'acciaio, in presenza di acque clorurate (per esempio acque saline nelle terme).

4) Questi acciai sono anche definiti acciai A4.

Tab. 10.2: acciai inossidabili e relativi campi di impiego [Bibliografia 9]

10.9 Modalità di posa

Imprecisioni connesse nell'esecuzione del foro nel supporto determinano spesso problemi di posa nei fissaggi multipli. Per questo motivo in questi fissaggi si consiglia di adottare il montaggio passante, che consente di eseguire con precisione i fori di tutti tasselli attraverso i fori passanti dell'elemento da fissare.

Per questa modalità di posa occorre prestare attenzione alla compatibilità tra l'elemento da fissare (fori passanti, spessore ecc.) e il tassello (lunghezza ecc.). I sistemi ammessi a volte presentano apposite tacche di montaggio, che consentono di garantire la resistenza di ancoraggio (per esempio l'espansione) e la profondità di posa prescritta. L'utilizzo di sistemi coordinati consente peraltro anche di minimizzare le conseguenze di banali errori di posa, quali ad esempio l'insufficiente serraggio dei dadi sulle barre filettate.

10.10 Aspetti economici

Nella scelta del sistema di fissaggio va tenuto conto anche degli aspetti economici. Per questi aspetti si rinvia al capitolo 14.

11.1 Sistemi di dimensionamento

11.1.1 Generalità

Per i fissaggi rilevanti ai fini della sicurezza è necessaria l'esecuzione del dimensionamento a cura di un ingegnere. Questa procedura comprende l'esecuzione di calcoli verificabili nonché di disegni costruttivi.

Per il dimensionamento dei fissaggi esistono vari sistemi. Si distingue tra un sistema di dimensionamento con coefficiente globale di sicurezza (punto 11.1.2) e un sistema con coefficiente parziale di sicurezza (punto 11.1.3). Quest'ultimo trova impiego sempre più diffuso, in quanto ripartendo il coefficiente globale di sicurezza si tiene meglio conto delle curve di dispersione e dei margini di incertezza relativi al materiale o alle ipotesi di carico (costanti e variabili), come pure dell'influenza del montaggio.

In tabella 11.1 sono riportate la nomenclatura e le definizioni comunemente utilizzate nei procedimenti di dimensionamento.

Carico massimo	definisce il carico massimo raggiunto in una prova (figura 11.1)
Carico massimo medio	definisce il valore medio dei carichi massimi raggiunti in varie prove (figura 11.2)
Fratte-5%	valore statistico indicante che solo il 5% dei singoli valori si trova con una determinata probabilità (livello di sicurezza per omologazioni per elementi di fissaggio di norma = 90%) al di sotto di questo valore (figura 11.2)
Resistenza caratteristica	per i tasselli corrisponde al fratte-5% dei carichi massimi per le rispettive tipologie di cedimento e direzioni di sollecitazione
Valore di dimensionamento della resistenza	corrisponde ad una resistenza caratteristica divisa per il relativo coefficiente di sicurezza dei materiali e del montaggio. $R_d = R_k / \gamma_M$
Carico ammissibile F_{amm}	corrisponde al valore a cui l'elemento di ancoraggio può verire sollecitato nel rispetto delle condizioni di impiego. Questo valore tiene conto dei coefficienti di sicurezza. Nel Benestare Tecnico Europeo si ipotizza una durata degli ancoraggi pari a cinquant'anni. Talvolta i carichi ammissibili si definiscono anche carichi utili.
Carico consigliato	è il carico massimo raccomandato dal fabbricante agli utilizzatori e corrisponde al carico d'uso. Non sono coperti dal Benestare Tecnico Europeo.

Tab. 11.1: nomenclatura e definizioni

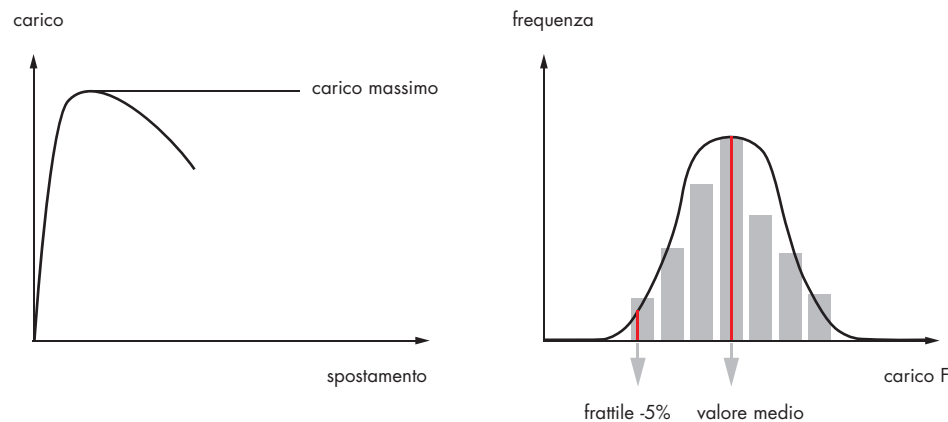


Fig. 11.1: curva carico/spostamento con carico massimo

Fig. 11.2: valore medio e frattile -5% in un diagramma di frequenza

11.1.2 Dimensionamento con coefficiente globale di sicurezza

Nel dimensionamento con coefficiente globale di sicurezza il carico ammissibile viene ricavato dai frattili-5% dei carichi massimi ovvero dalla resistenza caratteristica e da un coefficiente globale di sicurezza. In figura 11.3 è esposto il procedimento di dimensionamento, mentre in figura 11.4 sono rappresentati i livelli di carico e di sicurezza.

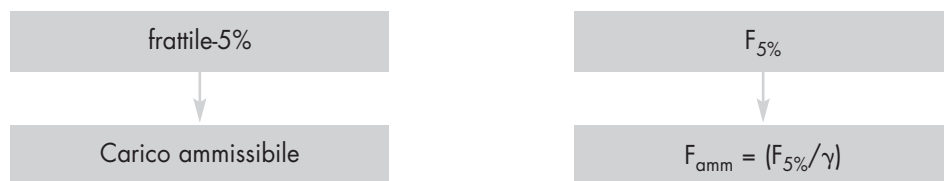


Fig. 11.3: diagramma del procedimento di dimensionamento con coefficiente di sicurezza globale

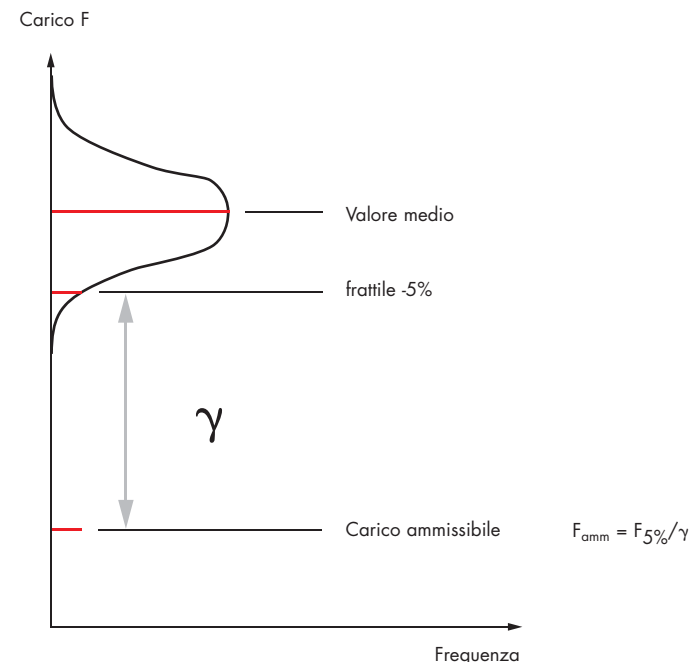


Fig. 11.4: procedimento di dimensionamento con coefficiente globale di sicurezza γ

Il coefficiente globale di sicurezza è di norma pari a $\gamma = 3$. Con profondità di posa assai ridotte ($h_{ef} < 40$ mm) oppure con sistemi i cui carichi di rottura sono sensibilmente influenzati da tolleranze di montaggio, umidità o temperatura (per esempio tasselli in plastica) si pongono coefficienti di sicurezza $\gamma = 5$.

11.1.3 Dimensionamento con coefficienti parziali di sicurezza

Nel dimensionamento con coefficienti parziali di sicurezza la sollecitazione (qui di seguito definita influenza) viene raffrontata con la sollecitabilità (qui di seguito definita resistenza). Si intende qui per influenza l'insieme dei carichi che agiscono su un fissaggio e che si possono distinguere a seconda del tipo e della direzione (vedi punto 4). La resistenza descrive invece la forza che il sistema di fissaggio può opporre all'influenza sfruttando le caratteristiche del supporto. Essa dipende dal sistema di fissaggio prescelto e dal supporto disponibile. Il procedimento di dimensionamento è illustrato in figura 11.5.

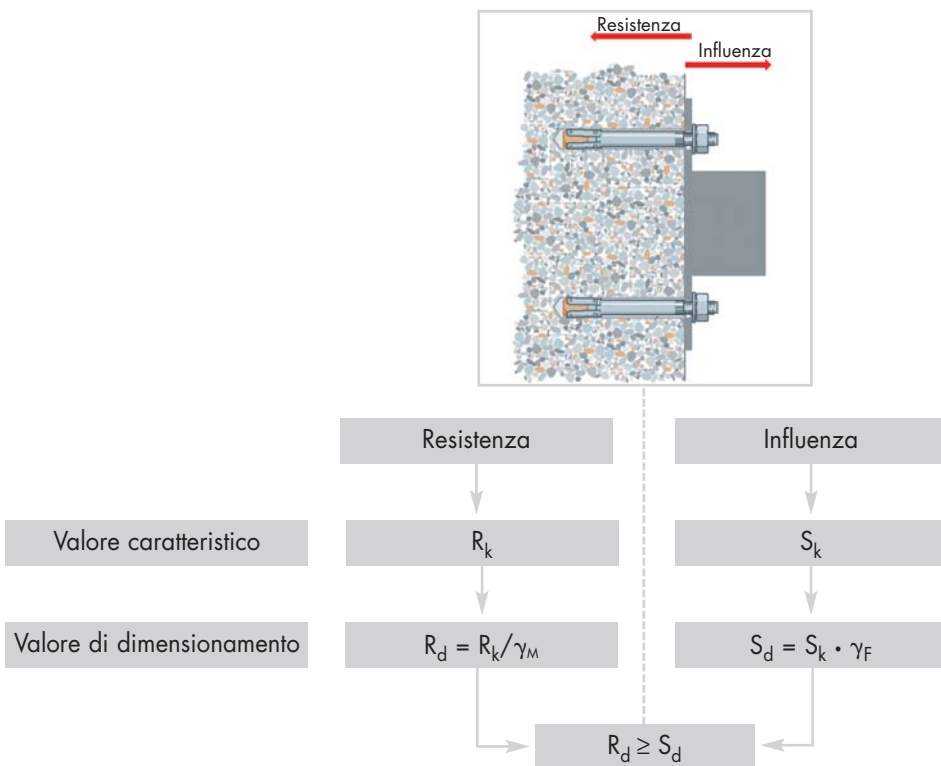


Fig. 11.5: diagramma del procedimento di dimensionamento con coefficienti parziali di sicurezza

Il livello di carico e di sicurezza della resistenza e del carico applicabile è illustrato in figura 11.6.

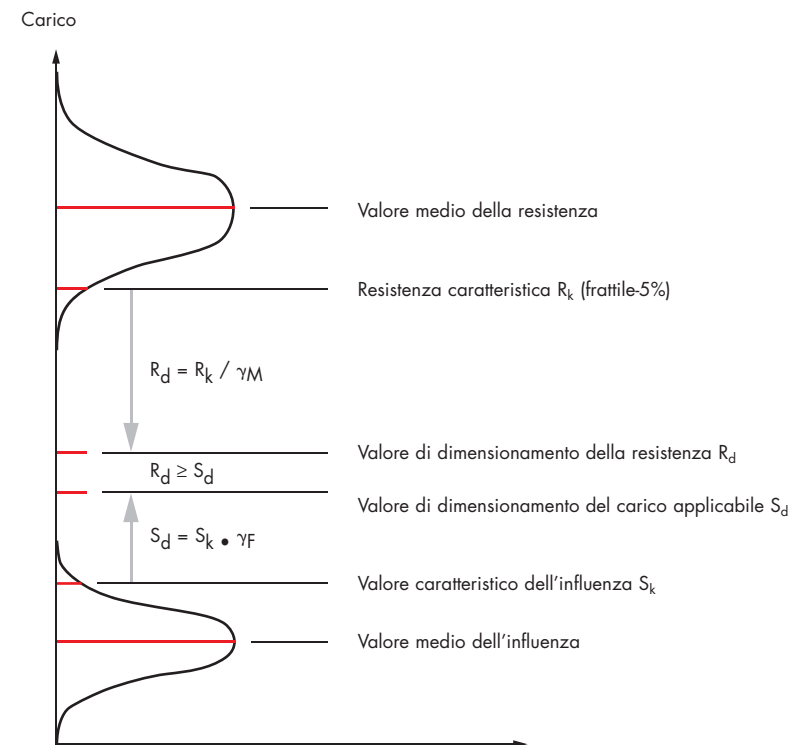


Fig. 11.6: procedimento di dimensionamento con coefficienti parziali di sicurezza

Nel caso dei coefficienti parziali di sicurezza sul piano dell'influenza si distingue tra carichi invariabili e carichi variabili, mentre su quello della resistenza si considerano le dispersioni del materiale e la sicurezza di montaggio del sistema.

11.2 Procedimenti di dimensionamento per calcestruzzo

11.2.1 Generalità

Negli attuali certificati di omologazione il dimensionamento di un fissaggio in calcestruzzo viene effettuato in base al procedimento κ oppure in base alla direttiva per il dimensionamento del DIBt [Bibliografia 8] oppure dell'ETAG [Bibliografia 42]. Entrambi i sistemi si suddividono in un procedimento A, B o C (figura 11.7).

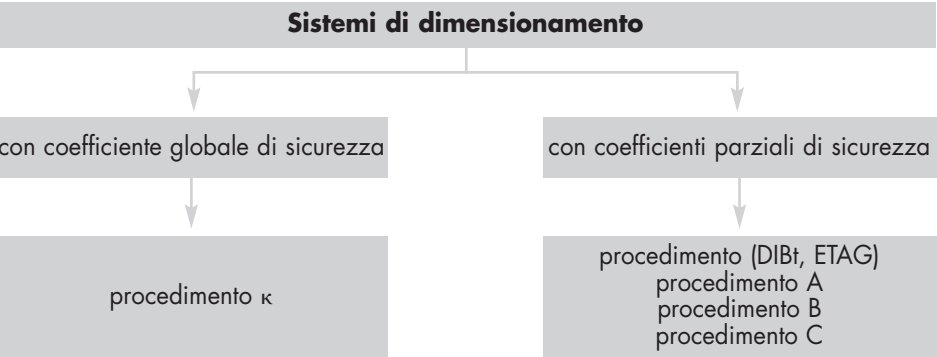


Fig. 11.7: sistemi e procedimenti di dimensionamento nelle omologazioni

Nelle omologazioni generali e nei Benestare Tecnico Europei (BTE) relativi ai fissaggi, i dimensionamenti vengono effettuati sotto la responsabilità di un ingegnere esperto nel campo degli ancoraggi e delle opere in calcestruzzo. Allo scopo vanno elaborati calcoli verificabili e realizzati disegni costruttivi. Sui disegni costruttivi vanno riportate le posizioni dei tasselli.

Oltre all’individuazione dei carichi applicabili, nella scelta di un sistema di fissaggio va anzitutto verificato il rispetto delle interassi e delle distanze minime dai bordi nonché degli spessori minimi della struttura. Si procede quindi al dimensionamento vero e proprio, individuando le resistenze caratteristiche.

Un fattore di rilevante influenza per la resistenza caratteristica in relazione al cedimento del calcestruzzo sono le condizioni del supporto stesso. Pertanto prima di procedere alla scelta del tassello e al suo dimensionamento va chiarito se il calcestruzzo del supporto è fessurato o non fessurato (vedi punto 3.2.5).

Di norma è raccomandabile partire dall’ipotesi che il calcestruzzo sia fessurato. La presenza di calcestruzzo non fessurato può essere ipotizzata solo in casi particolari, cioè solo se è dimostrato in ciascun singolo caso che il sistema di fissaggio è interamente ubicato in calcestruzzo non fessurato sull’intera profondità di posa. Questa condizione si intende soddisfatta se viene rispettata l’equazione (11.1).

$\sigma_L + \sigma_R \leq 0$	(11.1)
$\sigma_L =$ tensioni nel calcestruzzo dovute ai carichi esterni, compresi quelli dei tasselli	
$\sigma_R =$ tensioni nel calcestruzzo dovute a deformazione interne (per esempio contrazione del calcestruzzo) o ad altre deformazioni agenti dall’esterno (per esempio per spostamento degli appoggi o per oscillazioni termiche). In assenza di dati precisi si ipotizza $\sigma_R = 3 \text{ N/mm}^2$.	

Le tensioni σ_L e σ_R vanno calcolate nell’ipotesi che il calcestruzzo non sia fessurato. In caso di elementi di forma piana, nei quali i carichi si trasmettono in due direzioni (per esempio pannelli o pareti), l’equazione (11.1) va soddisfatta in entrambe le direzioni. In base all’equazione (11.1) occorre ipotizzare che i fissaggi nelle pareti siano di norma ubicati sempre in calcestruzzo fessurato, in quanto in direzione longitudinale alla parete si esplicano sollecitazioni di trazione (dovute ai carichi e alle tensioni del tassello) e non vi siano sollecitazioni di compressione dovute ad altri carichi. Se l’equazione (11.1) non è rispettata, si possono impiegare soltanto sistemi di fissaggio ammessi per impieghi in calcestruzzo fessurato.

11.2.2 Dimensionamento secondo il procedimento κ

Il procedimento κ si basa sul carico ammissibile di un singolo tassello ubicato con grandi interasse e distanza dai bordi. Il carico ammissibile si intende indipendente dalla sua direzione. Delle influenze di interassi e distanze dai bordi inferiori si tiene conto mediante i cosiddetti fattori κ. Il carico ammissibile di un tassello si ottiene quindi moltiplicando il carico massimo ammissibile per i rispettivi fattori κ.

Il procedimento κ è semplice e di facile impiego, ma presenta alcuni svantaggi. Così ad esempio nel calcolo del carico ammissibile non si considera la maggiore resistenza del tassello sottoposto a sforzo di taglio in posizione distanziata dal bordo (figura 11.8a). D’altro canto le maggiori distanze dai bordi generalmente richieste in caso di carico a taglio sono assunte per tutte le direzioni di carico, in quanto in caso di sollecitazione a taglio al diminuire della distanza dal bordo prevale la tipologia di cedimento “rottura del calcestruzzo agli spigoli” (figura 11.8b).

Nel dimensionare gruppi di tasselli sollecitati eccentricamente occorre porre per tutti i tasselli costituenti il gruppo il carico del tassello più sollecitato. Nel complesso il dimensionamento effettuato in base al procedimento κ presenta carattere prudentiale, ma pone talvolta sensibili limitazioni all’intervento pratico [Bibliografia 33].

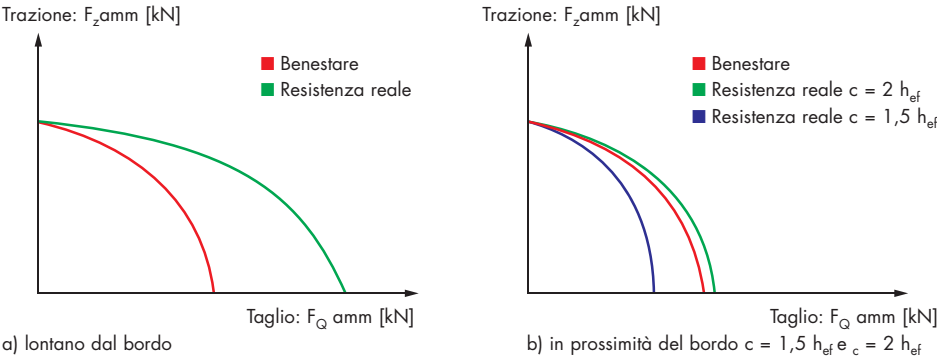


Fig. 11.8: diagramma di interazione di tasselli in calcestruzzo fessurato (secondo Benestare e resistenza reale)

11.2.3 Dimensionamento secondo la linea guida sul dimensionamento [Bibliografia 8 e 42]
11.2.3.1 Generalità

Si distingue tra tre procedimenti di dimensionamento (figura 11.9). Il dimensionamento in base al procedimento A consente di sfruttare al meglio le potenzialità dei fissaggi. Le caratteristiche principali dei procedimenti A, B e C sono riassunte in figura 11.9.



Fig. 11.9: caratterizzazione dei procedimenti di dimensionamento A, B e C e della direttiva per il dimensionamento del DIBt e dell'ETAG

I procedimenti di dimensionamento A, B e C si applicano agli impieghi illustrati in figura 11.10.

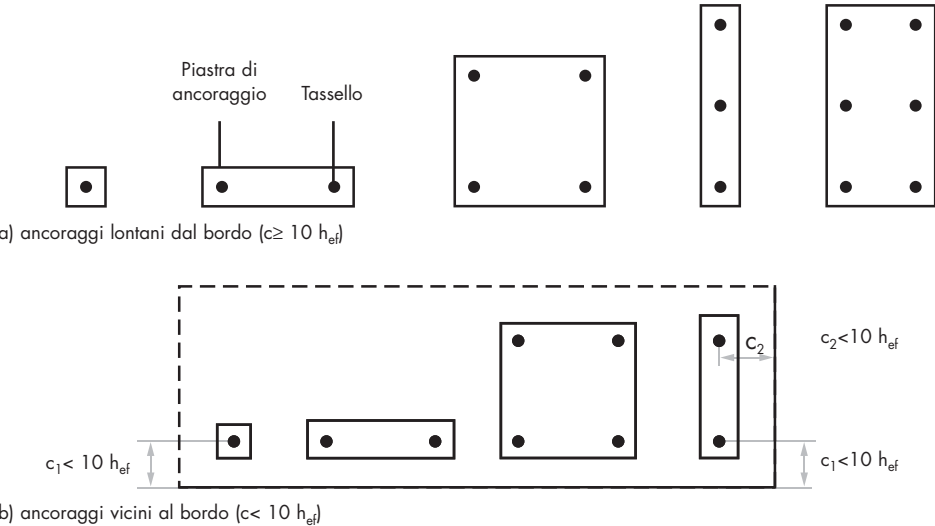


Fig. 11.10: ancoraggi regolamentati nel procedimento di dimensionamento A (secondo [Bibliografia 8])

11.2.3.2 Procedimento A della linea guida sul dimensionamento
11.2.3.2.1 Generalità

Il dimensionamento secondo il procedimento A si basa sul sistema di dimensionamento con coefficienti di sicurezza parziale (vedi punto 11.1.3). Il calcolo della resistenza si effettua in base all'equazione (11.2).

$$S_d \leq R_d$$

S_d
 R_d

valore di dimensionamento dell'influenza
valore di dimensionamento della resistenza

(11.2)

Nel procedimento A le resistenze caratteristiche dipendono dalla direzione del carico e tengono conto di tutte le tipologie di cedimento. Perché sia provata la capacità di portata il carico applicato sul tassello esso deve essere minore o uguale alla resistenza. Il requisito va soddisfatto per tutte le direzioni di sollecitazione e per ogni tipologia di cedimento (figura 11.11). Se questa condizione è soddisfatta, il fissaggio è dimensionato in maniera adeguata.



Fig. 11.11: requisiti di dimensionamento necessari col procedimento di dimensionamento A

Il valore di dimensionamento delle influenze corrisponde al carico applicato moltiplicato per il coefficiente di sicurezza parziale relativo al carico. Il calcolo della distribuzione delle forze di taglio esplicitanti sulla piastra di ancoraggio (forza normale, taglio, momenti flettenti e di torsione) sui singoli tasselli di un gruppo si effettua in base alla teoria della risposta elastica, ipotizzando un grado di rigidità uguale per tutti i tasselli. Perché le ipotesi di calcolo siano in linea di massima rispettate, la piastra di ancoraggio deve essere

sufficientemente rigida. In caso di trazione obliqua sotto un determinato angolo va effettuato un calcolo separato della componente assiale e di quella di taglio.

Il valore di dimensionamento della resistenza si ricava dalla resistenza caratteristica, divisa per il coefficiente di sicurezza parziale della resistenza del materiale per la rispettiva tipologia di cedimento. In genere le resistenti caratteristiche sono riportate nei Benestare Tecnico Europeo (sollecitazione assiale: cedimento dell'acciaio, sfilamento; sollecitazione a taglio: cedimento dell'acciaio).

Per il dimensionamento del cedimento del calcestruzzo sotto trazione assiale e taglio (sollecitazione assiale: rottura del calcestruzzo, fessurazione; sollecitazione di taglio: rottura del calcestruzzo sul lato opposto al carico, rottura del calcestruzzo agli spigoli) le resistenze caratteristiche vengono individuate in base alle equazioni generali di dimensionamento. Dell'influenza degli interassi e delle distanze dai bordi, nonché eventualmente dello spessore della struttura si tiene conto mediante il procedimento CC (Concrete Capacity). Inoltre si può tener conto dell'effettiva resistenza alla compressione del calcestruzzo. Determinante per il dimensionamento è il valore di resistenza minimo di volta in volta individuato in ciascuna direzione di carico. Per il cedimento dell'acciaio e sfilamento sotto trazione assiale o il cedimento dell'acciaio sotto carico a taglio, in caso di fissaggi multipli sollecitati eccentricamente, si prende a base il tassello più sollecitato.

I coefficienti di sicurezza parziali per la resistenza del materiale dipendono dal tipo di cedimento e dalla accuratezza di posa del sistema e vengono specificati nei Benestare Tecnico Europeo.

Una sintesi delle prove requisiti e delle resistenze caratteristiche a trazione assiale e a taglio è riportata nelle figure 11.12 (trazione assiale) e 11.13 (taglio).

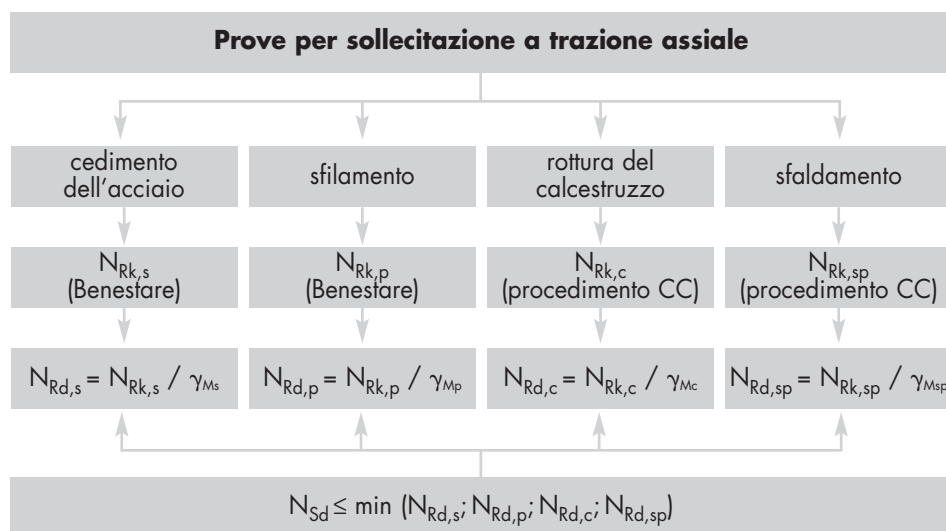


Fig. 11.12: prove per sollecitazione a trazione assiale



Fig. 11.13: prove per sollecitazione a taglio

Va sottolineato che il coefficiente parziale di sicurezza per lo sfilamento e per il cedimento del calcestruzzo a trazione assiale viene determinato dall'accuratezza di posa del tassello o dalla dimensione del tassello. Questo coefficiente di sicurezza della posa viene determinato in base ai risultati di prove eseguite nell'ambito della procedura di omologazione. In queste prove si riproducono varie imprecisioni di posa che possono verificarsi in cantiere. Si parte tuttavia dal principio che, grazie ad adeguate precauzioni, in cantiere possono escludersi grossolani errori di posa (per esempio l'impiego di una punta sbagliata).

11.2.3.2 Sollecitazione a trazione assiale

Cedimento del calcestruzzo

La resistenza caratteristica della rottura del calcestruzzo a trazione assiale viene calcolata in base al procedimento CC. In questo procedimento i fattori che tengono conto delle influenze geometriche (interassi e distanze dai bordi nonché spessore del supporto) sono individuati raffrontando le proiezioni delle superfici di rottura e i fattori di riduzione [Bibliografia 8 e 42].

In base al procedimento CC la resistenza caratteristica della rottura del calcestruzzo può calcolarsi in base all'equazione (11.3), che si applica agli ancoraggi in calcestruzzo fessurato.

$$N_{Rk,c} = (A_{cN}/A_{cN}^0) \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{re} \cdot \psi_{ucr,N} \cdot N_{Rk,c}^0 \quad (11.3)$$

$$N_{Rk,c}^0 = 7,0 \cdot \sqrt{f_{cc}} \cdot h_{ef}^{1,5} \quad (11.4)$$

f_{cc}	resistenza alla compressione del calcestruzzo (cubo con lunghezza spigolo 150 mm)
h_{ef}	profondità di ancoraggio
$s_{cr,N} = 2 c_{cr,N}$	interasse e distanza dai bordi necessarie per trasmettere il carico massimo secondo l'equazione (11.3). I valori sono specificati nel Benestare. Per tasselli metallici ad espansione e tasselli a variazione di forma vale di norma $s_{cr,N} = 3 h_{ef}$

I singoli fattori di dimensionamento e il loro significato sono illustrati in tabella 11.2. La prova della rottura del calcestruzzo è soddisfatta se soddisfatta l'equazione (11.5).

$$N_{Sd} \leq N_{Rk,c} / \gamma_{Mc} \quad (\text{Tassello singolo}) \quad (11.5a)$$

$$N_{Sd}^g \leq N_{Rk,c} / \gamma_{Mc} \quad (\text{Gruppo di tasselli}) \quad (11.5b)$$

$N_{Rk,c}$	Resistenza caratteristica di un tassello o un gruppo di tasselli in base all'equazione (11.3)
N_{Sd}	valore di dimensionamento della forza di trazione assiale esplicantesi sul tassello singolo
N_{Sd}^g	valore di dimensionamento della forza risultante esplicantesi su tutti i tasselli di un gruppo sollecitati a trazione assiale

Fattori	Significato
A/A^0	rapporto tra la proiezione della superficie di rottura e un cono di rottura indisturbato di calcestruzzo e la superficie di un singolo ancoraggio (vedi figura 11.14 e figura 11.15)
$\psi_{s,N}$	disturbo dello stato di tensione in caso di ancoraggi ubicati in prossimità del bordo
$\psi_{ec,N}$	influenza di una trasmissione eccentrica della forza di trazione
$\psi_{re,N}$	influenza di un'armatura vicina ($s < 150$ mm)
$\psi_{ucr,N}$	influenza del calcestruzzo fessurato o non fessurato

Tab. 11.2: fattori di riduzione per l'individuazione della resistenza caratteristica per il cedimento del calcestruzzo di un fissaggio

In figura 11.14 e 11.15 sono illustrate in forma schematica le superfici di rottura proiettate. Per i tasselli in metallo l'interasse caratteristico è $s_{cr,N} = 2c_{cr,N} = 3h_{ef}$. Per gli ancoranti chimici, che si caratterizzano per un corpo di rottura più piccolo, l'interasse caratteristico è di norma $s_{cr,N} = 2c_{cr,N} = 20 \cdot d \cdot (\tau_u/10)^{2/3}$, la quale dipende dal diametro e dalla resistenza di coesione.

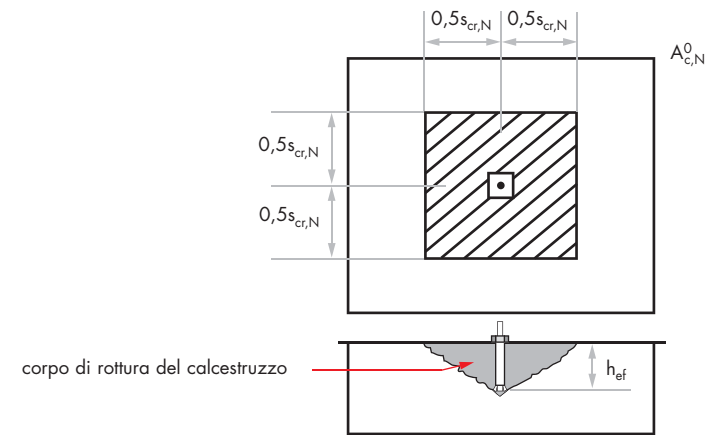
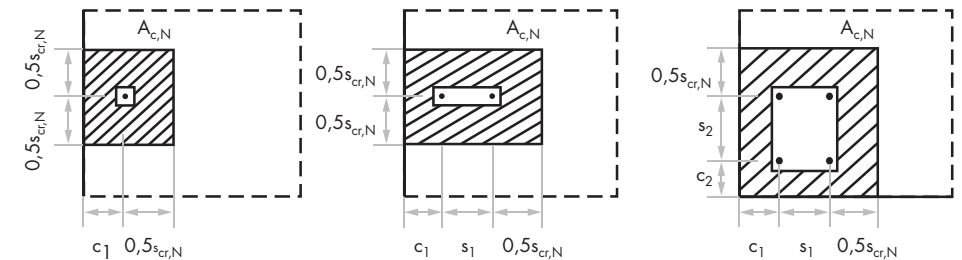


Fig. 11.14: ideale di un corpo di rottura in supporto calcestruzzo e superfici del corpo di rottura di un singolo tassello sollecitato a trazione assiale



$$A_{c,N} (c_1 + 0,5s_{cr,N}) \cdot s_{cr,N}$$

se: $c_1 \leq c_{cr,N}$

a) tassello singolo posizionato vicino al bordo

$$(c_1 + s_1 + 0,5s_{cr,N}) \cdot s_{cr,N}$$

se: $c_1 \leq c_{cr,N}$
 $s_1 \leq s_{cr,N}$

b) gruppo di due tasselli posizionato vicino al bordo

$$(c_1 + s_1 + 0,5s_{cr,N}) \cdot (c_2 + s_2 + 0,5s_{cr,N})$$

se: $c_1, c_2 \leq c_{cr,N}$
 $s_1, s_2 \leq s_{cr,N}$

c) gruppo di quattro tasselli posizionato vicino ad un angolo

Fig. 11.15: esempi di calcolo delle superfici $A_{c,N}$ dei corpi di rottura ideali di tasselli variamente disposti e sollecitati alla trazione

L'influenza degli interassi e delle distanze dai bordi sul carico di rottura del calcestruzzo è illustrata in figura 6.8 (interassi) e in figura 6.11 (distanze dai bordi e dagli angoli).

Sfaldamento del calcestruzzo

Se si rispettano le interassi minime e le distanze minime dai bordi, gli spessori minimi dei supporti ed eventualmente le armature minime previste nelle rispettive omologazioni, di norma non si verificano sfaldamenti al momento della posa. Uno sfalda-

mento sotto carico non va considerata nei fissaggi dimensionati per calcestruzzo fessurato. Nelle omologazioni si parte dal principio che un’armatura posizionata in prossimità del bordo mantiene entro limiti ammissibili gli spessori di eventuali fessurazioni formatesi successivamente. Nel calcestruzzo non fessurato le resistenze caratteristiche per lo sfaldamento sono state parzialmente ridotte, in modo da non far diventare determinante lo sfaldamento. In parte si hanno aumentate le interassi e le distanze dai bordi caratteristiche ($s_{cr,sp} = 2c_{cr,sp} > 3h_{eff}$), da far diventare così determinante la resistenza caratteristica per lo sfaldamento, che viene individuata in modo quasi analogo a quello della rottura del calcestruzzo.

11.2.3.2.3 Sollecitazione a taglio

Le resistenze caratteristiche per il cedimento dell’acciaio sotto carico a taglio possono ricavarsi dal Benestare. I valori per la rottura del calcestruzzo agli angoli e per la rottura del calcestruzzo sul lato opposto al carico si devono invece calcolare.

11 Rottura del calcestruzzo al bordo

La resistenza caratteristica sotto carico a taglio per la tipologia di cedimento “rottura del calcestruzzo al bordo” si calcola in base alla seguente equazione:

$$V_{Rk,c} = (A_{cV}/A_{cV}^0) \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{ucr,V} \cdot V_{Rk,c}^0 \quad (11.6)$$

$$V_{Rk,c}^0 = 0,45 \cdot \sqrt{d_{nom}} \cdot (l_f / d_{nom})^{0,2} \cdot \sqrt{f_{cc}} \cdot c_1^{1,5} \quad (11.7)$$

d_{nom}	diametro della boccola distanziatrice o ad espansione (corrispondente al diametro del foro)	
l_f	lunghezza della boccola distanziatrice o ad espansione	

I vari fattori di dimensionamento e il loro significato sono illustrati in tabella 11.2. La prova per la rottura del calcestruzzo al bordo risulta soddisfatta se viene mantenuta l’equazione (11.8).

$$V_{Sd} = V_{Rk,c} / \gamma_{Mc} \quad \text{(Tassello singolo)} \quad (11.8a)$$

$$V_{Sd}^g = V_{Rk,c} / \gamma_{Mc} \quad \text{(Gruppo di tasselli)} \quad (11.8b)$$

$V_{Rk,c}$	resistenza caratteristica di un gruppo di tasselli in base all’equazione (11.8)	
V_{Sd}	valore di dimensionamento della forza di taglio agente sul tassello singolo	
V_{Sd}^g	valore di dimensionamento della forza risultante agente su tutti i tasselli di un gruppo sollecitati a taglio	

Fattori	Significato
A/A^0	rapporto tra la proiezione della superficie di rottura e un cono di rottura indisturbato di calcestruzzo e la superficie di un singolo ancoraggio (vedi figura 11.16 e figura 11.17)
$\psi_{s,V}$	disturbo dello stato di tensione in caso di ancoraggi ubicati in prossimità dell’angolo
$\psi_{ec,V}$	influenza di una trasmissione eccentrica della forza di taglio
$\psi_{h,V}$	influenza dello spessore del supporto
$\psi_{\alpha,V}$	influenza della direzione del carico rispetto allo spigolo
$\psi_{ucr,V}$	influenza dell’ubicazione dell’ancoraggio in calcestruzzo fessurato o non fessurato e della tipologia dell’armatura

Tab. 11.3: fattori di riduzione per l’individuazione della resistenza caratteristica per il cedimento del calcestruzzo di un fissaggio

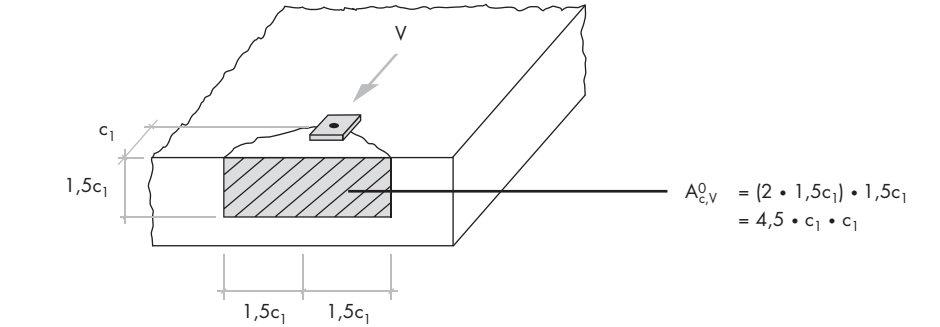
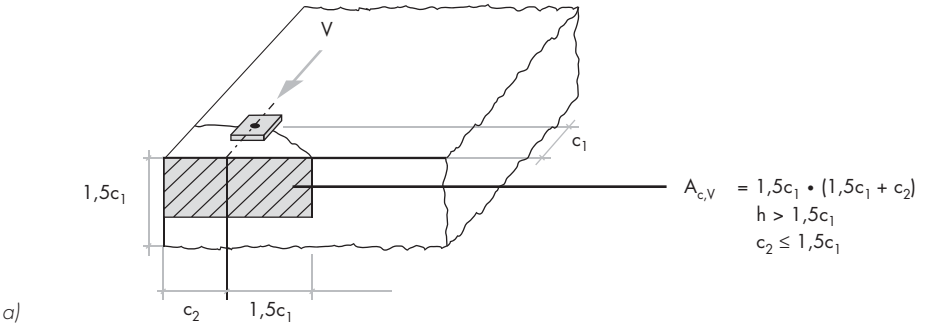


Fig. 11.16: ideale della superficie di rottura proiettata $A_{c,V}^0$ di un corpo di rottura al bordo del calcestruzzo in un fissaggio singolo sollecitato a taglio



a)

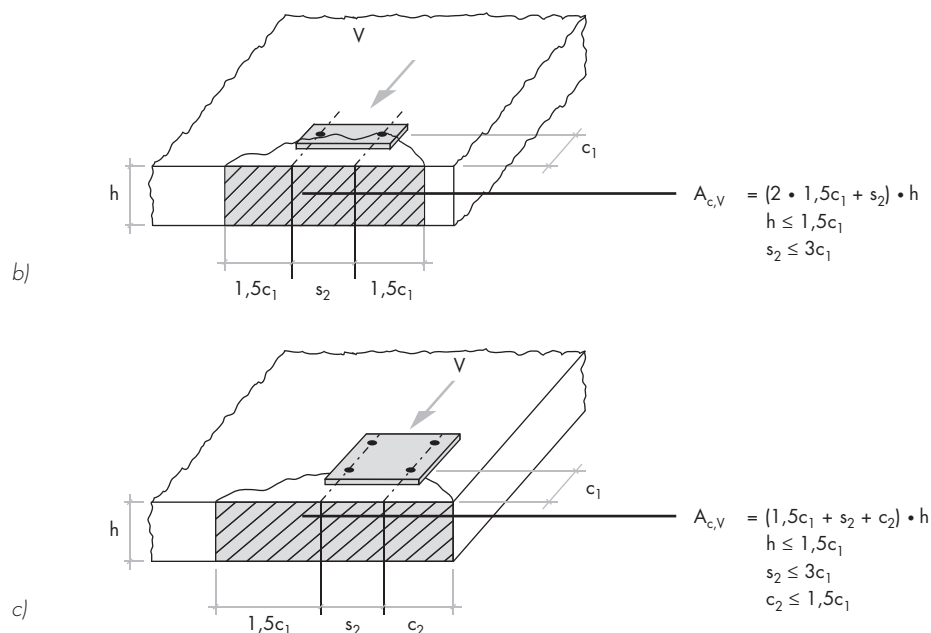


Fig. 11.17: esempi di calcolo delle superfici $A_{c,V}$ dei corpi di rottura ideali di calcestruzzo di tasselli variamente disposti e sollecitati a taglio

Rottura del calcestruzzo sul lato opposto al carico

In caso di ancoraggi con tasselli corti e rigidi si può verificare la rottura del calcestruzzo sul lato opposto al carico. La resistenza caratteristica può calcolarsi in base all'equazione (11.9).

$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c}$	(11.9)
con $N_{Rk,c}$ calcolato in base all'equazione (11.3) per i tasselli sollecitati a taglio.	

Il valore k varia tra 1 e 2, in funzione della profondità di posa e della rigidità del tassello. Esso viene determinato empiricamente ed è indicato nell'Benestare.

11.2.3.2.4 Trazione obliqua

In caso di sollecitazioni oblique, vanno rispettate le seguenti equazioni;

$\beta_N \leq 1$	(11.10a)
$\beta_V \leq 1$	(11.10b)
$\beta_N + \beta_V \leq 1,2$	(11.10c)

β_N (β_V) è la relazione tra il valore di dimensionamento dell'influsso ed il valore della resistenza alla trazione (al taglio). In equazione (11.10) è da impiegare il valore più alto per β_N o β_V dei tipi differenti di cedimento. Per il valore di dimensionamento della resistenza N_{Rd} e V_{Rd} si impiega il valore più basso dei singoli tipi di rottura.

11.2.3.3 Procedimento B della linea guida sul dimensionamento

Nel procedimento di dimensionamento B [Bibliografia 42] si assume una resistenza caratteristica indipendente dalla direzione del carico e si tiene conto dell'influenza di interassi e distanze dai bordi ridotte mediante fattori di riduzione. Questo procedimento corrisponde in linea di principio al procedimento κ finora utilizzato nelle omologazioni di tasselli adatti a zone fessurate.

11.2.3.4 Procedimento C della linea guida sul dimensionamento

Nel procedimento di dimensionamento C [Bibliografia 42] si indica una resistenza caratteristica. Questa vale per tutte le direzioni di sollecitazione e per determinati valori minimi di interasse e distanza dai bordi, al di sotto dei quali non è consentito scendere. Questo procedimento corrisponde in linea di principio al procedimento κ finora utilizzato per i tasselli metallici ad espansione in calcestruzzo non fessurato.

11.3 Procedimenti di dimensionamento per fissaggi in muratura

11.3.1 Generalità

In Germania i fissaggi rilevanti ai fini della sicurezza eseguiti con tasselli in plastica e con ancoranti chimici ad iniezione vengono dimensionati in base al sistema di dimensionamento con coefficiente globale di sicurezza. Il coefficiente di sicurezza per l'individuazione del carico ammissibile è pari a $\gamma = 5$ (tasselli in plastica) e $\gamma = 3$ (ancoranti ad iniezione). Il coefficiente di sicurezza globale più elevato nei tasselli in plastica si deve alla più accentuata riduzione del loro carico di sfilamento connessa con tolleranze del foro, temperatura e umidità della boccola e, in caso di muratura forata, modalità di esecuzione del foro.

Fissaggi secondari e quindi non rilevanti ai fini della sicurezza vanno eseguiti in base alle esperienze dell'utilizzatore e possono effettuarsi anche con tasselli non omologati. Rientrano tra questi fissaggi, oltre ai lampadari, ai radiatori ed agli impianti sanitari, anche gli ancoraggi di elementi di facciata o di tetti riportati nell'elenco opere standard C del DIBt [Bibliografia 7], e più precisamente:

- elementi di facciata per rivestimenti di pareti esterne con elementi di dimensioni ridotte ($\leq 0,4 \text{ m}^2$ di superficie e $\leq 5 \text{ kg}$ di peso proprio) o con elementi di forma longitudinale (tavole) ($\leq 0,3 \text{ m}$ di larghezza e distanze tra i supporti distanziatori $\leq 0,8 \text{ m}$)
- elementi di copertura di tetti con dimensioni ridotte ($\leq 0,4 \text{ m}^2$ di superficie e $\leq 5 \text{ kg}$ di peso proprio) o con altri elementi con distanze tra supporti distanziatori $\leq 1,0 \text{ m}$.

11.3.2 Tasselli in nylon
11.3.2.1 Dimensionamento

Nel dimensionamento di tasselli in nylon va dimostrato che il carico esplicantesi sul tassello è inferiore al carico ammissibile massimo. In caso di presenza contemporanea di trazione assiale e taglio va considerato il carico obliquo S risultante. Generalmente i tasselli in nylon sono ammissibili soltanto quali fissaggi multipli di rivestimenti di facciate. Essi vanno collocati in modo che in caso di cedimento di un punto di fissaggio il carico possa trasferirsi su almeno un altro punto di fissaggio adiacente. Un punto di fissaggio può essere costituito da uno o più tasselli. Nei tasselli per facciate normali non è ammessa la presenza di una trazione assiale permanente. L'angolo della trazione obliqua risultante deve essere di almeno 10° rispetto all'asse del tassello. (fig. 11.18).

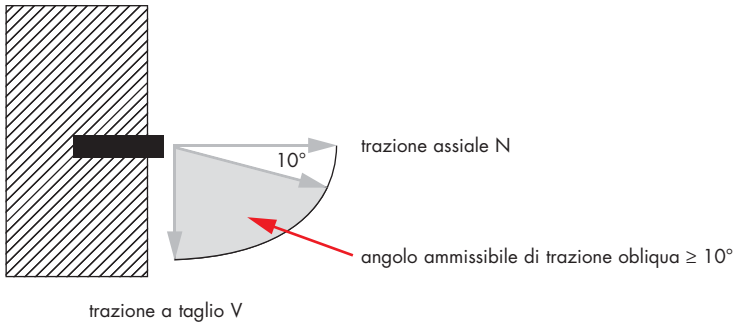


Fig. 11.18: angolo ammissibile di trazione obliqua nei fissaggi con tasselli di plastica

Il carico ammissibile dei tasselli in nylon è indicato nell'omologazione. Esso si intende applicabile soltanto a murature costituite da elementi a norma, a condizione che siano rispettati gli interassi e le distanze dai bordi specificati. In condizioni diverse da quelle previste dall'omologazione, per l'individuazione del carico ammissibile vanno effettuate prove in cantiere. In tabella 11.4 sono riportate, in funzione del tipo di mattone e le condizioni, in assenza delle quali sono prescritte prove in cantiere. In generale deve essere comunque comprovata l'idoneità dei tasselli all'impiego sui mattoni esistenti.

Tipo di mattone	Mattoni forati	Blocchetti forati in calcestruzzo alleggerito blocchetti forati in calcestruzzo normale blocchetti forati in arenaria calcarea	Mattoni pieni
resistenza del supporto	< Mattone forato 12	non rispettata	non rispettata
peso specifico	< $1,0 \text{ kg/dm}^3$	–	–
foratura	con percussione	con percussione	–
profondità di posa	non rispettata	non rispettata	–
	↓	↓	↓
	Effettuazione di prove in cantiere ¹⁾		

¹⁾ in caso di mancato rispetto di una condizione
Tab. 11.4: condizioni alle quali vanno effettuate prove in cantiere per determinare il carico ammissibile di tasselli in plastica

11.3.2.2 Prove in cantiere

Nell'ambito di prove in cantiere vanno effettuate almeno 15 prove di sfilamento con carico di trazione assiale per ogni tipo di mattone presente. L'effettuazione e la valutazione delle prove nonché la predisposizione del rapporto di prova e la verifica dei carichi ammissibili vanno svolte a cura di laboratori di prova o con la supervisione della persona incaricata del controllo dei lavori. Il numero e l'ubicazione delle prove sui tasselli vanno adeguati alle specifiche condizioni e, per esempio in caso di superfici di facciate di dimensioni grandi e non verificabili, vanno aumentati nella misura necessaria a fornire un'indicazione affidabile sulla sollecitazione ammissibile dei tasselli per l'intero supporto. Le prove devono essere svolte nelle condizioni di impiego più sfavorevoli. Il carico di trazione assiale applicato mediante un estraattore tarato deve agire in direzione ortogonale alla superficie del supporto e deve essere trasmesso alla vite attraverso un giunto snodato. Il carico va aumentato lentamente e progressivamente in modo da raggiungere il livello massimo dopo circa un minuto. La precisione di misurazione dell'apparecchio estraattore deve essere adeguata ai carichi massimi ipotizzati. Vanno rilevati il carico di trazione assiale F_1 al primo stato di quiete, il contemporaneo inizio di spostamento e il carico massimo F_2 (figura 11.19). Il carico ammissibile si ricava dai valori misurati per F_1 ed F_2 in base all'equazione (11.11) o (11.12) con

$F_{1\text{ amm}} = 0,23 \cdot F_{1m}$	(11.11)
$F_{2\text{ amm}} = 0,14 \cdot F_{2m}$	(11.12)
F_{1m} e F_{2m}	Media dei 5 valori più bassi per F_1 ed F_2

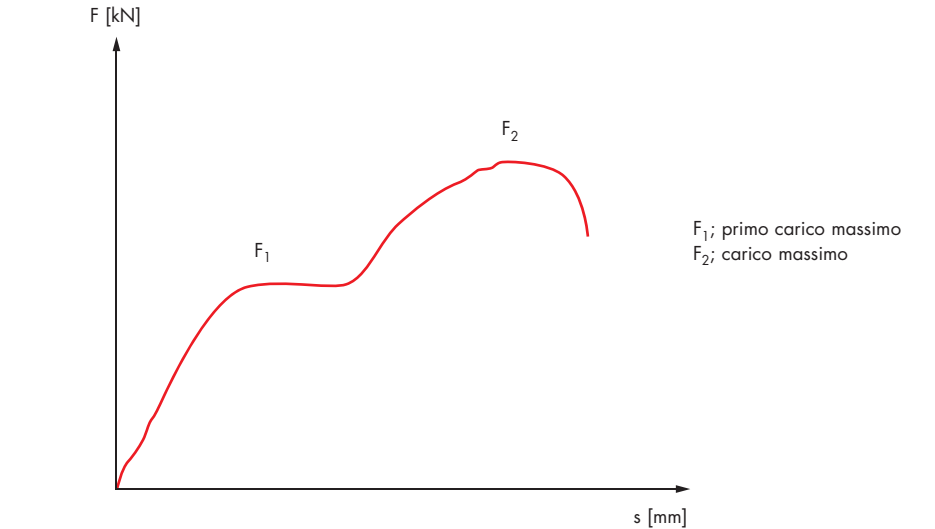


Fig. 11.19: valutazione della curva di spostamento del carico misurata in cantiere di un tassello in plastica

I carichi ammissibili dei tasselli in nylon ricavati da prove in cantiere non devono superare i valori indicati in tabella 11.5. Nei fissaggi in muratura i tasselli non vanno posati nelle fughe di testa.

Tipo di mattone	DIN	Diametri dei tasselli in nylon		
		d = 8 mm	d = 10 mm	d = 14 mm
		carichi ammissibili in kN		
mattoni di scoria	398	0,25	0,5	0,5
blocchetti forati - calcestruzzo alleggerito	18151			
mattoni pieni, blocchetti pieni - calcestruzzo alleggerito	18152			
blocchetti in calcestruzzo	18153			
mattoni forati	105			
mattoni forati in arenaria calcarea	106	0,6	0,6	

Tab. 11.5: carichi massimi ammissibili di tasselli in nylon ricavati da prove in cantiere

11.3.3 Ancoranti ad iniezione

Gli ancoranti ad iniezione omologati in Germania possono venir impiegati nei supporti indicati sinteticamente in tabella 11.6 e per i carichi ammissibili specificati nella stessa. Vanno rispettate le interassi e le distanze dai bordi specificati (tabella 11.6). I carichi ammissibili si riferiscono anche alla posa in una fuga o in prossimità di essa.

Diametro			M8	M10	M12
Profondità di posa mm			93	93	93
Tipo di mattone	DIN		Carico ammissibile		
Blocchetti forati - calcestruzzo alleggerito kN	18151	Hbl 2	0,3/0,5 ¹⁾		
		Hbl 4	0,6/0,8 ¹⁾		
Blocchetti forati - calcestruzzo normale kN	18153	Hbn 4	0,6/0,8 ¹⁾		
Mattoni forati kN	105	Hlz 4	0,3/0,6 ¹⁾		
		Hlz 6	0,4/0,8 ¹⁾		
		Hlz 12	0,8/1,0 ¹⁾		
Mattoni forati in arenaria calcarea kN	106	KSL 4	0,4/0,6		
		KSL 6	0,6/0,8 ²⁾		
		KSL 12	0,8/1,4 ²⁾		
			distanze		
Interasse mm			100 ³⁾ 4)		
Distanza interassiale minima mm			250		
Distanza dai bordi mm			200		
Distanza dai bordi in condizioni particolari ³⁾ mm			50		
Spessore minimo del supporto mm			93		

1) applicabile solo con fori eseguiti a semplice rotazione
2) applicabile solo con fori eseguiti a semplice rotazione e se è comprovato che lo spessore del setto esterno è di almeno 30 mm
3) in blocchetti forati di calcestruzzo normale o leggero 200 mm
4) nei fissaggi in mattoni forati e blocchetti forati in arenaria calcarea, in caso di gruppi di due o quattro tasselli l'interasse può essere ridotto ad a_{rid} = 50 mm, a condizione di ridurre il carico ammissibile sul singolo tassello in base alle equazioni specificate
5) muratura con carico poggiante e stabilità dimensionale comprovata con carico di taglio non orientato verso il bordo

Tab. 11.6: carichi ammissibili e interassi nonché distanze dai bordi per ancoranti ad iniezione in muratura

Nei mattoni forati e nei blocchetti forati in arenaria calcarea sono ammessi fissaggi multipli con 2 o 4 tasselli, che non sono invece consentiti in blocchetti forati in calcestruzzo alleggerito o normale. L'interasse minima nei fissaggi multipli è pari a_{min} = 50 mm. Il calcolo del carico ammissibile per i fissaggi multipli si effettua in base alle equazioni (11.13) o (11.14).

Gruppo di due tasselli: $F_{rid} = \kappa_{a1} \cdot F_{amm}$	(11.13)
Gruppo di quattro tasselli: $F_{rid} = \kappa_{a1} \cdot \kappa_{a2} \cdot F_{amm}$	(11.14)
$\kappa_{a1} = 0,5 \cdot (1 + (a_{1rid} / a)) \leq 1,0$	(11.15)
$\kappa_{a2} = 0,5 \cdot (1 + (a_{2rid} / a)) \leq 1,0$	(11.16)
F_{rid} carico ammissibile ridotto di un tassello F_{amm} carico ammissibile di un tassello in base alla tabella 11.5 a_{1rid} interasse in direzione 1 ≥ 50 mm a_{2rid} interasse in direzione 2 ≥ 50 mm a interasse in base alla tabella 11.5	

Posando un’ancorante ad iniezione in un elemento della muratura può verificarsi che, alla sollecitazione, si stacchi dalla muratura l’intero elemento. Pertanto i carichi ammissibili in muratura vengono limitati dalla resistenza del singolo elemento. Di conseguenza non vanno superati i carichi indicati in tabella 11.7.

11

Formato mattone	Carico massimo in kN	
L x p x a	senza carico poggiante	con carico poggiante
$\leq 240 \times 175 \times 113$ mm	1,0	1,4
$< 240 \times 300 \times 238$ mm	1,4	1,7
$\geq 240 \times 300 \times 238$ mm	2,0	2,5

¹⁾ si applica a tutte le tipologie di elementi riportate in tabella 11.5

Tab. 11.7: carichi massimi, trasmissibili ad un mattone da un tassello singolo o da un gruppo di tasselli

In presenza di una flessione comprovata, il momento flettente effettivo non deve superare momento flettente specificato nell’omologazione. Per il momento flettente effettivo si prende quale punto teorico di tensione la misura del diametro nominale immediatamente sotto la superficie del supporto (vedi figura 4.3). In presenza di un momento flettente e di una trazione assiale va rispettata l’equazione (11.17).

$F_z = F_{amm} (1 - (M / M_{amm}))$	(11.17)
F_{amm} carico ammissibile in base all’omologazione M_{amm} momento flettente ammissibile in base all’omologazione M momento flettente effettivo	

12.1 Generalità

Da sempre gli edifici e i manufatti devono realizzarsi tenendo conto dell’esigenza prioritaria di non arrecare pericoli alla vita e alla salute delle persone e di non produrre danni materiali. A garantire il rispetto di queste esigenze, già cent’anni prima della nascita di Cristo, i dieci tomi di Vitruvio sull’architettura proponevano per i problemi di fissaggio soluzioni pratiche basate sull’esperienza. Altri regolamenti sui cementi si possono trovare nel diritto romano dei secoli successivi, quando per esempio la preparazione della malta veniva effettuata sotto il controllo di pubblici sovrintendenti. In Europa i primi regolamenti in materia risalgono alla fine del XIX secolo. Con l’inizio dell’industrializzazione vennero poi a diffondersi nuovi materiali da costruzione, come ad esempio il moderno calcestruzzo armato, e quindi anche nuove metodologie costruttive. Le esperienze individuali degli artigiani, che tramandavano le loro conoscenze verbalmente, non riuscirono più a tenere il passo con il rapido sviluppo delle tecniche edili. L’edilizia si trasformò in una scienza. Furono elaborati i primi metodi di calcolo delle strutture ed effettuati i primi calcoli statici. Tuttavia l’impiego di questi procedimenti di calcolo presupponeva la disponibilità di dati affidabili sulle caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati: in altre parole occorre definire le caratteristiche dei materiali costruttivi. Così nel 1878 fu elaborata la prima normativa per il cemento Portland, che diventò in questo modo un prodotto regolamentato, nel senso moderno del termine.

12

12.2 Prodotti per impieghi rilevanti ai fini della sicurezza

Nell’Europa di oggi si distingue tra i prodotti destinati a impieghi rilevanti ai fini della sicurezza, in quanto un loro eventuale cedimento può costituire una minaccia per la sicurezza o l’ordine pubblico, e in particolare per la vita o la salute delle persone e l’integrità dell’ambiente, e i prodotti non rilevanti ai fini della sicurezza, come ad esempio i tasselli utilizzati per appendere quadri alle pareti. Per questi ultimi non sono previste regole edilizie. Regolamentazioni sono invece necessarie per i prodotti rilevanti ai fini della sicurezza. Le caratteristiche, la forma e l’impiego di questi materiali sono fissati in regolamenti tecnici, come le norme sui prodotti. Esempi di questi prodotti regolamentati sono le viti o elementi prefabbricati come i masselli in calcestruzzo. Nell’attività edile quotidiana tuttavia vengono utilizzati anche prodotti che non rispondono alle norme o alle disposizioni tecniche o per i quali non esistono ancora regolamentazioni tecniche universalmente riconosciute, in quanto questi prodotti non sono stati ancora sufficientemente analizzati. Questi prodotti si definiscono prodotti non regolamentati; essi possono tuttavia venir utilizzati anche in impieghi rilevanti ai fini della sicurezza se un’approvazione ne comprova ufficialmente l’utilizzabilità.

12.3 Tasselli

I tasselli rientrano nel settore non regolamentato, in quanto il campo dei fissaggi presenta ancora un vastissimo potenziale di innovazione ed è quindi ancora ben lungi dall’essere completamente analizzato. L’utilizzabilità in campo edile viene riconosciuta tramite un’ “omologazione generale per gli impieghi edilizi”, rilasciata dal Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt) di Berlino, o un “Benestare Tecnico Europeo” (ETA), rilasciato anch’esso dal DIBt o da un altro istituto europeo autorizzato. A questo scopo i tasselli vengono testati in numerose prove rispondenti all’impiego previsto. Si verifica qui anzitutto la loro funzionalità nelle varie condizioni di posa nella struttura (modalità di posa, supporto in calcestruzzo o in muratura), quindi la loro affidabilità, riscontrando i vari carichi esplicitanti nel tempo sul tassello e sulla struttura. Una volta che il tassello ha superato queste prime prove di idoneità generale, vengono effettuate prove per individuarne le condizioni di impiego, per esempio il carico ammissibile in caso di posa in prossimità dei bordi o di ancoraggio in calcestruzzo fessurato. In tabella 12.1 sono illustrati alcuni importanti campi di impiego per i quali sono prescritte le omologazioni del DIBt o una ETA.

Certificati di omologazione, campi di impiego	DIBt ¹⁾	ETA ²⁾
calcestruzzo non fessurato	x	x
calcestruzzo non fessurato, controsoffitti leggeri	x	x
calcestruzzo fessurato e non fessurato	x	x
cemento spugno	x	
ancoraggio di rivestimenti di facciate	x	
ancoraggio di controsoffitti leggeri	x	x
ancoraggio di sistemi di isolamento termico	x	x
consolidamento di murature con intercapedini	x	

1) omologazione generale per gli impieghi edilizi (a livello Germania)
2) Benestare Tecnico Europeo (a livello Europa)
Tab. 12.1: esempi di certificati di omologazione e relativi campi di impiego

Il grande numero di omologazioni rivela che per gli impieghi sensibili non è sufficiente chiedere un ‘tassello omologato’: il tassello prescelto deve essere omologato per un campo di impiego rispondente al fissaggio che si intende effettuare. Un tassello con Benestare Tecnico Europeo si riconosce dalla marcatura “CE” sulla confezione.

12.4 Armonizzazione europea

Con lo sviluppo dell’Unione europea, i regolamenti tedeschi vengono gradualmente a sovrapporsi regolamenti europei, che dopo una certa fase di transizione finiscono per sostituirle. In questo modo si eliminano progressivamente le barriere di natura commerciale. A questo scopo è stata predisposta la Direttiva europea [Bibliografia 2] sui prodotti per l’edilizia, che regola la libera circolazione dei prodotti per questo settore all’interno del territorio comunitario ed assicura inoltre che vengano introdotti sul mercato solo prodotti di sicura affidabilità. I prodotti devono infatti soddisfare i seguenti requisiti:

- resistenza meccanica e stabilità dimensionale
- rispondenza ai requisiti antincendio
- igiene, salute, tutela dell’ambiente
- sicurezza d’uso
- fonoassorbimento
- risparmio energetico

Prodotti per l’edilizia come i tasselli possono quindi commercializzarsi in Europa a condizione che siano utilizzabili e che il prodotto possibilmente sia dotato del “Benestare Tecnico Europeo” (ETA) e quindi contrassegnato con in marchio CE. Per i tasselli corredati di un’ETA l’utilizzabilità si intende comprovata, in quanto i prodotti sono stati controllati in base alle rispettive direttive europee di verifica (ETAG). Le ETAG per la prova di tasselli esistono attualmente per sistemi ad ancoraggio meccanico, quali i tasselli metallici ad espansione a forza controllata, i tasselli a percussione, i tasselli a variazione di forma e i sistemi chimici (ancoranti chimici ed ancoranti chimici ad espansione), ma anche per fissaggi destinati a sostenere carichi limitati in sistemi ridondanti (per esempio controsoffitti). Altre direttive di verifica europee per tasselli in plastica in calcestruzzo e muratura e tasselli a iniezione in muratura sono attualmente in fase di elaborazione. Per gli ancoraggi meccanici il periodo di transizione si è già concluso nel luglio 2002. Ciò significa che il produttore di un nuovo tassello meccanico può ora richiedere soltanto il Benestare Tecnico Europeo. Attualmente esistono per i tasselli circa 220 omologazioni del DIBt e circa 280 Benestare Tecnici Europei (ETA). Le omologazioni DIBt, riconosciute solo in Germania, sono via via sostituite dai ETA in quanto questi ultimi vengono riconosciuti in tutta Europa, rispondono allo stato dell’arte e consentono la commercializzazione in tutto il territorio europeo.

12.5 Contenuti del Benestare Tecnico Europeo (ETA)

Che siano rilasciati dal DIBt o da un altro istituto europeo riconosciuto, i Benestare Tecnico Europeo sono strutturati essenzialmente allo stesso modo e riportano le seguenti indicazioni:

- disposizioni generali:
 - quadro giuridico, finalità, impiego e validità dell'ETA
- disposizioni particolari:
 - oggetto dell'ETA, descrizione del tassello e campo di applicazione
 - disposizioni relative al tassello
 - caratteristiche, peculiarità del materiale e composizione
 - fabbricazione, confezionamento, trasporto, stoccaggio e contrassegnazione
 - attestazione di rispondenza, certificato di conformità "CE", contrassegnazione "CE"
 - disposizioni relative alla progettazione al dimensionamento
 - disposizioni relative all'esecuzione e alla posa
 - disposizioni relative all'utilizzo e alla manutenzione.

In fine si ricorda che il procedimento di dimensionamento da adottare varia a seconda del tipo e del numero di prove alle quali il tassello deve essere sottoposto per il rilascio del certificato di utilizzabilità. In tabella 12.2 sono riportati a titolo di esempio i procedimenti di prova e i metodi di dimensionamento previsti per il rilascio degli ETA. Le Opzioni 1-6 riguardano i campi di impiego in calcestruzzo fessurato e non fessurato, mentre i prodotti testati in base alle opzioni 7-12 possono trovare impiego solo in calcestruzzo non fessurato. In generale ai numeri di Opzione più bassi corrispondono i campi di impiego più ampi, per i quali si può effettuare un dimensionamento più dettagliato e più economico. Il livello ottimale è rappresentato da un dimensionamento in base al procedimento A dell'allegato C delle Linee Guida Europee per i Benestare Tecnici (ETAG). Le prove più impegnative con il campo di impiego più ampio sono quindi quelle dei tasselli testati in base all'Opzione 1, mentre i campi di impiego più ristretti sono quelle dei tasselli testati in base all'Opzione 12. Non è consentito utilizzare un tassello per un campo di impiego diverso da quello specificato nell'ETA.

Opzione	Fessurato e non fessurato	Solo non fessurato	Solo C20/25	da C20/25 a C50/60	un valore per F_{Rk}	F_{Rk} dipendente dalla direzione	c_{cr}	s_{cr}	c_{min}	s_{min}	Procedimento di dimensionamento secondo Allegato C
1	x			x		x	x	x	x	x	A
2	x		x			x	x	x	x	x	
3	x			x	x		x	x	x	x	B
4	x		x		x		x	x	x	x	
5	x			x	x		x	x			C
6	x		x		x		x	x			
7		x		x		x	x	x	x	x	A
8		x	x			x	x	x	x	x	
9		x		x	x		x	x	x	x	B
10		x	x		x		x	x	x	x	
11		x		x	x		x	x			C
12		x	x		x		x	x			

Tab. 12.2: procedimenti di prova e metodi di dimensionamento in base all'ETAG per tasselli in supporto di calcestruzzo

12.6 Impiego dei regolamenti nel campo dei fissaggi

Per l'impiego di regolamenti nel campo dei fissaggi con tasselli si applica lo schema operativo riportato in figura 12.1. I fissaggi non rilevanti ai fini della sicurezza possono essere eseguiti in base alle raccomandazioni del fabbricante.

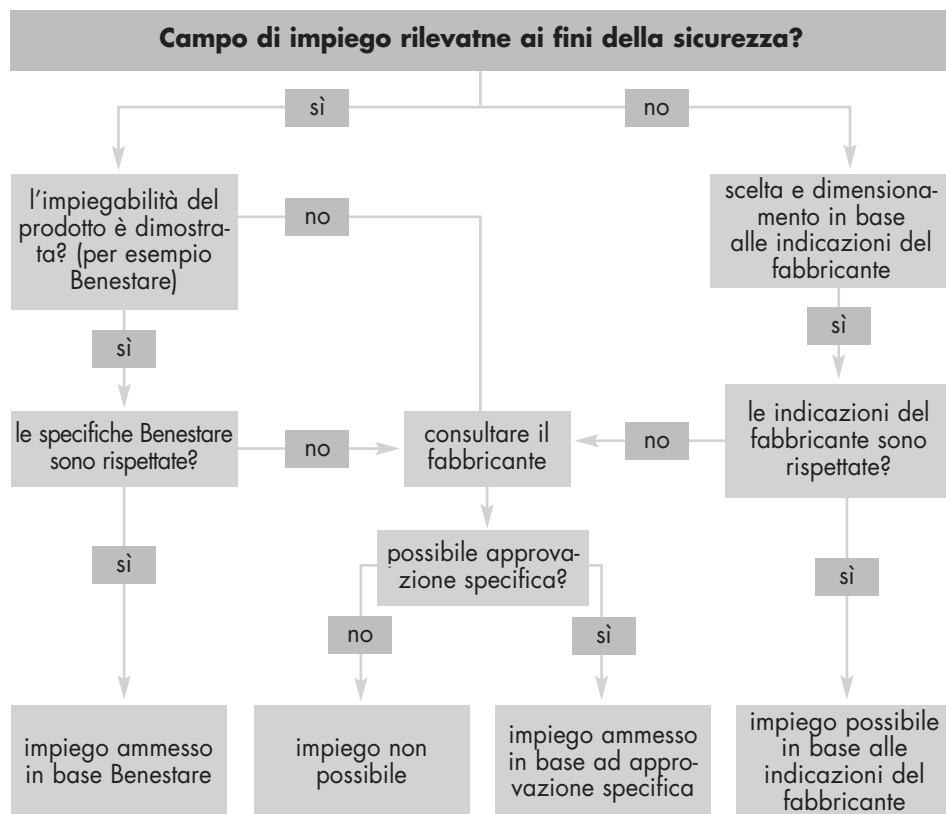


Fig. 12.1: procedura di applicazione dei regolamenti per i tasselli

L'obiettivo di un fissaggio affidabile e duraturo può essere conseguito solo in interazione fra il produttore e l'utilizzatore (figura 13.1). Il costruttore deve realizzare sistemi di fissaggio perfettamente funzionanti e utilizzabili in pratica. Questa condizione è comprovata dal Benestare e, al fine di garantire la qualità nel tempo, verificata in fase di produzione mediante controlli interni ed esterni. Sono alquanto necessarie una progettazione ed una posa a regola d'arte, nel rispetto delle condizioni di utilizzo previste.

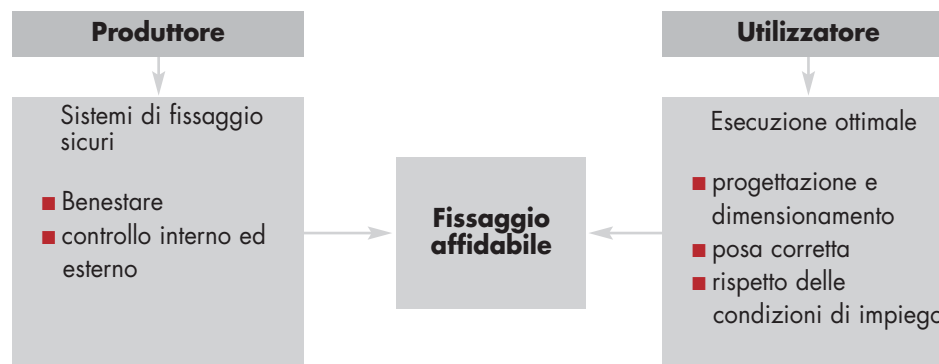


Fig. 13.1: interazione tra produttore e utilizzatore nella realizzazione di fissaggi sicuri

Per quanto siano disponibili sul mercato sistemi di fissaggio sicuri, eventi dannosi continuano a ripetersi. Approfondite indagini [Bibliografia 71] rivelano che nella larga maggioranza dei casi, i danni sono riconducibili ad errore umano. I costi della progettazione e dell'esecuzione dei fissaggi rappresentano di norma solo una frazione dei costi complessivi di un'opera. Se tuttavia gli impieghi non sono corretti e si verificano eventi dannosi, si possono aggiungere anche i costi elevatissimi del ripristino dei danni.

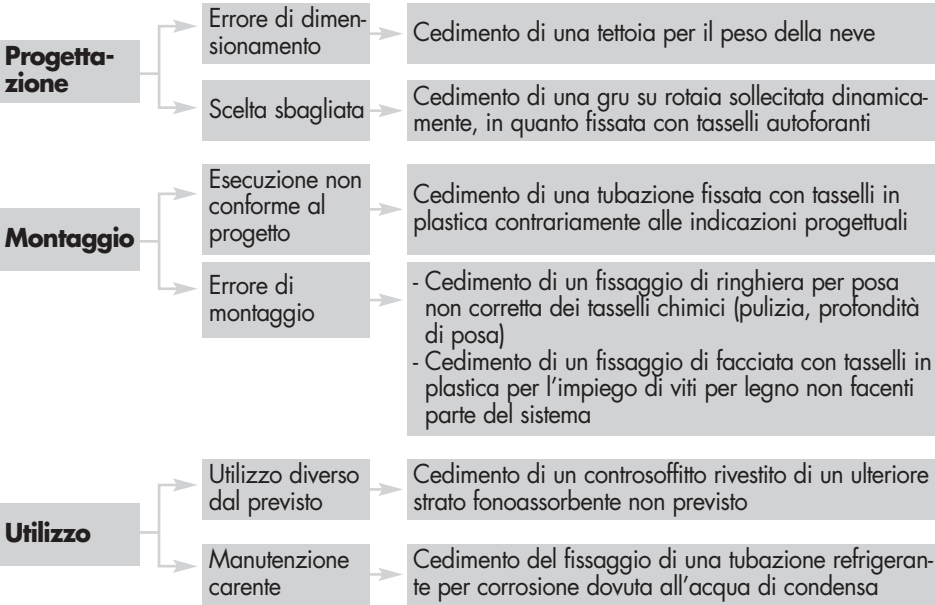
L'esecuzione di fissaggi si svolge di norma in due fasi (figura 13.2). Nella prima fase l'ingegnere progettista ha il compito di effettuare la scelta dei tasselli più idonei e di provvedere al loro dimensionamento. Per poter far fronte a questo compito egli necessita di specifiche conoscenze che gli consentano di tener conto dei vari fattori rilevanti (vedi capitolo 7).

La seconda fase - la posa - richiede da parte del posatore in cantiere particolari conoscenze sui principi di funzionamento dei tasselli e sui fattori che influenzano la posa (vedi capitolo 6).



Fig. 13.2: fasi dell'esecuzione di un fissaggio e fattori influenzanti

All'atto pratico si osservano spesso errori esecutivi dovuti a progettazione insufficiente, posa sbagliata o utilizzo non corretto. In figura 13.3 sono riportati taluni esempi pratici di errori di esecuzione, suddivisi per progettazione, posa e impiego.



Per la realizzazione di fissaggi economici non basta raffrontare i prezzi dei singoli prodotti e fabbricanti, ma occorre tener conto anche degli interventi che precedono e seguono il fissaggio vero e proprio. Tutte queste operazioni vengono riassunte in una cosiddetta analisi dei costi e dei benefici, i cui aspetti essenziali sono riassunti in tabella 14.1 e verranno qui di seguito illustrati. L'elenco non ha comunque alcuna pretesa di completezza. A seconda della natura del fissaggio possono diventare determinanti per il calcolo anche altre condizioni.

I costi di posa dei tasselli vengono influenzati da:

- il prezzo del tassello,
- il martello, il tassellatore necessario
- le punte per l'esecuzione di fori (eventuale impiego di punte speciali),
- il diametro e la profondità del foro (→ tempo di esecuzione),
- i tempi di attesa fino all'applicazione del carico (tasselli chimici) e
- i controlli necessari di montaggio corretto.

Per quanto attiene i costi di posa va inoltre tenuto conto:

- dei tempi di fornitura dei tasselli e delle punte,
- dello stoccaggio, per esempio stoccaggio protetto dal calore di tasselli chimici,
- dei tempi di trasporto (per esempio per il trasporto dal magazzino al cantiere)
- dei tempi di allestimento (per esempio fabbisogno di impalcature, piattaforme aeree, scale).

Nel calcolo economico vanno considerati anche i dati relativi alle prestazioni dei tasselli e degli eventuali vantaggi in termini di disponibilità e semplicità di montaggio. Così ad esempio - in particolare in caso di posa in serie - differenze anche di pochi minuti nei tempi di posa di un singolo tassello si sommano fino a raggiungere livelli di costo ragguardevoli. Va inoltre tenuto presente che il costo di acquisto di eventuali punte speciali può essere anche notevolmente più alto di quello di punte normali, con l'ulteriore svantaggio di un'impiegabilità magari limitata.

La scelta del tassello va effettuata tenendo presente l'obiettivo primario di effettuare un fissaggio affidabile e tecnicamente perfetto. Riparazioni e risanamenti successivi sono quasi sempre difficili e impegnativi e possono rappresentare un fattore di costo imprevisto anche considerevole. Per questo motivo si riassumono qui di seguito ancora una volta gli aspetti essenziali nella scelta del tassello:

- condizioni ambientali: temperatura, umidità, agenti nocivi
- supporto: natura (calcestruzzo, muratura) e resistenza
- carico: entità, natura e direzione

Voce	Riga			Variante 1	Variante 2
Tassello	1	denominazione			
	2	numero di tasselli			
	3	costo per tassello	€		
	4	disponibilità			
	5	riga 2 x riga 3	€		
Magazzino	6	costi di stoccaggio particolari (raffreddamento, riscaldamento, ventilazione), per esempio per prodotti chimici	€		
Punte e trapano	7	usura martello, tassellatore			
	8	diametro punta			
	9	profondità del foro			
	10	numero di fori per punta			
	11	numero di punte necessarie			
	12	costo della singola punta	€		
	13	riga 11 x riga 12	€		
Foro	14	tempi per foro compresa pulizia			
	15	riga 14 x tariffa oraria	€		
Posa	16 ¹⁾	tempi di posa per tassello			
	17	tempi dell'eventuale controllo, prova di carico			
	18	riga 16 + riga 17			
	19	riga 18 x tariffa oraria	€		
	20 ²⁾	utensile per posa			
	21	riga 19 + riga 20	€		
Totale	22	riga 5 + riga 6 + riga 13 + riga 15 + riga 21	€		
	23	variante scelta			
	24	condizioni particolari locali			

¹⁾ tener conto dei tempi di allestimento (per esempio allestimento di un'impalcatura, posizionamento di una scala ecc.) in caso di tasselli chimici, tener conto dei tempi di indurimento

²⁾ per esempio utensile per posa, chiave dinamometrica, punta con battuta, spazzola per pulizia foro ecc.

Tab. 14.1: elementi rilevanti per il calcolo del costo di un fissaggio

Difetti costruttivi, impieghi sbagliati e prodotti difettosi si riscontrano di rado nei tasselli. Tuttavia carenze di questo tipo possono determinare il cedimento di un fissaggio con gravi danni alle persone e alle cose e con la conseguenza che i danneggiati possono chiedere un risarcimento ai responsabili.

La produzione e la commercializzazione di prodotti ineccepibili vengono assicurate da interventi nel campo del controllo della qualità, quali controlli interni ed esterni della produzione e dei prodotti nell'ambito del gruppo Würth.

La Würth ha inteso porre l'accento sulla assicurazione della qualità quale elemento di prevenzione di eventi dannosi, dalla produzione alla vendita alla consulenza e alla realizzazione del fissaggio.

16.1 "Posa in opera da personale adeguatamente istruito e sotto la supervisione del direttore dei lavori"

Negli ultimi 30 anni, la tecnica dei ancoraggio si è evoluta in uno dei campi più innovativi dell'edilizia. Per esempio il numero di tasselli dotati di Benestare Tecnico Europeo, nel gennaio 2006 era di 240 Benestare. Nonostante le evoluzioni, la tecnica di ancoraggio è ancora giovane. Non esistono ancora uno standard documentato in normative e il dimensionamento viene effettuato secondo Benestare Tecnico Europeo.

Per l'utilizzatore sono a disposizione una quantità quasi infinita di sistemi di fissaggio. Per effettuare ancoraggi sicuri e duraturi nel tempo sono stati sviluppati dei sistemi per quasi tutte le applicazioni, sia in nylon che in acciaio. Si differenziano per i loro principi di tenuta, materiali e dimensioni; ciò per adattarsi ai supporti più differenti, dal calcestruzzo al cartongesso.

In riferimento al montaggio di tasselli nei Benestare Tecnico Europeo viene descritto: "Posa in opera da personale adeguatamente istruito e sotto la supervisione del direttore dei lavori". Non esiste un'ulteriore regolamento inerente all'istruzione del montatore.

Perciò Würth offre un seminario per acquisire nuove conoscenze sulle condizioni di impiego di tasselli e la corretta interpretazione dei Benestare Tecnico Europeo.

16.2 Argomenti

Nei seguenti capitoli vengono descritte in breve diversi argomenti del seminario. Vogliamo sottolineare che la conoscenza per effettuare fissaggi sicuri è molto ampia e che un'istruzione qualificata aumenta la qualità dei lavori.



Fig. 16.1: ogni tassello viene spiegato in modo dettagliato

16.3 Sollecitazioni

Le sollecitazioni su un tassello possono essere divise tra dipendenti dal carico e indipendenti dal carico. Sollecitazioni dipendenti dal carico sono, per esempio il carico dell'oggetto da fissare. Oltre a carichi statici esistono anche carichi dinamici, come, per esempio, carichi dovuti ad un impatto o carichi con cambio frequente come quello di un ascensore. Questi carichi possono agire sull'asse del tassello a trazione assiale, a pressione, al taglio o a taglio obliquo sotto un preciso angolo. Inoltre possono verificarsi combinazioni dei carichi.

Sollecitazioni indipendenti dal carico come aria umida o aggressiva possono asportare lo strato protettivo, per esempio zincatura, dal corpo del tassello. Ciò può comportare della ruggine e così l'indebolimento dell'acciaio. All'esterno ed in ambienti interni umidi può essere impiegato solo acciaio inossidabile. Ad esposizioni al sole si possono verificare temperature oltre +80°C. Anche gelo e fuoco sono sollecitazioni indipendenti dal carico. Inoltre è da tenere conto anche dei sollecitazioni forzate.

16.4 Supporti

La base per fissaggi sicuri è la conoscenza sui supporti. Esistono tasselli per calcestruzzo, mattoni in calcestruzzo alleggerito, mattoni pieni, mattoni forati, mattoni in arenaria calcarea, cemento spugno, gasbeton etc. Per tutti questi supporti esistono tasselli, i quali possono avere tipo di montaggio e di comportamento al carico molto differenti. Ad oggi, esistono tasselli dotati di Benestare Tecnico Europeo per il sottofondo calcestruzzo.

16.5 Montaggio e funzione

I tasselli si possono suddividere per i tre tipi di principi di ancoraggio: adattamento geometrico di forma, attrito e accoppiamento di materiali. Per ognuno di questi sistemi vanno osservate diverse modalità. Queste modalità sono indicate nel relativo Benestare Tecnico Europeo. I parametri di montaggio più importanti sono la corretta procedura di foratura, la pulizia del foro, l'applicazione della coppia di serraggi etc. Dato che quasi tutti sistemi di differenziano nelle modalità di montaggio è importante seguire le indicazioni del relativo Benestare Tecnico Europeo.

16.6 Regolamenti/contenuti del Benestare Tecnico Europeo

Visto che il livello della tecnica di ancoraggio non ha raggiunto uno standard, i regolamenti non sono definiti sotto forma di norme. L'approvazione della idoneità del sistema viene data dal Benestare Tecnico Europeo.

- [1] Asmus, J. (1999): Verhalten von Befestigungen bei der Versagensart Spalten des Betons. Dissertation an der Universität Stuttgart, 1999.
- [2] Bauproduktenrichtlinie, Richtlinie zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitglieder über Bauprodukte des Rates der Europäischen Gemeinschaften vom 21. Dezember 1988 (89/106/EWG)...
- [3] Cannon, R. W.: Expansion Anchor Performance in Cracked Concrete. *ACI-Journal*, November/Dezember 1981, S. 471-479.
- [4] Comité Euro-International du Béton (CEB): Design of Fastenings in Concrete. CEB Bulletin 226, pagg. 1-144, Lausanne, 1995. Veröffentlicht im Verlag Thomas Telford Services Ltd., London, 1997.
- [5] Cook, R. A., Bishop, M. C., Hagedoorn, H. S., Sikes, D., Richardson, D. S., Adams, T. L., De Zee, C. T.: Adhesive Bonded Anchors: Bond Properties and Effects of In-Service and Installation Conditions. Bericht Nr. 94-2A, University of Florida, Department of Civil Engineering, College of Engineering, Gainesville, 1994, nicht veröffentlicht.
- [6] Cook, R. A., Kunz, J., Fuchs, W., Konz, R. C.: Behaviour and Design of Single Adhesive Anchors under Tensile Load in Uncracked Concrete. *ACI Structural Journal*, V. 95, No. 1, 1998, S. 9-26.
- [7] Deutsches Institut für Bautechnik (1995): Bauregelliste A und Liste C – Ausgabe 95/1. Mitteilungen des Deutschen Instituts für Bautechnik, 26. Jahrgang, Sonderheft 10, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 1995.
- [8] Deutsches Institut für Bautechnik (1993): Bemessungsverfahren für Dübel zur Verankerung in Beton (Anhang zum Zulassungsbescheid), Ausgabe Juni 1993, Berlin.
- [9] Deutsches Institut für Bautechnik (1998): Zulassungsbescheid Nr. Z-30.3-6 „Bauteile und Verbindungselemente aus nichtrostenden Stählen“ vom 25.9.1998, Berlin.
- [10] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt): Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung (Z-21.8-1648). Bewehrungsanschluss mit Hilti Injektionsmörtel HIT – HY 150, Berlin, 2000.
- [11] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt): Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung (Z-21.8-1647). Bewehrungsanschluss mit Upat Injektionsmörtel UPM 44, Berlin, 2000.
- [12] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt): Wiederverwendung von allgemein bauaufsichtlich zugelassenen Betonschrauben bzw. Schraubankern, 2002, Schreiben vom DIBt.
- [13] DIN 105-1 (1989): Mauerziegel: Vollziegel und Hochlochziegel. Ausgabe August 1989.
- [14] DIN 105-2 (1989): Mauerziegel: Leichtlochziegel. Ausgabe August 1989.
- [15] DIN 105-3 (1984): Mauerziegel: Hochfeste Ziegel und hochfeste Klinker. Ausgabe Mai 1984.
- [16] DIN 105-4 (1984): Mauerziegel: Keramikklinker. Ausgabe Mai 1984.
- [17] DIN 105-5 (1984): Mauerziegel: Leichtlanglochziegel und Leichtlangloch-Ziegelplatten. Ausgabe Mai 1984.
- [18] DIN 106-1 (1980): Kalksandsteine: Vollsteine, Lochsteine, Blocksteine, Hohlblocksteine. Ausgabe September 1980.
- [19] DIN 106-1/A1 (Entwurf) (1989): Kalksandsteine: Vollsteine, Lochsteine, Blocksteine, Hohlblocksteine. Ausgabe September 1989.
- [20] DIN 398 (1976): Hüttensteine; Vollsteine, Lochsteine, Hohlblocksteine. Ausgabe Juni 1976.
- [21] DIN 18151 (1987): Hohlblöcke aus Leichtbeton. Ausgabe September 1987.
- [22] DIN 18151 (Entwurf) (1998): Hohlblocksteine aus Leichtbeton; Änderung A1. Ausgabe Dezember 1998.
- [23] DIN 18152 (1987): Vollsteine und Vollblöcke aus Leichtbeton, Ausgabe April 1987.
- [24] DIN 18153 (1989): Mauersteine aus Beton (Normalbeton), Ausgabe September 1989.
- [25] DIN 1045: Beton und Stahlbeton; Bemessung und Ausführung. Deutsches Institut für Normung e.V.; Juli 1988.
- [26] DIN V ENV 1992 Teil -1 (Eurocode 2): Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken. Beuth Verlag GmbH, Berlin, Juni 1992.
- [27] Ehrenstein, G. W.: Aus Reihenuntersuchungen mit Bauwerksdübeln aus Polyamid. *Verbindungstechnik* 1976, Heft 12, S. 13-14.
- [28] Ehrenstein, G. W.: Bauwerksdübel aus Thermoplasten, auch zugelassen als tragende Bauelemente. *Verbindungstechnik* 1976, Heft 4, S. 25-28.
- [29] Eligehausen, R.; Appl, J.J.; Lehr, B.; Meszaros, J.; Fuchs, W. (2004/1): Tragverhalten und Bemessung von Verbunddübeln unter Zugbeanspruchung. Teil 1: Einzeldübel mit großem Achs- und Randabstand. *Beton und Stahlbetonbau* 99, 2004, Nr. 7, Seiten 561-571.
- [30] Eligehausen, R.; Appl, J.J.; Lehr, B.; Meszaros, J.; Fuchs, W. (2005): Tragverhalten und Bemessung von Verbunddübeln unter Zugbeanspruchung. Teil 2: Gruppen und Einzeldübel am Bauteilrand. *Beton und Stahlbetonbau* 100, 2005, Nr. 10, Seiten 856-864.
- [31] Eligehausen R., Pregartner T., Weber S.: Befestigungen in Mauerwerk, Mauerwerk-Kalender 2000, Verlag Ernst & Sohn, Seiten 361-385.
- [32] Eligehausen R., Pregartner T.: Befestigungen in Mauerwerk – neue Erkenntnisse und Konsequenzen. IBK-Baufachtagung Nr. 263 „Dübel und Befestigungstechnik 2000, Institut für Bauen mit Kunststoffen e.V., Darmstadt.
- [33] Eligehausen, R., Mällée, R.: Befestigungstechnik im Beton- und Mauerwerkbau. Ernst & Sohn, 2000.
- [34] Eligehausen, R., Mällée, R., Rehm, G.: Befestigungstechnik. *Betonkalender* 1997, Teil II, Ernst & Sohn, 1997, S. 609-753.
- [35] Eligehausen, R., Mällée, R., Silva, J.F.: Anchorage in Concrete Construction, Ernst & Sohn, 2006
- [36] Eligehausen, R., Meszaros, J.: Influence of Installation Inaccuracies on the Behaviour of Bonded Anchors, Evaluation of the Test Results. Bericht Nr. 1/80-96/11. Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Universität Stuttgart, 1996, nicht veröffentlicht.
- [37] Eligehausen, R., Varga, J.: Versuche mit UKA 3 M12 (EAP) bei verschiedenen Temperaturen. Bericht Nr. 910/01-96/14, Istituto di materiali per l'edilizia, Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Universität Stuttgart, 1996, nicht veröffentlicht.
- [38] Eligehausen, R., Sippel, T.: Gutachtliche Stellungnahme zur Frage der Eignung des Mörtels A. Stuttgart, Oktober 1998; nicht veröffentlicht.
- [39] Eligehausen, R., Spieth, H.A.: Anschlüsse mit nachträglich eingemörtelten Bewehrungsstäben. Der Prüflingenieur, Bundesvereinigung der Prüflingenieure für Bautechnik e.V., Hamburg, April 2000.
- [40] Eligehausen, R., Spieth, H.A., Sippel, Th.M.: Eingemörtelte Bewehrungsstäbe – Tragverhalten und Bemessung. *Beton- und Stahlbetonbau* 94, Heft 12; pp. 512-523, 1999.
- [41] Entwicklung des Transportbetons, *beton* 9, 1999.
- [42] European Organisation for Technical Approvals (EOTA) (1997): Leitlinie für die europäische technische Zulassung für Metalldübel zur Verankerung in Beton. Teil 1: Dübel – Allgemeines. Teil 2: Kraftkontrolliert spreizende Dübel. Teil 3: Hinterschnittdübel. Anhang A: Einzelheiten der Versuche. Anhang B: Versuche zur Ermittlung der zulässigen Anwendungsbedingungen. Anhang C: Bemessungsverfahren für Verankerungen. Mitteilungen. Deutsches Institut für Bautechnik, 28. Jahrgang, Sonderheft Nr. 16, Berlin, Dezember 1997.
- [43] Forschungs- und Materialprüfungsanstalt Baden-Württemberg (1985/1): Untersuchungsbericht Nr. II.4-14488 vom 18.4.1985 über Versuche an axialzugsbeanspruchten Kopfbolzen (Serie 7). Stuttgart (1985), nicht veröffentlicht.
- [44] Fuchs, W., Eligehausen, R.: Das CC-Verfahren für die Berechnung der Betonausbruchlast von Verankerungen. *Beton- und Stahlbetonbau*, 1995, Heft 1, S. 6-9, Heft 2, S. 38-44, Heft 3, S. 73-76.
- [45] Fuchs, W., Eligehausen, R. (1986): Tragverhalten und Bemessung von auf Querzug beanspruchten Dübelbefestigungen mit Randeinfluß im ungerissenen Beton. Bericht Nr. 10/9-86/13, Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Universität Stuttgart, 1996, nicht veröffentlicht.
- [46] Fuchs, W., Eligehausen, R., Breen, J. E. (1995): Concrete Capacity Design (CCD) Approach for Fastening to Concrete. *ACI Structural Journal*, Vol. 92 (1995), No. 1, S. 73-94.
- [47] Fuchs, W.: Evolution of Design Methods in Europe. Symposium on Connections between Steel and Concrete, Stuttgart, Rilem Proceedings Pro 21, Editor R. Eligehausen, Cachan Cedex, 2001.
- [48] Fuchs, W., Huber, E.: Tragverhalten drehmomentkontrolliert spreizender Metalldübel in Beton – Einfluss der Zuschläge. *Befestigungstechnik, Bewehrungstechnik und ...*, Rolf Eligehausen zum 60. Geburtstag, Hrsg.: Fuchs, W., Reinhardt, H.W., ibidem-Verlag, Stuttgart, 2002.
- [49] Konz, J., Cook, R., Fuchs, W., Spieth, H.: Tragverhalten und Bemessung von chemischen Befestigungen. *Beton- und Stahlbetonbau* 93 (1998), Heft 1, S. 15-19, Heft 2, S. 44-49; Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 1998.
- [50] Küenzlen, J.H.R., Siippel, T.M.: Behavior and design of fastenings with concrete screws. In: RILEM Proceeding PRO 21 "Symposium of Connections between Steel and Concrete". Cachan Cedex, 2001, S. 919-929.
- [51] Küenzlen, J.H.R.: Einfach verschraubt, Ratgeber Befestigungstechnik, Charles Coleman Verlag GmbH & Co. KG, 2006
- [52] Küenzlen, J.H.R.: Tragverhalten von Schraubdübeln unter statischer Zugbelastung, Dissertation, Universität Stuttgart, erschienen im Selbstverlag des Autors, 2005.
- [53] Lang, G.: Festigkeitseigenschaften von Verbundanker-Systemen. *Bauingenieur*, 1979, S. 41-46.
- [54] Lehr, B., Eligehausen, R.: Vorschlag eines Bemessungskonzeptes für Verbundanker. Bericht Nr. 20/25-98/6, Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Universität Stuttgart, 1998, nicht veröffentlicht.
- [55] Lohmayer, M.: Haftungsfragen, Produkthaftung ..., Vortrag bei der HWK Heilbronn, Heilbronn, 2003.
- [56] Meszaros, J.: Tragverhalten von Verbunddübeln im ungerissenen und gerissenen Beton. Dissertation, Universität Stuttgart, 2001.
- [57] Meszaros, J., Eligehausen, R.: Einfluss der Bohrlochreinigung und von feuchtem Beton auf das Tragverhalten von Injektionsdübeln. Bericht Nr. 98/2-2/2, Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Universität Stuttgart, 1998, nicht veröffentlicht.
- [58] Musterbauordnung für die Länder der Bundesrepublik Deutschland (MBO); Böckenförde/Temme/Krebs, 6. Auflage 1999, Werner-Verlag, Düsseldorf

- [59] Patzak, M. (1979): Zur Frage der Sicherheit von Setzbolzenbefestigungen in Betonbauteilen. Betonwerk + Fertigteil-Technik, 1979, Heft 5, S. 308-314.
- [60] Plank, A.: Bautechnische Einflüsse auf die Tragfähigkeit von Kunststoffdübeln in Mauerwerk. Baumaschine- Bautechnik, 1977 Heft 6, S. 406-416.
- [61] Pregartner T., Eligehausen R., Fuchs W.: Zugversuche in Hochlochziegeln, Leichtbeton-Hohlblöcken und Kalksandlochsteinen mit Kunststoffdübeln verschiedener Hersteller. Universität Stuttgart, Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Bericht Nr. AF 98/2-402/2, nicht veröffentlicht.
- [62] Pregartner T., Eligehausen R., Fuchs W.: Zugversuche in Hochlochziegeln, Leichtbeton-Hohlblöcken und Kalksandlochsteinen mit Injektionsankern. Universität Stuttgart, Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Bericht Nr. AF 98/4-402/4, nicht veröffentlicht.
- [63] Pregartner, T., Eligehausen, R., Fuchs, W.: Kunststoffdübel in gerissenem Beton-Nageldübel, Universität Stuttgart, Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Bericht Nr. 00/8-11/5, nicht veröffentlicht.
- [64] Pregartner, T., Eligehausen, R., Fuchs, W.: Kunststoffdübel in gerissenem Beton-Schraubdübel, Universität Stuttgart, Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Bericht Nr. 00/9-11/6, nicht veröffentlicht.
- [65] Pusill-Wachtsmuth, P. (1999): Die europäische technische Zulassung für Dübel. Beton- und Stahlbetonbau 94 (1999), Heft 12, S. 496-501.
- [66] Rehm, G.: Gutachterliche Stellungnahme zur Frage der Beanspruchbarkeit von Kunststoffdübeln. 1982, nicht veröffentlicht.
- [67] Rehm, G.: Gutachtliche Stellungnahme vom 27.10.1987. München, nicht veröffentlicht.
- [68] Rehm, G., Eligehausen, R., Mällée, R.: Befestigungstechnik. Betonkalender 1988, Teil II, Ernst & Sohn, 1988, S. 569-663.
- [69] Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Bauteilen, Teil 3. Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, Beuth Verlag, 1991.
- [70] Sätzler, B.U.: Haftungsfragen, Bauvertrag, VOB ..., Vortrag bei der HWK Heilbronn, Heilbronn, 2003.
- [71] Schuler, D.: Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit von Befestigungen. In: Neue Möglichkeiten der Befestigungstechnik im Ingenieurbau, Tagungsband der Technischen Akademie Esslingen, 1996.
- [72] Sell, R.: Festigkeit und Verformung mit Reaktionsharzmörtelpatronen versetzter Anker. Verbindungstechnik, 1973, Heft 8, S. 11-16.
- [73] Sippel, T.: Einfluss des Bohrverfahrens auf das Tragverhalten von Kunststoff- und Injektionsdübeln in Mauerwerk. Universität Stuttgart, Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Bericht Nr. 8/8-90/1, nicht veröffentlicht.
- [74] Spieth, H.A.: Tragverhalten und Bemessung von eingemörtelten Bewehrungsstäben. Dissertation. Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Universität Stuttgart, 2002.
- [75] Weber, S., Eligehausen, R., Tragfähigkeit von Injektionsdübeln in Mauerwerk. Universität Stuttgart, Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Bericht Nr. AF 97/5-96407/1, nicht veröffentlicht.
- [76] Weber, S., Lehr, B., Sippel, T., Eligehausen, R.: Tragverhalten von Kunststoffdübeln in Hohlmauerwerk. Universität Stuttgart, Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Bericht Nr. AF/97/1-1/1, nicht veröffentlicht.
- [77] Weigler, H., Karl, S.: Beton, Arten – Herstellung – Eigenschaften; Ernst & Sohn, Berlin, 1989.
- [78] Zuschlag für Normalbeton, Arten, Anforderung, Prüfung, Zementmerkblatt Betontechnik, Bauberatung Zement, Köln, 2003.

Ci riserviamo il diritto di eseguire cambi ai prodotti anche senza preavviso. I dati qui comunicati sono da ritenersi indicativi. Informiamo che non risponderemo per errori di stampa, di compressione, interpretazione ecc. Tutti dati qui comunicati si riferiscono allo stato attuale (luglio 07) e quindi non ci reputiamo responsabili per modifiche o sviluppi futuri, per esempio di natura legislativa, normativa ecc.

**... buono a
sapersi!**

Würth Srl
SERVIZIO CLIENTI
Tel. 06 907 79 001
Fax 06 903 86 201
www.wuerth.it
clienti@wuerth.it



I tasselli sono diventati dei veri e propri prodotti high-tech ed il loro funzionamento è efficace solo se l'utilizzatore sa esattamente, quale tassello risolve quale problema di fissaggio in modo ottimale. Molti dei tasselli proposti da Würth dispongono del Benestare Tecnico Europeo: ovunque vengono utilizzati tasselli che dispongono del Benestare è necessaria, per l'utilizzatore, un'ampia conoscenza tecnica sulla posa. Per questo Würth ha creato il nuovo:

Manuale della Tecnica di Ancoraggio Würth: Principi - Impieghi - Aspetti pratici

Progettisti e responsabili di cantiere trovano, in questa guida, una panoramica sullo stato attuale della Tecnica di Ancoraggio. Il manuale contiene tutte le informazioni tecniche necessarie per l'utilizzo e il montaggio dei tasselli.

Il lettore constaterà velocemente che questo manuale è una fonte di informazioni e di consigli indispensabili.



4 045989 412556

Art. 0990 081 906