

Monica Lerda – Enrico Ravagnan

I nodi strutturali negli edifici di legno a pannelli X-Lam

DAL PROGETTO DEL NODO AL CALCOLO DEI CONNETTORI METALLICI

- **Calcolo della carpenteria metallica secondo le NTC 2008 ed Eurocodice 5 e nella pratica di cantiere**
- **Archivio delle proprietà meccaniche di viti e staffe metalliche**
- **200 tavole esplicative e di dettaglio**
- **Moduli di calcolo in Microsoft Excel**

- **CONFORME A QUANTO DISPOSTO DALLE NTC 2008, DALL'EUROCODICE 5 E DALL'EUROCODICE 8**

SOFTWARE INCLUSO

FOGLI DI CALCOLO IN MICROSOFT EXCEL ED ELENCO PREZZI DI VITI E CHIODI

Glossario (principali termini tecnico-normativi), **F.A.Q.** (domande e risposte sui principali argomenti), **Test iniziale** (verifica della formazione di base), **Test finale** (verifica dei concetti analizzati)



Monica Lerda – Enrico Ravagnan

I NODI STRUTTURALI NEGLI EDIFICI DI LEGNO A PANNELLI X-LAM

ISBN 13 978-88-8207-808-9

EAN 9 788882 078089

Software, 88

Prima edizione, gennaio 2016

Lerda, Monica <1966->

I nodi strutturali negli edifici di legno a pannelli X-LAM /
Monica Lerda, Enrico Ravagnan. – Palermo : Grafill, 2016.

(Software ; 88)

ISBN 978-88-8207-808-9

1. Strutture in legno.

I. Ravagnan, Enrico <1967->.

624.184 CDD-22 SBN PaI0283456

CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

Il volume è **disponibile anche in eBook** (formato *.pdf) compatibile con **PC, Macintosh, Smartphone, Tablet, eReader**.

Per l'acquisto di eBook e software sono previsti pagamenti con c/c postale, bonifico bancario, carta di credito e PayPal.

Per i pagamenti con carta di credito e PayPal è consentito il download immediato del prodotto acquistato.

Per maggiori informazioni inquadra con uno Smartphone o un Tablet il Codice QR sottostante.



I lettori di Codice QR sono disponibili gratuitamente su Play Store, App Store e Market Place.

© **GRAFILL S.r.l.**

Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo

Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313

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

Finito di stampare nel mese di gennaio 2016

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

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

INDICE

PREFAZIONE	p.	1
INTRODUZIONE	"	3
RINGRAZIAMENTI	"	4
1. LE VITI, I CHIODI, GLI SPINOTTI	"	5
1.1. Introduzione.....	"	5
1.2. Vite a testa svasata a filetto parziale – HBS.....	"	5
1.3. Vite a tutto filetto a testa cilindrica – VGZ.....	"	7
1.4. Vite a tutto filetto a testa svasata VGS.....	"	10
1.5. Vite a doppio filetto – WT.....	"	11
1.6. Chiodi lisci.....	"	13
1.7. Chiodi Ring.....	"	13
1.8. Chiodi Anker.....	"	13
1.9. Spinotto auto forante – WS.....	"	14
1.10. Riferimenti normativi e marchiatura CE dei materiali da costruzione.....	"	15
1.10.1. Riferimenti normativi.....	"	15
1.10.2. Marchatura CE dei prodotti da costruzione.....	"	15
1.11. Differenze tra le viti Rothoblaas e le viti di altri produttori.....	"	19
1.11.1. La geometria.....	"	19
1.11.2. Le caratteristiche meccaniche.....	"	21
1.11.3. Le punte delle viti.....	"	23
1.11.4. Il filetto delle viti.....	"	24
1.11.5. Le teste delle viti.....	"	25
1.12. Il costo delle viti.....	"	26
2. I NODI STRUTTURALI NEGLI EDIFICI		
A PANNELLI DI LEGNO X-LAM	"	27
2.1. Giunti tra elementi di parete a pannello: giunto in linea.....	"	28
2.1.1. Giunto in linea con pannelli di piallaccio stratificato.....	"	35
2.1.2. Giunto in linea con pannelli di piallaccio in fresatura.....	"	37
2.1.3. Giunto in linea con pannelli di piallaccio in fresatura centrale.....	"	38

2.1.4.	Giunto in linea a battuta fresata “mezzo legno”	p.	39
2.1.5.	Il foglio di calcolo	”	40
2.2.	Giunti tra elementi di parete a pannello: giunto d’angolo	”	46
2.2.1.	Giunto d’angolo con battuta diretta	”	50
2.2.2.	Giunto “a trazione”	”	51
2.2.3.	Giunto “a taglio”	”	58
2.2.4.	Il foglio di calcolo	”	60
2.3.	Giunti tra elementi di solaio.....	”	64
2.3.1.	Giunto a battuta diretta con pannelli di piallaccio stratificato in fresatura	”	68
2.3.2.	Giunto a battuta fresata	”	74
2.3.3.	Giunto a battuta diretta con viti.....	”	75
2.3.4.	Il foglio di calcolo	”	77
2.4.	Giunti tra elementi di solaio e pareti: giunti a taglio	”	79
2.4.1.	Giunto tra pannello di solaio e sottostante pannello parete mediante sole viti.....	”	80
2.4.2.	Giunto tra pannello di solaio e sottostante pannello parete mediante viti e angolari resistenti a taglio	”	82
2.4.3.	Il foglio di calcolo	”	82
2.4.4.	Giunto tra pannello parete e sottostante pannello di solaio mediante viti	”	83
2.4.5.	Il foglio di calcolo	”	85
2.4.6.	Giunto tra solaio a travi e pareti a pannello	”	86
2.4.7.	Giunto con staffa metallica a scomparsa su parete continua.....	”	92
2.4.8.	Giunto con scarpa metallica su parete continua.....	”	93
2.4.9.	Giunto con sede ricavata su parete discontinua	”	95
2.5.	Giunti tra elementi di solaio e pareti: giunti a trazione.....	”	95
2.5.1.	Giunto con piastra forata.....	”	98
2.5.2.	Giunto con angolari metallici.....	”	99
2.5.3.	Giunto con angolari metallici e piastra forata	”	102
2.6.	Ancoraggio della parete alla fondazione	”	102
2.6.1.	Ancoraggio a taglio su dormiente prefissato su platea di fondazione.....	”	104
2.6.2.	Ancoraggio a taglio su dormiente in legno con piastra di acciaio.....	”	105
2.6.3.	Ancoraggio a taglio su platea di fondazione con piastra di acciaio.....	”	105
2.6.4.	Ancoraggio del dormiente su platea di fondazione.....	”	107
2.6.5.	Cordolo rialzato in calcestruzzo.....	”	107
2.6.6.	Ancoraggio a taglio su cordolo rialzato con piastra di acciaio.....	”	109
2.6.7.	Ancoraggio a trazione diretto su platea di fondazione con tirante metallico.....	”	109

2.6.8.	Ancoraggio a trazione su cordolo rialzato con piastra di acciaio.....	p.	110
2.7.	Giunti tra elementi di copertura e pareti	"	110
2.7.1.	Giunti tra copertura a pannello e pareti a pannello	"	111
2.7.2.	Copertura con pannello fuoriuscente a formare lo sporto.....	"	114
2.7.3.	Copertura con falsi travetti a vista sugli sporti	"	115
2.7.4.	Giunto dei pannelli al colmo di copertura.....	"	116
2.8.	Giunti tra copertura a travetti e pareti a pannello	"	120
2.8.1.	Copertura a travetti con banchina	"	120
2.8.2.	Copertura a travetti con intagli della parete.....	"	122
2.8.3.	Copertura a travetti con passafuori applicati.....	"	124
2.8.4.	Copertura a travetti appoggiato direttamente sul solaio.....	"	125
2.8.5.	Copertura a travetti con banchina fissata su parete	"	126
2.8.6.	Copertura a travetti con banchina fissata su parete e passafuori applicati.....	"	128
3.	I COLLEGAMENTI TRA TRAVI	"	131
3.1.	Trave principale trave secondaria	"	131
3.1.1.	Il foglio di calcolo	"	134
3.2.	Il nodo colmo puntone	"	139
3.3.	Il nodo a coda di rondine	"	143
3.4.	Le travi accoppiate lateralmente e superiormente	"	144
3.4.1.	Travi accoppiate lateralmente	"	144
3.4.2.	Travi accoppiate superiormente	"	147
3.4.3.	Il foglio di calcolo	"	151
3.5.	I collegamenti con piastre e resina.....	"	156
3.5.1.	Il foglio di calcolo	"	161
4.	RESPONSABILITÀ DEL PROGETTISTA E DEL DIRETTORE DEI LAVORI.....	"	171
4.1.	Progettazione e Direzione Lavori: alcune considerazioni	"	171
4.2.	Progettazione	"	171
4.3.	Direzione Lavori.....	"	173
4.4.	Relazione finale del direttore dei lavori.....	"	175
5.	INSTALLAZIONE DEL SOFTWARE INCLUSO	"	176
5.1.	Note sul software incluso.....	"	176
5.2.	Requisiti hardware e software.....	"	176
5.3.	Download del software e richiesta della password di attivazione.....	"	176
5.4.	Installazione ed attivazione del software	"	177
	BIBLIOGRAFIA E LINK UTILI.....	"	178

PREFAZIONE

dell'Ing. FRANCO MOAR (*Responsabile ufficio tecnico consulenti Rothoblaas*)

L'ufficio tecnico di Rothoblaas è in contatto con il Dott. Ing. Enrico Ravagnan da diverso tempo. Ospite gradito di alcune delle nostre attività di formazione presso la Rothoschool, pone con questo suo libro un tema di grandissima attualità: il trasferimento delle conoscenze teoriche del calcolo all'applicazione reale in cantiere delle connessioni con viti nelle costruzioni in legno.

Storicamente nel settore del legno spesso venivano date per scontato il comportamento meccanico degli elementi strutturali, soprattutto per quanto riguarda le connessioni. Il ruolo delle connessioni, soprattutto alla luce delle norme tecniche attuali e dell'attenzione rivolta alla progettazione antisismica rivestono un ruolo fondamentale poiché essendo elementi metallici con proprietà di duttilità permettono la dissipazione dell'energia introdotta nell'edificio da un evento quale il sisma.

È per noi motivo di grande orgoglio riscontrare in un progettista del settore con solida esperienza nel mondo del legno così come di cantiere, l'apprezzamento verso il nostro lavoro quotidiano di perfezionamento delle diverse soluzioni che Rothoblaas sviluppa per il mondo delle costruzioni in legno e delle indicazioni che vengono fornite per il loro utilizzo.

Spesso si sente parlare semplicemente di viti, ma dietro ad una semplice vite si nasconde un mondo enorme a molti purtroppo sconosciuto che racchiude: norme di produzione, norme di calcolo, disegni di produzione, tempistiche di cantiere, norme per la marcatura CE, tipologia di acciaio, tipologia di rivestimento, ecc.

L'Ingegnere Ravagnan con questo libro invita tutti a prendere in considerazione ogni caratteristica della vite, dalla geometria, alle proprietà meccaniche, alla facilità di posa, alla corretta posa in opera delle viti e alla esperienza di montaggio che difficilmente si trovano in letteratura. Sono aspetti a cui il nostro ufficio tecnico dedica molta attenzione e lavoro, raccogliendo direttamente dai nostri clienti feedback e indicazioni per l'innovazione e il continuo miglioramento.

Le indicazioni fornite all'interno di questa pubblicazione vanno sicuramente oltre quanto è possibile trovare in altre sedi, ad esempio all'interno di una scheda tecnica, e forniscono numerosi elementi di valutazione del comportamento delle connessioni che sono senz'altro utili ai progettisti, ai direttori lavori, soprattutto a carpentieri e a chi si trova di fronte alla realizzazione della connessione con viti.

L'ufficio tecnico Rothoblaas ringrazia l'Ingegnere Ravagnan per la sua fiducia e longeva collaborazione con la nostra azienda leader di settore, ma soprattutto per la preparazione, la competenza con cui ha affrontato gli argomenti, il tempo e la volontà di mettere per iscritto tutte queste conoscenze pratiche che da anni ci stanno particolarmente a cuore, illustrando in modo chiaro e semplice le scelte e gli accorgimenti che portano alla realizzazione di strutture in legno sicure, durevoli ed economiche.

INTRODUZIONE

In questi anni, con l'aumentare delle progettazioni e realizzazioni di edifici a struttura di legno e di X-Lam, abbiamo verificato con maggiore frequenza casi ove gli artigiani, a cui veniva affidato l'incarico di realizzare l'edificio a struttura di legno, arrivassero dal mondo dell'edilizia tradizionale e non da quello della carpenteria in legno.

Questo ha significato trovarsi di fronte a persone con buone se non ottime competenze nel settore edile, ma con scarse conoscenze in merito alle strutture in legno ed alle sue esigenze specifiche, e quindi con la tendenza a trasporre le proprie competenze nel cemento armato al legno, considerando le viti alla stessa stregua dei tondini di acciaio di armatura ed il materiale legno come se fosse del calcestruzzo o dell'acciaio.

Da parte nostra, ciò ha implicato, da un lato il dover organizzare dei disegni ragionati con istruzioni di lavoro che fossero esaustivi per chi posa la viteria, e dall'altro, il dover progettare ogni singolo collegamento e nodo in modo che funzionasse sia dal punto di vista del calcolo (situazione teorica) che della posa in opera (situazione pratica).

Il presente lavoro nasce dall'esperienza in cantiere, dal confronto con i colleghi che operano nel settore del legno, con le segherie con cui si discutono regolarmente le modalità esecutive dei vari nodi adottati e dal confronto, non meno importante, con i tecnici dell'ufficio sismico della provincia e della regione i cui operiamo; tutto questo ha portato a realizzare un "abaco" ragionato dei nodi di collegamento negli edifici a struttura di legno a pannelli incrociati, e dei principali collegamenti delle travi in legno nell'edilizia residenziale.

Gli argomenti trattati sono:

- le viti e i chiodi, tipologia e utilizzo;
- i giunti tra elementi di parete;
- i giunti tra elementi di solaio, modalità esecutive e calcolo;
- i giunti tra elementi di solaio e pareti;
- i giunti tra elementi di copertura e pareti;
- ancoraggio della parete alla fondazione;
- i giunti con viti inclinate;
- i giunti chiodati/avvitati con piastre forate;
- i giunti con piastre resinare;

di tutti i giunti vengono analizzate le modalità di calcolo, le modalità esecutive e le problematiche di cantiere.

Gli Autori

RINGRAZIAMENTI

La scrittura di un libro è un'avventura affascinante e l'occasione per fare il punto sulle proprie conoscenze e poterle mettere in discussione a fondo, come si è fatto con i colleghi in Rothoblaas, durante i corsi di formazione e durante la redazione di questo libro, in particolare con l'ingegnere Franco Moar, che ha revisionato il testo, dando un prezioso contributo nel chiarire alcuni aspetti racchiusi nella tecnologia delle viti e nel quadro normativo, e con l'ingegnere Francesco Tondini che ha reso possibile questa importante collaborazione.

La conoscenza è nulla se non viene stimolata con progetti o sfide che impegnano a fondo e permettono di dar sfogo al nostro essere "ingegneri", così ringraziamo gli architetti Claudio Bertolotti, Dario Castellino e Matteo Ravera e, non per ultimi, il professor architetto Guido Campodonico e l'architetto Vittorio Campodonico, i quali, con i loro progetti, ci hanno permesso di osare, sperimentare e realizzare strutture in legno, liberi dall'ossessione dei pilastri, permettendo di definire spazi con strutture leggere quasi fossero il foglio piegato di un origami.

LE VITI, I CHIODI, GLI SPINOTTI

1.1. Introduzione

L'argomento della viteria strutturale per legno e dei chiodi, più propriamente detti *connettori a gambo cilindrico*, viene trattato secondo un approccio più simile al punto di vista pratico del “carpentiere” e solo successivamente, nella casistica, si farà riferimento ad una rigorosa impostazione teorica di calcolo.

Nel corso della trattazione, dovendo far riferimento a dei prodotti specifici con proprietà meccaniche definite, si farà riferimento alle schede tecniche della viteria e carpenteria metallica della Rothoblaas.

1.2. Vite a testa svasata a filetto parziale – HBS

La vite è caratterizzata da una testa tronco conica, a partire dalla testa una porzione di fusto liscia e la parte terminale della vite filettata. La lunghezza della parte filettata è in funzione della lunghezza totale della vite (**Fig. 1.1**).



Figura 1.1. Vite a filetto parziale e testa della vite

L'utilizzo di queste viti solitamente viene percepito dalle maestranze alla stregua dei chiodi, con la differenza che la vite è in grado di “serrare” l'unione dei due pezzi, pertanto si osserva la cattiva abitudine di serrare le viti fintanto che l'avvitatore riesce a “far girare” la vite.

Questo comporta un duplice danno:

- da un lato si ha la penetrazione della testa della vite nel legno, con conseguente riduzione dello spessore del pannello di legno entro cui penetra la testa della vite, cambiando di fatto le previsioni di resistenza calcolo eseguite per il nodo (**Figg. 1.2/1.3**);
- dall'altro, si ha che la vite viene posata con un pretensionamento pari alla resistenza di penetrazione della testa della vite, tensione che nel tempo si scaricherà causando un'ulteriore penetrazione della testa della vite del legno, in conseguenza ai fenomeni di *fluage* tipici del legno per carichi permanenti nel lungo periodo.

Nella pratica di cantiere si osserva che questa attitudine a *tirare* le viti comporta, nel caso di utilizzo di viti di piccolo diametro (\varnothing 6 mm o inferiori) la rottura della vite per l'azione combinata della trazione e torsione indotta dall'avvitatore.

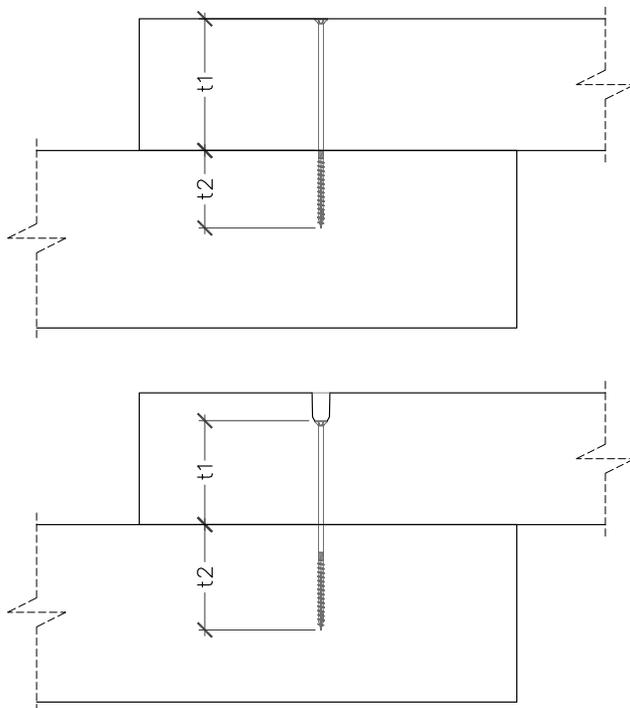


Figura 1.2. *Vite correttamente posata e vite con testa penetrata*

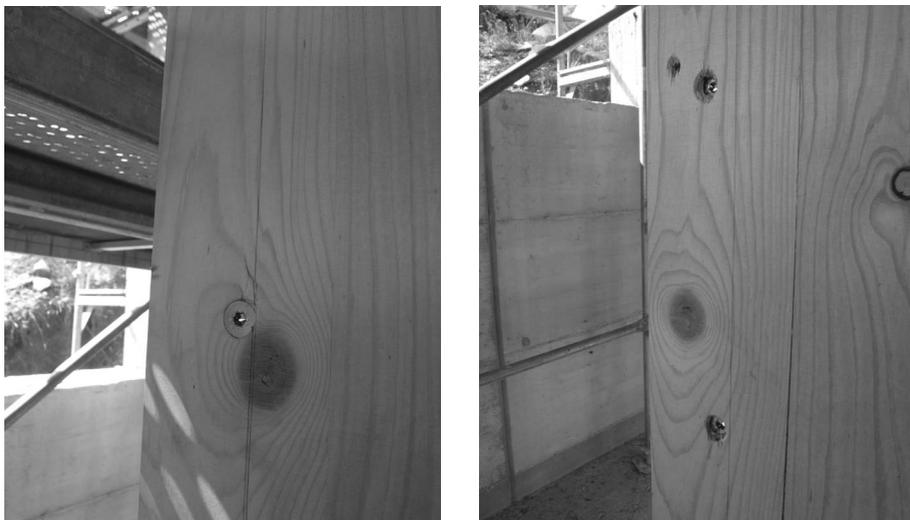


Figura 1.3. *Vite correttamente posata e vite con testa penetrata*

In sede di progettazione del collegamento, come si vedrà meglio in seguito, l'utilizzo di viti con diametro più piccolo ma in numero maggiore è in grado di garantire nodi con comportamento duttile e deformazioni istantanee minori.

L'utilizzo di viti di maggiore diametro, invece, evita i problemi in cantiere sopra descritti ma, tendenzialmente, si ottengono dei nodi in cui il meccanismo di rottura avviene dal lato legno con conseguente comportamento fragile. Comportamento da evitare soprattutto nelle costruzioni in zona sismica.

Le viti a filetto parziale o "mezzo filetto" vengono utilizzate principalmente per resistere a sollecitazioni taglianti, come nelle unioni:

- fissaggio di pannelli affiancate in X-Lam: parete-parete, parete-solaio, ecc.;
- fissaggio trave di banchina a pannello intelaiato;
- fissaggio puntoni di copertura alla trave di banchina.

1.3. Vite a tutto filetto a testa cilindrica – VGZ

La vite è caratterizzata da una testa cilindrica, di diametro poco superiore a quello della vite, e filettatura lungo tutto il fusto della vite (**Fig. 1.4**).

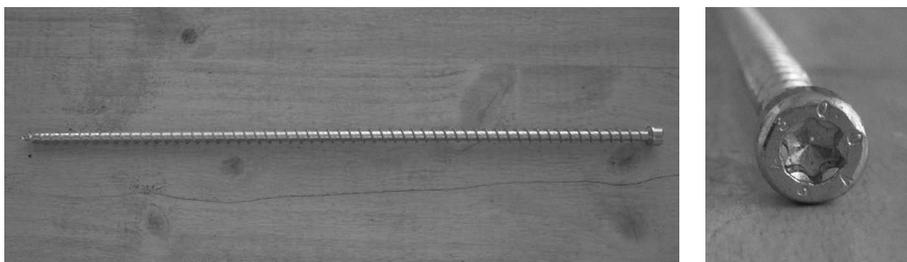


Figura 1.4. Vite a tutto filetto e testa della vite

Questa tipologia di vite ha un comportamento molto diverso dalla precedente, che richiede alcune attenzioni in fase di progettazione e redazione delle prescrizioni esecutive in modo che durante la posa non si verificano anomalie che influenzino il comportamento del collegamento.

All'atto pratico si può descrivere il comportamento di questa vite come segue:

- la vite non avvicina, *serra*, i due pezzi che vengono collegati, caratteristica delle HBS: in fase di posa, analogamente a tutte le viti a tutto filetto, quando la vite ha ingranato completante il primo pezzo da collegare, prima di inserirsi nel secondo pezzo tende ad allontanarlo a causa della resistenza alla penetrazione di quest'ultimo.

Se i due pezzi non sono stati serrati, si avrà un leggero allontanamento del primo pezzo dal secondo, con la formazione di uno spazio tra i due pezzi che non potrà più essere eliminato, a meno che non venga estratta la vite dal secondo pezzo e poi riavvitata previa chiusura dei due elementi.

Si vedano le seguenti **Figg. 1.5 e 1.6**.

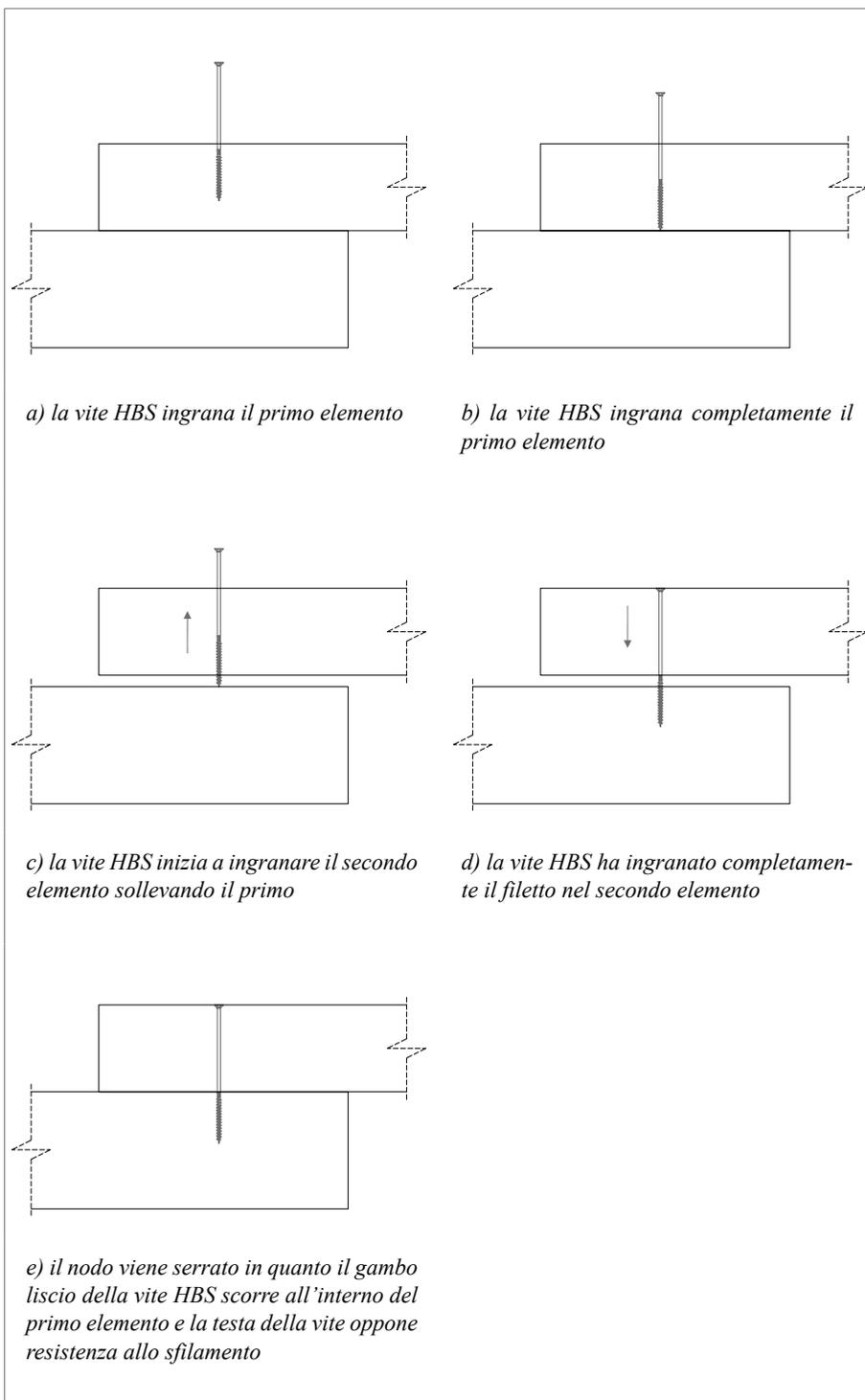


Figura 1.5.

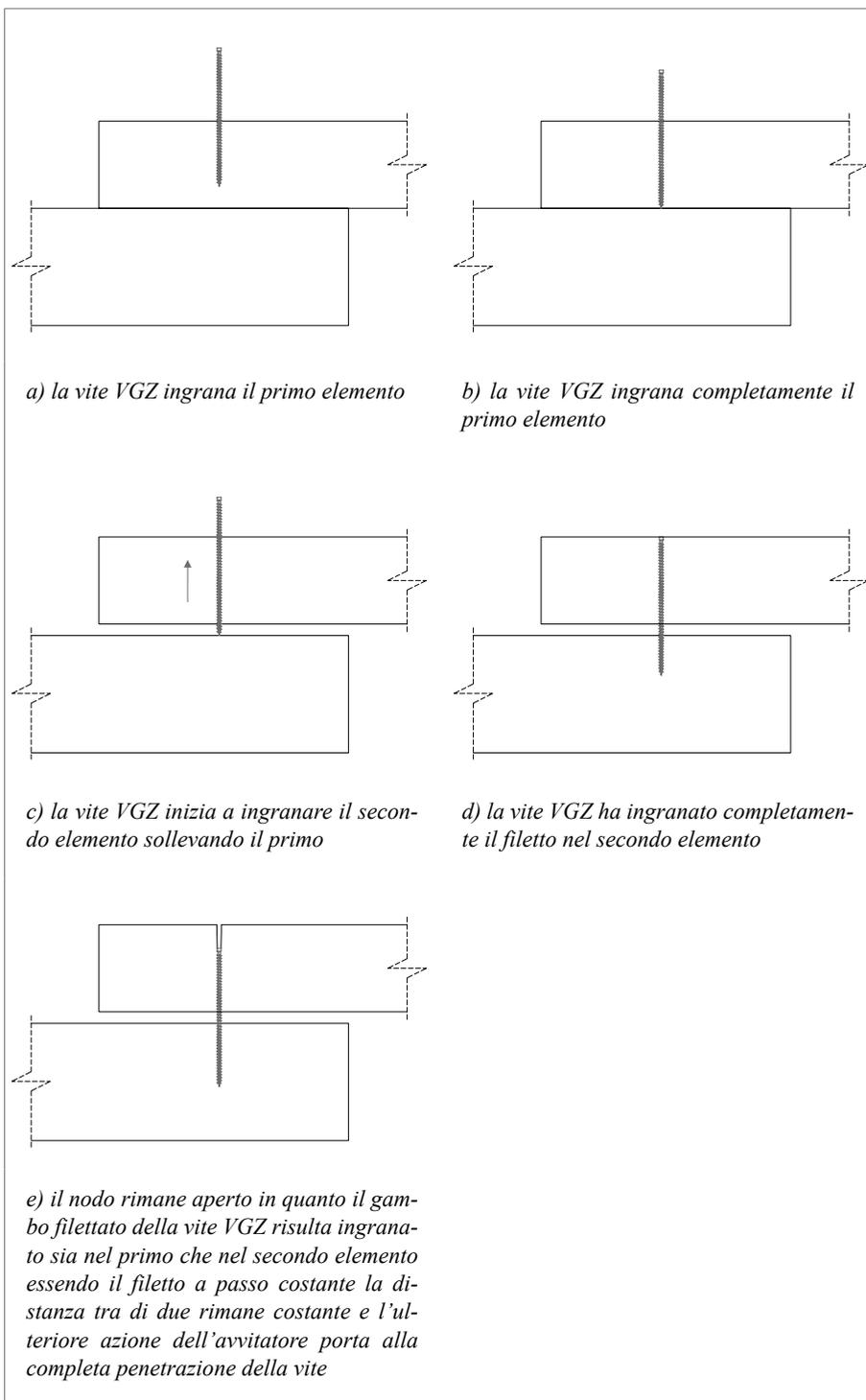


Figura 1.6.

- la vite a tutto filetto presenta un'ottima resistenza ad estrazione che si sviluppa su tutta la lunghezza della vite, questo implica anche un comportamento a taglio, a parità di diametro delle HBS, migliore grazie all'*effetto cordata* che la vite riesce a sviluppare (si vedrà in dettaglio più avanti).

Le viti a filetto completo o “tutto filetto” vengono utilizzate per resistere a sollecitazioni combinate di taglio e trazione, come nelle unioni:

- fissaggio di giunzioni a scomparsa con viti a 45°;
- fissaggio ad elevate performance ai solai affiancati in X-Lam;
- fissaggio solaio X-Lam a parete X-Lam per grandi sforzi;
- fissaggio del travetto secondario inclinato sulla trave principale;
- rinforzi e accoppiamenti.

1.4. Vite a tutto filetto a testa svasata VGS

Del tutto analoga nel comportamento alla viti VGZ con la differenza della conformazione della testa della vite (**Fig. 1.7**).



Figura 1.7. Vite a tutto filetto a testa svasata VGS

L'utilizzo della vite è del tutto analogo alla VGZ con la differenza che grazie alla testa svasata della VGS sono possibili gli accoppiamenti acciaio-legno e quindi è possibile accoppiare ad una trave in legno piastre metalliche, come nel caso dell'armatura superiore di una trave di balcone (**Fig. 1.8**), o per la realizzazione di punti di ancoraggio per il sollevamento delle pareti in X-Lam (**Fig. 1.9**), o per la realizzazione di rinforzo degli appoggi delle travi in legno (**Fig. 1.10**) di rinforzi a compressione perpendicolari alle fibre e anche a trazione.



Figura 1.8. Vite VGS utilizzata a trazione per l'integrazione con armatura metallica nelle travi a sbalzo [Fonte Rothoblaas]



Figura 1.9. *Vite VGS utilizzata a trazione per il collegamento degli ancoraggi di sollevamento dei pannelli* [Fonte Rothoblaas]

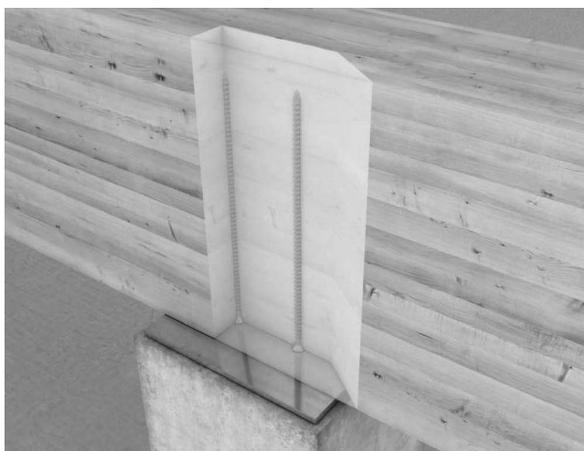


Figura 1.10. *Rinforzo a compressione* [Fonte Rothoblaas]

1.5. Vite a doppio filetto – WT

Vite visivamente molto simile alla vite VGZ eccetto per una parte centrale del fusto della vite che risulta non filettata (**Fig. 1.11**). In realtà è una vite tecnologicamente più avanzata rispetto alla VGZ in quanto la vite WT, in fase di posa in opera, è in grado di serrare il nodo in cui viene posata.



Figura 1.11. *Vite a doppio filetto – WT*

Questa caratteristica, oltre che dalla posizione di fusto liscia è data dal diametro e dal passo differenziato tra le due parti filettate della vite.

Questa particolare conformazione permette alla vite di introdurre uno stato di tensione nella parte centrale della vite che, una volta posata permette di esercitare una azione di ritengo tra le parti da fissare, si veda **Fig. 1.12**.

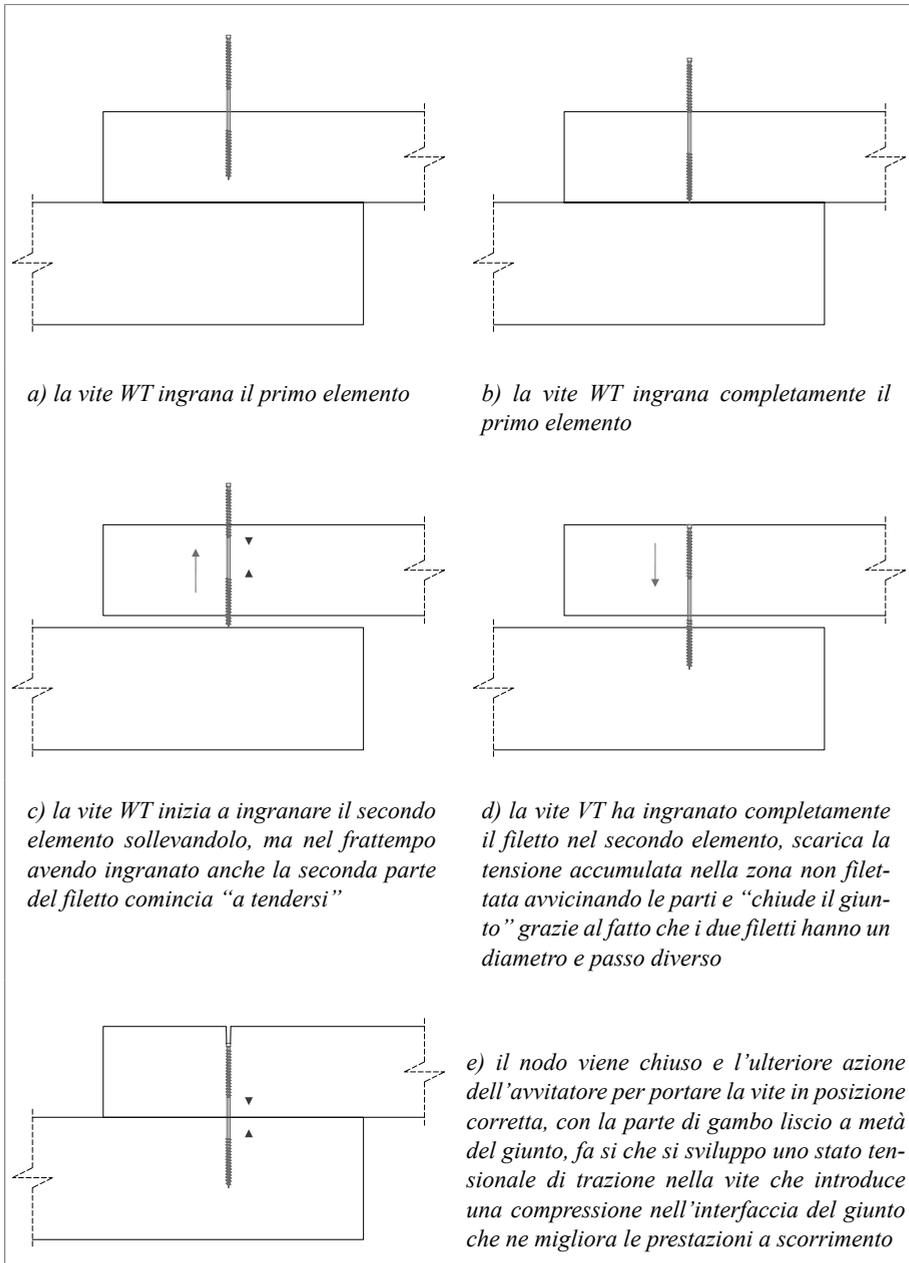


Figura 1.12.