

# HILTI

Hilti X-HVB  
Soluzioni per  
connessioni a taglio



## Sommario

<b>1</b>	<b>Introduzione .....</b>	<b>3</b>
1.1	Progettazione di travi miste .....	4
1.2	Tipologie di connettori a taglio.....	6
<b>2</b>	<b>Sistema Hilti X-HVB .....</b>	<b>7</b>
2.1	Geometria e specifiche dei materiali .....	8
2.2	Requisiti applicativi.....	9
2.3	Attrezzi e accessori.....	11
2.4	Propulsori.....	12
2.5	Garanzia della qualità del fissaggio .....	12
<b>3</b>	<b>Vantaggi e valori .....</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>Progettazione del connettore a taglio secondo EC4 ...</b>	<b>16</b>
4.1	Requisiti di duttilità .....	16
4.2	Distribuzione dei connettori a taglio.....	16
4.3	Forza di taglio longitudinale.....	17
4.4	Resistenza a taglio di progetto .....	18
<b>5</b>	<b>Posizionamento e interassi di posa .....</b>	<b>20</b>
<b>6</b>	<b>Considerazioni particolari .....</b>	<b>21</b>
6.1	Resistenza al fuoco.....	21
6.2	Interventi di recupero edilizio.....	21
6.3	Risposta sismica in interventi di recupero edilizio .....	22
6.4	Controllo dell'inflessione .....	22
<b>7</b>	<b>Riferimenti .....</b>	<b>23</b>
7.1	Bibliografia .....	23
7.2	Pubblicazioni Hilti .....	23
7.3	Referenze di progetto.....	23
<b>8</b>	<b>Allegati .....</b>	<b>24</b>
	Allegato A: Esempi di progetto.....	25
	Allegato B: Esempi di lamiera grecata commerciale .....	27
	Allegato C: Denominazione e codici articolo .....	30

## 1 Introduzione

Le strutture miste hanno dominato il settore dell'edilizia multi-piano per oltre trent'anni. Il loro successo è dovuto alla resistenza e alla rigidità che si possono ottenere con un dispendio minimo in termini di materiali.

Il motivo per cui la scelta ricade spesso sulle strutture miste è semplice: il calcestruzzo ha una buona resistenza a compressione mentre l'acciaio resiste bene a trazione.

Unendo strutturalmente i due materiali è possibile sfruttare questi punti di forza per ottenere una progettazione leggera ed altamente efficiente con valori di resistenza persino raddoppiati, mentre la rigidità può addirittura triplicare. Il peso ridotto degli elementi compositi produce un effetto a catena riducendo le forze nei rispettivi elementi di supporto, fondazioni comprese. I sistemi misti offrono vantaggi anche in termini di velocità di costruzione. Le riduzioni dello spessore del solaio che si possono realizzare utilizzando strutture miste, possono determinare anche vantaggi significativi per quanto riguarda i costi degli impianti e dell'involucro edilizio.

Lo scopo del connettore a taglio X-HVB è quello di garantire la connessione meccanica tra le travi in acciaio e le solette in calcestruzzo sovrastanti. È progettato pertanto per resistere alle forze di taglio che agiscono all'interfaccia tra questi elementi strutturali, favorendo un comportamento congiunto.

Il documento vuole essere una guida all'utilizzo dei connettori a taglio Hilti X-HVB, mostrando i principi per il calcolo e la progettazione. Il manuale include i seguenti argomenti:

- caratteristiche del sistema di connessione a taglio X-HVB,
- vantaggi e benefici del connettore a taglio fissato con chiodi,
- progettazione del connettore a taglio secondo Eurocodice 4,
- disposizione dei connettori a taglio,
- considerazioni relative alla resistenza al fuoco e all'utilizzo negli interventi di recupero edilizio.

Le informazioni presenti in questo documento sono conformi alle norme europee.



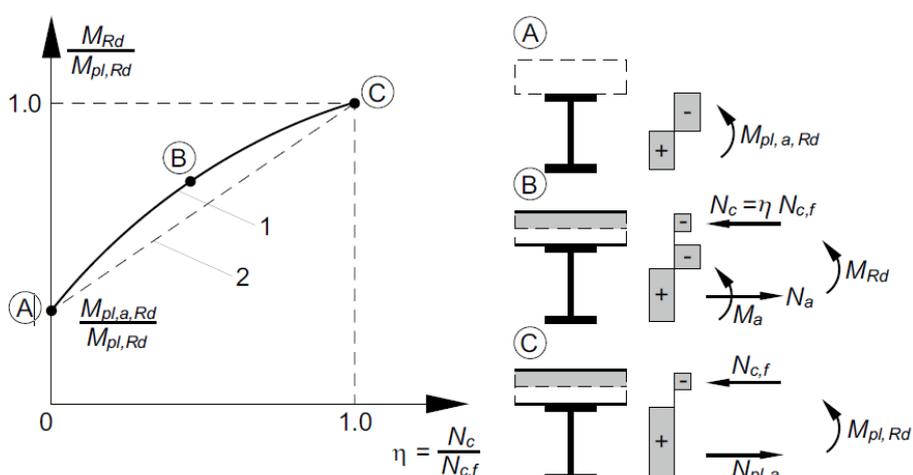
**Figura 1** Installazione di lamiera grecate per solette composite

## 1.1 Progettazione di travi miste

Come già menzionato, il calcestruzzo è un materiale che lavora bene a compressione ma ha una resistenza ridotta alla trazione. Pertanto, per scopi strutturali, le forze di trazione vengono trasmesse attraverso un elemento in acciaio (questo è il ruolo svolto dalla parte in acciaio di una sezione composita, che è in realtà un rinforzo esterno) oppure il calcestruzzo deve essere presollecitato in modo tale che quando soggetto a trazione, l'elemento strutturale si trovi ancora in stato di compressione.

Affinché la parte in calcestruzzo (entro la cosiddetta larghezza effettiva) di una sezione resista alla compressione e la parte in acciaio resista alla trazione, i due materiali devono essere uniti strutturalmente. Per le travi ciò è realizzato usando connettori a taglio fissati alla flangia superiore della trave in acciaio. Le lamiere grecate che costituiscono la base delle solette composite, vengono inserite a sandwich tra la base del connettore e la flangia superiore delle travi e il processo di fissaggio unisce i tre elementi.

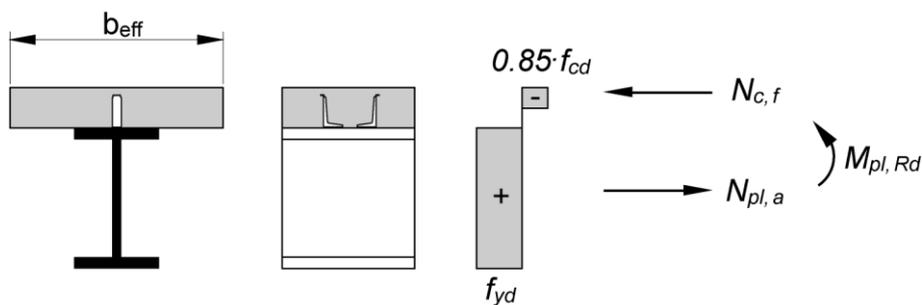
Se una trave è progettata con una connessione a taglio completa (**Figura 2-C**) significa che sono presenti connettori a sufficienza per avere una rottura lato calcestruzzo in compressione o una rottura lato acciaio in trazione (a seconda di quale sia la forza minore).



**Figura 2** Gradi di connessione a taglio, fino allo sviluppo del momento plastico

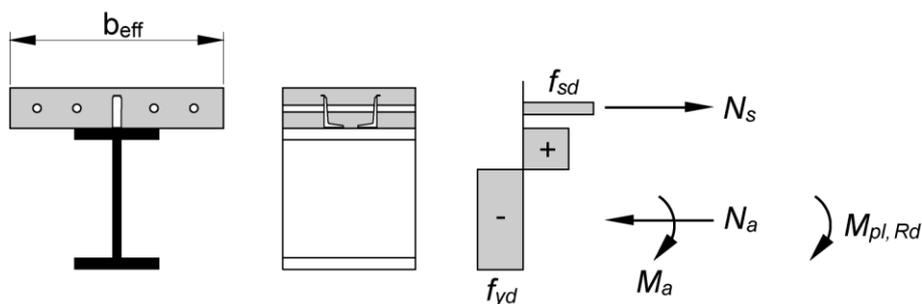
Ciononostante si può utilizzare un numero ridotto di connettori realizzando la cosiddetta connessione a taglio parziale. Ciò accade solitamente se il carico applicato è a un livello sufficientemente basso, per esempio, nelle situazioni comuni in cui la progettazione di una trave è guidata da considerazioni legate alle condizioni di servizio e allo stadio costruttivo. I codici per le costruzioni tuttavia specificano anche un grado minimo di connessione necessaria per impedire un eccessivo scorrimento tra l'acciaio e il calcestruzzo.

La progettazione delle travi miste è indicata in particolare per le sezioni sottoposte a momenti flettenti positivi, poiché il calcestruzzo ha una buona resistenza alla compressione. Se si utilizzano lamiere in acciaio, la resistenza a compressione della lamiera viene trascurata.



**Figura 3** Esempio di distribuzione delle tensioni in campo plastico per una trave mista con una soletta in calcestruzzo e una connessione a taglio completa (momento flettente positivo).

La continuità della trave può produrre momenti flettenti negativi vicino agli appoggi. Per momenti flettenti negativi, le armature della soletta sono in trazione e i connettori a taglio devono garantire che la forza di trazione nell'armatura sia trasmessa alla trave in acciaio.



**Figura 4** Esempio di distribuzione delle tensioni in campo plastico per una trave mista con una soletta in calcestruzzo e una connessione a taglio completa (momento flettente negativo).

Poiché la sezione trasversale dell'elemento composito è maggiore rispetto alla sezione trasversale della sola trave, il momento di inerzia risulta più elevato, con conseguente incremento della resistenza a flessione. Queste considerazioni permettono una progettazione di elementi strutturali più snelli. Pertanto i principali vantaggi nella progettazione di una trave composta sono legati al fatto che, considerando una sezione composta, si riscontrano un risparmio di materiale e volume.

Nelle costruzioni moderne, la lamiera grecata è usata come cassaforma per la soletta in calcestruzzo e come armatura per la struttura composta. La lamiera è utilizzata per limitare la quantità di puntelli applicati alla soletta durante la costruzione.

## 1.2 Tipologie di connettori a taglio

### Pioli connettori saldati



**Figura 5** Pioli saldati attraverso la lamiera grecata

I pioli saldati sono un tipo tradizionale di connettori a taglio. Generalmente i pioli mostrano un comportamento duttile e hanno una buona resistenza alle azioni di taglio orizzontali e al sollevamento verticale: al taglio orizzontale si oppone il gambo mentre il sollevamento verticale è impedito dalla testa.

Quando si utilizza la lamiera grecata, può essere richiesto che i pioli siano saldati attraverso la lamiera oppure che la lamiera sia preforata e dotata di pioli presaldati.

Problemi intrinseci inerenti la saldatura sono i seguenti:

- la saldatura richiede manodopera qualificata/esperta,
- i controlli di qualità possono essere ambigui, come ad esempio l'ispezione visiva, il suono prodotto quando l'elemento viene martellato, la prova di flessione,
- attrezzatura richiesta in situ, con conseguente costo di mobilitazione e relativo sforzo,
- la grande quantità di cavi elettrici che può portare a rischi di inciampo,
- la qualità della saldatura dipende ampiamente dalle condizioni superficiali della trave, cioè umidità, ruggine, ecc.,
- le saldature su travi formate da profili saldati tra loro possono essere fragili e non efficaci,
- la saldatura diretta su travi in galvanizzate può causare problemi di salute,
- i lavori di finitura devono essere fatti dopo la saldatura su travi rivestite/verniciate,
- i cantieri con misure antincendio possono limitare la quantità di lavori ad alta temperatura, come la saldatura.

### Connettore a taglio Hilti X-HVB



**Figura 6** Hilti X-HVB installati su lamiera grecata

Il connettore a taglio Hilti X-HVB ha forma a L ed è fissato sulla trave con due chiodi tramite un'inchiodatrice azionata con propulsori. Il connettore X-HVB è duttile in tutti in tutte le geometrie ed è progettato per resistere a sforzo di taglio longitudinale, mentre il sollevamento verticale è impedito dalla testa X-HVB e dai chiodi.

È idoneo per la connessione tra solette in calcestruzzo e travi in acciaio con o senza lamiera in acciaio. Poiché il connettore X-HVB è posato mediante il sistema di fissaggio diretto Hilti, è una soluzione semplice, facile, rapida e versatile da usare in situazioni in cui i pioli saldati non possono essere applicati o non sono efficaci.

Il sistema X-HVB non richiede corrente elettrica, ha una procedura di controllo facile e riconosciuta che, al contrario della saldatura, non dipende dalle condizioni atmosferiche e non viola i luoghi di lavoro dove si prevedono misure antincendio. Il posizionamento degli X-HVB non è influenzato dai trattamenti della superficie delle travi.

Le caratteristiche tipiche di X-HVB sono:

- attrezzatura di installazione semplice ed economica,
- qualità del fissaggio indipendente dalle condizioni atmosferiche,
- installazione veloce che consente una programmazione flessibile del lavoro in cantiere
- zincatura o umidità non influenzano la qualità del fissaggio.

Nei casi di ristrutturazione/ammodernamento di vecchi edifici, ossia progetti di recupero edilizio, l'X-HVB è fissato alle travi esistenti che faranno da appoggio alle nuove solette. Questo metodo è utilizzato per il rinforzo di solai esistenti, sottoposti prevalentemente a carichi statici.

I principali vantaggi della tecnica di recupero sono l'incremento della resistenza a flessione e la diminuzione della deformabilità/inflessione, quindi l'adeguamento delle strutture ai requisiti di calcolo e di utilizzo.

## 2 Sistema Hilti X-HVB

Il sistema X-HVB è un'efficace ed efficiente soluzione per connessioni a taglio sicure. La tecnologia del fissaggio diretto rende questo connettore a taglio facile da installare, poiché può essere fissato in modo sicuro e affidabile da manodopera non specializzata.

I connettori a taglio X-HVB sono fissati ai componenti in acciaio, generalmente alla flangia superiore della trave in acciaio, mediante gli attrezzi Hilti DX76 (o DX76 PTR), completi di appositi accessori. L'energia necessaria per fissare i chiodi è ottenuta dai propulsori Hilti DX.

Poiché non è richiesta alcuna saldatura, il sistema X-HVB può essere impiegato pressoché in ogni condizione di cantiere. Inoltre, la garanzia della qualità del fissaggio è assicurata da una procedura di controllo facile e riconosciuta.

Il sistema è composto dai seguenti articoli:

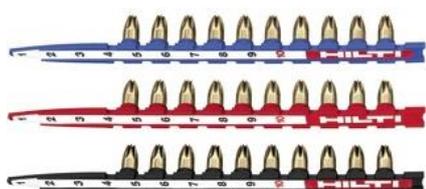
- connettore a taglio X-HVB, disponibile in altezze diverse,
- due chiodi X-ENP-21 HVB per ogni connettore a taglio X-HVB,
- propulsori 6.8/18M, neri, rossi o blu,
- attrezzo DX 76 (o DX 76 PTR) predisposto per installazione X-HVB.



**Figura 7** Connettore a taglio X-HVB



**Figura 8** Chiodo X-ENP-21 HVB



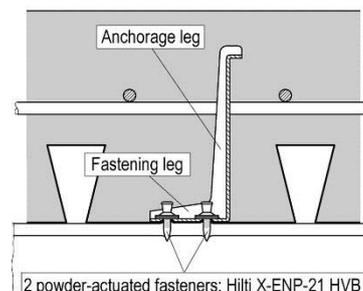
**Figura 9** Propulsori nero, rosso e blu



**Figura 10** Attrezzo DX 76 HVB

I connettori a taglio a forma di L sono lavorati a freddo e sono costituiti da testa, gambo di ancoraggio e base per il fissaggio. Il gambo viene annegato nel calcestruzzo, mentre la base è fissata alla trave in acciaio con due chiodi X-ENP-21 HVB (**Figura 11**).

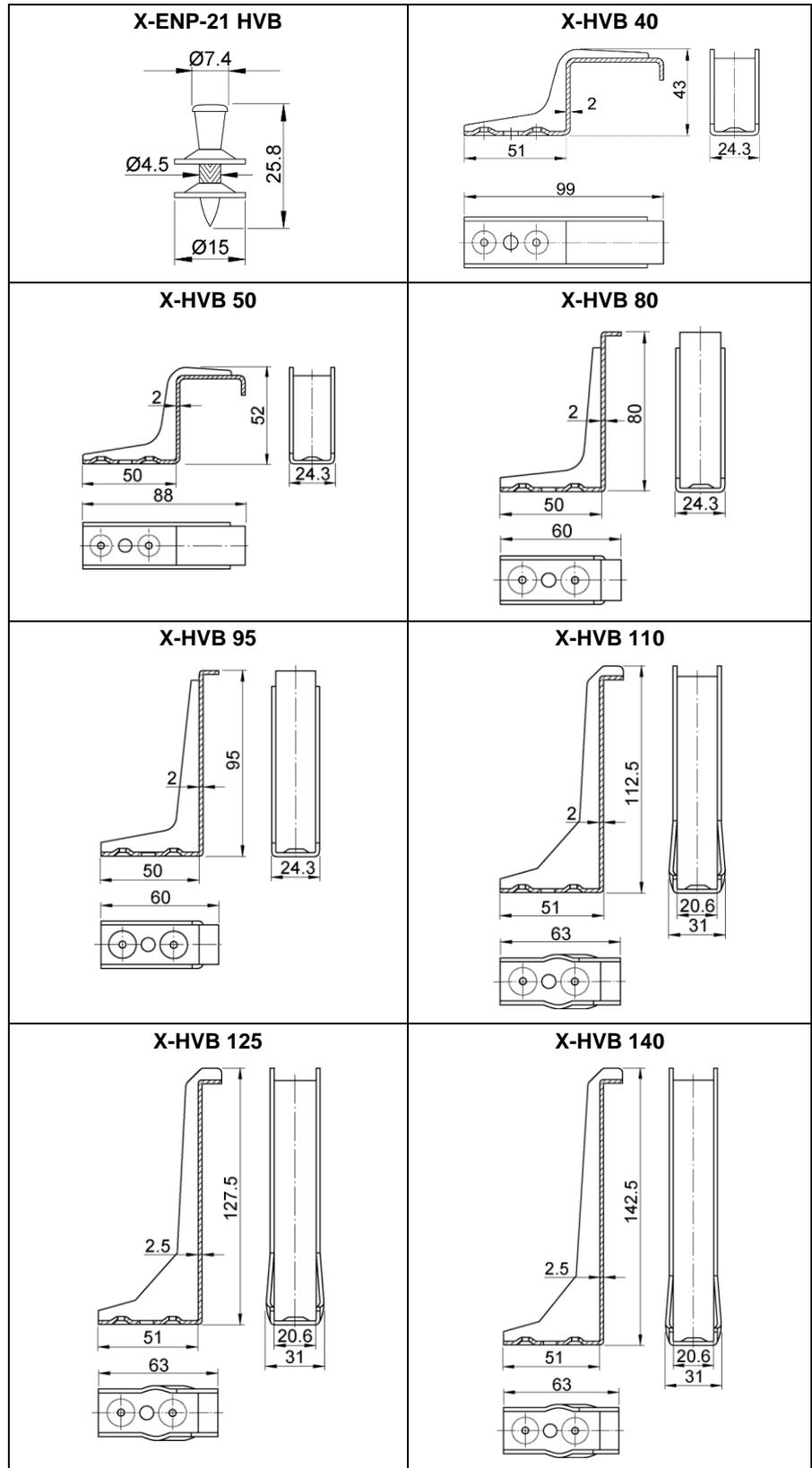
I connettori a taglio sono disponibili in sette diverse altezze del gambo di ancoraggio da scegliere a seconda delle caratteristiche della lamiera grecata e delle configurazioni della soletta utilizzate (geometria dettagliata nel capitolo successivo). Si osservi che i connettori X-HVB 40 e X-HVB 50 sono utilizzati specificatamente per solette sottili senza lamiera grecata.



**Figura 11** Hilti X-HVB in trave mista

## 2.1 Geometria e specifiche dei materiali

Le dimensioni e le caratteristiche dei materiali per i diversi connettori a taglio sono descritte nelle illustrazioni e tabelle seguenti.



**Figura 12** Dimensioni del chiodo X-ENP-21 HVB e dei connettori a taglio X-HVB

Denominazione	Materiale
Connettore a taglio X-HVB	Acciaio di qualità non legato DC04, ai sensi della EN 10130 Rivestimento in zinco: $\geq 3 \mu\text{m}$
X-ENP-21 HVB: chiodo	Acciaio al carbonio C67S, ai sensi della EN 10132-4, temprato, rinvenuto e zincato - durezza nominale: 58 HRC Rivestimento in zinco: $\geq 8 \mu\text{m}$
X-ENP-21 HVB: rondella	Acciaio di qualità non legato DC01, ai sensi della EN 10139 Rivestimento in zinco: $\geq 10 \mu\text{m}$

**Tabella 1** Specifiche del materiale X-HVB e X-ENP-21 HVB

## 2.2 Requisiti applicativi

Il sistema X-HVB ha lo scopo di fornire una connessione tra acciaio e calcestruzzo in travi miste e strutture composite ai sensi della EN 1994-1-1, in edifici nuovi oppure per la ristrutturazione di edifici esistenti, in condizioni asciutte/all'interno.

Al fine di garantire che il sistema funzioni correttamente, i fatti seguenti devono essere presi in considerazione:

### Tipo di carico

I connettori X-HVB possono essere utilizzati per la connessione a taglio in strutture composite soggette a carico statico e quasi statico.

Poiché X-HVB è un connettore a taglio duttile ai sensi della EN 1994-1-1, par. 6.6, il carico sismico è coperto se viene utilizzato come connettore a taglio in travi composte impiegate come elementi sismici secondari in strutture dissipative e non dissipative ai sensi della EN 1998-1.

### Materiale di base

I connettori X-HVB possono essere utilizzati per la connessione a taglio su acciaio strutturale S235, S275 e S355 nelle qualità JR, JO, J2, K2 ai sensi della EN 10025-2, con uno spessore minimo di 6 mm (per i dettagli prego riferirsi al Benestare Tecnico Europeo ETA-15/0876).

Gli acciai vecchi che non possono essere classificati in questo modo continuano ad essere applicabili a patto che siano realizzati con acciaio al carbonio non legato con una resistenza minima allo snervamento  $f_y$  di 170 N/mm<sup>2</sup>.

### Classe del calcestruzzo

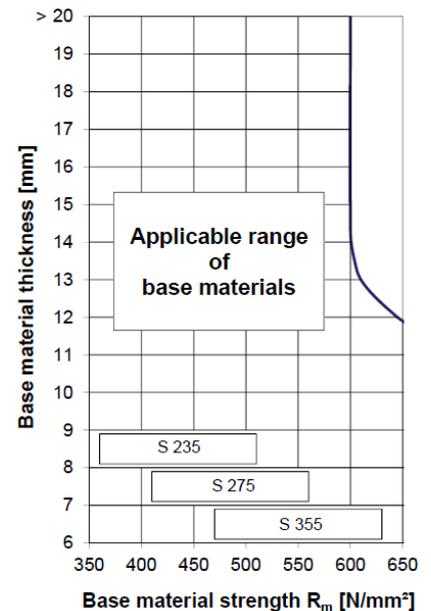
I connettori X-HVB possono essere utilizzati con le classi di calcestruzzo seguenti:

- Calcestruzzo di peso normale C20/25 – C50/60
- Calcestruzzo leggero LC20/22 – LC50/55, con una densità grezza  $\rho \geq 1750 \text{ kg/m}^3$

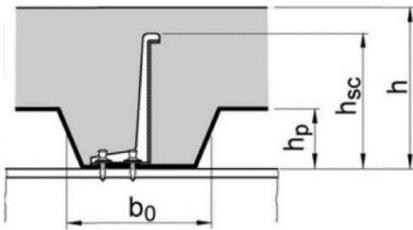
### Copriferro in calcestruzzo

Come specificato nella EN1994-1-1, par. 6.6.5.2, se è richiesta un copriferro in calcestruzzo (classe di esposizione identificata nella EN1992-1-1, tabella 4.1), il copriferro in calcestruzzo nominale può essere inferiore di 5 mm ai valori della EN1992-1-1, tabella 4.4 ma non inferiore a 20 mm.

Se non è richiesta una copertura in calcestruzzo, la norma consente che la sommità del connettore a taglio sia a livello con la sommità della soletta in calcestruzzo. Gli spessori raccomandati delle solette in calcestruzzo per i diversi tipi di X-HVB sono elencati nella **Tabella 2**.



**Figura 13** Limite di applicazione del materiale di base



**Figura 14** Geometria della lamiera grecata

	Senza effetto corrosione [mm]	Con effetto corrosione [mm]
X-HVB 40	50	60
X-HVB 50	60	70
X-HVB 80	80	100
X-HVB 95	95	115
X-HVB 110	110	130
X-HVB 125	125	145
X-HVB 140	140	160

**Tabella 2** Spessore minimo della soletta [h]

#### Lamiera grecata

I connettori X-HVB possono essere utilizzati per la connessione a taglio in travi composte con o senza lamiera grecata. Per lo spessore massimo della lamiera grecata devono essere presi in considerazione i seguenti valori:

- 2.0 mm, for X-HVB 80, X-HVB 95 and X-HVB 110
- 1.5 mm for X-HVB 125 and X-HVB 140

	$\frac{b_0}{h_p} \geq 1.8$ [mm]	$1.0 < \frac{b_0}{h_p} < 1.8$ [mm]	$\frac{b_0}{h_p} \leq 1.0$ <sup>1</sup> [mm]
X-HVB 80	45	45	30
X-HVB 95	60	57	45
X-HVB 110	75	66	60
X-HVB 125	80	75	73
X-HVB 140	80	80	80

**Tabella 3** Altezza massima della lamiera grecata in funzione della geometria della lamiera [h<sub>p</sub>]

<sup>1</sup>  $b_0/h_p \geq 1.0$  per lamiere grecate perpendicolari all'asse della trave in combinazione con X-HVB orientati parallelamente all'asse della trave

### 2.3 Attrezzi e accessori

Hilti fornisce l'attrezzo DX 76 HVB che è già opportunamente assemblato per fissare gli X-HVB (Figura 15 e Figura 16). Inoltre si possono utilizzare gli attrezzi DX 76 e DX 76 PTR; in questo caso, il caricatore chiodi deve essere sostituito con il pistone e la guida di fissaggio necessari per l'installazione di X-HVB. Per una panoramica, consultare la Tabella 3.



**Figura 15** DX 76 HVB



**Figura 16** DX 76 PTR HVB



**Figura 17** Attrezzo DX 76



**Figura 18** Attrezzo DX 76 PTR



**Figure 19** Guida di fissaggio DX 76



**Figure 20** Guida di fissaggio DX 76 PTR

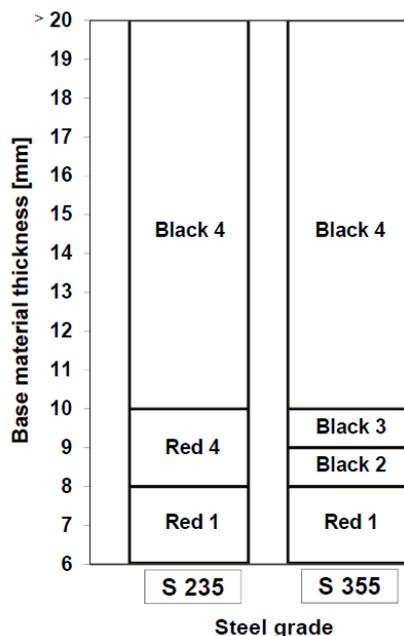


**Figura 21** Pistone DX 76 e fermo X-76-PS



**Figura 22** Pistone DX76 PTR e fermo X-76 PS

## 2.4 Propulsori



**Figura 23** Pre-selezione del propulsore e impostazione della potenza

Gli attrezzi DX 76 e DX 76 PTR utilizzano propulsori 6.8/18 M10. Il tipo di propulsore, nero, rosso o blu, dipende dalla resistenza e dallo spessore della trave in acciaio (**Figura 23**).

Per un materiale di base sottile, di spessore compreso tra 6 e 8 mm, si consiglia l'uso di propulsori rossi e di impostare il livello di energia 1 (si possono utilizzare anche i propulsori blu in qualche caso).

Se necessario, aumentare la potenza fino a realizzare una sporgenza corretta della testa del chiodo (fare riferimento al capitolo **Garanzia della qualità del fissaggio**).

Sulla base delle raccomandazioni relative ai propulsori si possono effettuare regolazioni di precisione eseguendo test di fissaggio di chiodi in loco. Se il chiodo sporge tra gli 8,2 mm e i 9,8 mm dopo che il chiodo è stato fissato, significa che il propulsore è adeguato al materiale di base.

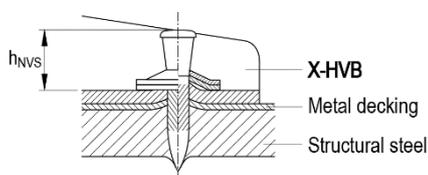
Codice colore	Livello di potenza
Nero	Molto alta
Rossa	Medio alta
Blu	Media

**Tabella 4** Codice colore e livello di potenza

## 2.5 Garanzia della qualità del fissaggio

Il primo modo per valutare la qualità del fissaggio alla trave consiste nel controllare visivamente la sporgenza del chiodo (**Figura 24**).

Il controllo visivo della rondella superiore e la sporgenza del chiodo  $h_{NVS}$  fornisce indicazioni sulla regolazione della potenza dell'attrezzo utilizzato (**Tabella 5**).



**Figura 24** Sporgenza della testa del chiodo

Aspetto visivo	Sporgenza della testa del chiodo corrispondente, $h_{NVS}$ [mm]	Misure correttive
Danni visibili alla rondella superiore	$h_{NVS} < 8,2$	Ridurre il livello di potenza o utilizzare un propulsore più leggero
Segno del pistone chiaramente visibile sulla rondella superiore	$8,2 \leq h_{NVS} \leq 9,8$	Nessuna regolazione: il propulsore e l'impostazione della potenza sono corretti
Rondella superiore non deformata	$h_{NVS} > 9,8$	Aumentare il livello di potenza o utilizzare un propulsore più pesante

**Tabella 5** Ispezione del fissaggio e sporgenza della testa del chiodo

Misuratori di regolazione della potenza sono disponibili in ogni scatola chiodi X-ENP-21 HVB.

### 3 Vantaggi e valori

Una struttura composita ottimale è quella che sfrutta i vantaggi di entrambi i materiali, in un sistema strutturale realmente collaborante che consente di superare gli svantaggi di ciascun materiale considerato individualmente.

I vantaggi principali dell'acciaio sono:

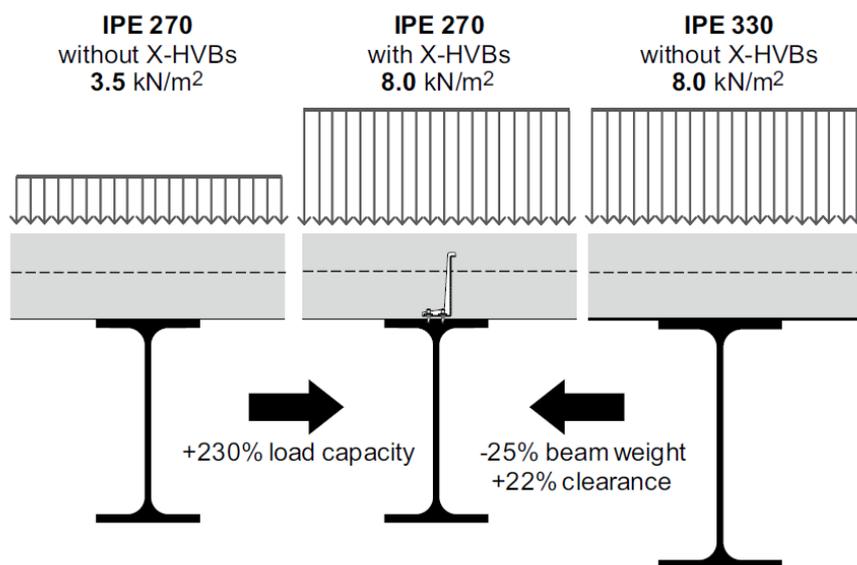
- elevato rapporto resistenza / peso che determina una significativa riduzione delle forze agenti nella fondazione,
- duttilità del materiale che lo rende particolarmente utile in zone sismiche,
- possibilità di utilizzare facilmente lamiere grecate autoportanti e gettare il calcestruzzo a finire,
- possibilità di realizzare campate ampie,
- velocità di costruzione,
- facilità di modifiche strutturali e integrazioni successive.

I vantaggi del calcestruzzo comprendono:

- l'eccellente comportamento alla compressione, favorito dall'utilizzo crescente di calcestruzzo ad alta resistenza, consente di progettare elementi caratterizzati da sezioni più piccole,
- ridotta instabilità e deformabilità dovuta alla maggiore rigidità degli elementi,
- buone prestazioni in condizioni di incendio,
- modellabilità degli elementi strutturali.

La combinazione di queste caratteristiche intrinseche consente di definire con facilità i principali vantaggi strutturali delle strutture composte in acciaio/calcestruzzo:

- eccellente performance statica in termini di resistenza, rigidità e duttilità,
- riduzione di problemi di instabilità a carattere locale e generale,
- performance eccellente in caso di incendio,
- buona velocità di costruzione.



**Figura 25** Esempio di vantaggi ottenuti considerando i parametri seguenti:

- trave: campata 6,0 m, interasse 2,0 m, S275, non puntellato durante fase costruzione
- soletta: spessore 0,11m, C25/30
- lamiera grecata: Hi-Bond 55/800

Un altro vantaggio, tipico delle strutture in acciaio, è correlato alla possibilità di effettuare delle aperture nell'anima della trave, il che consente una distribuzione più razionale e meno invasiva delle installazioni. Questo aspetto è estremamente importante per impianti di produzione e servizi di fornitura.

I vantaggi principali connessi al sistema X-HVB, rispetto ai pioli saldati tradizionali, sono i seguenti:

- non viola misure antincendio nei luoghi di lavoro dove sono previste
- metodo di controllo facile e approvato

- evita il pre-punzonamento della lamiera grecata e consente luci più ampie e meno puntelli
- può essere installato su travi rivestite o dipinte senza nessuna ulteriore lavorazione
- non richiedendo l'utilizzo di saldatrici e generatori, non richiede la movimentazione e il trasporto di attrezzature in cantiere
- la qualità dell'installazione non dipende dalle condizioni in situ, come ad esempio condizioni di umidità, presenza di ruggine sulla superficie, ecc.

Perciò il sistema X-HVB supporta un rapido assemblaggio della costruzione soprattutto:

- dove la maggior parte dei pioli è stata pre-saldata su travi principali in officina (condizioni ideali di saldatura) e si richiede di installare una parte dei connettori a taglio in cantiere tramite sistema di fissaggio diretto Hilti su travi secondarie.
- quando ci sono sfavorevoli condizioni di trasporto e accesso limitato da parte delle gru.
- in zone lontane.

**Figura 26** Fasi di installazione per X-HVB su lamiera grecata (da sinistra in alto in senso orario):

- posa di lamiera grecata su travi d'acciaio
- installazione di X-HVB attraverso la lamiera grecata
- posa di rinforzo di rete elettrosaldata
- getto del calcestruzzo.



Di seguito si riportano i vantaggi principali connessi all'uso di strutture composite in interventi di recupero edilizio.

#### **Aumento della capacità di carico**

Spesso i progetti di ristrutturazione derivano da richieste relative al cambiamento della destinazione d'uso dell'edificio, per esempio da locali a uso abitativo a uffici, con la conseguenza che vengono trasferiti carichi più elevati al solaio (sia carichi variabili sia permanenti). Risulta pertanto necessario rinforzare strutturalmente il solaio, rendendo la struttura compatibile con il nuovo requisito di capacità di carico.

#### **Miglioramento del comportamento alla flessione**

Le solette di edifici esistenti sono progettate solitamente per carichi accidentali modesti, ben al di sotto dei valori prescritti dai regolamenti attuali in relazione alla nuova destinazione d'uso della struttura. Solitamente è richiesta una maggiore rigidità, sia per impedire danni ai solai e alle pareti divisorie, sia per migliorare il comfort d'uso, limitando vibrazioni dovute a calpestio e migliorando l'insonorizzazione.

L'effetto immediato non è solo un miglioramento della rigidità alla flessione dovuto alle travi che non operano più separatamente, ma anche la creazione di una struttura

monolitica che incrementa la rigidità globale, grazie all'interconnessione con la nuova soletta composta.

### Miglioramento della prestazione tecnica

Il rinforzo delle solette esistenti usando la tecnica della soletta composta comporta altri vantaggi significativi relativamente alle proprietà del solaio.

- **Isolamento acustico**

La creazione di una nuova soletta in calcestruzzo, abbinata a un materassino acustico specifico e, ove possibile, a un massetto di finitura, migliora decisamente la prestazione in termini di indice di riduzione acustica apparente per il rumore aereo e il livello di rumore da impatto normalizzato per rumore strutturale.

- **Isolamento termico**

L'utilizzo di soluzioni leggere, oltre a migliorare il comportamento statico della soletta, garantisce un incremento dell'isolamento termico della divisoria orizzontale. Infatti, il calcestruzzo strutturale leggero abbinato a massetti di finitura leggeri, in virtù della bassa conduttività termica, contribuisce a migliorare la trasmissione termica dell'intera divisoria orizzontale.

- **Protezione antincendio**

La presenza di una nuova soletta in calcestruzzo migliora il comportamento del solaio in caso di incendio, per effetto della presenza di uno strato riempito di materiale isolante antifluoco.



**Figura 27** Soletta esistente da rinforzare per mezzo di uno strato sottile di calcestruzzo

## 4 Progettazione del connettore a taglio secondo EC4

### 4.1 Requisiti di duttilità

Secondo il punto 6.6.1 della EN1994-1-1, si dovrà realizzare un connettore a taglio con rinforzo trasversale al fine di trasmettere la forza di taglio longitudinale tra l'elemento in calcestruzzo e l'acciaio strutturale, ignorando l'effetto dell'attrito tra i due.

Per consentire una redistribuzione anelastica di taglio ipotizzata in sede di progettazione (ossia analisi plastica), i connettori dovranno avere una capacità di deformazione sufficiente, ossia la loro capacità di scorrimento caratteristico  $\delta_{uk}$  dovrà essere  $\geq 6$  mm.

Per quanto riguarda la distribuzione della sollecitazione plastica nelle travi, l'Eurocodice 4 consente di prendere in considerazione una connessione a taglio parziale limitata a 0,4. Il grado di connessione a taglio è calcolato come segue:

$$\eta = N_c / N_{c,f}$$

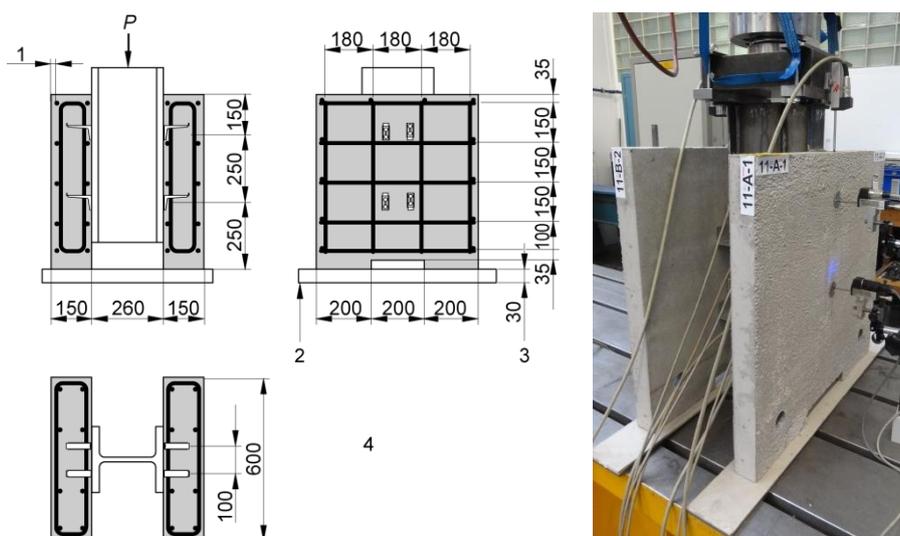
dove:

- $N_c$  è il valore di progetto della forza di compressione nel calcestruzzo.
- $N_{c,f}$  è il valore di progetto della forza di compressione nel calcestruzzo con connessione a taglio completa.

La duttilità della connessione a taglio è misurata mediante test di push-out come stabilito dalle linee guida della sezione B2 della EN 1994-1-1 con una configurazione simile allo schema indicato nella **Figura 28**.

**Figura 28** (da sinistra a destra):

- configurazione standard del test di push-out in conformità alla EN 1994-1-1
- esempio di campione di push-out con X-HVB 40 installato nella soletta piena a basso spessore



I risultati delle prove hanno mostrato che i connettori Hilti sono duttili in tutti le geometrie e raggiungono i requisiti stabiliti dall'Eurocodice 4 per le connessioni con proprietà plastiche.

### 4.2 Distribuzione dei connettori a taglio

Se si considera la trave con comportamento elastico, i connettori a taglio sono collocati lungo la trave secondo la distribuzione degli sforzi di taglio, ovvero in prossimità degli appoggi o dei carichi concentrati, dove si hanno valori più elevati di sollecitazioni di taglio, la spaziatura tra i connettori è ridotta. Tale distribuzione garantisce che lo sforzo di taglio sia equamente e uniformemente distribuito su tutti i connettori della trave (**Figura 29**).

Nel caso di una progettazione plastica, i connettori a taglio sono distanziati e distribuiti in maniera uniforme lungo la trave, poiché il carico è redistribuito dai connettori a taglio.

Il connettore a taglio usato deve soddisfare i requisiti di duttilità stabiliti dal paragrafo applicabile dell'Eurocodice 4.

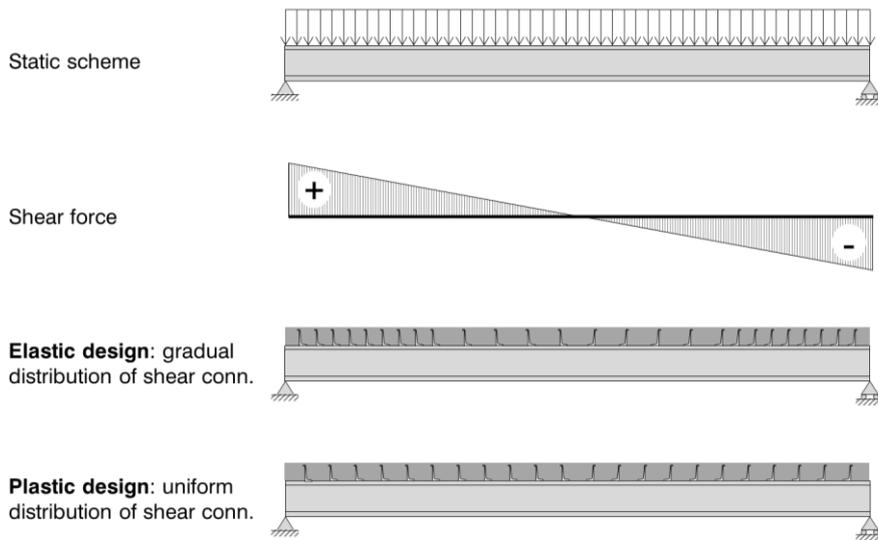


Figura 29 Confronto tra distribuzione graduale e uniforme di connettori a taglio in caso di trave semplicemente appoggiata con carico distribuito.

### 4.3 Forza di taglio longitudinale

I connettori a taglio sono progettati per resistere a sforzi di taglio longitudinali (come da distribuzione delle sollecitazioni nelle sezioni trasversali) nel piano orizzontale tra la soletta in calcestruzzo e la flangia superiore della trave in acciaio.

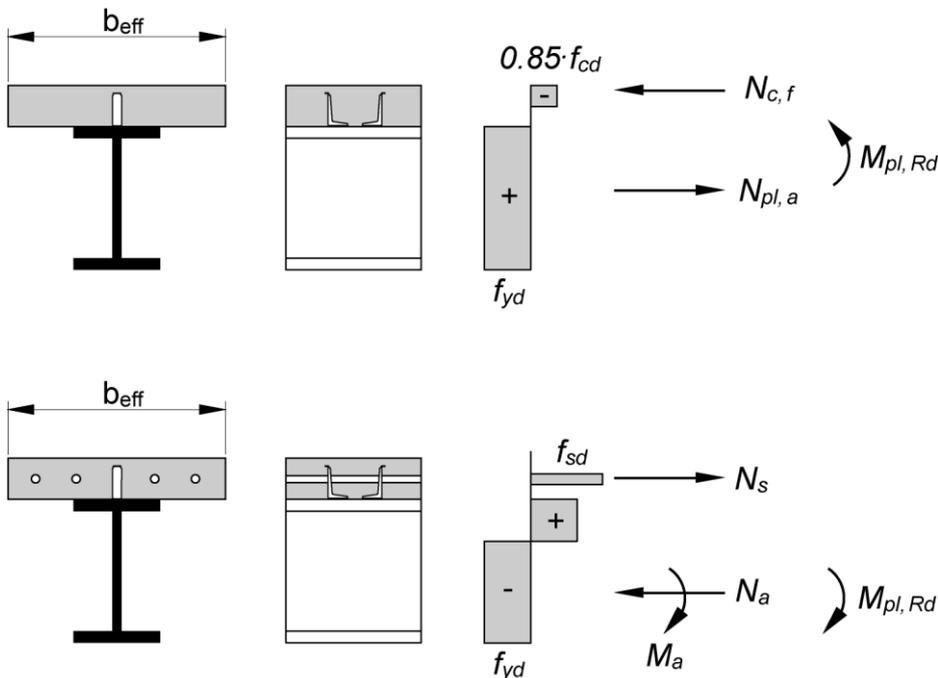


Figura 30 Distribuzioni tipiche delle sollecitazioni plastiche per momenti flettenti positivi e negativi

Nel caso di una progettazione plastica, la capacità di connessione a taglio totale, sviluppata tra il vincolo e il centro della trave, deve essere uguale o maggiore rispetto alla forza di compressione di progetto  $N_{c,f}$  (in caso di trave a supporto semplice con carico uniforme applicato).

Di conseguenza in una connessione a taglio completa, il numero dei connettori a taglio da utilizzare è determinato dalla forza di taglio longitudinale di progetto divisa per la resistenza a taglio di progetto del singolo connettore a taglio.

#### 4.4 Resistenza a taglio di progetto

La capacità portante degli X-HVB, ovvero la resistenza a taglio, in una soletta in calcestruzzo è il risultato combinato di:

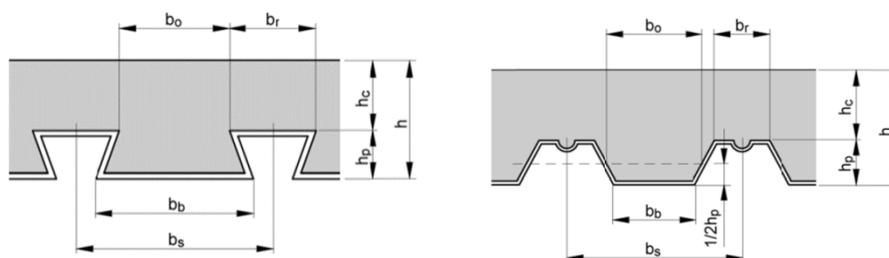
- allungamento dei fori della base di fissaggio del connettore,
- deformazione locale del materiale base e flessione dei chiodi,
- flessione del connettore X-HVB,
- deformazione locale del calcestruzzo nella zona di contatto con il connettore.

Per le travi composte con solette piene, le resistenze caratteristiche e di progetto sono riportate nella **Tabella 6**.

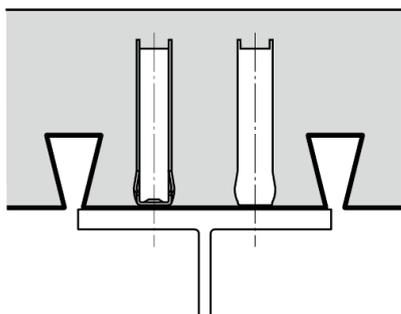
	Resistenza caratteristica $P_{Rk}$ [kN]	Resistenza di progetto $P_{Rd}$ [kN]
X-HVB 40	29.0	23
X-HVB 50	29.0	23
X-HVB 80	32.5	26
X-HVB 95	35.0	28
X-HVB 110	35.0	28
X-HVB 125	37.5	30
X-HVB 140	37.5	30

**Tabella 6** Resistenza caratteristica e di progetto in solette piene

In presenza di lamiera grecata, la resistenza al taglio di X-HVB viene calcolata moltiplicando la resistenza a taglio senza lamiera grecata con dei coefficienti di riduzione che dipendono dall'orientamento e dalla geometria della lamiera.



**Figura 31** Geometrie delle lamiere grecate per profili rientranti e passanti aperti



**Figura 32** Lamiere grecate parallele all'asse della trave

#### Lamiere con nervature parallele all'asse della trave

In caso di lamiere grecate con nervature parallele alla trave di supporto, la resistenza al taglio di progetto di ogni connettore X-HVB ( $P_{Rd}$ ) deve essere moltiplicata per il coefficiente di riduzione  $k_1$  dato dall'espressione seguente:

$$k_1 = 0.6 \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) \leq 1.0$$

dove:

- $b_0$  è la larghezza media della nervatura della lamiera grecata
- $h_p$  è l'altezza della lamiera grecata
- $h_{sc}$  è l'altezza di X-HVB

Pertanto, la resistenza al taglio di progetto deve essere considerata come

$$P_{Rd,l} = k_1 \cdot P_{Rd}$$

**Lamiere con nervature trasversali all'asse della trave**

In caso di lamiere grecate con nervature trasversali alla trave di supporto, la resistenza al taglio di progetto del connettore X-HVB ( $P_{Rd}$ ) è influenzata anche dall'orientamento del connettore a taglio rispetto all'asse della trave.

Se il connettore X-HVB è posizionato **longitudinalmente** all'asse della trave, il coefficiente di riduzione  $k_{t,l}$  è il seguente:

$$k_{t,l} = \frac{0.66}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) \leq 1.0$$

Dove  $n_r$  corrisponde al numero di X-HVB per nervatura.

In questo caso, la resistenza al taglio di progetto deve essere considerata come

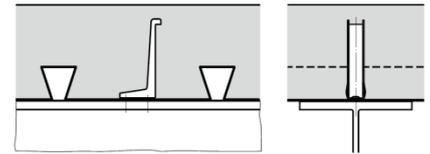
$$P_{Rd,t,l} = k_{t,l} \cdot P_{Rd}$$

Se il connettore X-HVB è posizionato **trasversalmente** all'asse della trave, il coefficiente di riduzione  $k_{t,t}$  è il seguente:

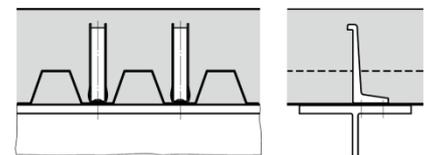
$$k_{t,t} = \frac{1.18}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) \leq 1.0$$

La resistenza al taglio di progetto è

$$P_{Rd,t,t} = 0.89 \cdot k_{t,t} \cdot P_{Rd}$$

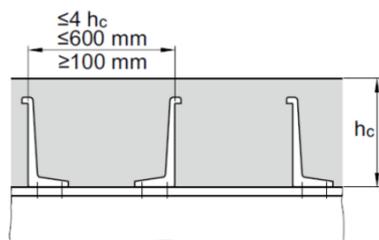


**Figura 33** Lamiere grecate trasversali all'asse della trave, X-HVB parallelo



**Figura 34** Lamiere grecate trasversali all'asse della trave, X-HVB trasversale

## 5 Posizionamento e interassi di posa

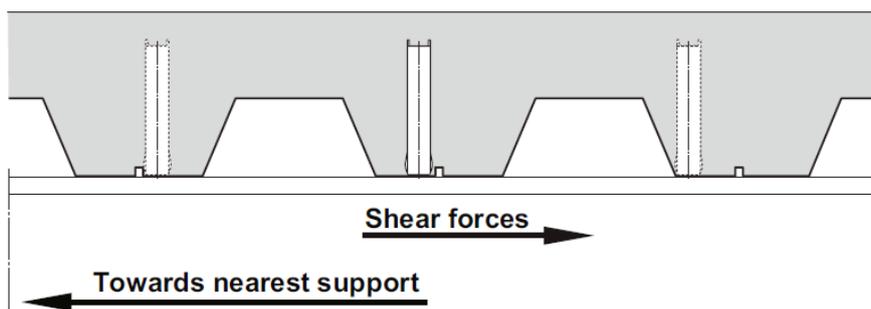


**Figura 35** posizionamento nella soletta di calcestruzzo pieno con una fila di X-HVB

Nella soletta di calcestruzzo pieno o con lamiera grecata parallela alla trave, gli X-HVB devono essere posizionati parallelamente all'asse della trave e opposti l'un l'altro (**Figura 35**).

In solai composti con lamiera grecata perpendicolare all'asse della trave, i connettori X-HVB possono essere parallelamente o perpendicolarmente all'asse della trave.

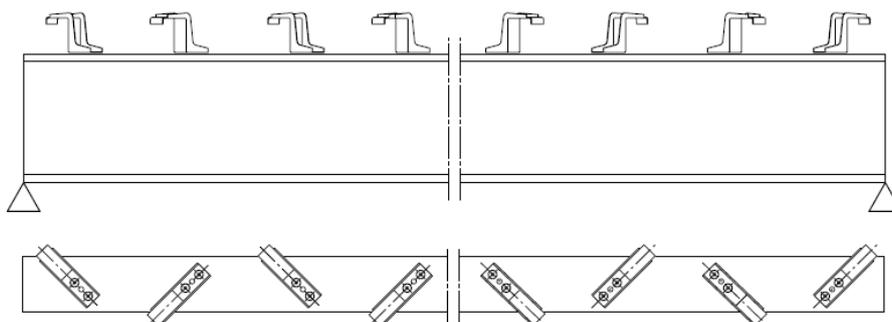
Poiché il trasferimento del carico tra X-HVB e la soletta è effettuato principalmente con un puntone in calcestruzzo, se la lamiera grecata ha nervature strette e/o rinforzi, il connettore X-HVB deve essere posizionato sul lato favorevole della nervatura, ossia sul lato più favorevole dell'irrigidimento, come illustrato nella **Figura 36**, per consentire un trasferimento sufficiente del carico.



**Figura 36** Posizionamento lamiera grecata e connettori X-HVB trasversalmente alla trave

Negli interventi di recupero edilizio con solette piene di calcestruzzo sottili, è necessario scegliere la disposizione inclinata a "duck walk": il centro della base dell'X-HVB è posizionato sulla linea di mezzo dell'ala superiore della trave e gli X-HVB sono alternati in obliquo rispetto all'asse longitudinale della trave.

Nel caso comune di carico distribuito uniformemente, gli X-HVB sono posizionati in modo simmetrico e le teste sono rivolte verso il supporto più vicino (**Figura 37**).



**Figura 37** Posizionamento in soletta di calcestruzzo pieno con una fila di X-HVB

**Per informazioni dettagliate su posizionamento, interasse e distanze dal bordo da prendere in considerazione, fare riferimento al benessere tecnico europeo ETA-15/0876.**

## 6 Considerazioni particolari

### 6.1 Resistenza al fuoco

In caso di incendio la resistenza caratteristica a taglio degli X-HVB in una soletta in calcestruzzo è influenzata dalla temperatura e può essere determinata dalla seguente espressione:

$$P_{fi,Rd} = k_{u,\theta,X-HVB} \cdot \frac{P_{Rk}}{\gamma_{M,fi}}$$

Dove

- $P_{Rk}$  è la resistenza caratteristica a taglio di X-HVB, come previsto dalla ETA-15/0876,
- $\gamma_{M,fi}$  è il coefficiente parziale di sicurezza per la resistenza a taglio, in caso d'incendio (come indicato nella EN1994-1-2, par. 2.3, il valore raccomandato per  $\gamma_{M,fi}$  è 1),
- $k_{u,\theta,X-HVB}$  è il coefficiente di riduzione della resistenza dipendente dalla temperatura indicato nella tabella seguente.

Temperatura della flangia superiore $\theta_{X-HVB}$ [°C]	$k_{u,\theta,X-HVB}$
20	1,00
100	1,00
200	0,95
300	0,77
400	0,42
500	0,24
600	0,12
>700	0

**Tabella 7** Coefficiente di riduzione della resistenza dipendente dalla temperatura

La temperatura dei connettori a taglio da prendere in considerazione è la temperatura della flangia superiore della trave.

Se si utilizzano lamiere grecate, la resistenza caratteristica  $P_{Rk}$  di X-HVB deve essere ulteriormente moltiplicata per i coefficienti di riduzione che dipendono dall'orientamento delle nervature della lamiera, come illustrato nell'Allegato C5 di ETA-15/0876.

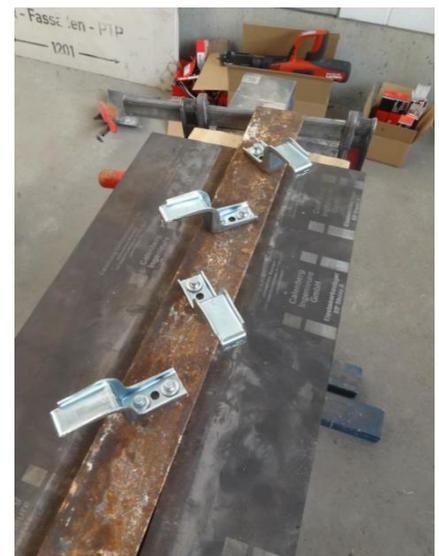
Quando si progetta per una situazione di incendio, la resistenza a taglio caratteristica di X-HVB viene confrontata con la forza di taglio longitudinale agente sulla trave con carico da incendio.

### 6.2 Interventi di recupero edilizio

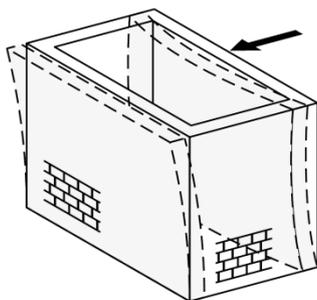
I risultati dei test di push-out condotti in collaborazione con l'Università di Stoccarda indicano una prestazione simile per gli X-HVB installati su solette piene in calcestruzzo leggero e in calcestruzzo di peso normale.

Secondo questi risultati, il calcestruzzo leggero può essere scelto per sfruttare tutti i vantaggi correlati a una struttura più leggera (peso proprio ridotto, maggiore capacità di carico, migliore risposta sismica).

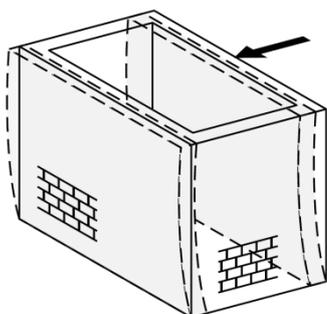
In caso di fissaggio su vecchie travi in acciaio con resistenza alla rottura  $F_u \leq 360 \text{ N/mm}^2$  (con  $F_{u,min} = 300 \text{ N/mm}^2$ ), si prenderà in considerazione un coefficiente di riduzione conservativo per la resistenza a taglio di progetto  $P_{Rd}$  (fare riferimento all'Allegato C3 di ETA-15/0876).



**Figura 38** X-HVB installato con posa inclinata "duck-walk" su una vecchia trave di acciaio



**Figura 39** Collasso fuori piano



**Figura 40** Collasso fuori piano impedito, diaframma rigido

### 6.3 Risposta sismica in interventi di recupero edilizio

Una delle fonti principali di vulnerabilità degli edifici esistenti (in particolare strutture in muratura con solette di travi in legno/acciaio) è associata a meccanismi di collasso locali (risposta fuori piano dei muri portanti). Migliorando le connessioni tra gli elementi, tramite solette composite nuove interconnesse a pareti perimetrali, è possibile migliorare il comportamento sismico dell'intero edificio.

Per un miglioramento sismico appropriato, è estremamente importante creare diaframmi (solette) in grado di trasferire le azioni sismiche orizzontali alle pareti resistenti a taglio. I diaframmi aiutano a limitare la deformazione fuori piano delle pareti, impedendone il collasso e mantenendo una configurazione scatolare; la rigidità dei diaframmi nel loro piano influenza la distribuzione delle forze orizzontali tra pareti laterali diverse. Per poter rappresentare un vincolo efficace, i diaframmi devono essere in grado di trasmettere forze e sollecitazioni a trazione e devono essere collegati correttamente alle pareti, come evidenziato dall'Eurocodice 8 - Parte 3.

### 6.4 Controllo dell'inflessione

Se il connettore a taglio è richiesto solo per il controllo dell'inflessione, non c'è un valore minimo del grado di connessione. Tuttavia, si applicano le spaziature minime ammissibili per il connettore e la trave in acciaio deve avere capacità sufficiente per portare il peso proprio e tutti i carichi imposti.

## 7 Riferimenti

### 7.1 Bibliografia

Kuhlmann, U.; Eggert, F.; Reiningger, L. (2015): Push-out Versuche an Hilti X-HVB Schenkeldübeln, Institut für Konstruktion und Entwurf, Universität Stuttgart, 2015-112X. Versuchsbericht.

Gemander, A. (2015): Durchführung von Querkzugversuchen an Setzbolzenverbindungen, MPA Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart, 29.9.2015

Beck H., Siemers M., Reuter M. (2011): Powder-actuated fasteners and fastening screws in steel construction, Stahlbau-Kalender. Ernst & Sohn

Peleska K. (1999): Partial connection of steel and concrete composite beams with HVB shear connectors, Department of Steel Structures, CVUT Praha, Proceedings of 2<sup>nd</sup> European Conference on Steel Structures, Praha, Czech Republic, May 26-29

Thomas D.A.B., O'Leary D.C. (1998): Composite beams with profiled-steel sheeting and non-welded shear connectors, Steel Construction Today, no. 2, 117 – 121

Crisinel, M. (1995): Essais "Push-out", HVB 95/125/140 et toles profilees, EPF-Lausanne, ICOM 663-3F, June 1995

Daniels B.J., Crisinel M., O'Leary D. (1990): Testing of Continuous Span Composite Slabs with Hibond 55 Profiled Sheeting, EPF Lausanne, Publication ICOM 229

Crisinel M. (1990): Partial-Interaction Analysis of Composite Beams with Profiled Sheeting and Nonwelded Shear Connectors, Journal of Constructional Steel Research 15 (1990) 65 – 98

Badoux J.C. (1989): The Behaviour and Strength of Steel to Concrete Connection using HVB Shear Connectors (EC4-Design), EPF Lausanne, ICOM 617-4, 6/1989

Crisinel M., Clenin D. (1985): Neuer Verbunddübel für Konstruktionen mit Stahl/Beton-Verbund, Schweizer Baublatt 77, 9/85

Tschemmerneegg F. (1985): Zur Bemessung von Schenkeldübeln, eines neuen Dübels für Verbundkonstruktionen im Hochbau, Bauingenieur 60 (1985)

### 7.2 Pubblicazioni Hilti

Il manuale di tecnologia del fissaggio diretto Hilti è inteso come una guida sull'utilizzo e sulle corrette soluzioni di fissaggio diretto per ogni specifica applicazione. Il DFTM fornisce tutti i dati necessari per il corretto utilizzo dei prodotti di fissaggio diretto Hilti, nonché i fondamentali principi e le tecniche che incidono sul fissaggio diretto.

### 7.3 Referenze di progetto

Per referenze di progetto aggiornate, fare riferimento al sito web Hilti del proprio paese.



**Figura 41** Manuale di tecnologia del fissaggio diretto Hilti

## **8 Allegati**

**Allegato A: Esempi di progetto**

**Allegato B: Esempi di lamiera grecata commerciale**

**Allegato C: Denominazione e codici articolo**

## Allegato A: Esempi di progetto

### Sostituire pioli saldati con X-HVB

Il paragrafo 6.6.3.1 della norma EN1994-1-1 indica che la resistenza di progetto di un piolo saldato automaticamente a una trave di acciaio deve essere il valore inferiore tra:

$$P_{Rd} = \frac{0,8f_u \pi d^2 / 4}{\gamma_V}$$

$$P_{Rd} = \frac{0,29\alpha d^2 \sqrt{f_{ck} E_{cm}}}{\gamma_V}$$

Dove:

- $\alpha = 0,2(h_{sc}/d + 1)$ , per  $3 \leq h_{sc}/d \leq 4$
- $\alpha = 1$ , per  $h_{sc}/d > 4$
- $\gamma_V$  è il coefficiente parziale di sicurezza (valore raccomandato = 1,25)
- $d$  è il diametro del gambo del piolo
- $f_u$  è la resistenza a carico per trazione specificata del materiale del piolo ( $\leq 500$  N/mm<sup>2</sup>)
- $h_{sc}$  è l'altezza nominale totale del piolo.

Se si utilizza una lamiera grecata, la resistenza al taglio del piolo saldato viene calcolata moltiplicando la resistenza a taglio di progetto ( $P_{Rd}$ ) per i coefficienti di riduzione che dipendono dall'orientamento e dai profili della lamiera.

In caso di lamiere grecate con nervature **parallele** alla trave di supporto, il coefficiente di riduzione  $k_l$  è:

$$k_l = 0,6 \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) \leq 1,0$$

In caso di lamiere grecate con nervature **trasversali** alla trave di supporto, il coefficiente di riduzione è regolamentato dalla **Tabella 8** (Tabella 6.2 della EN1994-1-1) e dall'espressione seguente:

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right)$$

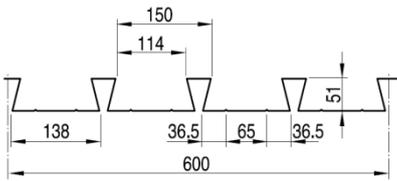
Dove  $n_r$  è il numero di pioli in una nervatura, che non deve superare due.

Numero di pioli per nervatura	Spessore del lamiera grecata [mm]	Pioli non superiori a 20 mm in diam. e saldati attraverso la lamiera grecata	Lamiera grecata con fori e pioli da 19 mm o 22 mm in diametro
$n_r = 1$	$\leq 1$	0,85	0,75
	$\geq 1$	1,00	0,75
$n_r = 2$	$\leq 1$	0,70	0,60
	$\geq 1$	0,80	0,60

**Tabella 8** Limiti superiori per coefficienti di riduzione  $k_t$

Per questo esempio, le ipotesi di progetto sono le seguenti:

- Spessore soletta: 120 mm
- Calcestruzzo: classe C20/25,  $f_{ck} = 25$  N/mm<sup>2</sup>
- Piolo: diametro = 19 mm, altezza = 100 mm,  $f_u = 450$  N/mm<sup>2</sup>
- Lamiera grecata: Holorib 51, trasversale alla trave di supporto, con fori per pioli



**Figura 42** Geometria della lamiera grecata Holorib 51

La resistenza di progetto di un piolo saldato è il valore minimo di:

$$P_{Rd} = \frac{0,8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2 / 4}{\gamma_V} = \left( 0,8 \cdot 450 \cdot \pi \cdot \frac{19^2}{4} \right) \cdot \frac{1}{1,25} = 81,7 \text{ kN}$$

$$P_{Rd} = \frac{0,29 \alpha d^2 \sqrt{f_{ck} E_{cm}}}{\gamma_V} = (0,29 \cdot 1 \cdot 19^2 \cdot \sqrt{25 \cdot 31000}) \cdot \frac{1}{1,25} = 73,7 \text{ kN}$$

Considerando

$$h_{sc}/d = \frac{100}{4} = 25 > 4$$

Si ottiene  $\alpha=1$ , e quindi

$$P_{Rd} = 73,7 \text{ kN.}$$

Il coefficiente di riduzione  $k_t$  è dato da:

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = \frac{0,7}{1} \cdot \frac{114}{51} \cdot \left( \frac{100}{51} - 1 \right) = 1,50$$

Secondo la **Tabella 8**, il valore massimo è 0,75, quindi

$$P_{Rd} = 73,7 \cdot 0,75 = 55,3 \text{ kN.}$$

La resistenza a taglio di progetto di X-HVB, ipotizzando che si utilizzi X-HVB 110, è di 28 kN (**Tabella 6**). Considerando i connettori X-HVB posizionati longitudinalmente all'asse della trave, il coefficiente di riduzione  $k_{t,l}$  è dato da:

- Ipotizzando un connettore a taglio per nervatura

$$k_{t,l} = \frac{0,66}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = \frac{0,66}{1} \cdot \frac{114}{51} \cdot \left( \frac{110}{51} - 1 \right) = 1,71,$$

- Ipotizzando 2 o più connettori a taglio per nervatura

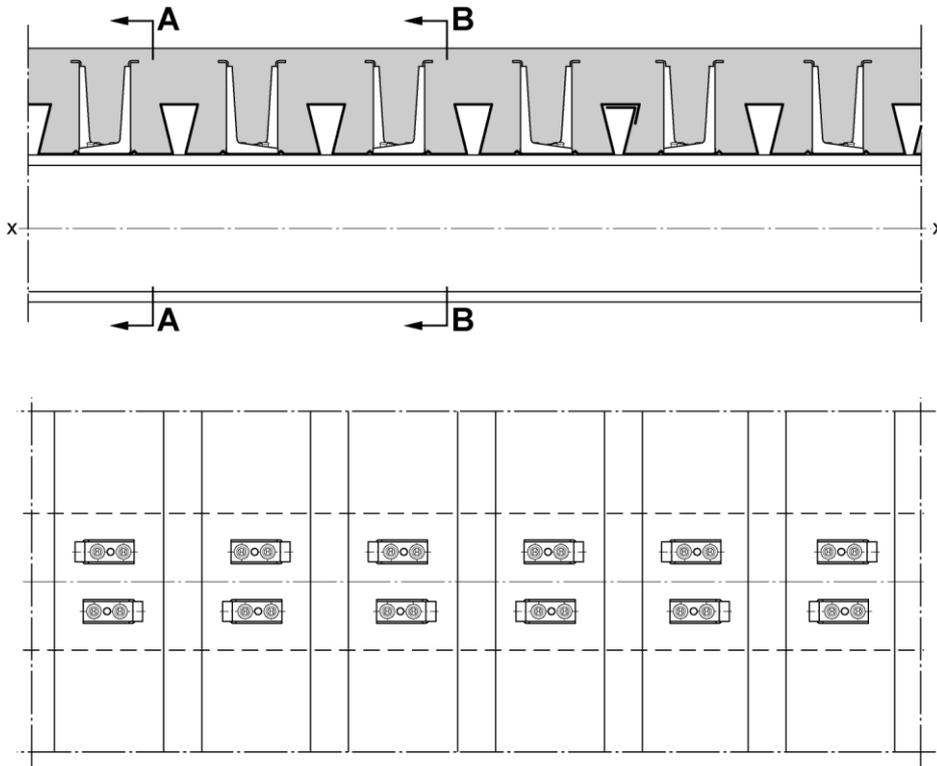
$$k_{t,l} = \frac{0,66}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = \frac{0,66}{\sqrt{2}} \cdot \frac{114}{51} \cdot \left( \frac{110}{51} - 1 \right) = 1,21,$$

Per cui, in entrambi i casi,  $P_{Rd} = 28 \text{ kN}$ .

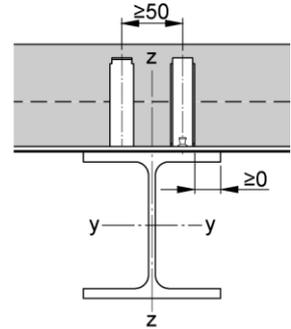
Di conseguenza, in questo caso sono necessari due X-HVB per sostituire un piolo saldato per ogni nervatura ( $55,3 / 28 = 1,975$ ).

**Allegato B: Esempi di lamiera grecata commerciale**

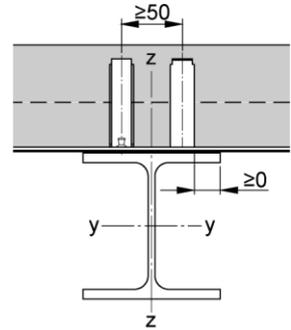
**Holorib HR51/150 – Due X-HVB per nervatura**



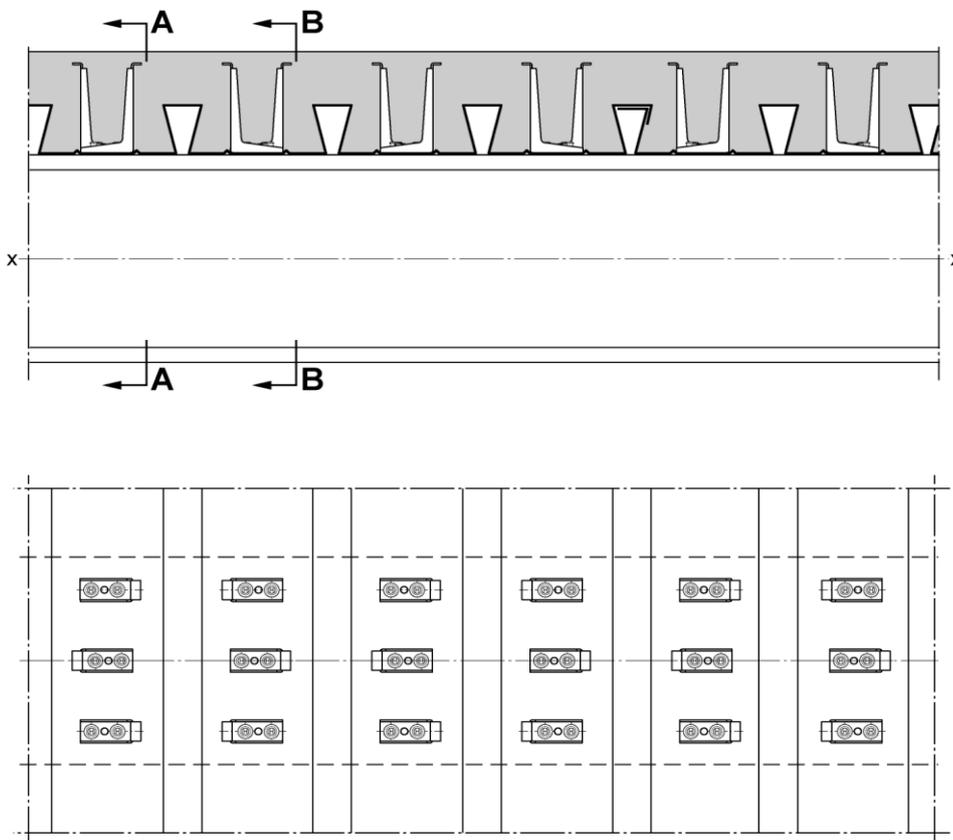
**Section A-A**



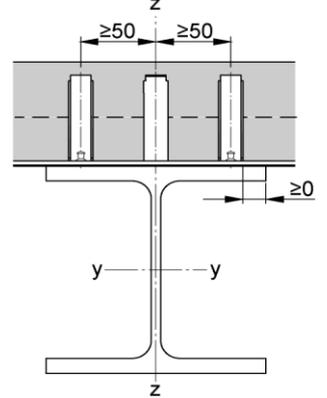
**Section B-B**



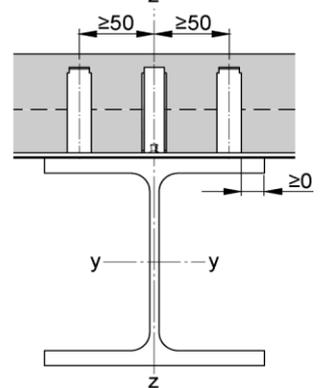
**Holorib HR51/150 – Due X-HVB per nervatura**



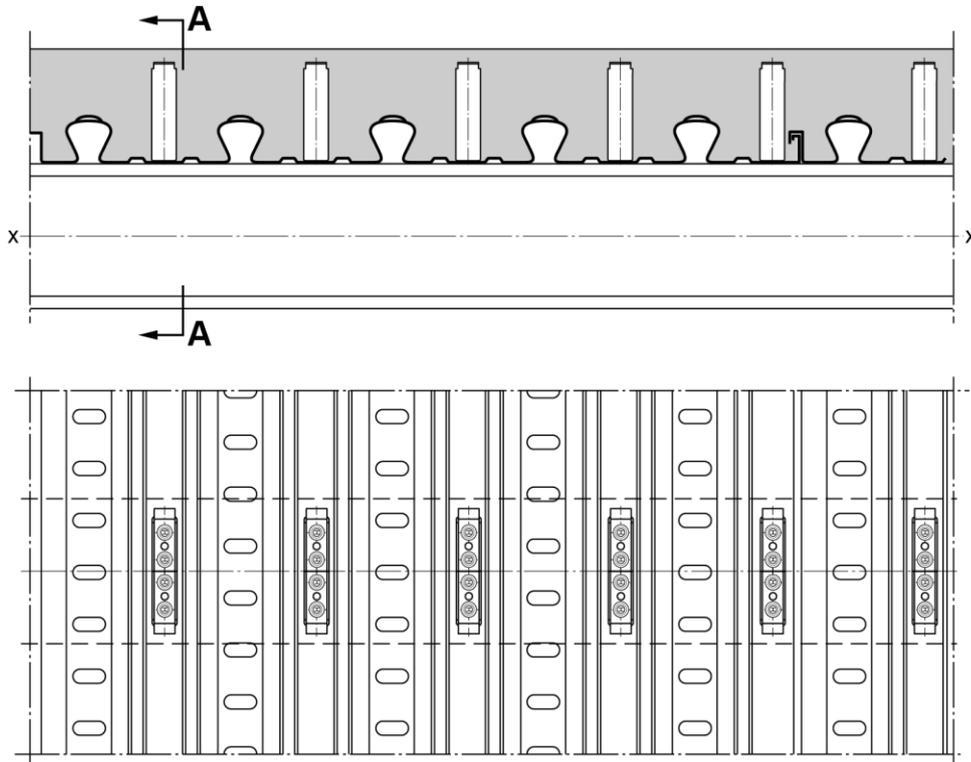
**Section A-A**



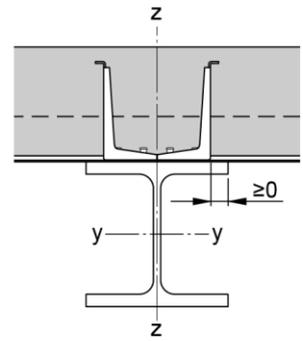
**Section B-B**



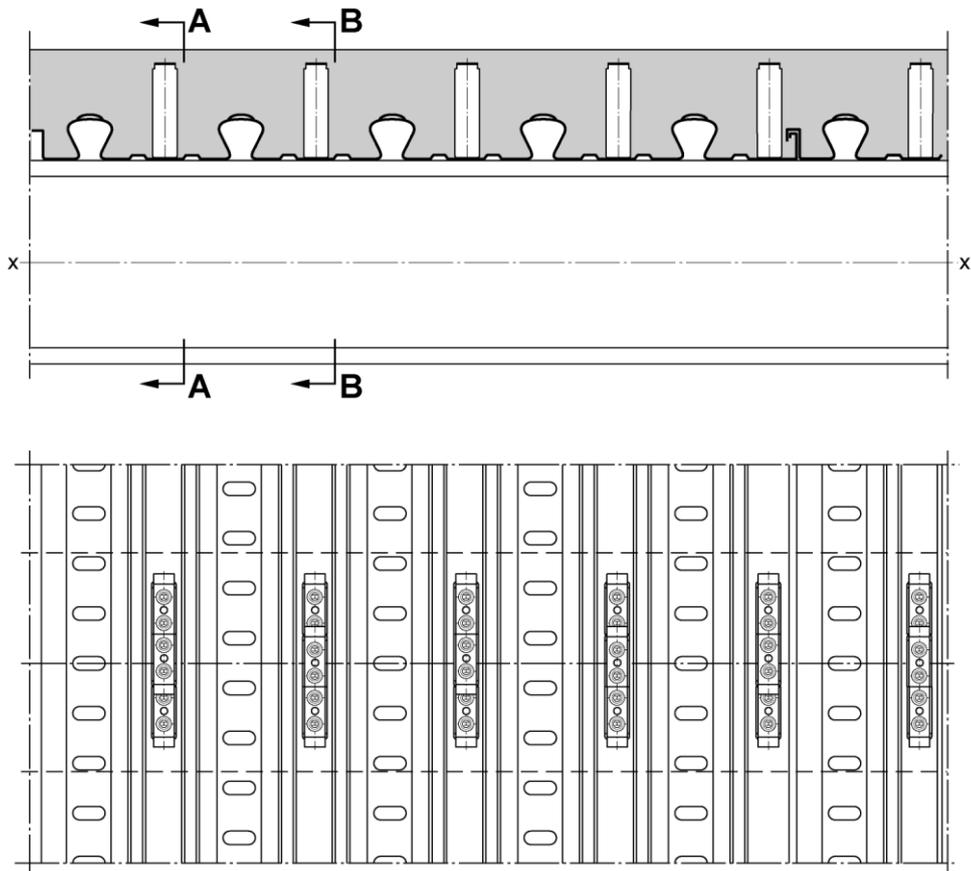
**Cofrastra 40 – Due X-HVB per nervatura**



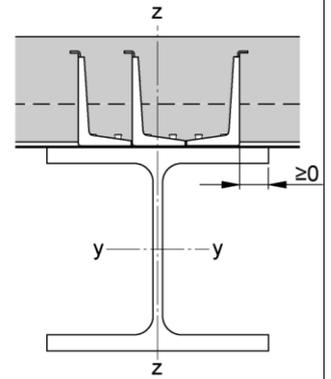
**Section A-A**



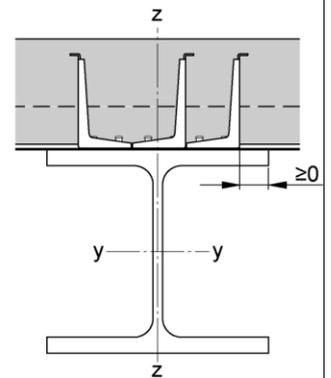
**Cofrastra 40 – Tre X-HVB per nervatura**



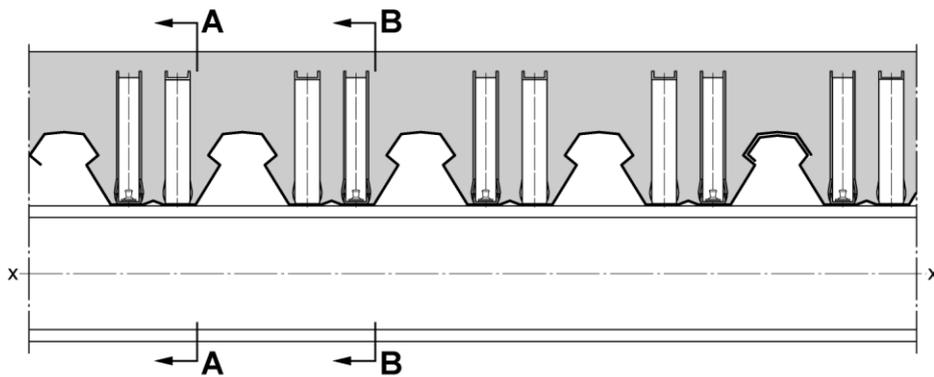
**Section A-A**



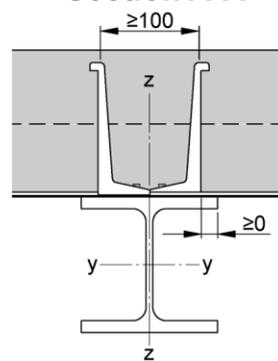
**Section B-B**



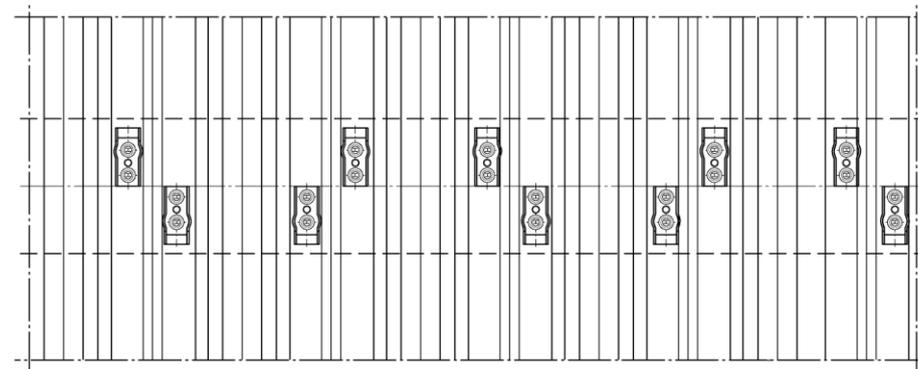
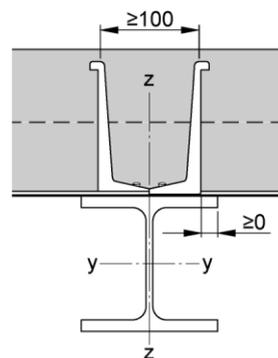
**Cofrastra 70 – Due X-HVB per nervatura**



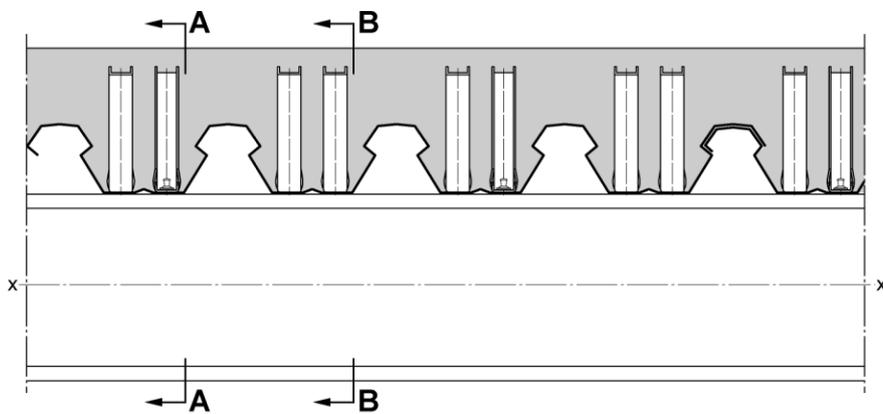
**Section A-A**



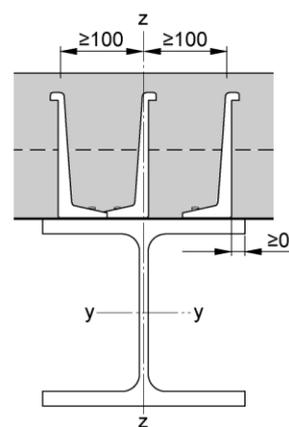
**Section B-B**



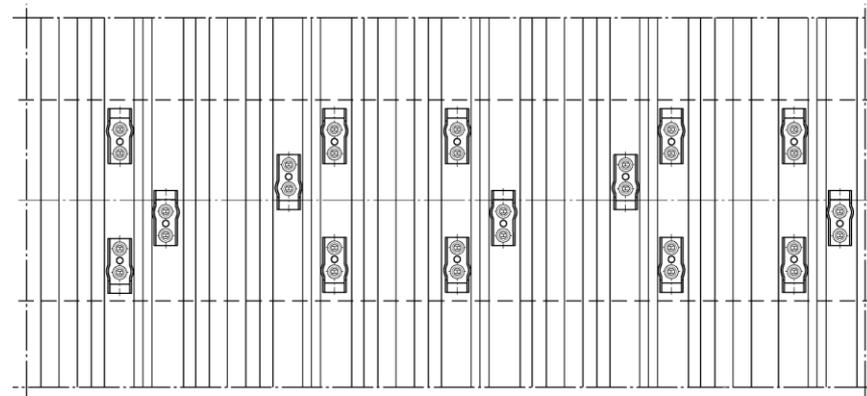
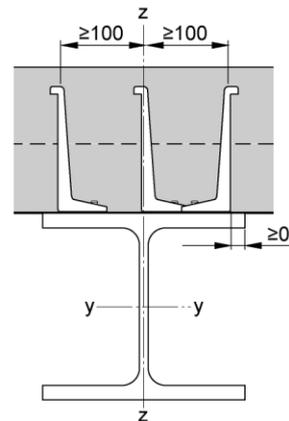
**Cofrastra 70 – Tre X-HVB per nervatura**



**Section A-A**



**Section B-B**



### Allegato C: Denominazione e codici articolo

Denominazione	Categoria	Numero articolo
X-HVB 40	Connettore a taglio	2112256
X-HVB 50	Connettore a taglio	56467
X-HVB 80	Connettore a taglio	239357
X-HVB 95	Connettore a taglio	348179
X-HVB 110	Connettore a taglio	348180
X-HVB 125	Connettore a taglio	348181
X-HVB 140	Connettore a taglio	348321
X-ENP 21 HVB	Chiodo	283512
6.8/18M 10 STD Blu	Propulsori	416485
6.8/18M 10 STD Blu	Propulsori	416484
6.8/18M 10 STD Nero	Propulsori	416486
DX 76 HVB	Attrezzo	2090391
DX 76 MX	Attrezzo	285789
DX 76 PTR	Attrezzo	384004
X-76-P-HVB	Pistone	285493
X-76-P-HVB-PTR	Pistone	388847
X-76 PS	Fermo pistone	285494
X-76-F-HVB	Guida di fissaggio	285486
X-76-F-HVB-PTR	Guida di fissaggio	388846



**Hilti. Outperform. Outlast.**