

GRISPE PLUS



VALORISATION OF KNOWLEDGE
FOR SPECIFIC PROFILED STEEL SHEETS

WP N°: 3

WP Title: eLectures

Deliverable N°: 3.1 (4)

Deliverable Title: Design manual

Deliverable Date: 31st march 2018

**The GRISPE PLUS project has received financial support
from the European Community's Research Fund for Coal and Steel (RFCS)
under grant agreement N° 754092"**

Author(s)

Thibault RENAUX, JORIS IDE

Drafting history

FINAL DRAFT – DATE: 30th of March 2018

FINAL VERSION – DATE: 28th of May 2018

Dissemination Level

PU	Public-Open	X
PP	Restricted to the Commission Services, the Coal and Steel Technical Groups and the European Committee for Standardisation (CEN)	
RE	Restricted to a group specified by the Beneficiaries	
CO	Confidential, only for Beneficiaries (including the Commission services)	



DESIGN MANUAL FOR ASSEMBLED PROFILES

RFCS funded – agreement N° 754092

FINAL VERSION

Disclaimer notice and EU acknowledgement of support

Disclaimer notice

By making use of any information or content in this manual you agree to the following:

No warranties

All the information or content provided in this manual is provided "as is" and with no warranties. No express or implies warranties of any type, including for example implied warranties of merchantability or fitness for a particular purpose, are made with respect to the information or content, or any use of the information or content in this manual.

The authors make no representations or extend no warranties of any type as to the completeness, accuracy, reliability, suitability or timeliness of any information or content in this manual.

Disclaimer of liability

This manual is for informational purposes only. It is your responsibility to independently determine whether to perform, use or adopt any of the information or content in this manual.

The authors specifically disclaim liability for incidental or consequential damages and assume no responsibility or liability for any loss or damage suffered by any person as a result of the use or misuse of any of the information or content in this manual.

The authors will not be liable to you for any loss or damage including without limitation direct, indirect, special or consequential loss or damage, or any loss or damage whatsoever arising from loss of data or loss of business, production, revenue, income, profits, commercial opportunities, reputation or goodwill, arising out of, or in connection with, the use of the information or content in this manual.

The authors do not represent, warrant, undertake or guarantee that the use of the information or content in this manual will lead to any particular outcome or results.

Reasonableness

By using this manual, you agree that the exclusions and limitations of liability set out in this disclaimer are reasonable. If you do not think they are reasonable, you must not use this manual.

Severability

If any part of this disclaimer is declared unenforceable or invalid, the remainder will continue to be valid and enforceable.

"The information and views set out in this manual are those of the authors and do not necessarily reflect the official opinion of the European Union. Neither the European Union and bodies nor any person acting on their behalf may be held responsible for the use which may be made of the information or views contained therein"

EU acknowledgement of support

The GRISPE project has received financial support from the European Community's Research Fund for Coal and Steel (RFCS) under grant agreement No. **754092**.

SOMMARIO

Lo scopo di questo manuale è presentare un nuovo metodo di progettazione mediante calcolo per profili assemblati su un supporto intermedio come sviluppato nel progetto Europeo GRISPE.

Il manuale è basato, in generale, sui principi degli Eurocodici e più specificatamente sugli Eurocodici EN 1993-1-3 e EN 1993-1-5.

Questo nuovo metodo di progettazione mediante calcoli per profilo assemblato su supporto intermedio si basa su prove sperimentali condotte nell'ambito del progetto Europeo GRISPE (2013 – 2016).

Il quadro generale di tale metodo si può trovare negli elaborati di progetto D2.1 GRISPE.

Il capitolo 1 descrive il tipo di profili trattati, lo stato dell'arte, i principali risultati di ricerca del GRISPE e i requisiti e le regole di progetto generali.

Il capitolo 2 indica gli aspetti che devono essere presi in considerazione durante le fasi preliminari di progetto e i requisiti tecnologici minimi da rispettare, inclusi quelli relativi al telaio di supporto, le caratteristiche dei profili e l'assemblaggio.

Il capitolo 3 fornisce i requisiti tecnologici di base.

Il capitolo 4 elenca le proprietà dei materiali dei profili e delle bullonature.

Il capitolo 5 indica le azioni che devono essere considerate (peso proprio, etc) e le loro combinazioni.

Il capitolo 6 spiega in dettaglio il nuovo metodo di progetto (principi, campo di applicazione e descrizione di come applicare le nuove diverse formule).

Il capitolo 7 elenca le situazioni di progetto specifiche non trattate dal manuale (fuoco, sisma, aspetti ambientali, termici e acustici, etc).

Il capitolo 8 fornisce esempi pratici del nuovo metodo di progettazione.

E' inclusa una bibliografia e la proposta di modifica per l'EN 1993-1-3.

PREFAZIONE

Questo manuale di progettazione è stato realizzato con il supporto del finanziamento n°754092 del fondo europeo RFCS.

Questo nuovo metodo di progettazione è stato presentato al gruppo di sviluppo dell'EN 1993-1-3 nel 2016-2017 ed è stato preso in considerazione per essere incluso negli Eurocodici.

Il manuale di progettazione è stato scritto da Thibault RENAUX ed è stato discusso nel gruppo di lavoro GRISPE PLUS, composto dai seguenti membri:

Mickael BLANC	France
Silvia CAPRILI	Italy
David IZABEL	France
Markus KUHNENNE	Germany
Anna PALISSON	France
Valérie PRUDOR	France
Irene PUNCELLO	Italy
Dominik PYSCHNY	Germany
Thibault RENAUX	France
Walter SALVATORE	Italy
Daniel SPAGNI	France

I soci corrispondenti hanno incluso:

Léopold SOKOL	France
---------------	--------

FIGURE & TABELLE

Le figure sono state fornite dalle seguenti fonti:

Figura 1.1	JORIS IDE
Figura 1.2.1	KIT / JORIS IDE
Figura 1.2.2	Riproduzione di DIN 18807-3
Figura 1.2.3	Riproduzione di DIN 18807-3
Figura 1.2.4	Riproduzione di DIN 18807-3
Figura 1.3.1	JORIS IDE
Figura 1.3.2	KIT
Figura 1.3.3	KIT
Figura 1.3.4	KIT
Figura 2.3	Copy of EN 1993-1-3
Figura 6.2.1	KIT / JORIS IDE
Figura 6.2.2	Riproduzione di DIN 18807-3
Figura 6.3.1	Riproduzione di DIN 18807-3
Figura 6.3.2	Riproduzione di DIN 18807-3
Figura 6.3.3	KIT / IFL
Figura 6.3.4	KIT / IFL
Figura 8.2	JORIS IDE
Figura 8.5.2a	KIT / JORIS IDE
Figura 8.5.2b	KIT / JORIS IDE
Figura 8.6.2a	JORIS IDE
Figura 8.6.2b	JORIS IDE
Tabella 8.6.2a	JORIS IDE
Tabella 8.6.2b	JORIS IDE
Figura 8.6.3a	JORIS IDE
Figura 8.6.3b	JORIS IDE
Figura 8.6.3c	JORIS IDE
Figura 8.6.3d	JORIS IDE
Tabella 8.6.3a	JORIS IDE

INDICE

SCOPO DELLA PUBBLICAZIONE	8
NOTAZIONI.....	8
1. INTRODUZIONE	9
1.1. Tipologie di lamiere profilate in acciaio.....	9
1.2. Stato dell'arte.....	9
1.3. Principali risultati di GRISPE	11
1.4. Requisiti e regole generali di progettazione.....	13
2. CONSIDERAZIONI PRELIMINARI	13
2.1. Campo di applicazione del nuovo metodo di progettazione	13
2.2. Disposizioni tecnologiche minime del telaio.....	13
2.3. Disposizioni tecnologiche minime per il profilo della lamiera.....	13
2.4. Disposizioni minime tecnologiche per le bullonature.....	14
3. REQUISITI TECNOLOGICI DI BASE	14
3.1. Supporti.....	14
3.2. Profili in acciaio e marcatura CE	14
4. PROPRIETA' DEL MATERIALE	15
4.1. Lamiera in acciaio	15
4.2. Bulloni	15
4.3. Coefficienti di sicurezza.....	15
5. AZIONI E COMBINAZIONI	15
6. BASI DELLA PROGETTAZIONE.....	15
6.1. Principi	15
6.2. Campo di applicazione del nuovo metodo di progettazione	15
6.3. Procedura di progettazione.....	16
6.3.1. Lamiere in acciaio assemblate con un'unica sovrapposizione con sbalzo in alto	16
6.3.2. Lamiere in acciaio assemblate con un'unica sovrapposizione con sbalzo in basso.....	17
6.3.3. Lamiere in acciaio assemblate con sovrapposizione doppia	18
6.3.4. Profilo continuo con rinforzo locale	20
7. CONSIDERAZIONI SPECIFICHE DI PROGETTO.....	22
8. ESEMPI DI PROGETTAZIONE.....	22
8.1. Descrizione del telaio e assunzioni di carico	22
8.1.1. Informazioni sulla struttura 1	22
8.1.2. Assunzioni di carico per la struttura 1	23
8.1.3. Informazioni sull'edificio 2.....	24
8.1.4. Assunzioni di carico per la struttura 2	24
8.2. Descrizione del profilo della lamiera in acciaio.....	24

Manuale di Progettazione per Profili Assemblati

8.3. Descrizione dei bulloni e degli assemblaggi	25
8.4. Verifica degli assemblaggi per la struttura 1	25
8.4.1. Applicazione del carico.....	25
8.4.2. Lamiere in acciaio assemblate con giunto a singola sovrapposizione con sbalzo superiore.....	26
8.4.3. Lamiere in acciaio assemblate con giunto a sovrapposizione singola con sbalzo inferiore	27
8.5. Verifica degli assemblaggi per la struttura 2	27
8.5.1. Profilo della lamiera di acciaio.....	27
8.5.2. Applicazione dei carichi	28
8.5.3. Lamiere in acciaio assemblate con giunto a doppia sovrapposizione.....	29
8.5.4. Profilo continuo con rinforzo locale	31
8.6. Verifica del software	32
8.6.1. Informazioni sul software	32
8.6.2. Validazione del primo caso con la struttura 1	32
8.6.3. Validazione del secondo caso con la struttura 2.....	36
BIBLIOGRAFIA	45
ALLEGATO: PROGETTO DI MIGLIORAMENTO PRESENTATO AL CEN	47

SCOPO DELLA PUBBLICAZIONE

Lo scopo di questa pubblicazione è presentare il nuovo metodo di progetto per un profilo assemblato, in accordo con [1], su un appoggio intermedio, proposto per l'inclusione in [2].

Questo manuale di progettazione tratta situazioni che si verificano ordinariamente.

Per questioni specifiche (ad es. aperture) o per situazioni eccezionali (sisma, incendio, ecc.) è necessario seguire le clausole pertinenti degli Eurocodici e/ o [1].

NOTAZIONI

Oltre alle notazioni dell'EN 1993-1-3, all'interno del manuale sono utilizzati i seguenti simboli:

K_{Ed} :	carico introdotto dai bulloni collegati [kN]
a :	lunghezza di sovrapposizione o rinforzo [m]

1. INTRODUZIONE

1.1. Tipologie di lamiera profilata in acciaio

Questo manuale di progettazione considera lamiera profilata in acciaio (vedi Figura 1.1 sottostante) assemblate su un appoggio intermedio.

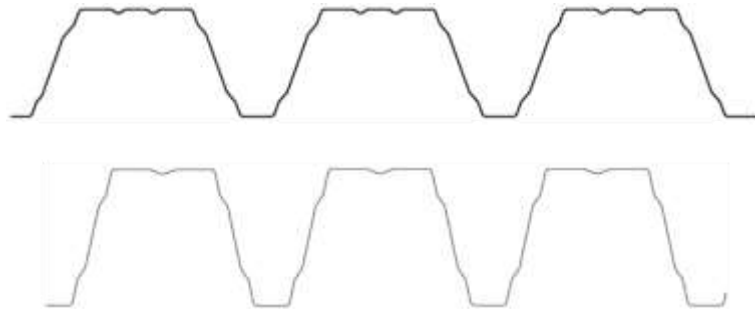


Figura 1.1 – Geometria tipica delle lamiere profilate in acciaio.

1.2. Stato dell'arte

La norma [2] non tratta il progetto del collegamento di continuità di una lamiera profilata in acciaio su un appoggio, realizzato in sito, nel caso di trasporto di profili divisi in due parti e poi assemblati insieme sopra un appoggio mediante un collegamento ad incastro al fine di ricreare un profilo continuo per sovrapposizione (vedi figura 1.2.1 sottostante), o nel caso di riparazioni strutturali o per risolvere l'inflessione in campata.

In qualche caso, l'effetto combinato di neve e vento porta ad un aumento locale di carico, cioè la lamiera profilata in acciaio su due campate presenta un accumulo di carico su una di esse. Una soluzione pratica consiste nell'inserire un rinforzo locale sull'appoggio intermedio al fine di incrementare la resistenza caratteristica (vedi Figura 1.2.1 sottostante).

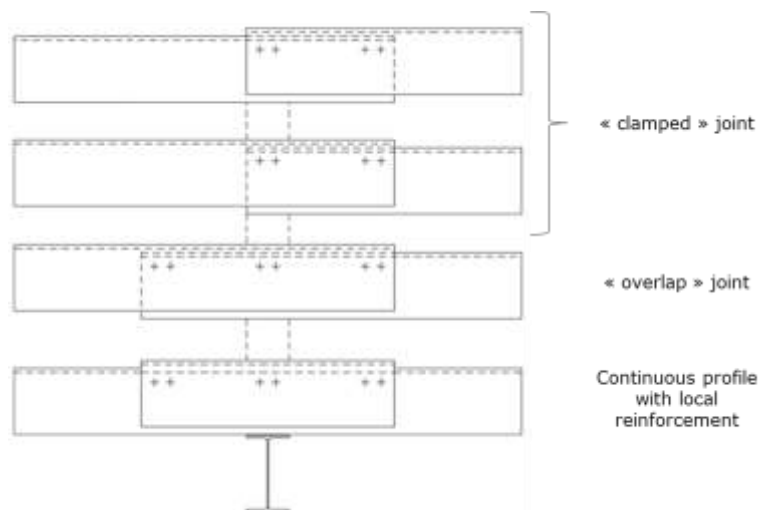


Figura 1.2.1 – Assemblaggi di profili di lamiera in acciaio su un appoggio intermedio.

Queste tecniche, molto utili, necessitano di essere definite e richiedono un metodo di progettazione. Questo è lo scopo di una parte del Progetto GRISPE.

Manuale di Progettazione per Profili Assemblati

In [3] è presente una soluzione per la realizzazione di profili sovrapposti. Essi sono ammessi solo agli appoggi; negli altri casi, devono essere condotte prove sperimentali. Nella zona di sovrapposizione la resistenza è uguale a quella di un profilo continuo.

Nelle figure seguenti 1.2.2 e 1.2.3, sono rappresentate le due possibilità di realizzazione del collegamento ad incastro.

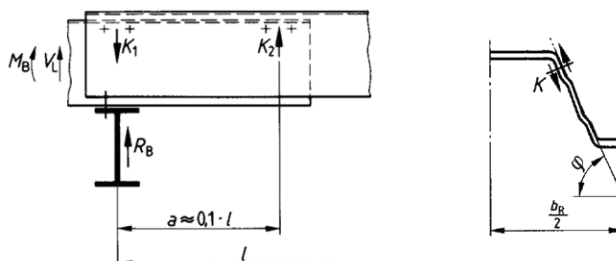


Figura 1.2.2 – Profili sovrapposti in accordo a [3] con parte terminale del profilo più basso a sbalzo.

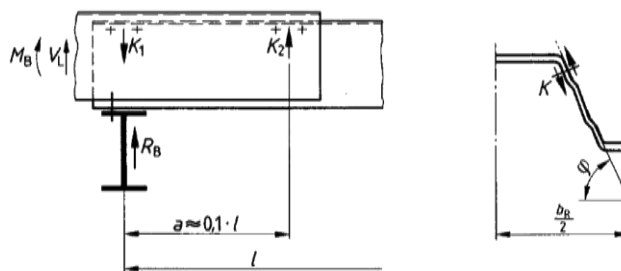


Figura 1.2.3 – Profili sovrapposti in accordo a [3] con parte terminale del profilo più alto a sbalzo.

La forza sul bullone è data da:

$$K = \max K_i = \frac{|M_B|}{2 \cdot a \cdot \sin \varphi} * b_R \quad (\text{Figura 1.2.2})$$

O, in alternativa da:

$$K = \max K_i = \frac{\left| \frac{M_B}{a} + V_L \right|}{2 \cdot \sin \varphi} * b_R \quad (\text{Figura 1.2.3})$$

Per ogni assemblaggio, si può individuare un massimo di due bulloni in direzione orizzontale e verticale (massimo 4 bulloni). La distanza dal bordo richiesta dal bullone e la distanza tra i fori, vedi figura 1.2.4 sottostante, deve rispettare le seguenti limitazioni

- distanza tra i fori in direzione della forza: $\geq 3d$ e $\geq 20 \text{ mm}$;
- distanza tra i fori in direzione ortogonale alla forza: $\geq 30 \text{ mm}$;
- distanza tra i fori p: $\geq 4d$ e $\geq 40 \text{ mm}$ e $\geq 10d$.

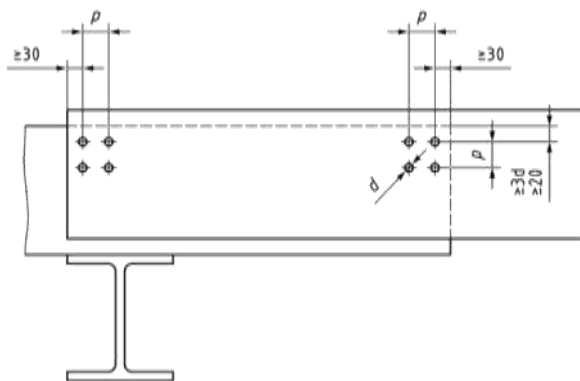


Figura 1.2.4 – Distanza dei bulloni in accordo a [3] per un collegamento staticamente efficace.

In conclusione, ci sono procedure di progettazione in [3] e altre in [4]. Le regole di progetto sono simili le une alle altre.

1.3. Principali risultati di GRISPE

Per confermare la procedura descritta in [3], deve essere condotta una serie di prove sul collegamento ad incastro, per avvalorare questa procedura di progettazione. In aggiunta, devono essere svolti un certo numero di test nella zona di sovrapposizione per acquisire dati sulla capacità portante.

Per le prove sono stati selezionati due tipi di profili (135/310 e 158/250), rappresentativi di tutte le possibili variazioni di inclinazione delle anime, come mostrato nella figura 1.3 sottostante.

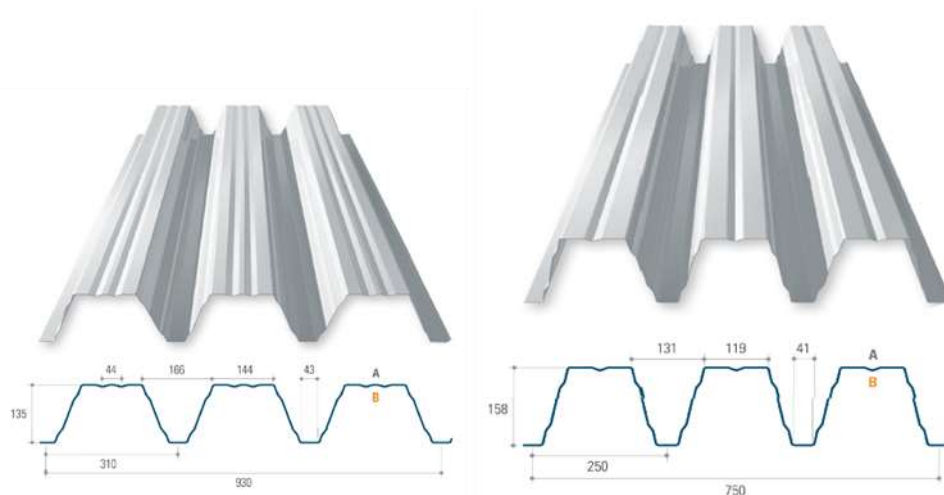


Figura 1.3.1 – Profili trapezoidali testati.

La campagna di 128 prove è stata completata con prove a trazione. Le prove sugli appoggi intermedi sono state condotte per studiare la capacità portante in corrispondenza di essi (vedi figure 1.3.2 e 1.3.3), mentre le prove con singole lamiera hanno permesso il confronto tra i differenti tipi di collegamento.

Le prove con le sovrapposizioni, in accordo a [3], sono state eseguite per verificare le regole di progetto specificate in [3] relative agli elementi di fissaggio.

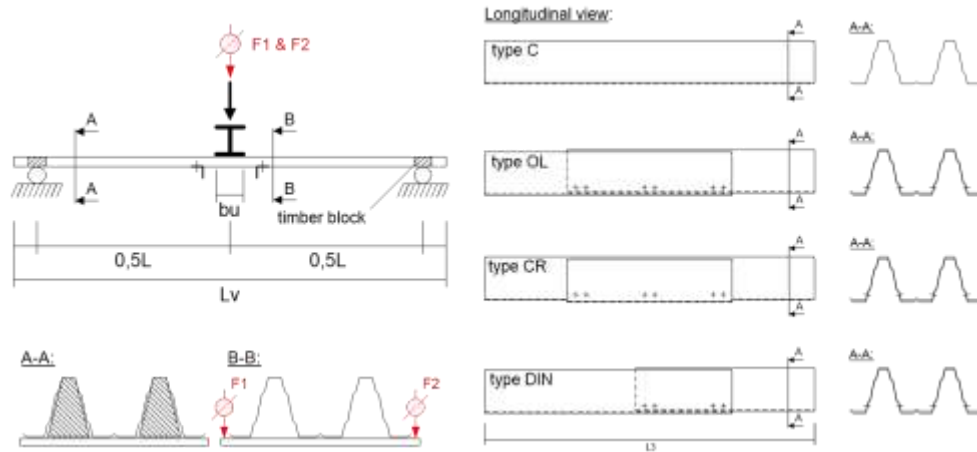


Figura 1.3.2 – Configurazione schematica della prova sul supporto intermedio.



Figura 1.3.3 – Esempio della prova sul supporto intermedio e del collasso.

L'analisi e l'interpretazione delle prove, che sono state condotte su campioni di profili assemblati, sono state riportate in [5] e [6], e il confronto delle tipologie di assemblaggio si è basato sui diagrammi M/R stabiliti per ogni prova (vedi figura 1.3.4).

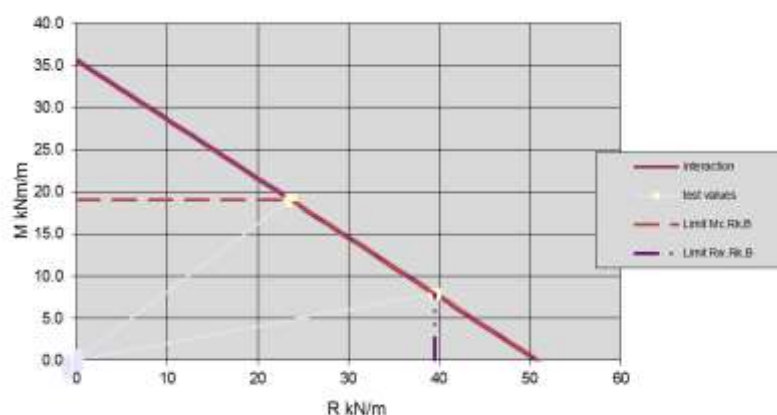


Figura 1.3.4 – Esempio di diagramma di interazione ottenuto da una prova su supporto intermedio.

Il metodo di calcolo è stato sviluppato per sbalzi sopra o sotto, per collegamenti per sovrapposizione e per profili continui con rinforzi locali. Il principio è quello di decomporre il momento flettente in due forze pari in intensità e direzione ma opposte in verso. Tali forze sono trasmesse agli elementi attraverso i bulloni.

Sono mostrati ulteriori due punti:

- Nei casi di nodi per sovrapposizione con sovrapposizioni su entrambi i lati del supporto e profilo continuo di lamiera con rinforzo locale, la somma dei due profili non è esattamente pari alla somma delle due resistenze del profilo ma è data da $1.8 \times M_{Rd}$ essendo M_{Rd} il momento flettente resistente di un profilo inflesso.
- Una modalità di collasso specifica appare all'estremità del profilo (vedi figura 1.3.3) ed è stato dimostrato dalla prova che la resistenza associata è $0.5 R_{w,Rd}$.

Per profili trapezoidali assemblati (sovrapposti in modo da essere staticamente efficaci), non sono disponibili indicazioni nell'attuale versione di [2]. E' stato stabilito che il metodo di calcolo sviluppato può essere trasferito agli Eurocodici senza ulteriori aggiustamenti in un allegato complementare.

1.4. Requisiti e regole generali di progettazione

Il seguente metodo di progettazione propone una modalità per il calcolo della resistenza di progetto (M_{Rd} e $R_{w,Rd}$) di un collegamento staticamente efficace in accordo a [7], il suo emendamento [8] e la sua rettifica [9]. I valori di progetto degli effetti delle azioni devono essere valutati in conformità ad ogni parte attinente di [10] e della sua rettifica [11], di [12] e della sua rettifica [13] e dell'emendamento [14], di [15] e la sua rettifica [16] e dell'emendamento [17].

La procedura che segue rispetta le regole generali date in [18] e nella sua rettifica [19] e nell'emendamento [20], nonché le basi della progettazione definite nella parte 2 di [2] e nella sua rettifica [21].

2. CONSIDERAZIONI PRELIMINARI

2.1. Campo di applicazione del nuovo metodo di progettazione

Questo manuale presenta un metodo di progettazione per determinare la resistenza dei profili assemblati, in accordo a [1].

Tale metodo è sviluppato nell'ambito di definizione delle disposizioni minime tecnologiche, come si vede dai seguenti paragrafi.

Questo manuale non tratta le disposizioni di carico durante la fase di esecuzione e manutenzione.

Le regole di calcolo date in tale manuale sono valide solo se le tolleranze degli elementi formati a freddo si attengono a [2] e [21].

2.2. Disposizioni tecnologiche minime del telaio

La lamiera profilata in acciaio deve essere posta su 3 o più supporti in acciaio o legno, con una larghezza minima del supporto intermedio di 60 mm.

Non è consentito porre la lamiera profilata in acciaio direttamente a contatto con un supporto in calcestruzzo.

2.3. Disposizioni tecnologiche minime per il profilo della lamiera

Le lamiere profilate hanno, all'interno delle tolleranze ammesse, uno spessore nominale costante e devono avere sezione trasversale uniforme o sezione trasversale rastremata lungo la lunghezza.

Le sezioni trasversali delle lamiere profilate, essenzialmente, comprendono un numero di elementi piani connessi da elementi curvi e le loro dimensioni devono soddisfare i requisiti generali dati in [2], sezione 1.5.3.

Le disposizioni per il progetto mediante calcolo date in questo manuale di progettazione non devono essere applicate per sezioni trasversali con dimensioni che non rientrano nel range di rapporti larghezza su spessore b/t , h/t , c/t e d/t dati in Figura 2.3, estratta dalla Tabella 5.1 di [2].

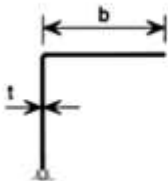
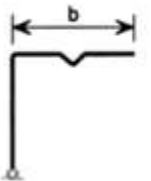
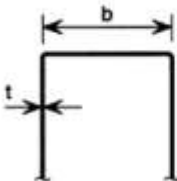
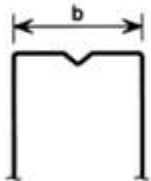
		$b/t \leq 50$
		$b/t \leq 500$
		$45^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$ $h/t \leq 500 \sin \phi$

Figura 2.3 – Range delle proporzioni geometriche.

Lo spessore, t , è uno spessore di progetto (lo spessore del nucleo in acciaio estratto meno la tolleranza, se necessario, come specificato nella clausola 3.2.4 di EN [2]), se non specificato diversamente.

Il profilo della lamiera deve presentare i seguenti parametri:

- Profilo alto con irrigidimenti sulla flange superiore e l'anima;
- Spessore nominale minimo di 0,75 mm.

2.4. Disposizioni minime tecnologiche per le bullonature

Il numero e la distanza dei bulloni sono quelle descritte nel paragrafo 2 (figura 1.2.4).

3. REQUISITI TECNOLOGICI DI BASE

3.1. Supporti

I supporti devono attenersi alle disposizioni da [18] fino a [20] per l'acciaio, o alle disposizioni da [22] fino a [25] per il materiale legno.

3.2. Profili in acciaio e marcatura CE

I profili in acciaio delle lamiere sono marcati CE in accordo a [1].

4. PROPRIETA' DEL MATERIALE

4.1. Lamiera in acciaio

Le proprietà del materiale devono soddisfare i requisiti dati in [2], sezione 3 con un grado di acciaio minimo di S 320 GD + Z.

4.2. Bulloni

Le proprietà del materiale devono soddisfare i requisiti dati in [2], sezione 8.

4.3. Coefficienti di sicurezza

I coefficienti di sicurezza devono soddisfare i requisiti dati in [2], sezione 2.

5. AZIONI E COMBINAZIONI

I carichi e le loro combinazioni devono tener conto ed essere determinate in accordo a:

- [8] e [9] per i principi di base e le combinazioni di carico,
- [10] e [11] per il peso proprio e i carichi applicati,
- da [12] a [14] per le azioni della neve,
- da [15] a [17] per le azioni del vento.

6. BASI DELLA PROGETTAZIONE

6.1. Principi

Questo nuovo metodo di progetto è dato per:

- Calcolare la resistenza di 4 tipologie di assemblaggio per combinare momento flettente e reazione di appoggio,
- Verificare il collegamento tra i due profili di lamiera in acciaio.

6.2. Campo di applicazione del nuovo metodo di progettazione

Questo nuovo metodo di progettazione è per lamiera assemblate mediante sovrapposizione staticamente efficace su un appoggio intermedio, in accordo ad uno dei 4 tipi di collegamenti mostrati sotto:

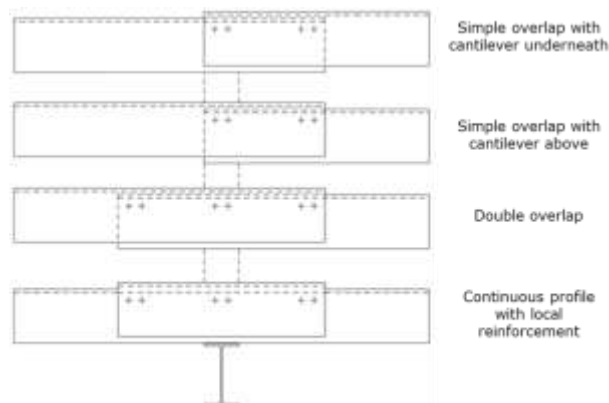


Figura 6.2.1 – Tipologie di assemblaggio trattate dal nuovo metodo di progettazione.

Il profilo della lamiera in acciaio deve avere lo stesso spessore di progetto ed è assemblato come sotto:

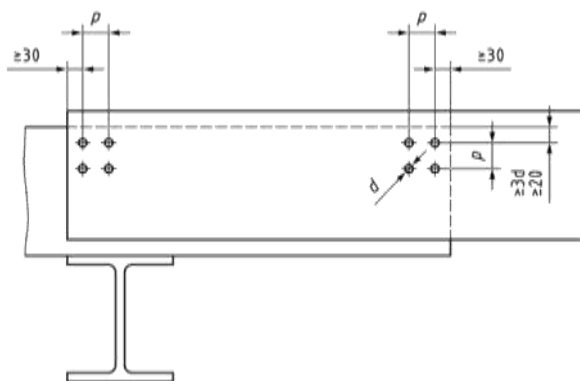


Figura 6.2.2 – Disposizione dei bulloni per un collegamento staticamente efficace.

Per collegare le lamiere in acciaio deve essere utilizzato un massimo di 4 bulloni, disposti a quadrato:

- per anima,
- disposti alla fine della zona di sovrapposizione,
- disposti in asse al supporto intermedio.

Ogni gruppo di 4 bulloni deve distare almeno 30 mm dalle estremità della zona di sovrapposizione e almeno 20 mm, ma non meno di $3d$ essendo d il diametro del foro, dalla flangia superiore delle lamiere in acciaio.

La distanza orizzontale e verticale tra i bulloni deve essere maggiore del minimo tra $4d$ e 40 mm.

6.3. Procedura di progettazione

6.3.1. Lamiere in acciaio assemblate con un'unica sovrapposizione con sbalzo in alto

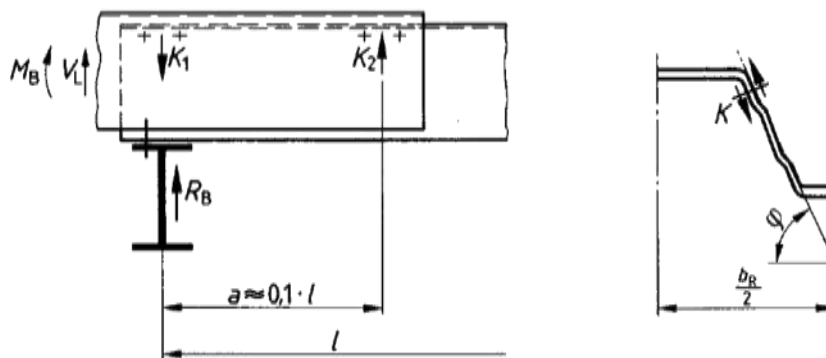


Figura 6.3.1 – Singola sovrapposizione con sbalzo della lamiera di acciaio in alto.

Verifica della resistenza dell'assemblaggio

La verifica di resistenza dell'assemblaggio in asse all'appoggio è condotta con i valori della resistenza di progetto ($M_{B,Rd}$ e $R_{w,Rd,B}$) del profilo continuo, con lo stesso spessore di progetto, prendendo in considerazione l'influenza della reazione di appoggio (interazione M-R) per azioni dirette verso il basso e l'interazione M-V per azioni dirette verso l'alto.

$M_{B,Rd}$ e $R_{w,Rd,B}$ devono essere determinati dai calcoli in accordo a 6.1.4 e 6.1.7 di [2] e le interazioni in accordo a 6.1.11 di [2].

Verifica dell'instabilità locale dell'anima

Per carichi diretti verso il basso, l'instabilizzazione dell'anima all'estremità dello sbalzo deve essere verificata con:

$$F_{Ed} = M_{B,Ed}/a < 0.5 \cdot R_{w,Rd,B}$$

Con: $R_{w,Rd,B}$ la reazione ultima di appoggio in corrispondenza degli appoggi intermedi nella posizione opposta del profilo (in generale posizione negativa) per la massima larghezza di appoggio, in generale $l_{a,B} = 160$ mm.

Considerando la posizione normale del profilo definita in Figura 1.1, la posizione opposta del profilo è quella per cui la flangia più grande (flangia superiore in Figura 1.1) è a contatto con l'appoggio.

Per azioni dirette verso l'alto, l'instabilizzazione locale dell'anima all'estremità dello sbalzo non è possibile. In qualsiasi caso di carico, non è necessaria la verifica.

Verifica del collegamento K_{Ed}

La verifica, condotta nell'anima, deve essere fatta con:

$$\frac{K_{Ed}}{\sum F_{V,Rd}} \leq 1,0$$

e:

$$K_{Ed} = \max K_i = \frac{|(M_{B,Ed}/a) + V_{L,Ed}|}{(2 \cdot \sin \varphi)} \cdot b_R$$

con: $\sum F_{V,Rd}$ la resistenza a taglio dei bulloni.

6.3.2. Lamiere in acciaio assemblate con un'unica sovrapposizione con sbalzo in basso

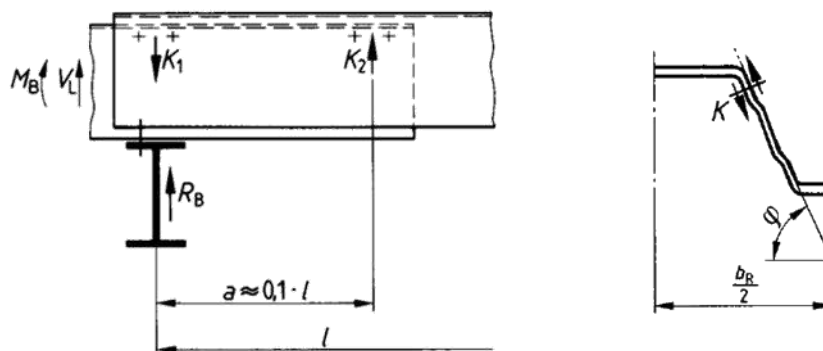


Figura 6.3.2 – Singola sovrapposizione con sbalzo della lamiera in acciaio in basso.

Verifica della resistenza dell'assemblaggio

La verifica di resistenza dell'assemblaggio in corrispondenza dell'asse dell'appoggio è condotta con i valori della resistenza di progetto ($M_{B,Rd}$ e $R_{w,Rd,B}$) del profilo continuo, con lo stesso spessore di progetto, prendendo in considerazione l'influenza della reazione di appoggio (interazione M-R) per carichi negativi e dell'interazione M-V per carichi verso l'alto.

$M_{B,Rd}$ e $R_{w,Rd,B}$ devono essere determinati mediante calcolo in accordo a 6.1.4 e 6.1.7 di [2] e le interazioni valutate in accordo a 6.1.11 di [2].

Verifica dell'instabilità locale dell'anima

Per entrambi i casi di carico (positivi e negativi), l'instabilità dell'anima all'estremità dello sbalzo non è possibile e non è necessaria alcuna verifica.

Verifica del collegamento K_{Ed}

La verifica, condotta nell'anima, deve essere fatta con:

$$\frac{K_{Ed}}{\sum F_{V,Rd}} \leq 1,0$$

e:

$$K_{Ed} = \max K_i = \frac{|M_{B,Ed}|}{(2 \cdot a \cdot \sin \varphi)} \cdot b_R$$

con: $\sum F_{V,Rd}$ la resistenza a taglio dei bulloni.

6.3.3. Lamiere in acciaio assemblate con sovrapposizione doppia

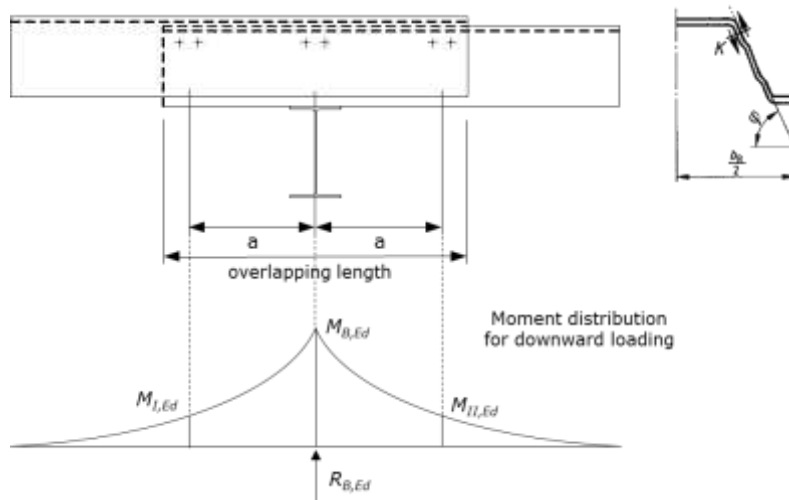


Figura 6.3.3 – Doppia sovrapposizione.

Considerazioni preliminari

Al fine di valutare $M_{B,Ed}$, $M_{I,Ed}$, $M_{II,Ed}$ e $R_{Ed,B}$ deve essere determinata la distribuzione del momento flettente per i carichi di progetto per lamiere continue.

Verifica della resistenza dell'assemblaggio in asse all'appoggio

La verifica della resistenza dell'assemblaggio in asse all'appoggio è condotta con il 90% dei valori della resistenza di progetto ($M_{B,Rd}$ e $R_{w,Rd,B}$) per ogni profilo, con lo stesso spessore di progetto, tenendo conto dell'influenza della reazione di appoggio (interazione M-R) e dell'interazione M-V, così come segue:

$$M_{B,Ed} \leq 0,9 \cdot \sum M_{B,Rd};$$

$$R_{B,Ed} \leq 0,9 \cdot \sum R_{w,Rd,B};$$

interazione M-R o M-V in accordo a 6.1.11 di [2].

Verifica della resistenza dell'assemblaggio alle estremità della sovrapposizione

Tale verifica dei profili continui è condotta con i momenti flettenti $M_{I,Ed}$ o $M_{II,Ed}$ e i corrispondenti carichi lineari introdotti dalle connessioni K_i :

$$F_{Ed} = \frac{M_{B,Ed}}{2 \cdot a}$$

Il carico lineare F_{Ed} è determinato per entrambi i casi di carico (verso l'alto e verso il basso).

Per carichi verso il basso, F_{Ed} agisce come una forza di trazione sulle anime dei profili continui e la verifica è composta come segue:

$$\frac{M_{I,Ed}}{M_{B,Rd}} \leq 1,0;$$

$$\frac{M_{II,Ed}}{M_{B,Rd}} \leq 1,0 ;$$

$$\frac{F_{Ed}}{V_{w,Rd}} \leq 1,0;$$

interazione M-V in accordo a 6.1.11 di [2].

Per azioni verso l'alto, F_{Ed} agisce come una forza di compressione sulle anime dei profili continui e la verifica è composta come segue:

$$\frac{M_{I,Ed}}{M_{B,Rd}} \leq 1,0;$$

$$\frac{M_{II,Ed}}{M_{B,Rd}} \leq 1,0;$$

$$\frac{F_{Ed}}{R_{w,Rd,B}} \leq 1,0;$$

interazione M-R in accordo a 6.1.11 di [2].

In entrambi i casi di carico, per tali verifiche devono essere applicati i valori di resistenza del profilo nella posizione opposta agli appoggi intermedi.

Verifica dell'instabilità locale dell'anima

Per carichi diretti verso il basso, l'instabilità dell'anima all'estremità dello sbalzo deve essere verificata con:

$$F_{Ed} = M_{B,Ed} / (2 \cdot a) < 0.5 \cdot R_{w,Rd,B}$$

con: $R_{w,Rd,B}$ la reazione di appoggio ultima in corrispondenza degli appoggi intermedi per profilo nella posizione opposta (in generale posizione negativa) per la massima larghezza di appoggio, in generale $l_{a,B} = 160$ mm.

Considerando la posizione normale del profilo definita in Figura 1.1, la posizione opposta del profilo è quella per cui la flangia più grande (flangia superiore in Figura 1.1) è a contatto con l'appoggio.

Per carichi diretti verso l'alto l'instabilità locale dell'anima all'estremità dello sbalzo non è possibile. In qualsiasi caso di carico, non è necessaria alcuna verifica.

Verifica del collegamento K_{Ed}

La verifica, condotta nell'anima, deve essere svolta con:

$$\frac{K_{Ed}}{\sum F_{V,Rd}} \leq 1,0$$

e:

$$K_{Ed} = \max K_i = \frac{|M_{B,Ed}|}{(4 \cdot a \cdot \sin \varphi)} \cdot b_R$$

con: $\sum F_{V,Rd}$ la resistenza a taglio dei bulloni.

La verifica del collegamento deve essere svolta per entrambi i casi di carico (positivo e negativo).

6.3.4. Profilo continuo con rinforzo locale

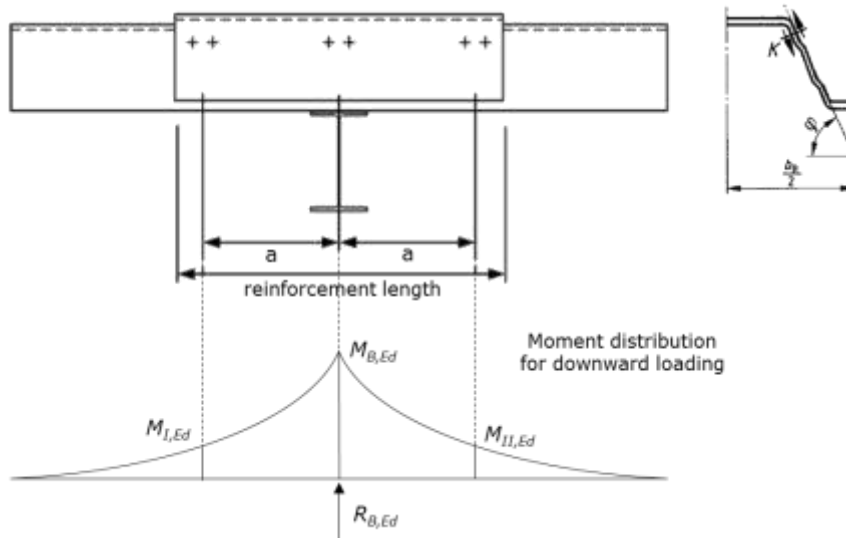


Figura 6.3.4 – Profilo continuo con rinforzo locale.

Considerazioni preliminari

Deve essere determinata la distribuzione del momento flettente per i carichi di progetto come per le lamiere continue, al fine di valutare $M_{B,Ed}$, $M_{I,Ed}$, $M_{II,Ed}$ e $R_{Ed,B}$.

Verifica della resistenza dell'assemblaggio in asse all'appoggio

La verifica della resistenza dell'assemblaggio in asse all'appoggio è condotta considerando il 90% dei valori di resistenza di progetto ($M_{B,Rd}$ and $R_{w,Rd,B}$) per ogni profilo, con lo stesso spessore di progetto, tenendo conto dell'influenza della reazione di appoggio (interazione M-R) e dell'interazione M-V, così come segue:

$$M_{B,Ed} \leq 0,9 \cdot \sum M_{B,Rd};$$

$$R_{B,Ed} \leq 0,9 \cdot \sum R_{w,Rd,B};$$

interazione M-R o M-V in accordo a 6.1.11 di [2].

Verifica di resistenza dell'assemblaggio alle estremità della zona di sovrapposizione

Questa verifica dei profili continui è condotta con i momenti flettenti $M_{I,Ed}$ o $M_{II,Ed}$ e i corrispondenti carichi lineari introdotti dalle connessioni K_i :

$$F_{Ed} = \frac{M_{B,Ed}}{2 \cdot a}$$

Il carico lineare F_{Ed} è determinato per entrambi i casi di carico (verso il basso e verso l'alto).

Per carichi diretti verso il basso, F_{Ed} agisce come una forza di trazione sulle anime dei profili continui e la verifica è composta come segue:

$$\frac{M_{I,Ed}}{M_{B,Rd}} \leq 1,0;$$

$$\frac{M_{II,Ed}}{M_{B,Rd}} \leq 1,0 ;$$

$$\frac{F_{Ed}}{V_{w,Rd}} \leq 1,0;$$

interazione M-V in accordo a 6.1.11 di [2].

Per carichi diretti verso l'alto, F_{Ed} agisce come una forza di compressione sulle anime dei profili continui e la verifica è composta come segue:

$$\frac{M_{I,Ed}}{M_{B,Rd}} \leq 1,0;$$

$$\frac{M_{II,Ed}}{M_{B,Rd}} \leq 1,0;$$

$$\frac{F_{Ed}}{R_{w,Rd,B}} \leq 1,0;$$

interazione M-R in accordo a 6.1.11 di [2].

In entrambi i casi di carico, per tali verifiche devono essere applicati i valori di resistenza del profilo nella posizione opposta, in corrispondenza degli appoggi intermedi.

Verifica dell'instabilità locale dell'anima

Per carichi diretti verso il basso, l'instabilità dell'anima all'estremità dello sbalzo deve essere verificata con:

$$F_{Ed} = M_{B,Ed} / (2 \cdot a) < 0.5 \cdot R_{w,Rd,B}$$

con: $R_{w,Rd,B}$ reazione di appoggio ultima in corrispondenza degli appoggi intermedi per profilo nella posizione opposta (in generale posizione negativa) per la massima larghezza di appoggio, in generale $l_{a,B} = 160$ mm.

Considerando la posizione normale del profilo definita in Figura 1.1, la posizione opposta del profilo è quella per cui la flangia più grande (flangia superiore in Figura 1.1) è a contatto con l'appoggio.

Per azioni dirette verso l'alto, l'instabilità locale dell'anima all'estremità dello sbalzo non è possibile. In qualsiasi caso di carico, non è necessaria alcuna verifica.

Verifica del collegamento K_{Ed}

La verifica, condotta nell'anima, deve essere svolta con:

$$\frac{K_{Ed}}{\sum F_{V,Rd}} \leq 1,0$$

e:

$$K_{Ed} = \max K_i = \frac{|M_{B,Ed}|}{(4 \cdot a \cdot \sin \varphi)} \cdot b_R$$

con: $\sum F_{V,Rd}$ la resistenza a taglio dei bulloni.

La verifica del collegamento deve essere condotta in entrambi i casi di carico (verso il basso e verso l'alto).

7. CONSIDERAZIONI SPECIFICHE DI PROGETTO

Nel presente manuale di progetto non sono affrontati i seguenti problemi:

- Per l'azione del fuoco: devono essere considerate le normative nazionali in accordo con l'EN 1991-1-2 e EN 1993-1-2;
- Per l'azione sismica: devono essere considerate le normative nazionali in accordo con l'EN 1998-1;
- Per gli aspetti ambientali: devono essere considerate le normative nazionali;
- Per gli effetti termici: devono essere considerate le normative nazionali in accordo con l'EN 1991-1-5;
- Per gli aspetti acustici: devono essere considerate le normative nazionali.

E per tutti gli altri aspetti non chiaramente identificati.

8. ESEMPI DI PROGETTAZIONE

8.1. Descrizione del telaio e assunzioni di carico

Questo esempio progettuale è relativo all'applicazione per un tetto piano di due strutture per le quali il telaio in acciaio è costituito da travi IPE 330 (larghezza di 160 mm) con campata di 5,45 m e alla verifica degli assemblaggi situati nelle aree H e I in accordo a 7.2.3 dell'EN 1991-1-4.

Entambi i tetti piani sono costituiti da profili di lamiera in acciaio, un isolante in lana minerale e un soffitto. Il peso totale dell'isolamento e del soffitto g_1 è 0,25 kN/m² per la struttura caso 1 e 1,00 kN/m² per la struttura caso 2 (presenza di una protezione pesante).

8.1.1. Informazioni sulla struttura 1

La prima struttura di altezza 16 m, struttura 1, è situata in un'area industriale vicino Oostende (Belgio), e ha un parapetto di 80 cm tutto intorno al tetto piano.

Il valore fondamentale della velocità di riferimento del vento $v_{b,0}$ è 26 m.s⁻¹.

La categoria di terreno assunta è 0.

Il coefficiente direzionale c_{dir} e il coefficiente di stagione c_{season} sono fissati pari a 1. Il coefficiente orografico $c_0(z)$ è preso pari a 1.

Per il fattore di turbolenza k_t è considerato il valore raccomandato di 1.

Per la densità dell'aria ρ , è applicato il valore raccomandato: $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$.

La struttura è localizzata in una zona topografica battuta dal vento, pertanto: $C_e = 0,8$ in accordo a [12].

Il coefficiente di forma per il carico neve μ_i è 0,8.

8.1.2. Assunzioni di carico per la struttura 1

Questo esempio di progettazione non tratta la fase di montaggio. Nella fase di esercizio, le azioni derivano dagli effetti del vento e dai pesi.

Gli effetti della neve sono trascurati a causa del valore caratteristico del carico neve al suolo s_k sul livello del mare di 0,2 kN/m² in accordo a [12] e al coefficiente di combinazione Ψ_0 di 0,5 in accordo con l'allegato nazionale del Belgio di [12] ($s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,064$ daN/m² per l'esattezza).

Determinazione dell'azione del vento in accordo a [15] fino a [17]

Velocità del vento di riferimento $v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} = 1,00 \cdot 1,00 \cdot 26 = 26 \text{ m.s}^{-1}$.

Velocità media del vento $v_m(z)$:

- Categoria del terreno 0: $z_0 = 0,003 \text{ m}$ e $z_{min} = 1 \text{ m}$;
- $z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$;
- Coefficiente del terreno $k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,003}{0,05}\right)^{0,07} \approx 0,156$;
- Coefficiente di rugosità $c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,156 \cdot \ln\left(\frac{16}{0,003}\right) \approx 1,339$;
- $v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 1,339 \cdot 1,00 \cdot 26 \approx 34,8 \text{ m.s}^{-1}$;

Turbolenza del vento $I_v(z) = \frac{k_t}{c_0(z) \cdot \ln(z/z_0)} = \frac{1,00}{1,00 \cdot \ln(16/0,003)} \approx 0,117$

Pressione di picco $q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = [1 + 7 \cdot 0,117] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 34,8^2 \approx 1,38 \text{ kN/m}^2$

Coefficienti di pressione per tetto piano:

- $h_p/h = 0,8/16 = 0,05$;
- Coefficienti di pressione esterna $c_{pe,10}$:
 - o Zona H: -0,7
 - o Zona I: +0,2/-0,2
- Coefficiente di pressione interna $c_{pi} = +0,2/-0,3$
- Coefficiente globale $c_{p,net}$:
 - o Per l'effetto di pressione del vento: $c_{p,net} = 0,5$
 - o Per l'effetto di aspirazione del vento: $c_{p,net} = -0,9$

Carichi vento W_{50} :

- Per effetto di pressione: $W_{50}^+ = 0,69 \text{ kN/m}^2$
- Per effetto di aspirazione: $W_{50}^- = -1,24 \text{ kN/m}^2$

Combinazione di carichi in accordo a [8], [9] e allegato nazionale del Belgio di [8]

La combinazione più severa per gli effetti di pressione è $Q^+ = 1,50 \cdot W_{50}^+ + 1,35 \cdot (g_0 + g_1) = 1,50 \cdot 0,69 + 1,35 \cdot (0,097 + 0,25) \approx 1,50 \text{ kN/m}^2$

La combinazione più severa per gli effetti di aspirazione è: $Q^- = 1,50 \cdot W_{50}^- + (g_0 + g_1) = 1,50 \cdot (-1,24) + (0,097 + 0,25) \approx -1,51 \text{ kN/m}^2$

Per q_0 vedi paragrafo 8.2 e per q_1 vedi paragrafo **Erreur ! Source du renvoi introuvable..**

8.1.3. Informazioni sull'edificio 2

La struttura 2 è analoga alla struttura 1. Vedi paragrafo **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** per conoscerne le caratteristiche.

8.1.4. Assunzioni di carico per la struttura 2

Per la struttura 2, la struttura del tetto piano è differente a causa del peso proprio dell'isolamento accoppiato ad una protezione pesante ($q_1 = 1,00 \text{ kN/m}^2$).

Per le considerazioni riguardanti il carico neve e la determinazione dell'effetto del vento: vedi paragrafo **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Combinazione di carico in accordo a [8], [9] e allegato nazionale del Belgio di [8]

La combinazione più severa per gli effetti di pressione è: $Q^+ = 1,50 \cdot W_{50}^+ + 1,35 \cdot (g_0 + g_1) = 1,50 \cdot 0,69 + 1,35 \cdot (0,097 + 1,00) \approx 2,51 \text{ kN/m}^2$

La combinazione più severa per gli effetti di aspirazione è: $Q^- = 1,50 \cdot W_{50}^- + (g_0 + g_1) = 1,50 \cdot (-1,24) + (0,097 + 1,00) \approx -0,76 \text{ kN/m}^2$

Per g_0 vedi paragrafo 8.2.

8.2. Descrizione del profilo della lamiera in acciaio

Il profilo della lamiera in acciaio è a geometria trapezoidale 137-310-930, come si vede in figura:

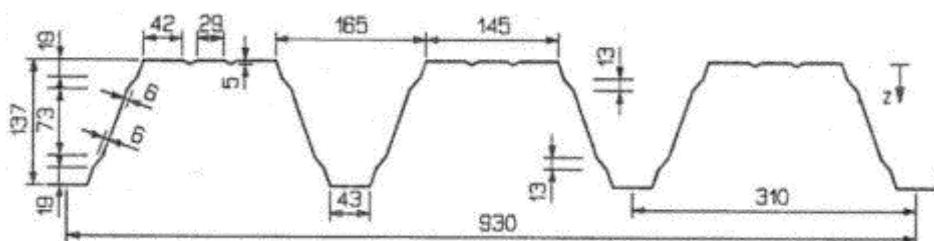


Figura 8.2 – Lamiera trapezoidale in acciaio 137-310-930 in positivo.

Il passo del profilo, b_r , è 310 mm. L'angolo di inclinazione dell'anima $\varphi = 66^\circ$.

Il profilo è in acciaio di grado S 320 GD + Z 275 con spessore nominale di 0,75 mm. Il peso proprio del profilo q_0 è 0,097 kN/m².

I valori della resistenza di progetto per questo profilo sono determinati dal calcolo in accordo a [2] e considerando un fattore di sicurezza γ_m di 1,10:

- Resistenza di progetto a flessione sull'appoggio, per profilo in posizione normale, soggetto a carico diretto verso il basso:

$$M_{b,Bd} = 8,17/1,1 = 7,42 \text{ [kNm/m]}$$

- Resistenza di progetto a flessione sull'appoggio e all'estremità della zona di sovrapposizione, per profilo in posizione opposta, soggetto a carico diretto verso il basso:

$$M_{b,Bd} = 9,66/1,1 = 8,78 \text{ [kNm/m]}$$

Manuale di Progettazione per Profili Assemblati

- Resistenza di progetto a flessione sull'appoggio, per profilo in posizione normale, soggetto a carico diretto verso l'alto:

$$M_{b,Rd} = 9,66/1,1 = 8,78 \text{ [kNm/m]}$$

- Resistenza di progetto a flessione sull'appoggio, per profilo in posizione opposta, soggetto a carico diretto verso l'alto:

$$M_{b,Rd} = 8,30/1,1 = 7,54 \text{ [kNm/m]}$$

- Resistenza di progetto alla reazione dell'appoggio intermedio (160 mm larghezza di appoggio):

$$R_{w,Rd,B} = 22,82/1,1 = 20,74 \text{ [kN/m]}$$

- Resistenza di progetto alla reazione dell'appoggio intermedio per profilo in posizione opposta (160 mm larghezza di appoggio):

$$R_{w,Rd,B,la=160} = 22,89/1,1 = 20,80 \text{ [kN/m]}$$

- Resistenza a taglio di progetto:

$$V_{w,Rd} = 28,49/1,1 = 25,9 \text{ [kN/m]}$$

8.3. Descrizione dei bulloni e degli assemblaggi

I bulloni devono attenersi a [2] sezione 8 e sono bulloni di diametro 6.3 mm per cui i valori di resistenza a taglio di progetto sono nell'ambito di una ETA.

La resistenza a taglio di progetto per ogni bullone, considerando due spessori di acciaio di 0,75 mm, è $F_{v,Rd} = 0,875 \text{ kN}$ e di conseguenza: $\sum F_{v,Rd} = 3,50 \text{ kN}$.

Ogni gruppo di 4 bulloni dista 30 mm dall'estremità della zona di sovrapposizione e dalla flangia superiore del profilo, e la distanza tra i bulloni è di 30 mm.

La copertura piana della struttura 1 è realizzata con lamiera in acciaio assemblate con giunti a singola sovrapposizione con sbalzo sopra e sotto alternativamente. La lunghezza di sovrapposizione (a) è 0,80 m.

La copertura piana della struttura 2 è divisa in 2 aree: una realizzata con lamiera in acciaio assemblate con un giunto a sovrapposizione doppia e una realizzata con profili continui con rinforzo locale. La lunghezza di sovrapposizione è la stessa di quella del rinforzo: $a = 0,80 \text{ m}$.

8.4. Verifica degli assemblaggi per la struttura 1

8.4.1. Applicazione del carico

Si considera un sistema a 2 campate uguali, L, di 5,45 m soggetto ad un carico uniformemente distribuito.

Per l'effetto di pressione del vento, l'applicazione della combinazione di carico, vedi paragrafo **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, porta a:

- Un momento applicato sull'appoggio intermedio $M_{B,Ed} = (Q^+ \cdot L^2)/8 = (1,5 \cdot 5,45^2)/8 = 5,57 \text{ kNm/m}$;
- Una reazione sull'appoggio intermedio di: $R_{B,Ed} = 1,25 \cdot Q^+ \cdot L = 1,25 \cdot 1,5 \cdot 5,45 = 10,22 \text{ kN/m}$;

- Un'azione di taglio massima di: $V_{L,Ed} = (5 \cdot Q^+ \cdot L)/8 = (5 \cdot 1,5 \cdot 5,45)/8 = 5,11 \text{ kN/m}$.

Per l'effetto di aspirazione del vento, l'applicazione della combinazione di carico, vedi paragrafo **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, porta a:

- Un momento applicato sull'appoggio intermedio $M_{B,Ed} = (Q^- \cdot L^2)/8 = (1,51 \cdot 5,45^2)/8 = 5,61 \text{ kNm/m}$;
- Una reazione sull'appoggio intermedio di: $R_{B,Ed} = 1,25 \cdot Q^- \cdot L = 1,25 \cdot 1,51 \cdot 5,45 = 10,29 \text{ kN/m}$;
- Un'azione di taglio massima di: $V_{L,Ed} = (5 \cdot Q^- \cdot L)/8 = (5 \cdot 1,51 \cdot 5,45)/8 = 5,14 \text{ kN/m}$.

8.4.2. Lamiere in acciaio assemblate con giunto a singola sovrapposizione con sbalzo superiore

Verifica di resistenza dell'assemblaggio

Per carico diretto verso il basso:

- Momento sull'appoggio intermedio: $\frac{M_{B,Ed}}{M_{B,Rd}} = \frac{5,57}{7,42} = 0,751 < 1,0$;
- Resistenza sull'appoggio: $\frac{R_{B,Ed}}{R_{w,Rd,B}} = \frac{10,22}{20,74} = 0,493 < 1,0$;
- Interazione tra momento e reazione di appoggio: $\frac{M_{B,Ed}}{M_{B,Rd}} + \frac{R_{B,Ed}}{R_{w,Rd,B}} = 0,751 + 0,493 = 1,244 < 1,25$.

Per carico diretto verso l'alto:

- Momento sull'appoggio intermedio: $\frac{M_{B,Ed}}{M_{B,Rd}} = \frac{5,61}{8,78} = 0,638 < 1,0$;
- Resistenza sull'appoggio: $\frac{V_{L,Ed}}{V_{w,Rd}} = \frac{5,14}{25,90} = 0,199 < 1,0$;
- Interazione tra momento e reazione di appoggio: $\frac{M_{B,Ed}}{M_{B,Rd}} + \frac{V_{L,Ed}}{V_{w,Rd}} = 0,638 + 0,199 = 0,837 < 1,25$.

In aggiunta, deve essere condotta la verifica dei bulloni in accordo a [2].

Verifica di instabilità locale dell'anima

Per carico diretto verso il basso: $\frac{M_{B,Ed}}{(a \cdot 0,5 \cdot R_{w,Rd,B}, l_{a=160})} = \frac{5,57}{(0,8 \cdot 0,5 \cdot 20,80)} = 0,670 < 1,0$.

Per carico diretto verso l'alto, la verifica di instabilità dell'anima non è pertinente.

Verifica del collegamento K_{Ed} :

$$K_{Ed} = \frac{|(5,57/0,8)+5,11|}{(2 \cdot \sin(66^\circ))} \cdot 0,31 = 2,05 \text{ kN}$$

$$\frac{K_{Ed}}{\sum F_{V,Rd}} = \frac{2,05}{3,50} = 0,585 < 1,0$$

8.4.3. Lamiere in acciaio assemblate con giunto a sovrapposizione singola con sbalzo inferiore

Verifica di resistenza dell'assemblaggio

Per carico diretto verso il basso:

- Momento sull'appoggio intermedio: $\frac{M_{B,Ed}}{M_{B,Rd}} = \frac{5,57}{7,42} = 0,751 < 1,0$;
- Resistenza sull'appoggio: $\frac{R_{B,Ed}}{R_{w,Rd,B}} = \frac{10,22}{20,74} = 0,493 < 1,0$;
- Interazione tra momento e reazione di appoggio: $\frac{M_{B,Ed}}{M_{B,Rd}} + \frac{R_{B,Ed}}{R_{w,Rd,B}} = 0,751 + 0,493 = 1,244 < 1,25$.

Per carico diretto verso l'alto:

- Momento sull'appoggio intermedio: $\frac{M_{B,Ed}}{M_{B,Rd}} = \frac{5,61}{8,78} = 0,638 < 1,0$;
- Resistenza a taglio: $\frac{V_{L,Ed}}{V_{w,Rd}} = \frac{5,14}{25,90} = 0,199 < 1,0$;
- Interazione tra momento e taglio: $\frac{M_{B,Ed}}{M_{B,Rd}} + \frac{V_{L,Ed}}{V_{w,Rd}} = 0,638 + 0,199 = 0,837 < 1,25$.

In aggiunta, deve essere condotta la verifica dei bulloni in accordo a [2].

Verifica dell'instabilità locale dell'anima

Per entrambi i casi di carico, non è necessaria alcuna verifica.

Verifica del collegamento K_{Ed} :

$$K_{Ed} = \frac{|5,57|}{(2 \cdot 0,8 \cdot \sin(66^\circ))} \cdot 0,31 = 1,18 \text{ kN}$$

$$\frac{K_{Ed}}{\sum F_{V,Rd}} = \frac{1,18}{3,50} = 0,338 < 1,0$$

8.5. Verifica degli assemblaggi per la struttura 2

8.5.1. Profilo della lamiera di acciaio

Il profilo della lamiera di acciaio è a geometria trapezoidale 137-310-930 come definito al paragrafo 8.2.

Il passo del profilo, b_r , è 310 mm. L'angolo di inclinazione dell'anima $\varphi = 66^\circ$.

Il profilo è in acciaio di grado S 320 GD + Z 275 con spessore nominale di 0,75 mm. Il peso proprio del profilo g_0 è 0,097 kN/m².

I valori di resistenza di progetto per questo profilo sono:

- Resistenza di progetto a flessione sull'appoggio, per profilo in posizione normale, soggetto a carico diretto verso il basso:

$$M_{b,Rd} = 7,42 \text{ [kNm/m]}$$

- Resistenza di progetto a flessione sull'appoggio e all'estremità della zona di sovrapposizione, per profilo in posizione opposta, soggetto a carico diretto verso il basso:

$$M_{b,Rd} = 8,78 \text{ [kNm/m]}$$

- Resistenza di progetto a flessione sull'appoggio, per profilo in posizione normale, soggetto a carico diretto verso l'alto:

$$M_{b,Rd} = 8,78 \text{ [kNm/m]}$$

- Resistenza di progetto a flessione sull'appoggio, per profilo in posizione opposta, soggetto a carico diretto verso l'alto:

$$M_{b,Rd} = 7,54 \text{ [kNm/m]}$$

- Resistenza di progetto alla reazione dell'appoggio intermedio (160 mm larghezza di appoggio):

$$R_{w,Rd,B} = 20,74 \text{ [kN/m]}$$

- Resistenza di progetto alla reazione dell'appoggio intermedio per profilo in posizione opposta (160 mm larghezza di appoggio):

$$R_{w,Rd,B,la=160} = 20,80 \text{ [kN/m]}$$

- Resistenza di progetto a taglio:

$$V_{w,Rd} = 25,9 \text{ [kN/m]}$$

8.5.2. Applicazione dei carichi

Si considera un sistema a 2 campate uguali, L , di 5,45 m soggetto a carico uniformemente distribuito.

Per l'effetto di pressione del vento, l'applicazione della combinazione di carico, vedi paragrafo **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, porta a:

- Un momento applicato sull'appoggio intermedio di $M_{B,Ed} = (Q^+ \cdot L^2)/8 = (2,51 \cdot 5,45^2)/8 = 9,33 \text{ kNm/m}$;
- Una reazione sull'appoggio intermedio di: $R_{B,Ed} = 1,25 \cdot Q^+ \cdot L = 1,25 \cdot 2,51 \cdot 5,45 = 17,12 \text{ kN/m}$;
- Un'azione di taglio massima di: $V_{L,Ed} = (5 \cdot Q^+ \cdot L)/8 = (5 \cdot 2,51 \cdot 5,45)/8 = 8,56 \text{ kN/m}$;
- Un momento all'estremità della zona di sovrapposizione di 3,29 kNm/m ($M_{I,Ed} = M_{II,Ed}$) come definito nella Figura 8.5.2 sottostante:

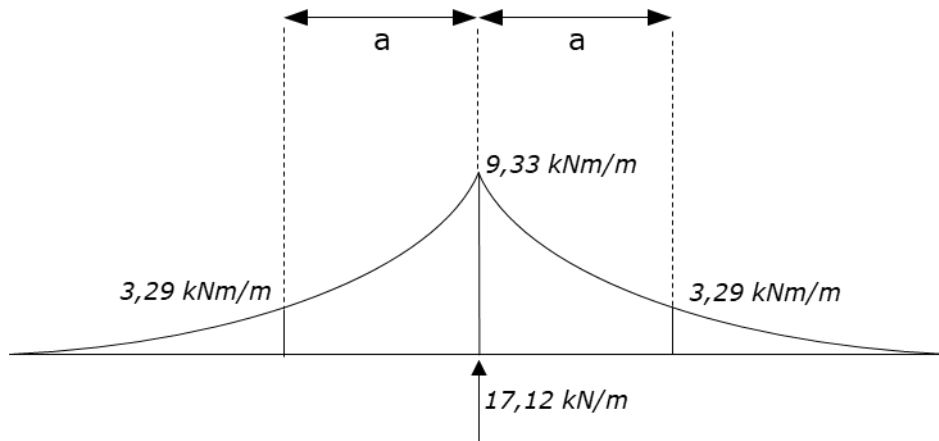


Figura 8.5.2a – Distribuzione del momento per carico diretto verso il basso.

Per l'effetto di aspirazione del vento, l'applicazione della combinazione di carico, vedi paragrafo **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, porta a:

- Un momento applicato sull'appoggio intermedio $M_{B,Ed} = (Q^- \cdot L^2)/8 = (0,76 \cdot 5,45^2)/8 = 2,82 \text{ kNm/m}$;
- Una reazione sull'appoggio intermedio di: $R_{B,Ed} = 1,25 \cdot Q^- \cdot L = 1,25 \cdot 0,76 \cdot 5,45 = 5,18 \text{ kN/m}$;
- Un'azione di taglio massima di: $V_{L,Ed} = (5 \cdot Q^- \cdot L)/8 = (5 \cdot 0,76 \cdot 5,45)/8 = 2,59 \text{ kN/m}$;
- Un momento all'estremità della zona di sovrapposizione di $0,99 \text{ kNm/m}$ ($M_{I,Ed} = M_{II,Ed}$) come definito nella Figura 8.5.2b sottostante:

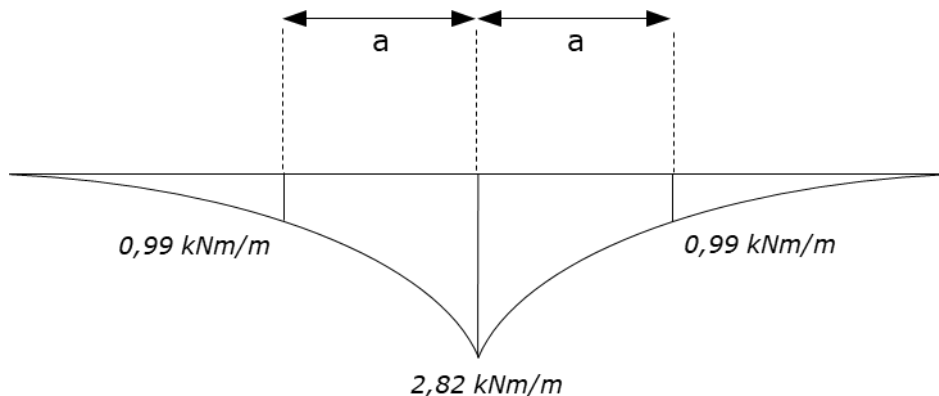


Figura 8.5.2a – Distribuzione del momento per carico diretto verso l'alto.

8.5.3. Lamiere in acciaio assemblate con giunto a doppia sovrapposizione

Verifica di resistenza dell'assemblaggio in asse all'appoggio

Per carico diretto verso il basso:

- Momento sull'appoggio intermedio: $\frac{M_{B,Ed}}{0,9 \cdot \sum M_{B,Rd}} = \frac{9,33}{0,9 \cdot 2 \cdot 7,42} = 0,699 < 1,0$;

Manuale di Progettazione per Profili Assemblati

- Resistenza sull'appoggio: $\frac{R_{B,Ed}}{0,9 \cdot \sum R_{w,Rd,B}} = \frac{17,12}{0,9 \cdot 2 \cdot 20,74} = 0,459 < 1,0;$
- Interazione tra momento e reazione di appoggio: $\frac{M_{B,Ed}}{0,9 \cdot \sum M_{B,Rd}} + \frac{R_{B,Ed}}{0,9 \cdot \sum R_{w,Rd,B}} = 0,699 + 0,459 = 1,158 < 1,25.$

Per carico diretto verso l'alto:

- Momento sull'appoggio intermedio: $\frac{M_{B,Ed}}{0,9 \cdot \sum M_{B,Rd}} = \frac{2,82}{0,9 \cdot 2 \cdot 8,78} = 0,178 < 1,0;$
- Resistenza a taglio: $\frac{V_{L,Ed}}{0,9 \cdot \sum V_{w,Rd}} = \frac{2,59}{0,9 \cdot 2 \cdot 25,90} = 0,056 < 1,0;$
- Interazione tra momento e taglio: $\frac{M_{B,Ed}}{0,9 \cdot \sum M_{B,Rd}} + \frac{V_{L,Ed}}{0,9 \cdot \sum V_{w,Rd}} = 0,178 + 0,056 = 0,234 < 1,25.$

Verifica di resistenza dell'assemblaggio alle estremità della zona di sovrapposizione

Per carico diretto verso il basso, la verifica è composta come segue:

$$\text{Carico lineare } F_{Ed} = \frac{M_{B,Ed}}{2 \cdot a} = \frac{9,33}{2 \cdot 0,8} = 5,83 \text{ kN/m}$$

$$\frac{M_{I,Ed}}{M_{B,Rd}} = \frac{M_{II,Ed}}{M_{B,Rd}} = \frac{3,29}{7,54} = 0,436 \leq 1,0;$$

$$\frac{F_{Ed}}{V_{w,Rd}} = \frac{5,83}{25,90} = 0,225 \leq 1,0;$$

$$\frac{M_{I,Ed}}{M_{B,Rd}} + \frac{F_{Ed}}{V_{w,Rd}} = 0,374 + 0,225 = 0,599 < 1,25.$$

Per carico diretto verso l'alto, la verifica è composta come segue:

$$\text{Carico lineare } F_{Ed} = \frac{M_{B,Ed}}{2 \cdot a} = \frac{2,82}{2 \cdot 0,8} = 1,76 \text{ kN/m}$$

$$\frac{M_{I,Ed}}{M_{B,Rd}} = \frac{M_{II,Ed}}{M_{B,Ed}} = \frac{0,99}{8,78} = 0,113 \leq 1,0;$$

$$\frac{F_{Ed}}{R_{w,Rd,B}} = \frac{1,76}{20,80} = 0,085 \leq 1,0;$$

$$\frac{M_{I,Ed}}{M_{B,Rd}} + \frac{F_{Ed}}{R_{w,Rd,B}} = 0,113 + 0,085 = 0,198 \leq 1,25.$$

Verifica di instabilità locale dell'anima

Per carico diretto verso il basso:

$$\frac{M_{B,Ed}}{(2 \cdot a \cdot 0,5 \cdot R_{w,Rd,B,la=160})} = \frac{9,33}{(2 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 20,80)} = 0,561 < 1,0$$

Per carico diretto verso l'alto, la verifica di instabilità dell'anima non è pertinente.

Verifica del collegamento K_{Ed}

Per carico diretto verso il basso:

$$K_{Ed} = \frac{9,33}{(4 \cdot 0,8 \cdot \sin(66))} \cdot 0,31 = 0,99 \text{ kN}$$

e:

$$\frac{K_{Ed}}{\sum F_{V,Rd}} = \frac{0,99}{3,50} = 0,283 \leq 1,0$$

Per carico diretto verso l'alto:

$$K_{Ed} = \frac{2,82}{(4 \cdot 0,8 \cdot \sin(66))} \cdot 0,31 = 0,30 \text{ kN}$$

e:

$$\frac{K_{Ed}}{\sum F_{V,Rd}} = \frac{0,30}{3,50} = 0,085 \leq 1,0$$

8.5.4. Profilo continuo con rinforzo locale

Verifica di resistenza dell'assemblaggio in asse all'appoggio

Per carico diretto verso il basso:

- Momento sull'appoggio intermedio: $\frac{M_{B,Ed}}{0,9 \cdot \sum M_{B,Rd}} = \frac{9,33}{0,9 \cdot 2 \cdot 7,42} = 0,699 < 1,0$;
- Resistenza sull'appoggio: $\frac{R_{B,Ed}}{0,9 \cdot \sum R_{w,Rd,B}} = \frac{17,12}{0,9 \cdot 2 \cdot 20,74} = 0,459 < 1,0$;
- Interazione tra momento e reazione di appoggio: $\frac{M_{B,Ed}}{0,9 \cdot \sum M_{B,Rd}} + \frac{R_{B,Ed}}{0,9 \cdot \sum R_{w,Rd,B}} = 0,699 + 0,459 = 1,158 < 1,25$.

Per carico diretto verso l'alto:

- Momento sull'appoggio intermedio: $\frac{M_{B,Ed}}{0,9 \cdot \sum M_{B,Rd}} = \frac{2,82}{0,9 \cdot 2 \cdot 8,78} = 0,178 < 1,0$;
- Resistenza a taglio: $\frac{V_{L,Ed}}{0,9 \cdot \sum V_{w,Rd}} = \frac{2,59}{0,9 \cdot 2 \cdot 25,90} = 0,056 < 1,0$;
- Interazione tra momento e taglio: $\frac{M_{B,Ed}}{0,9 \cdot \sum M_{B,Rd}} + \frac{V_{L,Ed}}{0,9 \cdot \sum V_{w,Rd}} = 0,178 + 0,056 = 0,234 < 1,25$.

Verifica di resistenza del profilo continuo alle estremità della zona di sovrapposizione

Per carico diretto verso il basso, la verifica è composta come segue:

$$\text{Carico lineare } F_{Ed} = \frac{M_{B,Ed}}{2 \cdot a} = \frac{9,33}{2 \cdot 0,8} = 5,83 \text{ kN}$$

$$\frac{M_{I,Ed}}{M_{B,Rd}} = \frac{M_{II,Ed}}{M_{B,Rd}} = \frac{3,29}{7,54} = 0,436 \leq 1,0$$

$$\frac{F_{Ed}}{V_{w,Rd}} = \frac{5,83}{25,90} = 0,225 \leq 1,0$$

$$\frac{M_{I,Ed}}{M_{B,Rd}} + \frac{F_{Ed}}{V_{w,Rd}} = 0,436 + 0,225 = 0,661 < 1,25$$

Manuale di Progettazione per Profili Assemblati

Per carico diretto verso l'alto, la verifica è composta come segue:

$$\text{Carico lineare } F_{Ed} = \frac{M_{B,Ed}}{2 \cdot a} = \frac{2,82}{2 \cdot 0,8} = 1,76 \text{ kN/m}$$

$$\frac{M_{I,Ed}}{M_{B,Rd}} = \frac{M_{II,Ed}}{M_{B,Ed}} = \frac{0,99}{8,78} = 0,113 \leq 1,0;$$

$$\frac{F_{Ed}}{R_{w,Rd,B}} = \frac{1,76}{20,80} = 0,085 \leq 1,0;$$

$$\frac{M_{I,Ed}}{M_{B,Rd}} + \frac{F_{Ed}}{R_{w,Rd,B}} = 0,113 + 0,085 = 0,198 \leq 1,25.$$

Verifica di instabilità locale dell'anima

Per carico diretto verso il basso:

$$\frac{M_{B,Ed}}{(2 \cdot a \cdot 0,5 \cdot R_{w,Rd,B,la=160})} = \frac{9,33}{(2 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 20,80)} = 0,561 < 1,0$$

Per carico diretto verso l'alto, la verifica di instabilità dell'anima non è pertinente.

Verifica del collegamento K_{Ed}

Per carico diretto verso il basso:

$$K_{Ed} = \frac{9,33}{(4 \cdot 0,8 \cdot \sin(66))} \cdot 0,31 = 0,99 \text{ kN}$$

e:

$$\frac{K_{Ed}}{\sum F_{V,Rd}} = \frac{0,99}{3,50} = 0,283 \leq 1,0$$

Per carico diretto verso l'alto:

$$K_{Ed} = \frac{2,82}{(4 \cdot 0,8 \cdot \sin(66))} \cdot 0,31 = 0,30 \text{ kN}$$

e:

$$\frac{K_{Ed}}{\sum F_{V,Rd}} = \frac{0,30}{3,50} = 0,085 \leq 1,0$$

8.6. Verifica del software

8.6.1. Informazioni sul software

E' disponibile un software Excel sul sito web di GRISPE plus (www.grispeplus.eu).

8.6.2. Validazione del primo caso con la struttura 1

Per la struttura 1, sono utilizzate la prima e la seconda scheda del software Excel.

I primi dati di input sono i valori caratteristici del profilo, il fattore di sicurezza considerato γ_M e il valore di resistenza a taglio totale dei bulloni (nell'anima). Essi sono implementati in accordo alle Figure 8.6.2a and 8.6.2b:

- Resistenza caratteristica a flessione sull'appoggio, per profilo in posizione normale, soggetto a carico diretto verso il basso: $M_{c,Rk,B} = M_{b,Rd} = 8,17 \text{ [kNm/m]}$;

Manuale di Progettazione per Profili Assemblati

- Resistenza caratteristica alla reazione dell'appoggio intermedio (160 mm larghezza di appoggio): $R_{w,Rk,B} = R_{w,Rd,B} = 22,82$ [kN/m];
- Resistenza caratteristica alla reazione dell'appoggio intermedio per profilo in posizione opposta (160 mm larghezza di appoggio): $R_{w,Rk,B,laB=160} = R_{w,Rd,B,la=160} = 22,89$ [kN/m];
- Resistenza a taglio caratteristica: $V_{w,Rk} = V_{w,Rd} = 28,49$ [kN/m];
- Fattore di sicurezza γ_m di 1,10;
- Resistenza a taglio totale dei bulloni: $\sum F_{V,Rd} = 3,50$ kN.

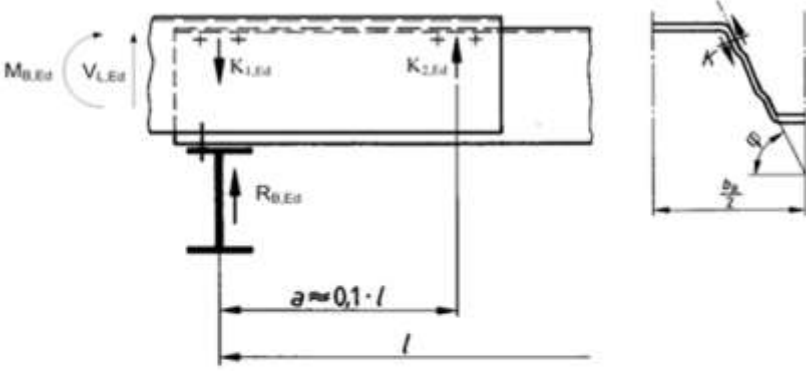
I secondi dati di input sono l'applicazione della combinazione di carico, vedi paragrafo **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** come segue:

- Per carico diretto verso il basso:
 - o Momento sull'appoggio intermedio $M_{B,Ed} = 5,57$ kNm/m;
 - o Reazione sull'appoggio intermedio di: $R_{B,Ed} = 10,22$ kN/m;
- Per carico diretto verso l'alto: azione tagliente di $V_{L,Ed} = 5,14$ kN/m;
- Passo del profilo: $b_R = 0,31$ m;
- Lunghezza di sovrapposizione: $a = 0,80$ m;
- Angolo di inclinazione dell'anima: $\varphi = 66^\circ$.

Please fill in the red cells

Verification

Notice: If verification is not fulfilled please increase length a.



$M_{c,Rk,B}$	8,17	[kNm/m]	$M_{B,Ed}$	5,57	[kNm/m]
$R_{w,Rk,B}$	22,82	[kN/m]	$R_{B,Ed}$	10,22	[kN/m]
$R_{w,Rk,B,laB=160}$	22,89	[kN/m]	$V_{L,Ed}$	5,14	[kN/m]
$V_{w,Rk}$	28,49	[kN/m]	b_R	0,31	[m]
γ_M	1,10	[-]	length a	0,80	[m]
$\Sigma F_{v,Rd}$	3,50	[kN]	φ	66,00	[°]

Notice: $R_{w,Rk,B,laB=160}$ mm for opposite profile position

$\Sigma F_{v,Rd} = n \times F_{v,Rd}$ shear resistance value according to EN 1993-1-3 or ETA at each coupling point

Bending moment distribution like for continuous profile.

a.) Verification of the profile at intermediate support

	$M_{B,Ed} / M_{c,Rd,B} \leq 1.0$	0,75	[-]
downward load:	$R_{B,Ed} / R_{w,Rd,B} \leq 1.0$	0,49	[-]
uplift load:	$V_{L,Ed} / V_{w,Rd} \leq 1.0$	0,20	[-]

Notice: Verification of M-R-interaction or M-V-interaction according to used type design must be done additionally depending on downward or uplift design loads.

b.) Check of the free end of the cantilever, if the line load F_{Ed} introduced by the connections K_i may create web-crippling
downward and uplift load:

No additional verification necessary

c.) Verification of the connections

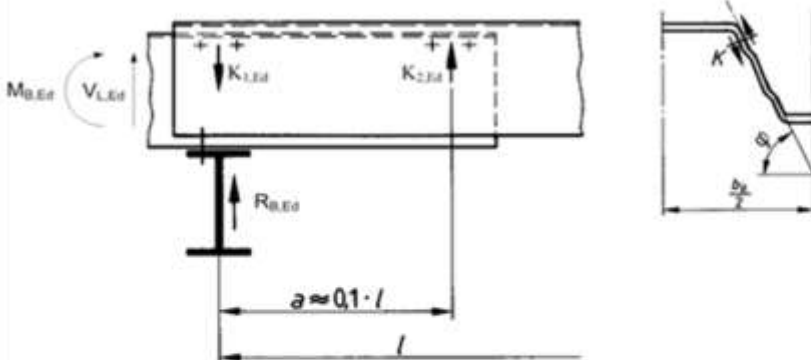
$K_{Ed} = M_{B,Ed} / a / (2 \times \sin(\varphi)) \times b_R$	1,18	[kN]
$K_{Ed} / \Sigma F_{v,Rd} \leq 1.0$	0,34	[-]

Figura 8.6.2a – Scheda Excel per assemblaggio con giunto a singola sovrapposizione con sbalzo superiore.

Please fill in the red cells

Verification

Notice: If verification is not fulfilled please increase length a.



$M_{c,Rk,B}$	8,17	[kNm/m]	$M_{B,Ed}$	5,57	[kNm/m]
$R_{w,Rk,B}$	22,82	[kN/m]	$R_{B,Ed}$	10,22	[kN/m]
$R_{w,Rk,B,laB=160}$	22,89	[kN/m]	$V_{L,Ed}$	5,14	[kN/m]
$V_{w,Rk}$	28,49	[kN/m]	b_R	0,31	[m]
γ_M	1,10	[-]	length a	0,80	[m]
$\Sigma F_{v,Rd}$	3,50	[kN]	φ	66,00	[°]

Notice: $R_{w,Rk,B,laB=160}$ mm for opposite profile position

$\Sigma F_{v,Rd} = n \times F_{v,Rd}$ shear resistance value according to EN 1993-1-3 or ETA at each coupling point

Bending moment distribution like for continuous profile.

a.) Verification of the profile at intermediate support

downward load:	$M_{B,Ed} / M_{c,Rd,B} \leq 1.0$	0,75	[-]
uplift load:	$R_{B,Ed} / R_{w,Rd,B} \leq 1.0$	0,49	[-]
	$V_{L,Ed} / V_{w,Rd} \leq 1.0$	0,20	[-]

Notice: Verification of M-R-interaction or M-V-interaction according to used type design must be done additionally depending on downward or uplift design loads.

b.) Check of the free end of the cantilever, if the line load F_{Ed} introduced by the connections K_i may create web-crippling
downward and uplift load:

No additional verification necessary

c.) Verification of the connections

$K_{Ed} = M_{B,Ed} / a / (2 \times \sin(\varphi)) \times b_R$	1,18	[kN]
$K_{Ed} / \Sigma F_{v,Rd} \leq 1.0$	0,34	[-]

Figura 8.6.2b – Scheda Excel per assemblaggio con giunto a singola sovrapposizione con sbalzo sotto.

Confronto tra risultati analitici e risultati del software Excel per giunto a singola sovrapposizione con sbalzo sopra

Per questo confronto, il riferimento è il risultato analitico (paragrafo 8.4.2).

Oggetto	Analitico	software Excel	Errore [%]
Verifica del profilo in corrispondenza dell'appoggio intermedio			
Carico diretto verso il basso			
Momento sull'appoggio	0,751	0,75	-0,13 %
Reazione sull'appoggio	0,493	0,49	-0,6 %
Carico diretto verso l'alto			
Resistenza a taglio	0,199	0,20	0,5 %
Controllo dell'instabilità locale dell'anima			
Carico diretto verso il basso	0,67	0,67	0 %
Carico diretto verso l'alto	-	-	
Verifica del collegamento			
Azione sul collegamento	2,05	2,05	0 %
Resistenza del collegamento	0,585	0,59	0,85 %

Tabella 8.6.2a – Confronto tra i risultati analitici e delle schede Excel per assemblaggio con singola sovrapposizione con sbalzo sopra.

I valori forniti dal software dall'applicazione dell'esempio progettuale portano a risultati molto simili. Tutti gli errori sono inferiori a ± 1 %.

Confronto tra risultati analitici e risultati del software Excel per giunto a singola sovrapposizione con sbalzo sotto

Per questo confronto, il riferimento è il risultato analitico (paragrafo 8.4.3).

Oggetto	Analitico	software Excel	Errore [%]
Verifica del profilo in corrispondenza dell'appoggio intermedio			
Carico diretto verso il basso			
Momento sull'appoggio	0,751	0,75	-0,13 %
Reazione sull'appoggio	0,493	0,49	-0,6 %
Carico diretto verso l'alto			
Resistenza a taglio	0,199	0,20	0,5 %
Controllo dell'instabilità locale dell'anima	-	-	-
Verifica del collegamento			
Azione sul collegamento	1,18	1,18	0 %
Resistenza del collegamento	0,338	0,34	0,59 %

Tabella 8.6.2b – Confronto tra i risultati analitici e delle schede Excel per assemblaggio con singola sovrapposizione con sbalzo sotto.

I valori forniti dal software dall'applicazione dell'esempio progettuale portano a risultati molto simili. Tutti gli errori sono inferiori a ± 1 %.

8.6.3. Validazione del secondo caso con la struttura 2

Per la struttura 2, sono utilizzate la terza e la quarta scheda del software Excel.

I primi dati di input sono i valori caratteristici del profilo, il fattore di sicurezza considerato γ_M e il valore di resistenza a taglio totale dei bulloni (nell'anima). Essi sono implementati in accordo alle Figure 8.6.3a e 8.6.3b:

Manuale di Progettazione per Profili Assemblati

- Per carico diretto verso il basso:
 - Resistenza caratteristica a flessione sull'appoggio, per profilo in posizione normale soggetto a carico diretto verso il basso: $M_{c,Rk,B}^{(+)} = M_{b,Rd} = 8,17 \text{ [kNm/m]}$;
 - Resistenza caratteristica alla reazione dell'appoggio intermedio (160 mm larghezza di appoggio): $R_{w,Rk,B}^{(+)} = R_{w,Rd,B} = 22,82 \text{ [kN/m]}$;
 - Resistenza caratteristica a flessione sull'appoggio, per profilo in posizione opposta, soggetto a carico diretto verso l'alto: $M_{c,Rk,B}^{(-)} = M_{b,Rd} = 8,30 \text{ [kNm/m]}$;
 - Resistenza a taglio caratteristica: $V_{w,Rk}^{(-)} = V_{w,Rd} = 28,49 \text{ [kN/m]}$;
 - Fattore di sicurezza γ_m di 1,10;
 - Resistenza a taglio totale dei bulloni: $\sum F_{V,Rd} = 3,50 \text{ kN}$;
 - Resistenza caratteristica alla reazione dell'appoggio intermedio per profilo in posizione opposta (160 mm larghezza di appoggio): $R_{w,Rk,B,160mm} = R_{w,Rd,B,la=160} = 22,89 \text{ [kN/m]}$.
- Per carico diretto verso l'alto:
 - Resistenza caratteristica a flessione sull'appoggio, per profilo in posizione normale, soggetto a carico diretto verso l'alto: $M_{c,Rk,B}^{(+)} = M_{b,Rd} = 9,66 \text{ [kNm/m]}$;
 - Resistenza a taglio caratteristica: $V_{w,Rk}^{(+)} = V_{w,Rd} = 28,49 \text{ [kN/m]}$;
 - Resistenza caratteristica a flessione sull'appoggio e all'estremità della zona di sovrapposizione, per profilo in posizione opposta soggetto a carico diretto verso il basso: $M_{c,Rk,B}^{(-)} = M_{b,Rd} = 9,66 \text{ [kNm/m]}$;
 - Resistenza caratteristica alla reazione dell'appoggio intermedio per profilo in posizione opposta (160 mm larghezza di appoggio): $R_{w,Rd,B,la=160} = 22,89 \text{ [kN/m]}$;
 - Fattore di sicurezza γ_m di 1,10;
 - Resistenza a taglio totale dei bulloni: $\sum F_{V,Rd} = 3,50 \text{ kN}$;

I secondi dati di input sono l'applicazione della combinazione di carico, vedi paragrafo **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, come segue:

- Per carico diretto verso il basso:
 - Momento sull'appoggio intermedio $M_{B,Ed} = 9,33 \text{ kNm/m}$;
 - Reazione sull'appoggio intermedio di: $R_{B,Ed} = 17,12 \text{ kN/m}$;

Manuale di Progettazione per Profili Assemblati

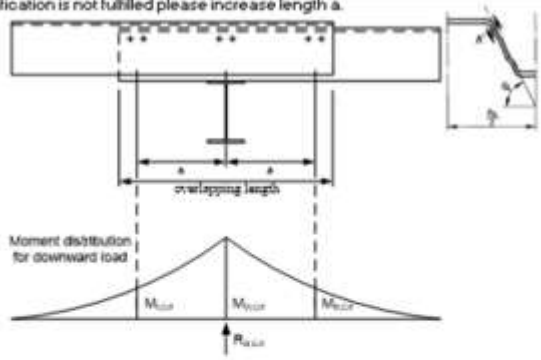
- Momento all'estremità della lunghezza di sovrapposizione a (lato sinistro dell'appoggio): $M_{I,Ed} = 3,29 \text{ kNm/m}$;
 - Momento all'estremità della lunghezza di sovrapposizione a (lato destro dell'appoggio): $M_{II,Ed} = 3,29 \text{ kNm/m}$;
 - Passo del profilo: $b_R = 0,31 \text{ m}$;
 - Lunghezza di sovrapposizione: $a = 0,80 \text{ m}$;
 - Angolo di inclinazione dell'anima: $\varphi = 66^\circ$.
- Per carico diretto verso l'alto:
- Momento sull'appoggio intermedio $M_{B,Ed} = 2,82 \text{ kNm/m}$;
 - Azione di taglio di $V_{Ed} = V_{L,Ed} = 2,59 \text{ kN/m}$;
 - Momento all'estremità della lunghezza di sovrapposizione a (lato sinistro dell'appoggio): $M_{I,Ed} = 0,99 \text{ kNm/m}$;
 - Momento all'estremità della lunghezza di sovrapposizione a (lato destro dell'appoggio): $M_{II,Ed} = 0,99 \text{ kNm/m}$;
 - Passo del profilo: $b_R = 0,31 \text{ m}$;
 - Lunghezza di sovrapposizione: $a = 0,80 \text{ m}$;
 - Angolo di inclinazione dell'anima: $\varphi = 66^\circ$.

Please fill in the red cells!

Verification

downward load

Notice: If verification is not fulfilled please increase length a.



Moment distribution for downward load

$M_{c,Rk,B}^{(+)}$	0.17	[kNm/m]	a.)	$M_{B,Ed}$	5.33	[kNm/m]
$R_{w,Rk,B}^{(+)}$	22.82	[kN/m]		$R_{B,Ed}$	17.42	[kN/m]
$M_{u,Rk,B}^{(-)}$	5.30	[kNm/m]		$M_{u,Ed}$	3.29	[kNm/m]
$V_{u,Rk}$	28.49	[kN/m]		$M_{B,Ed}$	3.29	[kNm/m]
γ_{H1}	1.30	[-]		b_R	0.31	[m]
$\pm F_{v,Rd}$	3.50	[kN]		length a	0.80	[m]
$R_{w,Rk,B,11+mm}$	22.82	[kN/m/m]		φ	66.00	[°]

Notice: (+) normal profile position downward load
 (-) opposite profile position uplift load
 $R_{w,Rk,B,11+mm}$ for opposite profile position downward load
 $\pm F_{v,Rd} = n \times F_{v,Rd}$ shear resistance value according to EN 1993-1-3 or ETA at each coupling point
 Bending moment distribution like for continuous profile without taking into account the higher stiffness at the support area.

b.) Verification of the profile at intermediate support

$M_{B,Ed} / (1.8 \times M_{u,Rk,B}^{(-)}) \leq 1.0$	0.70	[-]
$R_{B,Ed} / (1.8 \times R_{w,Rk,B}^{(-)}) \leq 1.0$	0.46	[-]

Notice: Verification of interaction according to used type design must be done additionally.

c.) Verification of the continuous profile at the end of the overlap with the bending moments $M_{B,Ed}$ or $M_{u,Ed}$ and the line load F_{Ed}

$F_{Ed} = M_{B,Ed} / (2 \times a)$ 5.83 [kN/m]

Section I and II:

$M_{B,Ed} / M_{u,Rk,B}^{(-)} \leq 1.0$	0.44	[-]
$M_{u,Ed} / M_{u,Rk,B}^{(-)} \leq 1.0$	0.44	[-]
$F_{Ed} / V_{u,Rk}^{(-)} \leq 1.0$	0.23	[-]

Notice: Verification of interaction according to used type design must be done additionally for section I and II.

d.) Check of the free end of the cantilever, if the line load F_{Ed} introduced by the connections K_1 may create web-crippling

	cantilever:	upside	underneath
$M_{B,Ed} / (2 \times a) / (0.5 \times R_{w,Rk,B,11+mm}) \leq 1.0$	0.56	[-]	not necessary

e.) Verification of the connections

$K_{Ed} = M_{B,Ed} / (2 \times a) / (2 \times \sin(\varphi)) \times b_R$	0.99	[kN]
$K_{Ed} / \pm F_{v,Rd} \leq 1.0$	0.26	[-]

Figura 8.6.3a – Scheda Excel per assemblaggio con giunto con sovrapposizione doppia – carico diretto verso il basso.

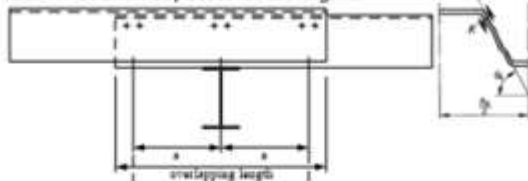
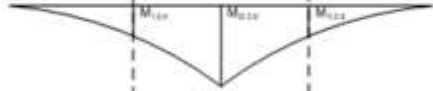
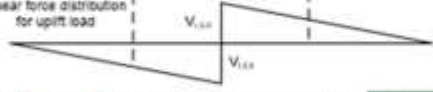
uplift load			
Notice: If verification is not fulfilled please increase length a.			
			
			
$M_{u,Rd}^{(*)}$ 8.66 [kNm/m] $V_{u,Rd}^{(*)}$ 38.48 [kN/m] $M_{u,Rd}^{(-)}$ 8.66 [kNm/m] $R_{u,Rd}^{(-)}$ 22.63 [kN/m] γ_{RH} 1.30 [-] $zF_{u,Rd}$ 3.50 [kN]	a.)	$M_{B,Ed}$ 2.82 [kNm/m] $\max V_{Ed}$ 2.98 [kN/m] M_{Ed} 0.33 [kNm/m] $M_{B,Ed}$ 0.33 [kNm/m] b_R 0.31 [m] $\text{length } a$ 0.80 [m] φ 66.00 [°]	
Notice: (+) normal profile position uplift load (-) opposite profile position downward load, values for $\max L_{a,B}$ $R_{u,Rd,B,N,Ed,Ed}$ for opposite profile position downward load $zF_{u,Rd} = n \times F_{u,Rd}$ shear resistance value according to EN 1993-1-3 or ETA at each coupling point Bending moment distribution like for continuous profile without taking into account the higher stiffness at the support area.			
b.) Verification of the profile at intermediate support			
$M_{B,Ed} / (1.8 \times M_{u,Rd}^{(*)}) \leq 1.0$ 0.18 [-] $\max V_{Ed} / (1.8 \times V_{u,Rd}^{(*)}) \leq 1.0$ 0.06 [-] Notice: Verification of interaction according to used type design must be done additionally.			
c.) Verification of the continuous profile at the end of the overlap with the bending moments $M_{B,Ed}$ or $M_{u,Ed}$ and the line load F_{Ed}			
$F_{Ed} = M_{B,Ed} / (2 \times a)$ 1.76 [kN/m]			
Section I and II:			
$M_{B,Ed} / M_{u,Rd}^{(*)} \leq 1.0$ 0.11 [-] $M_{u,Ed} / M_{u,Rd}^{(*)} \leq 1.0$ 0.11 [-] $F_{Ed} / R_{u,Rd}^{(*)} \leq 1.0$ 0.08 [-] Notice: Verification of interaction according to used type design must be done additionally for section I and II.			
d.) Check of the free end of the cantilever, if the line load F_{Ed} introduced by the connections K_c may create web-crippling			
cantilever: upside underneath not necessary not necessary			
e.) Verification of the connections			
$K_{Ed} = M_{B,Ed} / (2 \times a) [2 \times \sin(\varphi)] \times b_R$ 0.30 [kN] $K_{Ed} / zF_{u,Rd} \leq 1.0$ 0.09 [-]			

Figura 8.6.3b – Scheda Excel per assemblaggio con giunto con sovrapposizione doppia – carico diretto verso l'alto.

Please fill in the red cells			
Verification			
downward load			
Notice: If verification is not fulfilled please increase length a.			
$M_{L,R,B}^{(+)}$ 8.17 [kNm/m] $R_{u,R,B}^{(+)}$ 22.82 [kN/m] $M_{L,R,B}^{(-)}$ 8.30 [kNm/m] $V_{u,R,B}^{(-)}$ 28.43 [kN/m] γ_{M1} 1.10 [-] $\pm F_{u,R,B}$ 3.50 [kN] $R_{u,R,B,110mm}$ 22.89 [kN/m]	a.)	$M_{B,E,d}$ 9.31 [kNm/m] $R_{B,E,d}$ 17.12 [kN/m] $M_{L,E,d}$ 3.29 [kNm/m] $M_{R,E,d}$ 3.29 [kNm/m] b_R 0.31 [m] length a 0.80 [m] φ 80.00 [°]	
Notice: (+) normal profile position downward load (-) opposite profile position uplift load $R_{u,R,B,110mm}$ for opposite profile position downward load $\pm F_{u,R,B} = n \times F_{u,R,B}$ shear resistance value according to EN 1993-1-3 or ETA at each coupling point Bending moment distribution like for continuous profile without taking into account the higher stiffness at the support area.			
b.) Verification of the profile at intermediate support $M_{B,E,d} / (1.8 \times M_{L,R,B}^{(+)}) \leq 1.0$ 0.70 [-] $R_{B,E,d} / (1.8 \times R_{u,R,B}^{(+)}) \leq 1.0$ 0.46 [-] Notice: Verification of interaction according to used type design must be done additionally.			
c.) Verification of the continuous profile at the end of the overlap with the bending moments $M_{L,E,d}$ or $M_{R,E,d}$ and the line load $F_{E,d}$ $F_{E,d} = M_{B,E,d} / (2 \times a)$ 5.83 [kN/m] $\max M_{L,E,d} / M_{L,R,B}^{(-)} \leq 1.0$ 0.44 [-] $F_{E,d} / V_{u,R,B}^{(-)} \leq 1.0$ 0.23 [-] Notice: Verification of interaction according to used type design must be done additionally.			
d.) Check of the free end of the cantilever, if the line load $F_{E,d}$ introduced by the connections K_i may create web-crippling $M_{B,E,d} / (2 \times a) / (0.5 \times R_{u,R,B,110mm}) \leq 1.0$ 0.56 [-]			
e.) Verification of the connections $K_{E,d} = M_{B,E,d} / (2 \times a) / (2 \times \sin(\varphi)) \times b_R$ 0.99 [kN] $K_{E,d} / \pm F_{u,R,B} \leq 1.0$ 0.28 [-]			

Figura 8.6.3c – Scheda Excel per assemblaggio di profilo continuo con rinforzo locale – carico diretto verso il basso.

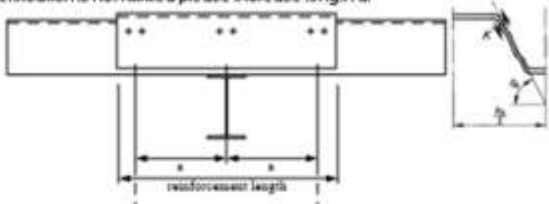
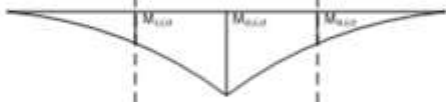
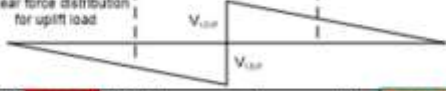
uplift load			
Notice: If verification is not fulfilled please increase length a.  reinforcement length Moment distribution for uplift load  Shear force distribution for uplift load 			
$M_{c,Rk,B}^{(+)}$ 3.66 [kNm/m] $V_{u,Rk}^{(+)}$ 28.43 [kN/m] $M_{c,Rk,B}^{(-)}$ 3.66 [kNm/m] $R_{u,Rk,B}^{(-)}$ 22.89 [kN/m] γ_{H1} 1.10 [-] $\pm F_{u,Rd}$ 3.50 [kN]	a.)	$M_{E,Ed}$ 2.62 [kNm/m] $\max V_{Ed}$ 2.53 [kN/m] $M_{L,Ed}$ 0.39 [kNm/m] $M_{u,Ed}$ 0.39 [kNm/m] b_R 0.31 [m] $\text{length } a$ 0.80 [m] φ 66.00 [°]	
Notice: (+) normal profile position uplift load (-) opposite profile position downward load, values for $\max L_{u,B}$ $R_{u,Rk,B, \max}$ for opposite profile position downward load $\pm F_{u,Rd} = n \times F_{u,Rd}$ shear resistance value according to EN 1993-1-3 or ETA at each coupling point Bending moment distribution like for continuous profile without taking into account the higher stiffness at the support area.			
b.) Verification of the profile at intermediate support $M_{E,Ed} / (1.8 \times M_{c,Rk,B}^{(+)}) \leq 1.0 \quad 0.18 \quad [-]$ $\max V_{Ed} / (1.8 \times V_{u,Rk}^{(+)}) \leq 1.0 \quad 0.06 \quad [-]$ Notice: Verification of interaction according to used type design must be done additionally.			
c.) Verification of the continuous profile at the end of the overlap with the bending moments $M_{L,Ed}$ or $M_{u,Ed}$ and the line load F_{Ed} $F_{Ed} = M_{E,Ed} / (2 \times a) \quad 1.76 \quad [kN/m]$ $\max M_{L,Ed} / M_{c,Rk,B}^{(-)} \leq 1.0 \quad 0.11 \quad [-]$ $F_{Ed} / R_{u,Rk,B}^{(-)} \leq 1.0 \quad 0.08 \quad [-]$ Notice: Verification of interaction according to used type design must be done additionally.			
d.) Check of the free end of the cantilever, if the line load F_{Ed} introduced by the connections K_j may create web-crippling not necessary			
e.) Verification of the connections $K_{Ed} = M_{E,Ed} / (2 \times a) / (2 \times \sin(\varphi)) \times b_R \quad 0.30 \quad [kN]$ $K_{Ed} / \pm F_{u,Rd} \leq 1.0 \quad 0.09 \quad [-]$			

Figura 8.6.3d – Scheda Excel per assemblaggio di profilo continuo con rinforzo locale – carico diretto verso l'alto.

Confronto tra risultato analitico e risultato del software Excel per assemblaggio con giunto con sovrapposizione doppia

Per tale confronto, il riferimento è il risultato analitico (paragrafo 8.5.3).

Oggetto	Analitico	software Excel	Errore [%]
Verifica del profilo in corrispondenza dell'appoggio intermedio			
Carico diretto verso il basso			
Momento sull'appoggio	0,699	0,70	0,14 %
Reazione sull'appoggio	0,459	0,46	0,22 %
Carico diretto verso l'alto			
Momento sull'appoggio	0,178	0,18	1,12 %
Resistenza a taglio	0,056	0,06	7,14 %
Verifica all'estremità della sovrapposizione			
Carico diretto verso il basso			
Carico applicato	5,83	5,83	0 %
Momento all'estremità della sovrapposizione	0,436	0,44	0,92 %
Resistenza a taglio	0,225	0,23	2,22 %
Carico diretto verso l'alto			
Carico applicato	1,76	1,76	0 %
Momento all'estremità della sovrapposizione	0,113	0,11	-2,65 %
Resistenza alla reazione	0,085	0,08	-5,88 %
Controllo dell'instabilità locale dell'anima			
Carico diretto verso il basso	0,561	0,56	-0,17 %
Carico diretto verso l'alto	-	-	--
Verifica del collegamento			
Carico diretto verso il basso			
Carico sul collegamento	0,99	0,99	0 %
Resistenza del collegamento	0,283	0,28	-1,06 %
Carico diretto verso l'alto			
Carico sul collegamento	0,30	0,30	0 %
Resistenza del collegamento	0,085	0,09	5,88 %

Tabella 8.6.3a – Confronto tra risultati analitici e delle schede Excel per assemblaggio con giunto con sovrapposizione doppia.

I risultati analitici sono stati presentati con 3 cifre dopo i decimali mentre il software Excel presenta i risultati con due cifre. Di conseguenza, più il valore del risultato è basso, più è grande l'errore tra i risultati del software Excel e quelli analitici.

Se i risultati analitici fossero presentati con 2 cifre, come quelli del software Excel, l'errore sarebbe minore di ± 1 %. Pertanto i valori dati dal software per l'applicazione dell'esempio progettuale sono accettabili.

Confronto tra risultato analitico e risultato del software Excel per assemblaggio di profilo continuo con rinforzo locale

Per tale confronto, il riferimento è il risultato analitico (paragrafo 8.5.4).

Oggetto	Analitico	software Excel	Errore [%]
Verifica del profilo in corrispondenza dell'appoggio intermedio			
Carico diretto verso il basso			
Momento sull'appoggio	0,699	0,70	0,14 %
Reazione sull'appoggio	0,459	0,46	0,22 %
Carico diretto verso l'alto			
Momento sull'appoggio	0,178	0,18	1,12 %
Resistenza a taglio	0,056	0,06	7,14 %
Verifica all'estremità della sovrapposizione			
Carico diretto verso il basso			
Carico applicato	5,83	5,83	0 %
Momento all'estremità della sovrapposizione	0,436	0,44	0,92 %
Resistenza a taglio	0,225	0,23	2,22 %
Carico diretto verso l'alto			
Carico applicato	1,76	1,76	0 %
Momento all'estremità della sovrapposizione	0,113	0,11	-2,65 %
Resistenza alla reazione	0,085	0,08	-5,88 %
Controllo dell'instabilità locale dell'anima			
Carico diretto verso il basso	0,561	0,56	-0,17 %
Carico diretto verso l'alto	-	-	-
Verifica del collegamento			
Carico diretto verso il basso			
Carico sul collegamento	0,99	0,99	0 %
Resistenza del collegamento	0,283	0,28	-1,06 %
Carico diretto verso l'alto			
Carico sul collegamento	0,30	0,30	0 %
Resistenza del collegamento	0,085	0,09	5,88 %

Tabella 8.6.3a – Confronto tra risultati analitici e delle schede Excel per assemblaggio di un profilo continuo con rinforzo locale.

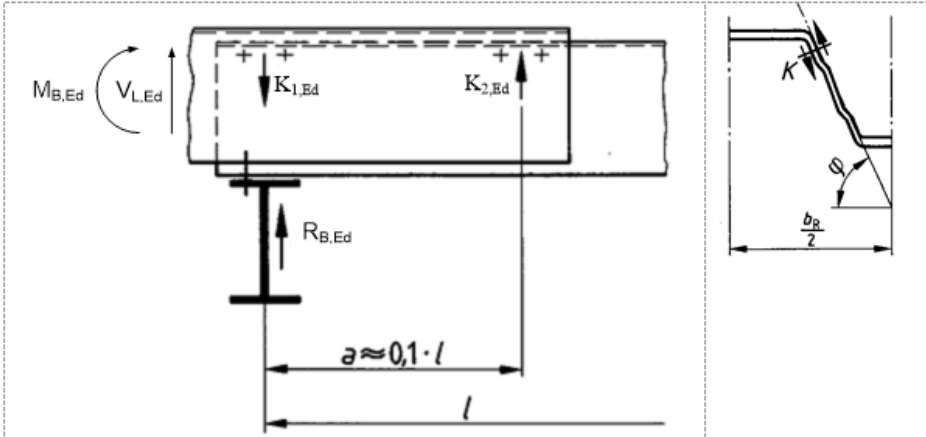
La conclusione per questo confronto è la stessa di quella vista precedentemente per giunto con sovrapposizione doppia.

BIBLIOGRAFIA

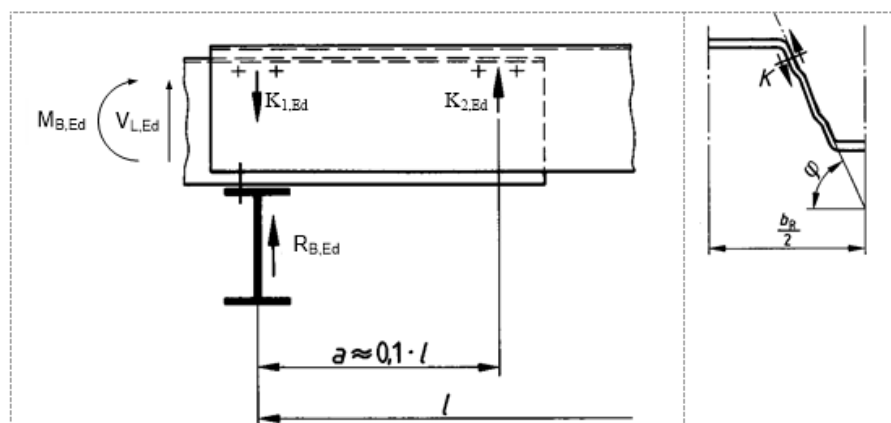
- [1] CEN, EN 14782:2006 – Self-supporting metal sheet for roofing, external cladding and internal lining - Product specification and requirements, Brussels, 2006.
- [2] CEN, EN 1993-1-3:2007 – Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-3: General rule - Supplementary rules for cold-formed member and sheeting, Brussels, 2007.
- [3] DIN 18807-3:1987 - Trapezoidal sheeting in building – Trapezoidal steel sheeting – Structural analysis and design, Berlin, 1987.
- [4] CEN, EN 1090-4 – Execution of steel structures and aluminium structures – Part 4: Technical requirements for thin-gauge, cold-formed steel elements and structures for roof, ceiling, floor and wall applications.
- [5] C. FAUTH, GRISPE – WP2: Assembled Profiles – D2.3 Test report, 2016.
- [6] R. HOLZ, GRISPE – WP2: Assembled Profiles – D2.4 Test analysis and interpretation, 2016.
- [7] CEN, EN 1990:2002 – Eurocode – Basis of structural design, Brussels, 2002.
- [8] CEN, EN 1990:2002/A1:2005 – Eurocode – Basis of structural design – Amendment A1, Brussels, 2005.
- [9] CEN, EN 1990:2002/A1:2005/AC:2010 – Eurocode – Basis of structural design – Amendment A1 - Corrigendum, Brussels, 2010.
- [10] CEN, EN 1991-1-1:2002 – Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-1: General actions - Densities, self-weight, imposed loads for buildings, Brussels, 2002.
- [11] CEN, EN 1991-1-1:2002/AC:2009 – Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-1: General actions - Densities, self-weight, imposed loads for buildings - Corrigendum, Brussels, 2009.
- [12] CEN, EN 1991-1-3:2003 – Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-3: General actions – Snow loads, Brussels, 2003.
- [13] CEN, EN 1991-1-3:2003/AC:2009 – Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-3: General actions – Snow loads - Corrigendum, Brussels, 2009.
- [14] CEN, EN 1991-1-3:2003/A1:2015 – Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-3: General actions – Snow loads - Amendment A1, Brussels, 2015.
- [15] CEN, EN 1991-1-4:2005 – Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-4: General actions - Wind actions, Brussels, 2005.
- [16] CEN, EN 1991-1-4:2005/AC:2010 – Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-4: General actions - Wind actions – Corrigendum, Brussels, 2010.
- [17] CEN, EN 1991-1-4:2005/A1:2010 – Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-4: General actions - Wind actions – Amendment A1, Brussels, 2010.
- [18] CEN, EN 1993-1-1:2005 – Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings, Brussels, 2005.

- [19] CEN, EN 1993-1-1:2005/AC:2009 – Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings - Corrigendum, Brussels, 2005.
- [20] CEN, EN 1993-1-1:2005/A1:2014 – Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings – Amendment A1, Brussels, 2014.
- [21] CEN, EN 1993-1-3:2007/AC:2009 – Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-3: General rule - Supplementary rules for cold-formed member and sheeting - Corrigendum, Brussels, 2009.
- [22] CEN, EN 1995-1-1:2005 – Eurocode 5: Design of timber structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings, Brussels, 2005.
- [23] CEN, EN 1995-1-1:2005/AC:2006 – Eurocode 5: Design of timber structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings, Corrigendum, Brussels, 2006.
- [24] CEN, EN 1995-1-1:2005/A1:2008 – Eurocode 5: Design of timber structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings, Amendment A1, Brussels, 2008.
- [25] CEN, EN 1995-1-1:2005/A2:2014 – Eurocode 5: Design of timber structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings, Amendment A1, Brussels, 2014.
- [26] CEN, EN 1993-1-5:2007 – Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-5: General rules - Plated structural elements, Brussels, 2007.
- [27] CEN, EN 1993-1-5:2007/AC:2009 – Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-5: General rules - Plated structural elements - Corrigendum, Brussels, 2009.
- [28] CEN, EN 1993-1-5:2006/A1:2017 – Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-5: General rules - Plated structural elements – Amendment A1, Brussels, 2017.

ALLEGATO: PROGETTO DI MIGLIORAMENTO PRESENTATO AL CEN

AM-1-3-2016-08	
Subject	Assembled trapezoidal profiles (statically effective overlapping)
Clause No/ Subclause No/ Annex	
Reason for Amendment	No data in the actual version of EN 1993-1-3
Proposed Change	1. cantilever above  a) Verification of the profile with the design resistance values ($M_{Rd,B}$, $R_{w,Rd,B}$) of the continuous profile in the support axis taking into account the influence of support reaction (M-R-interaction). b) Check of the free end of the cantilever, if the line load introduced by the connections K_i may create web crippling - Downward load = negative bending moment web crippling at the end of the cantilever $F_{Ed} = M_{B,Ed}/a < 0,5 R_{w,Rd,B}$ $R_{w,Rd,B}$ is the ultimate support reaction at intermediate supports in the opposite profile position (in general negative position) for the max. support width, in general $l_{aB} = 160$ mm (determined in GRISPE [1], that the design resistance $R_{w,Rd,B}(160 \text{ mm})$ is suitable for this verification) - Uplift load = positive bending moment No web crippling possible at the end of the cantilever c) Verification of the connections K_{Ed} $K_{Ed} = \max K_i = M_{B,Ed}/a + V_{L,Ed} / (2 * \sin(\varphi)) * b_R \text{ (Verification in one web)}$ $K_{Ed} / \Sigma F_{v,Rd} \leq 1,0$ with $\Sigma F_{v,Rd}$ shear resistance of the screws

2. cantilever underneath



- Verification of the profile with the design resistance values ($M_{Rd,B}$, $R_{w,Rd,B}$) of the continuous profile in the support axis taking into account the influence of support reaction (M-R-interaction).
- Check of the free end of the cantilever, if the line load introduced by the connections K_i may create web crippling
 - Downward load = negative bending moment
No web crippling possible at the end of the cantilever
 - Uplift load = positive bending moment
No web crippling possible at the end of the cantilever

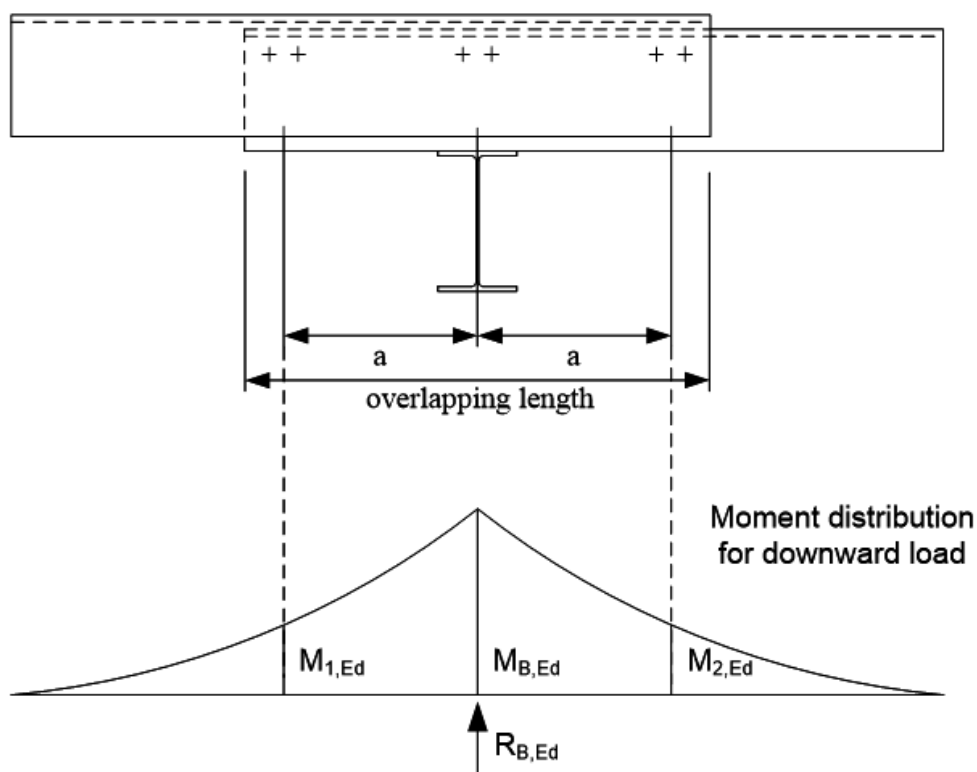
- Verification of the connections K_{Ed}

$$K_{Ed} = \max K_i = |M_{B,Ed}| / (2 \cdot a \cdot \sin(\varphi)) \cdot b_R \text{ (Verification in one web)}$$

$$K_{Ed} / \Sigma F_{v,Rd} \leq 1,0$$

with $\Sigma F_{v,Rd}$ shear resistance of the screws

3. Overlap joint



- Determination of the bending moment distribution under design loads like for continuous sheets (The influence of the higher bending stiffness at the overlapping area, which is partly compensated by the slip and/or elastic deformations at the connections, is neglected). Results: $M_{B,Ed}$; $R_{B,Ed}$; $M_{1,Ed}$; $M_{2,Ed}$
- Verification of the profiles at the support axis with 90 % of the resistance of the overlapping profiles (factor 0,9 determined in GRISPE [1]) taking into account the influence of the support reaction (M-R-interaction):
 $M_{B,Ed} \leq 0,9 \sum M_{Rd,B}$; $R_{B,Ed} \leq 0,9 \sum R_{wRd,B}$; M-R-interaction
- Verification of the continuous profiles at the ends of the overlap with the bending moments $M_{1,Ed}$ or $M_{2,Ed}$ and the line loads introduced by the connections K_i : $F_{Ed} = M_{B,Ed} / (2a)$. Depending of the direction of the load F_{Ed} relative to the web of the profile, the M-R-interaction or the M-V-interaction has to be verified.
 For downward load, F_{Ed} is acting as a tension force on the webs of the continuous profiles; M-V-interaction has to be verified.
 For uplift load, F_{Ed} is acting as a compression force on the webs of the continuous profiles; M-R-interaction has to be verified.
 In both load cases, the resistance values of the profile in the opposite position at intermediate supports apply for these verifications.
- Check of the free end of the cantilever, if the line load introduced by the connections K_i may create web crippling
 - Downward load = negative bending moment
 web crippling at the end of the upside cantilever
 $F_{Ed} = M_{B,Ed} / (2a) < 0,5 R_{wRd,B}$

$R_{w,Rd,B}$ is the ultimate support reaction at intermediate supports in the opposite profile position (in general negative position) for the max. support width, in general $l_{aB} = 160$ mm (determined in GRISPE [1], that the design resistance $R_{w,Rd,B}(160 \text{ mm})$ is suitable for this verification)
No web crippling possible at the end of the cantilever underneath

- Uplift load = positive bending moment
No web crippling possible, neither at the upside cantilever nor at the cantilever underneath.

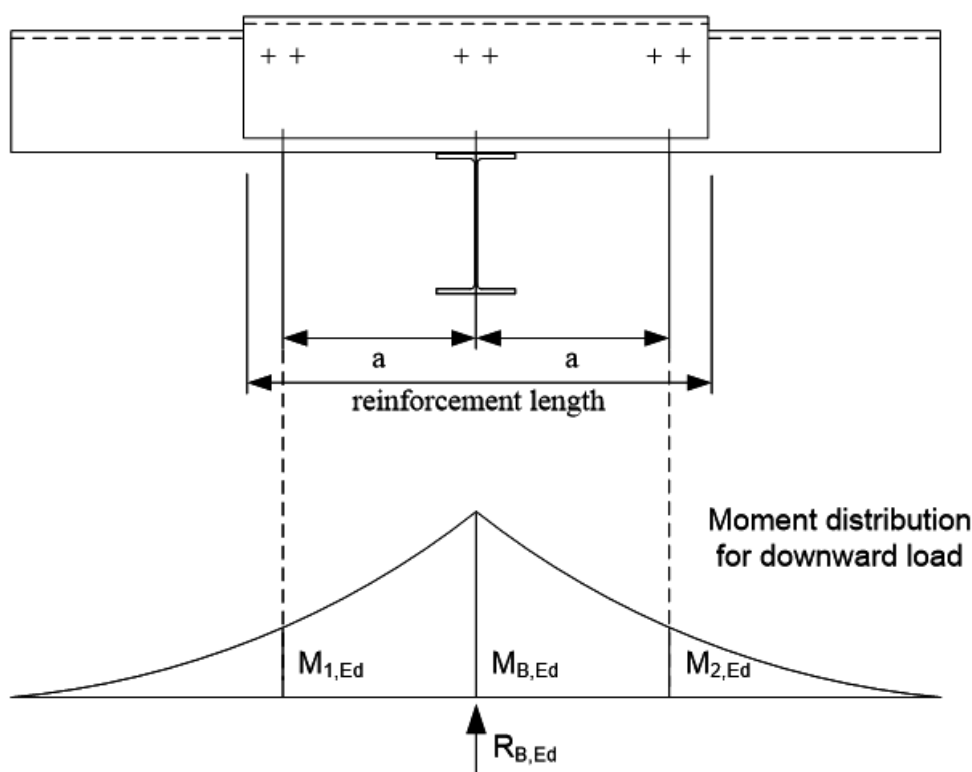
- e) Verification of the connections K_{Ed}
with

$$K_{Ed} = \max K_i = |M_{B,Ed}| / (4 \cdot a \cdot \sin(\varphi)) \cdot b_R \text{ (Verification in one web)}$$

$$K_{Ed} / \Sigma F_{v,Rd} \leq 1,0$$

with $\Sigma F_{v,Rd}$ shear resistance of the screws

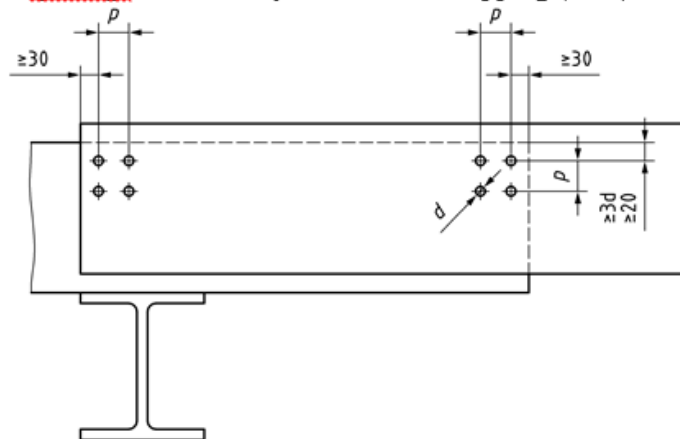
4. Continuous profile with local reinforcement



- a) Determination of the bending moment distribution under design loads like for continuous sheets (The influence of the higher bending stiffness at the overlapping area, which is partly compensated by the slip and/or elastic deformations at the connections, is neglected). Results: $M_{B,Ed}$; $R_{B,Ed}$; $M_{1,Ed}$; $M_{2,Ed}$
- b) Verification of the profiles at the support axis with 90 % of the resistance of the overlapping profiles (factor 0,9 determined in GRISPE [1]) taking into account the influence of the support reaction (M-R-interaction):
 $M_{B,Ed} \leq 0,9 \Sigma M_{Rd,B}$; $R_{B,Ed} \leq 0,9 \Sigma R_{wRd,B}$; M-R-interaction

- c) Verification of the continuous profile at the ends of the overlap with the bending moments $M_{1,Ed}$ or $M_{2,Ed}$ and the line loads introduced by the connections K_i : $F_{Ed} = M_{B,Ed} / (2 a)$. Depending of the direction of the load F_{Ed} relative to the web of the profile, the M-R-interaction or the M-V-interaction has to be verified.
For downward load, F_{Ed} is acting as a tension force on the webs of the continuous profile; M-V-interaction has to be verified.
For uplift load, F_{Ed} is acting as a compression force on the webs of the continuous profile; M-R-interaction has to be verified.
In both load cases, the resistance values of the profile in the opposite position at intermediate supports apply for these verifications.
- d) Check of the free end of the cantilever, if the line load introduced by the connections K_i may create web crippling
- Downward load = negative bending moment
web crippling at the end of both cantilevers
 $F_{Ed} = M_{B,Ed} / (2a) < 0,5 R_{w,Rd,B}$
 $R_{w,Rd,B}$ is the ultimate support reaction at intermediate supports in the opposite profile position (in general negative position) for the max. support width, in general $l_{aB} = 160$ mm (determined in GRISPE [1], that the design resistance $R_{w,Rd,B}(160$ mm) is suitable for this verification)
 - Uplift load = positive bending moment
No web crippling possible at the end of both cantilevers
- e) Verification of the connections K_{Ed} with
- $$K_{Ed} = \max K_i = |M_{B,Ed}| / (4 * a * \sin(\varphi)) * b_R \text{ (Verification in one web)}$$
- $$K_{Ed} / \Sigma F_{v,Rd} \leq 1,0$$
- with $\Sigma F_{v,Rd}$ shear resistance of the screws

Edge and hole spacings for statically effective overlapping (1.-4.)



Background
Information

[1] D2.5 Background and draft annexes for EN 1993-1-3 for assembled profiles,
31.10.2015, KIT