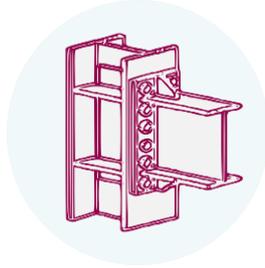




# EQUALJOINTS PLUS

Valorisation of knowledge for European preQUALified  
steel JOINTS





# Equaljoints Plus

Valorisation of knowledge for European  
preQUALified steel JOINTS

## APP MANUAL

Version 1.0.0 (25)

## INDICE

INDICE.....	ii
1. EQUALJOINTS .....	1
1.1 Generalità.....	1
2. Descrizione di ECCS .....	3
2.1 Finalità ed Obbiettivi .....	3
2.2 Soci e composizione .....	3
2.3 COSTRUZIONI DI ACCIAIO: Progettazione & Ricerca.....	3
2.4 Guida tecnica all'uso degli Eurocodici .....	4
3. USARE L'APPLICAZIONE.....	5
3.1 Ambito di impiego .....	5
3.2 Configurazioni .....	6
3.3 Catalogo e fornitori .....	7
3.4 Esempi e relazioni – Calcolatrice .....	9
3.4.1 Introduzione.....	9
3.4.2 Nodi .....	10
4. DOCUMENTAZIONE TECNICA DI SUPPORTO.....	13
4.1 Nodi flangiati non irrigiditi.....	13
4.1.1 Descrizione del nodo .....	13
4.1.2 Elenco dei valori limite per i parametri dei nodi prequalificati.....	14
4.1.3 Procedura di progetto.....	14
4.1.4 Scelta iniziale della geometria e del materiale del nodo .....	15
4.1.5 Procedura di assemblaggio e verifiche di resistenza .....	16
4.1.6 Caratterizzazione della componente (nodo a flessione) .....	16
4.1.7 Rigidezza delle componenti (nodi a flessione).....	21
4.1.8 Resistenza delle componenti (nodo a taglio).....	22
4.2 Nodi flangiati con irrigidimenti .....	23
4.2.1 Descrizione del nodo .....	23
4.2.2 4.1.2 Elenco dei valori limite per i parametri dei nodi prequalificati.....	24
4.2.3 Procedura di progetto.....	25
4.2.4 Scelta iniziale della geometria e del materiale del nodo .....	26
4.2.5 Procedura di assemblaggio e verifiche di resistenza .....	26
4.2.6 Caratterizzazione della componente (nodo a flessione) .....	26
4.2.7 Rigidezza delle componenti (nodi a flessione).....	31
4.2.8 Resistenza delle componenti (nodo a taglio).....	32

4.3	Nodi flangiati con costolatura d'irrigidimento inferiore.....	33
4.3.1	Descrizione del nodo .....	33
4.3.2	Elenco dei valori limite per i parametri dei nodi prequalificati.....	34
4.3.3	Procedura di progetto.....	36
4.3.4	Scelta iniziale della geometria e del materiale del nodo .....	37
4.3.5	Procedura di assemblaggio e verifiche di resistenza .....	38
4.3.6	Caratterizzazione delle componenti.....	41
4.3.7	Classificazione della rigidità .....	41
4.3.8	Classificazione della duttilità.....	42
4.4	Nodi Dog bone .....	42
4.4.1	Descrizione del nodo .....	42
4.4.2	Procedura di progetto.....	43
5.	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	45

# 1. EQUALJOINTS

## 1.1 Generalità

Le finalità di questo progetto sono la valorizzazione e la divulgazione dei risultati ottenuti nell'ambito del progetto RFCS **EQUALJOINTS+**, recentemente concluso, nel quale è stata sviluppata la pre-qualificazione sismica europea di nodi trave-colonna di acciaio. Al fine di sfruttare le potenzialità degli abachi di prequalificazione europea, sono prodotti diversi documenti orientati alla progettazione (linee guida, manuali, programmi ed esempi di progettazione) tradotti in 12 lingue diverse e distribuiti tra le aziende di carpenteria metallica, istituzioni accademiche, ingegneri ed imprese di costruzioni.

Inoltre, un software ed una app per cellulare sono stati sviluppati come strumento di previsione della risposta non-lineare dei nodi. Infine, workshop e seminari saranno organizzati in Europa e negli Stati Uniti d'America per presentare il materiale prodotto e diffonderne la conoscenza. Le organizzazioni che hanno partecipato al progetto **EQUALJOINTS plus** sono le seguenti:

### **Università degli Studi di Napoli Federico II (UNINA)**

Corso Umberto I 40 – 80138 Napoli, Italia

[www.unina.it](http://www.unina.it)

### **Imperial College (IC)**

London SW7 2AZ, UK

[www.imperial.ac.uk](http://www.imperial.ac.uk)

### **Universidade de Coimbra (UC)**

Paço das Escolas, Coimbra, 3001 451, Portugal

[www.uc.pt](http://www.uc.pt)

### **Université de Liège (ULg)**

Place du 20-Août, 7, B-4000 Liège, Belgique

[www.uliege.be](http://www.uliege.be)

### **Universitatea Politehnica Timișoara (UPT)**

Piața Victoriei Nr. 2, 300006 Timișoara, jud. Timiș, România

[www.upt.ro](http://www.upt.ro)

### **European Convention for Constructional Steelwork (ECCS)**

Anenue des Ombrages 32, bte 20, 1200 Brussels, Belgique

[www.steelconstruct.com](http://www.steelconstruct.com)

### **ArcelorMittal Belval & Differdange S.A. (AMBD)**

24-26, Boulevard d'Avranches, L-1160 Luxembourg

[www.arcelormittal.com](http://www.arcelormittal.com)

### **Università degli Studi di Salerno (UNISA)**

Via Giovanni Paolo II, 132 – 84084, Italia

[www.unisa.it](http://www.unisa.it)

### **České vysoké učení technické v Praze (CVUT)**

Zikova 1903/4, 166 36 Praha 6, Česká republika

[www.cvut.cz](http://www.cvut.cz)

**National Technical University of Athens (NTUA)**

Zografou Campus 9, Iroon Polytechniou str, 15780 Zografou, Greece  
[www.ntua.gr](http://www.ntua.gr)

**Reinisch Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTHA)**

Templergraben 55, 52062 Aachen, Germany  
[www.rwth-aachen.de](http://www.rwth-aachen.de)

**Centre Technique Industriel de la Construction Métallique (CTICM)**

Espace technologique L'orme des merisiers, Immeuble Apollo, 91193 Saint-Aubin, France  
[www.cticm.com](http://www.cticm.com)

**Technische Universiteit Delft (TUD)**

Postbus 5, 2600 AA Delft, Nederland  
[www.tudelft.nl](http://www.tudelft.nl)

**Univerza V Ljubljani (UL)**

Kongresni trg 12, 1000 Ljubljana, Slovenija  
[www.uni-lj.si](http://www.uni-lj.si)

**Universitet Po Architektura Stroitelstvo I Geodezija (UASG)**

Bldv. Hristo Smirnenski 1, 1164 Sofia, Bulgaria  
[www.uacg.bg](http://www.uacg.bg)

**Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)**

Calle Jordi Girona 31, Barcelona 08034, España  
[www.upc.edu](http://www.upc.edu)

**OneSource Consultoria nformática**

Urbanização Ferreira Jorge – 1º dto Lote 14, Coimbra 3040 016, Portugal  
[www.onesource.pt](http://www.onesource.pt)

**1.2 Diffusione degli strumenti sviluppati nel quadro del progetto Equaljoints**

**1.2.1 Applicazione per iOS e ANDROID**

Si tratta di un'applicazione sviluppata in ambiente iOS ed Android, facile da usare, che costituisce un'estensione del tool di calcolo sviluppato nel quadro del progetto EQUALJOINTS, che consente la predizione teorica e la verifica rapida ed accurata della risposta ciclica di nodi trave-colonna in acciaio. La App consente inoltre l'accesso ad un database di risultati sperimentali collezionati durante il progetto EQUALJOINTS..

**1.2.2 Canale YouTube**

E' stato creato un canale youtube in cui sono collezionati i video della campagna sperimentale e di alcune simulazioni numeriche. I video sono disponibili [qui](#).

**1.2.3 Database**

Clicca [qui](#) per accedere al database dei risultati sperimentali di EQUALJOINTS.

## 2. Descrizione di ECCS

### 2.1 Finalità ed Obiettivi

L'associazione europea dei costruttori di carpenteria di acciaio (in Inglese **European Convention for Constructional Steelwork**, il cui acronimo è **ECCS**) è stata istituita nel 1955.

La finalità di **ECCS** è promuovere l'impiego della carpenteria di acciaio nel settore delle costruzioni attraverso lo sviluppo di normative e la divulgazione culturale. L'associazione fornisce strumenti decisionali per i vari portatori d'interesse e per gli organi decisionali attraverso comitati tecnici, pubblicazioni, conferenze, ed attraverso i suoi rappresentanti nei comitati internazionali riguardanti normative, ricerca, sviluppo ed educazione superiore.

**ECCS** mette in contatto tutti i portatori d'interesse nel settore dell'industria delle costruzioni di acciaio: Produttori di acciaio, società di carpenteria, fornitori, progettisti (architetti ed ingegneri) ed I rappresentanti del mondo accademico e dei settori ricerca e sviluppo. La sua sede si trova a Brussels, in Belgio.

### 2.2 Soci e composizione

**ECCS** ha le seguenti categorie di soci:

- **Socio pieno**, ovvero le associazioni nazionali europee del settore delle costruzioni di acciaio;
- **Socio internazionale**, ovvero le associazioni non-europee del settore delle costruzioni di acciaio;
- **Socio sostenitore**, ovvero associazioni internazionali che rappresentano I fornitori di materiali o altre organizzazioni che riguardano l'uso dell'acciaio strutturale;
- **Socio associato**, ovvero organizzazioni europee che operano come organismi tecnici o organizzazioni di promozione indipendente con interessi nel settore delle costruzioni di acciaio;
- **Socio individuale**, ovvero chiunque abbia interesse nel settore delle costruzioni di acciaio e abbia intenzione di sostenerlo. A tale riguardo maggiori informazioni si possono trovare al seguente link: [www.steelconstruct.com](http://www.steelconstruct.com) ;

**Nota:** per iscriversi alla newsletter di ECCS, premere [qui](#).

### 2.3 COSTRUZIONI DI ACCIAIO: Progettazione & Ricerca

Il giornale "**Steel Construction, Design and Research**" è la rivista ufficiale di ECCS ed è pubblicata ogni 4 mesi in cooperazione con Ernst & Sohn (Wiley).

**Steel Construction** riunisce in un unico giornale tutti i vari aspetti della costruzione in acciaio. Nell'interesse della "costruzione senza esaurimento", combina abilmente l'acciaio con altre forme di costruzione utilizzando cemento, vetro, cavi e membrane per formare sistemi integrati con l'acciaio. Questo giornale è rivolto a tutti gli ingegneri strutturisti, architetti e altri professionisti che lavorano nel campo della costruzione di acciaio, sia che siano attivi nella ricerca o nella pratica.

## 2.4 Guida tecnica all'uso degli Eurocodici

ECCS pubblica line guida e manuali per l'uso degli Eurocodici strutturali. I **Manuali di progettazione ECCS** offrono informazioni dettagliate sull'applicazione di varie parti dell' Eurocodice 3 (strutture di acciaio), 4 (strutture composte acciaio-calcestruzzo) ed 8 (progettazione sismica di strutture di acciaio e composte acciaio-calcestruzzo) con un approccio orientato alla progettazione che include numerosi esempi pratici.

Di seguito l'elenco dei **Manuali di progettazione ECCS** che sono disponibili o in preparazione:

- Design of Steel Structures – Eurocode 3, part 1-1 – 2<sup>nd</sup> Edition,
- Design of Steel Structures – UK Edition;
- Fire Design of Steel Structures – Eurocode 1, part 1.2 and Eurocode 3, part 1.2 – 2<sup>nd</sup> Edition,
- Design of Plated Structures – Eurocode 3, part 1-5,
- Fatigue Design of Steel Structures – Eurocode 3, part 1-9 and part 1-10,
- Design of Cold-Formed Steel Structures – Eurocode 3, part 1-3,
- Design of Connections in Steel and Composite Structures – Eurocode 3, part 1.8 and Eurocode 4, part 1-1,
- Design of Joints in Steel Structures – UK Edition
- Design of Composite Structures, Eurocode 4, part 1-1,
- Fire Design of Composite Structures, Eurocode 4, part 1.2,
- Design of Steel Structures for Buildings in Seismic Areas, Eurocode 8, part 1.

ECCS pubblica anche line guida sugli aspetti teorici e di base relative alle costruzioni di acciaio. Ulteriori informazioni sono disponibili in rete nell' **[ECCS Online Bookstore](#)**.

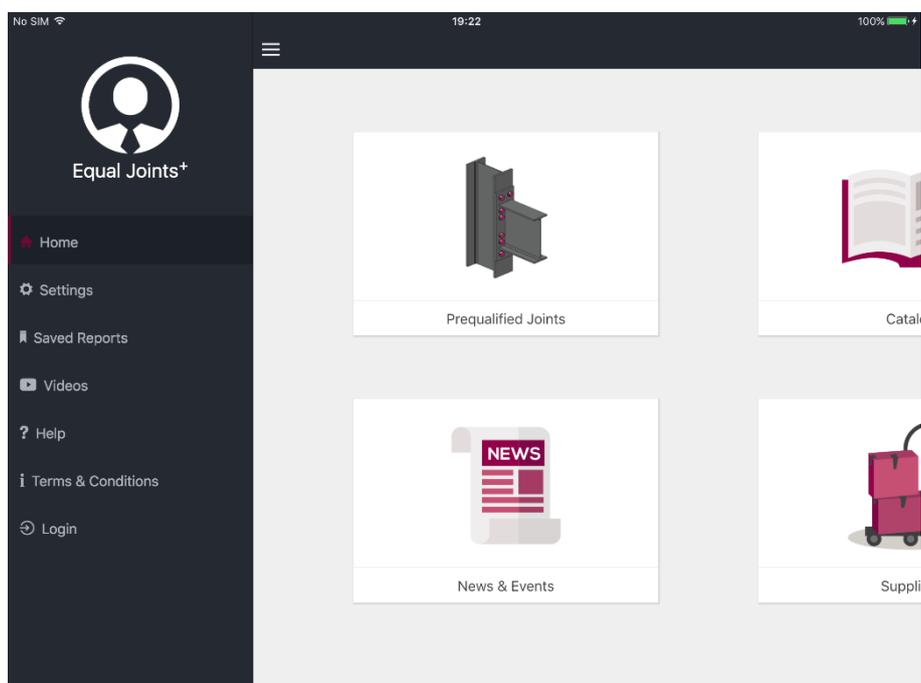
### 3. USARE L'APPLICAZIONE

#### 3.1 Ambito di impiego

**EQUALJOINTS calculator** fornisce un elenco di nodi di acciaio prequalificati sismicamente e consente, inoltre, di calcolare la resistenza dei nodi trave-colonna in accord all' EC3-1-8.

Le seguenti verifiche sono considerate:

- Resistenza a flessione
- Rigidezza flessionale
- Resistenza a taglio
- Duttilità



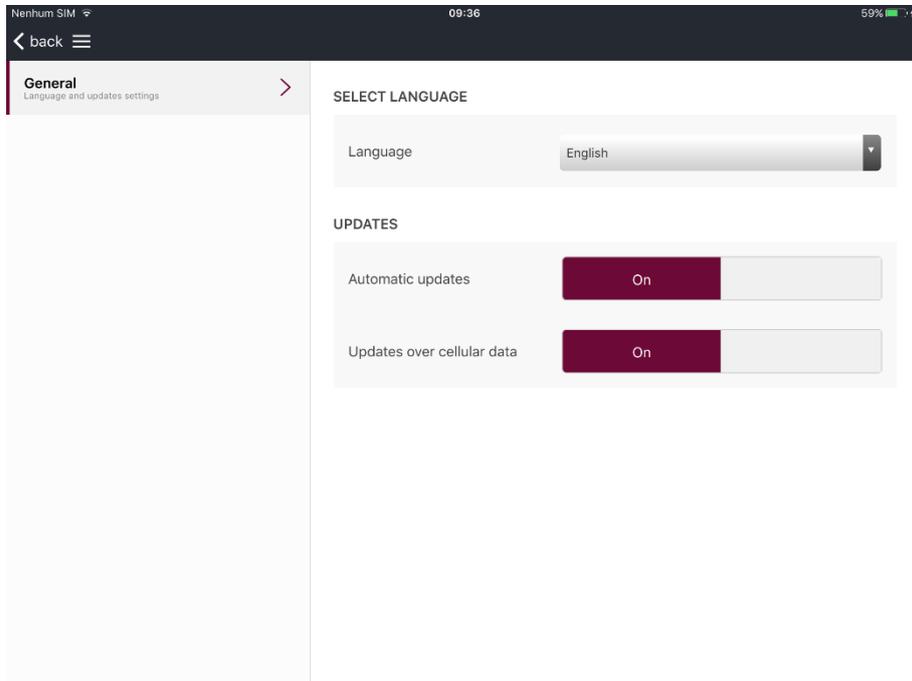
L'elenco dei dati relative ai prodotti di acciaio ed ai relative fornitori è descritto nel **Paragrafo 3.3**.

Esempi ed istruzioni di utilizzo dell'applicazione per il calcolo della resistenza sono riportati nel **Paragrafo 3.4**. La descrizione della documentazione tecnica a supporto dei calcoli è fornita al **Capitolo 4**. Il manual di progetto dei nodi di acciaio pre-qualificati sismicamente [2] fornisce una descrizione dettagliate delle procedure di progetto e verifica. **EQUALJOINTS calculator** copre i casi di nodi flangiati con e senza irrigidimenti, di nodi flangiati con costolatura inferior e di nodi saldati tipo dog-bone. L'applicazione è gratuita.

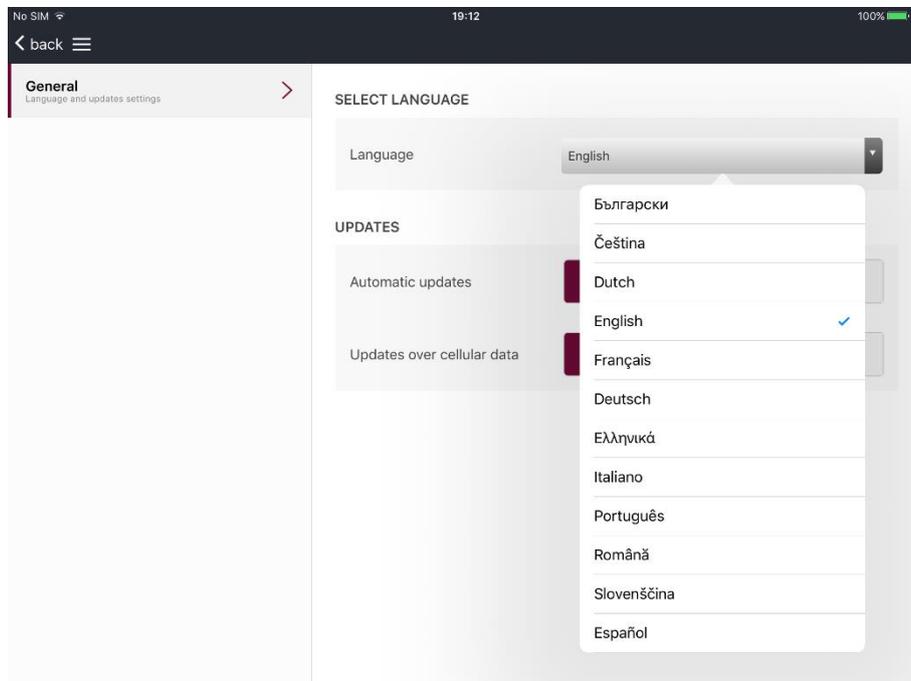
Nella sezione di Configurazione, vedi **Paragrafo 3.2**, l'utente può cambiare I valori pre-impostati con valori adeguati alle sue esigenze.

Per suggerimenti e/o commenti riguardo l'applicazione, si prega di premere [qui](#).

## 3.2 Configurazioni Generalità



### Language

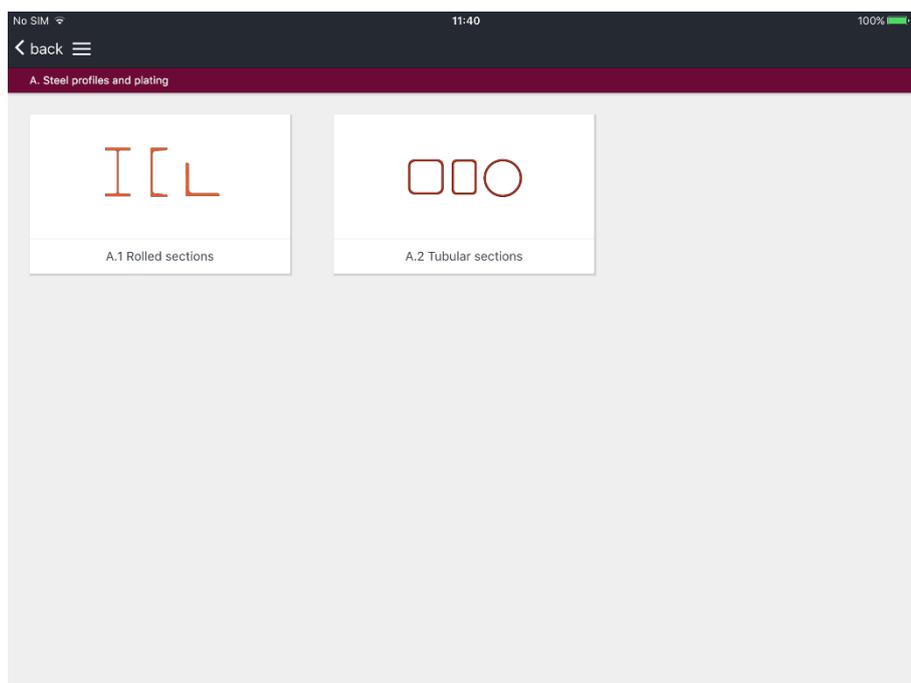
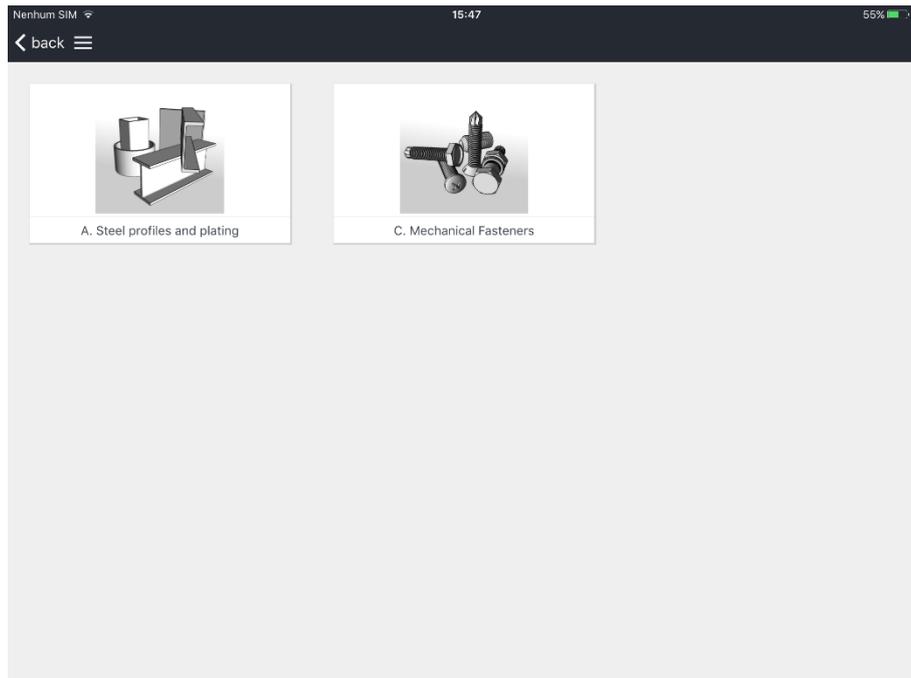


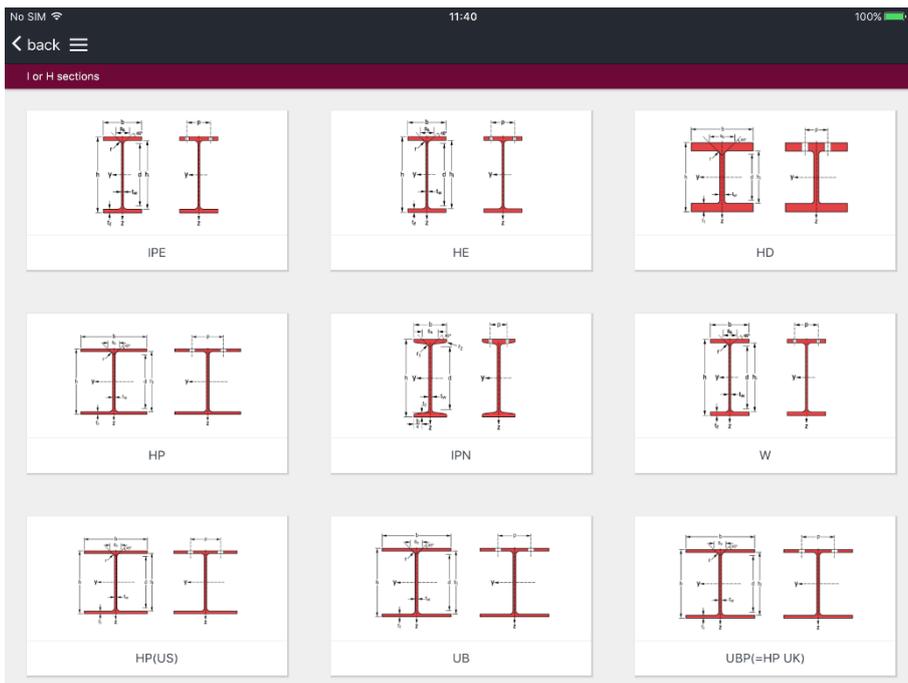
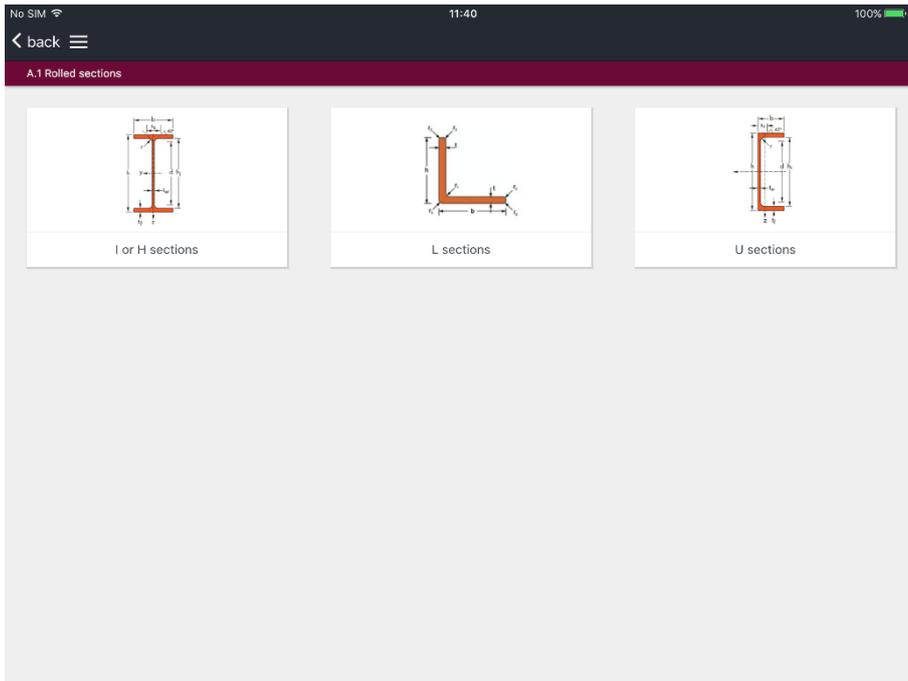
### 3.3 Catalogo e fornitori

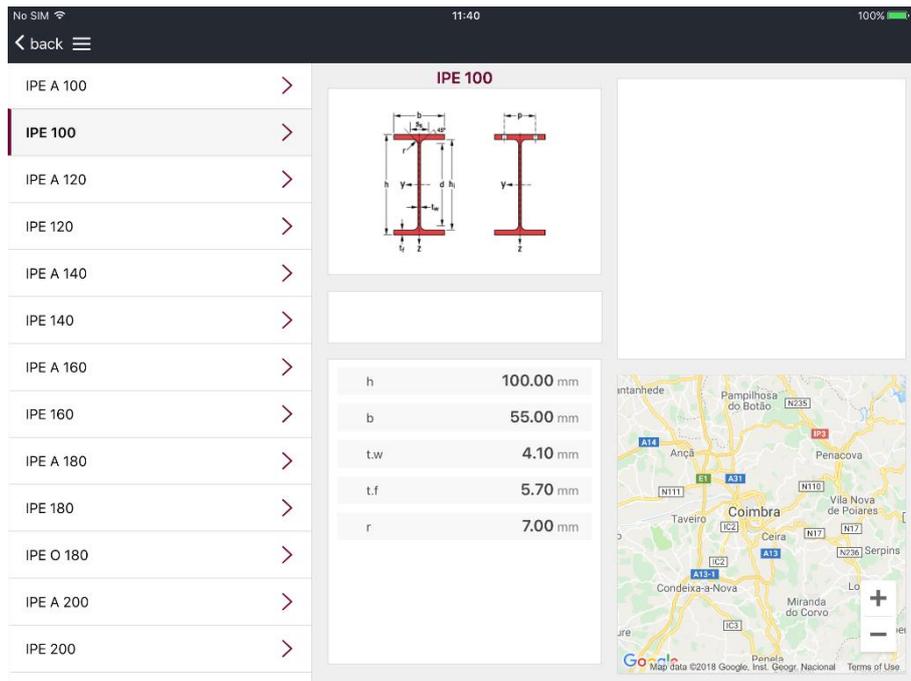
Il catalogo è organizzato in diverse categorie e sotto-categorie. Nel caso in cui l'oggetto ricercato è presente nella sezione "Calcolatrice" – ad es. i profili ad I – le proprietà sono pre-impostate per essere automaticamente adottate nei calcoli.

I passaggi per ottenere l'informazione sulla categoria delle sezioni ad I è illustrata di seguito.

Nella finestra sono riportate le informazioni sui fornitori che forniscono il prodotto e si viene direttamente indirizzati alla sezione "Fornitori". La sezione Fornitori riporta le informazioni sui fornitori e le relative deleghe all'utilizzo dei prodotti.

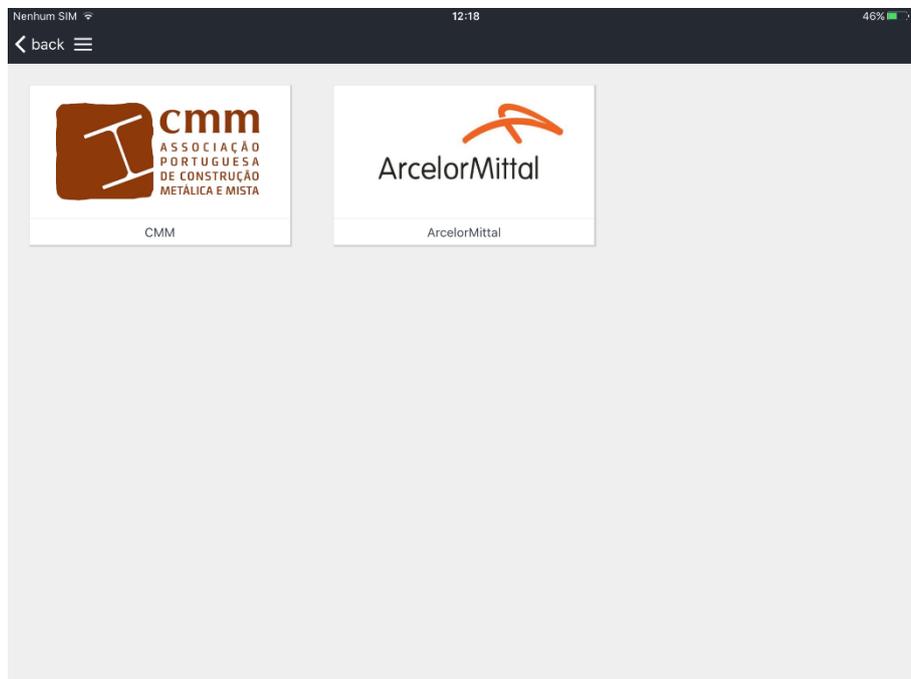






In the item window, information of the suppliers that provide such product is given and redirects automatically the user to the “Suppliers” section.

Suppliers section gives information about the suppliers and corresponding delegations of the applications products.



### 3.4 Esempi e relazioni – Calcolatrice

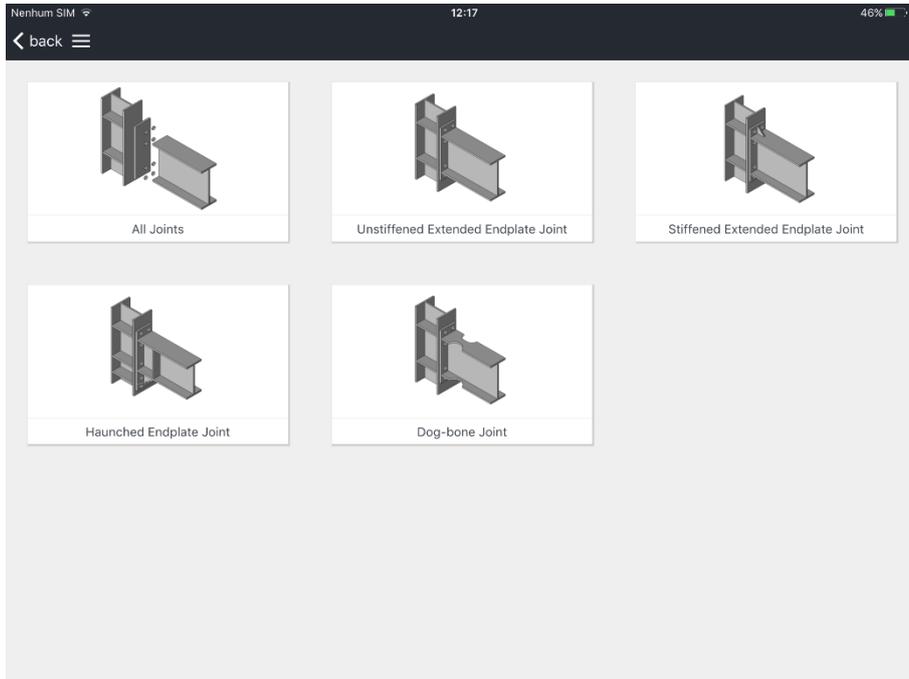
#### 3.4.1 Introduzione

Sono necessary 3 passaggi per ottenere la resistenza :

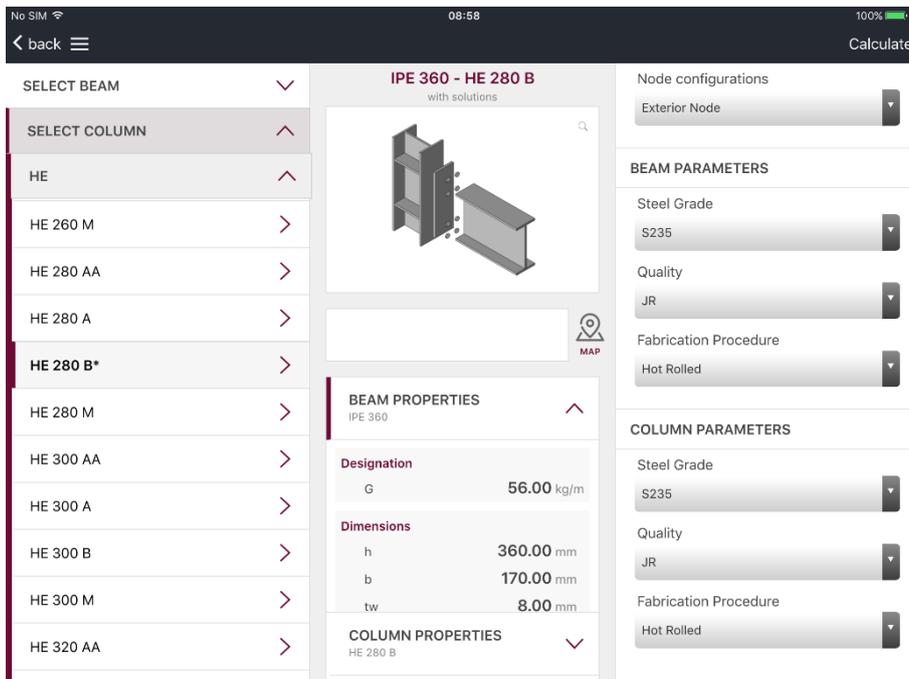
- Scegliere la sezione trasversale;
- Inserire i valori dei parametri richiesti in accordo al caso analizzato (lunghezza dell'elemento e classe di acciaio);
- I risultati sono ottenuti nella sezione "risultati". Una relazione di calcolo è generata automaticamente e può essere inviata via email o salvata.

### 3.4.2 Nodi

#### Interfaccia



#### Calcolatrice



## Results

Carrier 2:22 PM 100%

Calculator

**All available solution for the selected beam and column [IPE 360 - HE 280 B]**

Specimen name	Design criteria	$M_{b,Rd}$ [kNm]	$M_{con,Rd}$ [kNm]	$M_{j,Rd}$ [kNm]	$S_{pl,Rd}$ [kNm/rad]
<input type="radio"/> E1-TB-E	Equal	629.84	514.63	413.53	94558.43
<input type="radio"/> E1-TB-P	Partial	621.84	627.60	449.27	91732.64
<input type="radio"/> ES1-TS-E	Equal	565.10	448.82	516.61	95731.94
<input type="radio"/> ES1-TS-F	Full	594.65	468.53	574.19	93389.26
<input type="radio"/> EH1-TS-35-F	Full	542.65	527.35	651.62	92437.87

Please select one or more solutions to analyse.

## Confronto dei risultati

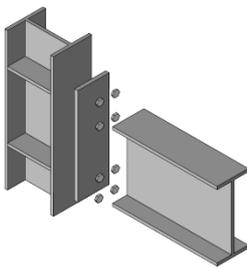
No SIM 19:12 100%

back

**All available solutions for the selected beam and column [IPE 360 - HE 280 B]**

Specimen name	Design criteria	$M_{b,Rd}$ [kNm]	$M_{con,Rd}$ [kNm]	$M_{j,Rd}$ [kNm]	$S_{pl,Rd}$ [kNm/rad]
<input checked="" type="radio"/> E1-TB-E	Partial	361.75	283.90	283.90	58422.90
<input checked="" type="radio"/> E1-TB-P	Partial	621.84	627.60	449.27	91732.64
<input checked="" type="radio"/> ES1-TS-E	Partial	361.75	277.90	277.90	48110.80
<input type="radio"/> ES1-TS-F	Full	594.65	468.53	574.19	93389.26
<input type="radio"/> EH1-TS-35-F	Full	542.65	527.35	651.62	92437.87

**JOINT GEOMETRY**



**DESIGN PROPERTIES**

	E1-TB-E	E1-TB-P	ES1-TS-E
Design criteria	Partial	Partial	Partial
$M_{b,Rd}$ [kNm]	361.75	621.84	361.75
$M_{j,con,Rd}$	283.90	627.60	277.90
$M_{j,Rd}$ [kNm]	283.90	449.27	277.90
$S_{pl,Rd}$ [kNm/rad]	58422.90	91732.64	48110.80
$M_{con,Rd}/M_{b,Rd}$	0.79	1.01	0.77
$V_{ap,Rd}$ [kN]	832.06	1360.16	817.56
$V_{ap,Rd}/F_{d,Rd}$	1.00	0.75	0.90
$K_b$	13.68	11.85	7.77
$V_{con,Rd}$ [kNm]	1795.20	1686.80	1468.80
$V_{con,Rd}/V_{b,Rd}$	2.50	1.45	2.04

Full report (in English)

## Selezionare relazione

All available solutions for the selected beam and column [IPE 360 - HE 280 B]

Specimen name	Design criteria	$M_{y, Rd}$ [kNm]	$M_{z, Rd}$ [kNm]	$M_{y, Ed}$ [kNm]	$S_{y, Ed}$ [kNm/rad]
<input checked="" type="checkbox"/> E1-TB-E					94558.43
<input checked="" type="checkbox"/> E1-TB-P					91732.64
<input checked="" type="checkbox"/> ES1-TS-E					95731.94
<input checked="" type="checkbox"/> ES1-TS-F					93369.26
<input type="checkbox"/> EH1-TS-35-F					92437.87

JOINT GEOMETRY

	$K_{\phi}$	5.86	11.85	7.76
$V_{cor, Rd}$	1417.31	1686.80	1777.98	
$V_{cor, Ed}/V_{a, Rd}$	1.33	1.45	2.14	1.73

Full Report

## Relazione completa

Carrier 2:37 PM 100%

Done E1-TB-P

Full report - Unstiffened extended end-plate beam-to-column joint

**GENERAL DATA**

**Design Criteria**  
Partial strength

**Joint Typology**  
Unstiffened extended end-plate joint: E1-TB-P

**Description of joint configuration**  
Beam: IPE 360  
Columns: HEB 300  
Bolts: M30, 10.9  
End-plate [mm]: 280x590x15  
Stiffeners thickness [mm]: 15  
Flange weld size [mm]: 5  
Web weld size [mm]: 7  
Steel grade: S355

**PREQUALIFICATION CHECK**

**Beam**  
Depth  
 $h_b$  [mm]: 450 ≤ 600 OK  
Span-to-depth ration  
 $L_b$  [mm]: 8000  
 $L_b/h_b$  [-]: 10 ≤ 17.8 ≤ 23 OK  
Flange thickness  
 $t_f$  [mm]: 14.6 mm ≤ 19 OK  
Material  
 $f_{yk}$  [MPa]: 235 ≤ 355 ≤ 355 OK

**Column**  
Depth  
 $h_c$  [mm]: 340 ≤ 550 OK  
Beam/column depth  
 $h_b/h_c$  [-]: 1.32 (limits not available yet)  
Flange thickness  
 $t_f$  [mm]: 21.5 mm ≤ 29 OK  
Material  
 $f_{yk}$  [MPa]: 235 ≤ 355 ≤ 355 OK

**End-plate**  
Thickness  
 $t_p$  [mm]: 18 ≤ 18 ≤ 25  
 $t_p$  [mm]: 1/2  $d_b$  ≤ 18 ≤ 2/3  $d_b$   
 $t_p$  [mm]: 18 ≤ 21.5

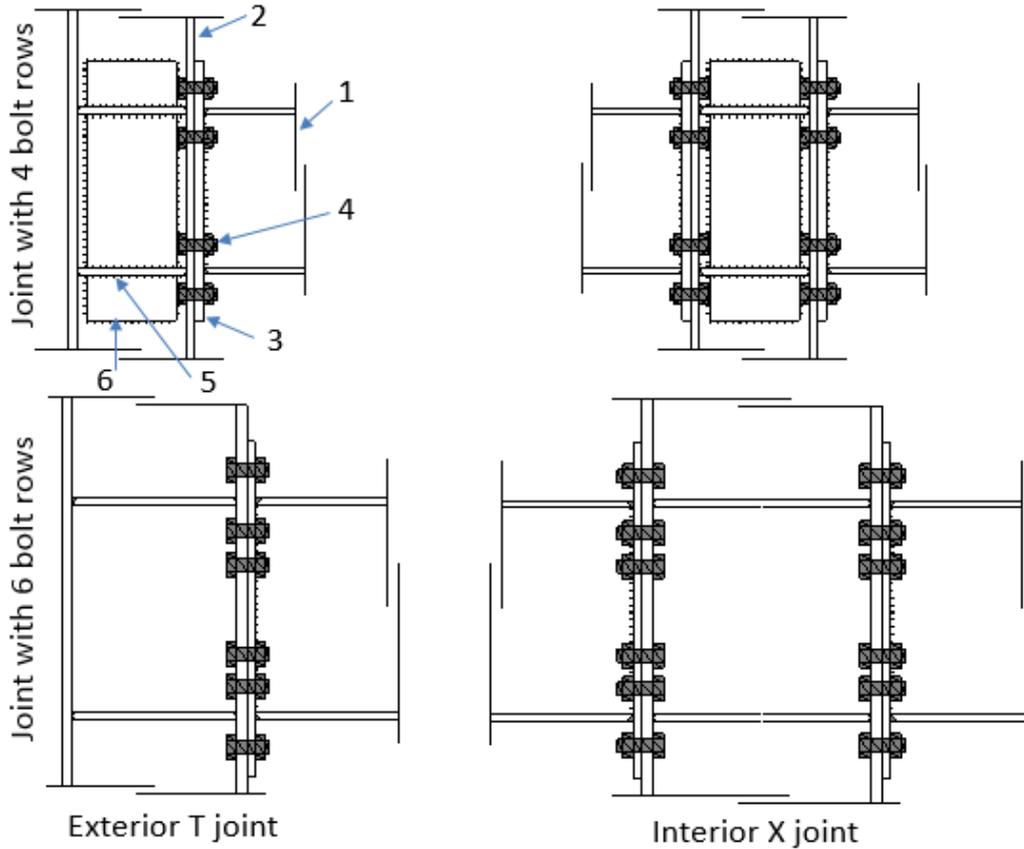
1 / 18

## 4. DOCUMENTAZIONE TECNICA DI SUPPORTO

### 4.1 Nodi flangiati non irrigiditi

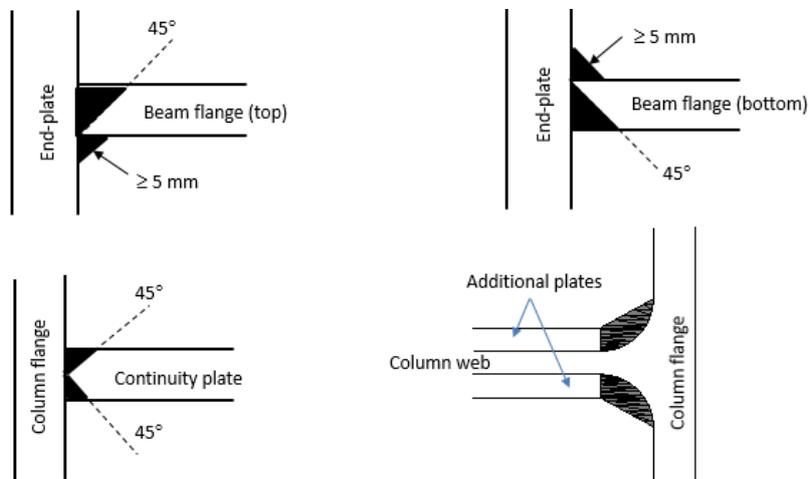
#### 4.1.1 Descrizione del nodo

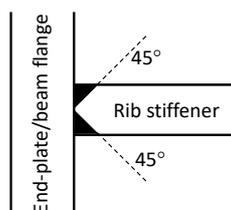
#### Descrizione dei nodi flangiati non irrigiditi



- |            |                       |                         |
|------------|-----------------------|-------------------------|
| 1: trave   | 3: piatto d'estremità | 5: piatti di continuità |
| 2: colonna | 4: bulloni            | 6: piatti aggiuntivi    |

#### Dettagli delle saldature a completa penetrazione





#### 4.1.2 Elenco dei valori limite per i parametri dei nodi prequalificati

Tabella 4.1 – Valori limite per i parametri di prequalificazione

Elementi	Parametri	Intervallo di applicazione
<i>Trave</i>	Altezza	Max = 600mm
	Rapporto larghezza/altezza	Max = 23, Min = 10
	Spessore flangia	Max = 19mm
	Materiale	da S235 a S355
<i>Colonna</i>	Altezza	Max = 550mm
	Spessore flangia	Max = 31mm
	Materiale	da S235 a S355
<i>Trave/colonna</i> <i>Larghezza</i>		0.65-2.15
<i>Piastra terminale</i>	Spessore	18-25mm
	Materiale	da S235 a S355
<i>Piatti di continuità</i>	Spessore	Uguale o più grande della connessione trave-flangia
	Materiale	da S235 a S355
<i>Piatti d'anima</i> <i>aggiuntivi</i>	Spessore	Tabella 4.2
	Materiale	da S235 a S355
<i>Bulloni</i>		HV or HR
	Dimensione	Tabella 4.2
	classe	10.9
	Numero di bulloni per riga	Tabella 4.2
	rondella fori	In accordo a EN 14399-4 In accordo a EN1993:1-8
<i>Saldature</i>	Piatto finale-flange della trave	Saldature rinforzate a completa penetrazione
	Piatti di continuità-flange della colonna	Saldatura a completa penetrazione
	Piastre aggiuntive-flange della colonna	Saldatura a completa penetrazione
	Altre saldature	Saldature di raccordo: lo spessore di gola è 0.55 volte più grande dello spessore dei piatti di connessione.

#### 4.1.3 Procedura di progetto

Dopo aver definito la geometria e i materiali del collegamento, di seguito vengono presentati le tre fasi principali del metodo delle componenti:

- Caratterizzazione delle componenti
- Procedura d'assemblaggio
- Classificazione del nodo e verifica di progettazione

## Procedura Globale

**Step 1:** Scelta iniziale della geometria e del materiale del nodo

- Classe e dimensione dei bulloni, numero delle file di bullonatura
- Spessore e dimensione della piastra terminale
- Spessore e dimensione dei piatti di continuità
- Spessore e dimensione delle piastre aggiuntive (se previste)
- Specifiche della saldatura

**Step 2:** Caratterizzazione della componente

- Resistenze delle componenti (nodo soggetto a flessione)
- Rigidezze delle componenti (nodo soggetto a flessione)
- Resistenze delle componenti (nodo soggetto a taglio)

**Step 3:** Procedura di assemblaggio

- Resistenza della connessione soggetta a flessione
- Rigidezza del nodo soggetto a flessione
- Resistenza della connessione soggetta a taglio
- Grado di duttilità della connessione

**Step 4:** Classificazione del nodo e verifica di progettazione

- Resistenza a flessione
- Rigidezza flessionale
- Resistenza a taglio
- Duttilità
- Verifica

### 4.1.4 Scelta iniziale della geometria e del materiale del nodo

*Tabella 4.2 – scelta iniziale della geometria del nodo e dei materiali*

Elemento	Dimensione trave		
	Piccola ( $\approx$ IPE360)	Middle ( $\approx$ IPE450)	Piccola ( $\approx$ IPE600)
Classe bullone	HV 10.9		
Dimensione bullone	M27	Dimensione bullone	M27
Numero file di bulloni	4	Numero file di bulloni	4
Piastra terminale	<i>Spessore:</i> $t_{ep}=(1/2\div 2/3)d_b$ per connessioni parziali; $t_{ep}=(2/3\div 5/6)d_b$ per equal joints; ma dovrebbe essere inferiore allo spessore delle flange della colonna. <i>Dimensioni:</i> La larghezza dovrebbe essere uguale ad una delle flange della colonna. La parte estesa dovrebbe essere sufficiente all'inserimento di una fila di bulloni, in conformità con le prescrizioni fornite in EC3-1-8 (§3.5).		
Piastre aggiuntive	Con colonne HEB e travi IPE, le piastre aggiuntive saranno considerate solo quando è richiesto un più rigido pannello d'anima. Lo spessore e le dimensioni delle piastre aggiuntive dovranno essere conformi alle prescrizioni dell' EC3-1.8 (§ 6.2.6.1).		
Piatti di continuità			
Dettagli di saldatura			

Tabella 4.1

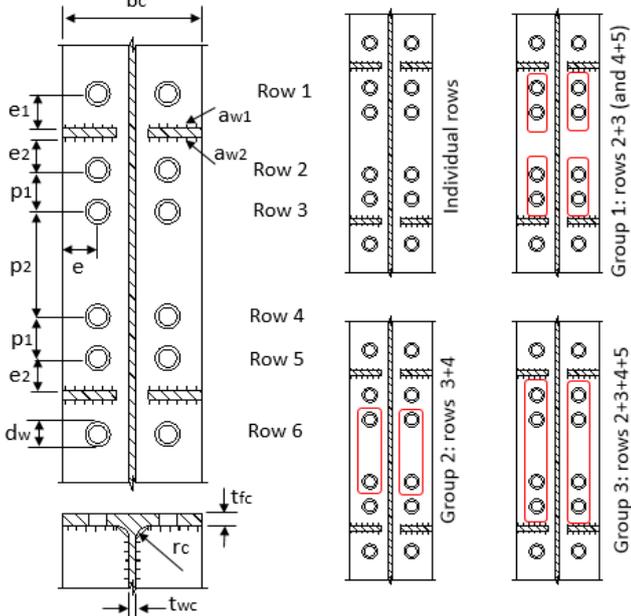
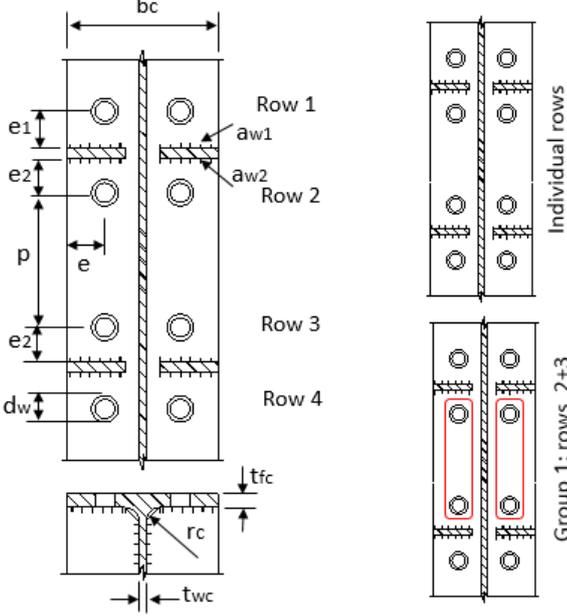
Note:  $t_{ep}$  è lo spessore della piastra terminale  $d_b$  è il diametro nominale dei bulloni.

#### 4.1.5 Procedura di assemblaggio e verifiche di resistenza

Classificazione tipo	Criteri	Riferimenti						
Resistenza a flessione	$M_{con,Rd} < M_{con,Ed}$ : connessioni parziali $M_{con,Rd} \approx M_{con,Ed}$ : connessioni uguali $M_{con,Rd} > M_{con,Ed}$ : connessioni a complete ripristino di resistenza $V_{wp,Rd} < \min[F_{con,Rd}, F_{fbc,Rd}]$ : pannello d'anima debole $V_{wp,Rd} \approx \min[F_{con,Rd}, F_{fbc,Rd}]$ : pannello d'animo bilanciato $V_{wp,Rd} > \min[F_{con,Rd}, F_{fbc,Rd}]$ : pannello d'anima forte con: $F_{con,Rd} = \sum F_{Rd,ri}$ (I = 1 a 5 per nodi con 6 file di bulloni e i= 1 to 3 per nodi con 4 file di bulloni), rappresenta la forza trasversale di taglio nella connessione causata dalla fila di bulloni in trazione. $F_{fbc,Rd}$ è la resistenza della flangia e dell'anima della trave in compressione	Equaljoints						
Classificazione della rigidezza	<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top;"> <i>Classificazione</i>                      Nodi semirigidi e rigidi                 </td> <td style="text-align: center; vertical-align: top;"> <i>Telai controventati</i>  <math>0.5 \leq k_b &lt; 8</math>   <math>k_b \geq 8</math> </td> <td style="text-align: center; vertical-align: top;"> <i>Telai non controventati</i>  <math>0.5 \leq k_b &lt; 25</math>   <math>k_b \geq 25</math> </td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"> <math>k_b = S_j / (EI_b / L_b)</math> </td> </tr> </table>	<i>Classificazione</i> Nodi semirigidi e rigidi	<i>Telai controventati</i> $0.5 \leq k_b < 8$  $k_b \geq 8$	<i>Telai non controventati</i> $0.5 \leq k_b < 25$  $k_b \geq 25$	$k_b = S_j / (EI_b / L_b)$			EC3-1-8 5.2.2
<i>Classificazione</i> Nodi semirigidi e rigidi	<i>Telai controventati</i> $0.5 \leq k_b < 8$  $k_b \geq 8$	<i>Telai non controventati</i> $0.5 \leq k_b < 25$  $k_b \geq 25$						
$k_b = S_j / (EI_b / L_b)$								
Resistenza a taglio	$V_{con,Rd} < V_{b,Rd}$ : resistenza parziale a taglio $V_{con,Rd} \approx V_{b,Rd}$ : uguale resistenza a taglio $V_{con,Rd} > V_{b,Rd}$ : resistenza maggiore a taglio							
Classificazione della duttilità	$\beta_{max} \leq 1.0$ : grado di duttilità pari a 1 $\beta_{max} > 1.0$ and $\eta_{max} \leq 0.95$ : grado di duttilità pari a 2 con: $\beta_{max} > \max[\beta_{r1}, \beta_{r2}]$ ; $\eta_{max} > \max[\eta_{r1}, \eta_{r2}]$	Equaljoints						

#### 4.1.6 Caratterizzazione della componente (nodo a flessione)

Componente	Regole di dettaglio	Riferimenti
Pannello d'anima della colonna soggetto a taglio	$V_{wp,Rd} = \frac{0.9 A_{vc} f_{y,wc}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} + \frac{4 (0.25 t_s^2 f_{y,s}) (b_c - t_{wc} - 2r_c)}{d_s}$ <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;"> </div> <div style="flex: 2;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pannello d'anima della colonna soggetto a taglio con traversi di irrigidimento e senza piastre aggiuntive:  <math>A_{vc} = A_c - 2b_c t_{fc} + (t_{wc} + 2r_c) t_{fc}</math> </li> <li>Pannello d'anima della colonna soggetto a taglio con traversi di irrigidimento e con piastre aggiuntive:  <math>A_{vc} = A_c - 2b_c t_{fc} + (t_{wc} + 2r_c) t_{fc} + t_{wc} b_s</math> </li> </ul> </div> </div>	EC3-1-8 6.2.6.1

<p>Sezione trasversale della trave soggetta a flessione</p>	<p><math>M_{b,Rd} = W_{b,p} f_{y,b}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>W_{b,p}</math> è il modulo di resistenza plastica della trave in flessione.</li> <li><math>f_{y,b}</math> è la tensione di snervamento del materiale della trave.</li> </ul>	
<p>Flangia della colonna in flessione</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Casi di 6 file di bulloni</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Casi di 4 file di bulloni</p> <p>Per ogni fila o gruppo di file di bulloni, la resistenza è ottenuta usando la seguente formula:</p> $F_{cfb,Rd} = \min[F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}] \text{ con}$ <ul style="list-style-type: none"> <li><math>F_{T,1,Rd} = \frac{(8n - 2e_w) M_{pl,1,Rd}}{2mn - e_w(m+n)}</math></li> <li><math>F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m+n}</math></li> </ul> <p>In cui:</p> $M_{pl,1,Rd} = 0,25 \sum \ell_{eff,1} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$	<p>EC3-1-8 6.2.6.4</p>

$$M_{pl,2Rd} = 0,25 \Sigma \ell_{eff,2} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$$

$$m = 0,5(b_c - 2e - t_{wc} - 1,6r_c)$$

$n = \min[e, 1,25m]$  , può essere utilizzato  $n=\infty$  per una disposizione circolare.

$$e_w = 0,25d_w \text{ (con } d_w \text{ è il diametro della rondella)}$$

### **Lunghezze efficaci**

❖ Connessione con 6 file di bulloni

#### Fila 1:

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = \alpha m$$

#### Fila 2 (o fila 5):

*Fila singola:*

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = \alpha m$$

*Prima fila del gruppo 1 o del gruppo 3*

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, 0,5 p_1 + \alpha m - (2m + 0,625e)]$$

$$l_{eff,2} = 0,5 p_1 + \alpha m - (2m + 0,625e)$$

#### Fila 3 (o fila 4):

*singola:*

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, 4m + 1,25e]$$

$$l_{eff,2} = 4m + 1,25e$$

*Ultima fila del gruppo 1:*

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, 2m + 0,625e + 0,5 p_1]$$

$$l_{eff,2} = 2m + 0,625e + 0,5 p_1$$

*Una fila del gruppo 2:*

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p_2, 0,5 p_2 + 0,5 \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = 0,5 p_2 + 0,5 \alpha m$$

*Fila intermedia del gruppo 3:*

$$l_{eff,1} = p_1 + p_2$$

$$l_{eff,2} = 0,5(p_1 + p_2)$$

$\alpha$  è data dalla Figura 6.11 in EC3-1-8, in funzione di:

$$\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$$

dove:

$$m_2 = e_1 - 0,8a_{w1} \sqrt{2} \text{ per la fila 1}$$

$$m_2 = e_2 - 0,8a_{w2} \sqrt{2} \text{ per la fila 2 o 5}$$

❖ Connessione con 4 file di bulloni

#### Fila 1:

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = \alpha m$$

#### Fila 2:

*singola:*

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = \alpha m$$

*Una fila del gruppo 2 + 3*

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p, 0,5 p + 0,5 \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = 0,5 p + 0,5 \alpha m$$

#### Fila 3: simile alla fila 2

$\alpha$  è data dalla Figura 6.11 in EN-1993-1-8, in funzione di:

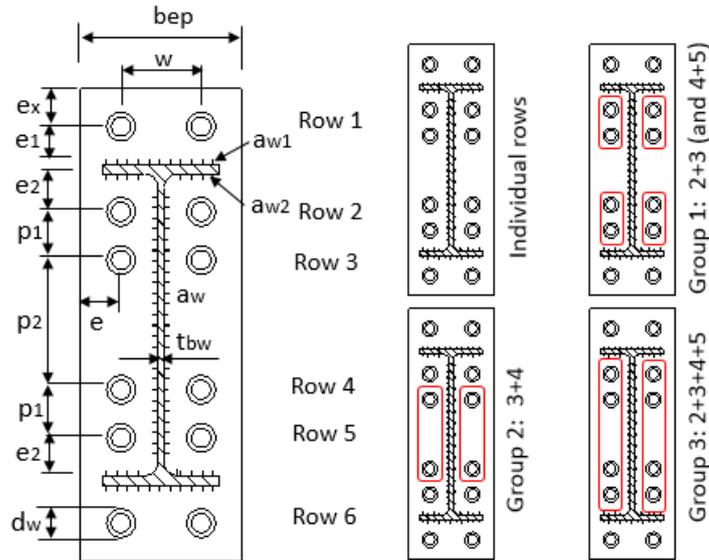
$$\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$$

dove:

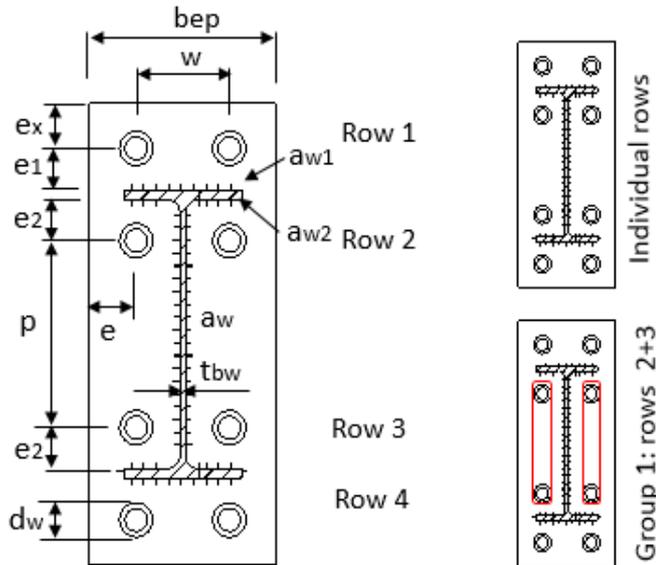
$$m_2 = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2} \text{ per la fila 1}$$

$$m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2} \text{ per la fila 2 o 3}$$

Piastra terminale in flessione



Casi di 6 file di bulloni



Casi di 4 file di bulloni

Per ogni fila o gruppo di file di bulloni, la resistenza è ottenuta dalla seguente formula:

$$F_{pb,Rd} = \min[F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}] \text{ con}$$

- $F_{T,1,Rd} = \frac{(8n - 2e_w) M_{pl,1,Rd}}{2mn - e_w(m+n)}$
- $F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m+n}$

In cui:  $M_{pl,1,Rd} = 0,25 \sum \ell_{eff,1} t_{ep}^2 f_{y,ep} / \gamma_{M0}$

$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \sum \ell_{eff,2} t_{ep}^2 f_{y,ep} / \gamma_{M0}$

$$\begin{cases} m = 0.5(b_{ep} - 2e - t_{bw} - 1.6a_w\sqrt{2}) \\ n = \min[e, 1.25m] \end{cases}$$

per le file di bulloni che interessano le flange delle travi

$$\begin{cases} m = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2} \\ n = \min[e_x, 1.25m] \end{cases} \text{ per le file che non interessano le flange delle travi}$$

EC3-1-8  
6.2.6.5

(con disposizione circolare, può essere utilizzato  $n=\infty$ ).

$$e_w = 0.25d_w$$

### **Lunghezze efficaci**

❖ *Connessioni con 6 file di bulloni*

#### Fila 1:

$$l_{eff,1} = \min \left\{ 2\pi m, \pi m + w, \pi m + 2e \right. \\ \left. 4m + 1.25e_x, e + 2m + 0.625e_x, 0.5b_{ep}, 0.5w + 2m + 0.625e_x \right.$$

$$l_{eff,2} = \min[4m + 1.25e_x, e + 2m + 0.625e_x, 0.5b_{ep}, 0.5w + 2m + 0.625e_x]$$

#### Fila 2 (o 5):

*Fila singola:*

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = \alpha m$$

*Prima fila del gruppo 1 (file 2+3 o 4+5)*

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, 0.5p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)]$$

$$l_{eff,2} = 0.5p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)$$

#### Fila 3 (o 4):

*Fila singola:*

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, 4m + 1.25e]$$

$$l_{eff,2} = 4m + 1.25e$$

*Ultima fila del gruppo 1 (file 2+3 o 4+5):*

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, 2m + 0.625e + 0.5p_1]$$

$$l_{eff,2} = 2m + 0.625e + 0.5p_1$$

*Prima fila (o ultima fila) del gruppo 2 (file 3+4):*

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p_2, 2m + 0.625e + 0.5p_2]$$

$$l_{eff,2} = 2m + 0.625e + 0.5p_2$$

*Fila intermedia del gruppo 3 (file 2+3+4+5):*

$$l_{eff,1} = p_1 + p_2$$

$$l_{eff,2} = 0.5(p_1 + p_2)$$

$\alpha$  è dato da Figura 6.11 in EN-1993-1-8, in funzione di:

$$\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$$

dove:

$$m_2 = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2} \text{ per la fila 1}$$

$$m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2} \text{ per la fila 2}$$

❖ *Connessioni con file di 4 bulloni:*

#### Fila 1:

$$l_{eff,1} = \min \left\{ 2\pi m, \pi m + w, \pi m + 2e \right. \\ \left. 4m + 1.25e_x, e + 2m + 0.625e_x, 0.5b_{ep}, 0.5w + 2m + 0.625e_x \right.$$

$$l_{eff,2} = \min[4m + 1.25e_x, e + 2m + 0.625e_x, 0.5b_{ep}, 0.5w + 2m + 0.625e_x]$$

#### Fila 2:

*Fila singola:*

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = \alpha m$$

*Una fila del gruppo 2+3:*

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p, 0.5p + 0.5\alpha m]$$

$$l_{eff,2} = 0.5p + 0.5\alpha m$$

#### Fila 3: simile alla fila 2:

$\alpha$  è dato da Figura 6.11 in EC3-1-8, in funzione di:

	$\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ $m_2 = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2} \text{ per la fila 1}$ $m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2} \text{ per la fila 2 o 3}$	
Flange e anima della trave in compressione	$F_{fbc,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_{fb})$ dove: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>h</math> è l'altezza della trave connessa;</li> <li>• <math>M_{c,Rd}</math> è il momento resistente di progetto della trave, ridotto se necessario per la verifica a taglio, vedi EN 1993-1-1.</li> <li>• <math>t_{fb}</math> è lo spessore della flangia della trave connessa.</li> </ul>	EC3-1-8 6.2.6.7
Anima della Colonna e piatti di continuità in compressione	La resistenza della colonna e dei piatti di continuità dovrebbe essere stimata come: $F_{wcc,Rd} = \frac{\omega k_{wc} b_{eff,cf} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} + \frac{A_{cp} f_{y,cp}}{\gamma_{M0}}$ dove: $b_{eff,c,cf} = t_{fb} + \sqrt{2}(a_{w1} + a_{w2}) + 5(t_{fc} + r_c) + 2t_{ep}$ $A_{cp}$ è l'area dei piatti di continuità (su entrambi i lati); Il coefficiente di riduzione $k_{wc}$ tiene conto dello sforzo assiale nell'anima della colonna, dato nel paragrafo 6.2.6.2(2) dell' EC3-1-8; Il fattore di riduzione $\omega$ è data in Tabella 6.3 dell' EC3-1-8; <u>Nota:</u> Viene trascurata la riduzione causata dall'instabilità dell'anima della colonna e del piatto di continuità sotto traversi in compressione. Per verificare questa condizione, in Tabella 4.3.1. sarà mostrata la geometria (la snellezza) del piatto di continuità.	EC3-1-8 6.2.6.2
Anima della trave in trazione	$F_{wbt,Rd} = b_{eff,wb} t_{wb} f_{y,wb} / \gamma_{M0}$ La larghezza efficace $b_{eff,t,wb}$ dell'anima della trave in trazione dovrebbe essere considerata uguale alla lunghezza efficace di un T-stub equivalente rappresentante la piastra terminale in flessione per una singola fila o gruppo di bulloni.	EC3-1-8 6.2.6.8
Anima della colonna in trazione	$F_{wct,Rd} = \frac{\omega b_{eff,wc} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}}$ La larghezza efficace $b_{eff,t,wc}$ della flangia della colonna in trazione dovrebbe essere considerata uguale alla lunghezza efficace di un T-stub equivalente rappresentante la flangia della colonna in flessione per una singola fila o gruppo di bulloni. Il fattore di riduzione $\omega$ è fornito dalla Tabella 6.3 in EC3-1-8.	EC3-1-8 6.2.6.3
Bulloni in trazione	La resistenza di una fila di bulloni(2 bulloni) in trazione è data da: $F_{bt,Rd} = 2 \frac{0,9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ dove: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>f_{ub}</math> è la tensione a trazione ultima del bullone;</li> <li>• <math>A_s</math> è l'area di tensione del bullone.</li> </ul>	EC3-1-8 3.6.1

#### 4.1.7 Rigidezza delle componenti (nodi a flessione)

Componente	Regole di dettaglio	Riferimenti
Pannello dell'anima della Colonna soggetto a Taglio	$k_1 = \frac{0.38A_{vc}}{\beta z}$ Il parametro di trasformazione $\beta$ è dato dalla Tabella 5.4 of EC3-1-8. Il braccio di leva, $z$ , della connessione è dato dall' EC-1-8, 6.3.3.1.	EC3-1-8 6.3.2

Flangia della Colonna in flessione	Per una singola fila di bulloni in trazione: $k_4 = \frac{0.9b_{eff,cf}t_{fc}^3}{m^3}$ <p>La larghezza efficace <math>b_{eff}</math> è la più piccola lunghezza efficace della fila di bulloni (singola o come parte di un gruppo di file di bulloni).</p>	EC3-1-8 6.3.2
Piastra terminale in flessione	Per una singola fila di bulloni in trazione: $k_5 = \frac{0.9b_{eff,ep}t_{ep}^3}{m^3}$ <p>La larghezza efficace <math>b_{eff}</math> è la più piccola lunghezza efficace della fila di bulloni (singola o come parte di un gruppo di file di bulloni).</p>	EC3-1-8 6.3.2
Anima della Colonna in trazione	Per una singola fila di bulloni in trazione: $k_3 = \frac{0.7b_{eff,wc}t_{wc}}{d_c}$ <p>La larghezza efficace <math>b_{eff}</math> è la più piccola lunghezza efficace della fila di bulloni (singola o come parte di un gruppo di file di bulloni) dei component della flangia della colonna in flessione.</p>	EC3-1-8 6.3.2
Bulloni in trazione	Per una singola fila di bulloni in trazione: $k_{10} = 1.6A_s / L_b$	EC3-1-8 6.3.2

#### 4.1.8 Resistenza delle componenti (nodo a taglio)

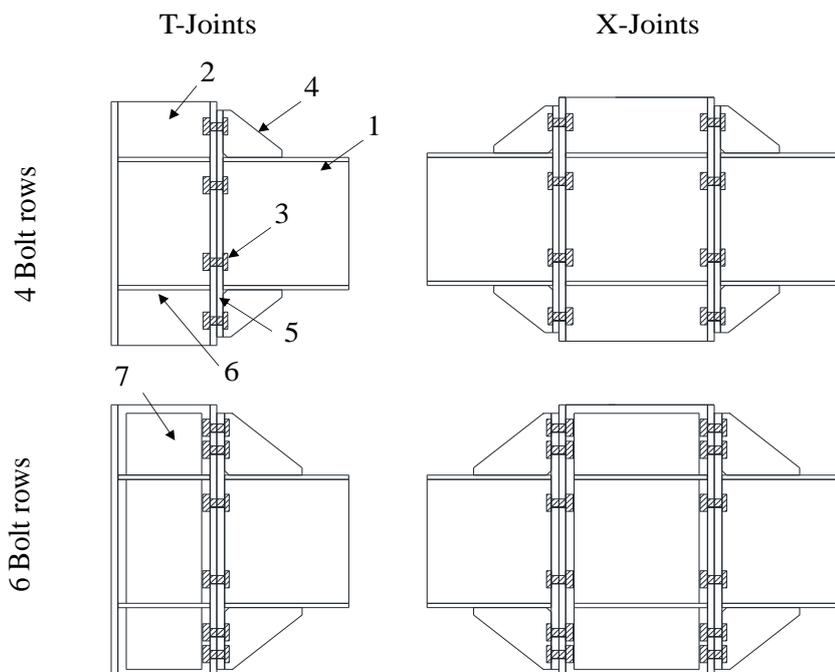
Componente	Regole di dettaglio	Riferimenti		
Anima della trave soggetta a taglio	$V_{b,RD} = \chi_w A_{vb} f_{y,b} / \sqrt{3} \gamma_{M1}$ <p>dove:</p> $A_{vb} = A_b - 2b_b t_{fb} + (t_{wb} + 2r_b) t_{fb}$ $\chi_w = 0.83 / \bar{\lambda}_w \text{ if } \bar{\lambda}_w \geq 0.83 ;$ $\chi_w = 1.0 \text{ if } \bar{\lambda}_w < 0.83$ <p>con <math>\bar{\lambda}_w = 0.3467 (h_{wb} / t_{wb}) \sqrt{f_{y,b} / E}</math></p>	EC3-1-5 5.3		
Flangia della Colonna in flessione	<p>Per una singola fila di bulloni (2 bulloni) soggetta a taglio:</p> $F_{b,Rd} = 2 \frac{k_1 \alpha_b f_u d t_{fc}}{\gamma_{M2}}$ <p>dove:</p> $k_1 = \min[2.8 \frac{e}{d_0} - 1.7, 2.5]$ <p><math>\alpha_b</math> dipende dalla direzione dell'azione di taglio e dalla posizione della fila di bulloni:</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p><i>Azione tagliante verso il basso</i></p> <p>File bulloni 1, 5 e 6 (o<sup>(*)</sup> file 1, 3 e 4):  <math>\alpha_b = 1.0</math></p> <p>file 2 e 4 (o<sup>(*)</sup>: fila 2):</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p><i>Azione tagliante verso il alto</i></p> <p>File 1, 2 e 6 (o<sup>(*)</sup> file 1, 2 e 4):  <math>\alpha_b = 1.0</math></p> <p>file 3 and 5 (o<sup>(*)</sup> fila 3):  <math>\alpha_b = \min[1.0, p_1 / 3d_0 - 0.25]</math></p> </td> </tr> </table>	<p><i>Azione tagliante verso il basso</i></p> <p>File bulloni 1, 5 e 6 (o<sup>(*)</sup> file 1, 3 e 4):  <math>\alpha_b = 1.0</math></p> <p>file 2 e 4 (o<sup>(*)</sup>: fila 2):</p>	<p><i>Azione tagliante verso il alto</i></p> <p>File 1, 2 e 6 (o<sup>(*)</sup> file 1, 2 e 4):  <math>\alpha_b = 1.0</math></p> <p>file 3 and 5 (o<sup>(*)</sup> fila 3):  <math>\alpha_b = \min[1.0, p_1 / 3d_0 - 0.25]</math></p>	EC3-1-8 3.6.1
<p><i>Azione tagliante verso il basso</i></p> <p>File bulloni 1, 5 e 6 (o<sup>(*)</sup> file 1, 3 e 4):  <math>\alpha_b = 1.0</math></p> <p>file 2 e 4 (o<sup>(*)</sup>: fila 2):</p>	<p><i>Azione tagliante verso il alto</i></p> <p>File 1, 2 e 6 (o<sup>(*)</sup> file 1, 2 e 4):  <math>\alpha_b = 1.0</math></p> <p>file 3 and 5 (o<sup>(*)</sup> fila 3):  <math>\alpha_b = \min[1.0, p_1 / 3d_0 - 0.25]</math></p>			

	$\alpha_b = \min[1.0, p_1/3d_0 - 0.25]$ Fila 3: $\alpha_b = \min[1.0, p_2/3d_0 - 0.25]$ (*): usato per nodi con 4 file di bulloni ( $p_1$ dovrebbe essere sostituito con $p$ )	Fila 4: $\alpha_b = \min[1.0, p_2/3d_0 - 0.25]$	
Rifollamento della piastra terminale	Per una singola fila di bulloni (2 bulloni) soggetta a taglio: $F_{b,Rd} = 2 \frac{k_1 \alpha_b f_u d t_{fc}}{\gamma_{M2}}$ $k_1 = \min[2.8 \frac{e}{d_0} - 1.7, 2.5]$ Azione tagliante verso il basso: File 2 e 6 (o(*) file 2 e 4): $\alpha_b = 1.0$ Fila 1 (o(*) fila 1): $\alpha_b = \min[1.0, e_x/3d_0]$ file 3 5 (o(*) fila 3): $\alpha_b = \min[1.0, p_1/3d_0 - 0.25]$ Fila 4: $\alpha_b = \min[1.0, p_2/3d_0 - 0.25]$ (*): usato per nodi con 4 file di bulloni ( $p_1$ dovrebbe essere sostituito con $p$ )	Azione tagliante verso l'alto: file 1 e 5 (o(*) file 1 e 3): $\alpha_b = 1.0$ fila 6 (o(*) fila 4): $\alpha_b = \min[1.0, e_x/3d_0]$ file 2 e 4 (o(*) fila 2): $\alpha_b = \min[1.0, p_1/3d_0 - 0.25]$ Fila 3: $\alpha_b = \min[1.0, p_2/3d_0 - 0.25]$	EC3-1-8 3.6.1
Bulloni soggetti a taglio	Per una singola fila di bulloni (2 bulloni) soggetta a taglio: $F_{b,Rd} = 2 \frac{\alpha_v f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ $\alpha_v = 0.6$ per bulloni di classe 8.8 e $\alpha_v = 0.5$ per bulloni di classe 10.9.		EC3-1-8 3.6.1

## 4.2 Nodi flangiati con irrigidimenti

### 4.2.1 Descrizione del nodo

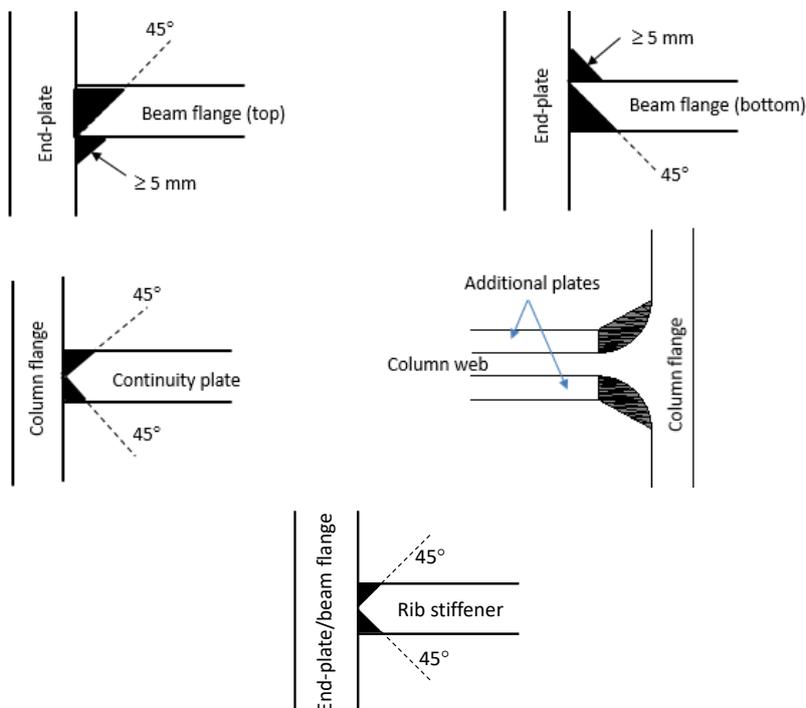
#### Descrizione dei nodi flangiati con irrigidimenti



- 1: Trave      3: bulloni      5: Piatto d'estremità  
 2: Colonna    4: Irrigidimenti    6: piatti di continuità

7: Piatti aggiuntivi

### Dettagli delle saldature a complete penetrazione



#### 4.2.2 4.1.2 Elenco dei valori limite per i parametri dei nodi prequalificati

Tabella 4.3 - Valori limite per i parametri di prequalificazione

Elementi	Parametri	Intervallo di applicazione
<i>Trave</i>		
	Altezza	Max = 600mm
	Rapporto larghezza/altezza	Max = 23, Min = 10
	Spessore flangia	Max = 19mm
	Materiale	da S235 a S355
<i>Colonna</i>		
	Altezza	Max=550mm
	Spessore flangia	Max=29mm
	Materiale	da S235 a S355
<i>Trave/colonna Larghezza</i>		0.65-2.15
<i>Piatto d'estremità</i>		18-30mm
	Spessore	Tabella 4.4
	Materiale	da S235 a S355
<i>Piatti di continuità</i>		
	Spessore	Uguale o più grande della connessione trave-flangia
	Materiale	da S235 a S355
<i>Piatti aggiuntivi d'anima</i>		
	Spessore	Tabella 4.4
	Materiale	da S235 a S355
<i>Bulloni</i>		
		HV or HR
	Dimensione	Tabella 4.4
	classe	10.9
	Numero di bulloni per riga	Tabella 4.4

	rondella	In accordo a EN 14399-4
	fori	In accordo a EN1993:1-8
<i>Saldature</i>		
	Piatto finale-flange della trave	Saldature rinforzate a completa penetrazione
	Piatti di continuità-flange della colonna	Saldatura a completa penetrazione
	Piastre aggiuntive-flange della colonna	Saldatura a completa penetrazione
	Altre saldature	Saldature di raccordo: lo spessore di gola è 0.55 volte più grande dello spessore dei piatti di connessione.

### 4.2.3 Procedura di progetto

Dopo aver definito la geometria e i materiali del collegamento, di seguito vengono presentati le tre fasi principali del metodo delle componenti:

- Caratterizzazione delle componenti
- Procedura d'assemblaggio
- Classificazione del nodo e verifica di progettazione

#### Procedura Globale

Step 1: Scelta iniziale della geometria e del materiale del nodo

- Classe e dimensione dei bulloni, numero delle file di bullonatura
- Spessore e dimensione della piastra terminale
- Spessore e dimensione dei piatti di continuità
- Spessore e dimensione delle piastre aggiuntive (se previste)
- Specifiche della saldatura

Step 2: Caratterizzazione della componente

- Resistenze delle componenti (nodo soggetto a flessione)
- Rigidezze delle componenti (nodo soggetto a flessione)
- Resistenze delle componenti (nodo soggetto a taglio)

Step 3: Procedura di assemblaggio

- Resistenza della connessione soggetta a flessione
- Rigidezza del nodo soggetto a flessione
- Resistenza della connessione soggetta a taglio
- Grado di duttilità della connessione

Step 4: Classificazione del nodo e verifica di progettazione

- Resistenza a flessione
- Rigidezza flessionale
- Resistenza a taglio
- Duttilità
- Verifica

#### 4.2.4 Scelta iniziale della geometria e del materiale del nodo

Tabella 4.4 - scelta iniziale della geometria del nodo e dei materiali

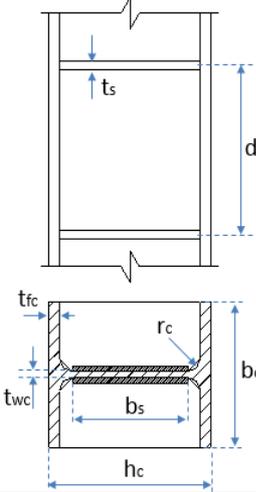
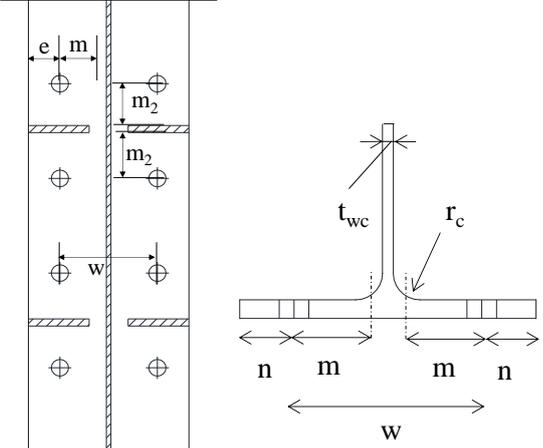
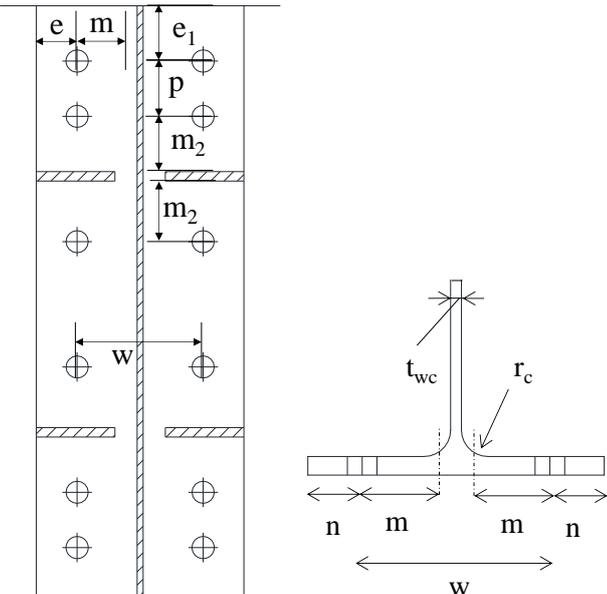
Elemento	Dimensione trave		
	Piccola ( $\approx$ IPE360)	Middle ( $\approx$ IPE450)	Piccola ( $\approx$ IPE360)
Classe bullone	10.9		
Dimensione bullone	M27	M30	M36
Numero file di bulloni	4/6	4/6	6
Piastra terminale	<p><i>Spessore:</i> <math>t_{ep}=(2/3\div 5/6)d_b</math> per i nodi a completo ripristino deve essere leggermente maggiore rispetto a quello della flangia della colonna; <math>t_{ep}=(2/3\div 5/6)d_b</math> per i nodi bilanciati ma deve essere minore dello spessore della flangia della colonna.</p> <p><i>Dimensione:</i> la larghezza deve essere uguale o minore di quella della flangia della colonna. La parte che si estende al di sopra delle flange della trave deve essere sufficientemente profonda da consentire l'alloggiamento di una o due file di bulloni, in accordo alle regole fornite dall' EC3-1-8 (§3.5).</p>		
Piatti supplementari d'anima	Lo spessore e la dimensione devono rispettare le regole fornite dall' EC3-1.8 (§ 6.2.6.1); oppure possono essere usate delle bottonature per garantire la stabilità della resistenza dei piatti supplementari d'anima.		
Piatti di continuità			
Dettaglio delle saldature	Tabella 4.3		
Note: $t_{ep}$ è lo spessore del piatto e $d_b$ è il diametro nominale dei bulloni.			

#### 4.2.5 Procedura di assemblaggio e verifiche di resistenza

Classificazioni e tipo	Criteri	Riferimenti									
Resistenza a flessione	$M_{con,Rd} \approx M_{Ed}$ : nodi bilanciati $M_{con,Rd} > M_{Ed}$ : connessioni a complete ripristino di resistenza $V_{wp,Rd} > \min[F_{con,Rd}, F_{fbc,Rd}]$ : pannello nodale forte Con: $F_{con,Rd} = \sum F_{Rd,ri}$ (i= 1 to 5 nodi con 6 sei file di bulloni e i= dal 1 a 3 per nodi con 4 file di bulloni), è l'azione trasversale di taglio nella connessione dovuta alle file di bulloni tesi $V_{fbc,Rd}$ è la resistenza delle flange della trave a compressione	Equaljoints									
Rigidezza	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 33%;">Classificazione</td> <td style="width: 33%;">Telai controventati</td> <td style="width: 33%;">Telai</td> </tr> <tr> <td>Nodi semi-rigidi</td> <td><math>0.5 \leq k_b &lt; 8</math></td> <td><math>0.5 \leq k_b &lt; 25</math></td> </tr> <tr> <td>Nodi rigidi</td> <td><math>k_b \geq 8</math></td> <td><math>k_b \geq 25</math></td> </tr> </table> $k_b = S_{j,ini} / (EI_b / L_b)$	Classificazione	Telai controventati	Telai	Nodi semi-rigidi	$0.5 \leq k_b < 8$	$0.5 \leq k_b < 25$	Nodi rigidi	$k_b \geq 8$	$k_b \geq 25$	EC3-1-8 5.2.2
Classificazione	Telai controventati	Telai									
Nodi semi-rigidi	$0.5 \leq k_b < 8$	$0.5 \leq k_b < 25$									
Nodi rigidi	$k_b \geq 8$	$k_b \geq 25$									
Resistenza a taglio	$V_{con,Rd} \approx V_{b,Rd}$ : bilanciato a taglio $V_{con,Rd} > V_{b,Rd}$ : a complete ripristino a taglio										
Duttilità	$\beta_{max} \leq 1.0$ : grado 1 $\beta_{max} > 1.0$ e $\eta_{max} \leq 0.95$ : grado 2 con: $\beta_{max} > \max[\beta_{r1}, \beta_{r2}]$ ; $\eta_{max} > \max[\eta_{r1}, \eta_{r2}]$	Equaljoints									

#### 4.2.6 Caratterizzazione della componente (nodo a flessione)

Componente	Regole di dettaglio	Riferimenti
Pannello d'anima della	$V_{wp,Rd} = \frac{0.9 A_{vc} f_{y,wc}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} + \frac{4 (0.25 t_{fc}^2 f_{y,fc}) (b_c - t_{wc} - 2 r_c)}{d_s}$	EC3-1-8 6.2.6.1

<p>colonna soggetta a taglio</p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pannello d'anima della colonna soggetto a taglio con traversi di irrigidimento e senza piastre aggiuntive:  <math display="block">A_{vc} = A_c - 2b_c t_{fc} + (t_{wc} + 2r_c) t_{fc}</math> </li> <li>• Pannello d'anima della colonna soggetto a taglio con traversi di irrigidimento e con piastre aggiuntive:  <math display="block">A_{vc} = A_c - 2b_c t_{fc} + (t_{wc} + 2r_c) t_{fc} + t_{wc} b_s</math> </li> </ul>	
<p>Sezione trasversale della trave soggetta a flessione</p>	$M_{b,Rd} = W_{b,p} f_{y,b}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>W_{b,p}</math> è il modulo di resistenza plastica della trave in flessione.</li> <li>• <math>f_{y,b}</math> è la tensione di snervamento del materiale della trave.</li> </ul>	
<p>Flangia della colonna in flessione</p>	<p>Nodi a 4 file di bulloni</p>  <p>Nodi a 6 file di bulloni</p> 	<p>EC3-1-8 6.2.6.4</p>

Per ogni fila di bulloni o per ogni Gruppo di file, la resistenza si ottiene in accordo alla seguente relazione:

$$F_{cfb,Rd} = \min[F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}] \text{ con}$$

- $$F_{T,1,Rd} = \frac{(8n - 2e_w) M_{pl,1,Rd}}{2mn - e_w(m+n)}$$
- $$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m+n}$$

In cui:

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \sum \ell_{eff,1} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \sum \ell_{eff,2} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$$

$$m = 0.5(b_c - 2e - t_{wc} - 1.6r_c)$$

$$n = \min[e, 1.25m] \text{ , per lo schema circolare si può impiegare } n = \infty.$$

$$e_w = 0.25d_w$$

$d_w$  è il diametro della rondella o la distanza tra i vertici della testa del bullone o del dado.

\*Se sviluppano forze di contatto

\*\*Se non sviluppano forza di contatto

NB EC1993-1-8 consente in ogni di considerare le forze di contatto per le connessioni bullonate. Alla luce dei risultati descritti nel progetto Equaljoints, tale disposizione risulta non conservativa e la presenza delle forze di contatto deve essere verificata caso per caso.

### **Larghezze efficaci**

❖ *Connessione a 4 file di bulloni*

Fila 1:

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = \alpha m$$

Fila 2:

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = \alpha m$$

$\alpha$  è definita in Figura 6.11 nell' EC3-1-8, e dipende da:

$$\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \quad \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$$

N.B. In presenza dei piatti di continuità non si attiva effetto gruppo tra la prima e la seconda fila di bulloni

❖ *Connessione a 6 file di bulloni*

Fila 1:

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m; 4m + 1.25e]$$

$$l_{eff,2} = 4m + 1.25e$$

Fila 1 del gruppo 1+2

$$l_{eff,1} = \min[2p; p]$$

$$l_{eff,nc} = p$$

Fila 2:

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = \alpha m$$

Fila 2 del gruppo 1+2

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p; 0.5p + \alpha m - (2m + 0.625e)]$$

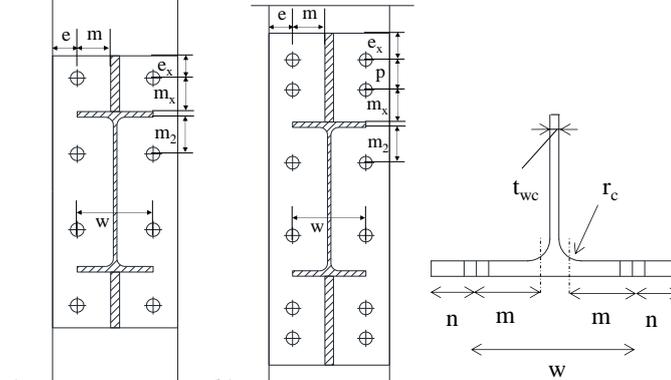
$$l_{eff,1} = 0.5p + \alpha m - (2m + 0.625e)$$

Fila 3:

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = \alpha m$$

$\alpha$  è definita in Figura 6.11 nell' EC3-1-8, e dipende da:

	$\lambda_1 = \frac{m}{m+e}$ $\lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ <p>N.B. L'effetto Gruppo tra le prime due file di bulloni può condizionare la resistenza della singola fila; viceversa non si attiva l'effetto gruppo con la terza fila, per la presenza dei piatti di continuità.</p>	
Piastra terminale in flessione	<div style="text-align: center;">  <p>a)                      b)</p> <p>Casi con 4 file (a) e 6 file (b) di bulloni</p> </div> <p>Per ogni fila o per un Gruppo di file, la resistenza è ottenuta in accordo alla seguente relazione:</p> $F_{cjb,Rd} = \min[F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}] \text{ * or}$ $F_{cjb,Rd} = \min[F_{T,1-2,Rd}; F_{T,3,Rd}] \text{ **}$ <p>Dove:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>F_{T,1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m}</math></li> <li>• <math>F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n\sum F_{t,Rd}}{m+n}</math></li> <li>• <math>F_{T,3,Rd} = \sum \frac{0.9f_{ub}A_s}{\gamma_{M2}}</math></li> <li>• <math>F_{T,1,Rd} = \frac{2M_{pl,1,Rd}}{m}</math></li> </ul> <p>Dove:</p> $M_{pl,1,Rd} = 0,25\sum \ell_{eff,1} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$ $M_{pl,2,Rd} = 0,25\sum \ell_{eff,2} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$ $m = (w/2 - t_{wc} / 2 - 0.8r_c)$ $n = \min[e, 1.25m] \text{ , per uno schema circolare si può impiegare } n=\infty.$ $e_w = d_w / 4$ <p><math>d_w</math> è il diametro della rondella o la distanza tra i vertici della testa del bullone o del dado.</p> <p>*Se sviluppano forze di contatto  **Se non sviluppano forza di contatto</p> <p><b>Larghezze efficaci</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Connessioni a 4 file di bulloni</li> </ul>	EC3-1-8 6.2.6.5

	<p><u>Fila 1:</u></p> $l_{eff,1} = \min \begin{cases} 2\pi m \\ \pi m + 2e_x \\ \alpha m - (2m + 0.625e) + e_x \\ 2m + 0.625e + e_x \\ 4m + 1.25e \end{cases}$ $l_{eff,2} = \min \begin{cases} \alpha m - (2m + 0.625e) + e_x \\ 2m + 0.625e + e_x \\ 4m + 1.25e \end{cases}$ <p><u>Fila 2:</u></p> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <p><math>\alpha</math> è definita in Figura 6.11 nell' EC3-1-8, e dipende da:</p> $\lambda_1 = \frac{m}{m + e}$ $\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e}$ <p>❖ <i>Connessione a 6 file di bulloni:</i></p> <p><u>Fila 1:</u></p> $l_{eff,1} = \min \begin{cases} 2\pi m \\ \pi m + 2e_x \\ 4m + 1.25e \\ 2m + 0.625e + e_x \end{cases}$ $l_{eff,2} = \min \begin{cases} 4m + 1.25e \\ 2m + 0.625e + e_x \end{cases}$ <p><i>Fila 1 del gruppo 1+2</i></p> $l_{eff,1} = \min \begin{cases} \pi m + p \\ 2e_x + p \\ 2m + 0.625e + 0.5p \\ e_x + 0.5p \end{cases}$ $l_{eff,2} = \min \begin{cases} 2m + 0.625e + 0.5p \\ e_x + 0.5p \end{cases}$ <p><u>Fila 2:</u></p> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <p><i>Fila 2 del gruppo 1+2</i></p> $l_{eff,1} = \min[\pi m + p; 0.5p + \alpha m - (2m + 0.625e)]$ $l_{eff,2} = 0.5p + \alpha m - (2m + 0.625e)$ <p><u>Fila 3:</u></p> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <p><math>\alpha</math> è definita in Figura 6.11 nell' EC3-1-8</p>	
Flange e anima della trave in compressione	$F_{fbc,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_{fb})$ <p>dove:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>h</math> è l'altezza della trave connessa;</li> <li>• <math>M_{c,Rd}</math> è il momento resistente di progetto della trave, ridotto se necessario per la verifica a taglio, vedi EN 1993-1-1.</li> <li>• <math>t_{fb}</math> è lo spessore della flangia della trave connessa.</li> </ul>	EC3-1-8 6.2.6.7

Anima della Colonna e piatti di continuità in compressione	<p>The resistance of the column web and continuity plates may be computed by:</p> $F_{wcc,Rd} = \frac{\omega k_{wc} b_{eff,cf} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} + \frac{A_{cp} f_{y,cp}}{\gamma_{M0}}$ <p>where:</p> $b_{eff,c,cf} = t_{fb} + \sqrt{2}(a_{w1} + a_{w2}) + 5(t_{fc} + r_c) + 2t_{ep}$ <p><math>A_{cp}</math> is the area of the continuity plates (both two sides);  The reduction factor <math>k_{wc}</math> taking into account the axial stress in the column web, given in 6.2.6.2(2) of EC3-1-8;  The reduction factor <math>\omega</math> is given by Table 6.3 in EC3-1-8;  <u>Note:</u> the reduction due to buckling of the column web and the continuity plates under transverse compression are neglected. The geometries (the slender) of the continuity plates to satisfy this condition will be shown in Table 4.3.1.</p>	EC3-1-8 6.2.6.2
Anima della trave in trazione	$F_{wbt,Rd} = b_{eff,wb} t_{wb} f_{y,wb} / \gamma_{M0}$ <p>La larghezza efficace <math>b_{eff,t,wb}</math> dell'anima della trave in trazione dovrebbe essere considerate uguale alla lunghezza efficace di un T-stub equivalente rappresentante la piastra terminale in flessione per una singola fila o gruppo di bulloni.</p>	EC3-1-8 6.2.6.8
Anima della colonna in trazione	$F_{wct,Rd} = \frac{\omega b_{eff,wc} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}}$ <p>La larghezza efficace <math>b_{eff,t,wc}</math> della flangia della colonna in trazione dovrebbe essere considerate uguale alla lunghezza efficace di un T-stub equivalente rappresentante la flangia della colonna in flessione per una singola fila o gruppo di bulloni.  Il fattore di riduzione <math>\omega</math> è fornito dalla Tabella 6.3 in EC3-1-8.</p>	EC3-1-8 6.2.6.3
Bulloni in trazione	<p>La resistenza di una fila di bulloni(2 bulloni) in trazione è data da:</p> $F_{bt,Rd} = 2 \frac{0,9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ <p>dove:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>f_{ub}</math> è la tensione a trazione ultima del bullone;</li> <li>• <math>A_s</math> è l'area di tensione del bullone.</li> </ul>	EC3-1-8 3.6.1

#### 4.2.7 Rigidezza delle componenti (nodi a flessione)

Componente	Regole di dettaglio	Riferimenti
Pannello nodale a taglio	<p>Per i nodi irrigiditi, il contributo <math>k_1</math> è infinito, mentre per i nodi non-irrigiditi:</p> $k_1 = \frac{0.38 \cdot A_{vc}}{\beta z}$ <p>Dove:  <math>\beta</math> è definite dall'EN1993-1-8 pr. 5.3(7), e <math>z</math> è il braccio di leva.</p>	EC3-1-8 6.3.2
Flangia della Colonna a flessione	<p>Per una semplice fila di bulloni a trazione:</p> $k_4 = \frac{0.9 \cdot l_{eff} \cdot t_{fc}^2}{m^3}$ <p>La larghezza efficace <math>l_{eff}</math> è la minore tra quelle della fila di bulloni (single o come parte di un gruppo)</p>	EC3-1-8 6.3.2
Piastra d'estremità a flessione	<p>Per una semplice fila di bulloni a trazione:</p> $k_5 = \frac{0.9 \cdot l_{eff} \cdot t_p^2}{m^3}$ <p>La larghezza efficace <math>l_{eff}</math> è la minore tra quelle della fila di bulloni (single o come parte di un gruppo)</p>	EC3-1-8 6.3.2
Anima della	<p>Per i nodi irrigiditi, il contributo <math>k_3</math> è infinito, mentre per i nodi non-irrigiditi:</p>	EC3-1-8 6.3.2

Colonna a trazione	$k_3 = \frac{0.7 \cdot b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc}}{d_c}$ <p>La larghezza efficace <math>b_{eff}</math> è la minore tra quelle per la flangia della colonna della fila di bulloni (single o come parte di un gruppo)</p>	
Bulloni a trazione:	<p>For simple bolt row in tension:</p> $k_{10} = \frac{1.6 \cdot A_s}{L_b}$	EC3-1-8 6.3.2
Irrigidimento nella zona compressa	$k_{RIB} = \frac{A_{eq}}{L_{Strut}} \cdot \cos(\alpha)$ <p>dove (in accordo a Lee):</p> $A_e = \frac{\eta(ab - c^2)}{\sqrt{(a-c)^2 + (b-c)^2}}$ $L_e = (0.6) \sqrt{(a^2 + b^2)}$ <p><math>\alpha</math> è l'inclinazione del pendolo equivalente.</p>	Equaljoints

#### 4.2.8 Resistenza delle componenti (nodo a taglio)

Componente	Regole di dettaglio	Riferimenti		
Anima della trave soggetta a taglio	$V_{b,RD} = \chi_w A_{vb} f_{y,b} / \sqrt{3} \gamma_{M1}$ <p>dove:</p> $A_{vb} = A_b - 2b_b t_{fb} + (t_{wb} + 2r_b) t_{fb}$ $\chi_w = 0.83 / \bar{\lambda}_w \text{ if } \bar{\lambda}_w \geq 0.83;$ $\chi_w = 1.0 \text{ if } \bar{\lambda}_w < 0.83$ <p>con <math>\bar{\lambda}_w = 0.3467 (h_{wb} / t_{wb}) \sqrt{f_{y,b} / E}</math></p>	EC3-1-5 5.3		
Flangia della Colonna in flessione	<p>Per una singola fila di bulloni (2 bulloni) soggetta a taglio:</p> $F_{b,Rd} = 2 \frac{k_1 \alpha_b f_u d t_{fc}}{\gamma_{M2}}$ <p>dove:</p> $k_1 = \min[2.8 \frac{e}{d_0} - 1.7, 2.5]$ <p><math>\alpha_b</math> dipende dalla direzione dell'azione di taglio e dalla posizione della fila di bulloni:</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p><i>Azione tagliante verso il basso</i></p> <p>File bulloni 1, 5 e 6 (o (*) file 1, 3 e 4):  <math>\alpha_b = 1.0</math></p> <p>file 2 e 4 (o (*) file 2):  <math>\alpha_b = \min[1.0, p_1 / 3d_0 - 0.25]</math></p> <p>Fila 3:  <math>\alpha_b = \min[1.0, p_2 / 3d_0 - 0.25]</math></p> <p>(*): usato per nodi con 4 file di bulloni (<math>p_1</math> dovrebbe essere sostituito con <math>p</math>)</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p><i>Azione tagliante verso il alto</i></p> <p>File 1, 2 e 6 (o (*) file 1, 2 e 4)  <math>\alpha_b = 1.0</math></p> <p>file 3 and 5 (o (*) fila 3)  <math>\alpha_b = \min[1.0, p_1 / 3d_0 - 0.25]</math></p> <p>Fila 4:  <math>\alpha_b = \min[1.0, p_2 / 3d_0 - 0.25]</math></p> </td> </tr> </table>	<p><i>Azione tagliante verso il basso</i></p> <p>File bulloni 1, 5 e 6 (o (*) file 1, 3 e 4):  <math>\alpha_b = 1.0</math></p> <p>file 2 e 4 (o (*) file 2):  <math>\alpha_b = \min[1.0, p_1 / 3d_0 - 0.25]</math></p> <p>Fila 3:  <math>\alpha_b = \min[1.0, p_2 / 3d_0 - 0.25]</math></p> <p>(*): usato per nodi con 4 file di bulloni (<math>p_1</math> dovrebbe essere sostituito con <math>p</math>)</p>	<p><i>Azione tagliante verso il alto</i></p> <p>File 1, 2 e 6 (o (*) file 1, 2 e 4)  <math>\alpha_b = 1.0</math></p> <p>file 3 and 5 (o (*) fila 3)  <math>\alpha_b = \min[1.0, p_1 / 3d_0 - 0.25]</math></p> <p>Fila 4:  <math>\alpha_b = \min[1.0, p_2 / 3d_0 - 0.25]</math></p>	EC3-1-8 3.6.1
<p><i>Azione tagliante verso il basso</i></p> <p>File bulloni 1, 5 e 6 (o (*) file 1, 3 e 4):  <math>\alpha_b = 1.0</math></p> <p>file 2 e 4 (o (*) file 2):  <math>\alpha_b = \min[1.0, p_1 / 3d_0 - 0.25]</math></p> <p>Fila 3:  <math>\alpha_b = \min[1.0, p_2 / 3d_0 - 0.25]</math></p> <p>(*): usato per nodi con 4 file di bulloni (<math>p_1</math> dovrebbe essere sostituito con <math>p</math>)</p>	<p><i>Azione tagliante verso il alto</i></p> <p>File 1, 2 e 6 (o (*) file 1, 2 e 4)  <math>\alpha_b = 1.0</math></p> <p>file 3 and 5 (o (*) fila 3)  <math>\alpha_b = \min[1.0, p_1 / 3d_0 - 0.25]</math></p> <p>Fila 4:  <math>\alpha_b = \min[1.0, p_2 / 3d_0 - 0.25]</math></p>			
Piastra d'estremità	<p>Per una semplice fila (due bulloni) a taglio:</p> $F_{b,Rd} = 2 \frac{k_1 \alpha_b f_u d t_{fc}}{\gamma_{M2}}$	EC3-1-8 3.6.1		

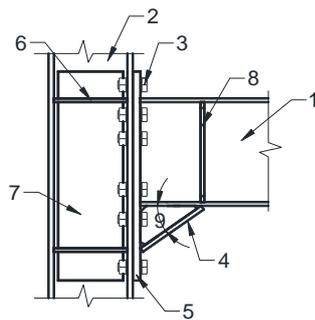
	<p>Per I bulloni esterni: <math>k_1 = \min[2.8 \frac{e}{d_0} - 1.7, 2.5]</math></p> <p>Per I bulloni interni: <math>k_1 = \min[1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5]</math></p> <p><math>\alpha_b</math> dipende dalla direzione del taglio e dalla posizione della fila di bulloni:</p> <p>Connessioni a 4 file di bulloni:</p> <p><i>Taglio direzionato verso il basso</i></p> <p>Fila 1: <math>\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]</math></p> <p>File 2 e 4 : <math>\alpha_b = 1.0</math></p> <p>Fila 3: <math>\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]</math></p> <p><i>Taglio direzionato verso l'alto</i></p> <p>File 1 e 3: <math>\alpha_b = 1.0</math></p> <p>Fila 2: <math>\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]</math></p> <p>Fila 4: <math>\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]</math></p> <p>Connessioni a 6 file di bulloni</p> <p><i>Taglio direzionato verso il basso</i></p> <p>Fila 1: <math>\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]</math></p> <p>File 2, 4 e 6: <math>\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]</math></p> <p>File 3 e 5: <math>\alpha_b = 1.0</math></p> <p><i>Taglio direzionato verso l'alto</i></p> <p>File 1, 3 e 5: <math>\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]</math></p> <p>File 2 e 4: <math>\alpha_b = 1.0</math></p> <p>Fila 6: <math>\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]</math></p>	
Bulloni a taglio	<p>F Per una semplice fila (due bulloni) a taglio:</p> $F_{b,Rd} = 2 \frac{\alpha_v f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ <p><math>\alpha_v = 0.5</math> per bulloni di grado 10.9.</p>	EC3-1-8 3.6.1

### 4.3 Nodi flangiati con costolatura d'irrigidimento inferiore

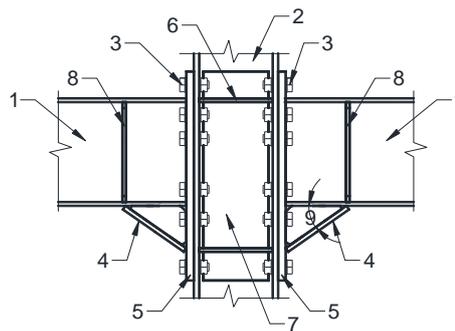
#### 4.3.1 Descrizione del nodo

#### Descrizione nodi flangiati con costolatura d'irrigidimento inferiore

Nodo d'estremità



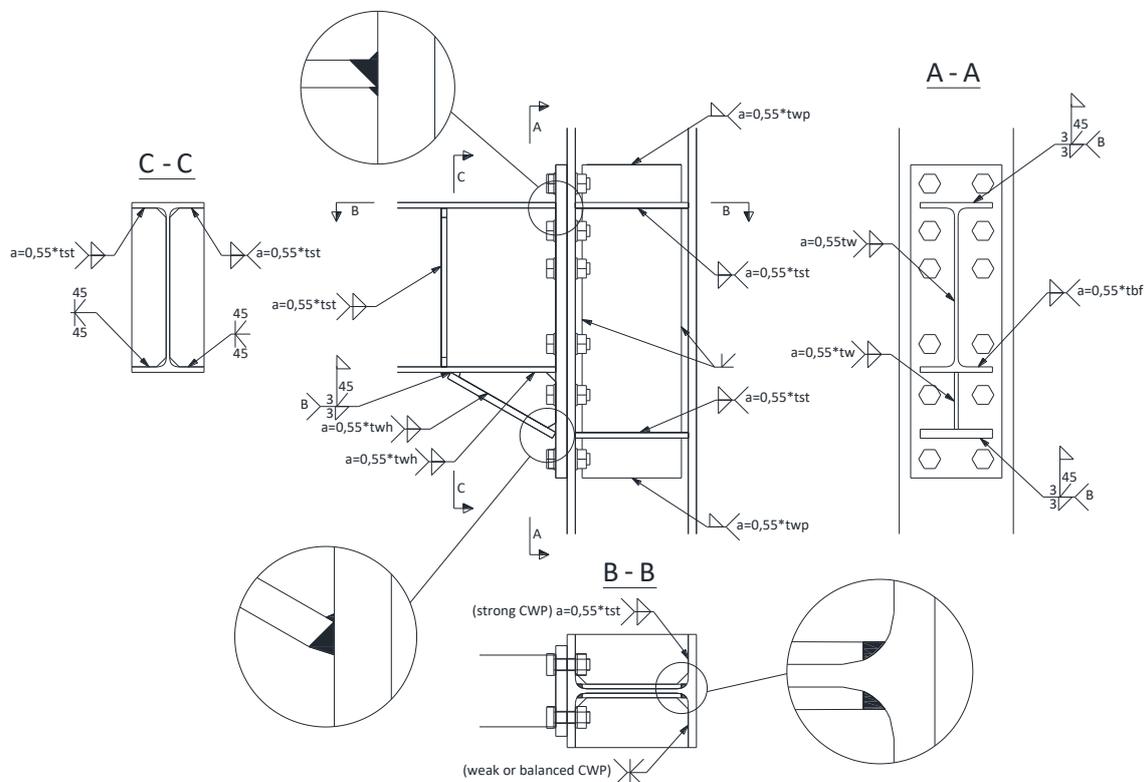
Nodo interno



1: trave      3: bulloni      5: piatto d'estremità  
2: colonne    4: costolatura    6: irrigidimenti della colonna

7: piatti d'anima supplementari  
8: irrigidimento della trave  
9: inclinazione della costolatura

## Dettagli delle saldature dei nodi flangiati con costolatura d'irrigidimento



NOTE:

1. All full-penetration welds shall be quality level B acc. EN ISO 5817 and EN 1090-2:2008.
2. All welds shall be quality level C unless otherwise specified on drawings.

### 4.3.2 Elenco dei valori limite per i parametri dei nodi prequalificati

Table 4.5 - Limit values for prequalified data

Elementi	Intervallo di applicazione
Trave	Travi a flangia larga laminate a caldo comprese tra IPE330 e IPE600. La sezione trasversale deve essere di classe 1 secondo EN 1993-1-1. Possono essere utilizzate travi in composizione saldata con forma simile, a condizione che le saldature tra l'anima e le flange siano saldature a completa penetrazione rinforzate con cordoni.
Altezza	330 a 600 mm
Chiaro rapporto tra lunghezza e altezza (tra	Minimo 7

la posizione presunta delle cerniere plastiche)	
Spessore della flangia	Minimo: 11 mm Massimo: 21 mm* (10% di estrapolazione rispetto al massimo testato)
Materiale	S235 a S355
<i>Colonna</i>	Colonne a flangia larga laminate a caldo che vanno da HEB260/HEM260 fino a HEB550/HEM550. La sezione trasversale deve essere di classe 1 secondo EN 1993-1-1. Possono essere utilizzate colonne in sezione composta saldata di forma simile, a condizione che le saldature tra l'anima e le flange siano saldature a completa penetrazione rinforzate con cordoni di rinforzo
Altezza	260 a 550 mm
Spessore della flangia	Minimo: 17.5 mm Massimo: 40 mm
Materiale	Da S235 a S355
<i>Altezza trave/colonna</i>	0.60-2.00
<i>Piastra d'estremità</i>	20-40
Spessore	Minimo: 20 mm Massimo: 40 mm
Larghezza	Minimo: larghezza flangia della trave+ 30 mm Massimo: larghezza flangia della colonna
Materiale	Da S235 a S355
<i>Rinforzi trasversali di colonne e travi</i>	Secondo i requisiti da EN 193-1-8 and EN 1998-1.
Materiale	Da S235 a S355
<i>Piatti d'anima supplementari</i>	Secondo i requisiti dell' EN 1993-1-8 e EN 1998-1. È consentito considerare l'intera area dei piatti d'anima supplementari nel calcolo della resistenza di taglio aggiuntiva del pannello d'anima della colonna.
Altezza	Almeno uguale all'altezza della piastra terminale.
Materiale	Da S235 a S355
<i>Bulloni</i>	Gruppi di bullonature strutturali ad alta resistenza per il pre-carico, secondo EN 14399-3 (sistema HR) e EN 14399-4 (sistema HV). I bulloni devono essere completamente precaricati secondo la EN 1090-2.
Dimensione	M24 a M36
Classe	8.8 o 10.9
Fori	Secondo EN 1993-1-8
<i>Ringrosso</i>	
Angolo	L'angolo della costolatura misurata tra la flangia inferiore della trave e la flangia della costolatura può variare da 30° a 45°.
<i>Saldature</i>	Secondo la Figura 3.6
Piastra d'estremità	Saldature a completo ripristino rinforzate
Piatti di continuità	Saldature a totale penetrazione
Piastre supplementari d'anima	Saldature a totale penetrazione

---

Altre saldature Le saldature di raccordo su entrambi i lati hanno una sezione di gola superiore a 0,55 volte lo spessore delle piastre collegate

---

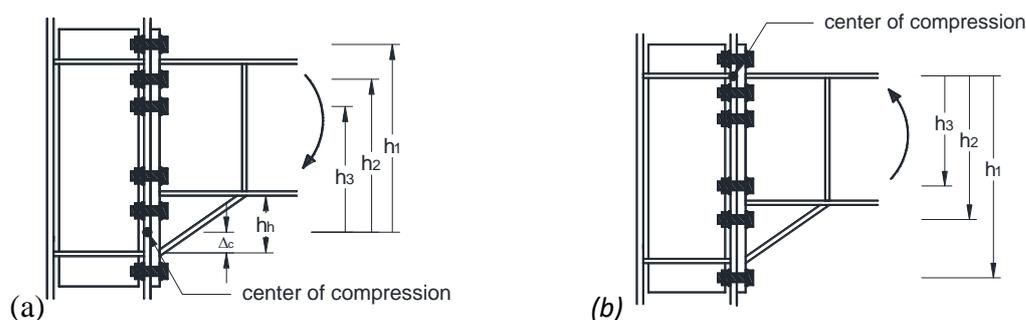
### 4.3.3 Procedura di progetto

Le simulazioni numeriche eseguite nel progetto EQUALJOINTS hanno dimostrato che per il momento flettente negativo il centro di compressione si trova a una distanza  $\Delta_c$  sopra la flangia della costolatura. Sulla base dei risultati disponibili, si può presumere che il centro di compressione sia posizionato all'incirca al 50% dell'altezza del ringrosso ( $\Delta_c = 0,45 h_h$ , vedi Figura 3.7a). Per il momento positivo, si assume il centro di compressione situato al centro della flangia compressa (Figura 3.7b). D'altro canto, le file di bulloni posizionate vicino al centro di compressione sviluppano forze di trazione trascurabili, a causa della deformabilità della piastra d'estremità e della duttilità limitata delle file di bulloni sulla flangia tesa.

Di conseguenza, si è ipotizzato che solo le file di bulloni che si trovano al di sopra dell'asse orizzontale di simmetria della sezione trasversale della trave (senza costolatura) siano attive a momento negativo. A momento positivo, sono state considerate attive solo le file di bulloni al di sopra di metà dell'altezza della sezione trasversale della trave, considerando anche la costolatura.

Il pannello d'anima della colonna può essere progettato per essere bilanciato con la trave, condividendo con quest'ultima le richieste di deformazione plastica, o per essere più forte della trave.

#### Centro di compressione e file di bulloni attivi momenti negativi (a) e positivi (b).



### Procedura Globale

**Step 1:** Scelta iniziale della geometria e del materiale del nodo

- Classe e dimensione dei bulloni, numero delle file di bullonatura
- Spessore e dimensione della piastra terminale
- Spessore e dimensione dei piatti di continuità
- Spessore e dimensione delle piastre aggiuntive (se previste)
- Specifiche della saldatura

**Step 2:** Caratterizzazione della componente

- Resistenze delle componenti (nodo soggetto a flessione)
- Rigidezze delle componenti (nodo soggetto a flessione)
- Resistenze delle componenti (nodo soggetto a taglio)

**Step 3:** Procedura di assemblaggio

- Resistenza della connessione soggetta a flessione
- Rigidezza del nodo soggetto a flessione
- Resistenza della connessione soggetta a taglio
- Grado di duttilità della connessione

**Step 4:** Classificazione del nodo e verifica di progettazione

- Resistenza a flessione
- Rigidezza flessionale
- Resistenza a taglio
- Duttilità
- Verifica

#### 4.3.4 Scelta iniziale della geometria e del materiale del nodo

*Tabella 4.6 - scelta iniziale della geometria del nodo e dei materiali*

Elemento	Dimensione trave		
	Piccola ( $\approx$ IPE360)	Middle ( $\approx$ IPE450)	Piccola ( $\approx$ IPE360)
Classe bullone	10.9		
Dimensione bullone	M27	Dimensione bullone	M27
Numero file di bulloni	6	6	6
Piastra d'estremità	<i>Spessore:</i> $t_{ep}=d_b$ . <i>Dimensione:</i> La larghezza deve essere maggiore della larghezza della flangia della trave (ma almeno 30 mm per accogliere la saldatura) e inferiore alla flangia della colonna. La parte estesa dovrebbe essere sufficiente per posizionare una fila di bulloni, rispettando le regole indicate nella EN 1993-1-8 (§3.5).		
costolatura	Larghezza della flangia della costolatura uguale a quella della flangia della trave. Lo spessore della flangia della costolatura dovrebbe essere maggiore di $\gamma_{ov}$ volte lo spessore della trave. Lo spessore dell'anima della costolatura dovrebbe essere uguale o maggiore dello spessore dell'anima della trave: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>h_h = 0.4 \cdot h_b</math> per un angolo della costolatura di <math>30^\circ \leq \alpha &lt; 40^\circ</math>;</li> <li>• <math>h_h = 0.5 \cdot h_b</math> per un angolo della costolatura di <math>40^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ</math>.</li> </ul>		
Paitti supplementari d'anima	Lo spessore e le dimensioni dei piatti d'anima supplementari dovrebbe rispettare le regole fornite dall' EN 1993-1-8 (§ 6.2.6.1), in caso contrario si dovrebbero utilizzare saldature a bottone per garantire la stabilità delle piastre supplementari.		

Irrigidenti  
trasversali

Table 4.5

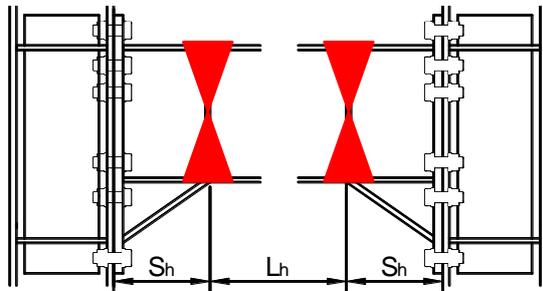
Dettagli della  
saldatura

Nota:  $t_{ep}$  è lo spessore della piastra d'estremità e  $d_b$  è il diametro nominale del bullone.

### 4.3.5 Procedura di assemblaggio e verifiche di resistenza

Classificazione tipo	Criteri	Riferimenti												
Resistenza a flessione	Connessione a totale ripristino di resistenza: $M_{con,Rd} \geq M_{con,Ed} = \alpha \cdot (M_{b,Rd} + V_{b,Ed} \cdot s_h)$ $\alpha = \gamma_{sh} \cdot \gamma_{ov}$	Equaljoints												
Resistenza a taglio	$V_{con,Rd} \geq V_{b,Ed}$	Equaljoints												
Resistenza a taglio del pannello d'anima della colonna	Pannello d'anima forte: $V_{wp,Rd} \geq V_{wp,Ed}$ con $V_{wp,Ed} = \alpha \cdot (M_{b,Rd} + V_{b,Ed} \cdot s_h) / z - V_{c,Ed}$	Equaljoints												
Rigidezza	<table border="0"> <tr> <td>Classificazione</td> <td>telai controventati</td> <td>telai non controventati</td> </tr> <tr> <td>Nodi semi-rigidi</td> <td><math>0.5 \leq k_b &lt; 8</math></td> <td><math>0.5 \leq k_b &lt; 25</math></td> </tr> <tr> <td>Nodi rigidi</td> <td><math>k_b \geq 8</math></td> <td><math>k_b \geq 25</math></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><math>k_b = S_{j,ini} / (EI_b / L_b)</math></td> </tr> </table>	Classificazione	telai controventati	telai non controventati	Nodi semi-rigidi	$0.5 \leq k_b < 8$	$0.5 \leq k_b < 25$	Nodi rigidi	$k_b \geq 8$	$k_b \geq 25$		$k_b = S_{j,ini} / (EI_b / L_b)$		EC3-1-8 5.2.2
Classificazione	telai controventati	telai non controventati												
Nodi semi-rigidi	$0.5 \leq k_b < 8$	$0.5 \leq k_b < 25$												
Nodi rigidi	$k_b \geq 8$	$k_b \geq 25$												
	$k_b = S_{j,ini} / (EI_b / L_b)$													

Determinare il momento flettente di progetto sulla faccia della colonna e la corrispondente forza di taglio.



Il momento flettente di progetto sulla faccia della colonna, corrispondente alla cerniera plastica plasticizzata ed incrudita posizionata alla fine della costolatura, è:

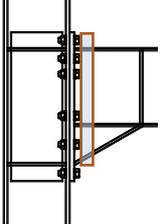
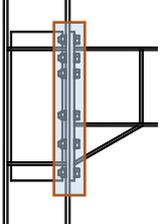
$$M_{con,Ed} = M_{b,Rd} + V_{b,Ed} \cdot s_h$$

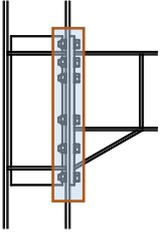
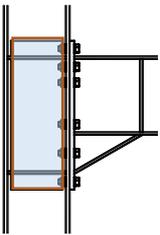
La forza di taglio di progetto della connessione  $V_{con,Ed}$  è determinata assumendo che ad entrambe le estremità della trave si formino cerniere plastiche completamente plasticizzate ed incrudite:

$$V_{con,Ed} \cong V_{b,Ed} = V_{Ed,M} + V_{Ed,G}$$

dove:

$M_{pl,Rd}^* = \gamma_{sh} \cdot \gamma_{ov} \cdot W_{pl,beam} \cdot f_{y,beam}$  il momento plastico atteso in corrispondenza delle cerniere plastiche;

<p><math>W_{pl,beam}</math> è il modulo plastico della trave;</p> <p><math>f_{y,beam}</math> è la specificata tensione minima di snervamento dell'elemento plasticizzato;</p> <p><math>\gamma_{sh}</math> è il fattore di incrudimento per tenere conto della resistenza di picco della connessione;</p> <p><math>\gamma_{ov}</math> è il fattore di sovraresistenza del materiale;</p> <p><math>V_{Ed,M}</math> è la forza di taglio dovuta alle cerniere plastiche;</p> <p><math>V_{Ed,G}</math> è la forza di taglio dovuta ai carichi gravitazionali nella situazione di progetto sismica;</p> <p><math>s_h</math> è la distanza tra la faccia della colonna e la cerniera plastica;</p> <p><math>L_h</math> è la distanza tra le cerniere plastiche.</p> <p>Nota: Prove sperimentali mostrano che la cerniera plastica si forma ad una certa distanza dalla fine della costolatura. Ai fini esemplificativi, si può assumere che la cerniera plastica si formi all'estremità della costolatura. Se necessario, si può ricorrere ad una più posizione più precisa.</p>	
<p><u>Verifica della parte estrema della trave inclusa la costolatura</u></p> <p>L'estremità della trave comprendente la costolatura è verificata in accordo l' EN-1993-1-1 per il momento flettente di progetto atteso alla faccia della colonna:</p> $\frac{M_{con,Ed}}{M_{bh,Rd}} \leq 1,0$ <p>dove:</p> <p><math>M_{bh,Rd}</math> è il momento plastico resistente della sezione a doppio T composta dalla flangia superiore della trave, della flangia della costolatura e dall'anima trave-costolatura, trascurando la flangia inferiore della trave, vedi paragrafo 6.2.6.7 dell' EN 1993-1-8;</p> <p><math>M_{con,Ed}</math> è il momento massimo atteso alla faccia della colonna.</p> <p>Al fine di considerare una possibile sovraresistenza del materiale nella trave rispetto alla costolatura, lo spessore della flangia della costolatura è successivamente incrementato di <math>\gamma_{ov}</math>.</p>	
<p><u>Verifica della resistenza a flessione della connessione con piastra d'estremità.</u></p> <p>Verifica della resistenza a flessione della connessione, soggetta a momenti negativi e positivi:</p> $\frac{M_{con,Ed}}{M_{con,Rd}} \leq 1,0$ <p>dove <math>M_{con,Rd}</math> è la resistenza a flessione della connessione.</p> <p>I seguenti component sono usati per ottenere la resistenza a flessione delle connessioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flangia della colonna in flessione;</li> <li>• Piastra d'estremità in flessione;</li> <li>• Anima della trave in trazione;</li> <li>• Anima della colonna in trazione;</li> <li>• Anima della colonna in compressione.</li> </ul> <p><math>M_{con,Rd}</math> è determinato secondo l'EN 1993-1-8, con le seguenti modifiche:</p>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>• sotto flessione negativa, sono assunte attive solo le file di bulloni situate al di sopra della mezzeria della sezione trasversale della trave (senza ringrosso);</li> <li>• sotto flessione positiva, sono considerate attive solo le file di bulloni situate oltre la mezzeria della sezione trasversale della trave, incluso il ringrosso;</li> <li>• per momenti flettenti negativi, il centro di compressione è spostato verso l'alto del 50% dell'altezza della costolatura (<math>\Delta_C = 0.5 h_h</math>, vedi Figura 3.7a);</li> <li>• i seguenti componenti non sono presi in considerazione: pannello d'anima della colonna a taglio, flangia e anima della colonna (e del ringrosso) in compressione.</li> </ul>	
<p><u>Verifica della resistenza a taglio della connessione</u></p> $\frac{V_{b,Ed}}{V_{con,Rd}} \leq 1,0$ <p>dove <math>V_{con,Rd}</math> è la resistenza a taglio della connessione.</p> <p>I seguenti componenti sono utilizzati per ottenere la resistenza a taglio delle connessioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anima della trave sollecitata a taglio;</li> <li>• Bulloni coinvolti nel rifollamento della flangia della colonna;</li> <li>• Bulloni coinvolti nel rifollamento della piastra d'estremità;</li> <li>• Bulloni soggetti a taglio. Devono essere considerati solo i bulloni non tenuti in conto per la resistenza a flessione della connessione</li> </ul>	
<p><u>Verifica del pannello d'anima della colonna</u></p> <p>La forza di taglio di progetto nel pannello d'anima della colonna è determinata sulla base dei momenti flettenti e delle forze di taglio agenti sul pannello d'anima.</p> $V_{wp,Ed} = \alpha \cdot (M_{b,Rd} + V_{b,Ed} \cdot s_h) / z - V_{c,Ed}$ <p>dove</p> <p><math>V_{wp,Ed}</math> è la forza di taglio di progetto agente sul pannello d'anima della colonna;</p> <p><math>V_{c,Ed}</math> è la forza di taglio sulla colonna;</p> <p><math>z</math> è il braccio di leva interno.</p> <p>Per un <i>pannello d'anima della colonna forte</i>, la forza di taglio di progetto dovrebbe essere ottenuta tenendo conto dello sviluppo delle cerniere plastiche completamente plasticizzate ed incrudite nella trave:</p> $\alpha = \gamma_{sh} \cdot \gamma_{ov}$ <p>La resistenza del pannello d'anima della colonna è verificata con la seguente relazione:</p> $\frac{V_{wp,Ed}}{V_{wp,Rd}} \leq 1,0$ <p><math>V_{wp,Rd}</math> è determinato secondo l' EN 1993-1-8. Si applicano le seguenti limitazioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• È consentito considerare l'intera area delle piastre d'anima supplementari nel calcolo della resistenza a taglio aggiuntiva del pannello d'anima della colonna.</li> <li>• La resistenza a taglio aggiuntiva <math>V_{wp,add,Rd}</math> dovuta alle flange della colonna e agli irrigidimenti trasversali può essere trascurata.</li> </ul>	

### 4.3.6 Caratterizzazione delle componenti

Componente	Regole di dettaglio	Riferimenti
Pannello d'anima della colonna soggetto a taglio	Si applicano le regole in EN 1993-1-8, 6.2.6.1, con le seguenti osservazioni: <ul style="list-style-type: none"> <li>• È consentito considerare l'intera area dei piatti d'anima supplementari nel calcolo della resistenza a taglio aggiuntiva del pannello d'anima della colonna.</li> <li>• La resistenza al taglio aggiuntiva <math>V_{wp,add,Rd}</math> dovuta alle flange della colonna e agli irrigidimenti trasversali può essere ignorata.</li> </ul>	EN 1993-1-8 6.2.6.1 6.3.2
Flange della colonna in flessione	Si applicano le regole dell' EN 1993-1-8.	EN 1993-1-8 6.2.6.4 6.3.2
Piastra d'estremità in flessione	Si applicano le regole dell' EN 1993-1-8.	EN 1993-1-8 6.2.6.5 6.3.2
Anima della colonna in compression e	Si applicano le regole dell' EN 1993-1-8.	EN 1993-1-8 6.2.6.2 6.3.2
Anima della trave a trazione	Si applicano le regole dell' EN 1993-1-8.	EN 1993-1-8 6.2.6.8 6.3.2
Anima della colonna a trazione	Si applicano le regole dell' EN 1993-1-8.	EN 1993-1-8 6.2.6.3 6.3.2
Anima della trave a taglio	Si applicano le regole dell' EN 1993-1-8.	EN 1993-1-1 6.2.6
Bulloni a rifollamento sulla flangia della colonna	Si applicano le regole dell' EN 1993-1-8.	EN 1993-1-8 3.6.1
Bulloni a rifollamento sulla piastra d'estremità	Si applicano le regole dell' EN 1993-1-8.	EN 1993-1-8 3.6.1
Bulloni a taglio	Si applicano le regole dell' EN 1993-1-8.	EN 1993-1-8 3.6.1

### 4.3.7 Classificazione della rigidità

I nodi flangiati con costolatura d'ala inferiore possono essere considerati rigidi se:

la resistenza del pannello d'anima della colonna è stata calcolata in accordo all'equazione (6.7) della EN 1993-1-8, trascurando il contributo  $V_{wp,add,Rd}$  dovuto alla plasticizzazione delle flange della colonna e dei piatti di continuità.

il modello della linea d'asse sia utilizzato per l'analisi strutturale globale;

i bulloni siano di categoria E (completamente precaricati) secondo l'EN 1993-1-8.

Le regole fornite dall'EN 1993-1-8 possono essere utilizzate per quantificare la rigidità della connessione e del pannello d'anima della colonna. Un modello rifinito della connessione e del pannello d'anima della colonna può essere utilizzata nell'analisi strutturale globale, se necessario.

#### 4.3.8 Classificazione della duttilità

I nodi trave-colonna con piastra d'estremità estesa e ringrosso progettati secondo le disposizioni precedentemente descritte sono ritenuti idonei per l'applicazione nei sistemi strutturali DCH e DCM (telai sismo-resistenti, sistemi accoppiati telaio-controvento concentrico e telaio-controvento eccentrico). Tale assunto si basa sul fatto che tutte le connessioni testate soddisfano i seguenti requisiti (ANSI/AISC 341-16):

La connessione è in grado di consentire un angolo di rotazione di piano di almeno 0,04 rad

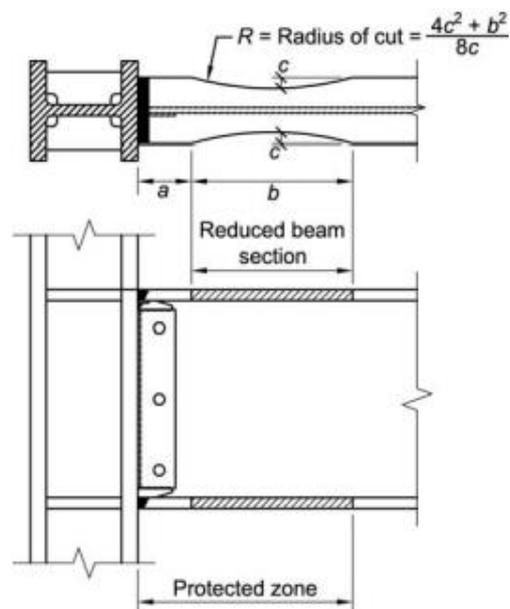
La resistenza a flessione misurata della connessione, determinata sulla faccia della colonna, è pari ad almeno 0,80Mp della trave collegata a un angolo di rotazione di piano pari a 0,04 rad.

Si noti che le rotazioni di piano misurate al 20% del momento massimo sono inferiori a 0,04 rad (ma superiori a 0,03 rad).

### 4.4 Nodi Dog bone

#### 4.4.1 Descrizione del nodo

##### Configurazione e dimensioni dei nodi con travi a sezione ridotta



#### 4.4.2 Procedura di progetto

Il progetto deve seguire i requisiti dell'AISC 341 (disposizioni sismiche per gli edifici in acciaio strutturale), AISC 358-16 (collegamenti prequalificati per applicazioni sismiche) e AISC 360 (specifica per edifici in acciaio strutturale).

In base a quanto sopra, la progettazione segue la seguente procedura:

1. Controllare l'instabilità locale della trave ai fini sismici  
$$b_{bf}/(2t_{fb}) < \lambda_{ps} = 0.3\sqrt{(E/f_y)}$$
2. Controllare l'instabilità locale della colonna ai fini sismici  
$$b_{cf}/(2t_{fc}) < \lambda_{ps} = 0.3\sqrt{(E/f_y)}$$
3. Controllare le limitazioni riguardanti le travi secondo le AISC 358 Sezione 5.3.1  
Notando tuttavia che in base ai test effettuati nel progetto EqualJoints, le dimensioni della trave possono essere estese dall'altezza di W36 a W44 che ha dimostrato un comportamento adeguato secondo i requisiti di prequalificazione.
4. Controllare le limitazioni riguardanti le travi secondo le AISC 358 Sezione 5.3.2  
Notando tuttavia che in base ai test effettuati nel progetto EqualJoints, le dimensioni delle colonne possono essere estese da un'altezza di W36 a W40, che ha dimostrato un comportamento adeguato ai requisiti di prequalifica.

5. Determinare il modulo plastico della sezione ridotta (AISC 358 Sezione 5.8, Punto 2)

$$Z_{RBS} = Z_x - 2 c t_{fb} (h_b - t_{fb})$$

dove:

$Z_{RBS}$  è il modulo plastico della sezione ridotta

$Z_{pl.x}$  è il modulo plastico della sezione lungo l'asse x della sezione della trave non ridotta

$t_{fb}$  è lo spessore della flangia della trave

$h_b$  è l'altezza della trave

$c$  è la profondità del taglio al centro della sezione ridotta.

6. Determinare il momento massimo probabile nella sezione ridotta (AISC 358 Sez 5.8 Punto 3)

$$M_{pr} = M_{RBS} = C_{pr} R_y f_y Z_e$$

dove:

$C_{pr}$  è un fattore che tiene in considerazione la forza di connessione di picco, tra cui l'incrudimento, il vincolamento locale, i rinforzi aggiuntivi e altre condizioni di connessione, calcolate come

$$= \frac{f_y + f_u}{2f_y} \leq 1.2$$

$R_y$  Rapporto tra la tensione di snervamento prevista e la tensione minima di snervamento specificata,  $f_y$

7. Calcolo dello sforzo di taglio al centro della sezione ridotta RBS (AISC 358 Sezione 5.8 Punto 4)

$$V_p = V_{RBS} = 2 M_{pr} / L_h + V_g$$

8. Calcolo del taglio corrispondente nella colonna

$$V_c = N_b V_e L_b / (N_c h_c)$$

9. Calcolo del momento Massimo probabile in corrispondenza della faccia della colonna (AISC 358 Sect 5.8 Step 5)

$$M_f = M_{pr} + V_{RBS} S_h + M_g$$

Dove:

$$M_g = \frac{1}{2} W_{ub} S_h^2$$

10. Calcolare il valore medio del momento plastico della trave (AISC 358 Sezione 5.8 Punto 6)

$$M_{pe} = R_y f_y Z_{bx}$$

11. Controllare che la resistenza a flessione non ecceda  $\Phi_d M_{pe}$  (AISC 358 Sezione 5.8 Punto 7)

$$M_f < \Phi_d M_{pe}$$

12. Calcolare e controllare la forza concentrata sulla colonna

$$P_b \leq \Phi f_y w_{tw} (5k + l_b)$$

$$\leq \Phi 0.8 t_w^2 [ 1 + 3 (l_b / d) (t_w / t_f)^{1.5} ] (E f_{yw} t_f / t_w)^{1/2}$$

$$\leq \Phi 6.25 f_{yf} t_f^2$$

Dove:

$$P_b = M_f b_{fb} t_{fb} / Z_x$$

13. Controllare il rapporto del momento colonna-trave (AISC 341 Sezione 9.6)

$$\Sigma M_{pc}^* / \Sigma M_{pb}^* > 1.0$$

dove:

$\Sigma M_{pc}^*$  è la somma dei momenti nella colonna sopra e sotto il collegamento all'intersezione tra la mezzera della trave e della colonna

$$= \Sigma [ Z_c (f_{yc} - P_{uc} / A_g) + V_c d_b / 2 ]$$

$\Sigma M_{pb}^*$  è la somma dei momenti nelle travi all'intersezione dell'asse della colonna e della trave

$$= N_b M_{RBS} + \Sigma M_v$$

$\Sigma M_v$  è il momento aggiuntivo dovuto all'amplificazione a taglio dovuto all'eccentricità tra la posizione della cerniera plastica e l'asse della colonna

$$= (V_{RBS} + V_{RBS}) (a + b / 2 + d_c / 2)$$

14. Controllare la resistenza al taglio del pannello nodale (AISC341 Sezione 9.3)

$$0.75 P_c > P_r$$

$$\varphi_v R_n > \Sigma M_f / (d_b - t_{fb}) - V_c$$

15. Calcolare lo spessore richiesto dei piatti di accoppiamento

$$R_u \leq \varphi R_{ncol} + \varphi R_{ndp}$$

$$t_{dp} \geq (R_u - \varphi R_{ncol}) / (0.6 f_y d_c)$$

16. Controllare lo spessore richiesto dell'anima della colonna e del piatto di continuità se presente.

$$t \geq (d_z + w_z) / 90$$

17. Controllare se i piatti di continuità sono necessari (AISC 358 punto 10)

$$t_{fc} \geq 0.4 [ 1.8 b_b f_t b_f ( F_{yb} R_{yb} ) / ( F_{yc} R_{yc} ) ] 0.5$$

$$t_{fc} \geq b_{fb} / 6 \text{ or } 12$$

18. Calcolare lo spessore richiesto dei piatti di continuità

$$\text{Check 1: } t_s \geq 0.5 t_{bf}$$

$$\text{Check 2: } P_b \leq \varphi R_{ncol} + \varphi R_{ncp}$$

$$t_s \geq (P_b - \varphi R_{ncol}) / (0.9 f_y b_{bf})$$

## 5. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

[1] CEN (2005). "EN 1993-1-8:2005, Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-8: Design of joints", European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

[2] ECCS (2018). "Volume with pre-normative design recommendations for seismically qualified steel joints", 1<sup>st</sup> edition.

---

### Disclaimer

This software enables the user to access a database of seismically prequalified steel joints and also calculates the resistance of beam-to-column joints according to EC3-1-8 and EQUALJOINTS project specifications.

No warranty is given to the user of the software. The user agrees to indemnify and hold harmless from any claim and any direct and/or indirect loss or damage, including but not limited to those resulting from an incorrect use and/or a use made for an inadequate or inappropriate purpose.

### Copyright

Institute for Sustainability and Innovation in Structural Engineering (ISISE)

Department of Civil Engineering, University of Coimbra

### WARNING

This program is protected by copyright law. Unauthorized reproduction or distribution of this program, or any parts of it, may result in severe civil and criminal penalties.