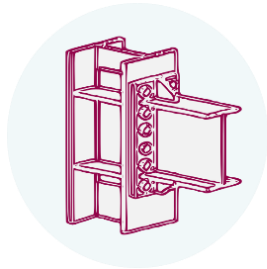




EQUALJOINTS PLUS

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)

CUPRINS

CUPRINS	iii
1. EQUALJOINTS	1
1.1 Despre	1
1.2 Diseminare	3
1.2.1 Aplicație pentru dispozitive mobile	3
1.2.2 Canal YouTube	3
1.2.3 Bază de date	3
2. Despre ECCS	4
2.1 Țeluri și obiective	4
2.2 Apartenența	4
2.3 STEEL CONSTRUCTION: Design & Research	4
2.4 Îndrumare tehnică pentru folosirea Eurocodurilor	5
3. FOLOSIREA APLICAȚIEI	6
3.1 Scop	6
3.2 Configurații	7
3.3 Catalog și furnizori	8
3.4 Exemple și rapoarte – Calculator	11
3.4.1 Introducere	11
3.4.2 Noduri	11
4. REFERINȚE TEHNICE	15
4.1 Noduri grindă-stâlp cu placă de capăt extinsă	15
4.1.1 Descrierea nodului	15
4.1.2 Lista valorilor limită pentru datele precalificate	16
4.1.3 Procedura de proiectare	16
4.1.4 Valori inițiale pentru geometrie și materiale pentru nod	17
4.1.5 Procedura de asamblare și verificări de proiectare	18
4.1.6 Caracterizarea componentelor (nodul solicitat la încovoiere)	18
4.1.7 Rigiditatea componentelor (nodul solicitat la încovoiere)	23
4.1.8 Rezistențele componentelor (nodul solicitat la forfecare)	24
4.2 Noduri grindă-stâlp cu placă de capăt extinsă rigidizată	25
4.2.1 Descrierea nodului	25
4.2.2 Lista valorilor limită pentru datele precalificate	26
4.2.3 Procedura de proiectare	27
4.2.4 Predimensionarea îmbinării	28

4.2.5	Procedura de asamblare și verificări de rezistență.....	28
4.2.6	Caracterizarea componentelor (nodul solicitat la încovoiere)	29
4.2.7	Rigiditatea componentelor (nodul solicitat la încovoiere)	33
4.2.8	Rezistența componentelor (nodul solicitat la forfecare).....	34
4.3	Nodurile grindă-stâlp cu vută.....	36
4.3.1	Descrierea nodului.....	36
4.3.2	Lista valorilor limită pentru datele precalificate.....	37
4.3.3	Procedura de proiectare	38
4.3.4	Predimensionarea îmbinării	39
4.3.5	Procedura de asamblare și verificări de rezistență.....	40
4.3.6	Caracterizarea componentelor	43
4.3.7	Clasificarea după rigiditate	43
4.3.8	Clasificarea după ductilitate	44
4.4	Noduri grindă-stâlp cu secțiune redusă a grinzii (dog-bone).....	44
4.4.1	Procedura de proiectare	44
5.	BIBLIOGRAFIE	48

1. EQUALJOINTS

1.1 Despre

Acest proiect are scopul de a pune în valoare și a disemina rezultatele obținute din proiectul RFCS – **EQUALJOINTS+** – recent încheiat, în care a fost dezvoltată precalificarea seismică a nodurilor metalice.

Pentru a exploata pe deplin potențialul procedurilor de precalificare Europene, vor fi produse documente (ghiduri, manuale instrumente și exemple de calcul) care facilitează proiectarea în 12 limbi. Acestea vor fi distribuite între partenerii sectoarelor de construcții metalice, incluzând toate instituțiile academice, ingineri și companii de construcții.

Se vor dezvolta un software și o aplicație pentru smartphone care să poată prezice răspunsul neliniar al nodurilor. În plus, se vor organiza workshop-uri și simpozioane în toată Europa, dar și în SUA pentru a prezenta materialele și pentru a disemina cunoștințele acumulate.

Instituțiile care au participat la proiectul EQUALJOINTS+ sunt:

Universitatea Federico II din Napoli (UNINA)

Corso Umberto I 40 – 80138 Napoli, Italia

www.unina.it

Colegiul Imperial de Științe, Tehnologie și Medicină din Londra (IC)

London SW7 2AZ, UK

www.imperial.ac.uk

Universitatea din Coimbra (UC)

Paço das Escolas, Coimbra, 3001 451, Portugal

www.uc.pt

Universitatea din Liege (ULg)

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

www.uliege.be

Universitatea Politehnica Timișoara (UPT)

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

www.upt.ro

Convenția Europeană de Construcții Metalice (ECCS)

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

www.steelconstruct.com

Arcelormittal Belval și Differdange SA (AMBD)

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

www.arcelormittal.com

Universitatea din Salerno (UNISA)

Via Giovanni Paolo II, 132 – 84084, Italia

www.unisa.it

Universitatea Tehnică din Praga (CVUT)

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

www.cvut.cz

Universitatea Națională Tehnică din Atena (NTUA)

Zografou Campus 9, Iroon Polytechniou str, 15780 Zografou, Greece

www.ntua.gr

Universitatea RWTH din Aachen (RWTHA)

Templergraben 55, 52062 Aachen, Germany

www.rwth-aachen.de

Centrul Tehnic Industrial de Construcții Metalice (CTICM)

Espace technologique L'orme des merisiers, Immeuble Apollo, 91193 Saint-Aubin, France

www.cticm.com

Universitatea Tehnică din Delft (TUD)

Postbus 5, 2600 AA Delft, Nederland

www.tudelft.nl

Universitatea din Ljubljana (UL)

Kongresni trg 12, 1000 Ljubljana, Slovenija

www.uni-lj.si

Universitatea de Arhitectură, Inginerie Civilă și Geodezie din Sofia (UASG)

Blvd. Hristo Smirnenski 1, 1164 Sofia, Bulgaria

www.uacg.bg

Universitatea Politehnică din Catalonia (UPC)

Calle Jordi Girona 31, Barcelona 08034, España

www.upc.edu

OneSource Consultoria Informática

Urbanização Ferreira Jorge – 1º dto Lote 14, Coimbra 3040 016, Portugal

www.onesource.pt

1.2 Diseminare

1.2.1 Aplicație pentru dispozitive mobile

O aplicație cu o interfață prietenoasă pentru sistemele de operare Android si iOS, ce implementează algoritmi de calcul dezvoltati în EQUALJOINTS pentru calculul rapid și eficient al proprietăților nodurilor, precum și verificarea performanței seismice a acestora.

Această aplicație oferă acces la baza de date experimentală dezvoltată în cadrul proiectului EQUALJOINTS.

1.2.2 Canal YouTube

A fost creat un canal YouTube ce pune la dispoziție înregistrările video ale încercărilor experimentale și ale simulărilor numerice, care indică evoluția degradărilor. Puteți urmări toate înregistrările video [aici](#).

1.2.3 Bază de date

Pentru a accesa baza de date experimentală EQUALJOINTS dați click [aici](#) și introduceți datele dumneavoastră de identificare.

2. Despre ECCS

2.1 Țeluri și obiective

Convenția Europeană de Construcții Metalice (ECCS) este o federație internațională a asociațiilor naționale de construcții metalice, înființată în 1955.

Scopul **ECCS** este de a promova utilizarea metalului în sectorul construcțiilor prin dezvoltarea de standarde și promovarea informației. De asemenea, ajută la luarea deciziilor prin managementul comitetelor de lucru, publicațiilor, conferințelor și prin reprezentarea activă în comitetele Europene și internaționale care se ocupă de standardizare, cercetare, dezvoltare și educație.

ECCS adună toate părțile interesate ale industriei de construcții metalice: producători de oțel, producători de confecții metalice, acționari din industria oțelului, furnizori ai sectorului de construcții, proiectanți (arhitecți și ingineri) și cei din mediul academic, cercetare și dezvoltare printr-o rețea de reprezentanți ai construcțiilor, producători de oțel și centre tehnice. Sediul firmei se află în Bruxelles, Belgia.

2.2 Apartenența

ECCS are următoarele categorii de membri:

- **Membri Titular**, constând în asociații naționale active în domeniul construcțiilor metalice;
- **Membri Internaționali**, constând în asociații naționale non-Europene sau alte organizații non-Europene active în domeniul construcțiilor metalice;
- **Membri Susținători**, constând în asociații internaționale care reprezintă furnizori de materii prime sau alte organizații preocupate de, sau care au legătură cu utilizarea oțelului structural și a altor materiale de construcții similare;
- **Membri Asociați**, constând în organizații Europene care își desfășoară activitatea ca instituții tehnice sau organizații care se promovează independent fiind interesate de oțelul pentru construcții și aplicații în industria de construcții;
- **Membri Individuali**, constând în oricine este interesat de subiecte legate de domeniul construcțiilor metalice și susține obiectivele asociației.

Calitatea de **membru individual** este disponibilă la nivel mondial pentru toți arhitecții, inginerii și oricine este interesat de subiecte din domeniul construcțiilor metalice și care susține obiectivele ECCS. Membri individuali sunt parte a unei rețele internaționale foarte mari și beneficiază de anumite servicii. Informații adiționale se găsesc pe www.steelconstruct.com.

Notă: Pentru a vă abona la buletinul informativ ECCS, dați click [aici](#).

2.3 STEEL CONSTRUCTION: Design & Research

Revista "Steel Construction, Design and Research" este jurnalul oficial al ECCS și se publică o dată pe trimestru în cooperare cu Ernst & Sohn (o companie Wiley).

Steel Construction adună într-un singură revistă toate aspectele domeniului de construcții metalice. În interesul "construcției fără epuizare", combină foarte abil oțelul cu alte forme de construcții cum ar fi betonul, sticla, cabluri și membrane pentru a forma

sisteme integrate. Această revistă îi vizează pe toți inginerii proiectanți, arhitecți și alții care activează în domeniul construcțiilor metalice, activi în cercetare sau practică.

2.4 Îndrumare tehnică pentru folosirea Eurocodurilor

ECCS oferă îndrumare tehnică publicată pentru folosirea Eurocodurilor pentru structuri.

Manualele ECCS de Proiectare conform Eurocod oferă informații pentru aplicarea diferitelor părți ale Eurocodului 3 (Structuri metalice), 4 (Structuri mixte oțel-beton) și 8 (Proiectarea seismică a structurilor de oțel și mixte) într-o abordare de proiectare care include numeroase exemple.

Sunt disponibile sau în pregătire următoarele **manuale ECCS de proiectare conform Eurocod**:

- Proiectarea structurilor de oțel – Eurocodul 3, partea 1-1 – Ediția a doua
- Proiectarea structurilor de oțel – Ediția pentru Marea Britanie
- Proiectarea la foc a structurilor de oțel – Eurocodul 1, Partea 1.2 și Eurocodul 3, Partea 1.2 – Ediția a doua
- Proiectarea structurilor de oțel – Elemente Structurale din Plăci – Eurocodul 3, Partea 1-5
- Proiectarea la oboseală a structurilor de oțel – Eurocodul 3, Partea 1-9 și Partea 1-10
- Proiectarea structurilor de oțel – Elemente Structurale și Table formate la rece – Partea 1-3
- Proiectarea îmbinărilor pentru structurile de oțel și mixte – Eurocodul 3, Partea 1-8 și Eurocodul 4, Partea 1-1
- Proiectarea nodurilor pentru structurile de oțel – Ediția pentru Marea Britanie
- Proiectarea structurilor mixte – Eurocodul 4, Partea 1-1
- Proiectarea la foc a structurilor mixte – Eurocodul 4, Partea 1.2
- Proiectarea structurilor de oțel pentru clădiri în zone seismice – Eurocodul 8, Partea 1.

ECCS oferă de asemenea publicații de referință care surprind toate aspectele relevante ale domeniului de construcții metalice. Toate acestea pot fi găsite prin simpla accesare a **[ECCS Online Bookstore](#)**.

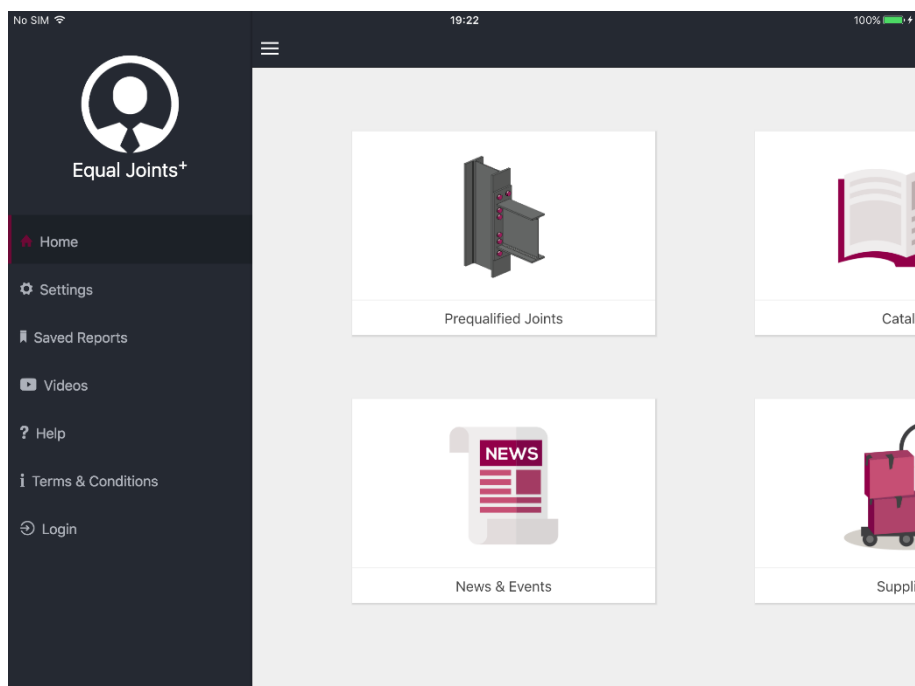
3. FOLOSIREA APLICAȚIEI

3.1 Scop

Calculatorul **EQUALJOINTS** oferă o bază de date pentru noduri metalice precalificate seismic și calculează de asemenea noduri grindă-stâlp conform EC3-1-8 [1].

Sunt considerate următoarele verificări:

- Rezistența la încovoiere
- Rigiditatea la încovoiere
- Rezistența la forfecare
- Ductilitatea



Baza de date a produselor de oțel și a furnizorilor este descrisă în **Secțiunea 3.3**.

Secțiunea 3.4 oferă exemple și instrucțiuni de folosire a aplicației pentru calculul rezistenței. În **Secțiunea 4** descrie informațiile tehnice de referință. Manualul de Proiectare pentru Noduri Precalificate Seismic [2] oferă o descriere detaliată a procedurilor. **Calculatorul EQUALJOINTS** acoperă următoarele noduri:

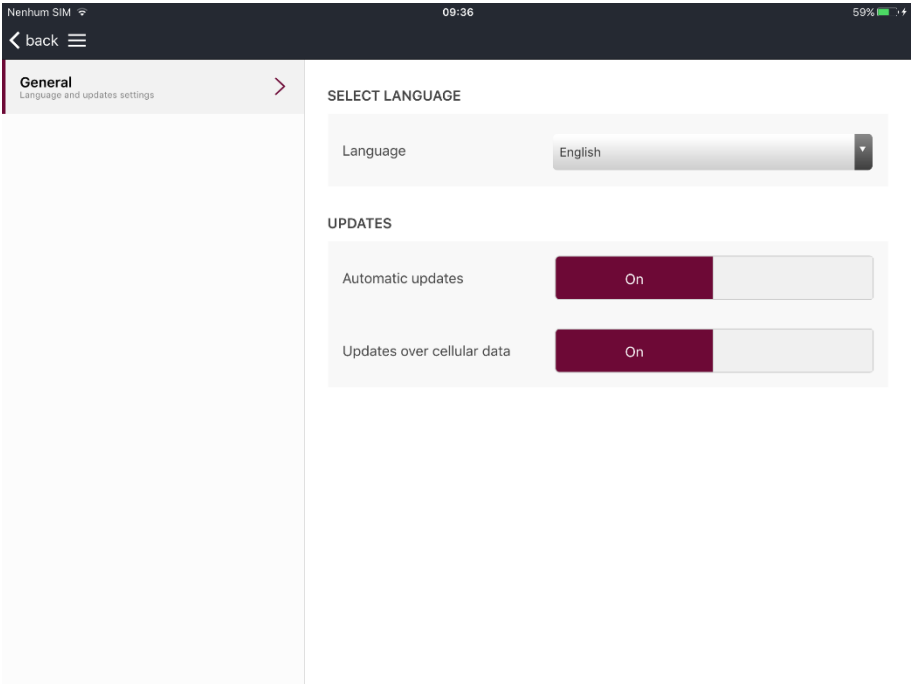
- Nod cu șuruburi și cu placă de capăt extinsă
- Nod cu șuruburi și cu placă de capăt extinsă rigidizată
- Nod cu șuruburi și cu placă de capăt extinsă și vută
- Nod sudat cu grindă cu secțiune redusă

Aplicația este gratis.

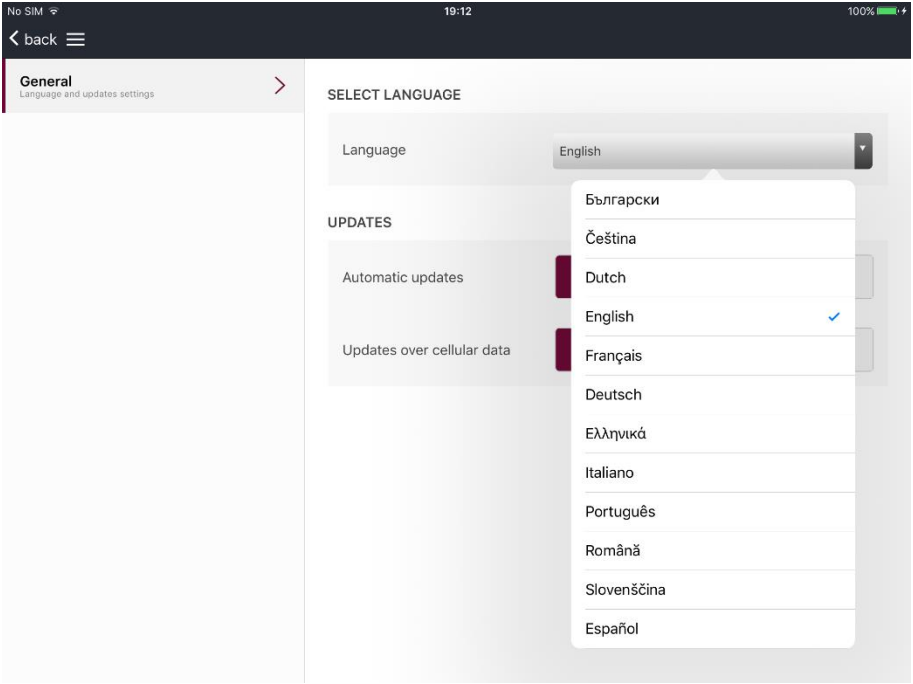
În secțiunea Configurații, vezi **Secțiunea 3.2**, utilizatorul poate modifica valorile implicite cu unele mai convenabile.

Pentru sugestii și/sau comentarii în ceea ce privește aplicația, face-ți click [aici](#).

3.2 Configurații General



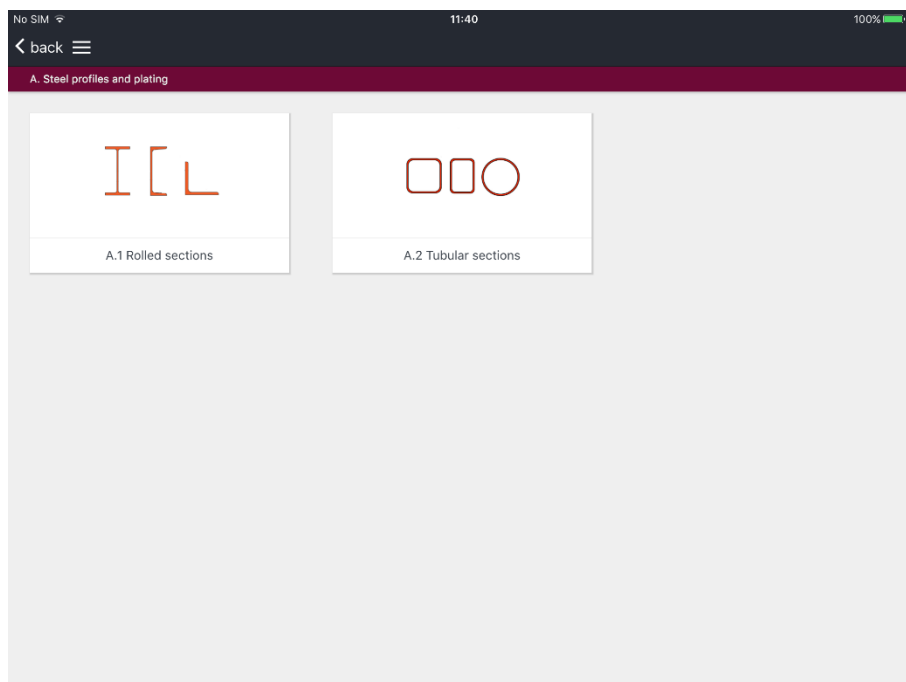
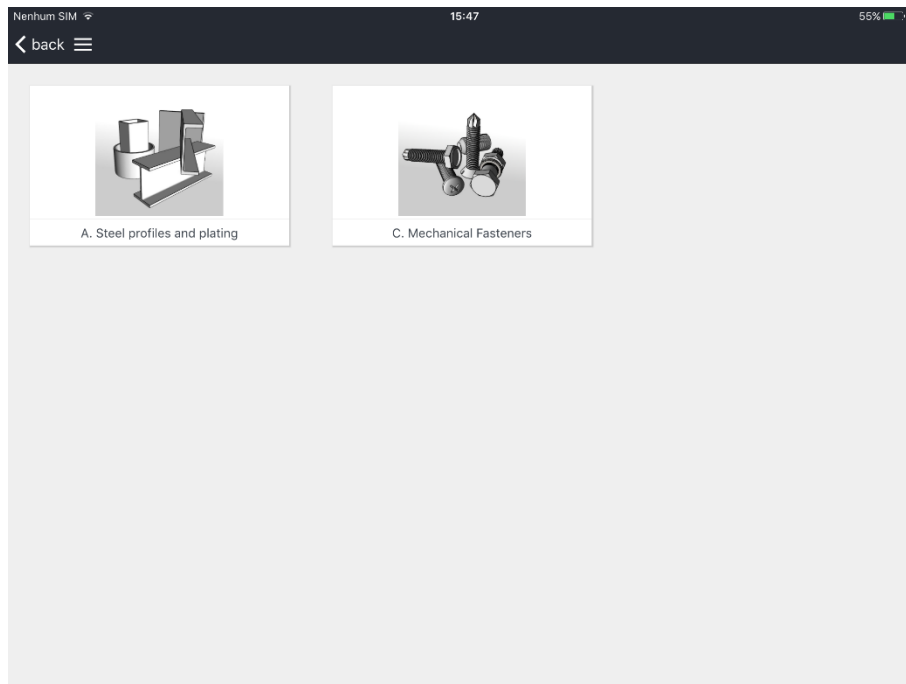
Limba

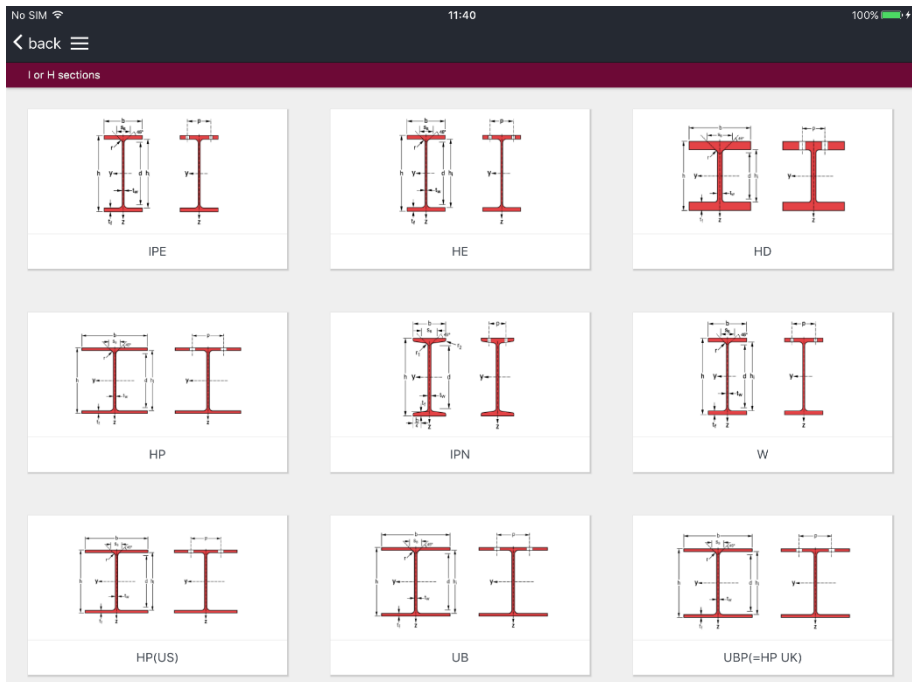
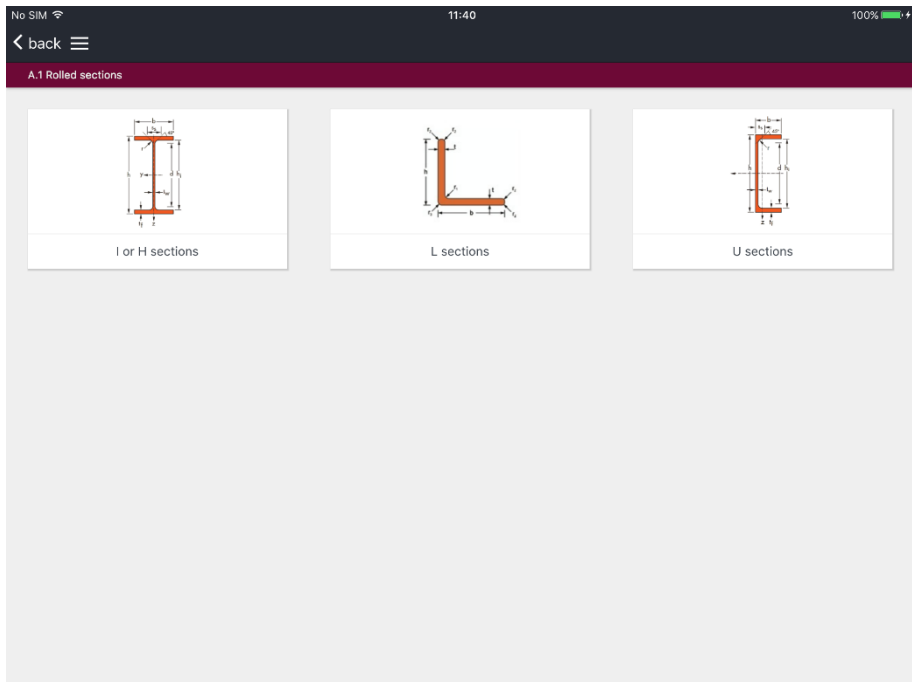


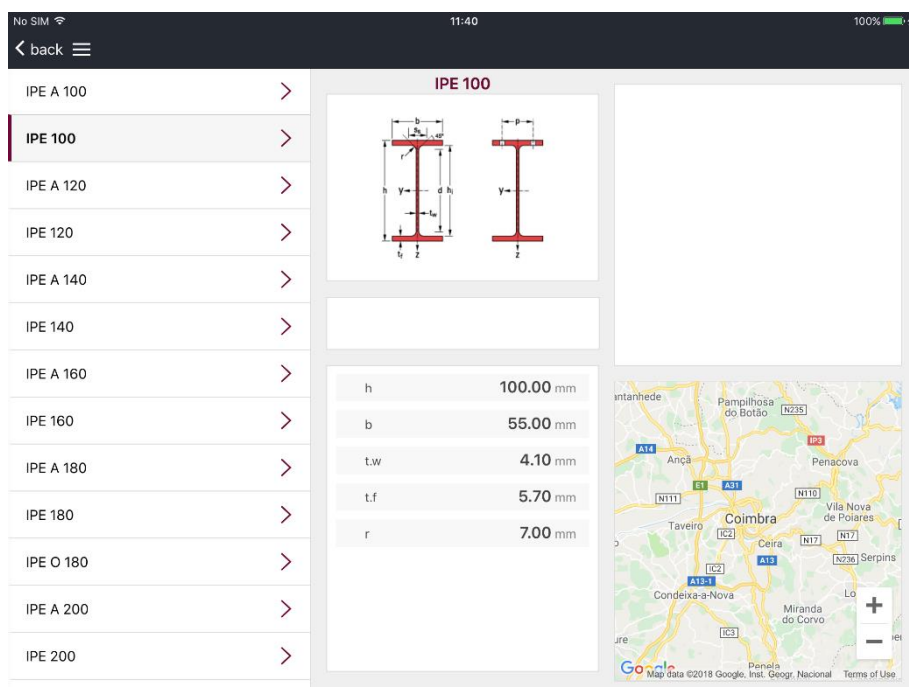
3.3 Catalog și furnizori

Catalogul este organizat în câteva categorii și sub-categorii pentru accesarea elementului vizat. În cazul în care elementul este prezent în secțiunea “Calculator” a aplicației – de ex. secțiune I – layout-ul respectiv permite calculul automat.

Pașii pentru obținerea informațiilor pentru categoria – secțiuni I – sunt ilustrați mai jos.

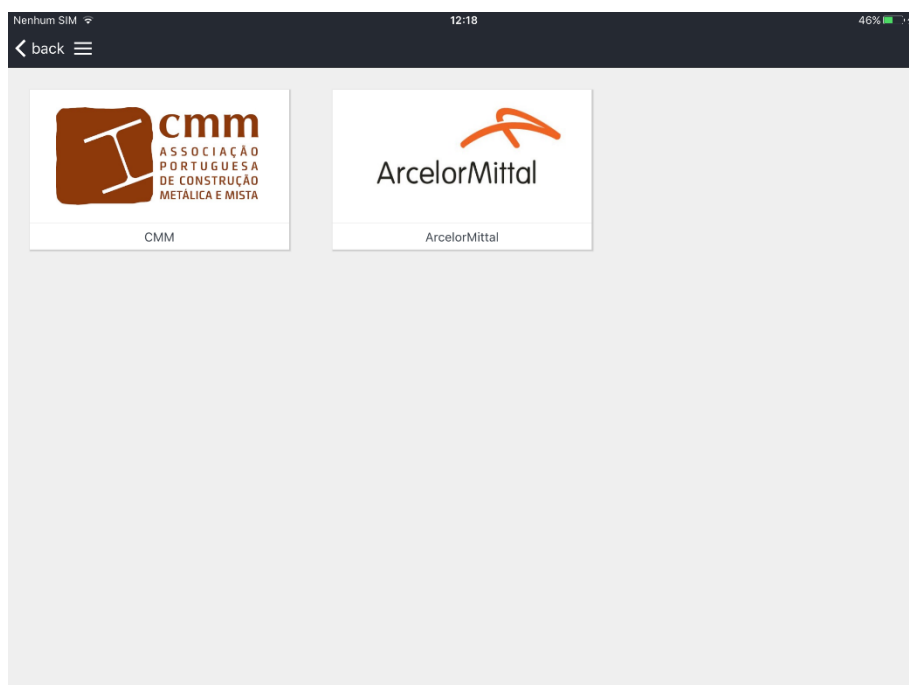






În fereastra element, se găsesc informații despre furnizorii care asigură acest produs, iar utilizatorul este redirecționat automat la secțiunea “Furnizori”.

În secțiunea “Furnizori” sunt date informații despre furnizori și informații corespunzătoare privind aplicații ale produselor.



3.4 Exemple și rapoarte – Calculator

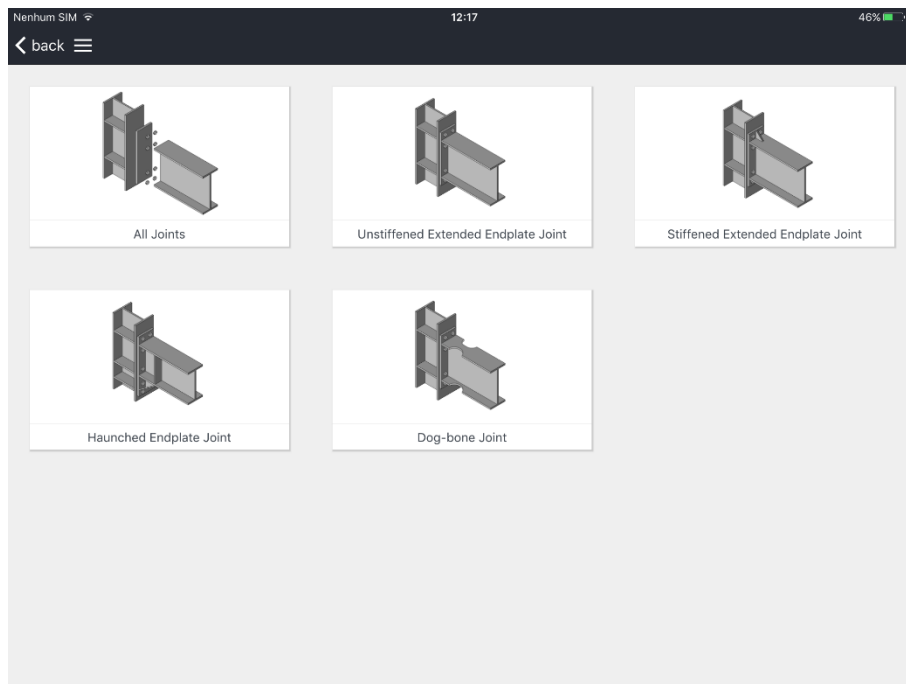
3.4.1 Introducere

Pentru obținerea rezultatelor calculului de rezistență sunt necesari 3 pași:

- Alegerea secțiunii;
- Introducerea valorilor pentru parametrii ceruți conform cazului analizat (lungimea elementelor și marca oțelului);
- Rezultatele sunt obținute în secțiunea “Rezultate”. Se generează automat un raport al calculului care poate fi trimis prin e-mail sau salvat local.

3.4.2 Noduri

Interfață



Calculator

No SIM

08:58

100%

back

Calculate

SELECT BEAM

SELECT COLUMN

HE

HE 260 M

HE 280 AA

HE 280 A

HE 280 B*

HE 280 M

HE 300 AA

HE 300 A

HE 300 B

HE 300 M

HE 320 AA

IPE 360 - HE 280 B

with solutions

BEAM PROPERTIES

IPE 360

Designation

G

56.00 kg/m

Dimensions

h

360.00 mm

b

170.00 mm

tw

8.00 mm

COLUMN PROPERTIES

HE 280 B

Node configurations

Exterior Node

BEAM PARAMETERS

Steel Grade

S235

Quality

JR

Fabrication Procedure

Hot Rolled

COLUMN PARAMETERS

Steel Grade

S235

Quality

JR

Fabrication Procedure

Hot Rolled

Rezultate

Nenhum SIM

11:33

63%

back

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

	Specimen name	Design criteria	M _{Ed} [kNm]	M _{Corr,Ed} [kNm]	M _{pl,Ed} [kNm]	S _{pl,Ed} [kNm/rad]
☐	E1-TB-E	Equal	629.84	514.63	413.53	94558.43
☐	E1-TB-P	Partial	621.84	627.60	449.27	91732.64
☐	ES1-TS-E	Equal	565.10	448.82	516.61	95731.94
☐	ES1-TS-F	Full	594.65	468.53	574.19	93389.26
☐	EH1-TS-35-F	Full	542.65	527.35	651.62	92437.87

Please select one or more solutions to analyse

Compararea rezultatelor

No SIM 19:12 100%

< back

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

	Specimen name	Design criteria	$M_{Ed,Rd}$ [kNm]	$M_{con,Rd}$ [kNm]	$M_{j,Rd}$ [kNm]	$S_{pl,ini}$ [kNm/rad]
☒	E1-TB-E	Partial	361.75	283.90	283.90	58422.90
☒	E1-TB-P	Partial	621.84	627.60	449.27	91732.64
☒	ES1-TS-E	Partial	361.75	277.90	277.90	48110.80
☐	ES1-TS-F	Full	594.65	468.53	574.19	93389.26
☐	EH1-TS-35-F	Full	542.65	627.35	651.62	92437.87

JOINT GEOMETRY

DESIGN PROPERTIES

	E1-TB-E	E1-TB-P	ES1-TS-E
Design criteria	Partial	Partial	Partial
$M_{Ed,Rd}$ [kNm]	361.75	621.84	361.75
$M_{Ed,con,Rd}$ [kNm]	283.90	627.60	277.90
$M_{j,Rd}$ [kNm]	283.90	449.27	277.90
$S_{pl,ini}$ [kNm/rad]	58422.90	91732.64	48110.80
$M_{con,Rd}/M_{Ed,Rd}$	0.79	1.01	0.77
$V_{Ed,Rd}$ [kN]	832.06	1360.16	817.56
$V_{Ed,Rd}/F_{t,Rd}$	1.00	0.75	0.90
K_b	13.68	11.85	7.77
$V_{con,Rd}$ [kNm]	1796.20	1686.80	1468.80
$V_{con,Rd}/V_{Ed,Rd}$	2.50	1.45	2.04

Full report (in English)

Alegerea raportului

Nenhum SIM 11:30 63%

< back

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

	Specimen name	Design criteria	$M_{Ed,Rd}$ [kNm]	$M_{con,Rd}$ [kNm]	$M_{j,Rd}$ [kNm]	$S_{pl,ini}$ [kNm/rad]
☒	E1-TB-E					94558.43
☒	E1-TB-P					91732.64
☒	ES1-TS-E					95731.94
☒	ES1-TS-F					93389.26
☐	EH1-TS-35-F					92437.87

JOINT GEOMETRY

Select report Close

E1-TB-E

E1-TB-P

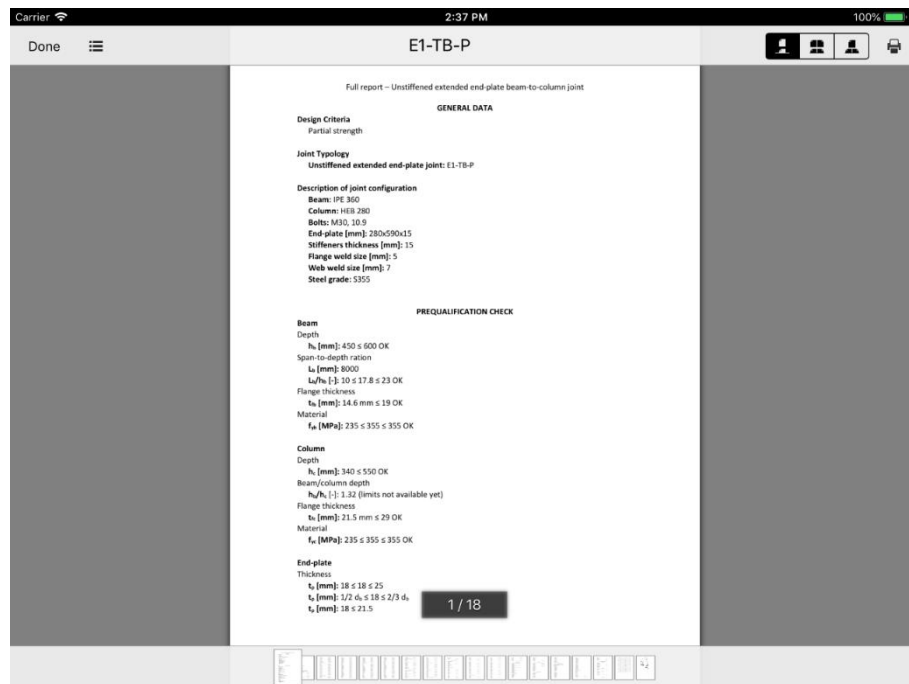
ES1-TS-E

ES1-TS-F

K_b	5.86	11.85	7.76	
$V_{con,Rd}$	1417.31	1686.80	1777.98	1218.86
$V_{con,Rd}/V_{Ed,Rd}$	1.33	1.45	2.14	1.73

Full Report

Raport detaliat

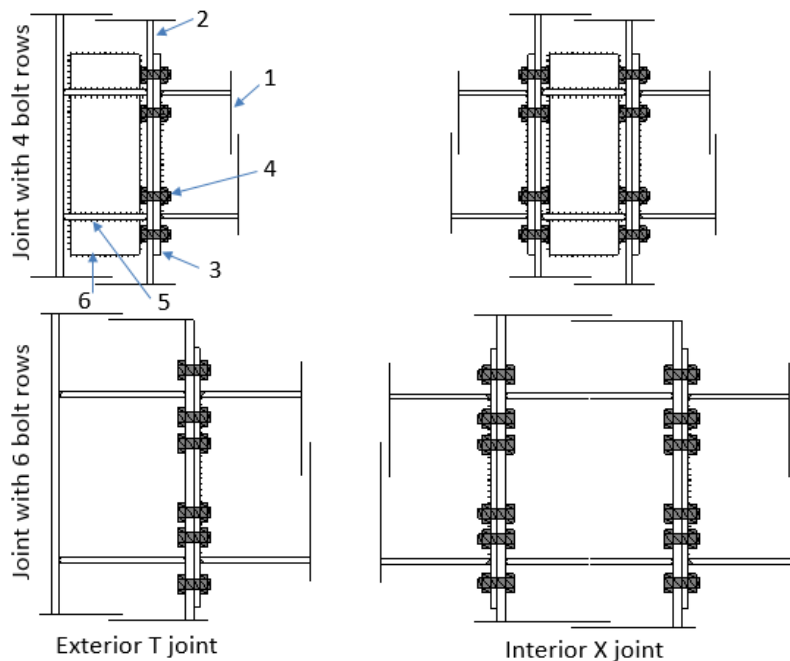


4. REFERINȚE TEHNICE

4.1 Noduri grindă-stâlp cu placă de capăt extinsă

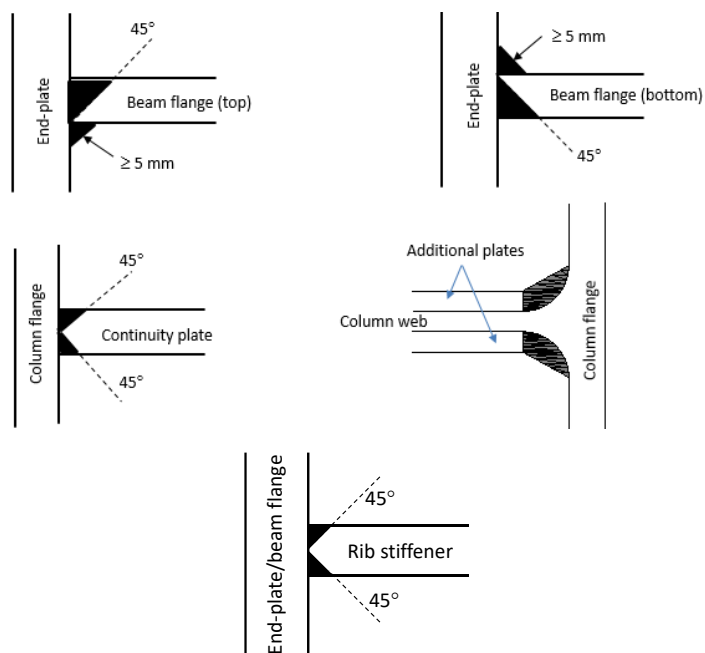
4.1.1 Descrierea nodului

Descrierea nodului cu placă de capăt extinsă



- | | | |
|-----------|-------------------|----------------------------|
| 1: grindă | 3: placă de capăt | 5: rigidizări transversale |
| 2: stâlp | 4: șuruburi | 6: plăci suplimentare |

Detalii pentru sudurile cap la cap



4.1.2 Lista valorilor limită pentru datele precalificate

Tabelul 4.1 - Valori limită pentru datele precalificate

Elemente	Parametri	Gama de aplicare
<i>Grindă</i>	Înălțime	Maxim = 600mm
	Raportul deschidere – înălțime	Maxim = 23, Minimum = 10
	Grosimea tălpii	Maxim = 19mm
	Material	S235 până la S355
<i>Stâlp</i>	Înălțime	Maxim = 550mm
	Grosimea tălpii	Maxim = 31mm
	Material	S235 până la S355
<i>Raportul înălțimii secțiunii grindă-stâlp</i>		0.65-2.15
<i>Placă de capăt</i>	Grosime	18-25mm
	Material	S235 până la S355
<i>Rigidizări transversale</i>	Grosime	Egală sau mai mare decât grosimea tălpii grinzii îmbinate
	Material	S235 până la S355
<i>Plăci suplimentare</i>	Grosime	Tabelul 4.2
	Material	S235 până la S355
<i>Șuruburi</i>	Pre-tensionare	HV sau HR
	Diametru	Tabelul 4.2
	Grupă	10.9
	Număr de rânduri de șuruburi	Tabelul 4.2
	Șaibă	Conform EN 14399-4
	Găuri	Conform EN 1993-1-8
<i>Suduri</i>	Placa de capăt – tălpile grinzii	Sudură cu pătrundere completă, întărită de suduri de colț
	Rigidizările transversal – tălpile stâlpului	Sudură cu pătrundere completă
	Plăcile adiționale – tălpile stâlpului	Sudură cu pătrundere completă
	Alte suduri	Suduri de colț de ambele părți ale tablei cu o grosime mai mare de 0.55 din grosimea elementelor conectate.

4.1.3 Procedura de proiectare

Pe lângă alegerea geometriei nodului și a materialelor, sunt adresate succesiv cele trei etape principale de proiectare:

- Caracterizarea componentelor
- Procedura de asamblare
- Clasificarea nodului și verificările de rezistență

Procedura globală

Pasul 1: Alegerea inițială a geometriei îmbinării și a materialelor

- Grupa șuruburilor, dimensiunea șuruburilor și numărul rândurilor de șuruburi
- Grosimea și dimensiunea plăcii de capăt
- Grosimea și dimensiunea rigidizărilor transversale
- Grosimea și dimensiunea plăcilor adiționale pe inimă (dacă este necesar)
- Specificațiile sudurilor

Pasul 2: Caracterizarea componentelor

- Rezistența componentelor (nodul la încovoiere)
- Rigiditatea componentelor (nodul la încovoiere)
- Rezistența componentelor (nodul la forfecare)

Pasul 3: Procedura de asamblare

- Rezistența nodului la încovoiere
- Rigiditatea nodului la încovoiere
- Rezistența îmbinării la forfecare
- Nivelul de ductilitate al îmbinării

Pasul 4: Clasificarea îmbinării și verificare

- Rezistența la încovoiere
- Rigiditatea la încovoiere
- Rezistența la forfecare
- Ductilitatea
- Verificare

4.1.4 Valori inițiale pentru geometrie și materiale pentru nod

Tabelul 4.2 - Valori inițiale pentru geometrie și materiale pentru nod

Elementele îmbinate	Dimensiunea secțiunii grinzii		
	Mică ($\approx$ IPE360)	Medie ($\approx$ IPE450)	Mare ($\approx$ IPE600)
Grupă șuruburi	HV 10.9		
Diametrul șuruburilor	M27	M30	M36
Număr de rânduri de șuruburi	4	4	6
Placă de capăt	<i>Grosime:</i> $t_{ep}=(1/2\div2/3)d_b$ pentru noduri de rezistență parțială; $t_{ep}=(2/3\div5/6)d_b$ pentru noduri de rezistență egală; dar trebuie să fie mai mică decât grosimea tălpilor stâlpului. <i>Dimensiuni:</i> Lățimea trebuie să fie egală cu lățimea tălpii stâlpului. Partea extinsă ar trebui să fie suficientă pentru a putea dispune un rând de șuruburi, respectând cerințele din EN 1993-1-8 (Secțiunea 3.5).		
Plăci suplimentare	În cazul stâlpilor din secțiune HEB și a grinzilor din secțiune IPE, plăcile adiționale se folosesc în cazul în care este necesar un panou puternic de inimă a stâlpului. Grosimea și dimensiunile plăcilor adiționale trebuie să respecte specificațiile din EN 1993-1-8, secțiunea 6.2.6.1.		
Rigidizări transversale			
Detalii de sudură			

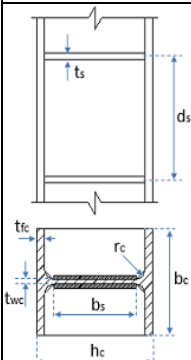
Tabelul 4.1

Notă: t_{ep} este grosimea plăcii de capăt și d_b este diametrul nominal al șurubului.

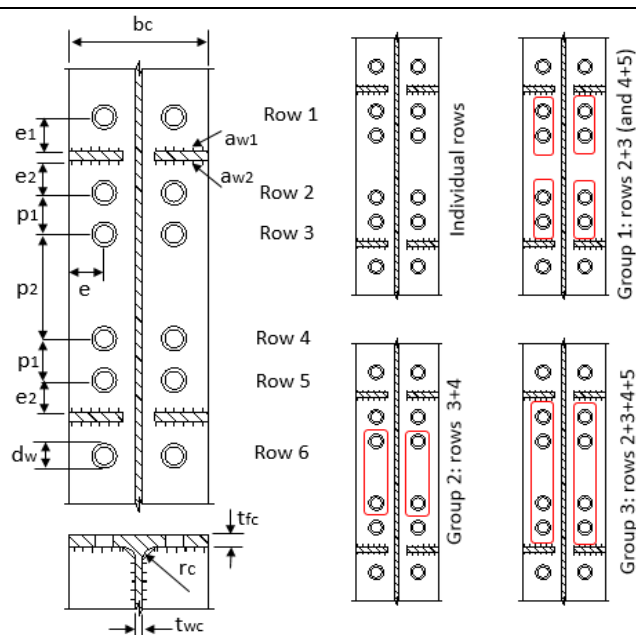
4.1.5 Procedura de asamblare și verificări de proiectare

Tipul clasificării	Criteriu	Referință									
Rezistența în încovoiere	$M_{con,Rd} < M_{con,Ed}$: îmbinare de rezistență parțială $M_{con,Rd} \approx M_{con,Ed}$: îmbinare de rezistență egală $M_{con,Rd} > M_{con,Ed}$: îmbinare de rezistență totală $V_{wp,Rd} < \min[F_{con,Rd}, F_{fbc,Rd}]$: panou de inimă a stâlpului slab $V_{wp,Rd} \approx \min[F_{con,Rd}, F_{fbc,Rd}]$: panou de inimă a stâlpului echilibrat $V_{wp,Rd} > \min[F_{con,Rd}, F_{fbc,Rd}]$: panou de inimă a stâlpului puternic cu: $F_{con,Rd} = \sum F_{Rd,ri}$ ($i = 1$ la 5 pentru îmbinare cu 6 rânduri de șuruburi și $i = 1$ la 3 pentru îmbinare cu 4 rânduri de șuruburi), este forța tăietoare transversală în îmbinare datorată rândurilor de șuruburi în întindere. $F_{fbc,Rd}$ este rezistența tălpilor și a inimii grinzii solicitate la compresiune.	Equaljoints									
Clasificare rigidității	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Clasificare</th> <th>Cadre contravântuite</th> <th>Cadre necontravântuite</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Noduri semi-rigide</td> <td>$0.5 \leq k_b < 8$</td> <td>$0.5 \leq k_b < 25$</td> </tr> <tr> <td>Noduri rigide</td> <td>$k_b \geq 8$</td> <td>$k_b \geq 25$</td> </tr> </tbody> </table> $k_b = S_j / (EI_b / L_b)$	Clasificare	Cadre contravântuite	Cadre necontravântuite	Noduri semi-rigide	$0.5 \leq k_b < 8$	$0.5 \leq k_b < 25$	Noduri rigide	$k_b \geq 8$	$k_b \geq 25$	EN 1993-1-8
Clasificare	Cadre contravântuite	Cadre necontravântuite									
Noduri semi-rigide	$0.5 \leq k_b < 8$	$0.5 \leq k_b < 25$									
Noduri rigide	$k_b \geq 8$	$k_b \geq 25$									
Rezistența la forfecare	$V_{con,Rd} < V_{b,Rd}$: rezistență parțială la forfecare $V_{con,Rd} \approx V_{b,Rd}$: rezistență egală la forfecare $V_{con,Rd} > V_{b,Rd}$: rezistență totală la forfecare	5.2.2									
Clasificarea ductității	$\beta_{max} \leq 1.0$: Nivel 1 de ductilitate $\beta_{max} > 1.0$ și $\eta_{max} \leq 0.95$: Nivel 2 de ductilitate Cu: $\beta_{max} > \max[\beta_{r1}, \beta_{r2}]$; $\eta_{max} > \max[\eta_{r1}, \eta_{r2}]$										

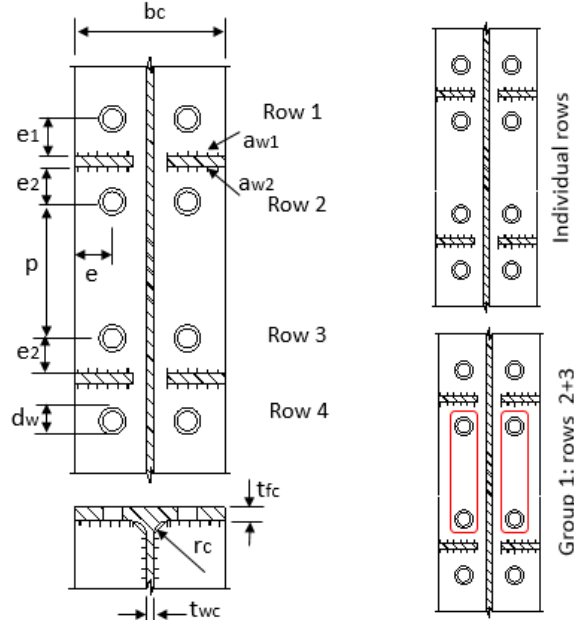
4.1.6 Caracterizarea componentelor (nodul solicitat la încovoiere)

Componente	Reguli detaliate	Referință
Panoul de inimă a stâlpului solicitat la forfecare	$V_{wp,Rd} = \frac{0.9 A_{vc} f_{y,wc}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} + \frac{4 (0.25 t_{fc}^2 f_{y,fc}) (b_c - t_{wc} - 2 r_c)}{d_s}$	EN 1993-1-8 6.2.6.1
	 Panoul de inimă a stâlpului solicitat la forfecare, cu rigidizări transversale și fără plăci suplimentare: $A_{vc} = A_c - 2b_c t_{fc} + (t_{wc} + 2r_c) t_{fc}$ Panoul de inimă a stâlpului solicitat la forfecare, cu rigidizări transversale și plăci suplimentare: $A_{vc} = A_c - 2b_c t_{fc} + (t_{wc} + 2r_c) t_{fc} + t_{wc} b_s$	
Secțiunea grinzii solicitată la încovoiere	$M_{b,Rd} = W_{b,p} f_{y,b}$ $W_{b,p}$ este modulul de rezistență al secțiunii grinzii. $f_{y,b}$ este limita de curgere a materialului din grindă.	

Talpa
stâlpului
solicitată la
încovoiere



Cazul cu 6 rânduri de șuruburi



Cazul cu 4 rânduri de șuruburi

Pentru fiecare rând de șuruburi sau grup de rânduri de șuruburi, rezistența se obține cu formula următoare:

$$F_{c/b,Rd} = \min[F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}] \text{ cu}$$

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

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \Sigma F_{t,Rd}}{m + n}$$

unde:

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

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

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

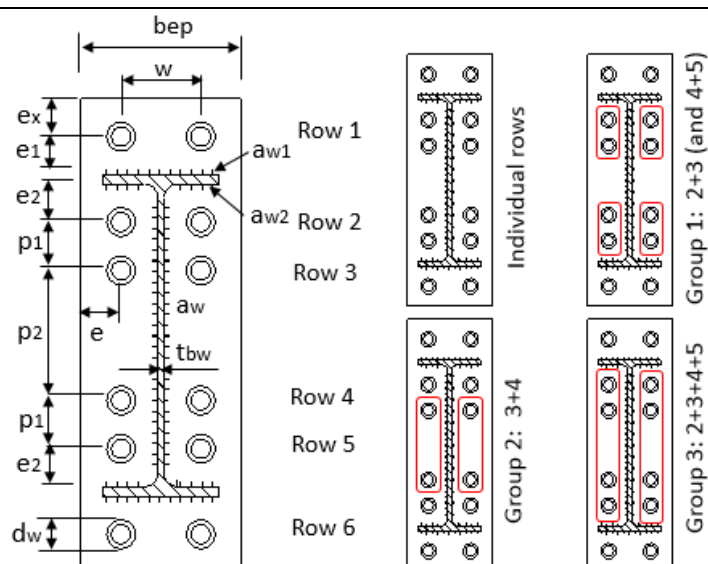
$n = \min[e, 1.25m]$, pentru modele circulare se poate folosi $n = \infty$.

$e_w = 0.25d_w$ (d_w este diametrul șaibei)

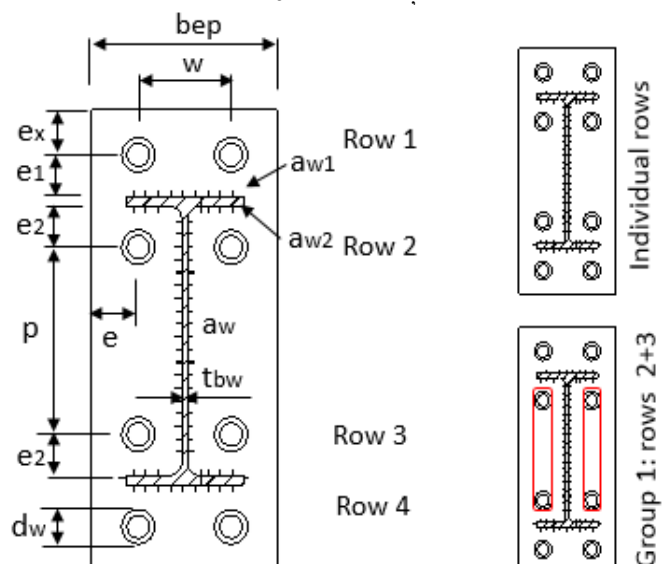
EN 1993-1-8
6.2.6.4

	Lungimi efective Îmbinare cu 6 rânduri de șuruburi <u>Rândul 1 de șuruburi:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <u>Rândul 2 (sau 5) de șuruburi:</u> Rând individual: $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ Primul rând de șuruburi din grupul 1 sau grupul 3 $l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, 0.5p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)]$ $l_{eff,2} = 0.5p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)$ <u>Rândul 3 (sau 4) de șuruburi:</u> Rând individual: $l_{eff,1} = \min[2\pi m, 4m + 1, 25e]$ $l_{eff,2} = 4m + 1, 25e$ Ultimul rând de șuruburi din grupul 1 $l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, 2m + 0.625e + 0.5p_1]$ $l_{eff,2} = 2m + 0.625e + 0.5p_1$ Un rând de șuruburi din grupul 2 $l_{eff,1} = \min[\pi m + p_2, 0.5p_2 + 0.5\alpha m]$ $l_{eff,2} = 0.5p_2 + 0.5\alpha m$ Un rând intermediar de șuruburi din grupul 3 $l_{eff,1} = p_1 + p_2$ $l_{eff,2} = 0.5(p_1 + p_2)$ α este dat în Figura 6.11 din EN 1993-1-8, și depinde de: $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ unde: $m_2 = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2}$ pentru rândul 1 de șuruburi $m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2}$ pentru rândul 2 sau 5 de șuruburi Îmbinare cu 4 rânduri de șuruburi <u>Rândul 1 de șuruburi:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <u>Rândul 2 de șuruburi:</u> Rând individual: $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ Un rând de șuruburi din grupul 2+3 $l_{eff,1} = \min[\pi m + p, 0.5p + 0.5\alpha m]$ $l_{eff,2} = 0.5p + 0.5\alpha m$ <u>Rândul 3 de șuruburi similar cu rândul 2:</u> α este dat în Figura 6.11 din EN 1993-1-8, și depinde de: $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ unde: $m_2 = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2}$ pentru rândul 1 de șuruburi $m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2}$ pentru rândul 2 sau 3 de șuruburi	
--	---	--

Placa de
capăt
solicitată la
încovoiere



Cazul cu 6 rânduri de șuruburi



Cazul cu 4 rânduri de șuruburi

Pentru fiecare rând de șuruburi sau grup de rânduri de șuruburi, rezistența se obține cu formula următoare:

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

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

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n\Sigma F_{t,Rd}}{m + n}$$

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

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

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

tălpile grinzii

$\begin{cases} m = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2} \\ n = \min[e_x, 1.25m] \end{cases}$ pentru rândurile de șuruburi situate în exteriorul tălpilor

grinzii

(pentru modele circulare se poate folosi $n=\infty$)

EN 1993-1-8
6.2.6.5

$e_w = 0.25d_w$ Lungimi efective <i>Îmbinare cu 6 rânduri de șuruburi</i> <u>Rândul 1 de șuruburi:</u> $l_{eff,1} = \min \left\{ 2\pi m, \pi m + w, \pi m + 2e \right.$ $\left. 4m + 1.25e_x, e + 2m + 0.625e_x, 0.5b_{ep}, 0.5w + 2m + 0.625e_x \right.$ $l_{eff,2} = \min[4m + 1.25e_x, e + 2m + 0.625e_x, 0.5b_{ep}, 0.5w + 2m + 0.625e_x]$ <u>Rândul 2 (sau 5) de șuruburi:</u> Rând individual: $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ Primul rând de șuruburi din grupul 1 (rândurile 2+3 sau 4+5) $l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, 0.5p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)]$ $l_{eff,2} = 0.5p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)$ <u>Rândul 3 (sau 4) de șuruburi:</u> Rând individual: $l_{eff,1} = \min[2\pi m, 4m + 1.25e]$ $l_{eff,2} = 4m + 1.25e$ Ultimul rând de șuruburi din grupul 1 (rândurile 2+3 sau 4+5) $l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, 2m + 0.625e + 0.5p_1]$ $l_{eff,2} = 2m + 0.625e + 0.5p_1$ Primul rând (sau ultimul) de șuruburi din grupul 2 (rândurile 3+4) $l_{eff,1} = \min[\pi m + p_2, 2m + 0.625e + 0.5p_2]$ $l_{eff,2} = 2m + 0.625e + 0.5p_2$ Rând intermediar de șuruburi din grupul 3 (rândurile 2+3+4+5) $l_{eff,1} = p_1 + p_2$ $l_{eff,2} = 0.5(p_1 + p_2)$ α este dat în Figura 6.11 din EN 1993-1-8, și depinde de: $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ unde: $m_2 = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2} \text{ pentru rândul 1 de șuruburi}$ $m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2} \text{ pentru rândurile 2 și 5 de șuruburi}$ <i>Îmbinare cu 4 rânduri de șuruburi</i> <u>Rândul 1 de șuruburi:</u> $l_{eff,1} = \min \left\{ 2\pi m, \pi m + w, \pi m + 2e \right.$ $\left. 4m + 1.25e_x, e + 2m + 0.625e_x, 0.5b_{ep}, 0.5w + 2m + 0.625e_x \right.$ $l_{eff,2} = \min[4m + 1.25e_x, e + 2m + 0.625e_x, 0.5b_{ep}, 0.5w + 2m + 0.625e_x]$ <u>Rândul 2 de șuruburi:</u> Rând individual: $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ Un rând de șuruburi din grupul 2+3 $l_{eff,1} = \min[\pi m + p, 0.5p + 0.5\alpha m]$ $l_{eff,2} = 0.5p + 0.5\alpha m$ <u>Rândul 3 de șuruburi similar cu rândul 2:</u> α este dat în Figura 6.11 din EN 1993-1-8, și depinde de: $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ $m_2 = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2} \text{ pentru rândul 1 de șuruburi}$ $m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2} \text{ pentru rândurile 2 și 3 de șuruburi}$	
--	--

Tălpile și inima grinzii solicitate la compresiune	$F_{fb,c,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_{fb})$ unde: <i>h</i> este înălțimea grinzii îmbinate; $M_{c,Rd}$ este momentul încovoietor de proiectare al grinzii, redus pentru a admite forță tăietoare dacă este necesar, vezi EN 1993-1-1. t_{fb} este grosimea tălpii grinzii îmbinate.	EN 1993-1-8 6.2.6.7
Inima stâlpului și rigidizările transversale solicitate la compresiune:	Rezistența inimii stâlpului și a rigidizărilor transversale în compresiune se poate calcula cu formula: $F_{wcc,Rd} = \frac{\omega k_{wc} b_{eff,cf} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} + \frac{A_{cp} f_{y,cp}}{\gamma_{M0}}$ unde: $b_{eff,c,cf} = t_{fb} + \sqrt{2}(a_{w1} + a_{w2}) + 5(t_{fc} + r_c) + 2t_{ep}$ A_{cp} este aria rigidizărilor transversale (de pe ambele părți); Coeficientul de reducere k_{wc} consideră forțele axiale în inima stâlpului, și este dat în 6.2.6.2(2) din EN 1993-1-8. Coeficientul de reducere ω este dat în Tabelul 6.3 din EC3-1-8; Notă: În cazul în care se folosesc rigidizări transversale, factorul de reducere pentru voalarea inimii stâlpului solicitat la compresiune transversală poate fi neglijat. Cerințele pentru geometria rigidizărilor transversale în ceea ce privește zveltetea sunt date în Tabelul 4.3.1.	EN 1993-1-8 6.2.6.2
Inima grinzii solicitată la întindere	$F_{wbt,Rd} = b_{eff,wb} t_{wb} f_{y,wb} / \gamma_{M0}$ Lățimea efectivă $b_{eff,t,wb}$ a inimii grinzii solicitată la întindere este egală cu lungimea efectivă a elementului T echivalent reprezentând placa de capăt solicitată la încovoiere pentru un rând sau un grup de rânduri de șuruburi.	EN 1993-1-8 6.2.6.8
Inima stâlpului solicitată la întindere	$F_{wct,Rd} = \frac{\omega b_{eff,wc} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}}$ Lățimea efectivă $b_{eff,t,wc}$ a inimii stâlpului solicitată la întindere este egală cu lungimea efectivă a elementului T echivalent reprezentând talpa stâlpului solicitată la încovoiere pentru un rând sau un grup de rânduri de șuruburi. Coeficientul de reducere ω este dat în Tabelul 6.3 din EC3-1-8.	EN 1993-1-8 6.2.6.3
Șuruburile solicitate la întindere	Rezistența unui rând de șuruburi (două șuruburi) solicitate la întindere este dată de $F_{bt,Rd} = 2 \frac{0,9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ unde: f_{ub} este rezistența la rupere a oțelului din șurub. A_s este aria netă în porțiunea filetată a unui șurub.	EN 1993-1-8 3.6.1

4.1.7 Rigiditatea componentelor (nodul solicitat la încovoiere)

Componentă	Reguli detaliate	Referință
Panoul de inimă a stâlpului solicitat la forfecare	$k_1 = \frac{0,38 A_{vc}}{\beta z}$ Parametrul de transformare β este dat în Tabelul 5.4 din EN 1993-1-8. Brațul de pârghe z al îmbinării este dat în EN 1993-1-8, 6.3.3.1.	EN 1993-1-8 6.3.2
Talpa stâlpului solicitată la încovoiere	Pentru un singur rând de șuruburi solicitat la întindere: $k_4 = \frac{0,9 b_{eff,cf} t_{fc}^3}{m^3}$ Lățimea efectivă b_{eff} este lățimea efectivă minimă a rândului de șuruburi (individual sau parte a unui grup de rânduri de șuruburi).	EN 1993-1-8 6.3.2
Placa de capăt	Pentru un singur rând de șuruburi solicitat la întindere:	EN 1993-1-8 6.3.2

solicitată la încovoiere	$k_5 = \frac{0.9b_{eff,ep}t_{ep}^3}{m^3}$ Lăţimea efectivă b_{eff} este lăţimea efectivă minimă a rândului de şuruburi (individual sau parte a unui grup de rânduri de şuruburi).	
Inima stâlpului solicitată la întindere	Pentru un singur rând de şuruburi solicitat la întindere: $k_3 = \frac{0.7b_{eff,wc}t_{wc}}{d_c}$ Lăţimea efectivă b_{eff} este lăţimea efectivă minimă a rândului de şuruburi (individual sau parte a unui grup de rânduri de şuruburi) a tălpii stâlpului solicitată la încovoiere.	EN 1993-1-8 6.3.2
Şuruburile solicitate la întindere	Pentru un singur rând de şuruburi solicitat la întindere: $k_{10} = 1.6A_s / L_b$	EN 1993-1-8 6.3.2

4.1.8 Rezistenţele componentelor (nodul solicitat la forfecare)

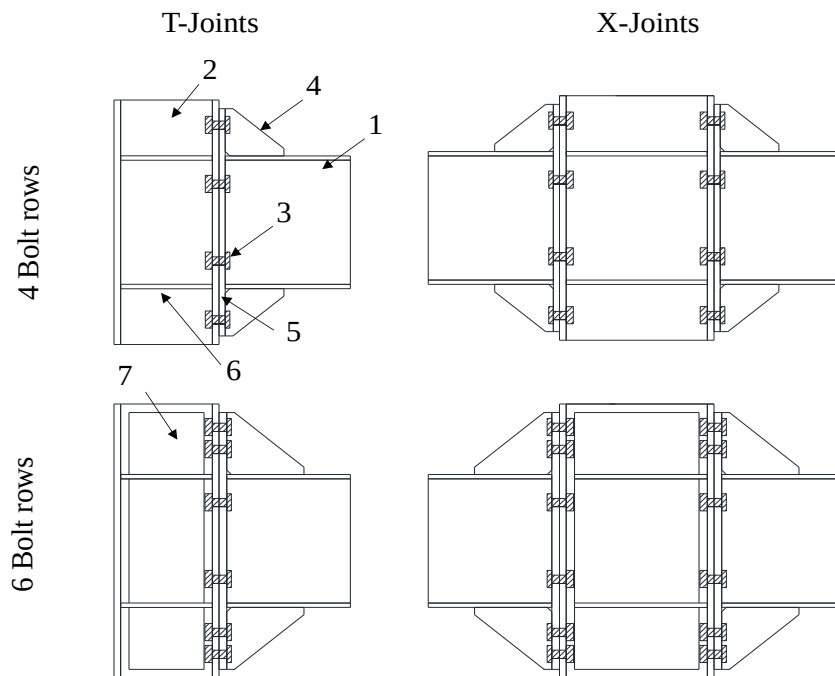
Componentă	Reguli detaliate	Referință		
Inima grinzii solicitată la întindere	$V_{b, RD} = \chi_w A_{vb} f_{y, b} / \sqrt{3} \gamma_{M1}$ unde: $A_{vb} = A_b - 2b_b t_{fb} + (t_{wb} + 2r_b) t_{fb}$ $\chi_w = 0.83 / \bar{\lambda}_w \text{ dacă } \bar{\lambda}_w \geq 0.83;$ $\chi_w = 1.0 \text{ dacă } \bar{\lambda}_w < 0.83$ cu $\bar{\lambda}_w = 0.3467 (h_{wb} / t_{wb}) \sqrt{f_{y, b} / E}$	EN 1993-1-5 5.3		
Talpa stâlpului solicitată la presiune pe gaură	Pentru un singur rând de șuruburi solicitat la întindere: $F_{b, Rd} = 2 \frac{k_1 \alpha_b f_u d t_{fc}}{\gamma_{M2}}$ unde: $k_1 = \min[2.8 \frac{e}{d_0} - 1.7, \quad 2.5]$ α_b depinde de direcția forței de forfecare și poziția rândului de șuruburi: <table><tr><td><i>Forță tăietoare negativă</i> Rândurile 1,5 și 6 (sau (*) sau rândurile 1,3 și 4) de șuruburi: $\alpha_b = 1.0$ Rândurile 2 și 4 (sau(*) rândul 2) de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p_1 / 3d_0 - 0.25]$ Rândul 3 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p_2 / 3d_0 - 0.25]$ (*) : folosită în cazul nodului cu 4 rânduri de șuruburi (p₁ trebuie înlocuit cu p)</td><td><i>Forță tăietoare pozitivă</i> Rândurile 1,2 și 6 (sau (*) sau rândurile 1,2 și 4) de șuruburi: $\alpha_b = 1.0$ Rândurile 3 și 5 (sau(*) rândul 3) de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p_1 / 3d_0 - 0.25]$ Rândul 4 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p_2 / 3d_0 - 0.25]$</td></tr></table>	<i>Forță tăietoare negativă</i> Rândurile 1,5 și 6 (sau (*) sau rândurile 1,3 și 4) de șuruburi: $\alpha_b = 1.0$ Rândurile 2 și 4 (sau(*) rândul 2) de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p_1 / 3d_0 - 0.25]$ Rândul 3 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p_2 / 3d_0 - 0.25]$ (*) : folosită în cazul nodului cu 4 rânduri de șuruburi (p ₁ trebuie înlocuit cu p)	<i>Forță tăietoare pozitivă</i> Rândurile 1,2 și 6 (sau (*) sau rândurile 1,2 și 4) de șuruburi: $\alpha_b = 1.0$ Rândurile 3 și 5 (sau(*) rândul 3) de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p_1 / 3d_0 - 0.25]$ Rândul 4 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p_2 / 3d_0 - 0.25]$	EN 1993-1-8 3.6.1
<i>Forță tăietoare negativă</i> Rândurile 1,5 și 6 (sau (*) sau rândurile 1,3 și 4) de șuruburi: $\alpha_b = 1.0$ Rândurile 2 și 4 (sau(*) rândul 2) de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p_1 / 3d_0 - 0.25]$ Rândul 3 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p_2 / 3d_0 - 0.25]$ (*) : folosită în cazul nodului cu 4 rânduri de șuruburi (p ₁ trebuie înlocuit cu p)	<i>Forță tăietoare pozitivă</i> Rândurile 1,2 și 6 (sau (*) sau rândurile 1,2 și 4) de șuruburi: $\alpha_b = 1.0$ Rândurile 3 și 5 (sau(*) rândul 3) de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p_1 / 3d_0 - 0.25]$ Rândul 4 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p_2 / 3d_0 - 0.25]$			
Placa de capăt solicitată la presiune pe gaură	Pentru un singur rând de șuruburi solicitat la întindere: $F_{b, Rd} = 2 \frac{k_1 \alpha_b f_u d t_{fc}}{\gamma_{M2}}$ $k_1 = \min[2.8 \frac{e}{d_0} - 1.7, \quad 2.5]$ <table><tr><td><i>Forță tăietoare negativă</i> Rândurile 2 și 6 (sau(*) rândurile 2 și 4) de șuruburi: $\alpha_b = 1.0$ Rândurile 1 (sau(*) rândul 1) de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad e_x / 3d_0]$</td><td><i>Forță tăietoare pozitivă</i> Rândurile 1 și 5 (sau(*) rândurile 1 și 3) de șuruburi: $\alpha_b = 1.0$ Rândurile 6 (sau(*) rândul 4) de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad e_x / 3d_0]$</td></tr></table>	<i>Forță tăietoare negativă</i> Rândurile 2 și 6 (sau(*) rândurile 2 și 4) de șuruburi: $\alpha_b = 1.0$ Rândurile 1 (sau(*) rândul 1) de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad e_x / 3d_0]$	<i>Forță tăietoare pozitivă</i> Rândurile 1 și 5 (sau(*) rândurile 1 și 3) de șuruburi: $\alpha_b = 1.0$ Rândurile 6 (sau(*) rândul 4) de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad e_x / 3d_0]$	EN 1993-1-8 3.6.1
<i>Forță tăietoare negativă</i> Rândurile 2 și 6 (sau(*) rândurile 2 și 4) de șuruburi: $\alpha_b = 1.0$ Rândurile 1 (sau(*) rândul 1) de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad e_x / 3d_0]$	<i>Forță tăietoare pozitivă</i> Rândurile 1 și 5 (sau(*) rândurile 1 și 3) de șuruburi: $\alpha_b = 1.0$ Rândurile 6 (sau(*) rândul 4) de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad e_x / 3d_0]$			

	Rândurile 3 și 5 (sau ^(*) rândul 3) de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, p_1 / 3d_0 - 0.25]$ Rândul 4 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, p_2 / 3d_0 - 0.25]$ ^(*) :folosită în cazul nodului cu 4 rânduri de șuruburi (p_1 trebuie înlocuit cu p)	Rândurile 2 și 4 (sau ^(*) rândul 2) de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, p_1 / 3d_0 - 0.25]$ Rândul 3 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, p_2 / 3d_0 - 0.25]$	
Șuruburile solicitate la forfecare	Pentru un singur rând de șuruburi solicitat la întindere: $F_{b,Rd} = 2 \frac{\alpha_v f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ $\alpha_v = 0.6$ pentru grupa 8.8 și $\alpha_v = 0.5$ pentru grupa 10.9 de șuruburi.		EN 1993-1-8 3.6.1

4.2 Noduri grindă-stâlp cu placă de capăt extinsă rigidizată

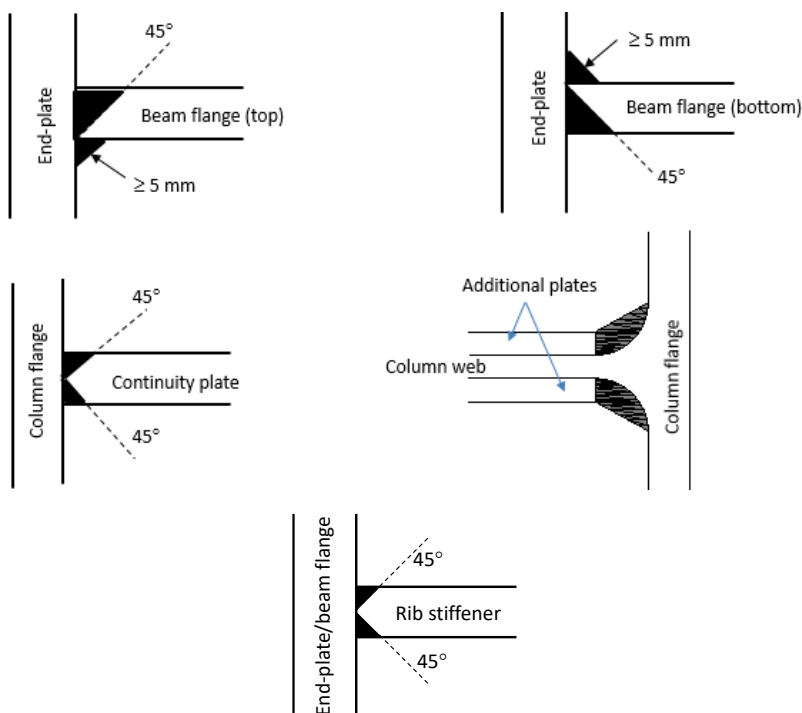
4.2.1 Descrierea nodului

Descrierea nodurilor cu placă de capăt extinsă rigidizată



- 1: Grindă 3: Șuruburi 5: Placă de capăt 7: Plăci suplimentare pe inimă
2: Stâlp 4: Rigidizări 6: Rigidizări transversale

Detaliile sudurii cap la cap cu pătrundere completă



4.2.2 Lista valorilor limită pentru datele precalificate

Tabelul 4.3 - Lista valorilor limită pentru datele precalificate

Elemente	Parametri	Gama de aplicare
Grindă		
	Înălțime	Maxim = 600mm
	Raport deschidere - înălțime	Maxim = 23, Minim = 10
	Grosimea tălpii	Maxim = 19mm
	Material	S235 până la S355
Stâlp		
	Înălțime	Maxim = 550mm
	Grosimea tălpii	Maxim = 29mm
	Material	S235 până la S355
	Raportul înălțimii secțiunii grindă-stâlp	0.65-2.15
Placă de capăt		18-30 mm
	Grosime	Tabelul 4.4
	Material	S235 până la S355
Rigidizări transversale		
	Grosime	Tabelul 4.4
	Material	S235 până la S355
Plăci suplimentare		
	Grosime	Tabelul 4.4
	Material	S235 până la S355
Șuruburi		Șuruburi de înaltă rezistență ce permit pretensionarea conform EN 14399-3 (sistem HR) și EN 14399-4 (sistem HV). Șuruburile vor fi pretensionate conform EN 1090-2.
	Diametru	Tabelul 4.4
	Grupa	10.9
	Numărul de rânduri de șuruburi	Tabelul 4.4
	Șaibe	Conform EN 14399-4

	Găuri	Conform EN 1993-1-8
<i>Suduri</i>		
	Placa de capăt – tălpile grinzii	Sudură cu pătrundere completă, întărită de suduri de colț
	Rigidizări transversale – tălpile stâlpului	Sudură cu pătrundere completă
	Plăcile adiționale – tălpile stâlpului	Sudură cu pătrundere completă
	Alte suduri	Suduri de colț de ambele părți ale tablei cu o grosime de cel puțin 0.55 din grosimea elementelor conectate.

4.2.3 Procedura de proiectare

Pe lângă alegerea geometriei nodului și a materialelor, sunt adresate succesiv cele trei etape principale de proiectare:

- caracterizarea componentelor,
- procedura de asamblare,
- clasificarea nodului și verificările de proiectare

Procedura globală

Pasul 1: Alegerea inițială a geometriei îmbinării și a materialelor

- Grupa șuruburilor, dimensiunea șuruburilor și numărul rândurilor
- Grosimea și dimensiunea plăcii de capăt
- Grosimea și dimensiunea plăcilor de continuitate
- Grosimea și dimensiunea plăcilor adiționale pe inimă (dacă este necesar)
- Specificațiile sudurilor

Pasul 2: Caracterizarea componentelor

- Rezistența componentelor (nodul în încovoiere)
- Rigiditatea componentelor (nodul în încovoiere)
- Rezistența componentelor (nodul la forfecare)

Pasul 3: Procedura de asamblare

- Rezistența nodului la încovoiere
- Rigiditatea nodului la încovoiere
- Rezistența îmbinării la forfecare
- Nivelul de ductilitate al îmbinării

Pasul 4: Clasificarea îmbinării și verificare

- Rezistența la încovoiere
- Rigiditatea la încovoiere
- Rezistența la forfecare
- Ductilitatea
- Verificare

4.2.4 Predimensionarea îmbinării

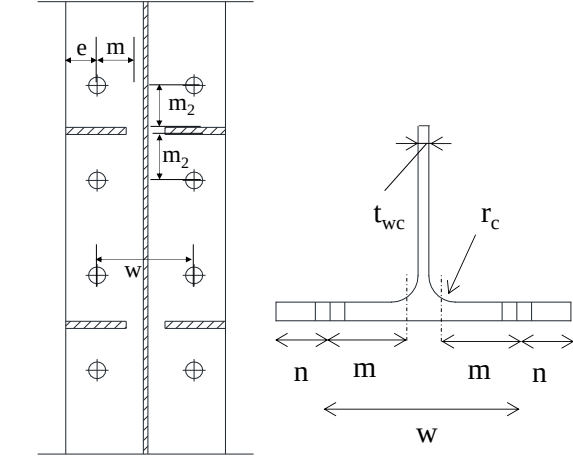
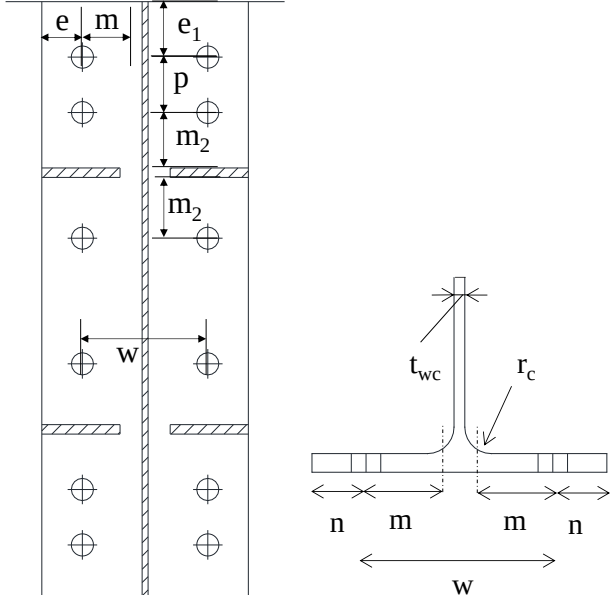
Tabelul 4.4 - Valori inițiale pentru geometrie și materiale pentru îmbinare

Elemente îmbinate	Dimensiune grindă		
	Mică ($\approx$ IPE360)	Medie ($\approx$ IPE450)	Mare ($\approx$ IPE600)
Grupă șuruburi	10.9		
Dimensiune șuruburi	M27	M30	M36
Număr de rânduri de șuruburi	4/6	4/6	6
Placă de capăt	<i>Grosime:</i> $t_{ep}=(2/3\div5/6) d_b$ pentru nodurile total rezistente și poate fi puțin mai mare decât talpa stâlpului; $t_{ep}=(2/3\div5/6)d_b$ pentru nodurile de rezistență egală, dar trebuie să fie mai mică decât grosimea tălpii stâlpului. <i>Dimensiuni:</i> Lățimea trebuie să fie egală sau mai mică decât lățimea tălpii stâlpului. Partea extinsă ar trebui să fie suficientă pentru a putea dispune unul sau două rânduri de șuruburi, respectând cerințele din EN 1993-1-8 (Secțiunea 3.5).		
Plăci suplimentare pe inimă	Grosimea și dimensiunile plăcilor adiționale pe inimă trebuie să respecte cerințele din EN 1993-1-8 (Secțiunea 6.2.6.1). Alternativ, conlucrarea dintre plăcile adiționale și inimă se va asigura folosind sudură în găuri.		
Rigidizări transversale	Tabelul 4.3		
Detalii de sudură			
Notă: t_{ep} este grosimea plăcii de capăt și d_b este diametrul nominal al șurubului.			

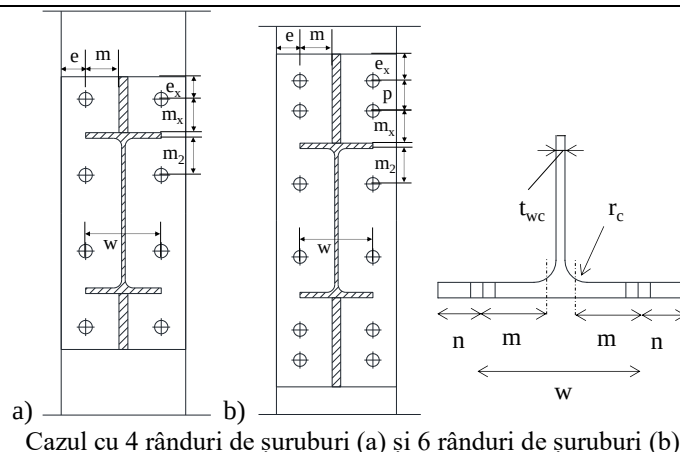
4.2.5 Procedura de asamblare și verificări de rezistență

Tipul clasificării	Criteriul	Referință												
Rezistența la încovoiere	$M_{con,Rd} \approx M_{Ed}$: îmbinare de rezistență egală $M_{con,Rd} > M_{Ed}$: îmbinare total rezistentă $V_{wp,Rd} > \min[F_{con,Rd}, F_{fbc,Rd}]$: panou de inimă a stâlpului puternic cu: $F_{con,Rd} = \sum F_{Rd,ri}$ ($i = 1$ la 5 pentru noduri cu 6 rânduri de șuruburi și $i = 1$ la 3 pentru noduri cu 4 rânduri de șuruburi), este forța tăietoare transversală în îmbinare datorită rândurilor de șuruburi în întindere. $V_{fbc,Rd}$ este rezistența la forfecare a tălpii și inimii grinzii solicitate la compresiune.	Equaljoints												
Clasificarea rigidității	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Clasificare</th> <th>Cadre contravântuite</th> <th>Cadre necontravântuite</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Noduri semi-rigide</td> <td>$0.5 \leq k_b < 8$</td> <td>$0.5 \leq k_b < 25$</td> </tr> <tr> <td>Noduri rigide</td> <td>$k_b \geq 8$</td> <td>$k_b \geq 25$</td> </tr> <tr> <td colspan="3">$k_b = S_{j,ini} / (EI_b / L_b)$</td> </tr> </tbody> </table>	Clasificare	Cadre contravântuite	Cadre necontravântuite	Noduri semi-rigide	$0.5 \leq k_b < 8$	$0.5 \leq k_b < 25$	Noduri rigide	$k_b \geq 8$	$k_b \geq 25$	$k_b = S_{j,ini} / (EI_b / L_b)$			EC3-1-8 5.2.2
Clasificare	Cadre contravântuite	Cadre necontravântuite												
Noduri semi-rigide	$0.5 \leq k_b < 8$	$0.5 \leq k_b < 25$												
Noduri rigide	$k_b \geq 8$	$k_b \geq 25$												
$k_b = S_{j,ini} / (EI_b / L_b)$														
Rezistența la forfecare	$V_{con,Rd} \approx V_{b,Rd}$: rezistență egală la forfecare $V_{con,Rd} > V_{b,Rd}$: rezistență totală la forfecare													
Clasificarea ductilității	$\beta_{max} \leq 1.0$: Nivelul 1 de ductilitate $\beta_{max} > 1.0$ și $\eta_{max} \leq 0.95$: Nivelul 2 de ductilitate cu: $\beta_{max} > \max[\beta_{r1}, \beta_{r2}]$; $\eta_{max} > \max[\eta_{r1}, \eta_{r2}]$	Equaljoints												

4.2.6 Caracterizarea componentelor (nodul solicitat la încovoiere)

Componentă	Reguli detaliate	Referință
Talpa stălpului solicitată la încovoiere	Cazul cu 4 rânduri de șuruburi  Cazul cu 6 rânduri de șuruburi 	EN 1993-1-8 6.2.6.4
	Pentru fiecare rând de șuruburi sau grup de rânduri de șuruburi, rezistența se calculează folosind următoarea formulă: $F_{cfb,Rd} = \min[F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}] * \text{or}$ $F_{cfb,Rd} = \min[F_{T,1-2,Rd}; F_{T,3,Rd}] **$ cu: • $F_{T,1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m}$ • $F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n\Sigma F_{t,Rd}}{m + n}$ • $F_{T,3,Rd} = \sum \frac{0.9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ • $F_{T,1-2,Rd} = \frac{2M_{pl,1,Rd}}{m}$ unde:	

	$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma \ell_{eff,1} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$ $M_{pl,2Rd} = 0,25 \Sigma \ell_{eff,2} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$ $m = (w / 2 - t_{wc} / 2 - 0.8 r_c)$ $n = \min[e, 1.25m], \text{ pentru modele circulare se poate folosi } n = \infty.$ $e_w = d_w / 4$ d_w este diametrul șaibei, sau lățimea între vârfurile capului șurubului sau al piuliței. *Dacă se dezvoltă forțe de pârghie. ** Dacă nu se dezvoltă forțe de pârghie Notă: EC1993-1-8 admite dezvoltarea forțelor de pârghie în orice caz pentru o îmbinare cu șuruburi. Conform cu ceea ce s-a descris din proiectul EQUALJOINTS, această afirmație nu este acoperitoare și dezvoltarea forțelor de pârghie trebuie verificată de la caz la caz.	
	Lungime efective ❖ Îmbinare cu 4 rânduri de șuruburi <u>Rândul 1 de șuruburi:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <u>Rândul 2 de șuruburi:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ α este dat în Figura 6.11 din EN 1993-1-8, și depinde de: $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \quad \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ Notă: Între primul și al doilea rând de șuruburi, nici un grup nu poate fi activat deoarece au fost introduse rigidizări transversale. ❖ Îmbinare cu 6 rânduri de șuruburi <u>Rândul 1 de șuruburi:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m; 4m + 1.25e]$ $l_{eff,2} = 4m + 1.25e$ <u>Rândul 1 de șuruburi din grupul 1+2:</u> $l_{eff,1} = \min[2p; p]$ $l_{eff,nc} = p$ <u>Rândul 2 de șuruburi:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <u>Rândul 2 de șuruburi din grupul 1+2:</u> $l_{eff,1} = \min[\pi m + p; 0.5p + \alpha m - (2m + 0.625e)]$ $l_{eff,1} = 0.5p + \alpha m - (2m + 0.625e)$ <u>Rândul 3 de șuruburi:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ α este dat în Figura 6.11 din EN 1993-1-8, și depinde de: $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}$ $\lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ Notă: Între primul și al doilea rând de șuruburi efectul de grup poate influența rezistența. În schimb, nici un grup nu poate fi activat cu rândul 3 de șuruburi deoarece au fost introduse rigidizări transversale.	Tabelul 6.5 (EN 1993-1-8)



EN 1993-1-8
6.2.6.5

Pentru fiecare rând de șuruburi sau grup de rânduri de șuruburi rezistența se calculează folosind următoarea expresie:

$$F_{cfb,Rd} = \min[F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}]^* \text{ or}$$

$$F_{cfb,Rd} = \min[F_{T,1-2,Rd}; F_{T,3,Rd}]^{**}$$

cu:

- $F_{T,1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m}$
- $F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n\Sigma F_{t,Rd}}{m + n}$
- $F_{T,3,Rd} = \sum \frac{0.9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$
- $F_{T,1,Rd} = \frac{2M_{pl,1,Rd}}{m}$

unde:

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

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

$$m = (w / 2 - t_{wc} / 2 - 0.8 r_c)$$

$$n = \min[e, 1.25m], \text{ pentru modele circulare se poate folosi } n = \infty.$$

$$e_w = d_w / 4$$

d_w este diametrul șabei, sau lățimea între vârfurile capului șurubului sau al piuliței.

* Dacă se dezvoltă forțe de pârghie.

** Dacă nu se dezvoltă forțe de pârghie.

Lungimi efective

❖ Îmbinare cu 4 rânduri de șuruburi

Rândul 1 de șuruburi:

$$l_{eff,1} = \min \begin{cases} 2\pi m \\ \pi m + 2e_x \\ \alpha m - (2m + 0.625e) + e_x \\ 2m + 0.625e + e_x \\ 4m + 1.25e \end{cases}$$

$$l_{eff,2} = \min \begin{cases} \alpha m - (2m + 0.625e) + e_x \\ 2m + 0.625e + e_x \\ 4m + 1.25e \end{cases}$$

Rândul 2 de șuruburi:

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

	$l_{eff,2} = \alpha m$ α este dat în Figura 6.11 din EN 1993-1-8, și depinde de: $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}$ $\lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ ❖ Îmbinare cu 6 rânduri de șuruburi <u>Rândul 1 de șuruburi:</u> $l_{eff,1} = \min \begin{cases} 2\pi m \\ \pi m + 2e_x \\ 4m + 1.25e \\ 2m + 0.625e + e_x \end{cases}$ $l_{eff,2} = \min \begin{cases} 4m + 1.25e \\ 2m + 0.625e + e_x \end{cases}$ <u>Rândul 1 de șuruburi din grupul 1+2:</u> $l_{eff,1} = \min \begin{cases} \pi m + p \\ 2e_x + p \\ 2m + 0.625e + 0.5p \\ e_x + 0.5p \end{cases}$ $l_{eff,2} = \min \begin{cases} 2m + 0.625e + 0.5p \\ e_x + 0.5p \end{cases}$ <u>Rândul 2 de șuruburi:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <u>Rândul 2 de șuruburi din grupul 1+2:</u> $l_{eff,1} = \min[\pi m + p; 0.5p + \alpha m - (2m + 0.625e)]$ $l_{eff,2} = 0.5p + \alpha m - (2m + 0.625e)$ <u>Rândul 3 de șuruburi:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ α este dat în Figura 6.11 din EN 1993-1-8.	
Tălpile grinzii și inima solicitate la compresiune	$F_{fb,Rd} = M_{c,Rd} f_{y,b} / (h + \xi b - 0.5t_{fb})$ • h este înălțimea grinzii conectate; • $M_{c,Rd}$ este momentul încovoietor de calcul al grinzii considerând și rigidizările, redus dacă este necesar pentru a ține cont de interacțiunea cu forța tăietoare, vezi EN 1993-1-1. • t_{fb} este grosimea tăpii grinzii conectate. • ξ_b este poziția centrului de compresiune; • b este înălțimea rigidizării.	EN 1993-1-8 6.2.6.7
Inima stâlpului și rigidizările transversale solicitate la compresiune	Rezistența inimii stâlpului și a rigidizărilor transversale solicitate la compresiune se poate calcula cu formula: $F_{wcc,Rd} = \frac{\omega k_{wc} b_{eff,c,cf} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} + \frac{A_{cp} f_{y,cp}}{\gamma_{M0}}$ unde: $b_{eff,c,cf} = t_{fb} + \sqrt{2}(a_{w1} + a_{w2}) + 5(t_{fc} + r_c) + 2t_{ep}$ A_{cp} este aria rigidizărilor transversale (de pe ambele părți); Coeficientul de reducere k_{wc} consideră forțele axiale în inima stâlpului, și este dat în 6.2.6.2(2) din EN 1993-1-8. Coeficientul de reducere ω este dat în Tabelul 6.3 din EC3-1-8;	EN 1993-1-8 6.2.6.2

	Notă: În cazul în care se folosesc rigidizări transversale, factorul de reducere pentru voalarea inimii stâlpului solicitat la compresiune transversală poate fi neglijat.	
Inima grinzii solicitată la întindere	$F_{wbt,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{y,wb} / \gamma_{M0}$ Lăţimea efectivă $b_{eff,t,wb}$ a inimii grinzii solicitată la întindere este egală cu lungimea efectivă a elementului T echivalent reprezentând placa de capăt solicitată la încovoiere pentru un rând sau un grup de rânduri de şuruburi.	EN 1993-1-8 6.2.6.8
Inima stâlpului solicitată la întindere	$F_{wct,Rd} = \frac{\omega b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}}$ Lăţimea efectivă $b_{eff,t,wc}$ a inimii stâlpului solicitată la întindere este egală cu lungimea efectivă a elementului T echivalent reprezentând talpa stâlpului solicitată la încovoiere pentru un rând sau un grup de rânduri de şuruburi. Coeficientul de reducere ω este dat în Tabelul 6.3 din EC3-1-8.	EN 1993-1-8 6.2.6.3
Şuruburile solicitate la întindere	Rezistenţa unui rând de şuruburi (două şuruburi) solicitate la întindere este dată de: $F_{b,Rd} = 2 \frac{0,9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ unde: f_{ub} este rezistenţa la rupere a oţelului din şurub. A_s este aria netă în porţiunea filetată a unui şurub.	EN 1993-1-8 3.6.1

4.2.7 Rigiditatea componentelor (nodul solicitat la încovoiere)

Componentă	Reguli detaliate	Referinţă
Panoul de inimă a stâlpului solicitat la forfecare	Contribuţia factorului k_1 este infinită Pentru nodul rigidizat, în timp ce pentru un nod nerigidizat: $k_1 = \frac{0.38 \cdot A_{VC}}{\beta z}$ unde: β este parametrul de transformare definit în EN 1993-1-8 Secţiunea 5.3(7), şi z braţul de pârghie.	EN 1993-1-8 6.3.2
Talpa stâlpului solicitată la încovoiere	Pentru un rând de şuruburi solicitat la întindere: $k_4 = \frac{0.9 \cdot l_{eff} \cdot t_{fc}^2}{m^3}$ Lăţimea efectivă b_{eff} este lăţimea efectivă minimă a rândului de şuruburi (individual sau parte a unui grup de rânduri de şuruburi).	EN 1993-1-8 6.3.2
Placa de capăt solicitată la încovoiere	Pentru un rând de şuruburi solicitat la întindere: $k_5 = \frac{0.9 \cdot l_{eff} \cdot t_p^2}{m^3}$ Lăţimea efectivă b_{eff} este lăţimea efectivă minimă a rândului de şuruburi (individual sau parte a unui grup de rânduri de şuruburi).	EN 1993-1-8 6.3.2
Inima stâlpului solicitată la întindere	Pentru nodurile rigidizate sudate, contribuţia factorului k_3 este infinită, în timp ce pentru un nod nerigidizat: $k_3 = \frac{0.7 \cdot b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc}}{d_c}$ Lăţimea efectivă b_{eff} este lăţimea efectivă minimă a rândului de şuruburi (individual sau parte a unui grup de rânduri de şuruburi) a tălpii stâlpului solicitate la încovoiere.	EN 1993-1-8 6.3.2

Șuruburile solicitate la întindere	Pentru un rând de șuruburi solicitat la întindere: $k_{10} = \frac{1.6 \cdot A_s}{L_b}$	EN 1993-1-8 6.3.2
Rigidizarea pe partea comprimată	$k_{RIB} = \frac{A_{eq}}{L_{Strut}} \cdot \cos(\alpha)$ unde (așa cum este definită de Lee): $A_e = \frac{\eta(ab - c^2)}{\sqrt{(a - c)^2 + (b - c)^2}}$ $L_e = (0.6) \sqrt{(a^2 + b^2)}$ α este înclinația zăbrelei rigidizării.	Equaljoints

4.2.8 Rezistența componentelor (nodul solicitat la forfecare)

Componentă	Reguli detaliate	Referință
Inima grinzii solicitată la forfecare	$V_{b, RD} = \chi_w A_{vb} f_{y,b} / \sqrt{3} \gamma_{M1}$ unde: $A_{vb} = A_b - 2b_b t_{fb} + (t_{wb} + 2r_b) t_{fb}$ $\chi_w = 0.83 / \bar{\lambda}_w \text{ if } \bar{\lambda}_w \geq 0.83;$ $\chi_w = 1.0 \text{ if } \bar{\lambda}_w < 0.83$ cu $\bar{\lambda}_w = 0.3467(h_{wb} / t_{wb}) \sqrt{f_{y,b} / E}$	EN 1993-1-5 5.3
Talpa stâlpului solicitată la presiune pe gaură	Pentru un rând de șuruburi (două șuruburi) solicitate la forfecare: $F_{b, Rd} = 2 \frac{k_1 \alpha_b f_u d t_{fc}}{\gamma_{M2}}$ unde: pentru șuruburi de margine: $k_1 = \min[2.8 \frac{e}{d_0} - 1.7, 2.5]$ pentru șuruburi interioare: $k_1 = \min[1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5]$ α_b depinde de direcția forței de forfecare și poziția rândului de șuruburi:	EN 1993-1-8 3.6.1

Îmbinare cu 4 rânduri de șuruburi

<i>Forță tăietoare negativă</i> Rândurile 1, 3 și 4 de șuruburi: $\alpha_b = 1.0$ Rândul 2 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]$	<i>Forță tăietoare pozitivă</i> Rândurile 1, 2 și 4 de șuruburi: $\alpha_b = 1.0$ Rândul 3 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]$
--	--

Îmbinare cu 6 rânduri de șuruburi

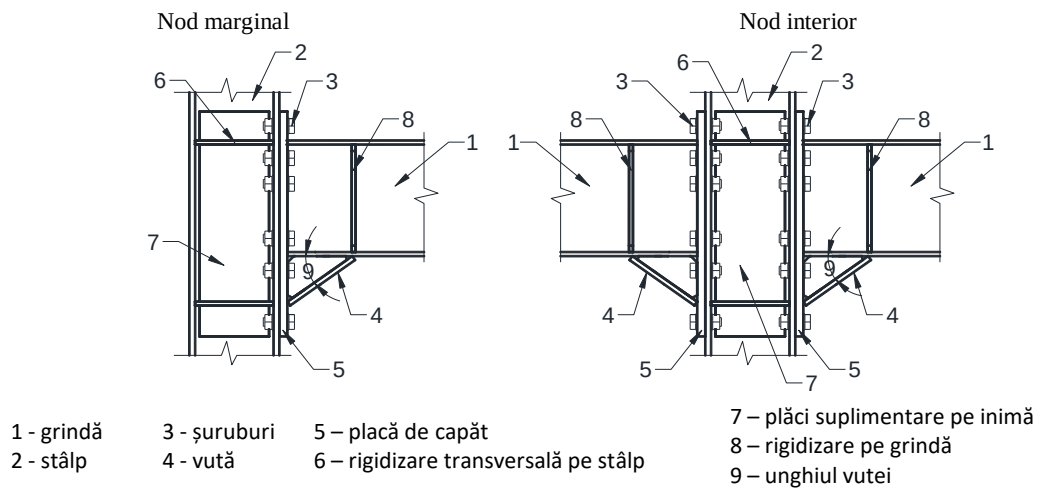
<i>Forță tăietoare negativă</i> Rândurile 1, 3 și 5 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]$ Rândurile 2, 4 și 6 de șuruburi: $\alpha_b = 1.0$	<i>Forță tăietoare pozitivă</i> Rândurile 1, 3 și 5 de șuruburi: $\alpha_b = 1.0$ Rândurile 2, 4 și 6 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]$
---	---

Placa de capăt solicitată la presiune pe gaură	Pentru un rând de șuruburi (două șuruburi) solicitate la forfecare: $F_{b,Rd} = 2 \frac{k_1 \alpha_b f_u d t_{fc}}{\gamma_{M2}}$ pentru șuruburi de margine: $k_1 = \min[2.8 \frac{e}{d_0} - 1.7, \quad 2.5]$ pentru șuruburi interioare: $k_1 = \min[1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, \quad 2.5]$ α_b depinde de direcția forței de forfecare și poziția rândului de șuruburi: Îmbinare cu 4 rânduri de șuruburi <table><tr><td><i>Forță tăietoare negativă</i> Rândul 1 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad e_x / 3d_0]$ Rândurile 2 și 4 de șuruburi: $\alpha_b = 1.0$ Rândul 3 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$</td><td><i>Forță tăietoare pozitivă</i> Rândurile 1 și 3 de șuruburi: $\alpha_b = 1.0$ Rândul 2 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$ Rândul 4 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad e_x / 3d_0]$</td></tr></table> Îmbinare cu 6 rânduri de șuruburi <table><tr><td><i>Forță tăietoare negativă</i> Rândul 1 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad e_x / 3d_0]$ Rândurile 2, 4 și 6 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$ Rândurile 3 și 5 de șuruburi: $\alpha_b = 1.0$</td><td><i>Forță tăietoare pozitivă</i> Rândurile 1, 3 și 5 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$ Rândurile 2 și 4 de șuruburi: $\alpha_b = 1.0$ Rândul 6 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad e_x / 3d_0]$</td></tr></table>	<i>Forță tăietoare negativă</i> Rândul 1 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad e_x / 3d_0]$ Rândurile 2 și 4 de șuruburi: $\alpha_b = 1.0$ Rândul 3 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$	<i>Forță tăietoare pozitivă</i> Rândurile 1 și 3 de șuruburi: $\alpha_b = 1.0$ Rândul 2 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$ Rândul 4 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad e_x / 3d_0]$	<i>Forță tăietoare negativă</i> Rândul 1 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad e_x / 3d_0]$ Rândurile 2, 4 și 6 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$ Rândurile 3 și 5 de șuruburi: $\alpha_b = 1.0$	<i>Forță tăietoare pozitivă</i> Rândurile 1, 3 și 5 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$ Rândurile 2 și 4 de șuruburi: $\alpha_b = 1.0$ Rândul 6 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad e_x / 3d_0]$	EN 1993-1-8 3.6.1
	<i>Forță tăietoare negativă</i> Rândul 1 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad e_x / 3d_0]$ Rândurile 2 și 4 de șuruburi: $\alpha_b = 1.0$ Rândul 3 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$	<i>Forță tăietoare pozitivă</i> Rândurile 1 și 3 de șuruburi: $\alpha_b = 1.0$ Rândul 2 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$ Rândul 4 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad e_x / 3d_0]$				
<i>Forță tăietoare negativă</i> Rândul 1 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad e_x / 3d_0]$ Rândurile 2, 4 și 6 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$ Rândurile 3 și 5 de șuruburi: $\alpha_b = 1.0$	<i>Forță tăietoare pozitivă</i> Rândurile 1, 3 și 5 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$ Rândurile 2 și 4 de șuruburi: $\alpha_b = 1.0$ Rândul 6 de șuruburi: $\alpha_b = \min[1.0, \quad e_x / 3d_0]$					
Pentru un rând de șuruburi (două șuruburi) solicitate la forfecare: $F_{b,Rd} = 2 \frac{\alpha_v f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ $\alpha_v = 0.5$ pentru șuruburi grupa 10.9 .	EN 1993-1-8 3.6.1					
Șuruburile solicitate la forfecare						

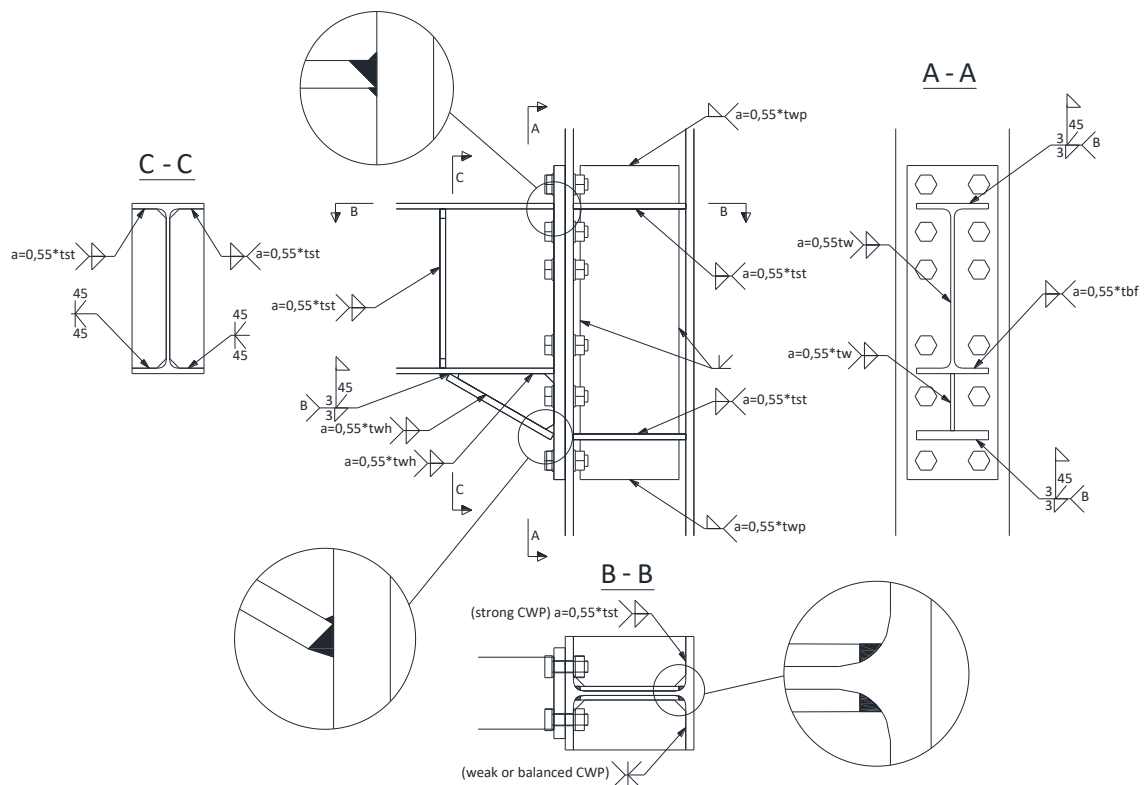
4.3 Nodurile grindă-stâlp cu vută

4.3.1 Descrierea nodului

Descrierea nodurilor cu placă de capăt extinsă și vută



Detalii de sudură pentru nodurile cu placă de capăt și vută



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 Lista valorilor limită pentru datele precalificate

Tabelul 4.5 - Lista valorilor limită pentru datele precalificate

Elemente	Parametri	Gama de aplicare
<i>Grindă</i>		Secțiuni laminate la cald cu tălpi late variind între IPE330 și IPE600. Secțiunea va fi de clasă 1 conform EN 1993-1-1. Pot fi folosite secțiuni din table sudate cu dimensiunile similare, cu condiția ca sudurile între tălpi și inimă să fie cu pătrundere completă întărite de suduri de colț.
	Înălțime	330 până la 600 mm
	Raportul deschidere liberă - înălțime (între poziția probabilă a articulațiilor plastice)	Minim 7
	Grosimea tălpii	Minim: 11 mm Maxim: 21 mm* (10% extrapolând pe baza a grosimii maxime folosite în încercări)
	Material	S235 până la S355
<i>Stâlp</i>		Secțiuni laminate la cald cu tălpi late variind între HEB260/HEM260 și HEB550/HEM550. Secțiunea va fi de clasă 1 conform EN 1993-1-1. Pot fi folosite secțiuni din table sudate cu dimensiunile similare, cu condiția ca sudurile între tălpi și inimă să fie cu pătrundere completă întărite de suduri de colț.
	Înălțime	260 până la 550 mm
	Raportul înălțimii secțiunii grindă-stâlp	0.60-2.00
	Grosimea tălpii	Minim: 17.5 mm Maxim: 40 mm
	Material	S235 până la S355
<i>Placă de capăt</i>		20-40
	Grosime	Minim: 20 mm Maxim: 40 mm
	Lățime	Minim: lățimea tălpii grinzii + 30 mm Maxim: lățimea tălpii stâlpului
	Material	S235 până la S355
<i>Rigidizări transversale stâlp și grindă</i>		Conform cerințelor din EN 1993-1-8 și EN 1998-1.
	Material	S235 până la S355
<i>Plăci suplimentare pe inima stâlpului</i>		Conform cerințelor din EN 1993-1-8 și EN 1998-1. Este permisă considerarea întregii arii a plăcilor adiționale pe inimă pentru determinarea rezistenței la forfecare a inimii stâlpului.
	Înălțime	Cel puțin egală cu placa de capăt
	Material	S235 până la S355
<i>Șuruburi</i>		Șuruburi de înaltă rezistență ce permit pretensionarea conform EN 14399-3 (sistem HR) și EN 14399-4 (sistem HV). Șuruburile vor fi pretensionate conform EN 1090-2.
	Diametru	M24 până la M36
	Grupă	8.8 până la 10.9
	Găuri	Conform EN 1993-1-8
<i>Vută</i>		
	Unghi	Unghiul vutei se măsoară între talpa inferioară a grinzii și talpa vutei, și poate varia între 30° și 45°.
<i>Suduri</i>		Vezi 4.3.1
	Sudurile între placa de capăt și talpa superioară grinzii și cele între placa de capăt și talpa vutei	Sudurile cu pătrundere completă, întărite de suduri de colț

Sudurile între rigidizări și tălpile stâlpului	Suduri cu pătrundere completă
Sudurile între plăcile adiționale pe inimă și tălpile stâlpului	Suduri cu pătrundere completă
Alte suduri	Suduri de colț de ambele părți ale tablei cu o grosime de cel puțin 0.55 din grosimea componentei conectate

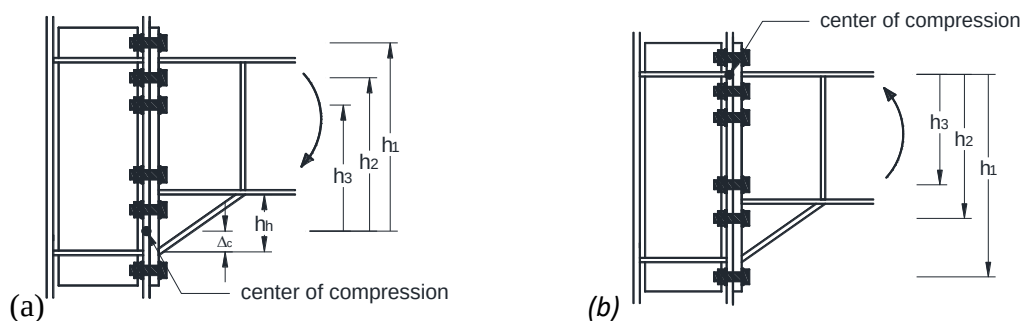
4.3.3 Procedura de proiectare

Simulările numerice efectuate în cadrul proiectului EQUALJOINTS au arătat faptul că pentru moment încovoietor negativ centrul de compresiune este poziționat la o distanță Δ_c față de talpa vutei. Bazat pe rezultatele disponibile până acum, se poate considera faptul că centrul de compresiune este deplasat în sus cu până la 50% din înălțimea vutei ($\Delta_c = 0.5 h_h$). Pentru moment pozitiv, s-a adoptat ipoteza uzuală privind centrul de compresiune, considerând că acesta se află în mijlocul grosimii tălpii comprimate. Pe de altă parte, rândurile de șuruburi care sunt dispuse aproape de centrul de compresiune dezvoltă forțe de întindere neglijabile, datorită flexibilității plăcii de capăt și ductilității limitate a rândurilor de șuruburi aflate în apropierea tălpii întinse.

În consecință, s-a presupus faptul că doar rândurile de șuruburi care sunt dispuse deasupra mijlocului secțiunii grinzii (fără vută) sunt active la moment încovoietor negativ. La moment încovoietor pozitiv, doar rândurile de șuruburi dispuse până la mijlocul secțiunii grinzii incluzând vuta au fost considerate active.

Panoul de inimă a stâlpului poate fi proiectat echilibrat cu grinda, preluând din cerințele de deformare plastică, sau mai puternic decât grinda.

Centrul de compresiune și numărul de rânduri de șuruburi active pentru moment negativ (a) moment pozitiv (b).



Procedura globală

Pasul 1: Alegerea inițială a geometriei îmbinării și a materialelor

- Grupa șuruburilor, dimensiunea șuruburilor și numărul rândurilor
- Grosimea și dimensiunea plăcii de capăt
- Grosimea și dimensiunea vutei
- Grosimea și dimensiunea rigidizărilor transversale
- Grosimea și dimensiunea plăcilor adiționale pe inimă (dacă este necesar)
- Tipul de suduri

Pasul 2: Caracterizarea componentelor

- Rezistența componentelor (nodul la încovoiere)
- Rigiditatea componentelor (nodul la încovoiere)
- Rezistența componentelor (nodul la forfecare)

Pasul 3: Procedura de asamblare

- Rezistența îmbinării la încovoiere
- Rezistența îmbinării la forfecare
- Rezistența panoului de inimă
- Rigiditatea îmbinării la încovoiere

Pasul 4: Clasificarea îmbinării și verificare

4.3.4 Predimensionarea îmbinării

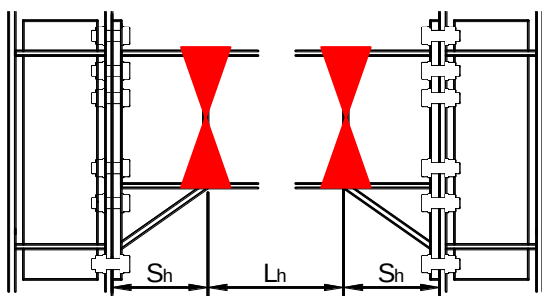
Tabelul 4.6 - Valori inițiale pentru geometrie și materiale pentru îmbinare

Tabelul 4.5 - Valori impuse pentru geometrie și materiale pentru încastrare				
Elementele îmbinate		Dimensiunea grinzii		
		Mică ($\approx$ IPE360)	Medie ($\approx$ IPE450)	Mare ($\approx$ IPE600)
Grupa șuruburilor		10.9		
Dimensiunea șuruburilor		M27	M30	M36
Numărul rânduri șuruburi	de de	6	6	8
Placă de capăt		<i>Grosime:</i> $t_{ep}=d_b$. <i>Dimensiuni:</i> Lățimea trebuie să fie mai mare decât lățimea tălpii grinzii (cu cel puțin 30 de mm pentru a putea realiza sudura) și mai mică decât talpa stâlpului. Partea extinsă ar trebui să fie suficientă pentru a putea dispune un rând de șuruburi, respectând cerințele din EN 1993-1-8 (Secțiunea 3.5).		
Vută		Lățimea tălpii vutei egală cu lățimea tălpii grinzii. Grosimea tălpii vutei trebuie să fie mai mare de γ_{ov} ori decât grosimea tălpii grinzii. Grosimea inimii vutei trebuie să fie egală sau mai mare decât grosimea inimii grinzii. Înălțimea vutei: • $h_h = 0.4 \cdot h_b$ pentru un unghi de vută de $30^\circ \leq \alpha < 40^\circ$; • $h_h = 0.5 \cdot h_b$ pentru un unghi de vută de $40^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$.		
Plăci suplimentare pe inimă		Grosimea și dimensiunile plăcilor adiționale pe inimă trebuie să respecte cerințele din EN 1993-1-8 (Secțiunea 6.2.6.1). Alternativ, conlucrarea dintre plăcile adiționale și inimă se va asigura folosind sudură în găuri.		
Rigidizări transversale		Tabelul 4.5		
Detalii de sudură				
Notă:				
t_{ep} este grosimea plăcii de capăt d_b este diametrul nominal al șurubului.				

4.3.5 Procedura de asamblare și verificări de rezistență

Tipul clasificării	Criteriu	Referință
Rezistența îmbinării la încovoiere	Îmbinare total rezistentă: $M_{con,Rd} \geq M_{con,Ed} = \alpha \cdot (M_{b,Rd} + V_{b,Ed} \cdot s_h)$ $\alpha = \gamma_{sh} \cdot \gamma_{ov}$	Equaljoints
Rezistența îmbinării la forfecare	$V_{con,Rd} \geq V_{b,Ed}$	Equaljoints
Rezistența panoului de inimă a stâlpului la forfecare	Panou de inimă puternic: $V_{wp,Rd} \geq V_{wp,Ed}$ cu $V_{wp,Ed} = \alpha \cdot (M_{b,Rd} + V_{b,Ed} \cdot s_h) / z - V_{c,Ed}$	Equaljoints
Clasificarea rigidității	Clasificare	Cadre necontravântuite
	Noduri semi-rigide	$0.5 \leq k_b < 8$
	Noduri rigide	$k_b \geq 8$
	$k_b = S_{j,ini} / (EI_b / L_b)$	

Determinarea momentului încovoiitor de calcul la fața stâlpului și a forței tăietoare aferente.



Momentul încovoiitor de proiectare la fața stâlpului, ce corespunde unei articulații plastice care a curs și s-a ecrusat total la capătul vutei este:

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

Forța tăietoare în îmbinare $V_{con,Ed}$ este determinată pe baza ipotezei că la ambele capete ale grinzii se formează articulații plastice care au curs și s-au ecrusat total:

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

unde:

$M_{pl,Rd}^* = \gamma_{sh} \cdot \gamma_{ov} \cdot W_{pl,beam} \cdot f_{y,beam}$ este momentul plastic probabil la locația articulației plastice;

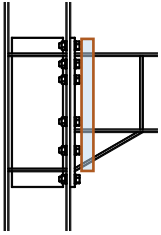
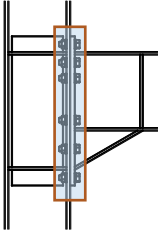
$W_{pl,beam}$ este modulul plastic de rezistență al secțiunii grinzii;

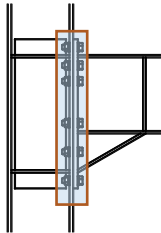
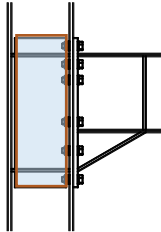
$f_{y,beam}$ este limita de curgere minimă a elementului ce curge;

γ_{sh} este coeficientul de consolidare care ține cont de rezistența maximă a îmbinării;

γ_{ov} este coeficientul de suprarezistență;

$V_{Ed,M}$ este forța tăietoare aferentă formării articulațiilor plastice;

$V_{Ed,G}$ este forța tăietoare datorită încărcărilor gravitaționale în combinația seismică de încărcări; s_h este distanța de la fața stâlpului la articulația plastică; L_h este distanța între articulațiile plastice. Notă: Încercările experimentale au arătat faptul că articulația plastică se formează la o distanță față de capătul vutei. Simplificat, se poate considera faptul că articulația plastică se formează la capătul vutei. Se poate folosi o poziție mai exactă dacă este necesar.	
<u>Verificarea grinzii incluzând vuta</u> Capătul grinzii incluzând vuta se verifică conform EN 1993-1-1 la momentul încovoietor probabil la fața stâlpului: $\frac{M_{con,Ed}}{M_{bh,Rd}} \leq 1,0$ unde: $M_{bh,Rd}$ este momentul plastic al secțiunii dublu T compusă din talpa superioară a grinzii, talpa vutei și inima grinzii și a vutei, neglijând talpa inferioară a grinzii, vezi nota 6.2.6.7 din EN 1993-1-8; $M_{con,Ed}$ este momentul maxim capabil la fața stâlpului. Pentru a lua în considerare o suprarezistență de material în grindă față de cea în vută, grosimea tălpii vutei este apoi mărită de γ_{ov} ori.	
<u>Verificarea rezistenței la încovoiere a plăcii de capăt</u> Verificarea rezistenței îmbinării la încovoiere, la moment pozitiv și negativ: $\frac{M_{con,Ed}}{M_{con,Rd}} \leq 1,0$ unde $M_{con,Rd}$ este rezistența la încovoiere a îmbinării. Următoarele componente sunt folosite pentru a obține rezistența la încovoiere a îmbinării: • Talpa stâlpului solicitată la încovoiere; • Placa de capăt solicitată la încovoiere; • Inima grinzii solicitată în întindere; • Inima stâlpului solicitată la întindere; • Inima stâlpului solicitată la compresiune. $M_{con,Rd}$ se determină conform EN 1993-1-8, cu următoarele precizări: • la moment negativ, sunt considerate active numai rândurile de șuruburi dispuse deasupra mijlocului secțiunii (fără vută). • la moment pozitiv sunt considerate active numai rândurile de șuruburi dispuse până la mijlocul secțiunii grinzii incluzând vuta. • la moment negativ, centrul de compresiune este deplasat în sus cu până la 50% din înălțimea vutei ($\Delta_C = 0.5 h_h$); • următoarele componente nu sunt luate în considerare: panoul de inimă la forfecare, talpa grinzii și inima (și vuta) la compresiune.	

<u>Verificarea rezistenței la forfecare a îmbinării</u> $\frac{V_{b,Ed}}{V_{con,Rd}} \leq 1,0$ unde $V_{con,Rd}$ este rezistența la forfecare a îmbinării. Următoarele componente sunt folosite pentru determinarea rezistenței la forfecare a îmbinării: • Inima grinzii solicitată la forfecare; • Șuruburile solicitate la presiune pe gaură pe talpa stâlpului; • Șuruburile solicitate la presiune pe gaură pe placa de capăt; • Șuruburile solicitate la forfecare. Doar rândurile de șuruburi care nu au fost considerate pentru calculul la moment încovoietor trebuie luate în calcul.	
<u>Verificarea panoului de inimă a stâlpului</u> Forța tăietoare în panoul de inimă a stâlpului se determină pe baza momentelor și a forțelor tăietoare care acționează asupra panoului. $V_{wp,Ed} = \alpha \cdot (M_{b,Rd} + V_{b,Ed} \cdot s_h) / z - V_{c,Ed}$ unde $V_{wp,Ed}$ este forța tăietoare în panoul de inimă a stâlpului; $V_{c,Ed}$ este forța tăietoare din stâlp; z este brațul de pârghie intern. Pentru un <i>panou de inimă a stâlpului puternic</i>, forța tăietoare de proiectare ar trebui obținută luând în considerare dezvoltarea articulațiilor plastice total plasticizate și ecruisate din grindă: $\alpha = \gamma_{sh} \cdot \gamma_{ov}$ Rezistența panoului de inimă a stâlpului se verifică cu următoare relație: $\frac{V_{wp,Ed}}{V_{wp,Rd}} \leq 1,0$ $V_{wp,Rd}$ se determină conform EN 1993-1-8. Se aplică următoarele limitări: • Se admite calcul rezistenței la forfecare a panoului de inimă a stâlpului luând în considerare întreaga arie a plăcilor adiționale de pe inimă. • Rezistența la forfecare adițională $V_{wp,add,Rd}$ datorată tălpilor stâlpului și rigidizărilor transversale poate fi neglijată.	

4.3.6 Caracterizarea componentelor

Componenta	Reguli detaliate	Referință
Panoul de inimă a stâlpului la forfecare	Se aplică regulile din EN 1993-1-8, 6.2.6.1, cu următoarele precizări: - Se admite calcul rezistenței la forfecare a panoului de inimă a stâlpului luând în considerare toată aria plăcilor adiționale de pe inimă. - Rezistența la forfecare adițională $V_{wp,add,Rd}$ datorată tălpilor stâlpului și rigidizărilor transversale poate fi neglijată.	EN 1993-1-8 6.2.6.1 6.3.2
Talpa stâlpului la încovoiere	Se aplică regulile din EN 1993-1-8.	EN 1993-1-8 6.2.6.4 6.3.2
Placa de capăt la încovoiere	Se aplică regulile din EN 1993-1-8.	EN 1993-1-8 6.2.6.5 6.3.2
Inima stâlpului la compresiune	Se aplică regulile din EN 1993-1-8.	EN 1993-1-8 6.2.6.2 6.3.2
Inima grinzii la întindere	Se aplică regulile din EN 1993-1-8.	EN 1993-1-8 6.2.6.8 6.3.2
Inima stâlpului la întindere	Se aplică regulile din EN 1993-1-8.	EN 1993-1-8 6.2.6.3 6.3.2
Inima grinzii la forfecare	Se aplică regulile din EN 1993-1-8.	EN 1993-1-1 6.2.6
Șuruburile solicitate la presiune pe gaură pe talpa stâlpului	Se aplică regulile din EN 1993-1-8.	EN 1993-1-8 3.6.1
Șuruburile solicitate la presiune pe placa de capăt	Se aplică regulile din EN 1993-1-8.	EN 1993-1-8 3.6.1
Șuruburile solicitate la forfecare	Se aplică regulile din EN 1993-1-8.	EN 1993-1-8 3.6.1

4.3.7 Clasificarea după rigiditate

Nodurile grindă-stâlp cu placă de capăt extinsă și vută se pot considera rigide, dacă:

- Rezistența panoului de inimă a stâlpului se obține cu relația (6.7) din EN 1993-1-8, iar rezistența la forfecare adițională $V_{wp,add,Rd}$ datorată tălpilor stâlpului și rigidizărilor transversale se neglijează;
- Pentru analiza structurală globală se adoptă modelul de nod bazat pe intersecția axelor elementelor;
- Șuruburile sunt categoria E (pretensionate) conform EN 1993-1-8.

Se pot folosi regulile din EN 1993-1-8 pentru a cuantifica rigiditatea îmbinării și a panoului de inimă a stâlpului. Dacă este necesar, se poate folosi modelarea avansată a îmbinării și a panoului de inimă a stâlpului în analiza structurală globală.

4.3.8 Clasificarea după ductilitate

Nodurile grindă-stâlp cu placă de capăt extinsă și vută proiectate conform prevederilor menționate sunt considerate calificate pentru aplicarea în sisteme structurale din clasele de ductilitate DCH și DCM (cadre necontravântuite, cadre duale contravântuite centric și cadre duale contravântuite excentric).

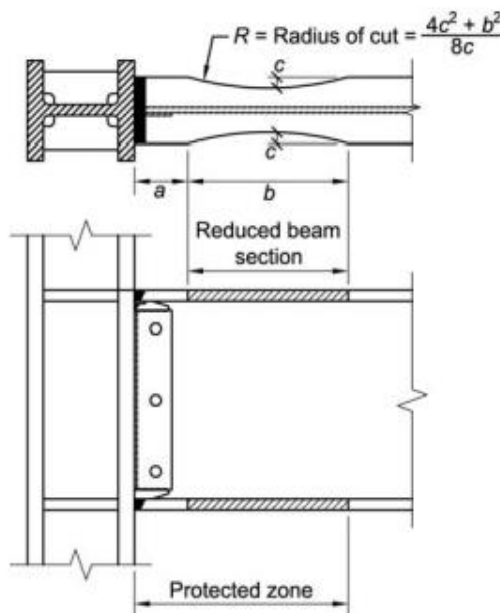
Această afirmație se bazează pe faptul că toate îmbinările încercate experimental au satisfăcut cerințele următoare (ANSI/AISC 341-16):

- Îmbinarea a fost capabilă de a permite rotire de cel puțin 0.04 rad.
- Rezistența la încovoiere a îmbinării, determinată la fața stâlpului, a fost cel puțin egală cu 0.80 Mp al grinzii îmbinate la o rotire de 0.04 rad.

Totuși, proiectantul este atenționat de faptul că deplasarea relativă de nivel corespunzătoare unei reduceri cu 20% a momentului maxim a fost mai mică de 0.04 rad (dar mai mare de 0.03 rad) pentru nodurile cu vută.

4.4 Noduri grindă-stâlp cu secțiune redusă a grinzii (dog-bone)

Configurația și dimensiunile îmbinării cu secțiune redusă a grinzii



4.4.1 Procedura de proiectare

Proiectarea trebuie să respecte prevederile din AISC 341 (Seismic Provisions for Structural Steel Buildings), AISC 358-16 (Prequalified Connections for Seismic Applications) și AISC 360 (Specification for Structural Steel Buildings).

Pe baza celor menționate, proiectarea va urmări următoarea procedură:

1. Verificarea voalării secțiunii grinzii pentru asigurarea cerinței de secțiune compactă seismic

$$b_{bf}/(2t_{fb}) < \lambda_{ps} = 0.3\sqrt{(E/f_y)}$$

2. Verificarea voalării a secțiunii stâlpului pentru asigurarea cerinței de secțiune compactă seismic

$$b_{cf}/(2t_{fc}) < \lambda_{ps} = 0.3\sqrt{(E/f_y)}$$

3. Verificarea limitărilor pentru grindă din AISC 358 Secțiunea 5.3.1

Este de menționat faptul ca în urma încercărilor efectuate în cadru proiectului EqualJoints, mărimile secțiunilor pentru grindă pot fi extinse de la o înălțime W36 la W44, acestea demonstrând o comportare corespunzătoare din punct de vedere a cerințelor de precalificare.

4. Verificarea limitărilor pentru stâlp din AISC 358 Secțiunea 5.3.2

Este de menționat faptul ca în urma încercărilor efectuate în cadru proiectului EqualJoints, mărimile secțiunilor pentru stâlp pot fi extinse de la o înălțime W36 la W40, acestea demonstrând o comportare corespunzătoare din punct de vedere a cerințelor de precalificare .

5. Determinarea modului de rezistență plastic al grinzii în centrul secțiunii reduse (AISC 358 Secțiunea 5.8, Pasul 2)

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

unde:

Z_{RBS} este modulul de rezistență plastic al grinzii în centrul secțiunii reduse

$Z_{pl,x}$ este modulul de rezistență plastic al grinzii după axa x, pentru secțiunea întreagă a grinzii

t_{fb} este grosimea tălpii grinzii

h_b este înălțimea grinzii

c este înălțimea tăieturii în centrul secțiunii reduse a grinzii

6. Determinarea momentului maxim probabil în secțiunea redusă a grinzii (AISC 358 Secțiunea 5.8 Pasul 3)

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

unde:

C_{pr} este un coeficient care ține cont de rezistența maximă a îmbinării, incluzând efecte ale consolidării, legăturilor locale, rigidizări suplimentare și alte caracteristici ale îmbinării calculat astfel:

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

R_y raportul între limita de curgere probabilă față de limita de curgere minimă specificată

f_y limita de curgere minimă specificată

f_u rezistența la rupere

7. Calculul forței tăietoare în centrul secțiunii reduse a grinzii (AISC 358 Secțiunea 5.8 Pasul 4)

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

8. Calculul forței tăietoare aferente în stâlp

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

9. Calculul momentului încovoietor maxim probabil la fața stâlpului (AISC 358 Secțiunea 5.8 Pasul 5)

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

unde:

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

10. Calculul momentului plastic probabil al grinzii (AISC 358 Secțiunea 5.8 Pasul 6)

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

11. Verificarea ca rezistența la încovoiere să nu depășească $\Phi_d M_{pe}$ (AISC 358 Secțiunea 5.8 Pasul 7)

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

12. Calculul și verificarea forței concentrate din stâlp

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

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

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

unde:

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

13. Verificarea raportului între momentul capabil al stâlpului și cel al grinzii (AISC 341 Secțiunea 9.6)

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

unde:

ΣM_{pc}^* este suma momentelor încovoietoare în stâlp deasupra și sub nod la intersecția axelor grinzii și a stâlpului

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

ΣM_{pb}^* este suma momentelor încovoietoare din grinzi la intersecția axelor grinzii și a stâlpului

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

ΣM_v este momentul adițional datorat amplificării forței tăietoare de la poziția articulației plastice la axul stâlpului

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

14. Verificarea rezistenței la forfecare a panoului de inimă a stâlpului (AISC341 Secțiunea 9.3)

$$0.75 P_c > P_r$$

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

15. Calculul grosimii necesare pentru plăcile adiționale

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

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

16. Calculul grosimii necesare pentru inima stâlpului și a plăcilor adiționale, în cazul în care acestea au fost dispuse

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

17. Verificarea necesității dispunerii rigidizărilor transversale pe stâlp (AISC 358 Pasul 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. Calculul grosimii necesare a rigidizărilor transversale pe stâlp

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

$$\text{Verificarea 2: } P_b \leq \phi R_{ncol} + \phi R_{ncp}$$

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

5. BIBLIOGRAFIE

- [1] CEN (2005). EN 1993-1-8:2005, Eurocodul 3 “Proiectarea structurilor de oțel, Partea 1-8: Proiectarea îmbinărilor”, Comitetul European pentru Standardizare, Bruxelles, Belgia.
- [2] ECCS (2018). “Recomandări de proiectare pre-normative pentru noduri metalice precalificate seismic”, Prima ediție.

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.