

GIOVANNI CONTICELLO - SEBASTIANO FLORIDIA

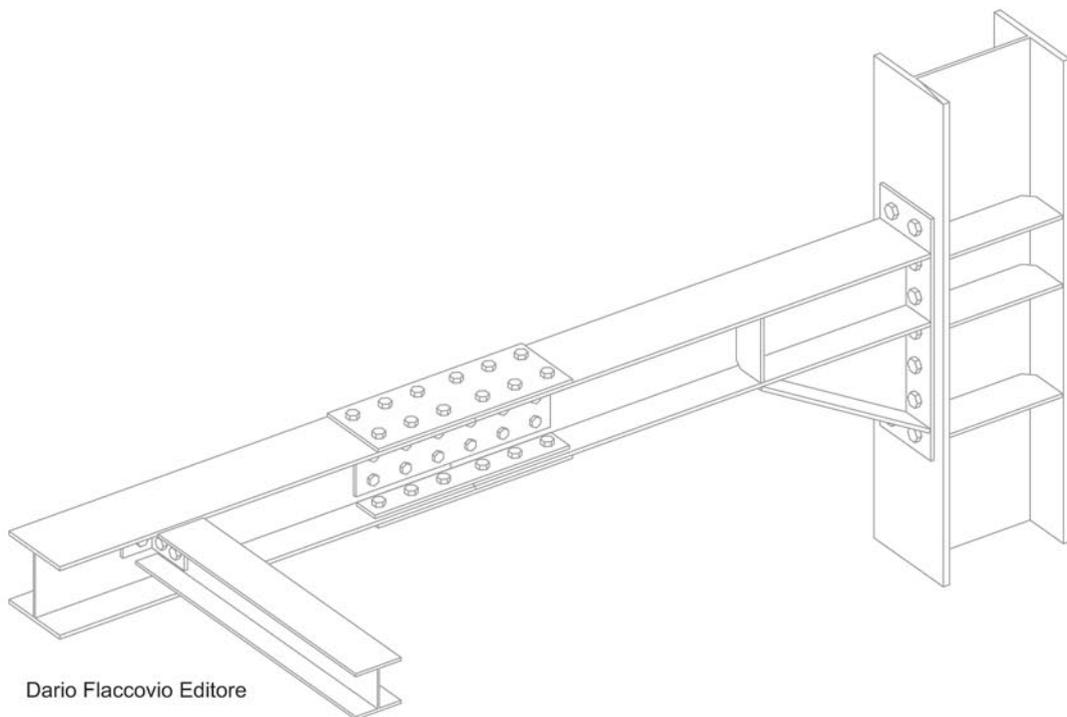
PROGETTARE I COLLEGAMENTI NELLE STRUTTURE IN ACCIAIO

**IN ALLEGATO PROGRAMMA GRATUITO
PER IL DISEGNO E CALCOLO DI COLLEGAMENTI NELLE STRUTTURE
INTELAIATE E CALCOLO NELLE RETICOLARI**



AbcJoints

Compatibile Windows 8 - 7 (32 e 64 bit)



Giovanni Conticello Sebastiano Florida

Progettare i collegamenti nelle strutture in acciaio

**IN ALLEGATO PROGRAMMA GRATUITO
PER IL DISEGNO E CALCOLO DI COLLEGAMENTI NELLE
STRUTTURE INTELAIATE E CALCOLO NELLE RETICOLARI**



Dario Flaccovio Editore

Giovanni Conticello - Sebastiano Floridaia

PROGETTARE I COLLEGAMENTI NELLE STRUTTURE IN ACCIAIO

ISBN 9788857903644

© 2015 by Dario Flaccovio Editore s.r.l. - tel. 0916700686
www.darioflaccovio.it info@darioflaccovio.it

Prima edizione: settembre 2015

Floridaia, Sebastiano <1965->

Progettare i collegamenti nelle strutture in acciaio / Sebastiano Floridaia,

Giovanni Conticello. - Palermo : D. Flaccovio, 2015.

ISBN 978-88-579-0364-4

1. Strutture in acciaio. I. Conticello, Giovanni <1971->.

624.1821 CDD-22

SBN PAL0282832

CIP - Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

Stampa: Tipografia Priulla, Palermo, settembre 2015

Un ringraziamento particolare va alla **Tekla Corporation** – Finland (www.tekla.com) per aver autorizzato l'uso di TeklaStructures per la preparazione del nostro testo ed **Harpaceas Srl** – Milano, (www.harpaceas.it) distributore per l'Italia di Tekla Structures per averci aiutato fattivamente nella preparazione delle schede grafiche rappresentanti varie tipologie di connessioni di strutture in acciaio.

Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

L'editore dichiara la propria disponibilità ad adempiere agli obblighi di legge nei confronti degli aventi diritto sulle opere riprodotte.

La fotocopiatura dei libri è un reato.

Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Le riproduzioni effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata dagli aventi diritto/dall'editore.

Indice

Premessa	pag.	13
1. La normativa di riferimento.....	»	15
1.1. Norme tecniche per le costruzioni	»	15
1.2. Eurocodice 3	»	16
1.3. Normative di prodotto	»	18
1.3.1. Profili a sezione aperta – prodotti piani e lunghi.....	»	18
1.3.2. Profili cavi.....	»	18
1.3.3. Lamiere e lastre	»	19
1.3.4. Elementi per collegamenti meccanici.....	»	19
1.3.5. Saldatura.....	»	20
1.4. CPR – Construction Products Regulation.....	»	20
2. Gli elementi del nodo.....	»	23
2.1. Cenni introduttivi	»	23
2.2. Fattori di sicurezza parziali	»	23
2.3. Proprietà degli acciai laminati.....	»	24
2.3.1. Classificazione secondo la composizione chimica.....	»	24
2.3.2. Classificazione in base al processo produttivo.....	»	24
2.3.3. Prodotti piani e lunghi laminati a caldo.....	»	25
2.3.4. Acciai non legati (EN 10025-2)	»	26
2.3.5. Acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine allo stato normalizzato/normalizzato laminato (EN 10025-3).....	»	26
2.3.6. Acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine ottenuti mediante laminazione termo meccanica (EN 10025-4)	»	26
2.3.7. Acciai per impieghi strutturali con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica (EN 10025-5)	»	27
2.3.8. Acciai per impieghi strutturali ad alto limite di snervamento, bonificati (EN 10025-6)	»	27
2.3.9. Valori nominali degli acciai laminati	»	27
2.4. Proprietà degli acciai per profili cavi.....	»	28
2.4.1. Acciai cavi finiti a caldo non legati e a grano fine per impieghi strutturali (EN 10210-1)	»	28
2.4.2. Acciai cavi formati a freddo non legati e a grano fine per strutture saldate (EN 10219-1).....	»	29
2.4.3. Valori nominali dei profili cavi.....	»	29
2.5. Valori di calcolo dei coefficienti del materiale.....	»	30
2.6. Profili	»	31
2.6.1. Geometria.....	»	31
2.6.2. Grandezze geometriche dei profili ad I e H	»	32
2.6.3. Resistenze per sezioni lorde e nette.....	»	32
2.7. Bulloni.....	»	33
2.8. Riferimenti normativi sulle componenti dei nodi	»	35

3. Verifiche sui bulloni	»	39
3.1. Cenni introduttivi.....	»	39
3.2. Categoria delle unioni bullonate.....	»	39
3.2.1. Connessioni a taglio.....	»	39
3.2.2. Connessioni a trazione.....	»	41
3.3. Verifiche geometriche della posizione dei bulloni.....	»	42
3.4. Resistenza di progetto di dispositivi di fissaggio individuale.....	»	44
3.4.1. Bulloni e chiodi.....	»	44
3.4.2. Resistenza di calcolo a trazione del bullone.....	»	48
3.4.3. Resistenza di calcolo a punzonamento.....	»	48
3.4.4. Resistenza di calcolo a taglio del bullone.....	»	48
3.4.5. Resistenza di calcolo a rifollamento per il singolo bullone.....	»	49
3.4.6. Resistenza di calcolo combinata taglio-trazione sul bullone.....	»	50
3.5. Resistenza di progetto dei bulloni con l'uso di iniezioni.....	»	51
3.5.1. Generalità.....	»	51
3.5.2. Resistenza di progetto.....	»	52
3.6. Gruppo di elementi di fissaggio.....	»	54
3.7. Giunti lunghi.....	»	54
3.8. Connessioni ad attrito con bulloni 8.8 o 10.9.....	»	55
3.8.1. Resistenza di progetto allo scorrimento.....	»	55
3.8.2. Azione combinata tensione e taglio.....	»	56
3.8.3. Connessioni ibride.....	»	56
3.9. Detrazione dei fori per dispositivi di giunzione.....	»	56
3.9.1. Verifica delle sezioni lorde e nette.....	»	56
3.9.2. Progettazione della resistenza allo strappo (block tearing).....	»	56
3.9.3. Angolari collegati da un lato e altri elementi asimmetricamente connessi in tensione.....	»	57
3.9.4. Angolari collegati ad un altro angolare collegato su un fazzoletto (lug singles).....	»	59
3.9.5. Effetto leva (prying forces).....	»	60
3.9.6. Distribuzione delle forze tra i fissaggi allo stato limite ultimo.....	»	60
3.10. Connessioni con perni.....	»	61
3.10.1. Generalità.....	»	61
3.10.2. Progettazione della connessione con perni.....	»	62
3.10.3. Sollecitazione composta taglio e torsione.....	»	63
4. Verifiche della saldatura	»	67
4.1. Generalità.....	»	67
4.2. Qualità delle saldature.....	»	67
4.3. Geometria e dimensioni.....	»	67
4.3.1. Tipi di saldatura.....	»	67
4.3.2. Saldature a cordone d'angolo.....	»	69
4.3.2.1. Generalità.....	»	69
4.3.2.2. Saldatura a cordoni d'angolo a tratti.....	»	71
4.3.3. Saldature a cordone d'angolo entro fori o scanalature.....	»	71
4.3.4. Saldature di testa a completa o parziale penetrazione.....	»	71

4.3.5.	Saldature entro fori e intagli.....	»	72
4.3.6.	Saldature entro scanalature	»	73
4.4.	Resistenza di progetto di una saldatura ad angolo	»	74
4.4.1.	Lunghezza delle saldature	»	74
4.4.2.	Altezza efficace di gola	»	74
4.4.3.	Resistenza di progetto delle saldature d'angolo	»	75
4.4.3.1.	Generalità	»	75
4.4.3.2.	Metodo direzionale.....	»	75
4.4.3.3.	Metodo semplificato per la resistenza di progetto della saldatura d'angolo.....	»	77
4.4.4.	Resistenza di progetto delle saldature d'angolo entro fori e intagli	»	78
4.4.5.	Resistenza di progetto di saldature di testa	»	78
4.4.5.1.	Completa penetrazione	»	78
4.4.5.2.	Parziale penetrazione.....	»	78
4.4.5.3.	Giunti di testa T.....	»	78
4.5.	Resistenza di progetto di saldature entro fori o intagli	»	79
4.6.	Distribuzione delle forze	»	80
4.7.	Giunti a piattabanda non irrigidita	»	80
4.8.	Giunti paralleli alla direzione delle forze (long joint).....	»	82
4.9.	Eccentrica per un singolo cordone d'angolo o di parziale	»	83
4.10.	Angolari collegati attraverso una sola ala	»	83
4.11.	Saldatura a freddo	»	83
5.	Analisi, classificazione del nodo.....	»	85
5.1.	Analisi globale	»	85
5.1.1.	Generalità	»	85
5.1.2.	Analisi globale elastica.....	»	86
5.1.3.	Analisi globale rigido-plastico	»	86
5.1.4.	Analisi globale elasto-plastico.....	»	87
5.2.	Classificazione dei nodi	»	87
5.2.1.	Generalità	»	87
5.2.2.	Classificazione per rigidità.....	»	87
5.2.2.1.	Generalità	»	87
5.2.2.2.	Nodo a cerniera (nominally pinned).....	»	88
5.2.2.3.	Nodo rigido (rigid)	»	88
5.2.2.4.	Nodo semirigido (semi-rigid).....	»	88
5.2.2.5.	Confini per la classificazione dei nodi	»	88
5.2.3.	Classificazione per resistenza.....	»	89
5.2.3.1.	Generalità	»	89
5.2.3.2.	Nodo cerniera (nominally pinned)	»	89
5.2.3.3.	Nodo a completo ripristino di resistenza (full-strength) ...	»	89
5.2.3.4.	Nodo a parziale ripristino di resistenza (partial-strength). ..	»	90
5.3.	Modellazione dei nodi trave-colonna.....	»	90
6.	Nodi per profili ad H o I.....	»	93
6.1.	Generalità.....	»	93

6.1.1.	Principi base per l'analisi	»	93
6.1.2.	Proprietà strutturali	»	93
6.1.2.1.	Relazione di progetto momento-rotazione	»	93
6.1.2.2.	Momento resistente	»	94
6.1.2.3.	Rigidezza rotazionale	»	94
6.1.2.4.	Rotazione	»	94
6.1.2.5.	Componenti di base di un nodo	»	94
6.2.	Resistenza di progetto	»	97
6.2.1.	Le forze interne	»	97
6.2.2.	Gli sforzi di taglio	»	97
6.2.3.	Momenti flettenti	»	99
6.3.	T-stub equivalente in tensione	»	100
6.3.1.	Generalità	»	100
6.3.2.	Righe individuali bullone, gruppo di righe di bullone	»	105
6.3.3.	Piatti di rinforzo (backing plates)	»	105
6.4.	T-stub equivalente in compressione	»	106
6.4.1.	Pressioni localizzate sulla fondazione in calcestruzzo	»	107
6.5.	Resistenza di progetto di componenti di base	»	109
6.5.1.	Anima della colonna soggetta a taglio	»	110
6.5.2.	Anima della colonna in compressione trasversale	»	114
6.5.3.	Anima colonna in trazione trasversale	»	118
6.5.4.	Flangia della colonna in flessione trasversale	»	119
6.5.4.1.	Flangia della colonna non irrigidita, connessione bullonata	»	119
6.5.4.2.	Flangia della colonna rinforzata, unione flangiata con piastra e bulloni o con angolare	»	123
6.5.4.3.	Flangia della colonna non irrigidita, collegamento saldato	»	124
6.5.5.	Piastra in flessione	»	124
6.5.6.	Angolare in flessione	»	127
6.5.7.	Flangia e anima della trave in compressione	»	128
6.5.8.	Anima trave in tensione	»	128
6.5.9.	Calcestruzzo in compressione compresa malta	»	129
6.5.10.	Piastra base in flessione per compressione	»	129
6.5.11.	Piastra base in flessione per trazione	»	129
6.5.12.	Bulloni di ancoraggio a trazione	»	129
6.5.12.1.	Ancoraggio dell'armatura longitudinale	»	130
6.6.	Momento di resistenza di progetto di trave-colonna	»	135
6.6.1.	Generalità	»	135
6.6.2.	Trave-colonna con giunti bullonati connessioni con piatto	»	138
6.7.	Resistenza di progetto di basi di colonna con piastre di base	»	140
6.7.1.	Generalità	»	140
6.7.2.	Basi di colonna solo sottoposte a forze assiali	»	142
6.7.3.	Basi di colonne sottoposte a forze assiali e momenti flettenti	»	142
7.	I collegamenti nelle strutture in acciaio	»	145

ESEMPI	» 223
1. ESEMPIO NODO TRAVE-PILASTRO CON ANGOLARE	» 225
1.1. Descrizione del nodo.....	» 225
1.2. Geometria del nodo.....	» 227
1.3. Azioni sul nodo.....	» 229
1.4. Verifiche sul nodo.....	» 230
1.4.1. Verifiche geometriche sulla posizione dei bulloni.....	» 230
1.4.2. Verifica dei bulloni per azione di taglio e trazione.....	» 231
1.4.3. Verifica delle sezioni lorde e nette dei profili.....	» 237
1.4.4. Verifica a strappo (block tearing).....	» 242
1.4.5. Verifica a rifollamento.....	» 249
2. ESEMPIO NODO TRAVE-PILASTRO CON PIATTO (VINCOLO CERNIERA).....	» 259
2.1. Descrizione del nodo.....	» 259
2.2. Geometria del nodo.....	» 261
2.3. Azioni sul nodo.....	» 264
2.4. Verifiche sul nodo.....	» 264
2.4.1. Verifiche geometriche sulla posizione dei bulloni.....	» 265
2.4.2. Verifica dei bulloni per azione di taglio e trazione.....	» 265
2.4.3. Verifica della saldatura.....	» 268
2.4.4. Verifica delle sezioni lorde e nette dei profili.....	» 270
2.4.5. Verifica a strappo (block tearing).....	» 273
2.4.6. Verifica a rifollamento.....	» 275
3. ESEMPIO NODO CON FAZZOLETTO BULLONATO	» 281
3.1. Descrizione del nodo.....	» 281
3.2. Geometria del nodo.....	» 281
3.3. Azioni sul nodo.....	» 282
3.4. Verifiche sul nodo.....	» 283
3.4.1. Verifiche geometriche sulla posizione dei bulloni.....	» 283
3.4.2. Verifica dei bulloni per azione di taglio e trazione.....	» 283
3.4.3. Verifica delle sezioni lorde e nette dei profili.....	» 286
3.4.4. Verifica a strappo (block tearing).....	» 288
3.4.5. Verifica a rifollamento.....	» 292
4. ESEMPIO NODO CON FAZZOLETTO SALDATO.....	» 297
4.1. Descrizione del nodo.....	» 297
4.2. Geometria del nodo.....	» 297
4.3. Azioni sul nodo.....	» 298
4.4. Verifiche sul nodo.....	» 298
4.4.1. Verifica della saldatura per azione di taglio e trazione.....	» 298
5. ESEMPIO NODO CON COPRIGIUNTO BULLONATO (VINCOLO INCASTRO).....	» 301
5.1. Descrizione del nodo.....	» 301
5.2. Geometria del nodo.....	» 302
5.3. Azioni sul nodo.....	» 305
5.4. Verifiche sul nodo.....	» 306
5.4.1. Verifiche geometriche sulla posizione dei bulloni.....	» 306
5.4.2. Azione e resistenza di progetto della flangia.....	» 307
5.4.3. Verifica dei bulloni della flangia.....	» 309
5.4.4. Verifica delle sezioni lorde e nette dei profili nella flangia.....	» 310

5.4.5. Verifica a strappo (block tearing) dei profili della flangia.....	» 311
5.4.6. Verifica a rifollamento dei profili della flangia	» 313
5.4.7. Azione e resistenza di progetto dell'anima.....	» 315
5.4.8. Verifica dei bulloni dell'anima per azione di taglio	» 316
5.4.9. Verifica delle sezioni lorde e nette dei profili nell'anima.....	» 318
5.4.10. Verifica a strappo (block tearing) dei profili dell'anima	» 320
5.4.11. Verifica a rifollamento dei profili dell'anima	» 323
6. ESEMPIO NODO TRAVE-PILASTRO CON PIATTO (VINCOLO INCASTRO).....	» 328
6.1. Descrizione del nodo.....	» 328
6.2. Geometria del nodo.....	» 329
6.3. Azioni sul nodo	» 333
6.4. Verifiche sul nodo.....	» 333
6.4.1. Verifiche geometriche sulla posizione dei bulloni.....	» 334
6.4.2. Verifica della anima per azione di taglio	» 334
6.4.3. Verifica della saldatura sui rinforzi trasversali della colonna.....	» 336
6.4.4. Anima della colonna in compressione trasversale	» 336
6.4.5. Lunghezze effettive flangia della colonna irrigidita	» 338
6.4.6. Anima della colonna in trazione trasversale	» 339
6.4.7. Resistenza flangia della colonna a trazione trasversale	» 341
6.4.8. Verifica a rifollamento	» 345
6.4.9. Resistenza piatto di collegamento a trazione trasversale	» 346
6.4.10. Verifica della saldatura sul piatto di collegamento.....	» 352
6.4.11. Resistenza della flangia e dell'anima della trave a compressione ...	» 352
6.4.12. Anima della trave a trazione	» 354
6.4.13. Verifica a taglio del nodo.....	» 355
6.4.14. Verifica a trazione del nodo	» 356
6.4.15. Momento resistente del nodo	» 357
6.4.16. Verifica a tensoflessione	» 360
7. ESEMPIO NODO FONDAZIONE.....	» 361
7.1. Descrizione del nodo.....	» 361
7.2. Geometria del nodo.....	» 361
7.3. Azioni sul nodo	» 364
7.4. Verifiche sul nodo.....	» 365
7.4.1. Verifiche geometriche sulla posizione dei bulloni.....	» 365
7.4.2. Verifica per azione di taglio.....	» 366
7.4.3. Verifica a rifollamento	» 367
7.4.4. Verifica a compressione del calcestruzzo	» 368
7.4.5. Resistenza piatto di collegamento a trazione trasversale	» 370
7.4.6. Verifica della saldatura sul piatto di collegamento.....	» 372
7.4.7. Resistenza della flangia e dell'anima della colonna a compressione.	» 372
7.4.8. Anima della colonna a trazione.....	» 374
7.4.9. Verifica ancoraggio dei tirafondi	» 374
7.4.10. Momento resistente del nodo	» 375
Guida al software	» 377
Bibliografia	» 395

Premessa

Il presente lavoro è frutto di una solidale esperienza sui nodi in acciaio, conquistata anche mediante precedenti testi pubblicati per la Dario Flaccovio Editore (Sebastiano Florida, *SuiteCollegamenti*), nonché mediante lo sviluppo di software sia in ambiente europeo che mondiale dalla ProgettoArchimede Software srls (ing. Giovanni Conticello e ing. Sebastiano Florida).

Speriamo di non aver tradito le aspettative, scrivendo tutte le parti teoriche e le formulazioni previste nella UNI EN 1993 (EC3) per il dimensionamento dei collegamenti nelle strutture in acciaio, nonché la predisposizione del software allegato per il calcolo automatico degli stessi.

Abbiamo cercato di standardizzare le verifiche delle varie tipologie di collegamenti nelle strutture in acciaio, cercando di coprire le situazioni più ricorrenti: collegamenti nodo cerniera con piatto di testa; nodo cerniera con angolari; nodo fondazione; nodo incastro; nodo di continuità con piatti; procedura per la verifica singola ed autonoma di bulloni; procedura per la verifica singola ed autonoma di saldature.

In allegato al testo il software *ABCjoints* che raccoglie le procedure finalizzate alle verifiche strutturali di collegamenti nelle strutture in acciaio nel rispetto della norma europea EN 1993-1-8:2005 *Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti*.

Il software è stato sviluppato utilizzando le nuove tecniche di programmazione ad oggetti secondo gli standard Microsoft e dispone di 7 procedure separate e autonome per il calcolo delle tipologie di collegamenti trattati.

Ogni procedura è aperta e i report evidenziano, con righe colorate, le parti verificate e non. All'utente non viene nascosto niente. L'utente deve essere, e lo è, parte attiva nel processo di calcolo.

Questo consente al progettista di velocizzare il dimensionamento delle strutture, ma soprattutto, di vivere in prima persona la progettazione di ogni struttura.

Il testo è articolato in tre parti: la prima racchiude una rassegna di tutta la normativa vigente da applicare per il corretto dimensionamento dei collegamenti delle strutture di acciaio; nella seconda parte vengono analizzate, sotto forma di esempi applicativi, alcune tra le più diffuse tipologie di collegamenti utilizzate nella carpenteria di acciaio. La terza parte rappresenta il vero e proprio manuale del software allegato.

Buon lavoro



Sebastiano Florida

1. La normativa di riferimento

Prima di affrontare i vari argomenti è indispensabile definire le “regole del gioco”, rappresentate da un corpo normativo molto articolato, composto dalla normativa nazionale e dagli Eurocodici.

Prelevando integralmente le fonti di questo capitolo dal sito della Fondazione Promozione Acciaio (www.promozioneacciaio.it), di seguito vengono elencate le principali norme che regolano la progettazione di strutture in acciaio e composte acciaio-calcestruzzo a livello nazionale ed europeo.

NORMATIVA ITALIANA

- Norme Tecniche per le Costruzioni e circolari applicative
- Annessi nazionali agli Eurocodici.

NORMATIVA EUROPEA

- Eurocodice 3 – Progettazione di strutture in acciaio
- Eurocodice 4 – Progettazione di strutture composte acciaio-calcestruzzo
- Eurocodice 8 – Progettazione di strutture per la resistenza sismica.

1.1. Norme tecniche per le costruzioni

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008) sono, dal **1° luglio 2009**, il testo cogente per la progettazione delle strutture in Italia.

Ad esse si aggiungono le **circolari 02/02/2009** n. 617 *Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni*, **05/08/2009** *Cessazione del regime transitorio di cui all'articolo 20, comma 1, del decreto-legge 31 dicembre 2007, n. 248* e **11/12/2009** *Ulteriori considerazioni esplicative sull'entrata in vigore delle norme tecniche per le costruzioni*.

Nella Gazzetta Ufficiale n. 73 del 27/3/2013 – Suppl. Ordinario n. 21 – è stato pubblicato il Decreto Ministeriale 31 luglio 2012 riportante Approvazione delle Appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici.

Come noto, attraverso le 59 Appendici i contenuti degli Eurocodici hanno piena opera-

tività nel settore della progettazione strutturale e geotecnica, in coerenza con il quadro delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008.

Il testo è integralmente scaricabile dal sito www.promozioneacciaio.it.

1.2. Eurocodice 3

L'Eurocodice 3 riguarda la progettazione di edifici e altre opere di ingegneria civile in acciaio; aderisce ai principi e ai requisiti di sicurezza e di servizio delle strutture, esaminando i requisiti di resistenza, servizio, durabilità e resistenza al fuoco delle strutture in acciaio.

Affronta una varietà di tematiche maggiore rispetto agli altri Eurocodici EN, a causa della varietà delle strutture in acciaio, e della necessità di coprire i numerosi aspetti progettuali legati alle problematiche dell'instabilità e ai vari tipi di collegamenti saldati e bullonati.

È costituito da 20 parti che comprendono le regole comuni di progetto, la progettazione in caso di incendio, ponti, edifici, serbatoi, silos, tubature, torri, aste, ciminiere, etc.

L'Eurocodice 3 è inteso ad essere usato assieme a:

- EN 1990: *Criteri generali di progettazione strutturale*
- EN 1991: *Azioni sulle strutture*
- ENs, ETAGs, ETAs per i prodotti di costruzione collegati alle strutture in acciaio
- EN 1090: *Esecuzione delle strutture in acciaio criteri tecnici*.

Le parti di cui l'Eurocodice 3 si compone sono le seguenti:

- EN 1993-1-1:2005 Eurocodice 3 *Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici*
- EN 1993-1-2:2005 Eurocodice 3 *Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-2: Regole Generali - Structural fire design*
- EN 1993-1-3:2006 Eurocodice 3 *Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-3: Regole Generali Regole supplementari per lamiere ed elementi profilati a freddo*
- EN 1993-1-4:2006 Eurocodice 3 *Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-4: Regole Generali Regole supplementari per elementi in acciaio inossidabile*
- EN 1993-1-5:2006 Eurocodice 3 *Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-5: Regole Generali Elementi strutturali tipo piastra*
- EN 1993-1-6 Eurocodice 3 *Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-6: Resistenza e stabilità di strutture a guscio*
- EN 1993-1-7 Eurocodice 3 *Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-7: Resistenza e stabilità di strutture planari tipo piastre soggette a carichi fuori dal piano*
- EN 1993-1-8:2005 Eurocodice 3 *Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti*

2. Gli elementi del nodo

2.1. Cenni introduttivi

In questo capitolo vengono illustrati tutti gli elementi che costituiscono un nodo in acciaio; richiamando le loro caratteristiche e resistenze, gli elementi possono essere brevemente riassunti in:

- acciaio (profili e piatti)
- bulloni, chiodi e perni
- saldatura.

2.2. Fattori di sicurezza parziali

Tutti i giunti devono avere una resistenza di progetto in modo tale che la struttura sia in grado di soddisfare tutti i fondamentali requisiti progettuali fornite in EN 1993-1-1. I fattori di sicurezza parziali γ_M per i giunti sono riportati nella tabella 2.1 (tabella 2.1 dell'EC3 parte 1-8).

Tabella 2.1. Fattori di sicurezza

Resistenza delle parti e sezioni trasversali	γ_{M0}, γ_{M1} (vedi EN 1993-1-1)
Resistenza dei bulloni	γ_{M2}
Resistenza dei chiodi	
Resistenza delle connessioni a perno	
Resistenza delle saldature	
Resistenza dei piatti soggetti a flessione	
Resistenza a scorrimento - A stato limite ultimo (Categoria C) - A stato limite di servizio (Categoria B)	γ_{M3} $\gamma_{M3,ser}$
Resistenza a rifollamento	γ_{M4}
Resistenza dei nodi in strutture di profilati cavi	γ_{M5}
Resistenza dei perni allo stato limite di servizio	$\gamma_{M6,ser}$
Preacarico di bullone ad alta resistenza	γ_{M7}
Resistenza del calcestruzzo	γ_c (vedi EN 1992)

Nella tabella le sezioni lorde (cross-section) fanno riferimento alle EN 1993-1-1:

$$\gamma_{M0} = 1.00$$

$$\gamma_{M1} = 1.00$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

Per i bulloni (bolt), chiodi (rivet), perni (pin), saldati (weld), piatti soggetti a flessione (plate in bearing) il coefficiente di sicurezza vale:

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

I giunti soggetti a fatica devono inoltre soddisfare i principi indicati nella EN 1993-1-9.

2.3. Proprietà degli acciai laminati

2.3.1. Classificazione secondo la composizione chimica

Gli acciai possono essere classificati in base alla composizione chimica; questa classifica non tiene conto però del particolare impiego degli elementi metallici.

La normativa UNI EN 10020 e la UNI EN 10027 parti 1 e 2 distinguono gli acciai nel seguente modo:

- *acciai non legati*: sono acciai per i quali almeno un elemento di lega è contenuto con tenore minore rispetto ai limiti indicati;
- *acciai legati*: sono acciai con tenori degli elementi di lega che risultano tutti maggiori o uguali ai rispettivi limiti indicati;
- *acciai inossidabili*: vengono individuati in base al contenuto percentuale in massa di cromo e di carbonio.

2.3.2. Classificazione in base al processo produttivo

La norma europea classifica gli acciai da carpenteria metallica secondo il processo produttivo:

- *acciai per prodotti piani e lunghi laminati a caldo (norma UNI EN 10025)*. Sono suddivisi in:
 - acciai non legati
 - acciai ad alto limite di snervamento, bonificati
 - acciai a grano fine
 - acciai con resistenza migliorata alla corrosione.
- *acciai per profilati cavi formati a caldo (norma UNI EN 10210)*: il profilo è ottenuto per formatura a caldo di elementi in acciaio laminato a caldo non legato o a grano fine;
- *acciai laminati a caldo e formati a freddo (norma UNI EN 10219)*: il profilo si ottiene per formatura a freddo di elementi prodotti per laminazione a caldo.

2.3.3. *Prodotti piani e lunghi laminati a caldo*

Per i prodotti piani e lunghi la norma UNI10025 regola le condizioni tecniche di fornitura degli acciai laminati a caldo per uso strutturale con riguardo ai seguenti tipi di acciaio:

- UNI 10025-2: acciai strutturali non legati
- UNI 10025-3: acciai strutturali saldabili a grano fine normalizzati e normalizzati laminati
- UNI 10025-4: acciai strutturali saldabili a grano fine laminati termo-meccanicamente
- UNI 10025-5: acciai strutturali con resistenza alla corrosione atmosferica
- UNI 10025-6: acciai strutturali per prodotti piani ad alto limite di snervamento.

La classificazione dei prodotti, ovvero delle classi di acciaio, è legata al procedimento produttivo utilizzato.

ACCIAIO SEMPLICEMENTE LAMINATO, AS ROLLED **AR**

Ottenuto senza l'utilizzo di particolari processi di raffreddamento durante la laminazione o di particolari trattamenti termici.

ACCIAIO NORMALIZZATO **N**

Ottenuto da un processo di laminazione in cui la deformazione finale è effettuata in un determinato campo di temperatura in grado di sviluppare uno stato del materiale equivalente a quello ottenuto dopo un trattamento di normalizzazione.

ACCIAIO TERMO MECCANICO **M**

Ottenuto da un processo di laminazione in cui la deformazione finale è effettuata in un determinato campo di temperatura in grado di sviluppare uno stato del materiale con elevate proprietà meccaniche.

ACCIAIO AD ALTO LIMITE DI SNERVAMENTO, BONIFICATO, QUENCHED AND TEMPERED **Q**

Ottenuto mediante l'utilizzo di processi aggiuntivi alla laminazione quali la tempra e il rinvenimento. Il rinvenimento elimina le tensioni interne dando luogo a un metallo con elevata resistenza meccanica e notevole duttilità.

ACCIAIO CON RESISTENZA MIGLIORATA ALLA CORROSIONE ATMOSFERICA, WEATHERING **W**

Ottenuto con l'aggiunta di elementi di lega al fine di aumentarne la resistenza alla corrosione atmosferica creando uno strato autoprotettivo di ossido sul metallo base.

Tali elementi sono: fosforo (P), rame (Cu), cromo (Cr), nichel (Ni), molibdeno (Mo).

Coefficiente di espansione termica:

$$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ per } K \text{ (per } T \leq 100 \text{ } ^\circ\text{C)}$$

Densità:

$$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$$

2.6. Profili

2.6.1. Geometria

Nella figura 2.1 si riporta la simbologia adottata in EC3 parte 1-1, per le dimensioni e gli assi delle sezioni laminati in acciaio.

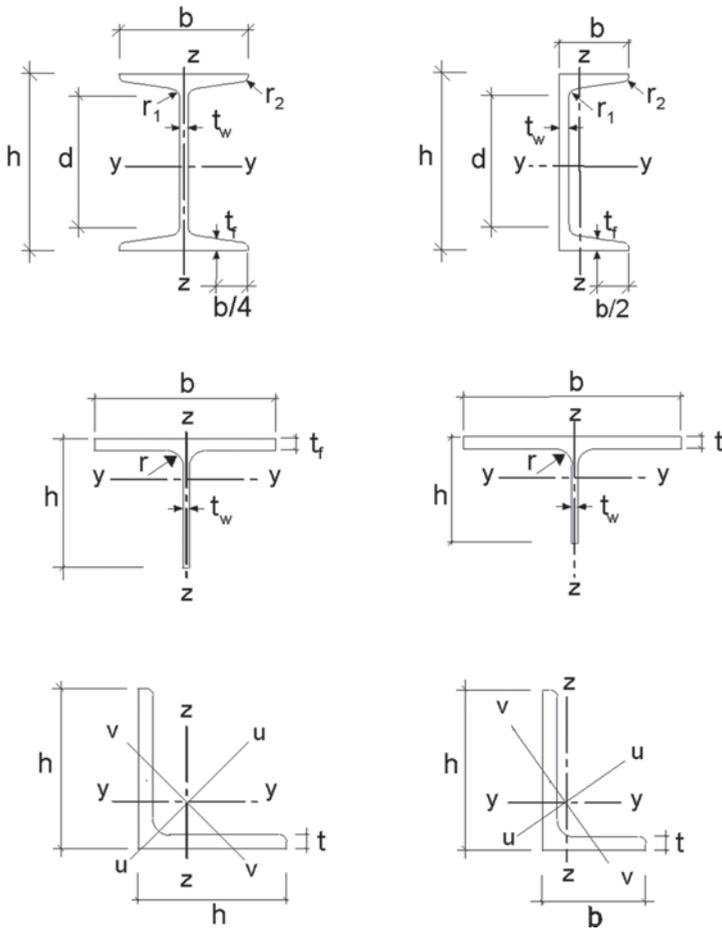


Figura 2.1. Dimensioni e assi delle sezioni, secondo EC3

La descrizione dei simboli usati è riportata di seguito:

- $x - x$ è l'ascissa ortogonale alle sezione del profilo
- $y - y$ è l'ascissa orizzontale della sezione
- $z - z$ è l'ascissa verticale sezione
- $u - u$ è l'asse principale d'inerzia maggiore (quando non coincide con l'ascissa $y - y$)
- $v - v$ è l'asse principale d'inerzia minore (quando non coincide con l'ascissa $z - z$)
- b è la base della sezione
- h è l'altezza della sezione
- d è l'altezza resistente a taglio a taglio dell'anima del profilo
- t_w è lo spessore dell'anima
- t_f è lo spessore della flangia
- r è il raggio di raccordo
- r_1 è il raggio di raccordo
- r_2 è il raggio di raccordo
- t è lo spessore (per profili differenti da I)

2.6.2. Grandezze geometriche dei profili ad I e H

Nel seguito si riportano le principali grandezze e resistenze utili per le verifiche del profilo tipo I o H.

Area della sezione lorda:

$$A = 2bt_f + (h - 2t_f)t_w + (4 - \pi)r^2 = 2bt_f + (h - 2t_f)t_w + 0.8584r^2$$

Area della sezione lorda resistente a taglio, per azione parallela all'anima del profilo:

$$A_v = A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f$$

Area della sezione lorda resistente a taglio, per azione parallela alla flangia del profilo:

$$A_{vf} = 2bt_f$$

2.6.3. Resistenze per sezioni lorde e nette

Si riportano le resistenze ultime della sezione per profili al lordo e al netto dei fori, quali bulloni o chiodi; l'area netta A_{net} è la sezione depurata dai fori.

TRAZIONE

Sezione lorda:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

Sezione netta:

$$N_{u,Rd} = \frac{0.9 A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

Per connessioni ad attrito resistenti agli stati limite ultimi si usa:

$$N_{net,Rd} = \frac{A_{net} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

TAGLIO

Azione ultima per taglio parallelo all'anima:

$$V_{pl} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

Azione ultima per taglio parallelo alla flangia:

$$V_{pl,f} = \frac{A_{vf} \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

FLESSIONE

Momento plastico:

$$M_{pl} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

2.7. Bulloni

Il bullone è costituito da (figura 2.2)

- vite* con testa e gambo esagonale in tutto o in parte
- dado* di forma esagonale
- rondella* sia di tipo elastico che rigido (o rosetta)
- controdado* (se necessario), garantisce che il dado non si sviti in presenza di vibrazioni.

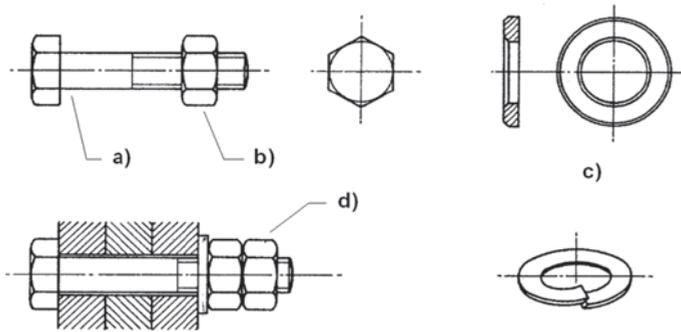


Figura 2.2. Composizione di un bullone

Il bullone viene indicato da lettera M (indica il tipo di passo della filettatura) più il diametro espresso in mm.

I diametri accettati dall'Eurocodice 3 sono riportati in tabella 2.7.

Tabella 2.7. Diametro dei bulloni secondo EC3

Diametro (mm)	12	14	16	18	20	22	24	27	30
Sigla	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30

L'area resistente è funzione del diametro del bullone, come rappresentato nella tabella 2.8.

Tabella 2.8. Area resistente in funzione del diametro

Sigla	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30
A (mm ²)	113	154	201	254	314	380	452	573	707
A_{res} (mm ²)	84.3	115	157	192	245	303	353	459	581
A_{res}/A (mm ²)	0.75	0.75	0.78	0.75	0.78	0.80	0.78	0.80	0.82

Nella figura 2.3 viene rappresentato il bullone con le sue caratteristiche.

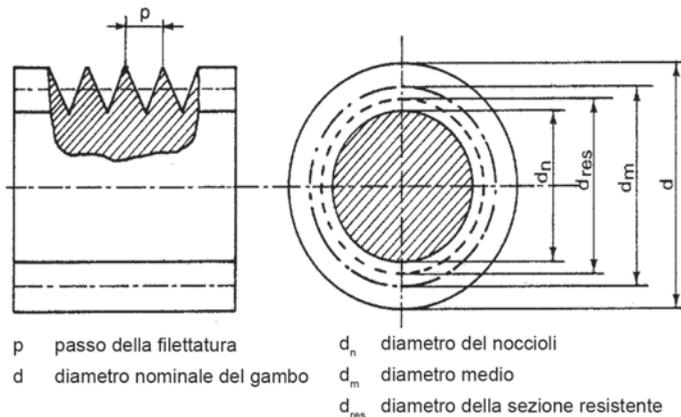


Figura 2.3. Caratteristiche del bullone

3.2.2. Connessioni a trazione

I collegamenti bullonati caricato a trazione (figura 3.2) devono essere concepiti secondo una delle categorie riportate di seguito.

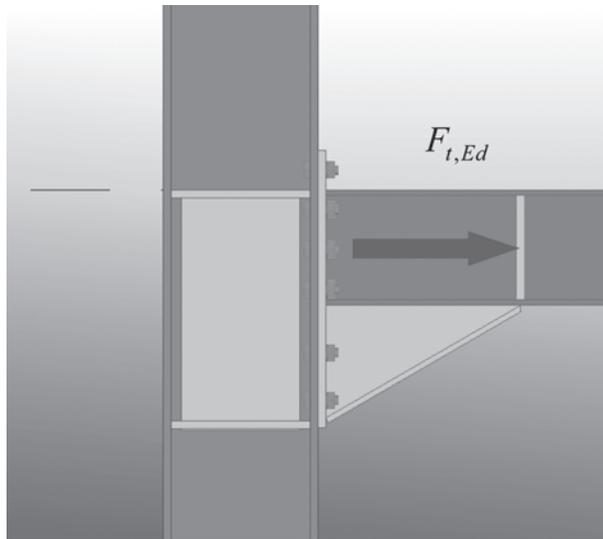


Figura 3.2. Azione di trazione sul nodo

CATEGORIA D: COLLEGAMENTI CON BULLONI NON PRECARICATI

In questa categoria possono essere usati bulloni dalla classe 4.6 fino alla classe 10.9. Nessun precarico è richiesto.

Questa categoria non deve essere utilizzata dove le connessioni sono spesso sottoposte a variazioni di carico di trazione. Tuttavia, essi possono essere utilizzati in collegamenti progettati per resistere ai normali carichi di vento.

CATEGORIA E: COLLEGAMENTI CON BULLONI AD ALTA RESISTENZA PRECARICATI

In questa categoria si usano bulloni precaricati ad alta resistenza (classi 8.8 e 10.9).

I controlli di progettazione di tali collegamenti sono riassunti nella tabella 3.1, nella pagina seguente.

Se il precarico non è esplicitamente usato nei calcoli di progettazione per resistenze a scorrimento, ma è necessario ai fini dell'esecuzione o come misura di qualità (ad esempio per la durata), allora il livello di precarico può essere specificato secondo l'allegato nazionale.

Tabella 3.1. Categorie delle unioni bullonate (secondo tabella 3.2, EC3)

Categoria	Criteri	Osservazioni
Connessioni a taglio		
A Tipo di rifollamento	$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	Non è prescritto precarico
B Resistenza allo scorrimento (stato limite di servizio)	$F_{v,Ed,ser} \leq F_{s,Rd,ser}$ $F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	Devono essere utilizzati bulloni precaricati 8.8 o 10.9
C Resistenza allo scorrimento (stato limite ultimo)	$F_{v,Ed} \leq F_{s,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq N_{net,Rd}$	Devono essere utilizzati bulloni precaricati 8.8 o 10.9
Connessioni a trazione		
D Non precaricate	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$	Non è prescritto precarico. Possono essere utilizzate classi di bulloni da 4.6 a 10.9
E Precaricate	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$	Devono essere utilizzati bulloni precaricati 8.8 o 10.9
Il progetto della forza $F_{t,Ed}$ deve tener conto della forza dovuta all'azione per effetto leva. Bulloni soggetti a forze di taglio e trazione devono quindi soddisfare i rispettivi criteri di verifica.		

3.3. Verifiche geometriche della posizione dei bulloni

La procedura prevede a verificare che le prescrizioni costruttive per le forature di un giunto bullonato secondo l'EC3 1-8, punto 3.5, siano soddisfatte (tabella 3.2 e figura 3.3). Il posizionamento dei fori di bulloni e chiodi deve essere tale da prevenire fenomeni di corrosione e instabilità e facilitare l'installazione di essi.

Le distanze da rispettare sono:

Distanza minima dall'estremità e_1 e dal bordo e_2

Previsione al rifollamento, va incrementata nel caso non sia soddisfatta la verifica a rifollamento.

Distanze massime dall'estremità e_1 e dal bordo e_2

Previsione alla corrosione e instabilità locale di un elemento sporgente.

Interasse minimo p_1 e p_2

Previsione al rifollamento, va incrementata nel caso non sia soddisfatta la verifica a rifollamento.

Interasse massimo p_1 e p_2

Previsione all'instabilità locale di un elemento interno.

Interasse massimo $p_{1,0}$ e $p_{1,i}$

Utilizzati quando i fori sono sfalsati in elementi tesi, dove $p_{1,0}$ è la fila esterna e $p_{1,i}$ sono le file interne.

Distanza minima dall'estremità e_3 e dal bordo e_4 di un foro asolato

Tabella 3.2. Spazio minimo e massimo, dal bordo e dagli estremi (secondo tabella 3.2, EC3)

Distanze e spazi	Minimo	Massimo 1) 2) 3)		
		Strutture fatte con acciaio conforme alla EN 10025 eccetto acciai conformi alla EN 10025-5		Strutture fatte con acciaio conforme alla EN 10025-5
		Acciai esposti agli agenti atmosferici o altri fattori corrosivi	Acciai non esposti agli agenti atmosferici o altri fattori corrosivi	Acciaio utilizzato non protetto
Distanza dagli estremi e_1	$1.2 d_0$	$4t + 40$ mm		Il più grande di $8t$ o 125 mm
Distanza dal bordo e_2	$1.2 d_0$	$4t + 40$ mm		Il più grande di $8t$ o 125 mm
Distanza e_3 per fori asolati	$1.5 d_0$ ⁴⁾			
Distanza e_4 per fori asolati	$1.5 d_0$ ⁴⁾			
Spazio p_1	$2.2 d_0$	Il più piccolo di $14t$ o 200 mm	Il più piccolo di $14t$ o 200 mm	Il più piccolo di $14t_{\min}$ o 175 mm
Spazio $p_{1,0}$		Il più piccolo di $14t$ o 200 mm		
Spazio $p_{1,i}$		Il più piccolo di $28t$ o 400 mm		
Spazio p_2 ⁵⁾	$2.4 d_0$	Il più piccolo di $14t$ o 200 mm	Il più piccolo di $14t$ o 200 mm	Il più piccolo di $14t_{\min}$ o 175 mm

1) I valori massimi per lo spazio, bordo e distanza dagli estremi sono illimitati, eccetto nei seguenti casi:

- per parti compresse in ordine per evitare deformazioni locali e prevenire corrosioni nelle parti esposte
- per prevenire la corrosione per parti tese esposte

2) La deformazione locale del piatto in compressione tra i fori deve essere calcolata conformemente alla EN 1993-1-1 utilizzando $0.6 p_1$ come deformazione di lunghezza. La deformazione locale tra fori non necessita la verifica se p_1/t è più piccolo di 9ϵ . La distanza dal bordo non deve superare la deformazione locale richiesta per un elemento eccezionale in parti a compressione, vedi la EN 1993-1-1. La distanza finale non è compresa da questi requisiti

3) t è lo spessore della parte più sottile dei collegamenti

4) I limiti dimensionali per i fori sono dati nelle normative di riferimento EN 1993-1-8 -1.2.7: Gruppo 7

5) La distanza minima per fori sfalsati tra le file di $p_2 = 1.2 d_0$ può essere usata, sempre che la distanza minima, L , tra due fori sia la più grande o uguale a quella $2.4 d_0$

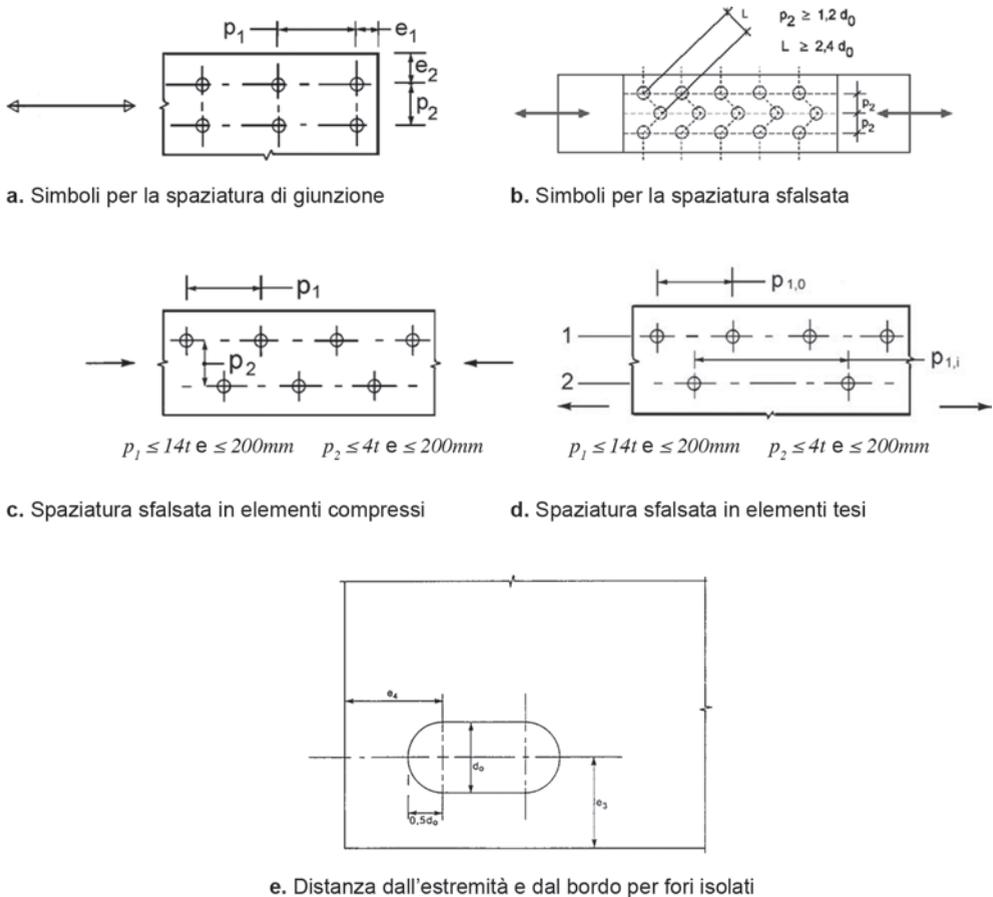


Figura 3.3. Simboli per la distanza dei fori dai bordi e dagli estremi secondo EC3

3.4. Resistenza di progetto di dispositivi di fissaggio individuale

3.4.1. Bulloni e chiodi

La resistenza di progetto per un fissaggio individuale soggetto a taglio e/o a trazione è riportata in tabella 3.3 (secondo EC3 I-8, tabella 3.4).

Per bulloni precaricati la forza $F_{p,Cd}$ da utilizzare nella progettazione vale:

$$F_{p,Cd} = 0.7 f_{ub} A_s / \gamma_{M7}$$

Per bulloni filettati, come i bulloni di ancoraggio o i tiranti realizzati da barre in acciaio tondo conforme alla norma EN 1090, possono essere utilizzate le verifiche relative ai bulloni (tabella 3.3 – EC3 I-8, tabella 3.4), per viti non conformi alla norma EN 1090 i relativi valori (tabella 3.3 – EC3 I-8, tabella 3.4) vanno moltiplicati per un fattore di 0.85.

La resistenza di progetto a taglio $F_{v,Rd}$ deve essere impiegata solo dove i bulloni sono utilizzati in fori con tolleranze nominali non superiori a quelli normali per i fori come specificato nell'*EC3 1-8, punto 1.2.7, gruppo 7* (vedi capitolo 2).

Bulloni M12 e M14 possono essere usati in fori con 2 mm di gioco a condizione che la resistenza di progetto di un gruppo di bulloni a rifollamento sia maggiore o uguale alla resistenza di progetto del gruppo di bulloni a taglio. Inoltre per le classi 4.8, 5.8, 6.8, 8.8 e 10.9 la resistenza di progetto a taglio $F_{v,Rd}$ deve essere presa come 0.85 volte il valore indicato nella tabella 3.3.

Nella verifica a trazione viene considerata la sezione resistente al netto della filettatura, mentre per la verifica a taglio la sezione dipende se la sezione di taglio del bullone è filettata o meno, al fine di definire l'area resistente a taglio.

Di norma la filettatura del bullone non deve essere presente sul piano di taglio.

La lunghezza della parte filettata di un bullone inclusa nella lunghezza del bullone soggetto a taglio non deve superare 1/3 dello spessore della piastra (figura 3.4a, secondo *EC3 1-8, figura 3.2*).

La tolleranza del foro utilizzato per i bulloni deve essere conforme all'*EC3 1-8, punto 1.2.7, gruppo 7*.

Nei giunti con una sola riga bullone (figura 3.4b secondo *EC3 1-8, figura 3.3*), i bulloni devono essere provvisti di rondelle sotto la testa e il dado. La resistenza di progetto a rifollamento $F_{b,Rd}$ per ciascun bullone deve essere limitata a:

$$F_{b,Rd} \leq 1.5 f_u dt / \gamma_{M2}$$

Nel caso di bulloni di classe 8.8 o 10.9, si devono utilizzare rondelle rigide per giunti con un solo bullone o una riga di bulloni.

Quando i bulloni o i chiodi trasmettono un carico di taglio e rifollamento attraversano un insieme di piatti che hanno uno spessore totale t_p superiore a un terzo del diametro nominale d (figura 3.4c secondo *EC3 1-8 figura 3.4*), la resistenza di progetto a taglio $F_{v,Rd}$ deve essere ridotta moltiplicandola per un fattore di riduzione β_p dato da:

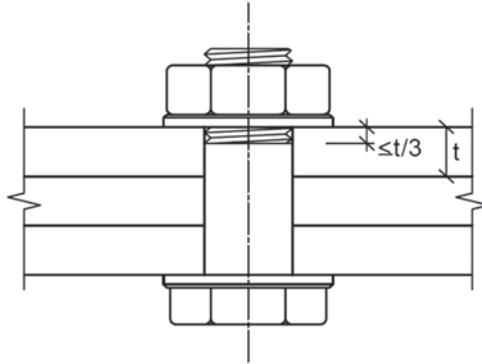
$$\beta_p = \frac{9d}{8d + 3t_p} \leq 1$$

Per connessione con più di due piatti resistenti a taglio t_p viene preso come lo spessore minimo.

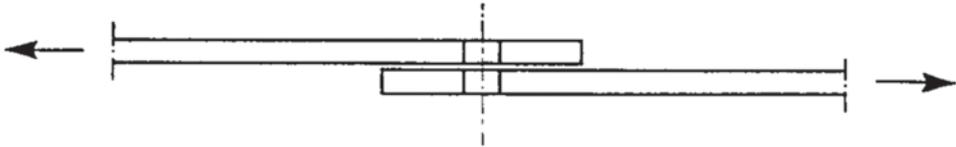
I collegamenti chiodati devono essere progettati per trasferire sforzi di taglio. Se sono soggetti a trazione la resistenza è quella indicata nella tabella 3.3.

Per acciai S235 la resistenza f_{ur} dei chiodi può essere considerata come 400 N/mm².

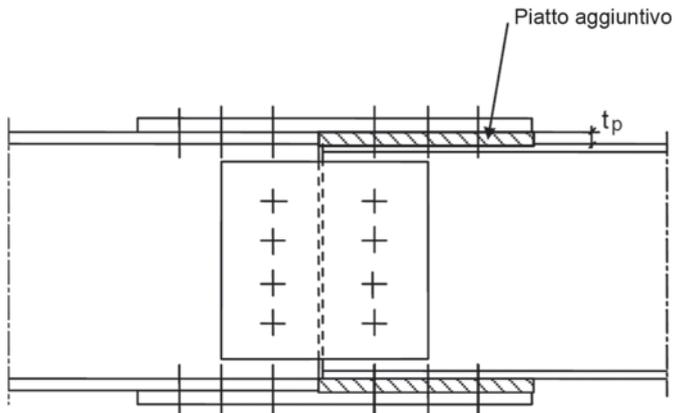
In generale, la lunghezza della presa di un chiodo non deve superare 4.5 d per inchiodare tramite martello e 6.5 d per pressare il chiodo.



a. Porzione filettata del gambo del bullone sul collegamento



b. Giunto con una sola riga di bulloni



c. Giunto con più piatti

Figura 3.4. Bulloni soggetti a taglio secondo EC3

Tabella 3.3. Resistenza di progetto per singolo bullone soggetto a taglio e/o a trazione

Tipo di verifica	Bulloni	Chiodi
Resistenza di taglio per piani di taglio	$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}}$ <p>dove il piano di taglio passa attraverso la porzione filettata del bullone (A è l'area netta del bullone A_s):</p> <ul style="list-style-type: none"> - per classi 4.6, 5.6 e 8.8 $\alpha_v = 0.6$ - per classi 4.8, 5.8, 6.8 e 10.9 $\alpha_v = 0.5$ <p>dove il piano di taglio passa attraverso la parte non filettata del bullone (A è la sezione trasversale lorda del bullone)</p> $\alpha_v = 0.5$	$F_{v,Rd} = \frac{0.6 f_{ur} A_0}{\gamma_{M2}}$
Resistenza a rifollamento ^{1), 2), 3)}	$F_{v,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}}$ <p>dove α_b è più piccolo di α_d; f_{ub} o 1.0;</p> <p>nella direzione del carico: f_u</p> <ul style="list-style-type: none"> - per bulloni di estremità: $\alpha_d = \frac{e_1}{3d_0}$ - per bulloni interni: $\alpha_d = \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}$ <p>Perpendicolare alla direzione del carico:</p> <ul style="list-style-type: none"> - per bulloni di bordo: k_1 è il più piccolo di $2.8 \frac{e_2}{d_0} - 1.7$ o 2.5 - per bulloni interni: k_1 è il più piccolo di $1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7$ o 2.5 	
Resistenza a trazione	$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ <p>dove</p> <ul style="list-style-type: none"> $k_2 = 0.63$ per bulloni a testa svasata. In caso contrario $k_2 = 0.90$ 	$F_{t,Rd} = \frac{0.6 f_{ur} A_0}{\gamma_{M2}}$
Resistenza a punzonamento	$B_{p,Rd} = 0.6 \neq d_m t_p f_u / \gamma_{M2}$	Non necessita di verifica
Combinazione taglio e trazione	$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4 F_{t,Rd}} \leq 1.0$	

1) La resistenza a rifollamento $F_{b,Rd}$ per bulloni

- in fori troppo grandi è 0.8 volte la resistenza di rifollamento rispetto ai bulloni con fori normali
- in fori filettati, dove l'asse longitudinale è perpendicolare alla direzione della forza trasmessa, è 0.6 volte la resistenza a rifollamento.

2) per bullone a testa svasata:

- la resistenza a rifollamento $F_{b,Rd}$ deve essere basata sullo spessore t del piatto uguale alle unioni del piatto meno la metà della profondità della svasatura

- per la determinazione della resistenza di Trazione $F_{t,Rd}$ l'angolo e la profondità della svasatura devono essere conformi alle norme di riferimento EC3 1-8 punto 1.2.4, gruppo 4, viceversa la resistenza di trazione $F_{t,Rd}$ deve essere adeguata di conseguenza

3) quando il carico sul bullone non è parallelo al bordo, la resistenza di rifollamento può essere verificata separando le due componenti di carico, in direzione normale e parallela

- saldature di testa (*butt welds*)
- saldature entro fori e intagli (*plug welds*)
- saldature entro scanalature (*flare groove welds*).

In figura 4.2 si riportano le simbologie usate per le saldature.

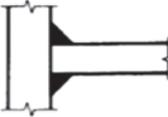
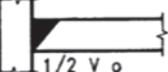
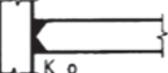
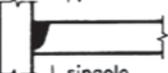
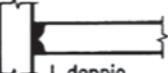
Tipo di saldatura	Tipo di giunto			
	Giunto di testa	Giunto di testa a T	Giunto a sovrapposizione	
Saldatura a cordoni d'angolo				
Saldatura di testa				
Saldatura di testa a penetrazione completa ^{*)}	 V singolo	 1/2 V o smusso semplice		
	 V doppio			 K o doppio smusso
	 U singolo			 J singolo
	 U doppio			 J doppio
Saldatura di testa a penetrazione parziale ^{*)}	 V doppio parziale	 K parziale o doppio smusso		
	 U doppio parziale			
Saldatura entro fori				
				

Figura 4.1. Tipologia di saldature secondo EC3

Tipo di saldatura			rappresentazione geometrica	simbolo di base	Simboli per saldature	
					Convesse	Piane
Saldature ad un solo vertice	Saldatura a lembi dritti	semplice		=		
		con ripresa				
	Saldatura a V	semplice		∧		
		con ripresa				
	Saldatura a U	semplice		C		
		con ripresa				
Saldature a vertici contrapposti	Saldatura a X			X		
	Saldatura a doppio U					
	Saldatura a K					
	Saldatura a doppio J					
Saldatura d'angolo simmetrica (a T)				T		
Saldature continue		si contrassegnano con un tratto orizzontale che attraversa il simbolo		—		
Saldature da eseguirsi al montaggio		si indicano aggiungendo una banderuola al simbolo				

Figura 4.2. Simbologia usata per le saldature

Le saldature di testa possono essere o a penetrazione completa o a penetrazione parziale.

Le saldature entro intagli possono essere sia in fori circolari sia in fori allungati.

I più comuni tipi di giunti e di saldature sono illustrati nella EN 12345.

4.3.2. Saldature a cordone d'angolo

4.3.2.1. Generalità

Le saldature a cordone d'angolo (figura 4.3) possono essere utilizzate per collegare parti in cui l'angolo tra le parti sia compreso tra 60° e 120° .

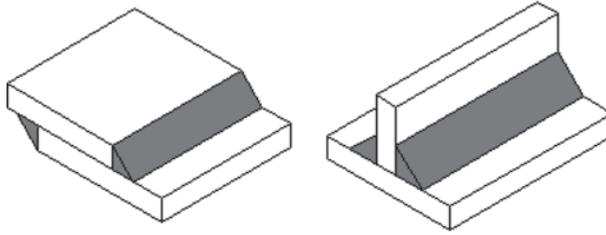
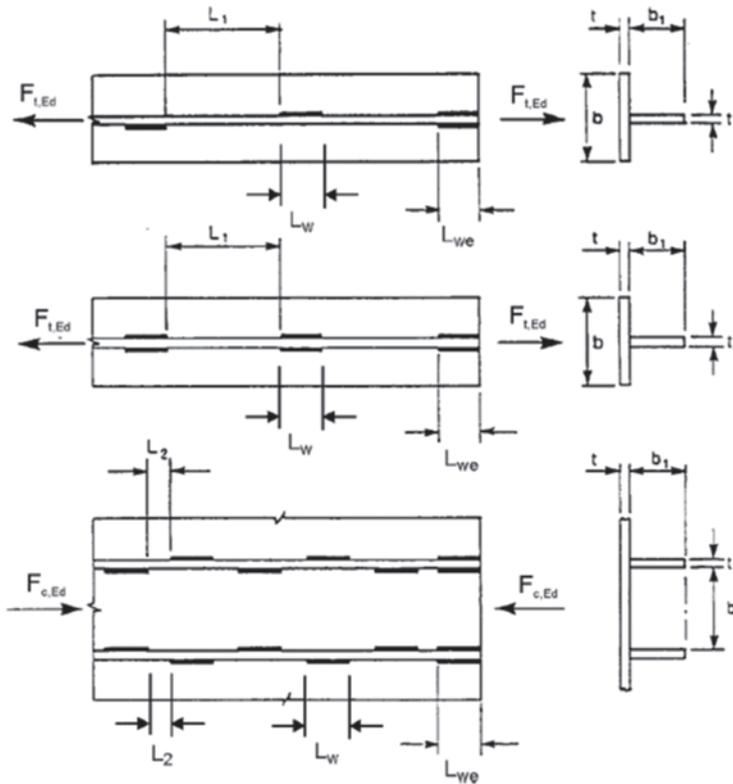


Figura 4.3. Cordone ad angolo



$$L_{we} \geq \begin{cases} 0,75b \\ 0,75b_1 \end{cases} \text{ il pi\`u piccolo tra i due}$$

Per aste in trazione:

$$L_1 \geq \begin{cases} 16t \\ 16t \\ 200 \text{ mm} \end{cases} \text{ il pi\`u piccolo tra i tre}$$

Per aste in compressione e taglio:

$$L_2 \geq \begin{cases} 12t \\ 12t \\ 0,25b \\ 200 \text{ mm} \end{cases} \text{ il pi\`u piccolo tra i quattro}$$

Figura 4.4. Intermittenza delle saldature secondo EC3

Sono ammessi angoli inferiori a 60° ; in questi casi il cordone deve essere considerato come una saldatura di testa a parziale penetrazione.

Per angoli superiori a 120° la resistenza delle saldature va determinata mediante test *EN 1990 Annex D: Design by testing*.

Le saldature a cordoni d'angolo non devono terminare in corrispondenza degli angoli delle parti o degli elementi, ma devono essere fatte ritornare con continuità, a piena sezione, attorno all'angolo per una lunghezza pari a due volte il lato del cordone, ogni volta che tale ritorno può essere fatto sullo stesso piano.

4.3.2.2. Saldatura a cordoni d'angolo a tratti

L'intermittenza della saldatura non deve essere usata in ambienti corrosivi.

In una saldatura intermittente a cordoni d'angolo, la distanza (L_1 o L_2) tra le estremità di ogni lunghezza di saldatura L_w deve soddisfare il requisito di cui alla figura 4.4.

La distanza (L_1 o L_2) va considerata come la più piccola delle distanze tra le estremità delle saldature sui lati opposti e la distanza tra le estremità delle saldature sullo stesso lato.

In ogni lato di saldatura d'angolo intermittente ci deve essere sempre una lunghezza di saldatura ad ogni estremità della parte collegata.

Le lunghezze dei tratti di saldatura alle estremità di elementi strutturali costituiti da diverse anime saldate ad una piattabanda devono essere almeno uguali a tre quarti della larghezza del piatto più stretto tra quelli collegati (figura 4.3).

4.3.3. Saldature a cordone d'angolo entro fori o scanalature

Le saldature a cordone d'angolo su fori circolari o intagli possono essere utilizzate solo per trasmettere azioni di taglio o per impedire la deformazione o la separazione di parti sovrapposte.

Il diametro di un foro circolare, o la larghezza di un buco di forma allungata, per una saldatura a cordone d'angolo non deve essere minore di quattro volte lo spessore della parte che lo contiene.

Le estremità dei fori allungati devono essere semicircolari, fatta eccezione per quelle parti che si estendono fino al bordo della parte interessata.

La spaziatura deve rispettare quanto disposto per i bulloni al fine di prevenire instabilità locale.

4.3.4. Saldature di testa a completa o parziale penetrazione

Una saldatura a completa penetrazione (figura 4.5) è definita come una saldatura che ha una penetrazione completa e fusione di saldatura e metallo di base in tutto lo spessore del giunto; lo smusso del profilo è detto *cianfrino*.

Una saldatura a parziale penetrazione (figura 4.5) è definita come una saldatura che ha una penetrazione che è inferiore allo spessore del materiale base.

5.1.2. Analisi globale elastica

I giunti devono essere classificati secondo la loro rigidezza rotazionale e devono avere una resistenza sufficiente a trasmettere forze e momenti che agiscono a livello delle articolazioni risultante dall'analisi.

Nel caso di un giunto semirigido, deve essere generalmente considerata nell'analisi la rigidità rotazionale S_j corrispondente al momento flettente $M_{j,Rd}$. Se $M_{j,Ed}$ non supera i $2/3 M_{j,Rd}$ la rigidezza rotazionale iniziale $S_{j,ini}$ può essere presa dall'analisi globale (figura 5.1a).

Una semplificazione alla precedente è quella di utilizzare la rigidezza rotazionale come $S_{j,ini}/\eta$, per tutti i valori del momento $M_{j,Ed}$, come mostrato nella figura 5.1b dove η è il coefficiente di rigidità dato dalla tabella 5.2.

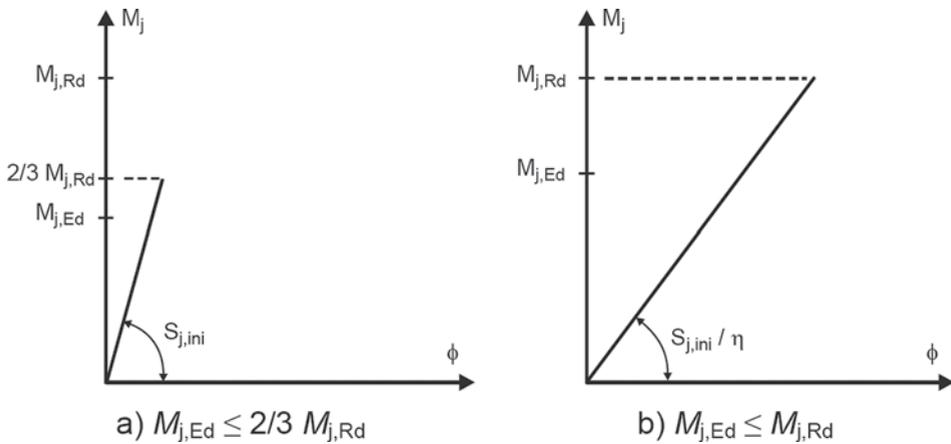


Figura 5.1. Diagramma momento-rotazione usato in un'analisi elastica secondo EC3

Tabella 5.2. Coefficiente di rigidità η secondo EC3

Tipo di collegamento	Nodo trave-colonna	Altri tipi di nodi (trave-trave, nodo con coprigiunto, colonna-fondazione)
Saldato	2	3
Bullonati con piatto	2	3
Bullonati con angolari (cleats)	2	3.5
Piatto di base (fondazione)	-	3

5.1.3. Analisi globale rigido-plastico

I giunti devono essere classificati in base alla loro resistenza.

Per i giunti di collegamento H o I il calcolo di sezioni $M_{j,Rd}$ è specificato nel capitolo 6. Per i giunti con profilati cavi può essere utilizzato il metodo di cui all'EC3 1-8, punto 7.

La capacità di rotazione di un giunto deve essere sufficiente per accogliere le rotazioni risultanti dall'analisi.

Per i nodi dove i profili hanno una sezione ad H o I, deve essere controllata la capacità di rotazione, come indicato nell'*EC3 Parte 1-8, punto 6.4*.

5.1.4. Analisi globale elasto-plastico

I giunti devono essere classificati secondo la rigidità e la forza.

Per i giunti collegati con sezione H o I per $M_{j,Rd}$, S_j e φ_{cd} si veda l'*EC3 Parte 1-8, punto 6.4*.

Per i giunti collegati con profilati cavi può essere utilizzato il metodo di cui all'*EC3 1-8, punto 7*.

La curva caratteristica rotazione-momento delle articolazioni deve essere usata per determinare la distribuzione di forze interne e momenti.

Per semplificare, può essere adottato il diagramma caratteristico momento-rotazione bilineare (figura 5.2). Il coefficiente di rigidezza è quello ottenuto dalla tabella 5.2.

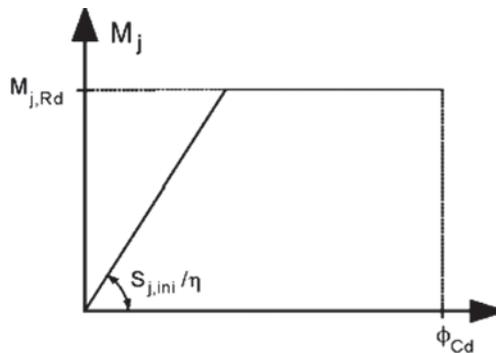


Figura 5.2. Diagramma caratteristico momento-rotazione bilineare secondo EC3

5.2. Classificazione dei nodi

5.2.1. Generalità

I nodi possono essere classificati:

- secondo la rigidezza rotazionale
- secondo il momento resistente.

5.2.2. Classificazione per rigidità

5.2.2.1. Generalità

In rapporto alla rigidezza rotazionale un nodo può essere classificato come:

- a cerniera

- rigido
- semirigido.

La classificazione del nodo dipende dalla rigidezza iniziale $S_{j,ini}$ confrontata con delle condizioni al contorno di seguito specificate.

Un nodo può essere classificato sulla base di prove sperimentali o in base di esperienze rilevanti precedenti con risultati soddisfacenti in casi simili o da calcoli basati su risultati di prove.

5.2.2.2. *Nodo a cerniera (nominally pinned)*

Un nodo a cerniera deve essere in grado di trasmettere le forze interne, senza sviluppare momenti significativi che potrebbero influenzare negativamente gli elementi che lo compongono o la struttura nel suo complesso. Il nodo deve essere in grado di consentire le rotazioni risultanti sotto i carichi di progetto.

5.2.2.3. *Nodo rigido (rigid)*

Il nodo è classificato come rigido se ha sufficiente rigidezza rotazionale per giustificare un'analisi basata in piena rigidezza rotazionale.

5.2.2.4. *Nodo semirigido (semi-rigid)*

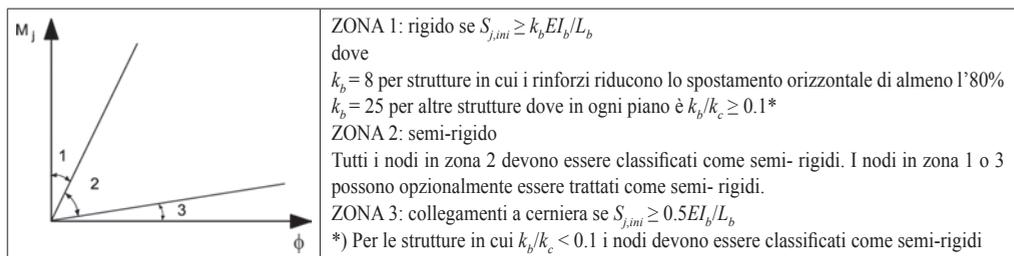
Un nodo che non soddisfa i criteri per un giunto rigido o a cerniera viene classificato come un nodo semirigido.

I nodi semirigidi forniscono un grado prevedibile di interazione tra i membri, basato sulle caratteristiche di progettazione momento-rotazione delle articolazioni.

Il nodo deve essere in grado di trasmettere forze e momenti interni.

5.2.2.5. *Confini per la classificazione dei nodi*

Per la classificazione dei nodi si deve fare riferimento alla figura 5.3.



Legenda

K_b è il valore medio di I_b / L_b per tutte le travi alla sommità del piano dove si trova il nodo; K_c è il valore medio di I_c / L_c per tutte le colonne del piano dove si trova il nodo; I_b è il momento di inerzia di una trave; L_b è la luce di una trave (distanza asse-asse fra le colonne); L_c è l'altezza piani di una colonna.

Figura 5.3. Classificazione del nodo in funzione della rigidezza secondo EC3

5.2.3. *Classificazione per resistenza*

5.2.3.1. *Generalità*

Un nodo può essere classificato come:

- a cerniera
- a completo ripristino di resistenza
- a parziale ripristino di resistenza.

La classificazione viene fatta confrontando il momento resistente di progetto $M_{j,Rd}$ con le resistenze degli elementi connessi.

5.2.3.2. *Nodo cerniera (nominally pinned)*

Un nodo a cerniera deve essere in grado di trasmettere le forze interne, senza sviluppare momenti significativi che potrebbero influenzare negativamente i membri o la struttura nel suo complesso.

Il nodo cerniera deve consentire le rotazioni risultanti sotto i carichi di progetto.

Il nodo è classificato come cerniera se il suo momento resistente di progetto $M_{j,Rd}$ non è superiore a 0.25 volte il momento resistente di progetto richiesto per un nodo a completo ripristino, purché abbia anche capacità di rotazione sufficiente.

5.2.3.3. *Nodo a completo ripristino di resistenza (full-strength)*

La resistenza di progetto di un nodo a completo ripristino di resistenza deve essere non inferiore a quella dei componenti collegati.

Un nodo può essere classificato come a completo ripristino di resistenza se soddisfa i criteri indicati nella figura 5.4.

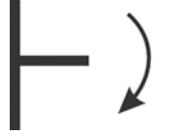
a. sommità della colonna		$M_{j,Rd}$ o $M_{j,Rd} \geq M_{b,pl,Rd}$ oppure $M_{j,Rd} \geq M_{c,pl,Rd}$
b. nodo intermedio della colonna		$M_{j,Rd}$ o $M_{j,Rd} \geq M_{b,pl,Rd}$ oppure $M_{j,Rd} \geq 2M_{c,pl,Rd}$
$M_{b,pl,Rd}$ è il momento resistente plastico di una trave $M_{c,pl,Rd}$ è il momento resistente plastico di una colonna		

Figura 5.4. Nodi a completo ripristino di resistenza secondo EC3



Acquistalo