

[Clic per tutti gli appunti](#) (AUTOMAZIONE – TRATTAMENTI TERMICI ACCIAIO – SCIENZA delle COSTRUZIONI...)



[e-mail per suggerimenti](#)

[Clic qui](#) – PRIMA PAGINA APPUNTI ACCIAIO

4- Unioni

Si considerano i sistemi di unioni elementari tra membrature di acciaio, tramite bulloni, chiodi, perni o saldature

4.1- Unioni con bulloni

Si considerano due tipi di unioni

4.1.1 Unioni non precaricate

La superficie del gambo del bullone è a contatto con le superfici dei fori tra le piastre in unione. Queste si trasmettono uno sforzo che si scarica sul gambo del bullone, determinando, in questo, sforzi a taglio nelle sezioni resistenti, in corrispondenza dei piani di contatto tra le piastre.

4.1.2 Unioni precaricate

Il bullone è avvitato con una determinata coppia di serraggio tale che, tra le superfici a contatto delle piastre da collegare, si manifesti una resistenza di attrito F_a capace di equilibrare la forza F di scorrimento tra le piastre, che, altrimenti, determinerebbe uno sforzo a taglio sulle sezioni resistenti del bullone.

Le piastre devono essere serrate con uno sforzo normale N tale che si manifesti una resistenza di attrito F_a :

$$F_a = N \cdot f \quad (4.1)$$

e sia:

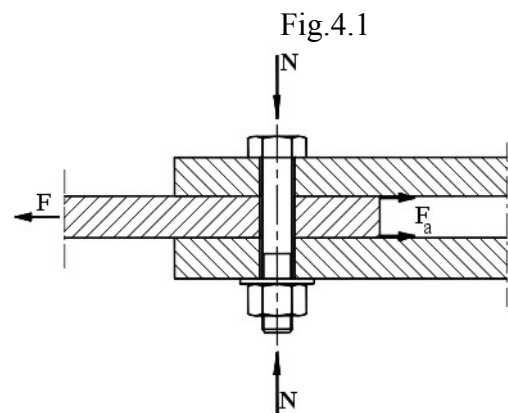
$$F_a = N \cdot f \geq F \quad (4.2)$$

dove f è il coefficiente di attrito

4.1.3 Designazione dei bulloni in base alla resistenza

I bulloni sono contraddistinti da due numeri separati da un punto: ad esempio bullone 4.6.

Il primo numero si riferisce alla tensione di rottura f_{tb} del bullone. Con l'indicazione, del primo numero insieme al secondo, si può determinare la tensione di snervamento f_{yb} .



Dalla tabella: Tabella 11.3.XII.b

Classe	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
$f_{yb} (N/mm^2)$	240	300	480	649	900
$f_{tb} (N/mm^2)$	400	500	600	800	1000

La tensione di rottura f_{tb} si ottiene moltiplicando per 100 il primo numero.

Così, ad esempio:

$$\text{bullone 5.6} \rightarrow \text{tensione di rottura} \quad f_{tb} = 100 \cdot 5 = 500 \text{ N}$$

La tensione di snervamento f_{yb} si ottiene moltiplicando per 10 il prodotto tra i due numeri.

Così, ad esempio:

$$\text{bullone 5.6} \rightarrow \text{tensione di snervamento} \quad f_{tb} = 10 \cdot 5 \cdot 6 = 300 \text{ N}$$

4.1.4 Classi dei bulloni rispetto alla resistenza

In base alle caratteristiche di resistenza sono individuate due tipi di bulloni

Dalla tabella: tabella 11.3.XII.a

	Normali			Alta resistenza	
Vite	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Dado	4	5	6	8	10

Bulloni normali classi 4.6 – 5.6 – 6.8

Bulloni alta resistenza classi 8.8 – 10.9

4.1.5 Classificazione per tipo di costruzione e tolleranze di lavorazione

4.1.5.1- Filettatura

La filettatura eseguita sul gambo del bullone e sul dado è, usualmente, la metrica ISO con profilo di triangolo equilatero con lato uguale al passo. Il filetto della vite è smussato alla sommità esterna e arrotondato sul fondo.

Si distinguono a seconda del passo: filettature a passo grosso e a passo fine.

Quella a passo grosso sono designate con la lettera "M", seguita da un numero indicante il diametro nominale, corrispondente al diametro esterno della vite.

Filettature metriche ISO a profilo triangolare

Dimensioni nominali

UNI

4535-64

Sostituisce UNI 2703, 2704 e 2705 e ~~UNI 2703, 2704 e 2705~~ UNI 159 (2ª Ed.) e UNI 160 (2ª Ed.)¹⁾

N° 9 tabelle

La presente utilizzazione concorda con i risultati dei lavori svolti dal Comitato Tecnico 1 "Filettature" della Organizzazione Internazionale di Normalizzazione ISO (Raccomandazioni ISO/R 68²⁾ e ISO/R 261).

Dimensioni in mm

$$H = 0,86603 P$$

$$H_1 = \frac{5}{8} H = 0,54127 P$$

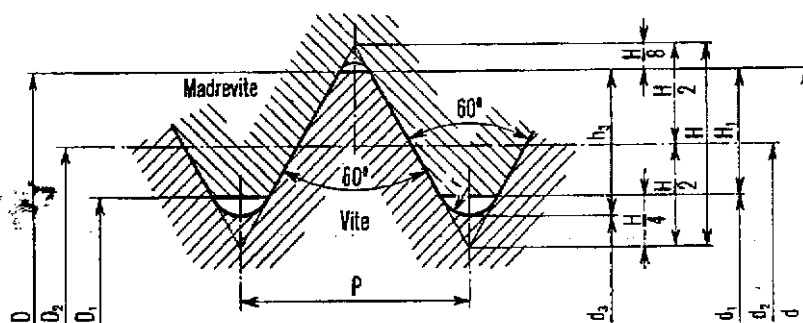
$$h_3 = \frac{17}{24} H = 0,61343 P$$

$$d_1 = D_1 = d - 2 H_1 = d - 1,08253 P$$

$$d_2 = D_2 = d - \frac{3}{4} H = d - 0,64952 P$$

$$d_3 = d - 2 h_3 = d - 1,22687 P$$

$$r = \frac{H}{6} = 0,14434 P$$



Filettature a passo grosso

Esempio di designazione di una filettatura metrica ISO a profilo triangolare a passo grosso, avente $d = 8$ mm e $P = 1,25$ mm:

M 8

(vedere anche punto 2)

Diametro nominale di filettatura (vedere punto 1) e diametro esterno $d = D$			Passo P	Diametro medio $d_2 = D_2$	Diametro di nocciolo della vite d_3	Diametro della vite all'inizio del raccordo d_1	Diametro di nocciolo della madrevite D_1	Profondità dei filetti della vite h_3	Ricoprimento H_1	Raggio arrotondamento fondo filetto della vite r	Area Sezione resistente (vedere punto 4) mm^2	Sezione di nocciolo mm^2
Colonna 1	Colonna 2	Colonna 3										
1,8*			0,35*	1,373	1,171	1,221	1,221	0,215	0,189	0,051	1,27	1,08
	1,8*		0,35*	1,573	1,371	1,421	1,421	0,215	0,189	0,051	1,70	1,48
2			0,4	1,740	1,509	1,567	1,567	0,245	0,217	0,058	2,07	1,79
	2,2*		0,45*	1,908	1,648	1,713	1,713	0,276	0,244	0,065	2,48	2,13
2,5*			0,45*	2,208	1,948	2,013	2,013	0,276	0,244	0,065	3,39	2,98
3			0,5	2,675	2,387	2,459	2,459	0,307	0,271	0,072	5,03	4,47
	3,5		0,6	3,110	2,764	2,850	2,850	0,368	0,325	0,087	6,78	6,00
4			0,7	3,545	3,141	3,242	3,242	0,429	0,379	0,101	8,78	7,75
	4,5		0,75	4,013	3,580	3,688	3,688	0,460	0,406	0,108	11,3	10,1
5			0,8	4,480	4,019	4,134	4,134	0,461	0,433	0,115	14,2	12,7
6			1	5,350	4,773	4,917	4,917	0,613	0,541	0,144	20,1	17,9
		7	1	6,350	5,773	5,917	5,917	0,613	0,541	0,144	28,9	26,2
8			1,25	7,188	6,466	6,647	6,647	0,767	0,677	0,180	36,6	32,8
		9	1,25	8,188	7,466	7,647	7,647	0,767	0,677	0,180	48,1	43,8

Diametro nominale di filettatura (vedere punto 1) e diametro esterno $d = D$			Passo P	Diametro medio $d_2 = D_2$	Diametro di nocciolo della vite d_3	Diametro della vite all'inizio del raccordo d_1	Diametro di nocciolo della madrevite D_1	Profondità dei filetti della vite h_3	Ricooprimento h_1	Raggio arrotondamento fondo filetto della vite r	Sezione resistente (vedere punto 4) mm^2	Sezione di nocciolo mm^2
Colonna 1	Colonna 2	Colonna 3										
10			1,5	9,026	8,160	8,376	8,376	0,920	0,812	0,217	58,0	52,3
		11	1,5	10,026	9,160	9,376	9,376	0,920	0,812	0,217	72,3	65,9
12			1,75	10,863	9,853	10,106	10,106	1,074	0,947	0,253	84,3	76,2
	14		2	12,701	11,546	11,835	11,835	1,227	1,083	0,289	115	105
16			2	14,701	13,546	13,835	13,835	1,227	1,083	0,289	157	144
	18		2,5	16,376	14,933	15,294	15,294	1,534	1,353	0,361	192	175
20			2,5	18,376	16,933	17,294	17,294	1,534	1,353	0,361	245	225
	22		2,5	20,376	18,933	19,294	19,294	1,534	1,353	0,361	303	282
24			3	22,051	20,319	20,752	20,752	1,840	1,624	0,433	353	324
	27		3	25,051	23,319	23,752	23,752	1,840	1,624	0,433	459	427
30			3,5	27,727	25,706	26,211	26,211	2,147	1,894	0,505	561	519
	33		3,5	30,727	28,706	29,211	29,211	2,147	1,894	0,505	694	647
36			4	33,402	31,093	31,670	31,670	2,454	2,165	0,577	817	759
	39		4	36,402	34,093	34,670	34,670	2,454	2,165	0,577	978	913
42			4,5	39,077	36,479	37,129	37,129	2,760	2,436	0,650	1 120	1 050
	45		4,5	42,077	39,479	40,129	40,129	2,760	2,436	0,650	1 310	1 220
48			5	44,752	41,866	42,587	42,587	3,067	2,706	0,722	1 470	1 380
	52		5	48,752	45,866	46,587	46,587	3,067	2,706	0,722	1 760	1 650
56			5,5	52,428	49,252	50,048	50,048	3,374	2,977	0,794	2 030	1 910
	60		5,5	56,428	53,252	54,048	54,048	3,374	2,977	0,794	2 360	2 230
64			6	60,103	56,639	57,505	57,505	3,681	3,248	0,866	2 680	2 520
	68		6	64,103	60,639	61,505	61,505	3,681	3,248	0,866	3 060	2 890

* Queste filettature sono da adottare con particolare cautela, date le possibili confusioni con le filettature 1,7 MA, 2,3 MA e 2,6 MA, precedentemente in vigore, con cui non sono intercambiabili pur essendo difficilmente distinguibili.

Esempio $M 24$ indica una filettatura a passo grosso su una vite con diametro esterno $d = 24 mm$

Per le filettature a passo fine sono disponibili, per uno stesso diametro più passi. Nella designazione della filettatura occorre indicare, oltre al diametro nominale, anche il passo.

Esempio $M 24 \times 1,5$ indica una filettatura con diametro esterno $d = 24 mm$ e passo $p = 1,5 mm$

Usualmente nella carpenteria metallica sono utilizzati bulloni con filettature metriche a passo grosso con diametri:

M 12 - 16 - 18 - 20 - 22 - 24 - 27 - 30

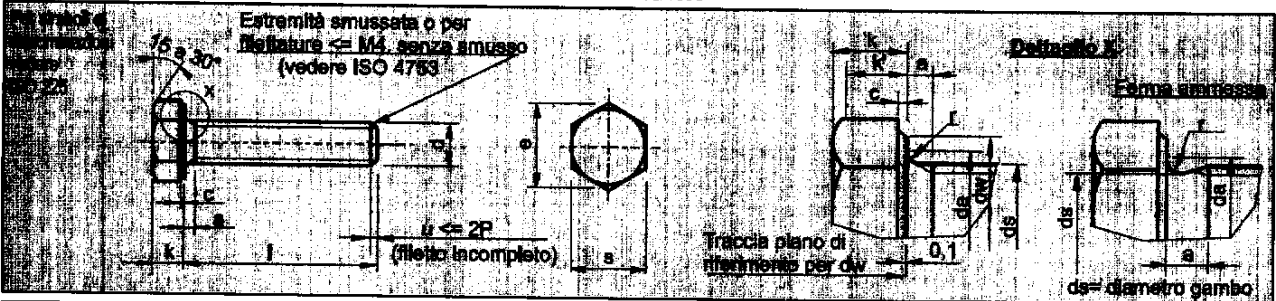
Euroviti - MANUALE TECNICO

VITI A TESTA ESAGONALE CON GAMBO INTERAMENTE FILETTATO
filettatura metrica ISO a passo grosso - **Categorie A e B**

estratto **UNI EN 24017**

ex UNI 5739 - DIN 933

edizione 02/1993



Prospetto 1 di 3

dimensioni in mm

Filettatura		d	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10	M 12	
P	Passo della filettatura		0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	
a	max. 1)		2,1	2,4	3	4	4,5	5,3	
	min.		0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	
c	min.		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	
	max.		0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	
da	max.		4,7	5,7	6,8	9,2	11,2	13,7	
	dw	Categorie	A min.	6,03	6,88	8,88	11,63	14,63	16,63
		B min.	-	-	-	-	-	-	
e	Categorie	A min.	7,66	8,79	11,05	14,38	17,77	20,03	
		B min.	-	-	-	-	-	-	
k	Categoria	nom.	2,8	3,5	4	5,3	6,4	7,5	
		A min.	2,675	3,35	3,85	5,15	6,22	7,32	
		max.	2,925	3,65	4,15	5,45	6,58	7,68	
	B min.	-	-	-	-	-	-	-	
k' 2)	Categorie	A min.	1,87	2,35	2,7	3,61	4,35	5,12	
		B min.	-	-	-	-	-	-	
r	min.		0,2	0,2	0,25	0,4	0,4	0,6	
	nom. = max.		7	8	10	13	16	18	
s	Categorie	A min.	6,78	7,78	9,78	12,73	15,73	17,73	
		B min.	-	-	-	-	-	-	
		Categorie							
		A		B					
nom.	min.	max.	min.	max.					
8	7,71	8,29	-	-					
10	9,71	10,29	-	-					
12	11,65	12,35	-	-					
16	15,65	16,35	-	-					
20	19,58	20,42	-	-					
25	24,58	25,42	-	-					
30	29,58	30,42	-	-					
35	34,5	35,5	-	-					
40	39,5	40,5	-	-					
45	44,5	45,5	-	-					
50	49,5	50,5	-	-					
55	54,4	55,6	-	-					
60	59,4	60,6	58,5	61,5					
65	64,4	65,6	63,5	66,5					
70	69,4	70,6	68,5	71,5					
80	79,4	80,6	78,5	81,5					
90	89,3	90,7	88,25	91,75					
100	99,3	100,7	98,25	101,75					
110	109,3	110,7	108,25	111,75					
120	119,3	120,7	118,25	121,75					

Euroviti - MANUALE TECNICO**VITI A TESTA ESAGONALE CON GAMBO INTERAMENTE FILETTATO**
filettatura metrica ISO a passo grosso - **Categorie A e B**estratto **UNI EN 24017**

ex UNI 5739 - DIN 933

edizione 02/1993

Prospetto 2 di 3

dimensioni in mm

Filettatura		d	(M 14)	M 16	(M 18)	M 20	(M 22)	M 24
P	Passo della filettatura		2	2	2,5	2,5	2,5	3
a	max. 1)		6	6	7,5	7,5	7,5	9
	min.		2	2	2,5	2,5	2,5	3
c	min.		0,15	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	max.		0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
da	max.		15,7	17,7	20,2	22,4	24,4	26,4
dw	Categorie	A min.	19,37	22,49	25,34	28,19	31,71	33,61
		B min.	-	22	24,85	27,7	31,35	33,25
e	Categorie	A min.	23,36	26,75	30,14	33,53	37,72	39,98
		B min.	-	26,17	29,56	32,95	37,29	39,55
k	Categoria	nom.	8,8	10	11,5	12,5	14	15
		A min.	8,62	9,82	11,285	12,285	13,785	14,785
	Categoria	max.	8,98	10,18	11,715	12,715	14,215	15,215
		B min.	-	9,71	11,15	12,15	13,65	14,65
k' 2)	Categorie	A min.	6,03	6,87	7,9	8,6	9,65	10,35
		B min.	-	6,8	7,81	8,51	9,56	10,26
r	min.		0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
s	nom. = max.		21	24	27	30	34	36
	Categorie	A min.	20,67	23,67	26,67	29,67	33,38	35,38
		B min.	-	23,16	26,16	29,16	33	35
Categorie								
		A			B			
nom.	min.	max.	min.	max.				
30	29,58	30,42	-	-				
35	34,5	35,5	-	-				
40	39,5	40,5	-	-				
45	44,5	45,5	-	-				
50	49,5	50,5	-	-				
55	54,4	55,6	-	-				
60	59,4	60,6	58,5	61,5				
65	64,4	65,6	63,5	66,5				
70	69,4	70,6	68,5	71,5				
80	79,4	80,6	78,5	81,5				
90	89,3	90,7	88,25	91,75				
100	99,3	100,7	98,25	101,75				
110	109,3	110,7	108,25	111,75				
120	119,3	120,7	118,25	121,75				
130	129,2	130,8	128	132				
140	139,2	140,8	138	142				
150	149,2	150,8	148	152				
160	-	-	158	162				
180	-	-	178	182				
200	-	-	197,7	202,3				

Euroviti - MANUALE TECNICO**VITI A TESTA ESAGONALE CON GAMBO INTERAMENTE FILETTATO**
filettatura metrica ISO a passo grosso - **Categorie A e B**estratto **UNI EN 24017**

ex UNI 5739 - DIN 933

edizione 02/1993

Prospetto 3 di 3				
Materiale		Acciaio	Acciaio Inossidabile	Metalli non ferrosi
Prescrizioni generali	Norma	ISO 8992		
Filettatura	Tolleranza	6g		
	Norme	ISO 261, ISO 965/2		
Proprietà meccaniche	Classe di resistenza ^{a)}	d < 3 mm: secondo accordo 3mm ≤ d ≤ 39mm: 5.6-8.8-10.9 d > 39 mm: secondo accordo	d ≤ 20 mm: A2-70 20mm < d ≤ 39mm: A2-50 d > 39mm: secondo accordo	---
	Norme	3mm ≤ d ≤ 39mm: ISO 898/1 d < 3 mm e d > 39 mm: secondo accordo	d ≤ 39mm: ISO 3506 d > 39mm: secondo accordo	ISO 8839
Tolleranze	Categoria	Per d ≤ 24 mm e l ≤ 10 d o 150 mm ^{b)} : A Per d > 24 mm e l > 10 d o 150 mm ^{b)} : B		
	Norma	ISO 4759/1		
Finitura		come da lavorazione	naturale	naturale
		Per rivestimenti elettrolitici vedere ISO 4042. Se si desiderano rivestimenti elettrolitici differenti o altri tipi di finiture, devono essere presi accordi tra committente e fornitore. I limiti dei difetti superficiali sono riportati nella ISO 6157/1 e ISO 6157/3.		
Collaudo		Per le procedure di accettazione, vedere ISO 3269.		

a) I simboli per la designazione delle classi di resistenza normalizzate nella ISO 898/1 possono anche servire per le filettature maggiori di M 39 a condizione che i prodotti finiti abbiano tutte le caratteristiche relative a tali simboli secondo ISO 898/1,
b) Secondo il valore più piccolo.

1) Valori in accordo con **a max.**, serie normale, della ISO 3508.

2) K' min. = 0,7 K min.

NOTE:

- Le lunghezze nominali correnti sono quelle tra le linee continue in grassetto.

- Categoria A sopra la linea tratteggiata.- Categoria B sotto la linea tratteggiata.**CAMPO DI APPLICAZIONE:** Questa norma specifica le caratteristiche delle viti a testa esagonale con gambo interamente filettato, con filettatura metrica ISO a passo grosso, di:

Categoria A per i diametri d da M 1,6 a M 24 e lunghezze nominali l ≤ a 10d o 150 mm (secondo il valore più piccolo).

Categoria B per i diametri d > di M 24 a M 64 e lunghezze nominali l > di 10d o 150 mm (secondo il valore più piccolo).

Se fossero richieste prescrizioni particolari aggiuntive a questa norma, si raccomanda di sceglierle tra le normative esistenti (come indicazione vedere alla sezione Riferimenti).

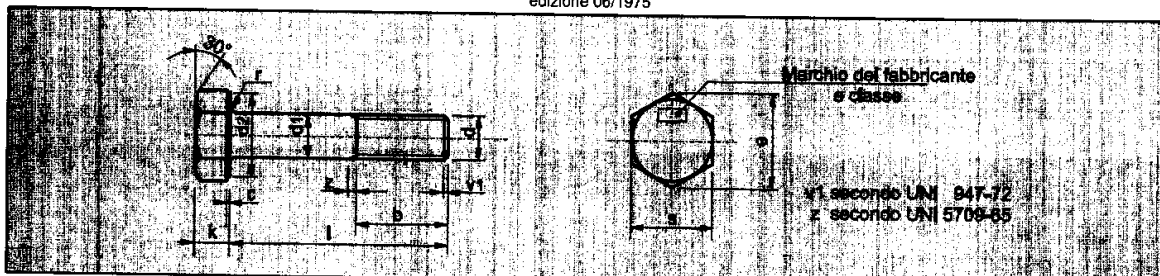
filettatura d		M 10	M 12	M 14	M 22	La tabella qui a fianco evidenzia le differenze dimensionali significative che esistono tra le norme EN e le norme UNI.
dw	min.	EN 14,63	16,63	19,37	31,71	
		UNI 15,6	17,4	20,5	30	
e	min.	EN 17,77	20,03	23,36	37,72	
		UNI 18,9	21,1	24,49	35,72	
s	max.	EN 16	18	21	34	
		UNI 17	19	22	32	
	min.	EN 15,73	17,73	20,67	33,38	
		UNI 16,73	18,67	21,67	31,61	

AVVERTENZA: - Per motivi tecnici di adeguamento degli impianti produttivi e per poter adottare integralmente le norme ISO (EN), è possibile che le viti riguardanti questa norma siano ancora prodotte secondo la norma UNI 5739.
- I nostri tecnici di Sede sono a disposizione per ulteriori informazioni o approfondimenti in merito.

N.B. : Le misure tra parentesi si considerano **NON PREFERENZIALI**.

Euroviti - MANUALE TECNICO**VITI A TESTA ESAGONALE LARGA AD ALTA RESISTENZA
PER CARPENTERIA**filettatura metrica ISO a passo grosso - **Categorie A e C**estratto **UNI 5712** (≠ DIN 6914)

edizione 06/1975

**Prospetto 1 di 3**

dimensioni in mm

Le viti della presente norma sono destinate all'impiego nella carpenteria di acciaio in giunti ad alta resistenza precaricati. Devono essere impiegate esclusivamente con dadi UNI 5713, rosette UNI 5714 o piastrine di appoggio UNI 5715 e UNI 5716.

Filettatura	d	M 12	M 14	M 16	M 18	M 20	M 22	M 24	M 27
P	Passo della filettatura	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3
d ₁		12	14	16	18	20	22	24	27
b	*	21	23	26	28	31	32	34	37
	**	23	25	28	30	33	34	37	39
s		22	24	27	30	32	36	41	46
e	min.	23,91	26,17	29,56	32,95	35,03	39,55	45,2	50,85
k		8	9	10	12	13	14	15	17
c		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
d ₂	min. •	20,4	22,4	25,4	28,4	30	33,8	38,8	43,8
	nom.	1,2	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5	2
r	scostamento limite	+0,4 / 0				+0,5 / 0			
l									
30									
35									
40									
45									
50									
55									
60									
65									
70									
75									
80									
85									
90									
95									
100									
105									
110									
115									
120									
125									
130									
135									
140									
145									
150									
155									
160									

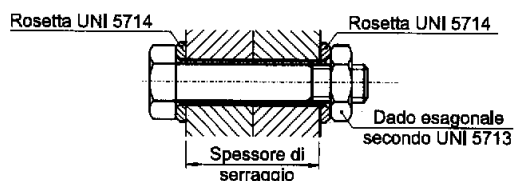
* Valori di b validi per lunghezze **SOPRA** la linea continua in grassetto.** Valori di b validi per lunghezze **SOTTO** la linea continua in grassetto.• Il valore massimo di d₂ non deve superare il valore effettivo di s.

Euroviti - MANUALE TECNICO**VITI A TESTA ESAGONALE LARGA AD ALTA RESISTENZA
PER CARPENTERIA**filettatura metrica ISO a passo grosso - **Categorie A e C**estratto **UNI 5712** (≠ DIN 6914)

edizione 06/1975

Prospetto 2 di 3

Materiale	Acciaio classe 10.9 secondo UNI 3740/3
Filettatura	M vedere UNI 4534
Tolleranze	Categoria A: Parte filettata; diametro del gambo liscio; altezza testa; diametro del piano di appoggio della rosetta sottotesta; errori di forma e posizione UNI 3740/2. Categoria C: Per le altre parti, UNI 3740/2.
Finitura superficiale	Ossidazione nera e oliatura.
Collaudo	Secondo 3740/8.

APPENDICE**Spessori di serraggio****Prospetto 3 di 3**

dimensioni in mm

	M 12	M 14	M 16	M 18	M 20	M 22	M 24	M 27	M 30
l	Spessore di serraggio (minimo e massimo)								
30	6 ÷ 10								
35	11 ÷ 14	8 ÷ 12							
40	15 ÷ 19	13 ÷ 15	10 ÷ 14	8 ÷ 12					
45	20 ÷ 24	16 ÷ 20	15 ÷ 19	13 ÷ 17					
50	25 ÷ 29	21 ÷ 25	20 ÷ 23	18 ÷ 22					
55	30 ÷ 34	26 ÷ 30	24 ÷ 28	23 ÷ 27	20 ÷ 24				
60	35 ÷ 38	31 ÷ 35	29 ÷ 33	28 ÷ 32	25 ÷ 29	24 ÷ 28			
65	39 ÷ 43	36 ÷ 40	34 ÷ 38	33 ÷ 37	30 ÷ 34	29 ÷ 33	27 ÷ 31		
70	44 ÷ 48	41 ÷ 45	39 ÷ 43	38 ÷ 40	35 ÷ 39	34 ÷ 37	32 ÷ 36	27 ÷ 31	
75			44 ÷ 48	41 ÷ 45	40 ÷ 44	38 ÷ 42	37 ÷ 41	32 ÷ 36	
80			49 ÷ 52	46 ÷ 50	45 ÷ 49	43 ÷ 47	42 ÷ 46	37 ÷ 41	
85			53 ÷ 57	51 ÷ 55	50 ÷ 53	48 ÷ 52	47 ÷ 50	42 ÷ 46	
90			58 ÷ 62	56 ÷ 60	54 ÷ 58	53 ÷ 57	51 ÷ 55	47 ÷ 51	
95			63 ÷ 67	61 ÷ 65	59 ÷ 63	58 ÷ 62	56 ÷ 60	52 ÷ 56	
100			68 ÷ 72	66 ÷ 70	64 ÷ 68	63 ÷ 67	61 ÷ 65	57 ÷ 61	
105			73 ÷ 77	71 ÷ 75	69 ÷ 73	68 ÷ 72	66 ÷ 70	62 ÷ 66	
110					74 ÷ 78	73 ÷ 77	71 ÷ 75	67 ÷ 71	
115					79 ÷ 83	78 ÷ 82	76 ÷ 80	72 ÷ 76	
120					84 ÷ 88	83 ÷ 86	81 ÷ 85	77 ÷ 80	
125					89 ÷ 92	87 ÷ 91	86 ÷ 89	81 ÷ 85	
130					93 ÷ 97	92 ÷ 96	90 ÷ 94	86 ÷ 90	
135							95 ÷ 99	91 ÷ 95	
140							100 ÷ 104	96 ÷ 100	
145							105 ÷ 109	101 ÷ 105	
150							110 ÷ 114	106 ÷ 110	
155								111 ÷ 115	
160								116 ÷ 120	

IMPORTANTE :

Alla data di stesura del presente manuale la norma UNI 5712 è quella vigente perchè non ancora sostituita da norme ISO (o ISO EN).
Le caratteristiche generali (classi di resistenza, materiali, tolleranze) sono indicate con le vecchie norme e sigle della UNI.
L'evoluzione internazionale del settore è stata tale che molte norme UNI specialmente quelle relative a classi di resistenza, materiali, tolleranze dimensionali, sono state sostituite a volte con **SOSTANZIALI VARIAZIONI**.
E' EVIDENTE che in questa fase di TRANSIZIONE la citazione delle caratteristiche possa risultare non aggiornata.
Per questo si raccomanda di consultare le normative ISO che trattano in merito (come indicazione vedere alla sezione Riferimenti).
I nostri tecnici di Sede sono a disposizione per ulteriori informazioni o approfondimenti.

4.1.5.2- *Categorie in base alla qualità di lavorazione*

In base alla precisione dell'esecuzione, delle tolleranze di lavorazione, i bulloni si classificano in 3 categorie.

Categoria A,B

Sono bulloni eseguiti con tolleranze $6H$, $6g$ relative, rispettivamente, alla filettatura della madrevite e della vite e qualità di lavorazione media sul gambo non filettato.

Categoria C

Sono bulloni eseguiti con tolleranze $7H$, $8g$ relative, rispettivamente alla filettatura della madrevite e della vite e qualità di lavorazione grossolana sul gambo non filettato.

4.1.5.3- *Filettature sul gambo*

I bulloni si possono differenziare a seconda dell'estensione della filettatura sul gambo. Si distinguono:

- Bulloni con gambo interamente filettato
Esempio UNI EN 24017 (ex UNI 5739)
- Bulloni con gambo parzialmente filettato
Esempio UNI EN 24017

Impiegando un bullone con gambo interamente filettato, in una sollecitazione a taglio, la superficie da porre a calcolo è la sezione resistente A_{res} , riportata nella tabella delle filettature

Impiegando bulloni parzialmente filettati, scegliendoli in modo che le sezioni di taglio siano sul gambo, la sezione da porre a calcolo è quella corrispondente al diametro nominale d

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

4.1.6 *Posizione dei fori nelle unioni bullonate e chiodate*

Nelle unioni bullonate o chiodate i fori devono essere posizionati in modo da rispettare delle distanze limiti, tra i centri di essi e i bordi delle piastre da collegare. Distanze limiti sono previste tra i centri di fori contigui. Le distanze limiti sono riportate nella tabella 4.2.XIII normativa NTC e si riferiscono agli schemi di distribuzione dei fori come riportato nella figura Fig.4.2

Diametro dei fori

I fori sulle piastre da unire hanno diametri maggiorati rispetto a quello nominale del bullone; e precisamente la maggiorazione raccomandata è:

- maggiorazione di $1mm$ per bulloni con diametri nominali fino a $20mm$
- maggiorazione di $1,5mm$ per bulloni con diametri nominali maggiori di $20mm$

Quando è necessario è possibile adottare accoppiamenti di precisione con maggiorazioni non superiori a $0,3\text{ mm}$ per bulloni con $\phi \leq 20\text{ mm}$ e $0,5\text{ mm}$ per $\phi > 20\text{ mm}$

Dalla tabella: Tabella 4.2.XIII *Posizione dei fori per unioni bullonate e chiodate*

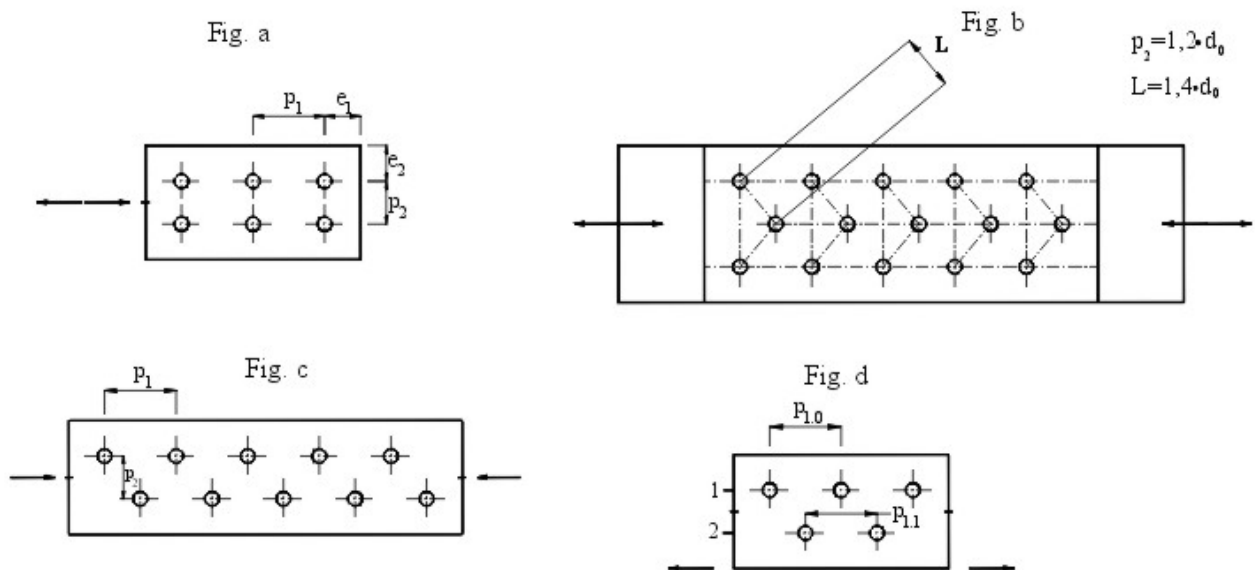
Distanze e interassi	Minimo	Massimo		
		Unioni esposte a fenomeni corrosivi o ambientali	Unioni non esposte a fenomeni corrosivi o ambientali	Unioni con elementi in acciaio resistente alla corrosione (EN 10025-5)
e_1	$1,2 d_0$	$4t + 40\text{ mm}$	-	$\max(8t; 125\text{ mm})$
e_2	$1,2 d_0$	$4t + 40\text{ mm}$	-	$\max(8t; 125\text{ mm})$
p_1	$2,2 d_0$	$\min(14t; 200\text{ mm})$	$\min(14t; 200\text{ mm})$	$\max(14t; 125\text{ mm})$
$p_{1.0}$	-	$\min(14t; 200\text{ mm})$	-	-
$p_{1.1}$	-	$\min(28t; 400\text{ mm})$	-	-
p_2	$2,4 d_0$	$\min(14t; 200\text{ mm})$	$\min(14t; 200\text{ mm})$	$\min(14t; 175\text{ mm})$

L'instabilità locale del piatto posto tra i bulloni/chiodi non deve essere considerata se:

$$\frac{p_1}{t} < 9 \left(\frac{235}{f_y} \right)^{0,5}$$

in caso contrario si assumerà una lunghezza di libera inflessione pari a $0,6 \cdot p_1$.
 t è lo spessore minimo degli elementi esterni collegati.

Fig.4.2



4.1.7 Calcolo della resistenza dei bulloni

Nelle unioni, il bullone, a seconda dei casi, può essere sollecitato a taglio, a trazione o ad entrambi le sollecitazioni.

Nel caso di unioni con bulloni non precaricati, si può presentare l'una o l'altra sollecitazione o entrambe, opportunamente combinate.

Nelle unioni ad attrito, con bulloni precaricati, la sollecitazione è di sola trazione.

Nel calcolo della resistenza alle sollecitazioni, sia dei bulloni, sia delle piastre, così anche per il rifollamento dei fori o per il punzonamento, si adottano i coefficienti di sicurezza γ_M indicati nella tabella 4.2.XII.

Dalla tabella: **Tabella 4.2.XII** Coefficienti di sicurezza per la verifica delle unioni

Resistenza dei bulloni	$\gamma_{M2} = 1,25$
Resistenza dei chiodi	
Resistenza delle connessioni a perno	
Resistenza delle saldature a parziale penetrazione e a cordone d'angolo	
Resistenza dei piatti a contatto	
Resistenza a scorrimento per SLU per SLE	$\gamma_{M3} = 1,25$ $\gamma_{M3} = 1,10$
Resistenza delle connessioni a perno allo stato limite di esercizio	$\gamma_{M6,ser} = 1,0$
Precarico di bulloni ad alta resistenza	$\gamma_{M7} = 1,10$

4.1.7.1- Unioni con bulloni soggette a taglio e/o trazione

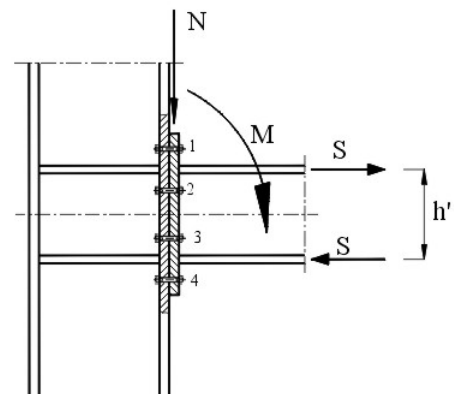
In una unione con bulloni non precaricati lo sforzo sul bullone può essere di taglio, di trazione o di una combinazione di questi.

Così nella figura, i bulloni nella piastra di collegamento della traversa alla colonna, sono sollecitati sia a taglio sia a trazione.

Lo sforzo di taglio, dovuto alla forza N all'estremità della traversa, si presenta sui bulloni in prossimità della superficie di contatto tra la piastra di collegamento e l'ala della colonna. Il momento M determina sforzi di trazione sui bulloni 1,2:

$$S = \frac{M}{h'}$$

Fig.4.3



Indicazione degli sforzi

Si indicano con

$F_{v,Ed}$ sforzo (sollecitazione) di progetto a taglio

$F_{t,Ed}$ sforzo (sollecitazione) di progetto a trazione

$F_{v,Rd}$ resistenza di calcolo al taglio del bullone

$F_{t,Rd}$ resistenza di calcolo a trazione del bullone

Verifiche

Occorre, a seconda dei casi, eseguire verifiche su singole sollecitazioni a taglio o a trazione oppure ad una combinazione delle due sollecitazioni.

Verifica della sollecitazione al solo taglio

Deve essere soddisfatta la limitazione:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1 \quad (4.3)$$

Verifica della sollecitazione di sola trazione

Deve essere soddisfatta la limitazione:

$$\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1 \quad (4.4)$$

Verifica di una sollecitazione con presenza di taglio e trazione

Deve essere soddisfatta la relazione:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1 \quad (4.5)$$

e deve anche essere sempre soddisfatta la limitazione:

$$\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1 \quad (4.6)$$

4.1.7.2- *Resistenza di calcolo a taglio $F_{v,Rd}$*

Nell'unione di due o più piastre il bullone può essere soggetto ad uno o più piani di taglio, e questi si possono presentare, a seconda del tipo di bullone, sul tratto filettato o sul gambo non filettato.

4.1.7.2.1- Resistenza in un piano di taglio passante per un tratto filettato del bullone

La resistenza viene calcolata a seconda della classe del bullone

Bulloni di classe 4.6 - 5.6 - 8.8

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}} \quad (4.7)$$

Bulloni di classe 6.8 - 10.9

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}} \quad (4.8)$$

dove:

$f_{t,b}$ tensione di rottura (vedi Tabella 11.3.XII.b)

A_{res} area resistente della filettatura (vedi tabella relativa alle filettature ISO)

γ_{M2} coefficiente di sicurezza (Tabella 4.2.XII)

4.1.7.2.2- Resistenza in un piano di taglio passante per il gambo non filettato del bullone

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{tb} \cdot A}{\gamma_{M2}} \quad (4.9)$$

dove:

$f_{t,b}$ tensione di rottura

A area del gambo corrispondente a quella col diametro nominale della vite (vedi tabella relativa alle filettature ISO).

γ_{M2} coefficiente di sicurezza (Tabella 4.2.XII)

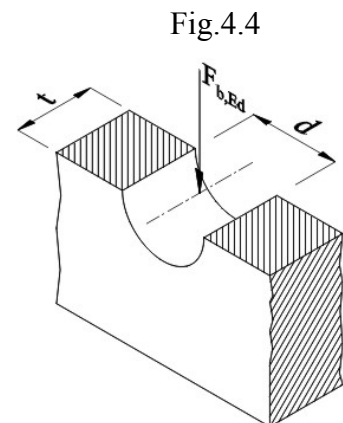
4.1.7.2.3- Verifica a rifollamento

Nell'unione bullonata, con sollecitazione a taglio, il gambo o la parte filettata del bullone premono sulla superficie interna del foro, trasmettendo ad essa una pressione, che tende a determinare una deformazione, detta *rifollamento*, o della piastra di collegamento o del profilato da collegare.

Si indica con:

$F_{b,Ed}$ forza di progetto trasmessa dal bullone, che si scarica sulle superfici del foro;

$F_{b,Rd}$ resistenza a rifollamento della parte metallica contenente il foro.



Per la verifica deve risultare:

$$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1 \quad (4.10)$$

Ove in genere risulta:

$$F_{b,Ed} = F_{v,Ed}$$

Per una verifica completa deve risultare: lo sforzo di progetto a taglio $F_{v,Ed}$ inferiore sia alla resistenza a taglio del bullone $F_{v,Rd}$, sia alla resistenza al rifollamento $F_{b,Rd}$: debbono essere soddisfatte entrambi le limitazioni (4.3) e (4.10)

$$\text{Entrambi soddisfatte} \begin{cases} \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1 \\ \frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1 \end{cases}$$

Resistenza a rifollamento

È data dall'espressione:

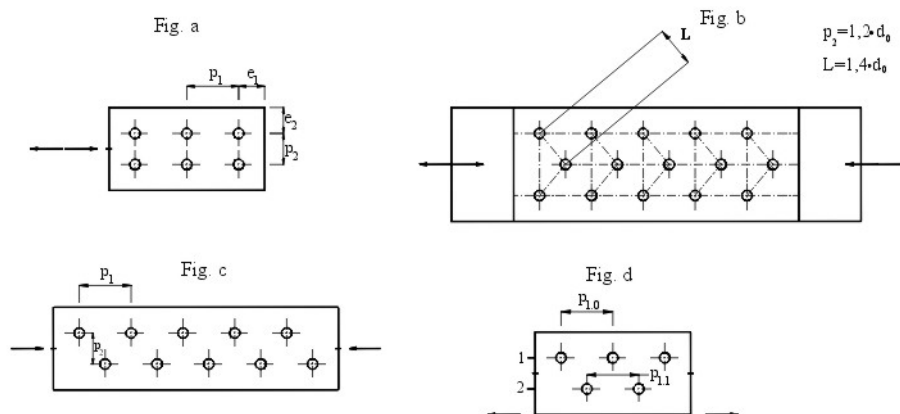
$$F_{b,Rd} = \frac{k \cdot \alpha \cdot f_{tb} \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} \quad (4.12)$$

Dove:

d diametro nominale del bullone

t spessore della parte metallica contenente il foro

α, k coefficienti dipendenti dalla posizione del foro rispetto ai bordi e ai centri dei fori contigui e rispetto direzione del carico applicato. Facciamo riferimento agli schemi di posizioni, qui di seguito riportate.



Coefficiente α

La determinazione del coefficiente α si ottiene in base alla posizione del foro rispetto ad un riferimento, nella direzione del carico applicato. Si distinguono due casi:

1- Bulloni di bordo

Il coefficiente α si sceglie in base alla distanza e_1 del bullone dal bordo della piastra nella direzione del carico applicato Fig.a.

Si pone per α il minimo tra i valori ottenuti dalle seguenti espressioni

$$\begin{aligned}
 & - \frac{e_1}{3 \cdot d_0} \quad \text{con } d_0 \text{ diametro del foro} \\
 & - \frac{f_{tb}}{f_{tk}} \quad \text{con } \begin{cases} f_{tb} \text{ tensione di rottura della vite} \\ f_{tk} \text{ tensione di rottura della piastra} \end{cases} \\
 & - 1 \\
 & \alpha = \min \left\{ \frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{f_{tb}}{f_{tk}}; 1 \right\}
 \end{aligned}$$

2- Bulloni interni

Il coefficiente α si determina in base alla distanza p_1 del bullone da un altro contiguo nella direzione del carico applicato, come Fig.a.

Si pone per α il minimo tra i valori delle espressioni indicate entro parentesi

$$\alpha = \min \left\{ \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - 0,25; \frac{f_{tb}}{f_{tk}}; 1 \right\}$$

Coefficiente k

La determinazione del coefficiente k si ottiene in base alla posizione del foro rispetto ad un riferimento, nella direzione normale al carico applicato. Si distinguono due casi:

a- Bulloni di bordo

coefficiente k si determina in base alla distanza e_2 del bullone dal bordo della piastra, nella direzione perpendicolare al carico applicato, come Fig.a. Si pone per k il minimo tra i valori delle espressioni indicate entro parentesi:

$$k = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right\}$$

b- Bulloni interni

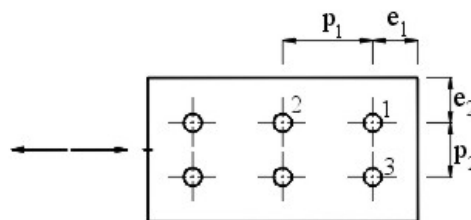
coefficiente k si determina in base alla distanza p_2 del bullone da un altro contiguo, nella direzione perpendicolare al carico applicato, come Fig.a.

Si pone per k il minimo tra i valori delle espressioni indicate entro parentesi

$$k = \min \left\{ \frac{1,4 \cdot p_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right\}$$

Per chiarire quanto esposto si considerino, come esempi, i valori di α, k per i fori 1,2,3 della piastra di connessione di figura Fig.4.5

Fig.4.5



Foro 1

Foro di bordo

Per α : foro distante e_1 dal bordo della piastra, nella direzione del carico quindi:

$$\alpha = \min \left\{ \frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{f_{tb}}{f_{tk}}; 1 \right\}$$

Per k: foro distante e_2 dal bordo della piastra, nella direzione perpendicolare al carico, quindi:

$$k = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right\}$$

Foro 2

Foro interno

Per α : foro posto alla distanza p_1 da un altro contiguo nella direzione del carico applicato:

$$\alpha = \min \left\{ \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - 0,25; \frac{f_{tb}}{f_{tk}}; 1 \right\}$$

Per k: foro posto a distanza p_2 da un altro contiguo nella direzione normale al carico applicato:

:

$$k = \min \left\{ \frac{1,4 \cdot p_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right\}$$

Foro 3

Foro di bordo

Per α : foro distante e_1 dal bordo della piastra, nella direzione del carico quindi:

$$\alpha = \min \left\{ \frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{f_{tb}}{f_{tk}}; 1 \right\}$$

Per k: foro distante e_2 dal bordo della piastra, nella direzione perpendicolare al carico, quindi:

$$\alpha = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right\}$$

4.1.7.2.4- Resistenza di calcolo a trazione

La resistenza di calcolo a trazione $F_{t,Rd}$ di un bullone è data dall'espressione:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}}$$

con

f_{tb} tensione di rottura del bullone (Tabella 11.3.XII.b)

A_{res} area resistente della filettatura (vedi tabella relativa alle filettature ISO)

Avendo indicato con $F_{t,Ed}$ lo sforzo di taglio a trazione, per la verifica del bullone a sola trazione deve essere soddisfatta la limitazione:

$$\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1$$

Come già esposto, nel caso della presenza contemporanea delle sollecitazioni a trazione e taglio deve essere soddisfatta la relazione:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1 \quad (4.5)$$

e deve anche essere sempre soddisfatta la limitazione:

$$\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1$$

4.1.7.2.5- Verifica e resistenza a punzonamento

Nella sollecitazione a trazione il dado o la testa del bullone premono sulla piastra di collegamento (sull'elemento da collegare) tendendo a tranciare il contorno sottoposto a tensione di punzonamento.

La resistenza a punzonamento è data dall'espressione:

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_{tk}}{\gamma_{M2}} \quad (4.13)$$

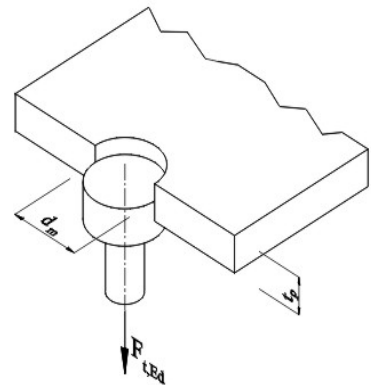
dove:

f_{tk} è la tensione di rottura dell'acciaio del piatto

t_p lo spessore del piatto

d_m secondo la normativa NTC DM2008, d_m è (testualmente):

Fig.4.6



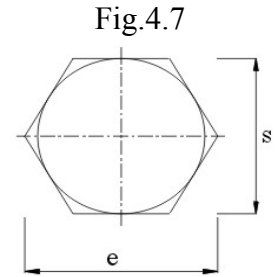
il minimo tra il diametro del dado e il diametro medio della testa del bullone (??). non è molto chiaro.

Secondo la normativa EC3 d_m è (testualmente):
il valore minore fra il valore medio della distanza misurata fra i punti e fra le superfici piane della testa del bullone o del dado.

Così, interpretando questa seconda definizione, può essere ragionevole che, nel caso la testa di bullone o di un dado abbia un profilo come quello rappresentato in figura Fig.4.7, si assuma come diametro medio:

$$d_m = \frac{s + e}{2}$$

$\pi \cdot d_m$ rappresenta la circonferenza media di tranciatura



4.1.7.2.6- Riassunto verifiche

4.1.7.2.6.1- Verifica a taglio

La forza di progetto $F_{v,Ed}$ a taglio deve essere inferiore o uguale alla minima tra la resistenza di progetto a taglio $F_{v,Rd}$ del bullone (chiodo) e la resistenza $F_{b,Rd}$ a rifollamento del piatto interessato all'unione.

$$F_{v,Ed} \leq \min\{F_{v,Rd}; F_{b,Rd}\}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{\min\{F_{v,Rd}; F_{b,Rd}\}} \leq 1$$

4.1.7.2.6.2- Verifica a trazione

La forza di progetto $F_{t,Ed}$ a trazione deve essere inferiore o uguale alla minima tra la resistenza di progetto a trazione $F_{t,Rd}$ del bullone (chiodo) e la resistenza $B_{p,Rd}$ a punzonamento del piatto interessato all'unione.

$$F_{t,Ed} \leq \min\{F_{t,Rd}; B_{p,Rd}\}$$

$$\frac{F_{t,Ed}}{\min\{F_{t,Rd}; B_{p,Rd}\}} \leq 1$$

4.1.7.2.6.3- Verifica di una sollecitazione combinata Taglio e trazione

In una sollecitazione combinata taglio e trazione su l'insieme bullone piastra, occorre considerare complessivamente il confronto tra la forza di progetto e le relative resistenze degli elementi dell'unione, scegliendo tra queste, nel confronto, quella con valore minore.

Così possiamo distinguere, singolarmente, quanto segue, per le due sollecitazioni.

Per il taglio

Si è indicato con $F_{v,Ed}$ la forza di taglio di progetto.

Si indicherà con $F_{V,Rd}$ (V maiuscolo) la resistenza che andrà confrontata con lo sforzo di taglio di progetto, corrispondente al minimo valore tra la resistenza a taglio del bullone $F_{v,Rd}$ e la resistenza a rifollamento $F_{b,Rd}$ della piastra

$$F_{V,Rd} = \min\{F_{v,Rd}; F_{b,Rd}\}$$

Per la trazione

Si è indicato con $F_{t,Ed}$ la forza di trazione di progetto.

Si indicherà con $F_{T,Rd}$ (T maiuscolo) la resistenza che andrà confrontata con lo sforzo di trazione di progetto, corrispondente al minimo valore tra la resistenza a trazione del bullone $F_{t,Rd}$ e la resistenza a punzonamento $B_{p,Rd}$ della piastra

$$F_{T,Rd} = \min\{F_{t,Rd}; B_{p,Rd}\}$$

Per la verifica alla sollecitazione combinata di taglio e trazione deve essere soddisfatta la relazione:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{V,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{T,Rd}} \leq 1 \quad (4.5)$$

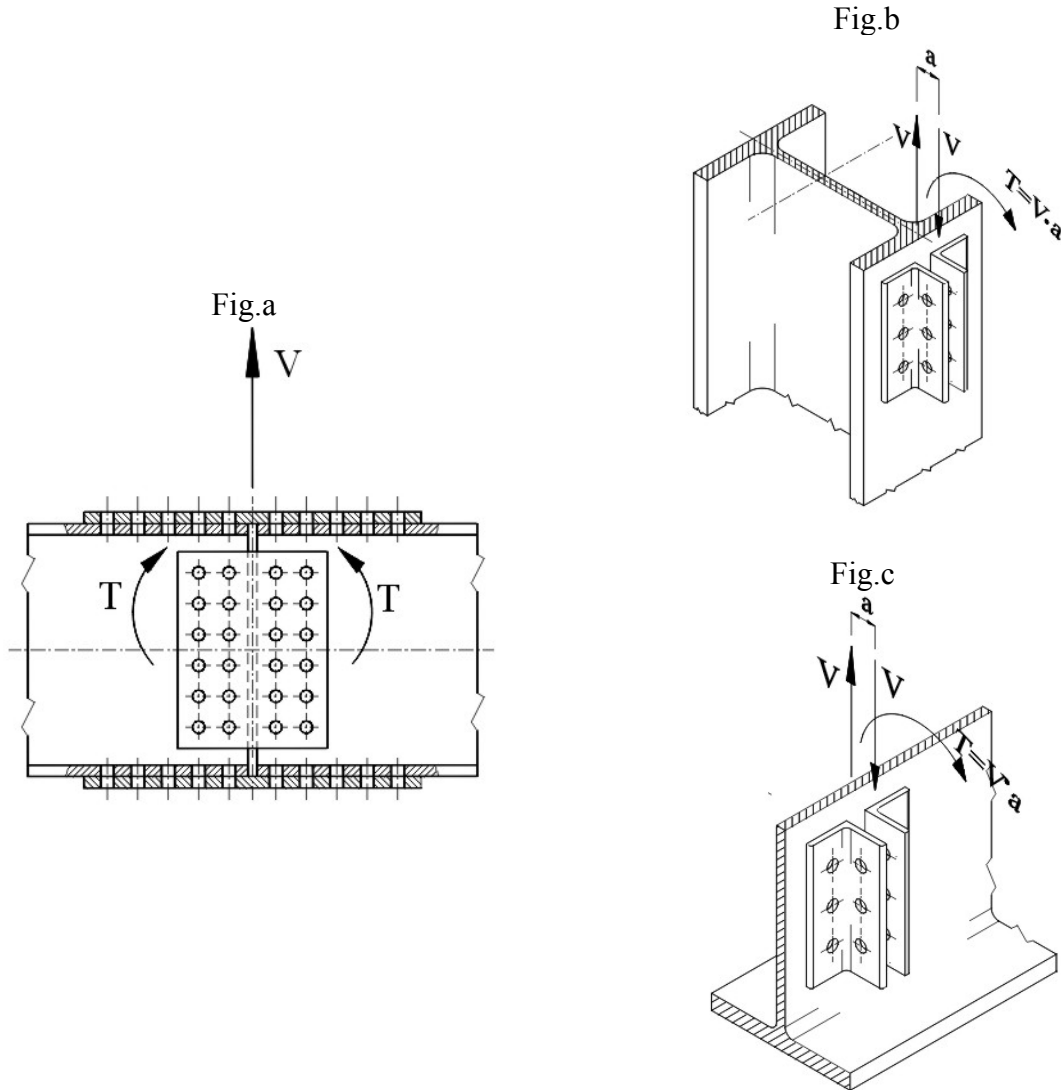
e deve anche essere sempre soddisfatta la limitazione:

$$\frac{F_{t,Ed}}{F_{T,Rd}} \leq 1$$

4.1.7.3- Giunzioni bullonate sollecitate a taglio e torsione

Le giunzioni bullonate possono essere sollecitate dalla combinazione di uno sforzo tagliante ed un momento torcente. Questo, ad esempio, può provenire dalla trasmissione di un momento flettente, nella giunzione con coprighiunti, tra due travi a doppio T (Fig.a); oppure, per eccentricità dello sforzo tagliante sulla bullonatura, rispetto al baricentro di quella di fissaggio all'ala o all'anima di un profilato a doppio T (Fig.b, Fig.c).

Fig.4.10



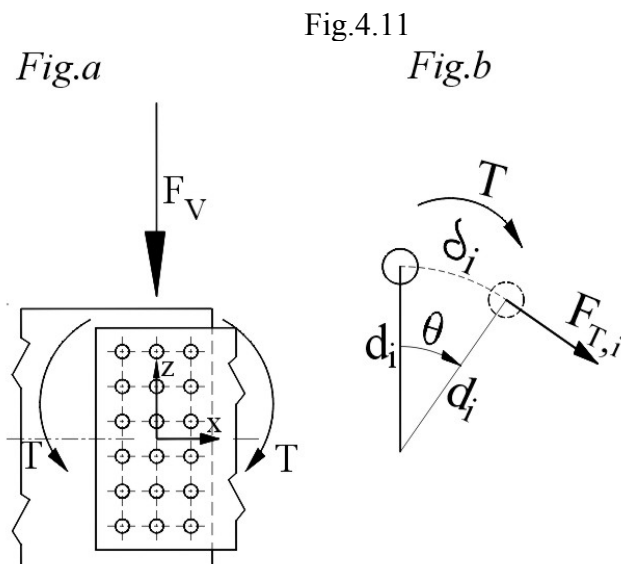
I bulloni sono sollecitati da sforzi, provocati dall'azione combinata di uno sforzo tagliante $V = F_V$ e un momento torcente T sulla giunzione bullonata.

Consideriamo, così, lo schema generico, rappresentato in Fig.5.11, di una bullonatura soggetta a taglio F_V e momento torcente T .

Esaminiamo dapprima l'effetto del taglio.

Si fa l'ipotesi di lamiera rigida e bulloni con deformazione elastica, in modo che, la tensione a taglio di reazione τ risulti proporzionale alla deformazione unitaria δ .

Così, consideriamo l'effetto della torsione T sul singolo bullone i^{mo} della bullonatura rappresentate in Fig.a di Fig.5.11. Questo subisce una deformazione elastica δ_i , ruotando attorno al baricentro della bullonatura di un angolo θ (Fig.b).



Il bullone, sottoposto ad uno scorrimento relativo elastico unitario δ_i di una sua sezione rispetto ad un'altra contigua*, reagisce con una reazione unitaria di taglio τ_i proporzionale alla deformazione, Fig.5.12.

$$\tau_i = k \cdot \delta_i$$

ove $\delta_i = \theta \cdot d_i$

$$\tau_i = k \cdot \theta \cdot d_i \quad (4.14)$$

dove

τ_i tensione unitaria di taglio del bullone i^{mo}

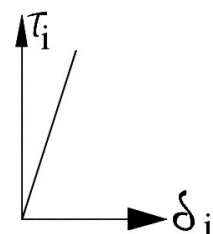
δ_i deformazione elastica di scorrimento unitario (tra due sezioni del bullone, distanti una lunghezza unitaria sull'asse)

k costante di proporzionalità tra tensione unitaria e scorrimento unitario

θ rotazione del bullone i^{mo} rispetto al baricentro della bullonatura

d_i distanza del baricentro del bullone i^{mo} dal baricentro della bullonatura.

Fig.4.12



Sul bullone i^{mo} in esame si genera uno sforzo di taglio:

$$F_{V,i} = \tau_i \cdot A_{res}$$

dove è:

$F_{V,i}$ forza di taglio, di reazione, sul singolo bullone i^{mo} in esame, conseguente la deformazione elastica δ_i

A_{res} sezione resistente del bullone (coincidente con la sezione con diametro nominale per i bulloni parzialmente filettati)

sostituendo la (4.14) si ha:

$$F_{V,i} = k \cdot \theta \cdot d_i \cdot A_{res,i} \quad (4.15)$$

La forza di taglio $F_{V,i}$, sul bullone i^{mo} in esame, equilibra la forza $F_{T,i}$ trasmessa dal momento torcente T :

$$F_{T,i} = F_{V,i}$$

Quindi sul bullone i^{mo} in esame si esercita la forza

$$F_{T,i} = k \cdot \theta \cdot d_i \cdot A_{res,i} \quad (4.15.a)$$

Il momento torcente T sulla bullonatura determina, su ogni bullone j^{mo} di essa, una forza* $F_{T,j}$, espressa dalla stessa relazione della (4.15.a)

$$F_{T,j} = k \cdot \theta \cdot d_j \cdot A_{res,j} \quad (4.16)$$

La forza $F_{T,j}$, alla distanza d_j dal baricentro della bullonatura stabilisce un momento:

$$F_{T,j} \cdot d_j$$

Il momento torcente totale è:

$$T = \sum_1^n F_{T,j} \cdot d_j$$

dove $F_{T,j}$ sta ad indicare la forza sull' j^{mo} bullone generico degli n posti sulla bullonatura, compreso quello i^{mo} ; mentre, $F_{T,i}$ è la forza sullo specifico bullone i^{mo} che si sta considerando.

Sostituendo a $F_{T,j}$ la (4.16) si ha:

$$T = \sum_1^n k \cdot \theta \cdot d_j \cdot A_{res,j} \cdot d_j \quad T = k \cdot \theta \cdot \sum_1^n d_j^2 \cdot A_{res,j}$$

da cui:

$$k \cdot \theta = \frac{T}{\sum_1^n d_j^2 \cdot A_{res,j}}$$

sostituendo nella (4.15.a) si ottiene l'espressione della forza trasmessa dal momento torcente T sul bullone i^{mo} in esame:

* Osservare che $F_{T,i}$ è la forza sul bullone in esame, mentre $F_{T,j}$ è la forza su un bullone generico della bullonatura

$$F_{T,i} = \frac{T}{\sum_1^n d_j^2 \cdot A_{res,j}} \cdot d_i \cdot A_{res,i} \quad (4.17)$$

Si osserva che la sommatoria al denominatore è il momento d'inerzia polare delle aree resistenti di tutti i bulloni rispetto al baricentro della bullonatura:

$$\sum_1^n d_j^2 \cdot A_{res,j} = I_p$$

quindi, sostituendo nella (4,17):

$$F_{T,i} = \frac{T}{I_p} \cdot d_i \cdot A_{res,i} \quad (4,18)$$

L'espressione (4,18) si utilizza se, nella bullonatura, si adoperano bulloni con diametri differenti.

Usualmente la bullonatura è costituita da bulloni con la stessa area resistente:

$$A_{res,j} = A_{res,i} = A_{res}$$

con tale condizione, nell'espressione (4,17), nella sommatoria al denominatore, può essere posta in evidenza A_{res}

$$F_{T,i} = \frac{T}{\sum_1^n d_j^2 \cdot A_{res}} \cdot d_i \cdot A_{res} \quad F_{T,i} = \frac{T}{A_{res} \cdot \sum_1^n d_j^2} \cdot d_i \cdot A_{res}$$

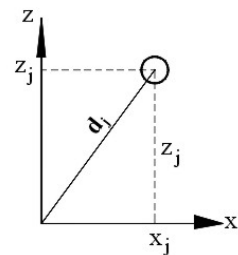
$$F_{T,i} = \frac{T}{\sum_1^n d_j^2} \cdot d_i \quad (4.19)$$

Dove, Fig.5.13:

$$d_j^2 = x_j^2 + z_j^2$$

$$F_{T,i} = \frac{T}{\sum_1^n x_j^2 + z_j^2} \cdot d_i \quad (4.20)$$

Fig4..13



Componenti dello sforzo di taglio $F_{T,i}$ secondo gli assi

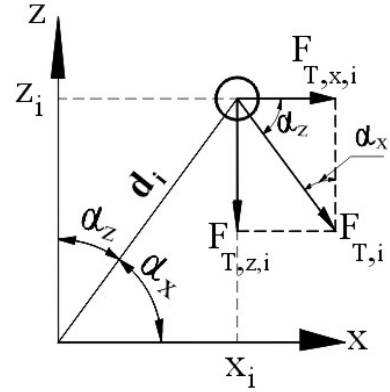
La forza $F_{T,i}$, sul bullone i^{mo} che si sta considerando, provocata dal momento torcente T sulla bullonatura, è normale a d_i , (Fig.5.14).

Fig.4.14

Decomponendo tale forza secondo gli assi x, z si ha:

$$F_{T,x,i} = \frac{T}{\sum_1^n d_j^2} \cdot d_i \cdot \cos \alpha_z$$

$$F_{T,z,i} = \frac{T}{\sum_1^n d_j^2} \cdot d_i \cdot \cos \alpha_x$$



ma (Fig.6.14):

$$d_i \cdot \cos \alpha_z = z_i$$

$$d_i \cdot \cos \alpha_x = x_i$$

Si hanno così le componenti, secondo gli assi di riferimento x, z , della forza tagliante $F_{T,i}$ sul bullone i^{mo} , dovuta al momento torcente T sulla bullonatura, date dalle espressioni::

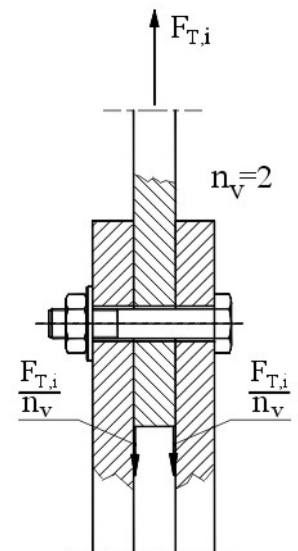
$$\left\{ \begin{aligned} F_{T,x,i} &= \frac{T}{\sum_1^n d_j^2} \cdot z_i \\ F_{T,z,i} &= \frac{T}{\sum_1^n d_j^2} \cdot x_i \end{aligned} \right. \quad (4.15)$$

$$\left\{ \begin{aligned} F_{T,x,i} &= \frac{T}{\sum_1^n (x_j^2 + z_j^2)} \cdot z_i \\ F_{T,z,i} &= \frac{T}{\sum_1^n (x_j^2 + z_j^2)} \cdot x_i \end{aligned} \right. \quad (4.16)$$

Mentre la forza tagliante $F_{T,i}$ sul bullone i^{mo} è espressa da:

$$F_{T,i} = \frac{T}{\sum_1^n (x_j^2 + z_j^2)} \cdot d_i \quad (4.17)$$

Fig.4.15



La forza tagliante $F_{T,i}$ sul bullone i^{mo} , e quindi le sue componenti, si scaricano su due o più lamiere di collegamento, interessando, al taglio, una o più superfici n_v del bullone nella giunzione tra le lamiere. Così, nella figura Fig.5.15 sono collegate 3 lamiere, e la forza $F_{T,i}$,

applicata sulla lamiera centrale, è equilibrata dai due sforzi di reazione al taglio delle due sezioni del bullone in prossimità della giunzione con le lamiere laterali.

Componenti dello sforzo di taglio sulla singola sezione del bullone

Indicando con n_v il numero di sezioni di taglio del bullone i^{mo} , le componenti di $F_{T,i}$ su una singola sezione è:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{T,x,i} = \frac{T}{n_v \cdot \sum_1^n (x_j^2 + z_j^2)} \cdot z_i \\ F_{T,z,i} = \frac{T}{n_v \cdot \sum_1^n (x_j^2 + z_j^2)} \cdot x_i \end{array} \right. \quad (4.18)$$

Determinazione della forza risultante di taglio di progetto

Si supponga che, come rappresentato nella figura Fig.4.11, la bullonatura sia sottoposta ad uno sforzo di taglio F_V nella direzione dell'asse z , e ad un momento torcente T .

La forza totale F_V determina, sulla sezione resistente del bullone i^{mo} , uno sforzo di taglio nelle direzione dell'asse z :

$$F_{v,z} = \frac{F_V}{n \cdot n_v} \quad (4.19)$$

dove:

n è il numero di bulloni della bullonatura

n_v è il numero delle sezioni di taglio del bullone i^{mo}

Il momento torcente T determina, sul bullone i^{mo} , le componenti di taglio $F_{T,x,i}$, $F_{T,z,i}$, rispettivamente, sugli assi x , z .

Ovviamente, per la verifica, interessa determinare le componenti sul bullone più sollecitato, che corrisponde a quello più distante dal baricentro della bullonatura. Per una bullonatura, molto usuale, disposta in file ininterrotte di righe e colonne si ha:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{T,x,max} = \frac{T}{n_v \cdot \sum_1^n (x_j^2 + z_j^2)} \cdot z_{max} \\ F_{T,z,max} = \frac{T}{n_v \cdot \sum_1^n (x_j^2 + z_j^2)} \cdot x_{max} \end{array} \right. \quad (4.20)$$

la forza di taglio totale risultante di progetto $F_{v,ed}$, è la somma vettoriale di tutte le componenti espresse in modulo dalle (4.19), (4.20).

Componente sull'asse x $F_{T,x,max}$

Componente totale sull'asse z $F_{T,z,max} + F_{v,z}$

La forza di taglio risultante di progetto $F_{v,Ed}$ è:

$$F_{v,Ed} = \sqrt{F_{T,x,max}^2 + (F_{T,z,max} + F_{v,z})^2} \quad (4.21)$$

Per la verifica deve essere rispettata la limitazione:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1$$

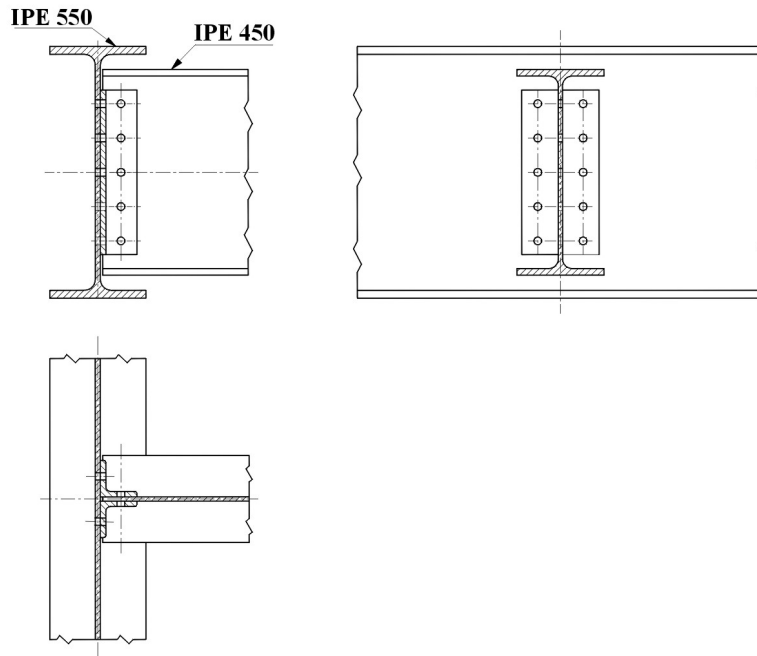
Esempio 1

Bullonatura sollecitata a taglio in un nodo cerniera

Si considera, come esempio di bullonatura sollecitata a taglio, quella del nodo cerniera di appoggio di una trave secondaria sull'anima di una principale, costituita da un profilato IPE 550.

Il collegamento strutturale tra le due travi si ottiene collegando le due anime con squadrette angolari, serrate tra loro con bulloni.

Fig.4.16

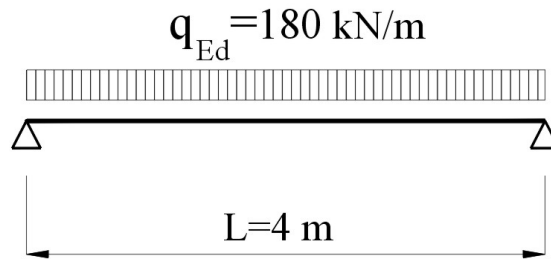


Il collegamento tra le due travi si può considerare una cerniera, ipotizzando che sia nulla la rigidezza torsionale dell'anima della trave principale, in modo da permettere piccole rotazioni, permesse in un vincolo di cerniera.

La trave secondaria sia sollecitata da un carico distribuito di progetto q_{Ed} :

$$q_{Ed} = 180 \text{ kN/m}$$

Fig.4.17



Progettare il nodo cerniera: squadrette e bulloni.

Predimensionamento della trave secondaria

Considerando il comportamento elastico, deve risultare:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{el,Rd}} \leq 1$$

considerando la condizione limite

$$\frac{M_{Ed}}{M_{el,Rd}} = 1$$

da cui:

$$M_{el,Rd} = M_{Ed} \quad (\text{e1.1})$$

Il momento di progetto M_{Ed} corrisponde al momento max.

M_{max}

$$M_{Ed} = M_{max} = \frac{1}{8} \cdot q_{Ed} \cdot L^2 \quad M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot 180 \cdot 4^2 \quad M_{Ed} = 360 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed} = 36000 \text{ kN} \cdot \text{cm} \quad (\text{e1.2})$$

Il momento resistente di progetto elastico $M_{el,Rd}$ è:

$$M_{el,Ed} = \frac{f_{yk} \cdot W_{el,y}}{\gamma_{M0}} \quad (\text{e1.3})$$

sostituendo le (e1.2), (e1.3) nella (e1.1):

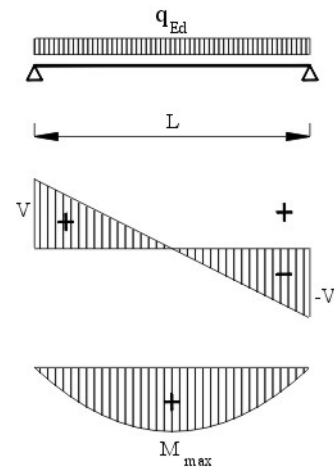
$$\frac{f_{yk} \cdot W_{el,y}}{\gamma_{M0}} = 36000$$

con:

$$f_{yk} = 275 \text{ kN/cm}^2 \quad \text{acciaio S275}$$

$$\gamma_{M0} = 1,05$$

Fig.4.18



si ricava:

$$W_{el,y} = \frac{3600 \cdot \gamma_{M0}}{f_{yk}} \qquad W_{el,y} = \frac{3600 \cdot 1,05}{275}$$

$$W_{el,y} = 1375 \text{ cm}^3$$

Per la trave secondaria è scelto un profilato IPE 450 con $W_{el,y} = 1500 \text{ cm}^3$

Qui, dato il tipo di esercizio, rivolto al dimensionamento del nodo cerniera, si tralasciano le ulteriori verifiche sul profilato, che si suppongono positive.

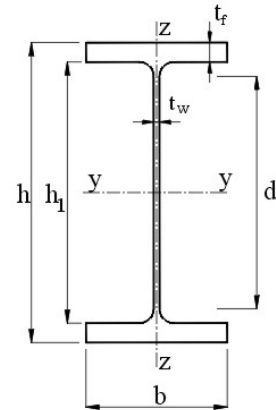
Profilato IPE 450

$$\begin{aligned} h &= 450 \text{ mm} = 45 \text{ cm} & I_y &= 33740 \text{ cm}^4 \\ b &= 190 \text{ mm} = 19 \text{ cm} & I_z &= 1676 \text{ cm}^4 \\ t_f &= 14,6 \text{ mm} = 1,46 \text{ cm} & W_{pl,y} &= 1702 \text{ cm}^3 \\ t_w &= 9,4 \text{ mm} = 0,94 \text{ cm} & W_{el,y} &= 1500 \text{ cm}^3 \\ A &= 9882 \text{ mm}^2 = 98,82 \text{ cm}^2 & d &= 378,8 \text{ mm} \\ d &= 378,8 \text{ mm} = 37,88 \text{ cm} \end{aligned}$$

Profilato IPE 550

$$\begin{aligned} h &= 550 \text{ mm} = 55 \text{ cm} & I_y &= 67120 \text{ cm}^4 \\ b &= 210 \text{ mm} = 21 \text{ cm} & I_z &= 2668 \text{ cm}^4 \\ t_f &= 17,2 \text{ mm} = 1,72 \text{ cm} & W_{pl,y} &= 2787 \text{ cm}^3 \\ t_w &= 11,1 \text{ mm} = 0,111 \text{ cm} & W_{el,y} &= 2441 \text{ cm}^3 \\ A &= 13440 \text{ mm}^2 = 134,40 \text{ cm}^2 & d &= 467,6 \text{ mm} \\ d &= 467 \text{ mm} = 45,7 \text{ cm} \end{aligned}$$

Fig.4.19



Dimensionamento del nodo cerniera con squadrette in angolari e bulloni

Sforzo di taglio

$$V = \frac{q_{Ed} \cdot L}{2} \qquad V = \frac{180 \cdot 4}{2}$$

$$V = 360 \text{ kN} \qquad (e1.4)$$

Scelta bulloni

Si scelgono bulloni interamente filettati del tipo:

M 16 classe 8.8 diametro ϕ 16 mm

Diametro nominale di filettatura (vedere punto 1) e diametro esterno $d = D$			Passo	Diametro medio	Diametro di nocciolo della vite	Diametro della vite all'inizio del raccordo	Diametro di nocciolo della madre vite	Profondità dei filetti della vite	Ricoprimento	Raggio arrotondamento fondo filetto della vite	<i>A_{res}</i> Sezione resistente (vedere punto 4)	Sezione di nocciolo
Colonna 1	Colonna 2	Colonna 3	P	$d_2 = D_2$	d_3	d_1	D_1	h_3	H_1	r	mm ²	mm ²
16			2	14,701	13,546	13,835	13,835	1,227	1,083	0,289	157	144
	18		2,5	18,376	14,933	15,294	15,294	1,534	1,353	0,361	192	175

Dalla tabella UNI si ricava l'area resistente A_{res}

$$A_{re} = 157 \text{ mm}^2$$

Caratteristiche di resistenza del bullone

Dalla tabella: Tabella 11.3.XII.b

Classe	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
$f_{yb} (N/mm^2)$	240	300	480	649	900
$f_{tb} (N/mm^2)$	400	500	600	800	1000

Dalla tabella Tabella 11.3.XII.b si ricavano le caratteristiche di resistenza del bullone di classe 8.8. Si ha:

$$\text{tensione di rottura} \quad f_{tb} = 800 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{tensione di snervamento} \quad f_{yb} = 649 \text{ N/mm}^2$$

Posizioni limiti dei fori sulle lamiere del giunto

Diametro dei fori

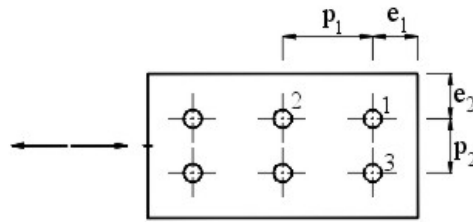
I fori debbono avere diametri maggiorati: di 1 mm, rispetto ai bulloni con diametri non superiori a $\phi 20 \text{ mm}$, e di 1,5 mm per diametri superiori.

Per il bullone $\phi 16$ il diametro d_0 del foro è:

$$d_0 = d + 1 \quad d_0 = 16 + 1$$

$$d_0 = 17 \text{ mm}$$

Dalla tabella Tabella 4.2.XIII (punto 4.1.6), si ricavano le distanze limiti, che i fori debbono avere tra loro, e dai bordi delle lamiere da unire.



Con riferimento alla figura, dalla tabella Tabella 4.2.XIII si ricavano le posizioni limiti.

$$e_1 \geq 1,2 \cdot d_0 \qquad e_1 \geq 1,2 \cdot 17 \qquad e_1 \geq 20,4 \text{ mm}$$

$$p_1 = 2,2 \cdot d_0 \qquad p_1 = 2,2 \cdot 17 \qquad p_1 = 37 \text{ mm}$$

$$e_2 \geq 1,2 \cdot d_0 \qquad e_2 \geq 1,2 \cdot 17 \qquad e_2 \geq 20,4 \text{ mm}$$

$$p_1 = 2,4 \cdot d_0 \qquad p_1 = 2,4 \cdot 17 \qquad p_1 = 40,8 \text{ mm}$$

Scelta delle squadrette

I bulloni sono distribuiti sull'altezza della squadretta di giunzione, che deve essere più ampia possibile, in modo da poter equilibrare il momento torcente, con sforzi minori possibili sui bulloni più distanti dal baricentro della bullonatura.

L'altezza d del profilato IPE450, al disotto dei raccordi, è:

$$d = 378,8 \text{ mm} = 37,88 \text{ cm}$$

Considerando uno spazio libero di circa 10 mm per parte, oltre i raccordi, si ha uno spazio a disposizione per la squadretta di:

$$d - 20 = 378,8 - 20 = 358,8 \text{ mm}$$

Assumiamo l'altezza delle squadrette pari a:

$$h_s = 360 \text{ mm}$$

Dovendo essere $e_1 \geq 20,4$, poniamo:

$$e_1 = 30 \text{ mm}$$

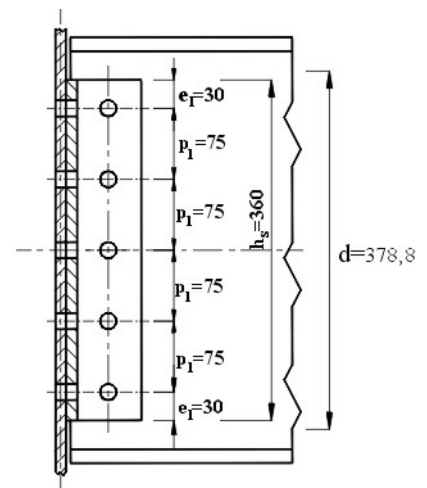
Le sollecitazioni sulla bullonatura, dovute al momento torcente e allo sforzo di taglio, si scaricano su 5 bulloni, distribuiti in altezza, in una sola fila.

La distanza tra gli assi dei due fori alle estremità della fila è:

$$360 - 30 \cdot 2 = 300 \text{ mm}$$

la distanza p_1 , reciproca, tra gli assi dei 5 bulloni (4 intervalli) è:

Fig.4.20



$$p_1 = \frac{300}{4}$$

$$p_1 = 75 \text{ mm}$$

rispetta la condizione limite, è $p_1 > 37$ e, quindi è accettabile.

Si scelgono squadrette in angolari "L 80x12," in acciaio S 235

Caratteristiche dell'angolare L 80x12:

$$l = 80 \text{ mm} \quad f = 45 \text{ mm}$$

$$s = 12 \text{ mm} \quad d = 17 \text{ mm}$$

la distanza e_2 del foro dal bordo è:

$$e_2 = l - f \quad e_2 = 80 - 45$$

$$e_2 = 35 \text{ mm}$$

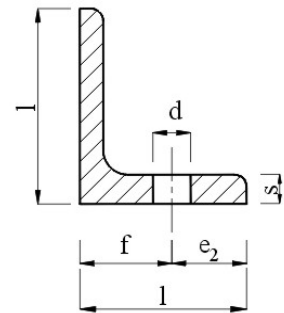


Fig.4.21

Sforzo di taglio $F_{T,max}$ sul bullone più sollecitato, dovuto al momento torcente T

Bullonatura nel fissaggio delle squadrette sull'anima della trave secondaria IPE 450

La trave secondaria IPE 450 appoggia sulla fila dei 5 bulloni di fissaggio, su cui si scarica lo sforzo V . Questo, attraverso le squadrette, è comunicato all'anima della trave principale, sulla cui mezzeria può considerarsi concentrata la reazione vincolare equilibrante, pari e contraria a V .

Si ha così una coppia che determina, rispetto al baricentro alla fila di bulloni, un momento torcente:

$$T = V \cdot a$$

con

$$a = \frac{t_w}{2} + f \quad (e1.5)$$

$$a = \frac{1,11}{2} + 4,5$$

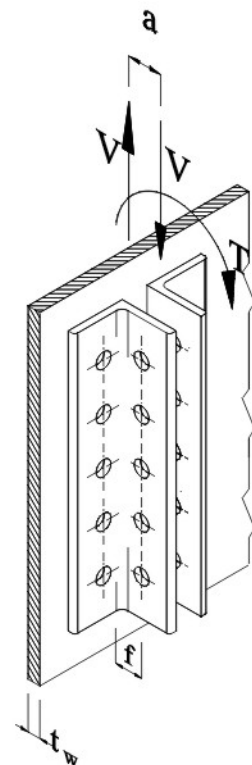
$$a = 5,05 \text{ mm}$$

si ha;

$$T = V \cdot a \quad T = 360 \cdot 5,05$$

$$T = 1820 \text{ kN} \cdot \text{cm} \quad (e1.6)$$

Fig.4.22



Il momento torcente T determina sforzi di taglio sulla fila dei 5 bulloni. Il bullone più sollecitato ha, sulla sezione resistente, componenti di taglio, date dalle espressioni (4.20)

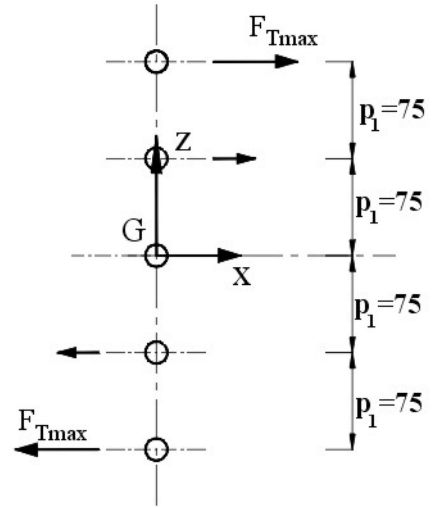
Fig.4.23

$$\begin{cases} F_{T,x,max} = \frac{T}{n_v \cdot \sum_1^n (x_j^2 + z_j^2)} \cdot z_{max} \\ F_{T,z,max} = \frac{T}{n_v \cdot \sum_1^n (x_j^2 + z_j^2)} \cdot x_{max} \end{cases}$$

Essendo tutti i fori sull'asse z , è $x_j = 0$. Si hanno componenti di taglio solamente nella direzione dell'asse x .

Lo sforzo di taglio massimo sulla sezione del bullone più sollecitato è:

$$F_{T,x,max} = \frac{T}{n_v \cdot \sum_1^n z_j^2} \cdot z_{max}$$



dove n_v è il numero di sezioni del bullone ove si scarica lo sforzo di taglio, è:

$n_v = 2$ appoggio delle trave su due squadrette

$$F_{T,x,max} = \frac{T}{2 \cdot \sum_1^n z_j^2} \cdot z_{max} \quad (e1.7)$$

$$F_{T,x,max} = \frac{V \cdot a}{2} \cdot \frac{1}{\sum_1^n z_j^2} \cdot z_{max} \quad (e1.7.a)$$

Tenendo conto delle coordinate z_j dei fori (Fig.5.23) si ha:

$$F_{T,max} = \frac{T}{2} \cdot \frac{2p_1}{2 \cdot [p_1^2 + (2p_1)^2]}$$

$$F_{T,max} = \frac{T}{2} \cdot \frac{1}{5p_1} \quad F_{T,x,max} = \frac{T}{10p_1} \quad F_{T,x,max} = \frac{1820}{10 \cdot 7.5}$$

$$F_{T,x,max} = 24,26 \text{ kN} \quad (e1.8)$$

Sulla fila dei 5 bulloni, di fissaggio delle squadrette con la trave secondaria, si scarica il carico di appoggio V . Questo si ripartisce sui 5 bulloni.

Sulla sezione resistente del bullone si ha una componente verticale secondo l'asse z ;

$$F_{v,z} = \frac{V}{n_v \cdot n}$$

dove:

$n = 5$ n° di bulloni della bullonatura

$n_v = 2$ n° di sezioni resistenti al taglio del bullone

$$F_{v,z} = \frac{V}{n_v \cdot n} \qquad F_{v,z} = \frac{360}{2 \cdot 5}$$

$$F_{v,z} = 36 \text{ kN} \qquad (e1.9)$$

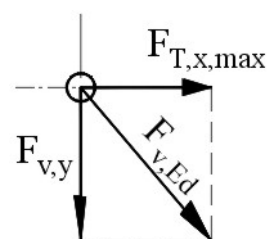
Sforzo di taglio di progetto $F_{v,Ed}$

È la risultante delle due componenti secondo gli assi x, z

$$F_{v,Ed} = \sqrt{F_{T,x,max}^2 + F_{v,z}^2} \qquad F_{v,Ed} = \sqrt{24.26^2 + 36^2}$$

$$F_{v,Ed} = 43,4 \text{ kN} \qquad (e1.10)$$

Fig.4.24



Verifica dei bullonasi di fissaggio delle squadrette all'anima della trave IPE 450

Si sono scelti bulloni interamente filettati M 16 classe 8.8

La forza resistente di calcolo del bullone è dato dalla espressione:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}} \qquad (e1.11)$$

dove:

$$A_{res} = 1,57 \text{ cm}^2$$

area resistente filettatura

$$f_{tb} = 800 \text{ N/mm}^2 = 80 \text{ kN/cm}^2$$

tensione di rottura del bullone

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Coefficiente di sicurezza (Tabella 4.2.XII)

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}} \qquad F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot 80 \cdot 1,57}{1,25}$$

$$F_{v,Rd} = 60,28 \text{ kN} \qquad (e1.12)$$

Verifica

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{43,4}{60,28} < 1$$

Sezione del bullone più sollecitato verificata

Verifica squadrette nella bullonatura su l'anima della trave IPE 450

Si effettua una verifica a rifollamento ed una di resistenza

Verifica a rifollamento

Le squadrette sono in acciaio S 235

Diametro d_0 dei fori:

$$d_0 = d + 1 \qquad d_0 = 16 + 1$$

$$d_0 = 17 \text{ mm}$$

Forza massima $F_{b,Ed}$ sul foro più sollecitato

La forza massima $F_{b,Ed}$ sul foro più sollecitato coincide con la risultante $F_{v,Ed}$ sulla sezione del corrispondente bullone più sollecitato

$$F_{b,Ed} = F_{v,Ed} = 43,4 \text{ kN}$$

Resistenza di calcolo a rifollamento

$$F_{b,Rd} = \frac{k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} \quad (e1.13)$$

dove:

$d = 1,6 \text{ cm}$ diametro nominale del bullone

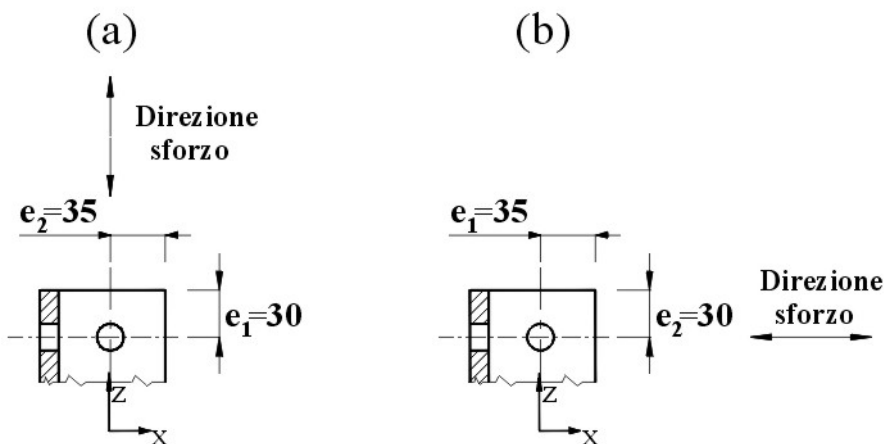
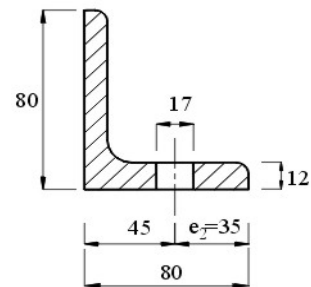
$t = 1,2 \text{ cm}$ spessore della squadretta

$f_{tk} = 23,5 \text{ kN/cm}^2$ resistenza a rottura dell'acciaio della squadretta

$f_{tb} = 80 \text{ kN/cm}^2$ tensione a rottura del bullone

Fig.4.26

Fig.4.25



Per la determinazione dei coefficienti α, k occorre considerare che vi sono due componenti del carico, applicate secondo gli assi x, z , e che, a seconda di queste direzioni, i due coefficiente assumono valori diversi. Cautelativamente, viene considerata la

condizione più gravosa tra quelle indicate tra (a) e (b) di figura, che rende minore il valore della resistenza.

Per la condizione (a)

α

coefficiente per un bullone di bordo (quale quello in esame), considerato nella direzione del carico applicato. Si assume il minimo valore tra le espressioni entro la seguente parentesi

$$\alpha = \min \left\{ \frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{f_{tb}}{f_{tk}}; 1 \right\}$$

$$\frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{30}{3 \cdot 17} = 0.58$$

$$\frac{f_{tb}}{f_{tk}} = \frac{80}{23,5} = 3,4$$

minimo valore di α

$$\alpha = 0,58$$

k

coefficiente per un bullone di bordo (quale quello in esame), considerato nella direzione perpendicolare al carico applicato. Si assume il minimo valore tra le espressioni entro la seguente parentesi

$$k = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right\}$$

$$\frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7 = \frac{2,8 \cdot 35}{17} - 1,7 = 5,75$$

minimo valore di k

$$k = 2,5$$

Nella condizione (b), effettuando i calcoli non riportati, i parametri α , k hanno valori più elevati.

$$F_{b,Rd} = \frac{k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot 0,58 \cdot 23,5 \cdot 1,6 \cdot 1,2}{1,25}$$

$$F_{b,Rd} = 52,3 \text{ kN}$$

(e1.14)

Verifica a rifollamento:

$$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{43,4}{52,3} < 1$$

Verificato

Verifica di resistenza

In corrispondenza della bullonatura, la sezione resistente della squadretta è sollecitata a flessione e taglio.

Nella sollecitazione di flessione e taglio l'influenza di questo si può trascurare se lo sforzo a taglio di calcolo V_{Ed} è inferiore, o uguale, alla metà della resistenza di calcolo a taglio $V_{c,Rd}$:

$$V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{c,Rd}$$

Sforzo di taglio di calcolo sulla sezione di una squadretta

$$V_{Ed} = \frac{V}{2} \qquad V_{Ed} = \frac{360}{2}$$

$$V_{Ed} = 180 \text{ kN} \qquad (e4.15)$$

Sezione resistente al taglio di una squadretta, in prossimità dei fori:

$$A_v = t \cdot h' - 5 \cdot t \cdot d_0 \qquad A_v = 1,2 \cdot 36 - 5 \cdot 1,2 \cdot 1,7$$

$$A_v = 33 \text{ cm}^2$$

Resistenza di calcolo a taglio:

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \qquad V_{c,Rd} = \frac{33 \cdot 23,5}{\sqrt{3} \cdot 1,05}$$

$$V_{c,Rd} = 426 \text{ kN} \qquad (e1.16)$$

Metà della resistenza a taglio

$$0,5 \cdot V_{c,Rd} = 0,5 \cdot 426$$

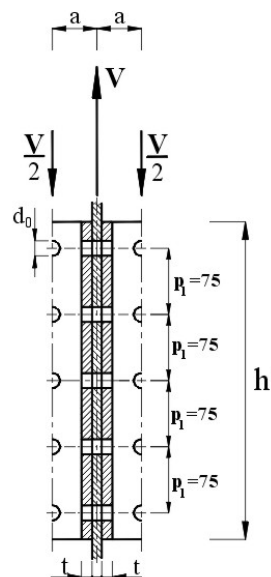
$$0,5 \cdot V_{c,Rd} = 213 \text{ kN} < 180$$

confrontando con la (e1.16)

Risulta $V_{Ed} < 0,5 \cdot V_{c,Rd}$

Quindi, nel calcolo di verifica a flessione e taglio, si può trascurare l'influenza del taglio sulla resistenza a flessione.

Fig.4.27



Resistenza a flessione

Momento di calcolo

Il momento flettente sulle sezioni delle squadrette, in corrispondenza della bullonatura sull'anima dell'IPE450, è dovuta alla distanza "a" della reazione vincolare V, sulla mezziera dell'anima della trave principale IPE 550, rispetto all'asse dei bulloni di collegamento con la trave secondaria IPE 450

Il momento flettente sulla sezione di una sola squadretta è:

$$M_{Ed} = \frac{V \cdot a}{2} \quad (e1.17)$$

dove $V \cdot a$ è anche il momento torcente T sulla bullonatura, lato anima dell'IPE 450, con:

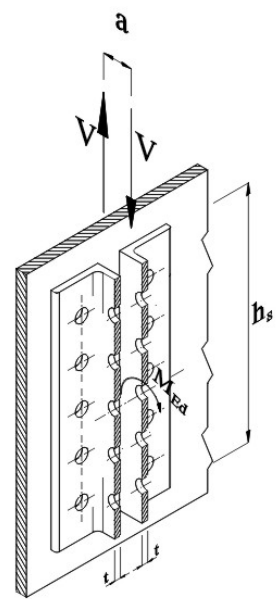
$$V = 360 \text{ kN}$$

$$a = 5,05 \text{ mm}$$

$$M_{ed} = \frac{360 \cdot 5,05}{2}$$

$$M_{ed} = 910 \text{ kN} \cdot \text{cm} \quad (e.18)$$

Fig.4.28



Momento resistente di calcolo

Considerando la condizione più onerosa di momento elastico, valida per tutte le classi di sezioni, il momento resistente su quella della squadretta, contenente i fori di bullonatura sull'anima dell'IPE 450 è:

$$M_{c,Rd} = M_{el,y} = \frac{f_{yk} \cdot W_{el,y}}{\gamma_{M0}} \quad (e4.18)$$

con modulo di resistenza elastico:

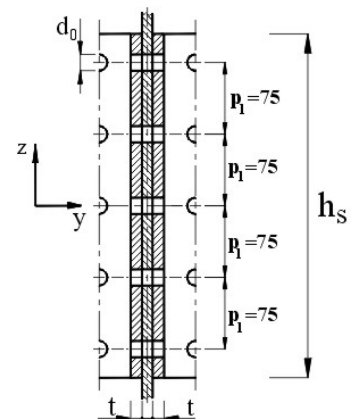
$$W_{el,y} = \frac{J_y}{z_{max}}$$

Momento d'inerzia della sezione della squadretta depurata dei fori:

$$J_y = \frac{1}{12} \cdot t \cdot h_s^3 - 5 \cdot \frac{1}{12} \cdot d_0^3 - 2 \cdot (t \cdot d_0) \cdot p_1^2 - 2 \cdot (t \cdot d_0) \cdot (2 \cdot p_1)^2$$

$$J_y = \frac{1}{12} \cdot 1,2 \cdot 36^3 - 5 \cdot \frac{1}{12} \cdot 1,7^3 - 2 \cdot (1,2 \cdot 1,7) \cdot 7,5^2 - 2 \cdot (1,2 \cdot 1,7) \cdot (2 \cdot 1,7)^2$$

Fig.4.29



$$J_y = 3516 \text{ cm}^4$$

$$z_{max} = \frac{h_s}{2} \quad z_{max} = \frac{36}{2}$$

$$z_{max} = 18 \text{ cm}$$

$$W_{el,y} = \frac{J_y}{z_{max}} \quad W_{el,y} = \frac{3516}{18}$$

$$W_{el,y} = 195 \text{ cm}^3$$

Momento resistente

$$M_{c,Rd} = \frac{f_{yk} \cdot W_{el,y}}{\gamma_{M0}} \quad M_{c,Rd} = \frac{23,5 \cdot 195}{1,05}$$

$$M_{c,Rd} = 4364 \text{ kN} \cdot \text{cm} \quad (e4.19)$$

Verifica a flessione della sezione della squadretta

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{910}{4361} < 1$$

Verificata

Verifica bulloni e squadrette nel fissaggio con l'anima della trave IPE 550

Si procede nella stessa maniera utilizzata per la bullonatura tra squadrette e anima della trave secondaria IPE 450.

In questo caso il momento torcente è dovuto alla distanza "a", (vedi figura), che, gli assi della fila di bulloni, hanno rispetto al piano medio dell'anima della trave secondaria, ove è applicata la reazione vincolare "V":

$$a = f + \frac{t_w}{2} \quad (e4.20)$$

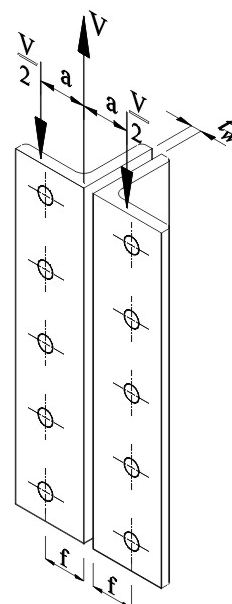
La distanza "a" ha la stessa espressione di quella utilizzata nella precedente verifica della bullonatura sull'anima della trave secondaria (e4.5). Il termine t_w , allora, si riferiva allo spessore dell'anima della trave principale; ora, invece, si riferisce a quello, più piccolo, dell'anima della trave secondaria.

Quindi, nella verifica in oggetto, rispetto alla precedente, risulta più piccola la distanza "a" della reazione vincolare "V" rispetto alla fila di bulloni.

Lo sforzo di taglio su una fila di bulloni è la metà di "V"

$$F_{v,Ed} = \frac{V}{2}$$

Fig.4.30



ed è assorbito da una sola sezione della bullonatura di una squadretta; ottenendo, così, la stessa sollecitazione che si è riscontrata nell'unione con l'anima della trave IPE 450.

Il momento torcente T sulla fila di bulloni è:

$$T = \frac{V}{2} \cdot a \quad (e4.21)$$

che determina sforzi di taglio, con valori con valore massimo su bullone più sollecitato, dato dalla espressione:

$$F_{T,x,max} = \frac{T}{n_v \cdot \sum_1^n z_j^2} \cdot z_{max}$$

con una sola sezione di taglio:

$$n_v = 1$$

$$F_{T,x,max} = \frac{T}{1 \cdot \sum_1^n z_j^2} \cdot z_{max}$$

sostituendo la (e4.21)

$$F_{T,x,max} = \frac{V \cdot a}{2} \frac{1}{\sum_1^n z_j^2} \cdot z_{max}$$

Si ottiene la stessa espressione (e4.7.a), ottenuta per la verifica della bullonatura delle squadrette con l'anima della trave IPE450.

In questo caso, però, il braccio "a" del momento flettente è minore di quello ottenuto precedentemente, determinando uno sforzo di taglio massimo inferiore, con conseguenti minori sollecitazioni.

Va osservato, però, che, tra l'applicazione della reazione $\frac{V}{2}$, applicata sulla mezziera dell'anima dell'IPE 550 e la mezziera della fila dei fori sulla squadretta, vi è una distanza "b" che determina un momento:

$$M = \frac{V}{2} \cdot b$$

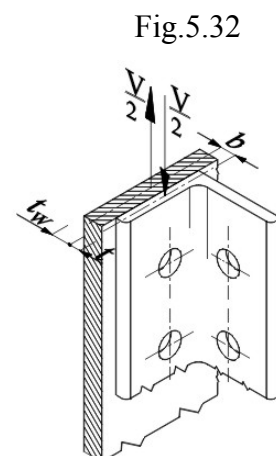
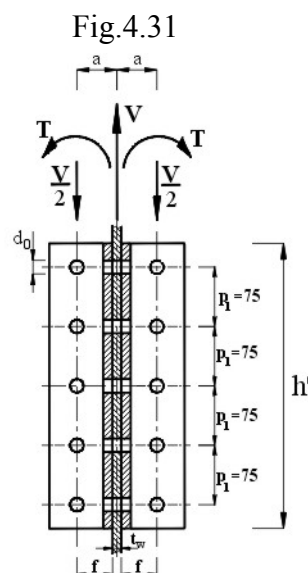
con:

$$b = \frac{t_w}{2} + t$$

dove:

t_w spessore dell'anima del profilato IPE 550

t spessore del profilato a L



Il momento M sollecita i bulloni a trazione (vedi oltre, altro esempio) e la sezione della squadretta a flessione. Ma essendo M molto piccolo, le sollecitazioni da esso indotte possono essere trascurate

Considerando che il momento torcente T e lo sforzo di taglio massimo $F_{T,max}$, nella bullonatura in analisi, risultano più piccoli di quelli considerati nella bullonatura precedentemente verificata, sull'altro lato della squadretta, si può ritenere conclusa positivamente l'intera verifica.

SEGUE →



Indietro...

[Clic per la pagina precedente](#)



Avanti...

[Clic per proseguire](#)



Indietro...

[Clic per tutti i file V parte](#)