

Corso di laurea in Ingegneria civile strutturale e geotecnica

Tecnica delle costruzioni

modulo A

24 – Unioni bullonate

Aurelio Gherzi

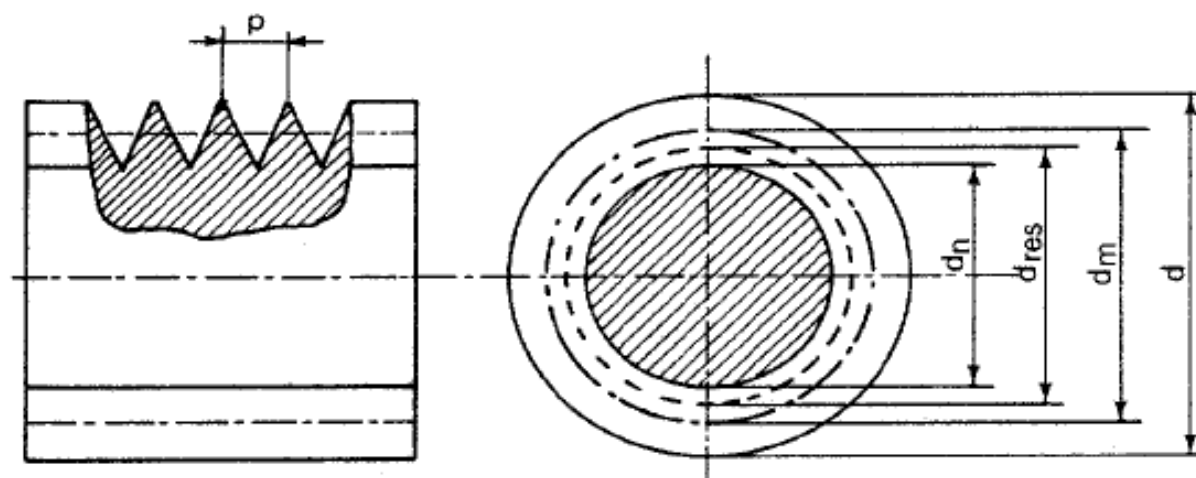
24/11/2020

Diametro dei bulloni

area nominale e area resistente

NTC 2018

CNR 10011-86	12	14	16	18	20	22	24	27	30
Eurocodice 3	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30



Filettatura, diametro nominale e resistente del bullone¹

Passo della filettatura p (mm) e area nominale A e resistente A_{res} (mm²)

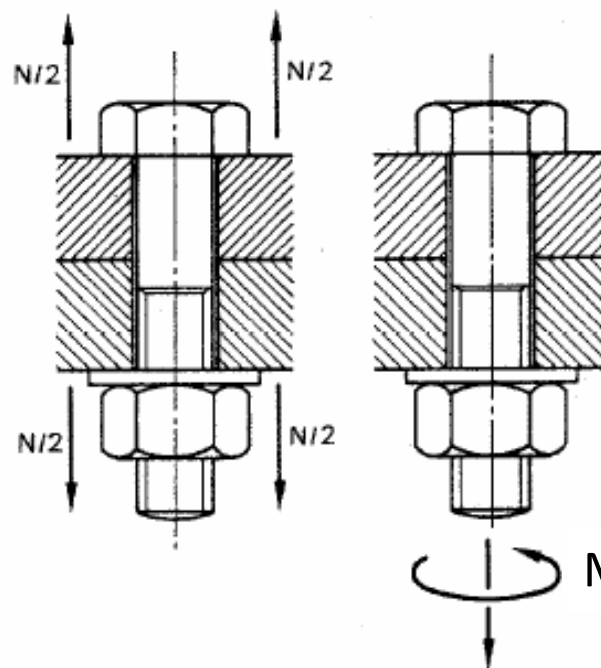
diametro d	12	14	16	18	20	22	24	27	30
passo p	1.75	2.00	2.00	2.50	2.50	2.50	3.00	3.00	3.50
A	113	154	201	254	314	380	452	573	707
A_{res}	84.3	115	157	192	245	303	353	459	581
A_{res} / A	0.75	0.75	0.78	0.75	0.78	0.80	0.78	0.80	0.82

Classi di bulloni e caratteristiche meccaniche

					Ora anche NTC 2018	
classe del bullone	f_{ub} (N mm ⁻²)	f_{yb} (N mm ⁻²)	D.M. 9/1/96	CNR 10011-86	Eurocodice 3	NTC08
4.6	400	240	si	si	si	si
4.8	400	320	—	—	si	—
5.6	500	300	si	si	si	si
5.8	500	400	—	—	si	—
6.6	600	360	—	si	—	—
6.8	600	480	si ⁽¹⁾	—	si	si
8.8	800	640	si	si	si	si
10.9	1000	900	si	si	si	si
⁽¹⁾ ma con resistenza di calcolo uguale alla classe 6.6						

Nelle verifiche di resistenza SLU si usa f_{ub} con $\gamma_{M2} = 1.25$

Serraggio



$$M = k d F_{p.C}$$

$$F_{p.Cd} = A_{res} \frac{0.7 f_{ub}}{\gamma_{M7}}$$

$$F_{p.C} = 0.7 f_{ub} A_{res}$$

$\gamma_{M7} = 1.0$ serraggio controllato

$\gamma_{M7} = 1.1$ serraggio non controllato

Serraggio

NTC 2018

Viti 8.8 – Momento di serraggio M [N m]						
Vite	k=0.10	k=0.12	k=0.14	k=0.16	$F_{p,C}$ [kN]	A_{res} [mm ²]
M12	56.6	68.0	79.3	90.6	47.2	84.3
M14	90.2	108	126	144	64.4	115
M16	141	169	197	225	87.9	157
M18	194	232	271	310	108	192
M20	274	329	384	439	137	245
M22	373	448	523	597	170	303
M24	474	569	664	759	198	353
M27	694	833	972	1110	257	459
M30	942	1131	1319	1508	314	561
M36	1647	1976	2306	2635	457	817

Viti 10.9 – Momento di serraggio M [N m]						
Vite	k=0.10	k=0.12	k=0.14	k=0.16	$F_{p,C}$ [kN]	A_{res} [mm ²]
M12	70.8	85.0	99.1	113	59.0	84.3
M14	113	135	158	180	80.5	115
M16	176	211	246	281	110	157
M18	242	290	339	387	134	192
M20	343	412	480	549	172	245
M22	467	560	653	747	212	303
M24	593	712	830	949	247	353
M27	868	1041	1215	1388	321	459
M30	1178	1414	1649	1885	393	561
M36	2059	2471	2882	3294	572	817

I bulloni di classe 8.8 e 10.9 (detti bulloni ad alta resistenza) sono usati per unioni ad attrito, con forza di precarico $F_{p,C}$

$$\begin{aligned}
 F_{p,C} &= 0.7 f_{ub} A_{res} = \\
 &= 0.7 \times 800 \times 245 \times 10^{-3} = \\
 &= 137.2 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Il momento di serraggio è funzione del fattore k indicato nella targhetta delle confezioni di bulloni

$$M = k d F_{p,C}$$

Diametro fori

diametro bullone	12	14	16	18	20	22	24	27	30
NTC 2018	1	1	1	1	1	1.5	1.5	1.5	1.5
Eurocodice 3	1	1	2	2	2	2	2	3	3

Fori calibrati

0.3

0.5

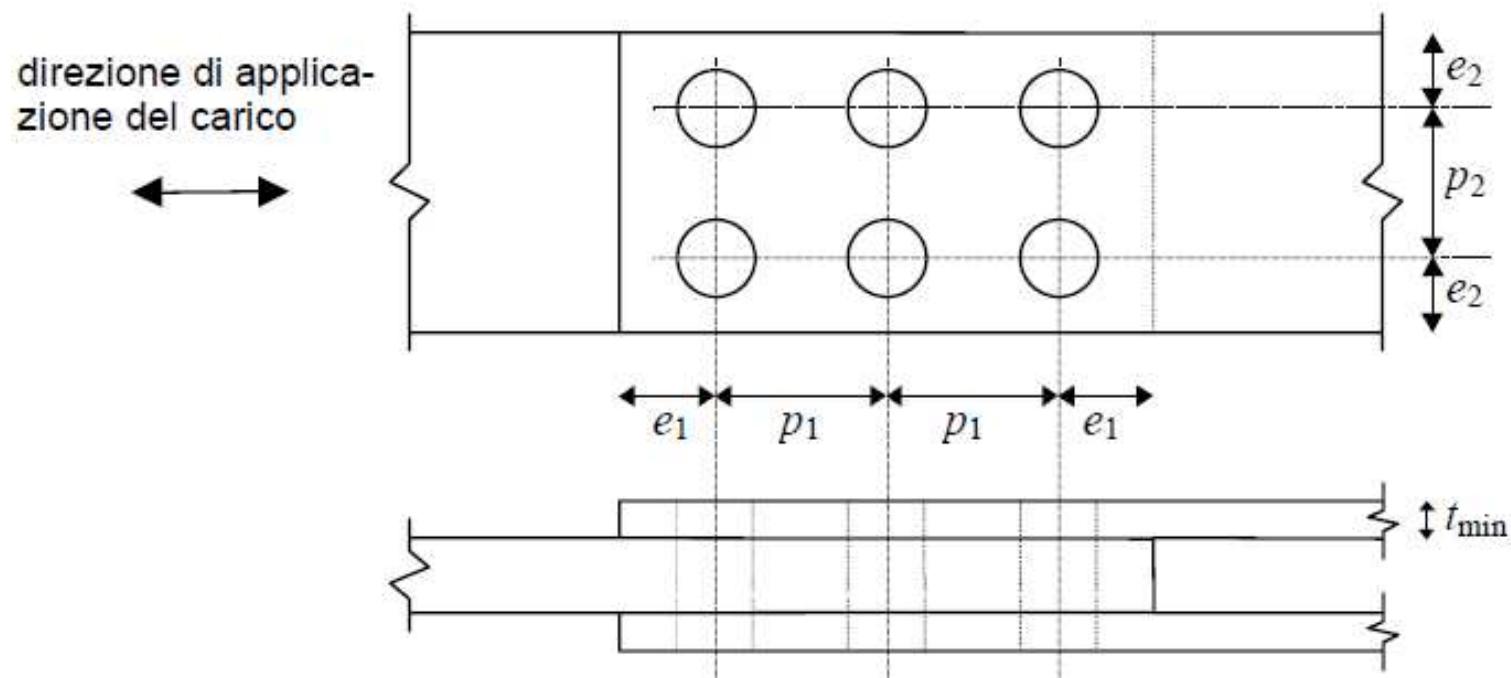
Simboli:

d diametro del bullone

d_0 diametro del foro

Distanze minime

tra i fori e tra foro e bordo



	p_1	p_2	e_1	e_2
Precedente norma italiana	$3 d$	$3 d$	$1.5 d$	$1.5 d$
NTC e Eurocodice 3	$2.2 d_0$	$2.4 d_0^{(1)}$	$1.2 d_0$	$1.2 d_0^{(1)}$
⁽¹⁾ adottando il valore minimo $2.4 d_0$ e $1.2 d_0$ si riduce la resistenza a rifollamento				

Distanze massime

tra i fori e tra foro e bordo

		Norma italiana	Eurocodice-3
p_1	per elementi tesi	$25 t_{\min}$	⁽¹⁾ ⁽²⁾ il minore tra $28 t_{\min}$ e 400 mm
	per elementi compressi	$15 t_{\min}$	⁽²⁾ il minore tra $14 t_{\min}$ e 200 mm
p_2	per elementi tesi	$25 t_{\min}$	⁽²⁾ il minore tra $14 t_{\min}$ e 200 mm
	per elementi compressi	$15 t_{\min}$	⁽²⁾ il minore tra $14 t_{\min}$ e 200 mm
$e_1 \quad e_2$	normalmente	$6 t_{\min}$	$4 t_{\min} + 40 \text{ mm}$
	se il bordo è irrigidito	$9 t_{\min}$	
	se l'elemento non è esposto alle intemperie	$12 t_{\min}$	il maggiore tra $12 t_{\min}$ e 150 mm
⁽¹⁾ solo se disposti in una fila interna (altrimenti vale lo stesso limite che per elementi compressi) ⁽²⁾ se l'elemento non è esposto alle intemperie il limite è incrementato per 1.5			

Bulloni che lavorano a taglio

Resistenza del bullone a taglio

$$F_{V,Rd} = A \frac{0.6 f_{ub}}{\gamma_{M2}}$$

se la rottura a taglio avviene in zona
non filettata

$$F_{V,Rd} = A_{res} \frac{0.6 f_{ub}}{\gamma_{M2}}$$

se la rottura a taglio avviene in zona
filettata (classi 4.6, 5.6, 8.8)

$$F_{V,Rd} = A_{res} \frac{0.5 f_{ub}}{\gamma_{M2}}$$

se la rottura a taglio avviene in zona
filettata (classi 6.8, 10.9)

Resistenza della lamiera a rifollamento

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

$$k = \text{MIN} \left(\frac{2.8 e_2}{d_0} - 1.7; \frac{1.4 p_2}{d_0} - 1.7; 2.5 \right)$$

$$\alpha = \text{MIN} \left(\frac{e_1}{3 d_0}; \frac{p_1}{3 d_0} - 0.25; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right)$$

Bulloni che lavorano a trazione

Resistenza del bullone a trazione

$$F_{t,Rd} = A_{res} \frac{0.9 f_{ub}}{\gamma_{M2}}$$

Resistenza della lamiera a punzonamento

$$B_{p,Rd} = \pi d_m t_p \frac{0.6 f_u}{\gamma_{M2}}$$

Bulloni che lavorano a taglio e trazione

Resistenza del bullone

a taglio e trazione

$$\frac{F_{V,Ed}}{F_{V,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4 F_{t,Rd}} \leq 1$$

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

Bulloni che lavorano ad attrito

Resistenza del bullone ad attrito

- Sono bulloni che lavorerebbero a taglio, ma l'attrito è tale da evitare scorrimento tra i piatti

$$F_{s,Rd} = n \mu \frac{F_{p.Cd}}{\gamma_{M3}}$$

$$\gamma_{M3} = 1.25 \quad \text{per SLU}$$

$$\gamma_{M3} = 1.10 \quad \text{per SLE}$$

- | | |
|-------------|--|
| $\mu = 0,5$ | – superfici sabbiate meccanicamente o a graniglia, esenti da incrostazioni di ruggine e da vaiolature; |
| $\mu = 0,4$ | – superfici sabbiate meccanicamente o a graniglia, e verniciate a spruzzo con prodotti a base di alluminio o di zinco.
– superfici sabbiate meccanicamente o a graniglia, e verniciate con silicato di zinco alcalino applicando uno spessore dello strato di 50-80 μm ; |
| $\mu = 0,3$ | – superfici pulite mediante spazzolatura o alla fiamma, esenti da incrostazioni di ruggine; |
| $\mu = 0,2$ | – superfici non trattate. |