

Università degli Studi di Padova

Relazione per la prova finale in Ingegneria Meccanica

Dimensionamento e verifica delle giunzioni saldate e bullonate nei sili industriali

Tutor Universitario: Prof. Giovanni Meneghetti

Laureando: Leonardo Carazzai

Padova, 19/03/2024



Dimensionamento e verifica delle giunzioni saldate e bullonate nei sili industriali
Leonardo Carazzai

Introduzione

- Obiettivo: Dimensionamento e verifica giunzioni saldate e bullonate di un silo cilindrico ad asse verticale a cielo aperto, contenente acqua.
- Silo: Serbatoio di stoccaggio, per una grande varietà di materiali, di molteplici forme



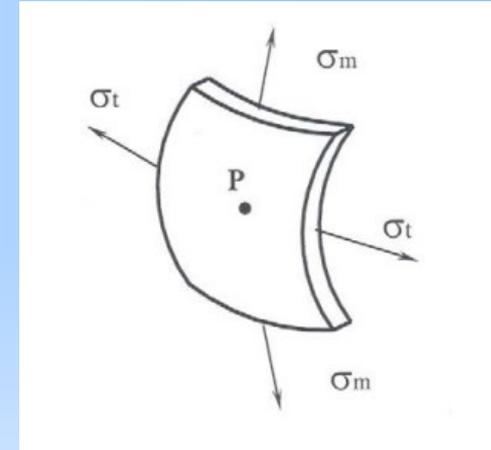
Fasi

- Dimensionamento spessore lamiera, secondo la teoria dei serbatoi a parete sottile
- Analisi forze in gioco nei vari giunti
- Dimensionamento flangia
- Verifica giunzione bullonata
- Verifica giunzione saldata

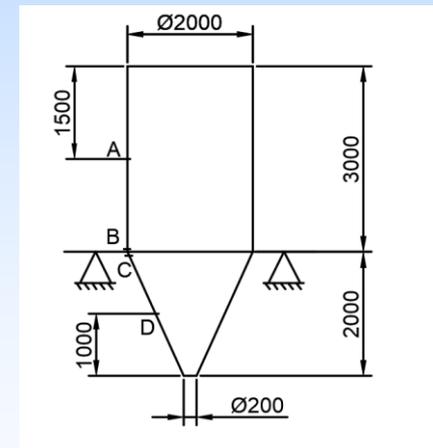


Spessore lamiera

- Teoria serbatoio a parete sottile: $\frac{p}{t} = \frac{\sigma_t}{R_t} + \frac{\sigma_m}{R_m}$
- Equazione di equilibrio in direzione mediana
- Criterio di Guest: $\sigma_{ID} = \sigma_1 - \sigma_3$
- Studio azione del vento (eurocodice 1)
- Fe 360 (S235), $\sigma_s = 235 \text{ Mpa}$, $\sigma_a = 78 \text{ Mpa}$

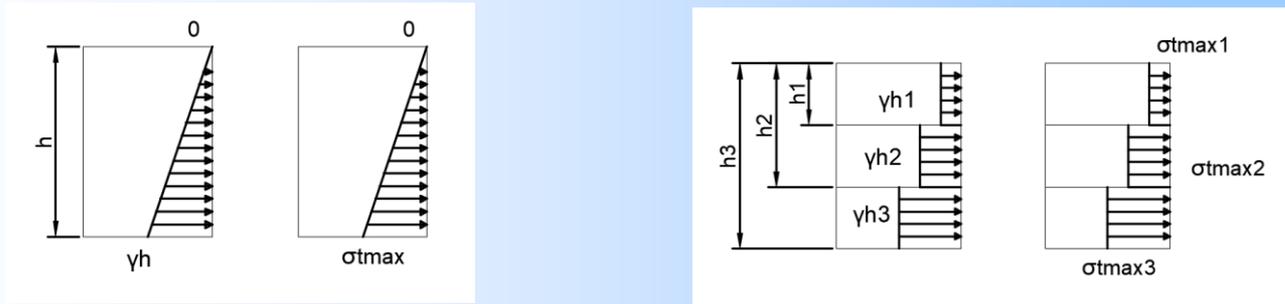


Punto	σ_m (MPa)	σ_t (MPa)	σ_{ID} (MPa)	v
A	0	3,75	3,75	20,8
B	0	7,5	7,5	10,4
C	9,24	8,22	9,24	8,4
D	6,34	6	6,34	12,3



Analisi forze

- Suddivisione silo in fasce di 1 m e studio della più critica

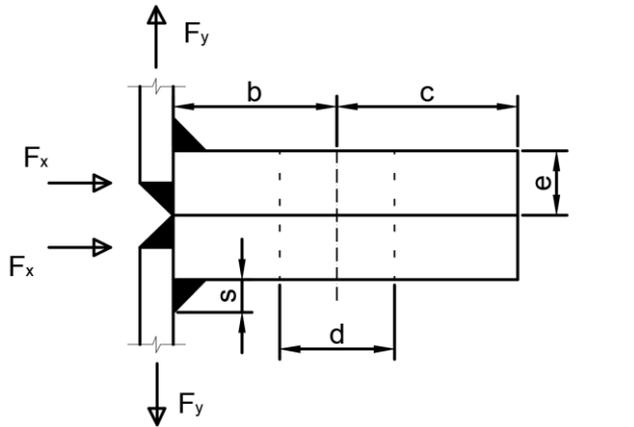


Fascia	h (m)	p (MPa)	A (mm ²)	F _R (N)	σ _t (MPa)	A _t (mm ²)	F _t (N)
1	1	0,01	1570796	15708	2,5	4000	10000
2	2	0,02		31426	5		20000
3	3	0,03		47124	7,5		30000

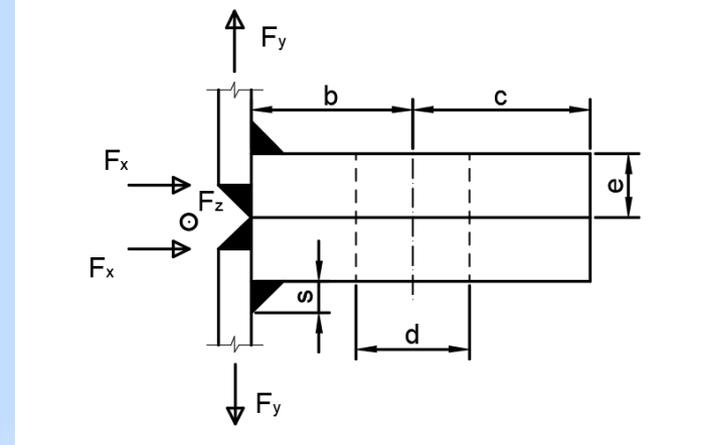
Fascia	h (m)	p (Pa)	A (mm ²)	F _R (N)	σ _m (MPa)	A _m (mm ²)	F _m (N)	σ _t (MPa)	A _t (mm ²)	F _t (N)	W (N)
1	4	40000	1334843	53394	9,24	6283	58057	8,22	4386	36053	75634
2	5	50000	559772	27898	6,34	34556	21910	6		26316	38406



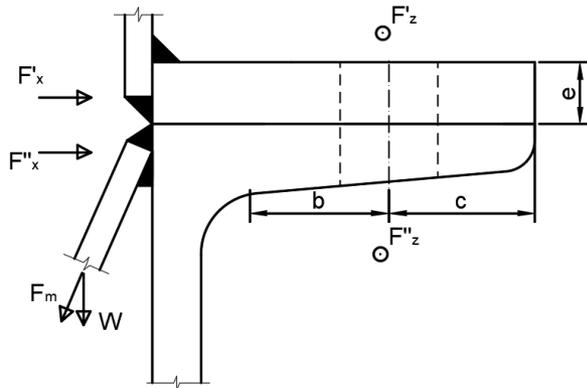
Analisi forze



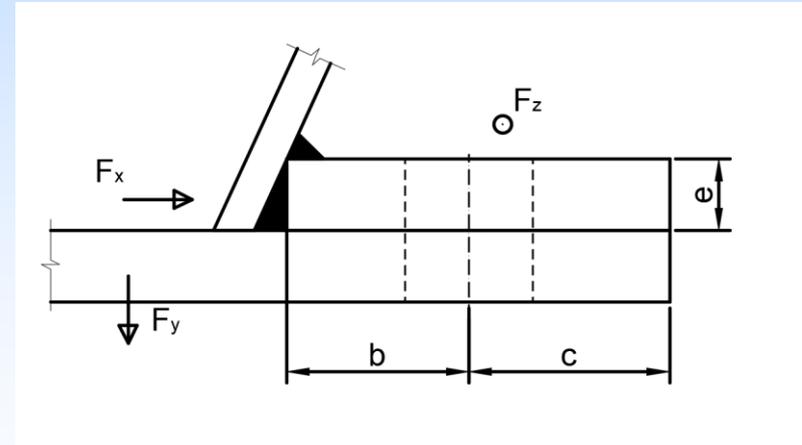
1 - Giunto mantello cilindrico



2 - Giunto mantello conico



3 - Giunto mantello cilindro-cono



4 - Giunto tappo



Dimensionamento flangia

- Dimensionamento secondo momento flettente

- $e \geq \sqrt{\frac{6 M_Z}{(h - n_b d) \sigma_{amm}}}$, spessore minimo flangia

Giunto	M_Z (Nmm)	h (mm)	n_b	d (mm)	σ_{amm} (Mpa)	e_{min} (mm)	e (mm)
1	66440	1000	9	15	160	1,69	8
2	473040	1096,5	10		160	4,33	8
3	12469982	1628	10		240	14,9	15
4	102115	150	1		160	5,32	8



Verifica bullonatura

- Bollettino CNR-UNI 10011
- Bulloni M14 8.8
- Verifica unione a taglio

$$\left(\frac{\sigma_B}{\sigma_{Ba}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_B}{\tau_{Ba}}\right)^2 \leq 1, \quad \sigma_B = \frac{F_y}{n_b A_{res}}, \quad \tau_B = \frac{F_x}{n_b A_{res}}$$

- Verifica a strappo lamiera

$$\sigma_f = \frac{F_x}{\text{Sezione resistente}}$$

- Verifica a rifollamento foro

$$\sigma_r = \frac{F_x}{d e n_b} \leq \alpha \sigma_{amm}$$



Verifica saldatura

- Cordone saldatura 4x4 ad angolo e ad L
- Calcolo delle tre tensioni in gioco sul cordone della saldatura
 - I. Tensione di taglio ortogonale τ_{\perp}
 - II. Tensione di taglio parallela τ_{\parallel}
 - III. Tensione ortogonale σ_{\perp}
- Verifica secondo normativa:

$$|\sigma_{\perp}| + |\tau_{\perp}| \leq \sigma_{amm}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + \tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} \leq 0,85 \cdot \sigma_{amm}$$



Conclusione

- Verifiche giunzioni saldate e bullonate ampiamente superate
- Studio eseguito solo su fasce più critiche
- Possibilità di alleggerire la struttura

