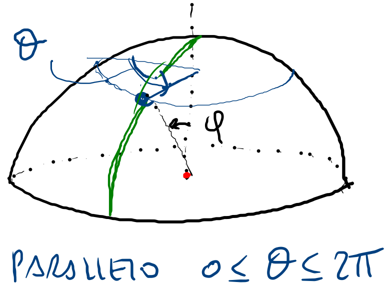
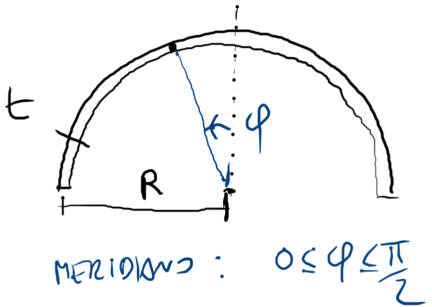
ALCUNI ASPETTI DELLA STATICA DELLE CUPOLE (IN MURATURA)

16/05/24

BELLUZZI, vol III ; TIMOSHENKO, PLATES AND SHELLS





$\frac{t}{R}$ piccolo

CONDIZ DI CARICO : PESO PROPRIO

γ : PESO SPECIFICO DEL MATERIALE ($18 \div 20\ kN/m^3$)

⟹ CARICO ASSIALSIMMETRICO ⟹ STATO TENSIONALE È INDIPENDENTE DA ϑ (DIPENDE SOLO DA φ)

- STATO DI SOLLECITAZ. PER MATERIALE ELASTICO LINEARE (TRAZIONE E COMPRESSIONE)

NEI GUSCI ASSIALSIMMETRICI LO STATO DI SOLLECITAZ. FONDAMENTALE È COSTITUITO DAGLI <u>SFORZI MEMBRANALI</u>

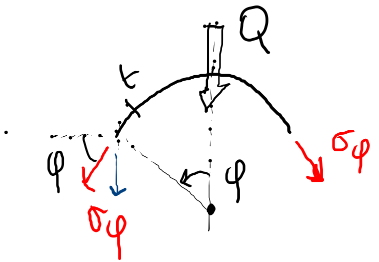
$\sigma_\varphi, \sigma_\theta$: TENSIONI MEMBRANALI → $\sigma_\varphi(\varphi), \sigma_\theta(\varphi)$

(EFFETTI FLESSIONALI, TAGLIANTE E TORCENTI SONO TRASCURABILI)

PROBL. MEMBRANALE: 2 INCOGNITE STATICHE, $\sigma_\theta(\varphi)$, $\sigma_\varphi(\varphi)$.

QUALI SONO LE EQUAZIONI PER DETERMINARLE? $\Rightarrow$ EQUAZ. DELLA STATICA

1) EQUILIBRIO GLOBALE:



$Q(\varphi) = \gamma V(\varphi)$

$\downarrow$: $\displaystyle\int_{\text{parallelo}} \sigma_\varphi \sin\varphi \ldots + Q = 0 \Rightarrow \sigma_\varphi(\varphi)$

Σ DELLE COMPONENTI VERTICALE DELLE TENSIONI σ_φ SUL PARALLELO

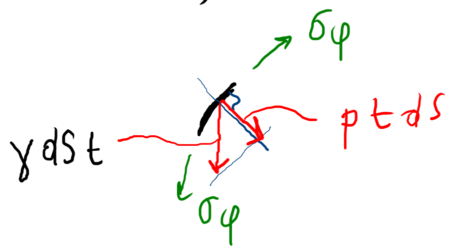
$(\sigma_\varphi < 0)$

I MERIDIANI SONO SEMPRE COMPRESSI $0 \le \varphi \le \frac{\pi}{2}$

2) EQUILIBRIO LOCALE (IN OGNI PUNTO DELLA SUPERFICIE)

$$\boxed{\frac{\sigma_\varphi}{R} + \frac{\sigma_\theta}{R} = \frac{p}{t}}$$

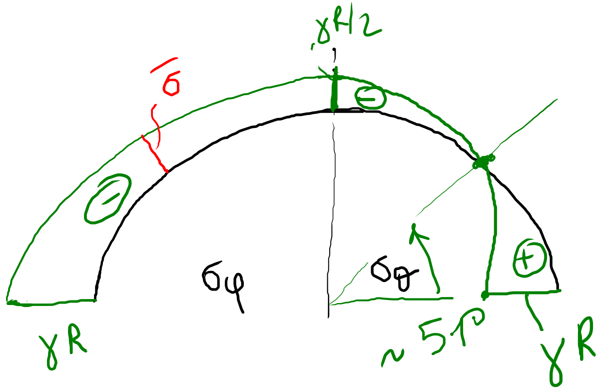
$p \rightarrow$ PRESSIONE $p(\varphi)$

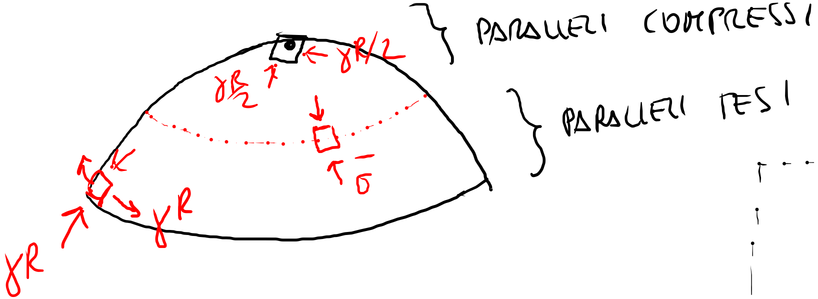


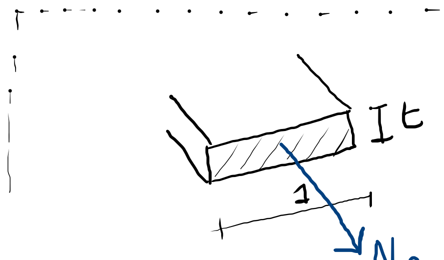
$\Rightarrow$ $\boxed{\begin{matrix}\sigma_\varphi(\varphi)\\ \sigma_\theta(\varphi)\end{matrix}}$

OTTENGO DA QUI: $\sigma_\theta(\varphi)$

DIAGRAMMI σ_φ, σ_θ







SFORZO MEMBRANALE DI MERIDIANO

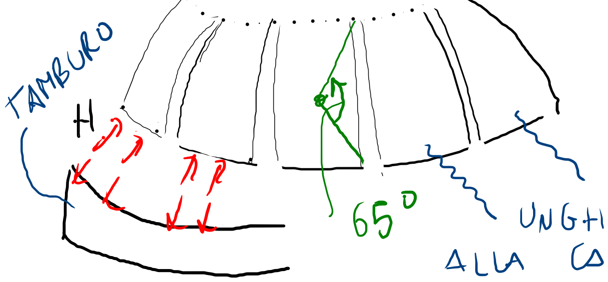
$N_\varphi = \sigma_\varphi t \cdot 1 = \sigma_\varphi t$

$[N_\varphi] = [FL^{-1}]$

$$\frac{N_\theta}{R} + \frac{N_\varphi}{R} = p$$

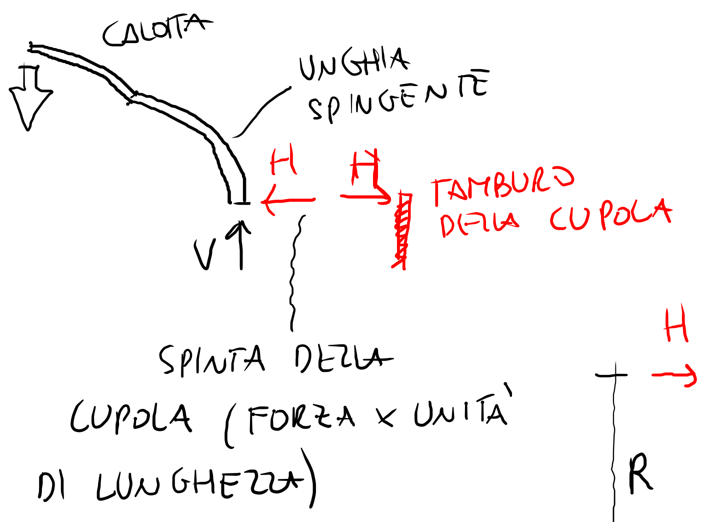
EQUIV. ALL' EQ. 2

• STATO TENSIONALE NEL PROBLEMA CON MATERIALE CHE NON RESISTE A TRAZIONE

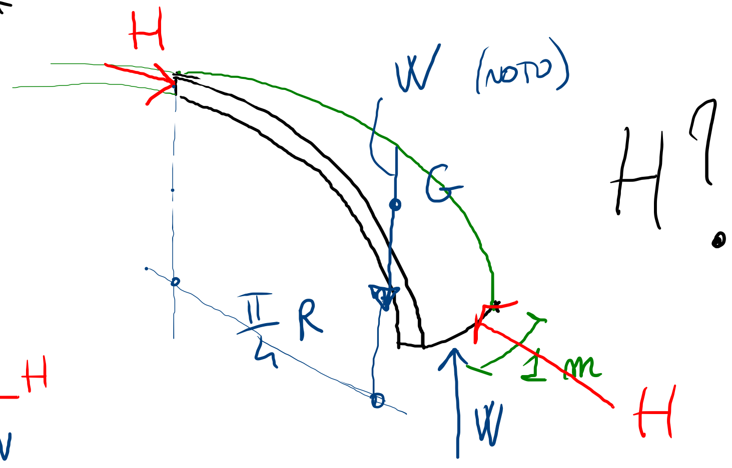


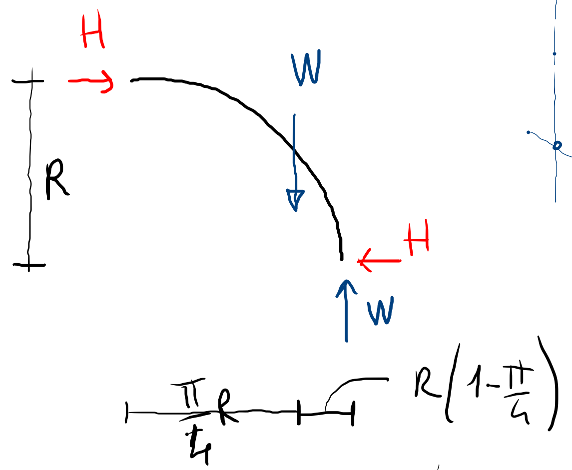
CALOTTA OMOGENEA (STATO DI TENSIONE MEMBRANALE

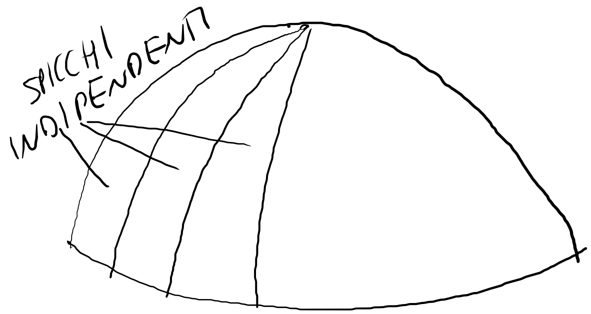
$\sigma_\theta, \sigma_\varphi < 0$



STIMIAMO CON UN MODELLO IN FAVORE DI SICUREZZA LA SPINTA DELLA CUPOLA FESSURATA







EQUIL MOMENTI : $H\cancel{R} = W\cancel{R}\left(1-\frac{\pi}{4}\right) \Longrightarrow H \simeq 0{,}215\, W$

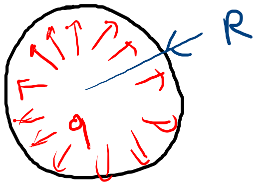
$W = \gamma \frac{2\pi R^2 t}{2\pi R} = \gamma R t$: PESO PER UNITÀ DI LUNGH. CIRC. DI BASE.

ES: $R = 10\ m$; $t = 20\ cm$; $\gamma = 20\ KN/m^3$

$$W = \gamma R t = 20'000 \cdot 10 \cdot 0,2 = 40'000\ N/m = 40\ KN/m$$

$$H = W\ 0{,}215 = 8.6\ KN/m$$

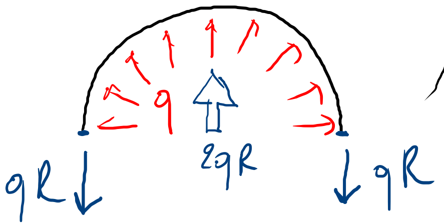
COMPORTAMENTO DI UNA TRAVE AD ANELLO CON FORZE DISTRIBUITE RADIALI



CARICO q INTERNO

⇒ AUTOEQUILIBRATO

(q COSTANTE)



$$\left.\begin{array}{l} N = +qR \\ T, M = 0 \end{array}\right\}$$

PROBL STRUTTURALE POLARSIMMETRICO

QUALI SONO LE CDS ≠ 0 ?

DIMENSIONAMENTO DI UN RINFORZO ALLA BASE DELLA CUPOLA PER L'ASSORBIMENTO DELLA SPINTA

H simile a q

← ANELLO IN ACCIAIO

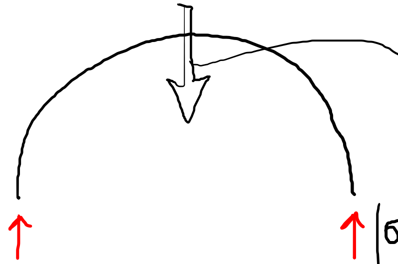
ES: DIMENSIONAMENTO (TREFOLI)

$$f_{yd} = 1200\ N/mm^2 \quad ; \quad A = \frac{N}{f_{yd}}$$

$$N = HR \Rightarrow A = \frac{HR}{f_{yd}} = \frac{8600 \cdot 10}{1200 \cdot 10^6} = 7{,}17 \cdot 10^{-5}\ m^2 = 71.7\ mm^2$$

(AREA DI PROGETTO)

OSSERVAZIONI: EQUILIBRIO CUPOLA CLASSICA CON MATERIALE CHE REAGISCE SIA A TRAZ. CHE A COMPR.



$Q = \gamma\, 2\pi R^2 t$

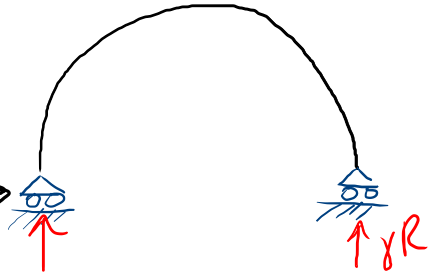
$|\sigma_\varphi(\frac{\pi}{2})| = \gamma R$

VERIF. CHE $\int |\sigma_\varphi(\frac{\pi}{2})| = Q$

$$\gamma R \cdot 2\pi R t \overset{?}{=} \gamma\, 2\pi R^2 t$$

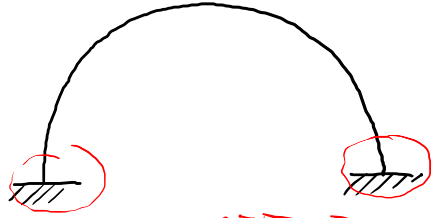
OK

PROBLEMA MEMBRANALE CUPOLA? CARRELLI ALLA BASE

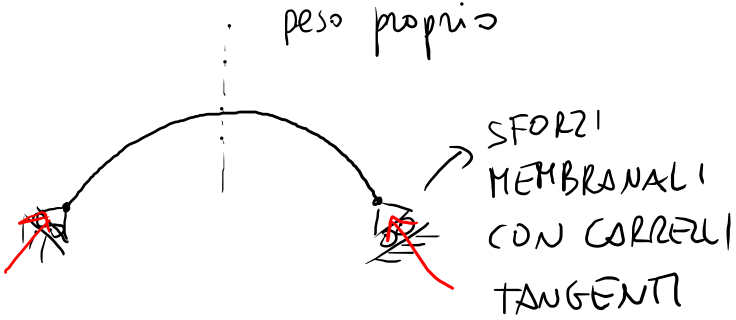


ALTRO PROBLEMA

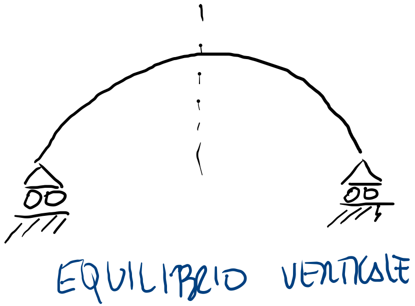
peso proprio

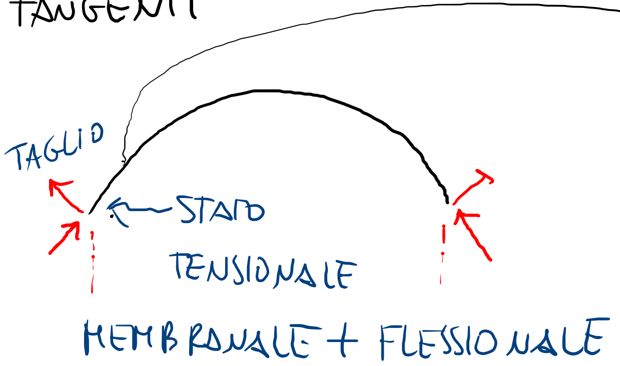


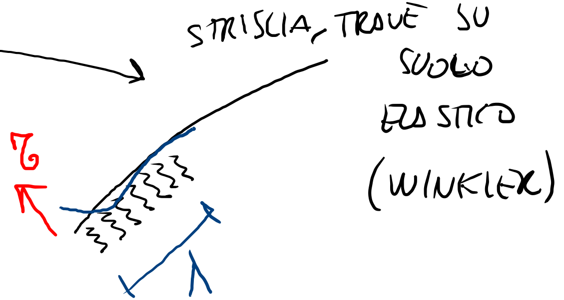
MI POSSO ASPETTARE REAZ. DI TIPO TAGLIO + MOMENTO



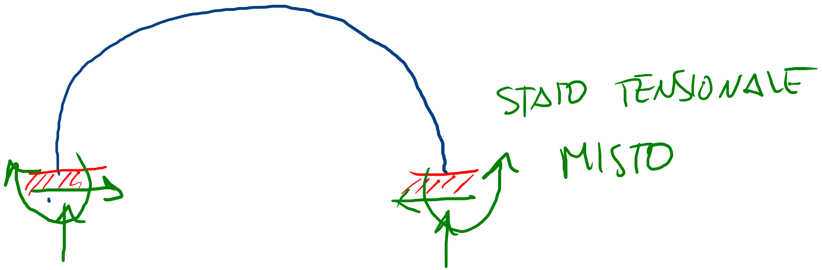
GLI STATI TENSIONALI "FLESSIONALI" RIMANGONO LOCALIZZATI IN PROSSIMITÀ DEL VINCOLO





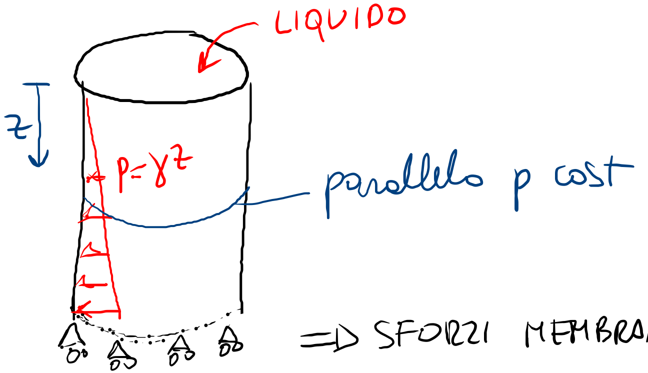


OLTRE UNA CERTA DISTANZA λ GLI EFFETTI DELLA FORZA τ SONO TRASCURABILI CAUSA LO SMORZAMENTO TIPICO DELLE TRAVI SU SUOLO ELASTICO

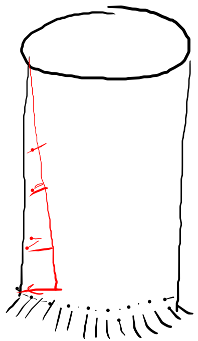


GECKLER

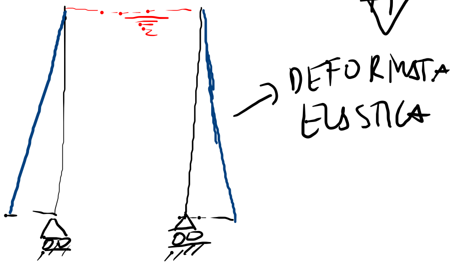
CENNI AL PROBLEMA FLESSIONALE NEI SERBATOI CILINDRICI

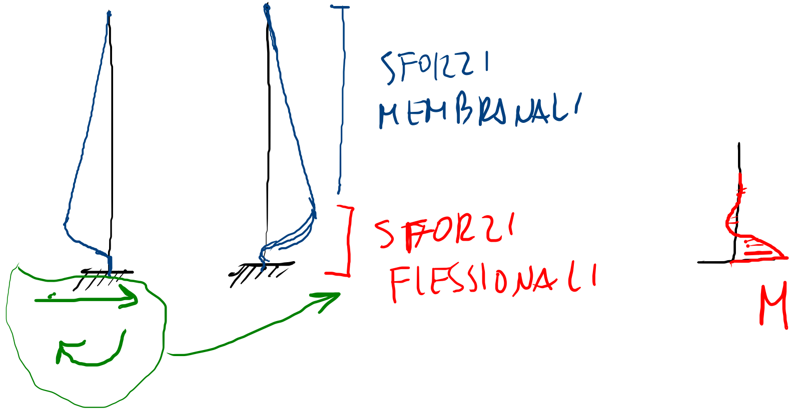


⇒ SFORZI MEMBRANALI NEL SERBATOIO

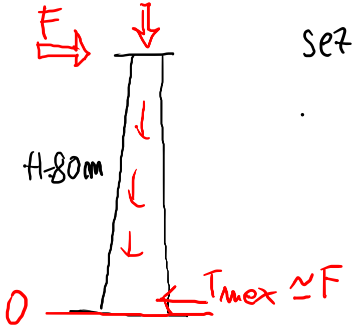


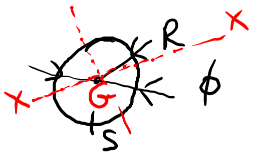
⇓





SOLLECITAZIONI E VERIFICA DI UNA SEZIONE DI UNA TORRE PER IMPIANTO EOLICO





Set 0 : $\phi = 5.66$ m

$s = 17$ mm

$A = 2\pi R s \simeq 300'000 \ mm^2$; SOLLECITAZ. A FORZA NORMALE

$M_{max} = 60000$ KNm $M_{z\,max} = 3250$ KNm

$T_{max} = 865$ KN

$N_{max} = -2816$ KN

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{2816000}{300000} \simeq 9.4 \ \frac{N}{mm^2}$$

$$W? = \frac{I_x}{R}$$

$$I_x = \frac{2\pi R s R^2}{2} = \frac{I_G}{2} = \pi R^3 s$$

$$W = \frac{\pi R^3 s}{R} = \pi R^2 s$$

VERIFICA A FLESSIONE

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W} = \frac{M_{max}}{\pi R^2 s} = \frac{60\,000\,000\,000}{\pi \left(\frac{5660}{2}\right)^2 17} \simeq 140 \ \frac{N}{mm^2}$$

modulo di resistenza (W)

60000 KNm ?