Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari
Tesi di laurea
Cartoleria e cancelleria
Stampa file e fotocopie
Print on demand
Rilegature

NUMERO : 55

DATA : 24/03/2011

A P P U N T I

STUDENTE : Goso

MATERIA : Strutture Speciali II

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell’autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.
Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTI E NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 3 di 171

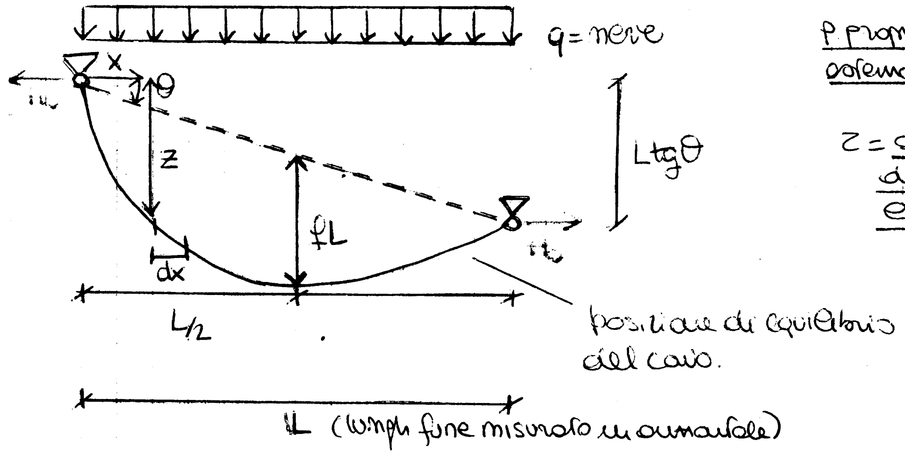
22/02/10

TENSOSTRUTTURE

CAVO SOGGETTO a CARICO UNIFORMEMENTE DISTRIBUITO

Cavo soggetto a q uniformemente distribuito su proiezione orizzontale

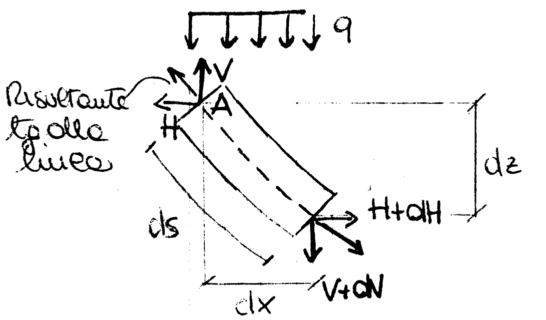
Visto gli q concentrati senza peso proprio. Peso proprio non è q uniform. distribuito su proiezione orizzontale, è distribuito lungo il cavo



P. proprio fune trascurabile rispetto q esterno

z = quota relativa all'orizzontale del più vicino del tratto considerato.

Si scrivono le condiz. di equil. su un tratto dx della fune. Indico con le caratt. di sollecitazione agli estremi



$\rightarrow$: $dH = 0$ $\quad H = \cos t = H_0$ lo riporto agli estremi

la H è uguale alla componente orizzontale in ogni punto.

$\uparrow$ $\cancel{V} - (\cancel{V} + dV) - q\,dx = 0$

$$\boxed{\frac{dV}{dx} = -q} \rightarrow V = V_0 - qx \quad \text{(relazione della variazione della fun. di V).}$$

$$A\circlearrowright \quad H\,dz - V\,dx - q\,dx\,\cancel{\frac{dx}{2}} + \cancel{dH\,dz} - \cancel{dV\,dx} = 0$$

infinit. ordine superiore

$$\boxed{V = H\frac{dz}{dx}} \rightarrow \frac{dV}{dx} = H\frac{d^2z}{dx^2} \rightarrow \boxed{H\frac{d^2z}{dx^2} = -q}$$

corrisponde ad H_0

Non ho ancora la fun. V nota dei legami. Obiettivo $\rightarrow$ ottenere relazione tra z e il q.

$\rightarrow$ ricavo dz e integro

$$\frac{dz}{dx} = \frac{V}{H} = \frac{(V_0 - qx)}{H_0} \rightarrow dz = \left(\frac{V_0 - qx}{H_0}\right)dx \rightarrow \int \rightarrow \boxed{z = \frac{V_0 x}{H_0} - \frac{qx^2}{2H_0} = \frac{x}{H_0}\left(V_0 - \frac{qx}{2}\right)}$$

equa. diff.

? da calcolare in funzione di un certo valore di z, o si impone H_0 e si ricava z

legame z e q $\rightarrow$ impone le condiz. al contorno.

$x = L \quad z = L\,tg\theta$

$$\cancel{L}\,tg\theta = \frac{\cancel{L}}{H_0}\left(V_0 - \frac{qL}{2}\right) \rightarrow V_0 = \frac{qL}{2} + H_0\,tg\theta \quad \text{(suppongo nota } H_0\text{).}$$

$$V = H_0\,tg\theta + \frac{qL}{2} - qx = H_0\,tg\theta + q\left(\frac{L}{2} - x\right) = H_0\,tg\theta + \frac{qL}{2}\left(1 - \frac{2x}{L}\right)$$

1

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 3 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 5 di 171

Il manufatto è legato alla forma della fune con H_0 = fune = parabola

q distribuito della fune non è un parziale ausil. ma tratto uniforme ho = peso allora la distrib. di q è di tipo f. Allora se la considerassi avrei una catenaria e non una parabola.
Qui ho si approssimata che per un certo dislivello è accettabile.

ds = lungh. del tratto sotto q → senza q $ds_0 \neq$ → lungh. iniziale da valutare x vedere le condizioni di equilibrio.
Posizione di equil è una parabola x al valore fissato di H_0.
Come verifica imposto $f_L \to H_0$ allora $T/_{Area}$ deve stare nei limiti.

$$T = \frac{qL}{8f}\sqrt{1+\left[tg\theta + \frac{qL}{2}\left(\frac{8f}{qL}\right)\left(1-\frac{2x}{L}\right)\right]^2}$$ In funz di f ho T

$T/_A$ = tensione confronto con il max valore consentito. A = area della fune = della sezione trasversale

$T/_A \le \sigma_{Es}$ la verifica deve essere fatta x tutti i punti (T funz di x) allora scelgo dove $|T_{max}|$ (qui sempre >0 non è soggetta a compressione).

$$z = x\left[tg\theta + 4f\left(1-\frac{x}{L}\right)\right]$$ eqne quadratica → $z = \frac{x}{H_0}\left(V_0 - \frac{qx}{2}\right) = \frac{x}{H_0}\left(H_0 tg\theta + \frac{qL}{2} - \frac{qx}{2}\right) = x\left[tg\theta + \frac{qL}{2H}\left(1-\frac{x}{L}\right)\right] =$

Vedo dove la fune ha inclinazione max = V è la max e T è max. $x\left[tg\theta + \frac{qL}{2qL}4 \cdot 8f\left(1-\frac{x}{L}\right)\right]$

$V = V_0 - qx$ → $x = 0$ $V = V_0$ (Max valore) (Vale come x q concentrati senza H variabile). Se no devo vedere dove T è max → inclinazione xché H ≠ costante).

$$ds = (1+\varepsilon)ds_0 = \left(1 \mp \frac{T}{EA}\right)ds_0 \to \frac{ds}{dx} = \left(1+\frac{T}{EA}\right)\frac{ds_0}{dx}$$

lungh. finale del tratto infinitesimo

$$\frac{T}{EA}\left(\frac{\sigma}{E}\right)$$

ds/dx si può legare alle F $\frac{ds}{dx} = \frac{T}{H_0}$

$$\frac{ds_0}{dx} = \frac{T}{H_0}\left(1+\frac{T}{EA}\right)^{-1}$$ T è espresso in funz di x → si può svolgere numericamente l'∫.
Ho valori abbastanza approssimati se parto dal valore di $T/_{EA}$

es/acciai da precompressione $\left(\frac{T}{A}\right)_{max} = 1000$ $\frac{T}{EA} = \frac{1000}{200000} = \frac{1}{200} << 1$

valore elevato di solito non si supera 350/400 in esercizio x applicazioni comuni $\frac{T}{EA} \sim \frac{1}{500}$

Se sviluppo in serie $\left(1+\frac{T}{EA}\right)^{-1} = \left(1 - \frac{T}{EA} + \left(\frac{T}{EA}\right)^2 - \left(\frac{T}{EA}\right)^3 + \dots\right) \cong \left(1-\frac{T}{EA}\right)$

$$\frac{ds_0}{dx} \cong \frac{T}{H_0}\left(1-\frac{T}{EA}\right)$$ forma dell'eqne differenziale.

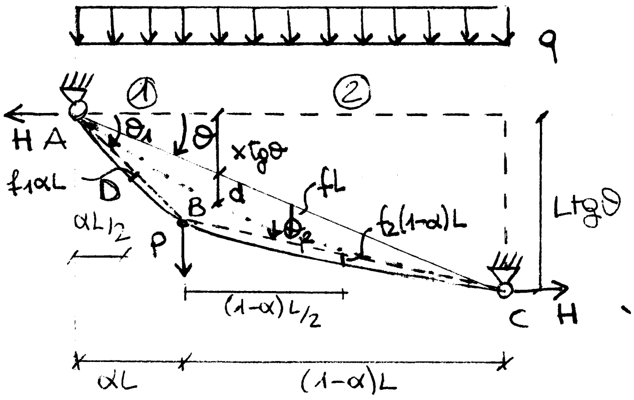
$\frac{qL}{2EA} = \rho$ → si ottiene un'eqne cubica → risolvo calcolando il valore delle radici.

$$(4f)^3 - 2\rho(4f)^2 - 6\left(\frac{s_0}{L} - 1\right)4f - 6\rho = 0$$

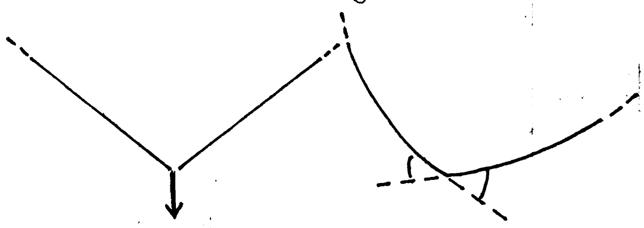
© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 5 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 7 di 171

CAVO SOGGETTO A CARICO UNIFORMEMENTE DISTRIBUITO E CARICO CONCENTRATO



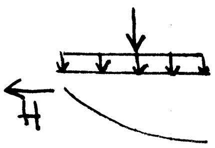
q concentrato = i tratti adiacenti si dispongono con pto angoloso.
le q distribuito porta ogni tratto di fune ad avere andamento parabolico mine e dopo il punto = varia pendenza tg a dx e a sx.



Considero la congiungente pto applicaz. q con estremi. e ne valuto inclinazione con orizzont. $\Rightarrow \theta_1, \theta_2$.

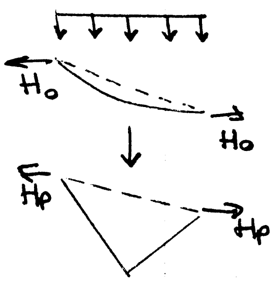
Considero una sez nel primo e nel II tratto = ho x che assume valori generici.
Mi metto a metà degli intervalli tra dare valore arbitrario a H o alla fune = scelgo la seconda a metà ho $f_1 \alpha L$ (sn due parabole a dx e sx del q concentrato) e $f_2(1-\alpha)L$
Non si fissa $f_1\alpha L$ o $f_2(1-\alpha)L$ ma uno ulteriore da cui li ricavo.
Qmq fisso un parametro f come prima
f_1 e f_2 mai sn ulteriori incognite

Ip: ho solo q distribuito $\Rightarrow$ indico la posizione di equilibrio del cavo per $P=0$. Non vale la PSE !! le relazioni tra q e fune in fun di ± non sono lineari = non vale la PSE!



Questa condiz con solo q posso studiarla. Allora valuto cosa avviene in merito allora fisso fL $\Rightarrow$ condizione di q parziale dove fisso fL x andare avanti = Non si può ragionare in base e una quota max o min $\Rightarrow$ diventa + indef il criterio con cui inizio il processo. Metodo iterativo fisso fL e verifico.

f_1 e f_2 sn riconducibili a f fissato arbitrario piuttosto di fissare H che è uguale agli estremi x che non ci sn compon. di q orizzontali.
H risente di q e P $\Rightarrow$ non posso usare PSE



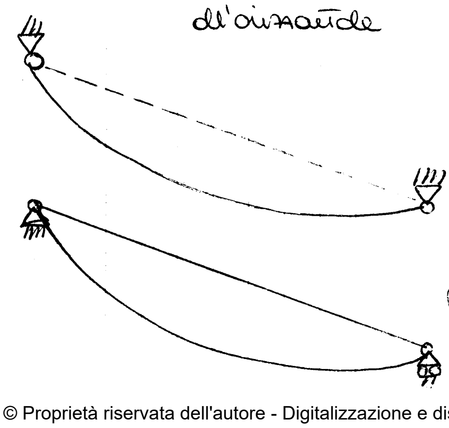
La somma $H_0+H_P \neq H$!!! non sono distinguibili esattamente

Però nelle H ci sn i 2 contributi

Con riferimento al solo q distribuito ($P=0$)

$z(x) = x\,tg\theta + d(x) = x\,tg\theta + \dfrac{m(x)}{H_0}$ } sulla trave equivalente $m(x) = \dfrac{qx}{2}(L-x)$

quota rispetto all'orizzontale



$$H_0 = \frac{qL}{8f}$$

$$S_0 = L\left(1 + \frac{8}{3}f^2 + \frac{tg^2\theta}{2}\right)$$ cavo inestensibile e $\dfrac{qL}{2EA} = 0$

Per $\dfrac{qL}{2EA} \neq 0$ $\quad S_0 = L\left[1 + \dfrac{8}{3}f^2 + \dfrac{tg^2\theta}{2} - \dfrac{H_0}{EA}\left(1 + tg^2\theta + \dfrac{16}{3}f^2\right)\right]$ ⊛ la lungh ★

$T = H_0\sqrt{1 + \left[tg\theta + 4f\left(1 - \dfrac{2x}{L}\right)\right]^2}$

③

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 7 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 9 di 171

$$m_B + m_{1B} = \frac{q\alpha L}{2}(L-\alpha L) + P(1-\alpha)\alpha L = \frac{(1-\alpha)\alpha L}{2}(qL+2P)$$

$$m_D + m_{1D} = \underbrace{\frac{q\alpha L}{4}\left(L-\frac{\alpha L}{2}\right)}_{\frac{qL^2}{8}\alpha(2-\alpha)} + P(1-\alpha)\frac{\alpha L}{2} = \frac{\alpha L}{2}\left(\frac{q}{2}\left(1-\frac{\alpha L}{2}\right)+P(1-\alpha)\right)$$

$$f_1 = \frac{\frac{1}{H}\left[\frac{qL^2}{8}\alpha(2-\alpha) + \frac{P\alpha L}{2}(1-\alpha)\right] - \frac{1}{2H}\left[\frac{(1-\alpha)}{2}\alpha L\,(qL+2P)\right]}{\alpha L}$$

$$f_1 = \left(\frac{qL}{8H}(2-\alpha) + \cancel{\frac{P}{2H}(1-\alpha)} - \frac{(1-\alpha)}{4H}qL - \cancel{\frac{(1-\alpha)P}{2H}} = \frac{qL\alpha}{8H} = \alpha\frac{\overbrace{fH_0}^{\frac{qL}{8}}}{H}\right.$$

Analogamente per il tratto $\overline{BC}$

$$f_2 = (1-\alpha)\frac{qL}{8H} = (1-\alpha)\frac{fH_0}{H}$$

Se $P \to 0$ (lo riduco poco alla volta) ho solo $q \neq 0$ (più grande è la freccia meno è approssimata se f piccola allora le formule approssimate va bene) _ (*)

Quind $P \neq 0$ scrivo S_{01} e S_{02} x i 2 tratti = lunghezze dei tratti parabolici

$\overline{AB}$ $S_{01} = \alpha L\left[1+\frac{8}{3}f_1^2 + \frac{tg^2\theta_1}{2} - \frac{H}{EA}\left(1+tg^2\theta_1+\frac{16}{3}f_1^2\right)\right]$

è la formula di prima xchè P è come un vincolo, in mezzo ho una fne continua.

$\overline{BC}$ $S_{02} = (1-\alpha)L\left[1+\frac{8}{3}f_2^2 + \frac{tg^2\theta_2}{2} - \frac{H}{EA}\left(1+tg^2\theta_2+\frac{16}{3}f^2\right)\right]$

H_0 è def una volta che fisso f. Qui bisogna iterare perchè ho una incognita in più H

Sostituisco f_1, f_2, $tg\theta_1$ e $tg\theta_2$

$S_0 = S_{01}+S_{02}$ (è la stessa fne qnd $P \to 0$)

Nell'espressione ricompare P.

$$S_0 = \frac{8}{3}f^2 - \frac{H_0}{EA}\left(1+tg^2\theta+\frac{16}{3}f^2\right) = \frac{8}{3}f^2\left(\frac{H_0}{H}\right)^2\left[(1-3\alpha)\left(1-\frac{(qL+P)^2}{(qL)^2}\right)\right] - \frac{H_0}{EA}\frac{H}{H_0}\left\{1+tg^2\theta+\frac{16}{3}f^2\left(\frac{H_0}{H}\right)^2 \cdot\right.$$

$$\left.\cdot\left[(1-3\alpha)(1-\alpha)\left(1-\frac{(qL+P)^2}{(qL)^2}\right)\right]\right\}$$ eque di 3° grado in H.

Δ manca c'è la f imposta che ci permette di calcolare H_0 e qnd S_0 (qst vale con solo q concentrato)

→ Ora devo introdurre valori di H calcolare S_{01} e S_{02} e confrontare con S_0.

Poi si valutano i risultati in termini di Tensione (T) da valutare in fne di H e V / calcolato noto H (eque equilibrio)

verifica tensionale

ottenuto x iterazione

È facile che la max inclinazione si ottiene nel primo estremo.

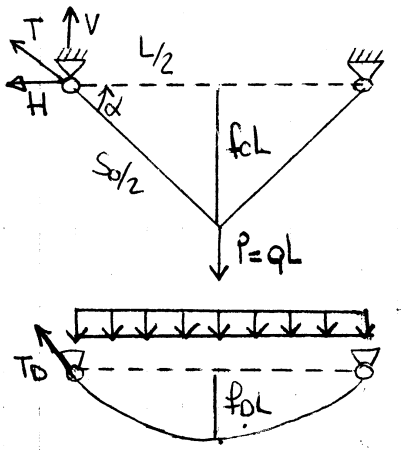
④

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 9 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 11 di 171

01/03/16

Effetto q conc. / q distrib. in proiezione orizzontale di uguale entità



S_0 e non S → ip! le formule usate ricavate con ell cond. = ip cavo inestensibile.
X el q uniform. distribuito ip di cavo inestensibile
se no $S = S_0(1+\varepsilon)$

$$f_c = \frac{z}{L} = \frac{1}{2}\sqrt{\left(\frac{S_0}{L}\right)^2 - 1}$$

$$f_D = \sqrt{\frac{3}{8}\left(\frac{S_0}{L} - 1\right)}$$

$$\frac{f_c}{f_D} = \sqrt{\frac{4}{3}\left(1 + \frac{S_0}{L}\right)} > 1$$

= calcolazione sulla trave equivalente

$$T_c = \frac{V}{\sin\alpha} = \frac{qL/2}{\sin\alpha} = \frac{qL/2}{\frac{f_c L}{(S_0/2)}} = \frac{qL/2}{\frac{\frac{L}{2}\sqrt{\left(\frac{S_0}{L}\right)^2-1}}{(S_0/2)}} = \frac{qL}{2}\sqrt{\frac{(S_0/L)^2}{(S_0/L)^2 - 1}}$$

T × il q concentrato è > di $qL/2$

$$T = \frac{qL}{8f_D}\sqrt{1 + \left[\operatorname{tg}\theta + 4f_D\left(1 - 2\frac{x}{L}\right)\right]^2}$$

T per il q distribuito.
la Trazione è min (= H) in mezzeria, è max all'inizio dove ho la max inclinazione della tg.
Nel caso del q concentrato T è costante

$\theta = 0$ (poiché sono alla stessa quota no inclinazione della congiung. rispetto all'orizzontale)
$x = 0$

$$T_D = \frac{qL}{8f_D}\sqrt{1 + (4f_D)^2}$$

Sostituisco il valore di f_D

$$T_D = \frac{qL}{8\sqrt{\frac{3}{8}\left(\frac{S_0}{L} - 1\right)}} \cdot \sqrt{1 + \frac{\cancel{16}}{2}\left(\frac{3}{\cancel{8}}\left(\frac{S_0}{L} - 1\right)\right)} =$$

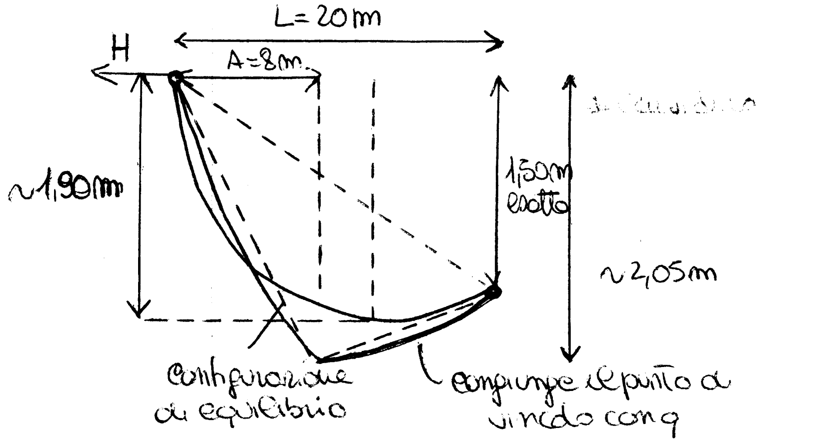
$$\frac{qL}{\cancel{8}}\sqrt{\frac{1 + 6\left(\frac{S_0}{L} - 1\right)}{2\cancel{16}\cdot\frac{3}{\cancel{8}}\left(\frac{S_0}{L} - 1\right)}} = \frac{qL}{2}\sqrt{\frac{1 + 6\left(\frac{S_0}{L} - 1\right)}{6\left(\frac{S_0}{L} - 1\right)}} = \frac{qL}{2}\sqrt{1 + \frac{1}{6\left(\frac{S_0}{L} - 1\right)}}$$

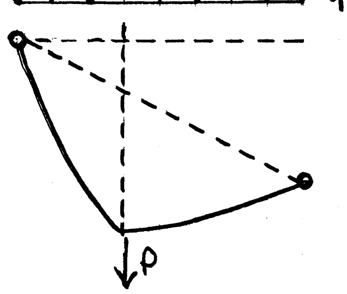
$$T_D = \frac{qL}{2}\sqrt{1 + \frac{1}{6\left(\frac{S_0}{L} - 1\right)}}$$

Valuto il rapporto dei valori massimi

$$\frac{T_D}{T_C} = \left[1 - \frac{1}{6}\left[\frac{5 - \left(\frac{S_0}{L}\right)}{\left(\frac{S_0}{L}\right)^2}\right]\right]^{1/2} < 1$$

$\frac{S_0}{L} > 1$ ma $\neq 5$ dove $5 - \frac{S_0}{L} > 0$
$\sim 1{,}1 / 1{,}15$





5

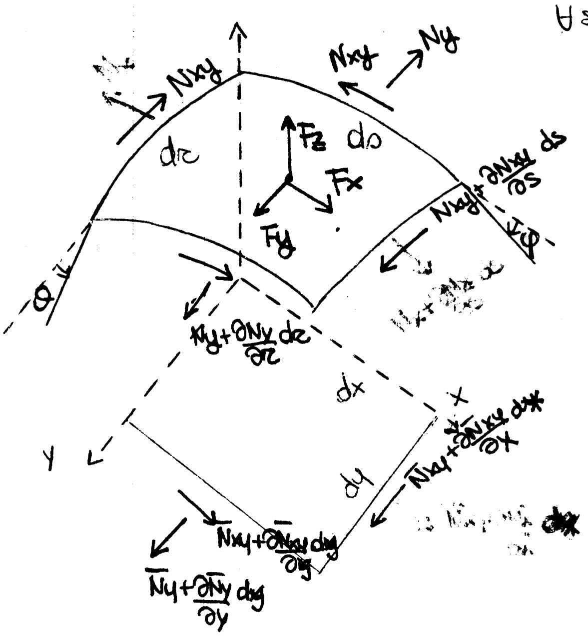
© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 11 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 13 di 171

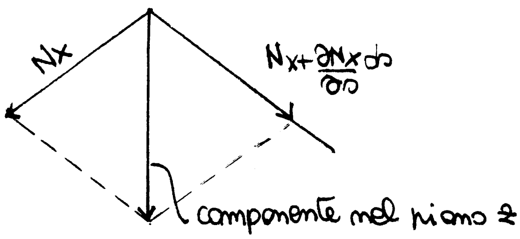
TENSOSTRUTTURE

Studio delle superfici sempre tensostrutt. (con linea d'asse nel piano) → sempre con sp di strutt senza R a compress. e flessione in ∀ pto = membrana molto sottile → ~~[illegible]~~
x questi strutt si usano le equaz di equilibrio studiando l'elem. infinitesimo sono equaz indef. di equilibrio (per le cond. ai limiti x risolvere il probl.).
Considero un elem di S = Non è una S di Rivoluzione come x le cupole. sono S di Traslazione = **PARABOLOIDI IPERBOLICI**

∀ sist. di assi cartesiani x y z (SR locale).



Elem ottenuto x ∩ delle S con piani verticali.
x sp la strutt. sopporta solo sforzi nel piano = le tensioni taglianti non ci sono allora posso avere solo sforzi di Traz nel piano tg
Sono sforzi x unità di lunghezza di arco. (sono // agli assi)
I 2 Nx sono sullo stesso piano verticale ma sono leggermente ruotati = danno un'altra componente.



I vettori Nxy e $\frac{dN_{xy}}{ds} ds$ sono paralleli = No c'è componente trasversale = c'è solo un incremento che interviene solo nel pl piano.
La F est. è scomposta nel SR locale secondo le 3 direzioni → sono x Ū di S. Per cui Fz non è una forza a meno che la moltiplico per ds dr.

Nel SR locale ho equaz di equil. alla trasl. lungo x, y e z.

$$x:\quad \frac{\partial N_x}{\partial s} + \frac{\partial N_{xy}}{\partial r} + F_x = 0$$

$$y:\quad \frac{\partial N_y}{\partial r} + \frac{\partial N_{xy}}{\partial s} + F_y = 0$$

$$z:\quad -\frac{N_x}{r_x} - \frac{N_y}{r_y} + F_z = 0$$

$1/r_y$ $1/r_x$ = curvatura se conoscessi l'angolo o per il valore dell'angolo
parametri geometrici
Se so la condiz. di equilibrio → $1/r_x$ $1/r_y$ poi so le forze → N_x N_y N_{xy} da integrare.
in realtà non so le condiz di equil.
Non è detto N_x N_y N_{xy} dipendano solo dai valori dei q est. Introdurre parecchi enti + a q est.

∄ linearità geom. / condiz equil.
Cerco condiz equ. rappresentata dalle curvature → devo imporre config. equi. o qualcosa che influisca (es. freccia in pto) = sforzi
oppure sp. sforzi = ricavo la geom.

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 13 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 15 di 171

Fine z da determinare e caratt ~~della fune-punto~~ con delle posizioni di tentativo.

$N_1, N_2 \leq N_{lim}$ → max sollecitazione consentita. (dividendo x lo spessore potrei avere le σ)- ammesso che posso valutarlo.

~~Se~~ mi pongo nel piano ordinario o solo S effettivo? Sulla S effettiva e devo verificare ∀ punto e N_1, N_2 devono avere segno >0.
Pongo un certo stato di sollecitazione.
Trovo N_x, N_y, N_{xy} → ottengo la S z.
Con semplici eq si vede come procedere.
N_1, N_2 = sforzi principali (ma c'è pertanto $N_{1,2}$)- in tutti i punti. → faccio delle considerazioni
mi tenuto conto delle condiz di equil., di Resist. e delle condiz geom. a cui devo sottostare.
Da un punto di vista tensionale o delle sollecitazioni posso avere:

$N_1 \cdot N_2 < 0$ Sf iperbolica

$N_1 \cdot N_2 = 0$ al limite accettabile Sf parabolica

$N_1 \cdot N_2 > 0$ condiz. voluta salvo precisazioni. Sf ellittica

Dal punto di vista geometrico le curvature K_1, K_2 → negli stessi punti posso avere le 2 curvature nelle direzioni principali

$k_1 \cdot k_2 < 0$ Sf iperb.

$k_1 \cdot k_2 = 0$ Sf parab.

$k_1 k_2 > 0$ Sf ellitt.

Devo imporre delle condizioni = equi di equilibrio.

$N_1 k_1 + N_2 k_2 = 0$ suppongo q est = 0 (p.p trascurabile).

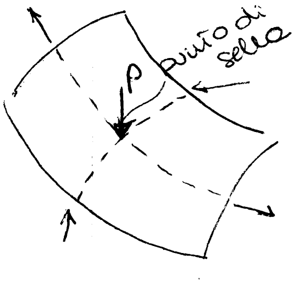
Nella situazione normale

$$\begin{cases} \dfrac{N_1}{N_2} = -\dfrac{k_2}{k_1} & \text{deriva dalla cond. di equilibrio che deve essere soddisfatta} \\ N_1, N_2 \geq 0 & (\bar{e} \text{ da evitare } =). \end{cases}$$

↓
con questa condizione dove $N_1 N_2 > 0$ non posso scegliere 2 semimeno ma 2 semipiù.
Allora devo associare a questa

$k_1 k_2 < 0$ è l'unico che soddisfa $\dfrac{N_1}{N_2} = -\dfrac{k_2}{k_1}$

Alla condiz statica dell'equ. devo associare una condizione geometrica iperbolica.



Condizione senza carico.
Elemento infinitesimo
Applico q (puntiforme perché vedo elem infinitesimo) → sennò non ho q concentrato se no neanche delle funi
Applico q la S come reagisce?
L'elemento ~~teso~~ si mette in traz in parte e in compress. in parte
se avesse rig. per sopportare la compress. ma non ce l'ho = evitare per condizione = far sì che c'è compressione.
→ introduco uno SFORZO PERMANENTE di SEGNO OPPOSTO a QUELLO CHE DEVO SOPPORTARE per EFFETTO q ESTERNI.

7

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 15 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 17 di 171

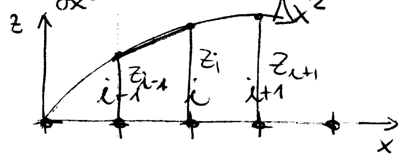
Equi differenziali del 2° ordine

Non considero F_x, F_y ma solo F_z allora serve una sola equa di equilibrio quella in direz z.
Ip: valida ip inclinazione piano tg non elevata.

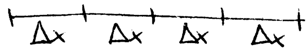
$$\bar N_x \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \bar N_y \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = \;.$$

Posso portarmi in sist. non principale con N_{xy} piccolo = Trascurabile → non c'è elevato R e V.
Considero ∅ per creare un algoritmo semplice
Discretizzazione alle diff. finite → più preciso quanto + la suddivisione è fitta = lato piccolo → arrivo alla precisione voluta = 1 ordine grand. < → N_{xy} piccolo e rispetto sforzi effettivi sull'armatura.

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} \cong \frac{z_{i-1} - 2z_i + z_{i+1}}{\Delta x^2}$$



Sm nel piano zx e derivo rispetto x (derivate parziali).



discretizzo la fune nel piano (Δx).
Per il pto generico i la differenza seconda è

$$\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_i^S \cong \text{pendenza della congiungente a sx di } i = \frac{z_i - z_{i-1}}{\Delta x}$$

se valuto l'intervallo a dx

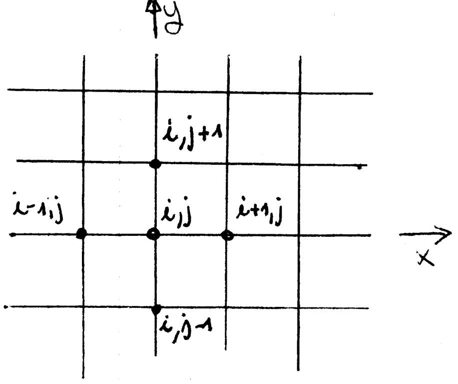
$$\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_i^D \cong \frac{z_{i+1} - z_i}{\Delta x}$$

Al limite tendono allo stesso valore. Introduco la diff. centrale.

$$\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_i \cong \frac{z_{i+1} - z_{i-1}}{2\Delta x} \quad \text{Differenza prima}$$

$$\left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2}\right) = \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right) \cong \frac{\frac{(z_{i+1} - z_i)}{\Delta x} - \frac{(z_i - z_{i-1})}{\Delta x}}{\Delta x} = \frac{z_{i+1} - 2z_i + z_{i-1}}{\Delta x^2}$$

Considero un graticcio → mi pongo in un punto (i,j)



Note le coordinate z dei 4 punti intorno a quello in esame. Trasformo eque diff. in sist di equi algebriche lineari. L'insieme delle equi diff. di equilibrio viene approssimato da sist equi algebriche lineari = risolubili se n° equi = n° ? Se non avviene allora non è possibile → devo partire con delle posizioni e iterare fino alla convergenza.
Quando voglio scrivo sist. equi grande che poi è impossibile da gestire.

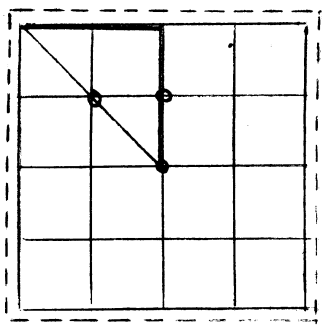
© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 17 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 19 di 171

z_A	z_B	z_C
2,461	2,365	2,419
2,490	2,372	2,622
2,498	2,374	2,624
2,499	2,375	2,625
2,500	2,375	2,625

Dalla 7° iterazione non vario più.

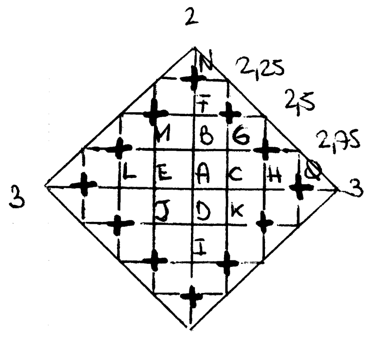
Con un metodo di discretizzazione non ottengo z ma dei valori nei punti della suddivisione sono tanto più vicini quanto + la distanza di suddivisione diminuisce.
L'errore commesso è $\propto$ al ^{2} di Δx. Se dimezzo il Δ la sol è 4 volte + preciso.
Questo es equivale a quello dato dal Belluzzi x una lastra appoggiata ai bordi -> con una suddivisione 4x4 (elementi lato 1m).



La suddivisione è grossolana = errore grande. Se suddivido di più con lo stesso algoritmo (16x16) → sol accettabile.

Questa è la sol esatta solo x determinate condizioni.
Se divido in più parti = risultato con più complicazioni (+ iterazioni) ma si hanno più informazioni.

Se divido con maglia doppia l'elemento di prima da 5 ho 23 punti = descrizione + ampia dello stato di deformazione = di equilibrio xciò che il calcolatore. Se costruisco modo di iterazione uso il calcolatore.



Passo = metà di quello precedente.
I punti estremi sono a quota nota (condizioni di bordo).

$$z_A = \frac{2z_C + 2z_B}{4}$$

$$z_B = \frac{z_F + z_H + z_G + \cancel{z_A}}{4} \qquad \text{sn? } z_F, z_H, z_G$$

$$z_C = \frac{z_G + z_H + z_K + \cancel{z_A}}{4} \qquad \text{sn? } z_G, z_H, z_K$$

La falsa posizione iniziale riguarda un n° di punti = a quello che si ottiene tagliando quello al bordo.
X i punti + tengo conto delle condizioni note es N ha 3 punti noti + uno che def con delle condizioni di falsa posizione.

Devo introdurre come punti di falsa posizione F M B G L E A C H J D K I = 13 = poi ci sono le simmetrie allora riduco le equazioni.
Do come valore da A fino a H z=2 scrivo tante relazioni tutte strutturate e poi si parte con un valore iniziale.

$z_C = 2,531$ $\qquad$ $z_F = 2,375$

$z_N = 2,219$

$z_Q = 2,781$ $\qquad$ $z_B = 2,489$

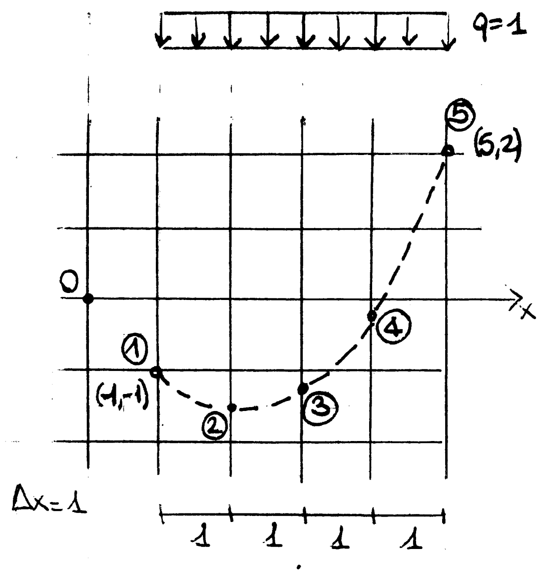
$z_H = 2,625$

$z_A = 2,500$

9

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 19 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 21 di 171



q unif. distribuito in maniera orizzontale (l'eqne scritte in sist. orizz. poi posso tornare ai valori effettivi con le proiezioni).

Divido l'intervallo tra punto ① e pto ⑤ in orizzontale con $\Delta x = 1$.
Suppongo $q = 1$ come intensità

Fz che interviene nella formula ha una convenzione

$$F_z = -q = -1 \quad (kN/m)$$

Per risolvere il problema bisogna fissare H_{ox} (come qnd ho un q applicato appure qnd studio cavo da solo = eqne che lega H_o e z e quindi con H_o cost ∀ pto allora o fisso z → H_o oppure viceversa. Prima fisso la z ora H_o)

$H_{ox} = 1$ (kN)

Posso applicare l'eqne da un punto qualsiasi? Dipende dal caso in cui siamo. Ho una curva (ottenuta x punti) → è una parabola - Cerco di appl. con la formula delle condiz. note

In ④ $M = 0$ allora condiz a sx = a quella a dx

Procedo come nel caso 2D. Mi metto in pto ③ e lo $z_3 = 0$.

$$z_3 = \frac{z_4 + z_2 + \frac{1}{1}\cdot 1^2}{2} = 0$$

$$z_2 = \frac{\overset{0}{\cancel{z_3}} + z_1 + \frac{-1}{1}\cdot 1^2}{2} = \frac{-1-1}{2} = -1$$

$$z_4 = \frac{z_5 + \overset{0}{\cancel{z_3}} + \frac{1}{1}\cdot 1^2}{2} = \frac{2-1}{2} = \frac{1}{2} = 0{,}5$$

Ricalcolo z_3

$$z_3 = \frac{\frac{1}{2} - 1 - 1}{2} = -\frac{3}{4} = -0{,}75$$

$$z_2 = \frac{-0{,}75 - 1 - 1}{2} = -1{,}375$$

$$z_4 = \frac{2 - 0{,}75 - 1}{2} = +0{,}125 \quad \dots$$

Dopo 4/5 iterazioni la z è:

$z_2 = -1{,}75$
$z_3 = -1{,}5$
$z_4 = -0{,}25$

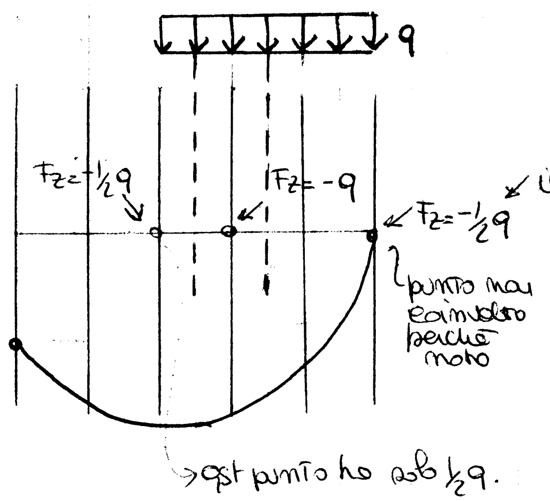
Risultato x $H_{ox} = 1$ costante. Se H_{ox} raddoppia con $q=1$ → la fune tende a disporsi lungo la configurazione z le z sono positive

⑩

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 21 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 23 di 171

Posso porre zero attent. nel def i termini noti



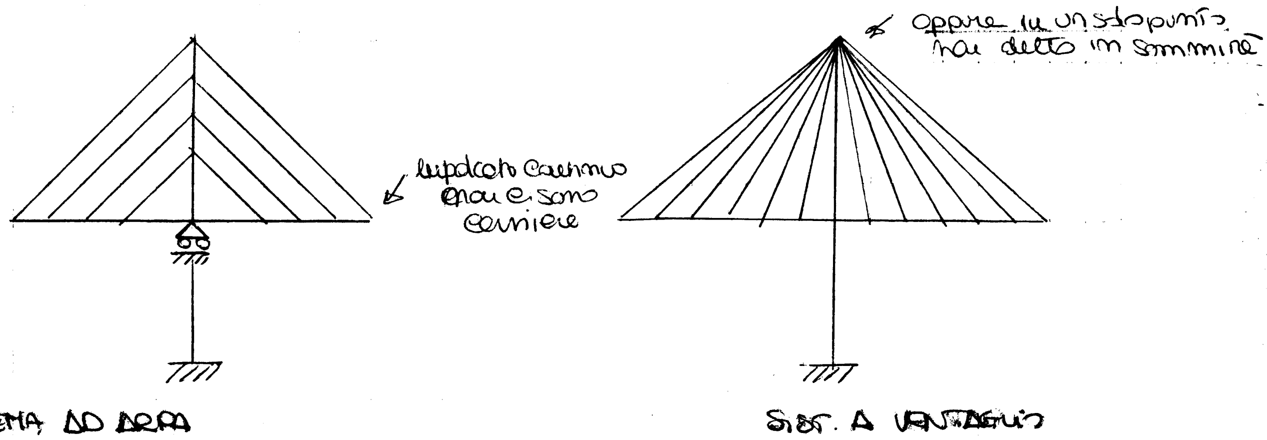
Passo applicare il metodo precedente x 2D = scrivo le equi nelle 2 direzioni.
Allora cambia po

Come nell'es les scorso non scrivo equi x i punti noti che coinvolgono punti est.
Scrivo equi x i punti adiacenti.
Alla fine ho n° equi = n° incognite.

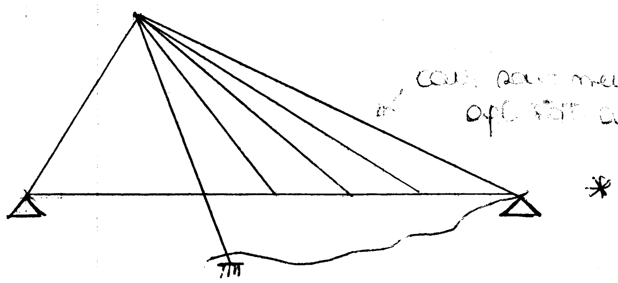
PONTI STRALLATI

Metodo di risoluzione x i ponti strallati. Metodo di calcolo delle sollecit. nei cavi e nell'impal.

1 elem portante = PILONE → elem in contrasto dalla base che in 1 o + pti della sua estensione porta degli elementi (STRALLI) alle pos. dell'impalcato (dove passano i q mobili).



Il pilone può essere uno solo e più di 1 → fune → luce
↘ scelte progettuali

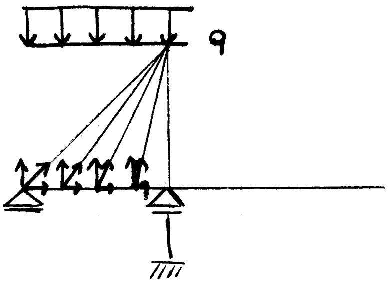


Vincolo impalcato/pilone = di solito c'è carrello o cerniera (impedita lo spostamento).
Affida lo strallo opposto a quello anche del pilone

(11)

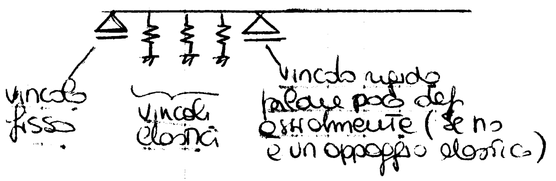
© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 23 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 25 di 171

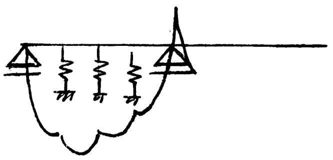


q = p.p o q variabile.

impalcato def flessionalmente → es. su luci 100 m tra 2 pil. di ancoraggio = ma rigid. fless. alta x le luce, x chè deve essere leggero = + imp! la rigid torsionale x sisma e soprattutto vento (risonanza torsionale)
Gli spost. sn piccoli x le luci in gioco ma suff. grandi x produrre spost ≠ 0.



impalcato = trave su appoggi fissi e elastici (molle) → trave su suolo elastico non continuo ma puntiforme.



Cuspidi fatte così perchè vanno verso alto tranne che sul primo appoggio.
Tengo conto impalcato ha sez trasversale. Re considero solo con 2 piani di stralli

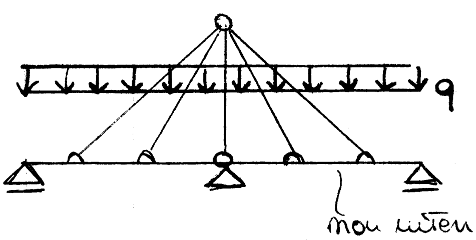
Poi c'è caso con stralli a 2 lati impalcato = dist.
Devono eserc. 2 vie. Caso = q scentrato = impalcato simm → No effetto torsionale.
q variab = effetto torsionale preso dall'impalc. = M_t su vincol. esterni tolta solo Rigid impalc.

se piano di stralli sn 2 = sollecit. su stralli = ai piloni in aiuto alla Rigid. torsionale dell'impalcato.

Gli stralli non sopportano compressioni → risolvo strutt. come iperstatica (int. e a volte est.) - Il cavo esterno può essere compresso → Non accettab. Calcolo lineare (non posso far affid. sulle plastic. devo essere in campo elastico) → equ. algebriche lineari.
Non devo solo cambiare elc. → Allora gli stralli sn presollecitati = sforzo in fase di costruz. che influenza comport. complessivo in + ai q perm e variabile. fune come tensostrutt. Presollecito = + rigide → No in compressione della fune perchè scarica la presollecitazione.
Verifica: presollecit. + q est. = Non porta al limite ammesso.
In fase eserc. posso dover sostit. strallo = quelle adiacenti devono sopportare ulteriore riserva di R x quando la sollecit. deve essere lontana da limite elast.

Tot = acciaio ad alto limite elastico → trefoli o fili da precompress. ad alto limite elastico = sopportare a sforzi → fenom. lenti = rilassam senza perdere elevato sforzo. se usassi acc. ordinario x alto elevato x rilassam. Ca alto limite elastico resta 90/95%.

Schema strutturale. % SIMMETRICO



Semplif. = pilone articolato, appoggiato all'est. alla quota impalc. = impalcato su vincolo fisso e pilone vincolato è pilone e impalc. = indipendente.
Considero solo q vert. = Non serve cerni.

q su tt la lungh. non cambia nulla nell'impost. del calcolo mettere tt il q e non una sola parte.

12

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 25 di 171

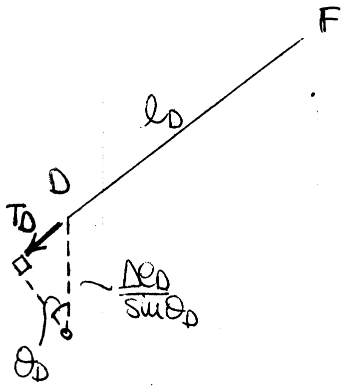
© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 27 di 171

- $\delta'_B - \delta_{BD} X_D - \delta_{BG} X_G - \delta_{BB} X_B - \delta_{BH} X_H - \delta_{BE} X_E = \Delta_B$
- $\delta'_H - \delta_{HD} X_D - \delta_{HG} X_G - \delta_{HB} X_B - \delta_{HH} X_H - \delta_{HE} X_E = \Delta_H$
- $\delta'_E - \delta_{ED} X_D - \delta_{EG} X_G - \delta_{EB} X_B - \delta_{EH} X_H - \delta_{EE} X_E = \Delta_E$

Apparentemente problema risolubile (5 eqni 5?) ma i Δ non sono noti.

Δ_D = lo stesso x sovrappos. (H è lineare = vale) = contributi dello spost. vero. Faccio agire q est e poi la X. Δ equil. sfortunato la lungh. dello strallo è ≠.

sfallungo non può accorciarsi, al limite ≠ ma non può essere reso possibile xchè necessito di introdurre delle presollecitazioni. l_D = lungh. iniziale



$$\Delta l_D = \frac{T_D\, l_D}{EA_D} \qquad T_D = \frac{X_D}{\sin\theta_D}$$

Non è rigoroso dire che il pto finisco lì = la lungh. iniziale. è = x effetto q est anche se generano H che def. assiale producono variazione di lungh.
È obbligatorio che D si sposti lungo la verticale. Dovrei prendere l'arco ma vanno presi allora prendo angolo retto.
Mi interessa quota di spost. verticale di D (non tutt. Δ_D).

Spost. verticale x allung. dello strallo in D

$$\frac{\Delta l_D}{\sin\theta_D} = \frac{X_D\, l_D}{EA_D \sin^2\theta_D} = c_D X_D$$

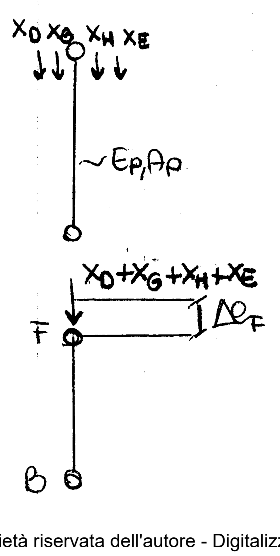
funz. solo geom. e caratt. mecc. = c_D

contributo di spost. verticale (quota di Δl_D) è funz. di X_D.
Il segno è >0 perché D va verso il basso di sicuro.

$\Delta_D = c_D X_D$ Non ho aggiunto?

Posso calcolare lo stesso contributo per gli altri stralli, tranne B.

Poi ci sono altri contributi: Pilone = schiacciato (in cls).



4 contributi (non necessariamente =), sono = e opposte a quelle che agiscono sullo strallo

$$\Delta l_F = \frac{X_G+X_H+X_D+X_E}{E_p A_p}\, l_F = \beta_p \,(X_G+X_H+X_D+X_E)$$

le forze sono in || tanto lo spost. finale è verso il basso

Se il pto si abbassa di tot quota sulla verticale = tutti gli stralli gli vanno dietro x moto rigido. (non ci sono altri contributi) allora si spost. H verso il basso di tot quantità.

13

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 27 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 29 di 171

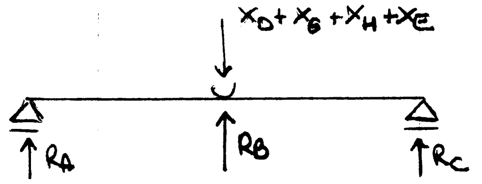
$$\begin{array}{c|ccccc|}
 & x_D & x_G & x_B & x_H & x_E \\
D & c_D+f_P+\delta_{DD} & f_P+\delta_{DG} & \delta_{DB} & f_P+\delta_{DH} & f_P+\delta_{DE} \\
G & f_P+\delta_{GD} & c_G+f_P+\delta_{GG} & \delta_{GB} & f_P+\delta_{GH} & f_P+\delta_{GE} \\
B & \delta_{BD} & \delta_{BG} & \delta_{BB} & \delta_{BH} & \delta_{BE} \\
H & f_P+\delta_{HD} & f_P+\delta_{HG} & \delta_{HB} & c_H+f_P+\delta_{HH} & f_P+\delta_{HE} \\
E & f_P+\delta_{ED} & f_P+\delta_{EG} & \delta_{EB} & f_P+\delta_{EH} & c_E+f_P+\delta_{EE} \\
\hline
 & x_D & x_G & 0 & -x_H & -x_E
\end{array}
\begin{array}{c} x_D \\ x_G \\ 0 \\ x_H \\ x_E \\ 0 \end{array}
\begin{Bmatrix} X_D \\ X_G \\ X_B \\ X_H \\ X_E \\ \phi \end{Bmatrix}
=
\begin{bmatrix} \delta_D' \\ \delta_G' \\ \delta_B' \\ \delta_H' \\ \delta_E' \\ 0 \end{bmatrix}$$

Lungo la diagonale principale ho i 3 contributi
Posso scrivere la matrice dei coefficienti come Σ di contributi.

$$[C]=\begin{bmatrix} c_D & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & c_G & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & c_H & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c_E \end{bmatrix} \quad [f_P]=\begin{bmatrix} f_P & f_P & 0 & f_P & f_P \\ f_P & f_P & 0 & f_P & f_P \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ f_P & f_P & 0 & f_P & f_P \\ f_P & f_P & 0 & f_P & f_P \end{bmatrix} \quad [\delta]=\begin{bmatrix} \delta_{DD} & \delta_{DG} & \delta_{DB} & \delta_{DH} & \delta_{DE} \\ \delta_{GD} & \delta_{GG} & \delta_{GB} & \delta_{GH} & \delta_{GE} \\ \delta_{BD} & \delta_{BG} & \delta_{BB} & \delta_{BH} & \delta_{BE} \\ \delta_{HD} & \delta_{HG} & \delta_{HB} & \delta_{HH} & \delta_{HE} \\ \delta_{ED} & \delta_{EG} & \delta_{EB} & \delta_{EH} & \delta_{EE} \end{bmatrix}$$

Matrice simmetrica

Se risolvo sistema ricavo le $X \rightarrow$ le T = sollecitazioni negli stralli e quindi verifico se la sez. accettabile.
E ricavo ϕ = so se la rotazione avviene verso sx o dx.
Calcolare le reaz. vincolari in A e C così poi posso calcolare i Mom flettenti.



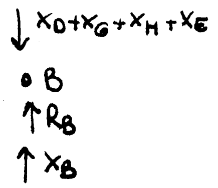
Nel punto B c'è vincolo che trasmette una reazione R_B supposta ragionevolmente verso l'alto. In B ho base del pilone = e arriva $X_D+X_G+X_H+X_E$
Ho anche $X_B = F$ dall'est. sul pto vero = noto
X l'equil. del pto

$$R_B + X_B - X_D - X_G - X_E - X_H = 0$$

$$X_B = R_B - X_D - X_G - X_E - X_H$$

Non faccio l'equilibrio ma stabilisco un'equival.

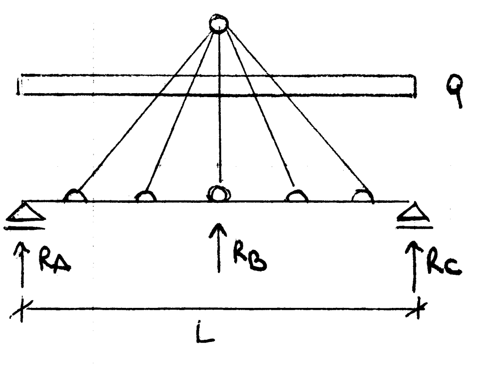
$$R_B = \sum_{i=1}^{m} X_i$$



tutto ciò che arriva dall'est. (Reaz + X)

Quindi si ricava R_A o R_C con equa di equil. alla rotaz. e poi la terza con equa di equil. alla rotaz. o alla traslaz.

Considero la struttura intera.



$$C) \quad -qL\cdot\frac{L}{2} + R_B\cdot L/2 + R_A L = 0$$

$$R_A = \frac{qL}{2} - \frac{R_B}{2} \quad \text{Nota}$$

Equilibrio alla traslazione

$$\uparrow R_A + R_B + R_C - qL = 0$$

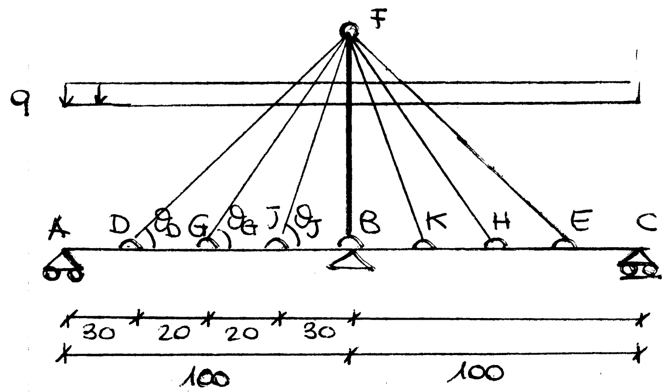
$$R_C = qL - R_A - R_B$$

14

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 29 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 31 di 171

22/03/'10

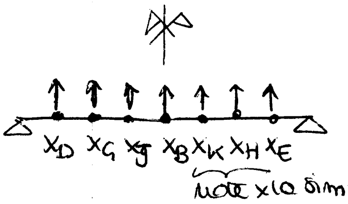


Caso simmetrico

- Aree sezioni trasversali stralli = $0.01 m^2$
- h pilone = 20m (h_F)
- Area pilone = $20 m^2$ (A_P)
- E stralli = $2\cdot 10^8 kN/m^2$
- E cls = $3\cdot 10^7 kN/m^2$ (E_P) — pilone

$E_I = 3\cdot 10^7 kN/m^2$
$A_I = 0.8 m^2$
$I_I = 6 m^4$

? - F che trasmettono i 6 stralli
- F che si trasmette sull'impalcato a livello B quando tolgo vincoli interni (stralli) e vincolo del punto B



- il pilone può ruotare (in qst condizioni devo trovare ϕ). Di solito pilone è in posizione disimmetrica o se è in condiz simm abbiamo + campate allora la simm non è a livello del pilone.

Calcolo le lungh. stralli → quote delle [ ] dei coeff delle ?

$\overline{FD} = \overline{FE} = 72.801 m$
$\overline{FG} = \overline{FH} = 53.852 m$
$\overline{FJ} = \overline{FK} = 36.056 m$

$\theta_D = \theta_E = 15°,945$
$\theta_G = \theta_H = 21°,801$
$\theta_J = \theta_K = 33°,690$

non considero i segni → li considero in modulo dalla parte < di 90°

Quote della matrice dei coeff. delle incognite.

$$\boxed{c_{ij}} + \boxed{f_p} + \boxed{\delta_{ij}} =$$

Matrice dei coeff. delle ? Nella def assiale dell'impalcato. — No
Def quali contributi $\neq 0$.

c_{ij} … f_p ↓ Componente prodotta da def assiale del pilone

δ_{ij} ↓ Matrice di rotazione del pilone

Scrivo i contributi delle 3 matrici.

15

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 31 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 33 di 171

Abbassam. F x ogni carico bilanc. = = x tutti i bin = moto rigido della base degli stralli = pensa a spost. punti = estremi stralli (Non pensare alla Trave)

$$f_p = \frac{1}{E_p A_p} h_f$$

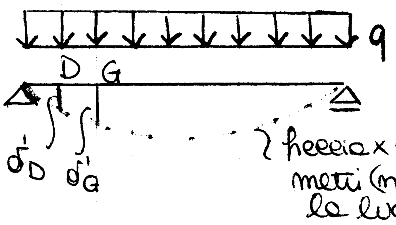
	D	G	J	B	K	H	E
D	$3.333\cdot10^{-8}$	$3.333\cdot10^{-8}$	$3.333\cdot10^{-8}$		$3.333\cdot10^{-8}$	$3.333\cdot10^{-8}$	$3.333\cdot10^{-8}$
G	$3.333\cdot10^{-8}$	$3.333\cdot10^{-8}$	$3.333\cdot10^{-8}$		$3.333\cdot10^{-8}$	$3.333\cdot10^{-8}$	$3.333\cdot10^{-8}$
J	$3.333\cdot10^{-8}$	$3.333\cdot10^{-8}$	$3.333\cdot10^{-8}$		$3.333\cdot10^{-8}$	$3.333\cdot10^{-8}$	$3.333\cdot10^{-8}$
B							
K	$3.333\cdot10^{-8}$	$3.333\cdot10^{-8}$	$3.333\cdot10^{-8}$		$3.333\cdot10^{-8}$	$3.333\cdot10^{-8}$	$3.333\cdot10^{-8}$
H	$3.333\cdot10^{-8}$	$3.333\cdot10^{-8}$	$3.333\cdot10^{-8}$		$3.333\cdot10^{-8}$	$3.333\cdot10^{-8}$	$3.333\cdot10^{-8}$
E	$3.333\cdot10^{-8}$	$3.333\cdot10^{-8}$	$3.333\cdot10^{-8}$				

ottengo [ ] dei coeff. della ? se su impalc. no def. assiale = solo flessionale è tenuta in conto.

$$\left[\quad\right]\{X\} = \{T_0 N_0\}$$

c'è anche la ϕ — δ_i' (c'è anche la ϕ delle parti di equil.).

Devo valutare i δ' sulle strutt. isostatica x effetto del q distribuito (p.p e/o q variab).



? freccia x effetto q in metri (normale xchè la luce è di 100 m).

Riporto il vettore dei $T_0 N_0$

$$\begin{array}{c} D \\ G \\ J \\ B \\ K \\ H \\ E \end{array} \begin{Bmatrix} 1.06 \\ 1.65 \\ 2.07 \\ 2.31 \\ 2.07 \\ 1.65 \\ 1.06 \end{Bmatrix}$$

2.31 — Max freccia

q = effetto p.p impalcato

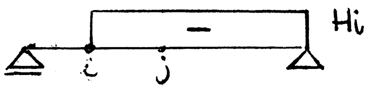
q = 20 kN/m

(16)

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 33 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 35 di 171

Δ dx Hi è costante
Δ sx spost è uguale x tt i pti x che sm traslati x chi N=∅
Δ dx è ≠ perché è fun della dist.

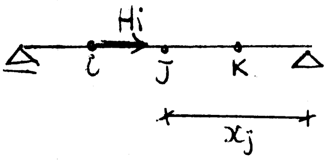


$$\Delta x_j = \frac{x_i}{E_i A_i} H_i =$$

Perché $x_i \neq x_j$ allora ho $\Delta x_j \neq \Delta x_i$ e $z_i \neq z_j$

$$\Delta x_K = \frac{x_K}{E_i A_i} H_i$$

X questo caso vale : ho forza Hi in i



$$z_{ji} = \Delta x_j \, \mathrm{ctg}\theta_j = \left(\frac{x_j}{E_I A_I} \mathrm{ctg}\,\theta_i X_i\right) \mathrm{ctg}\theta_j =$$

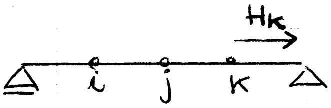
$$z_{ji} = \left(\frac{x_j}{E_I A_I} \mathrm{ctg}\theta_i \, \mathrm{ctg}\theta_j\right) X_i = g_{ji} X_i$$

Per il punto k

$$z_{ki} = \left(\frac{x_K}{E_i A_i} \mathrm{ctg}\theta_i \, \mathrm{ctg}\theta_K\right) X_i = g_{Ki} X_i$$

Se la cerniera viene spostata = cambia tt
Nel pto i ho contributo x la H_i, H_j, H_K

La formula vale se j è a dx del pto i → cioè se $x_i \geq x_j$ (in modulo = come dist dal punto fisso).
Se la Forza è in k lo spostamento è uguale per tutti i punti = Traslamomento!!!
Se voglio valutare lo spost. x i pti a sx di k :



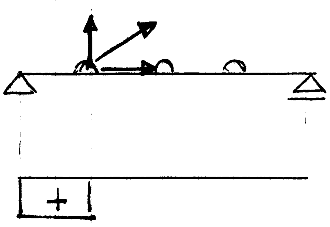
$$\Delta x_j = \Delta x_K = \frac{x_K}{E_I A_I} H_K = \frac{x_K}{E_I A_i} X_K \, \mathrm{ctg}\theta_K$$

$$z_j = \Delta x_j \, \mathrm{ctg}\theta_j = \left(\frac{x_K}{E_I A_i} \mathrm{ctg}\theta_K \, \mathrm{ctg}\theta_j\right) X_K = g_{jK} X_K$$

$\boxed{x_K \leq x_j}$

Apparentemente è uguale a quello precedente
Qui considero la distanza della Forza dal pto di cerniera - (x_K).

La situazione è ≠ a II della posizione dei vincoli.



La forza Normale è positiva perché il vincolo è a sx.
I pti traslati sono quelli a dx non + a sx.
Non posso generalizzare la formula.
Questo è un contributo ulteriore di cui tengo conto.

Aggiungere questo contributo.

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 35 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 37 di 171

	D	G	J	B	K	H	E			
D	$7.589\cdot10^{-4}$	$6.341\cdot10^{-4}$	$4.074\cdot10^{-4}$	$4.042\cdot10^{-4}$	$3.325\cdot10^{-4}$	$2.542\cdot10^{-4}$	$1.592\cdot10^{-4}$	70	x_D	1.06
G	$6.341\cdot10^{-4}$							50	x_G	1.65
J	$4.074\cdot10^{-4}$							30	x_J	2.07
B	$4.042\cdot10^{-4}$							0	x_B	2.31
K	$3.325\cdot10^{-4}$							-30	x_K	2.07
H	$2.542\cdot10^{-4}$							-50	x_H	1.65
E	$1.592\cdot10^{-4}$						$7.589\cdot10^{-4}$	-70	x_E	1.06
	70	50	30	0	-30	-50	-70	0	ϕ	0

Ottengo: da eque equilibrio palare stralli

[KN]

$x_D = 60.76$

$x_G = 165.35$

$x_J = 326.77$

$x_B = 1645.46$ (Σ forze da stralli + reazione esterna).

$x_K = 326.77$

$x_H = 165.35$

$x_E = 60.76$

$\phi = 0$

dato la simmetria sono uguali in modulo
$T_D = T_E = 221.18$ KN
$T_G = T_H = 445.21$ KN
$T_J = T_K = 588.10$ KN

le x interessano x il diagramma di V e di M all'impalcato. Lo loro proiezione sugli stralli da T = sforzo complessivo ∀ strallo.
R_B è poi la Σ di tutte le X.

$$T_i = \frac{X_i}{\sin\theta_i}$$

Se dalla 07 trovo qualche X <0 NON POSSO ACCETTARLA → LO STRALLO NON HA RIGID. ASSIALE → devo trovare ϱ c = presollecit. in ∀ strallo (ma qst di solito viene sempre messo) scelto dal progettista e poi verifico cosa avviene nella 37.
Posso vedere che strallo molto + caricato male → devo mettere grande F sullo strallo → metto strallo di dim > ma conviene alzare il pilone o portare lo strallo + dentro.

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 37 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 39 di 171

Frecce subite dall'impalcato (m)-

$z_D = z_E = 3.667 \cdot 10^{-2}$ m

$z_G = z_H = 3.711 \cdot 10^{-2}$ m

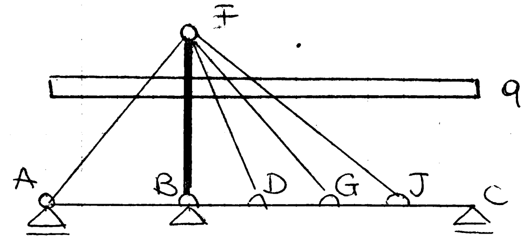
$z_J = z_K = 2.128 \cdot 10^{-2}$ m

$z_B = 0$

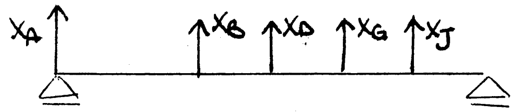
FORZA che AGISCE SUL PILONE

$X_F = 2 \cdot (60.76 + 165.35 + 326.77) = 1405.76$ kN

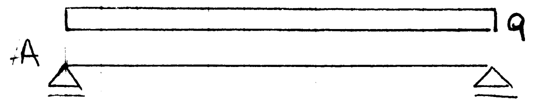
Da questo schema si possono ottenere modifiche x schemi strutturali ≠.
Mantengo = disposiz. appoggi, solo sposto il pilone.



Penso alla TRAVE ISOSTATICA
Ho stralli in A (pto di vincolo) mi ne mantengo il suo modo di vincolo e poi valuto la reazione. X usare lo schema di prima devo vedere cosa succede in A → faccio delle modifiche ma non cambio lo schema.



δ'_A = effetto del q (come spostamento) nel pto A sulla strutt. isostatica
– contributi delle X



$\delta'_A - \delta_{AA} X_A - \delta_{AB} X_B - \delta_{AD} X_D - \delta_{AG} X_G - \delta_{AJ} X_J = \Delta_A$

$(\delta'_D - \delta_{DD} X_D - \delta_{DG} X_G - \delta_{DJ} X_J - \dots = \Delta_D)$
Σ di vari contributi = spostamento effettivo
fine delle stesse 3 = def. strallo, def. pilone, rotaz. pilone = def. impalcato)-

$\delta'_B - \delta_{BA} X_A - \delta_{BB} X_B - \delta_{BD} X_D - \delta_{BG} X_G - \delta_{BJ} X_J = \Delta_B = 0$ // vincolo

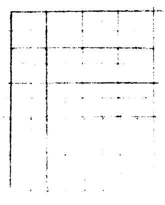
$\delta'_D - \delta_{DA} X_A - \delta_{DB} X_B - \delta_{DD} X_D - \delta_{DG} X_G - \delta_{DJ} X_J = \Delta_D = \dots$

Mantengo lo stesso schema anche se B a sx ∄ gli stralli trasversali.

Valuto la I equazione.

$\delta'_A = 0$ e tutte X non producono spost. in A e $\Delta_A = 0$. $\boxed{0=0}$

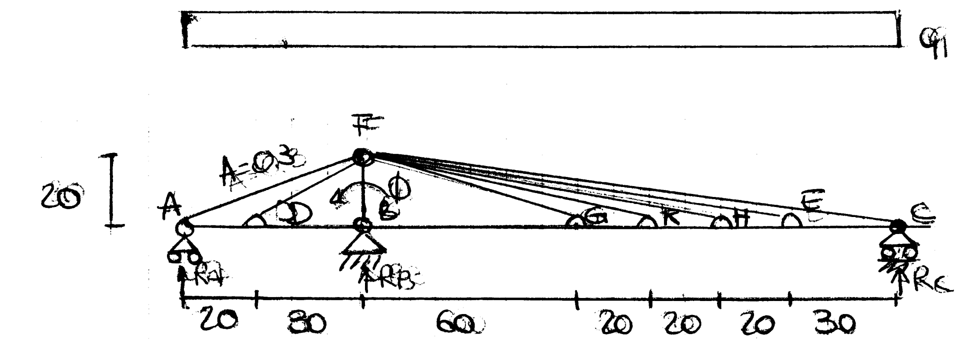
Allora tt. i coeff. della I riga compreso il T.N. sono $= \emptyset$.
Poi sono nulli i termini della I colonna della [ ] → $\delta_{BA} = \delta_{DA} = \dots = 0$ x effetto di una F = 1 in A
X studi questo probl. scrivo la matrice dei coeff (ottenuta = e' Σ equaz. di equilibrio)-
considero l'insieme pilone + stralli.



© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 39 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 41 di 171

29/03/'10



$A_p = 5 m^2$ $\quad q = 15 kN/m$

$E_p = E_{imp} = 3 \cdot 10^7 kN/m^2$

$A_{STR\,1} = 0.3 m^2$

$A_{STR} = 0.05 m^2$

$\boxed{\delta_{ij}} + \boxed{c_i} + \boxed{f_P} + \boxed{g_{ij}}$

effetto q =1 — def stralli — def pilone — def impalcato

Sn quadrate, con dimensioni = n° ?
- \# stralli = 1 ? → 6
- Rotazione pilone = 1 ? → 1
- Vincoli interni a 2 estremi → 1
  qui vincolo centrale

= dim = 8

?
- m = n° stralli
- Φ
- 1 vincolo interno

se ci fossero 2 piloni avrei 2 Φ.

Non è la forma migliore x rendere isostatica la strutt. = sarebbe meglio lasciare appoggio centrale e rompere la continuità → xè dle fine tolgo il vincolo int = + semplice.

In + c'è eque equil. (oltre qlle di congruenza) → Φ è un' ? cinematico = allo con una riga e una colonna.

$[\delta_{ij}] = [m]$

	A	D	B	G	K	H	E
A	O	O	O	O	O	O	O
D	O	$1,200 \cdot 10^{-4}$	$2,375 \cdot 10^{-4}$	$2,625 \cdot 10^{-4}$	$2,249 \cdot 10^{-4}$	$1,718 \cdot 10^{-4}$	$1,075 \cdot 10^{-4}$
B	O	$2,375 \cdot 10^{-4}$	$5,208 \cdot 10^{-4}$	. . .	. . .		
G	O	$2,625 \cdot 10^{-4}$		$5,075 \cdot 10^{-4}$			
K	O	$2,248 \cdot 10^{-4}$			$4,688 \cdot 10^{-4}$		
H	O	$1,718 \cdot 10^{-4}$				$5,008 \cdot 10^{-4}$	
E		$1,075 \cdot 10^{-4}$					$2,408 \cdot 10^{-4}$

Spost. x F=1 in un pto

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 41 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 43 di 171

$[f_P] =$

	A	D	B	G	K	H	E
A	$1.333 \cdot 10^{-7}$	$1.333 \cdot 10^{-7}$	0	$1.333 \cdot 10^{-7}$	$1.333 \cdot 10^{-7}$		
D	$1.333 \cdot 10^{-7}$	$1.333 \cdot 10^{-7}$	0	$1.333 \cdot 10^{-7}$	$1.333 \cdot 10^{-7}$		
B	0	0	0	0	0	0	0
G	$1.333 \cdot 10^{-7}$	$1.333 \cdot 10^{-7}$	0				
K	$1.333 \cdot 10^{-7}$	$1.333 \cdot 10^{-7}$	0				
H	$1.333 \cdot 10^{-7}$	$1.333 \cdot 10^{-7}$	0				
E	$1.333 \cdot 10^{-7}$	$1.333 \cdot 10^{-7}$	0				

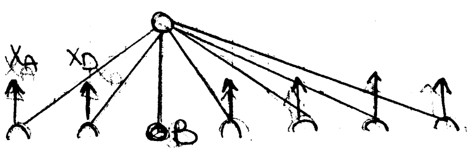
X un poligono ho A zero alcuni nell'ordi x cui ho rig. assiche a allora la $[f_{ij}]$ ha valori bassi da non dare apporto valore $[f_{ij}]$ contiene tutti ϕ.

Dalla Σ delle 4 matrici si ottiene.

A	D	B	G	K	H	E			
$0.066 \cdot 10^{-4}$	$0.0013 \cdot 10^{-4}$	0	$0.0013 \cdot 10^{-4}$	$0.0013 \cdot 10^{-4}$	$0.0013 \cdot 10^{-4}$	$0.0013 \cdot 10^{-4}$	50	X_A	0
$0.0013 \cdot 10^{-4}$	$1.319 \cdot 10^{-4}$	$2.375 \cdot 10^{-4}$	$2.626 \cdot 10^{-4}$	$2.250 \cdot 10^{-4}$	$1.719 \cdot 10^{-4}$	$1.076 \cdot 10^{-4}$	30	X_D	0.545
0	$2.375 \cdot 10^{-4}$	$5.208 \cdot 10^{-4}$					0	X_B	1.237
$0.0013 \cdot 10^{-4}$	$2.626 \cdot 10^{-4}$		$8.708 \cdot 10^{-4}$				-60	X_G	1.715
$0.0013 \cdot 10^{-4}$	$2.250 \cdot 10^{-4}$			$8.071 \cdot 10^{-4}$			-80	X_K	1.551
$0.0013 \cdot 10^{-4}$	$1.718 \cdot 10^{-4}$				$7.861 \cdot 10^{-4}$		-100	X_H	1.237
$0.0013 \cdot 10^{-4}$	$1.076 \cdot 10^{-4}$					$6.911 \cdot 10^{-4}$	-120	X_E	0.738
50	30	0	-60	-80	-100	-120	0	ϕ	0

spost. sulla trave isost. x il g esT.

I coeff. dell'ultima riga colonna si giustificano con l'equazione di equilibrio



$$X_A \overline{AB} + X_D \overline{DB} + \dots = 0$$

Si utilizza un METODO MISTO.

Oltre Duana il segno =1 più a dx si alzano, gli a sx si abbassano

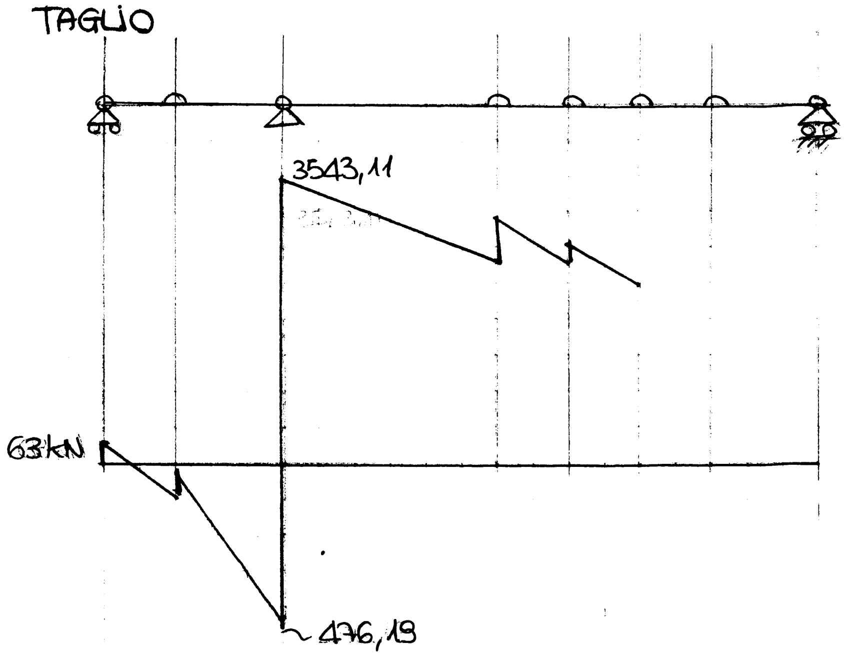
Il sist. si risolve, ricavo le X relative agli sforzi > 0, qui poi per come assunto ho $X_B > 0$ anche.

Dalla risoluzione del sistema si ottiene.

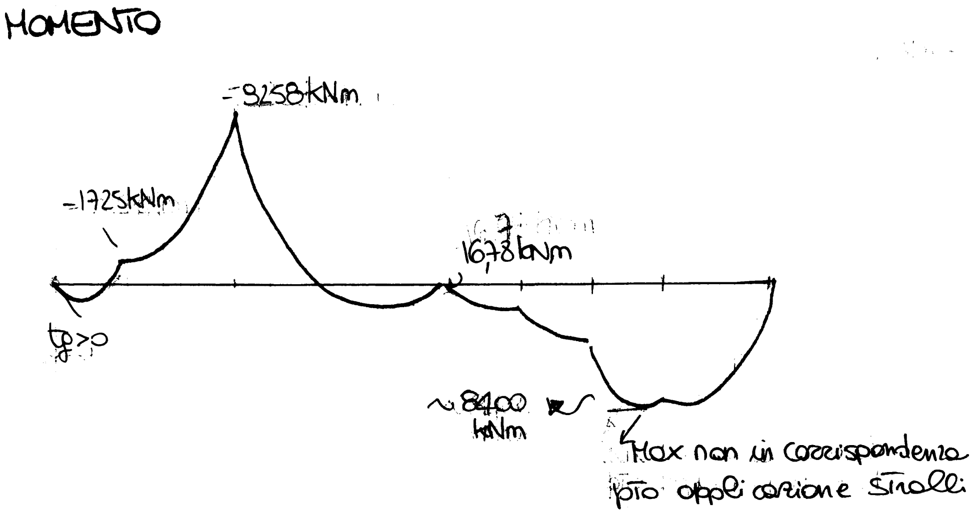
© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 43 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 45 di 171

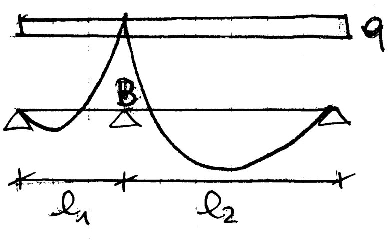
TAGLIO



MOMENTO



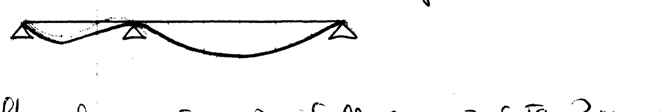
Imm. no Trave vincolata su 3 appoggi senza stralli o con Area = 0

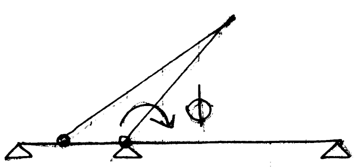


$$M_B = -\frac{q(l_1^3+l_2^3)}{8(l_1+l_2)} \Rightarrow -32813 \text{ kNm}$$

Qui c'è il beneficio degli stralli = funzionano come appoggi elastici nei pti intermedi

In D ho un sollevamento = ho un q



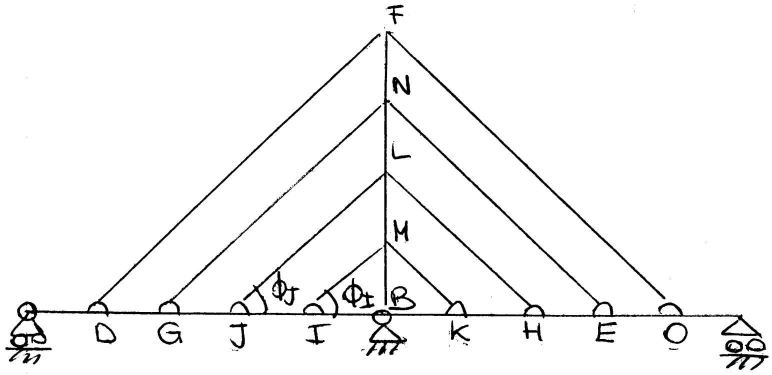


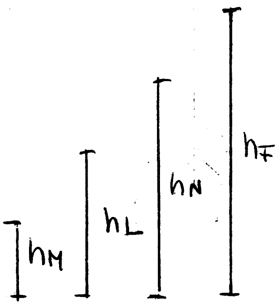
L'innalzamento in D = strallo come resta teso? Ma il pilone ruota in senso orario = lo strallo si allunga = trazione.
Se calcolo z_D dovuto spost orizz. uf con teo Pitagora calcolo lungh finale strallo > iniziale.

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 45 di 171

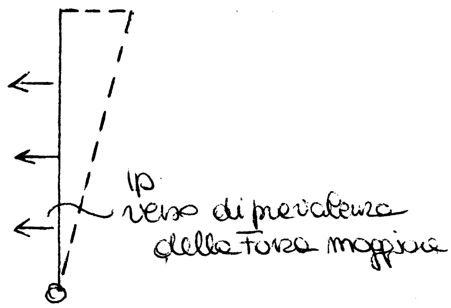
© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 47 di 171

Ponti strallati (schema a ventaglio).



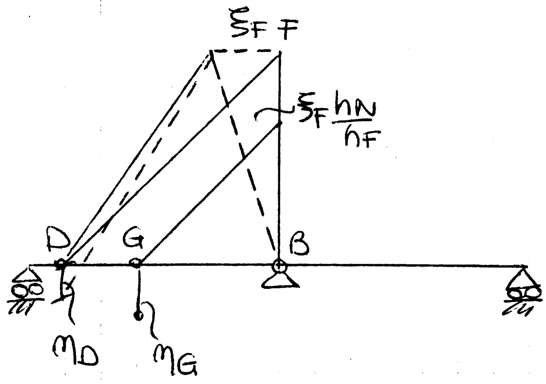


Il palo incernierato. Gli stralli sono fissi nel piano (non scorrevoli) - come nel caso prima erano fissati in un punto.
Il pilone può ruotare → è un elem. incernierato ai 2 estremi → uno dei 2 è mobile (alla base c'è la cerniera).



Nei punti intermedi le F ora non sono bilanciate = . Allora posso avere compon. orizz. tra i 2 stralli ≠ allora ho una F applicata in H, L, N.
A parte la rotaz. conseguente agli estremi, l'elem. si inflette x g intermedi. Non considero x ora lo sforzo normale. Oltre moto rigido conseguente c'è un'inflessione.
lo sottrarre.

MOTO RIGIDO



Prima:
Si spostano lo strallo in verticale x mantenere la lungh. invariata

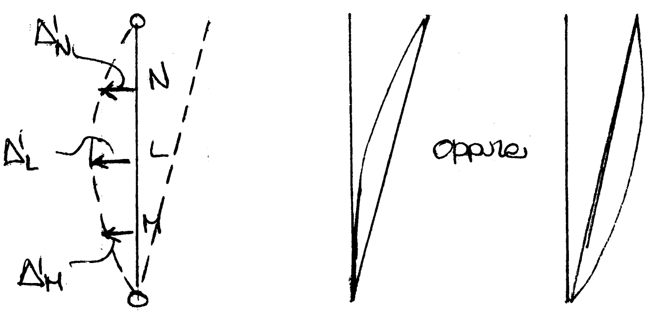
$$\eta_D = \xi_F \frac{\overline{DB}}{\overline{FB}} = \phi \overline{DB}$$

Considero lo strallo nello schema a arpa → lo spost. è $\xi_F \frac{h_N}{h_F}$

$$\eta_G = \phi \overline{GB} = \left(\xi_F \frac{h_N}{h_F} \frac{1}{\overline{NB}}\right) \overline{GB}$$

A dx dell'appoggio ho innalzamento

Però c'è CURVATURA per i g. intermedi



Devo valutare verso forze e verso rotazione.

Δ'_M = freccia relativa alla congiungente

Δ'_M = Σ contributi forze in H, L e N.

$$\Delta'_M = (H_I - H_K)\delta_{MM} + (H_J - H_H)\delta_{ML} + (H_G - H_E)\delta_{MN}$$

valore della F — relativo al pilone → spost. in M x F = 1 applicato nel pto M

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 47 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 49 di 171

CONTRIBUTO del PILONE

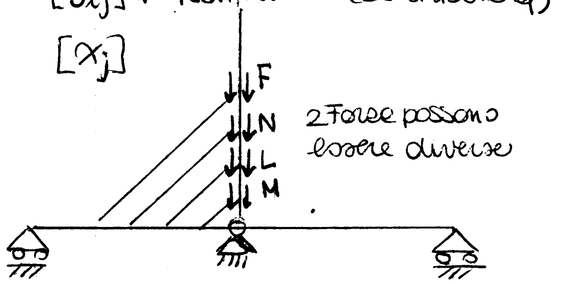
$[C_i]$ → Non varia come modo di calcolo = ∀ strallo interviene x la sua lungh. = Non considero in quel momento altri contributi.

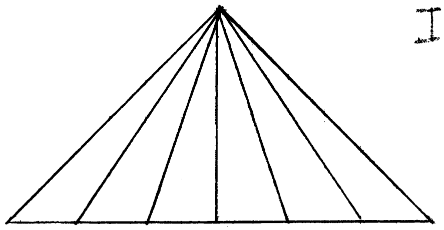
$[f_{ij}]$ → come prima → devo tener conto di H i contributi delle F negli altri punti

$[f_P]$ → varia

$[\delta_{ij}]$ → Non varia (contributo q)

$[X_j]$





Lo spost. in ∀ pto del pilone all'incrocio con gli stralli sente le F. B sente compressione di quelli sotto, N compressione di quelli sotto e schiacciamento di quelli sopra)

$$\eta_M = \frac{X_I + X_K}{EA_p} h_M + \frac{X_J + X_H}{EA_p} h_M + \frac{X_G + X_E}{EA_p} h_M + \frac{X_D + X_O}{EA_p} h_M$$

$$\eta_L = \frac{X_I + X_K}{EA_p} h_M + \frac{X_J + X_H}{EA_p} h_L + \frac{X_G + X_E}{EA_p} h_L + \frac{X_D + X_O}{EA_p} h_L$$

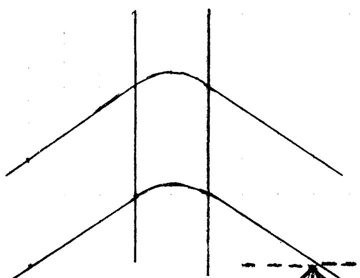
spost. x questo legato solo a quella lunghezza

$$\eta_N = \frac{X_I + X_K}{EA_p} h_M + \frac{X_J + X_H}{EA_p} h_L + \frac{X_G + X_E}{EA_p} h_N + \frac{X_D + X_O}{EA_p} h_N$$

$$\eta_F = \frac{X_I + X_K}{EA_p} h_M + \frac{X_J + X_H}{EA_p} h_L + \frac{X_G + X_E}{EA_p} h_N + \frac{X_D + X_O}{EA_p} h_F$$

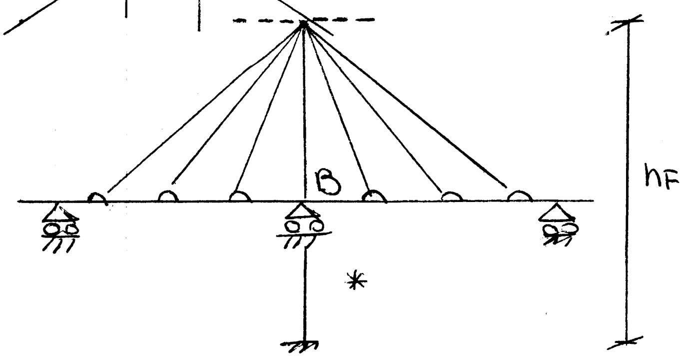
La matrice cambia contributo ∀ η → non è possibile generalizzare. → contrib. vert. non cost.
le matrici sono di = dim → n° delle ?
+ eque di equilibrio = alcune x chi pilone resta. → articolazione dello schema.

SE LO STRALLO NON È FISSATO MA SCORRE SU UNA SELLA.



Ip attrito trascurabile = corrisponde a trasmettere / mangiare F piccole rispetto a quelle trasm. dal cavo.
elevato raggio curvatura x evitare def = snervamento
$\| \sim 6/7 m$

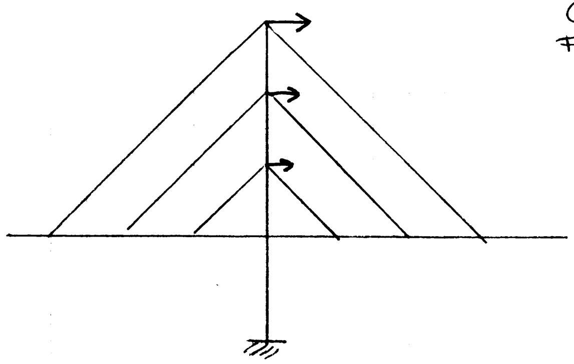
Qui ho linea di uno strallo unico. Non c'è più la F applicata perché non ho punto fisso stralli sul pilone.
Vario schema sul pilone.



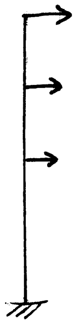
Se pilone ho pto di vincolo sotto impalcato. Come si comporta?
Vincolo int. impalcato/pilone = si appoggia (difficile sia incastrato)
Tutti i q ora possono essere trasmessi al pilone attraverso stralli → pilone si comporta come mensola incastr. a un estremo con carico trasversale all'asse all'altro estremo.

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 49 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 51 di 171



Ci son delle Forze. Studio effetto spost. dei pti dove ~~delle~~ Forzi vano



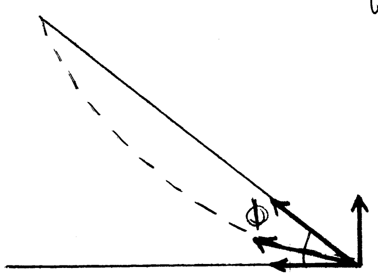
Lo schema di st è lo stesso e son da fare modifiche x calcolo termini delle [ ].

Oss:

- Lo schema non chiede trave rettilinea nella posizione iniziale. (= lungh strallo da un pto all'altro) = Non è così si danno delle mante.
  Allora C.I x cui il pto è in posizione ≠. Si impone una controfreccia = strallo non lungo come se fosse su orizzontale ma è + corto.
  Parto di controfr. iniziale, alla fine è ≠. Se x certo carico q (pp) voglio una certa controfreccia o ϕ x pp = devo iterare. Porto da carichi accettabile valuto le frecce ottenute se son accettabili: assumo per valore come pelo da realizzare se no vario fin a pt il + vicino a pt che voglio ottenere. Vale x pp o quota di un q.

- Presollecitazioni → abbiamo posto → come viene considerato? Ti = forza effettiva sullo strallo i-esimo → se ho ↯ → $T_i + \bar{T}_i$ TRAZIONE !! Al posto di X metto quota ? + quota nota.
  va nel termine noto
  Ti sui $\phi_i \cdot \delta_{ij}$ → aduce al termine noto.

Presollecitaz. altera lungh strallo ma poco → se non vario la fesa = No discostamenti da cose succede. Non tengo conto azioni trasversali. (frequenze ...) → dare: fare dei modelli in scala.
Considero solo q vert. (per ~~......~~ No elevati valori) → > scostam. possibile dalla st. è che lo strallo non è disposto lungo la congiungente (pp) → trascuro p.p allora strallo tra 2 pti → ho X ho questa inclinazione (rotaz piccole non altera molto).
In realtà direz ≠ ϕ≠ → vario tutto

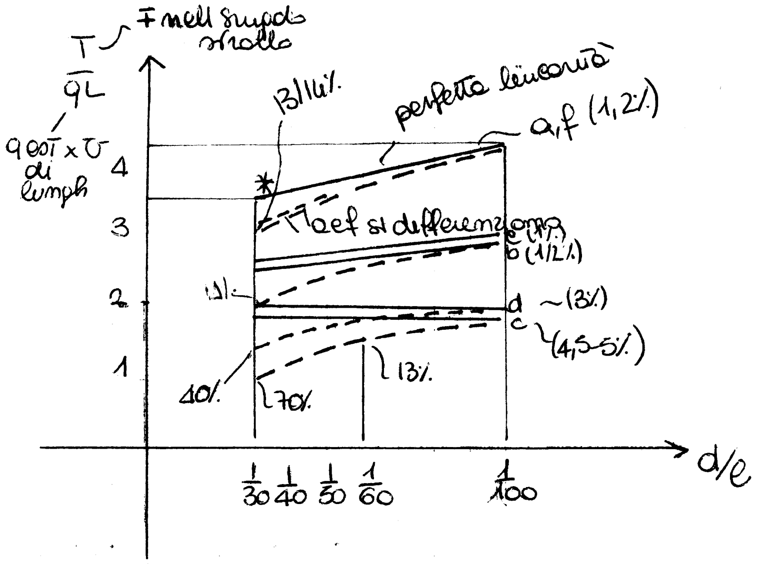


St LINEARE = Non linearità non introdotte = se considero la freccia c'è compat. non lineare. Poi equil si modifica allora si modifica T.
Se carico verticale pp non fa sbandare

25

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 51 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 53 di 171



Riporto le differenze nelle tensioni ottenute lungo lo strallo.

∀ strallo ho sollecit. ≠. La F ottenuta è quella totale nello strallo (compresa la mossollecitazione).
Gli stralli + sollecitati sono quelli + est. di pilone.
La st lineare (= cavo rettilineo) si colloca *
In realtà la retta non è una cost. → st lineare con strallo dritto non dovrebbe dare variazioni → il q è sempre lo stesso.
In realtà no cost. xchè su rapporto d/e

→ T≠ dalla è ≠ la Fórmula. Per far sì che a pari peso della fune → freccia < → sforzo T<.
La retta x a e f non è che coincidono proprio.
La st non lineare (da metodi iterativi) -- x a e f le curve sono ≠ e tendono a = x d/e che L.
Errore commesso tra st non lineare e lineare è 1/2% (piccolo).

Stralli b e e comportamento ≠ su dob vicini uscire st lineare, è è più sollecitato quello esterno
La st non lineare da 2 st molto + vicine. Per e errore a d/e = 1/100 => 1%
Per b errore a d/e = 100 → 1/2%
A d/e = 1/30 errore x b ≅ 14%

c/d quasi coincidenti + sensibile è lo scostamento della st non lineare

Riassunto: F ottenute negli stralli → st non lineare porta grandi variazioni x frecce dob grandi. Nell'intervallo 1/60 - 1/100 ci sono tutti gli stralli studiati con errori variabili (1/5%).
Il c è quello nelle condizioni peggiori a d/e = 1/60 errore < 13%.

La st con comport. lineare x quell'intervallo è buona.

Capire se sovrastimo o sottostimo: le curve --- sono sotto alla analisi non lineare da F<
~~Parte ad orpo.~~ la st lineare sovrastima (anche se di poco) la F. → meglio essendo che la st è approssimata.

Parte ad orpo. x alcuni stralli sovrastima x altri sottostima nella st lineare.

b, a, f → sovrastimati con la st lineare (= F>) f = +3% a = 1.5% b ≅ 0%

c, e, d → sottostimati di quote % dello stesso ordine grand. → c ≅ 0, e = -1%, d = -2%

La tens. effettiva negli stralli è molto piccola rispetto limite elastica = dato errore 3/5% Non crea problemi.

≠ x M flett. nei pti significativi impalcato/pilone = dare errore % >.

① sez di continuità = M+ < 0 Mom. di continuità su impalcato
Ⓕ Mom. segno opposto = sez di mezzeria.
Ⓐ Alla base pilone

Cosa succede x = rapporti f/e

26

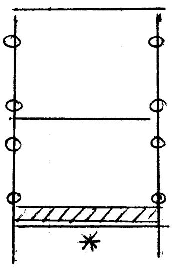
© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 53 di 171

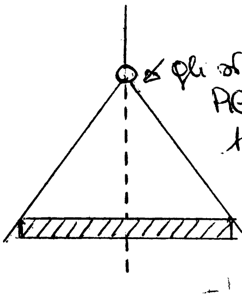
© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 55 di 171

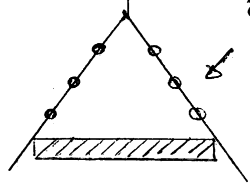
Ponti anche + antichi in Scozia, Germania son crollati x effetto del vento.

PONTE CON 2 PIANI DI STRALLI

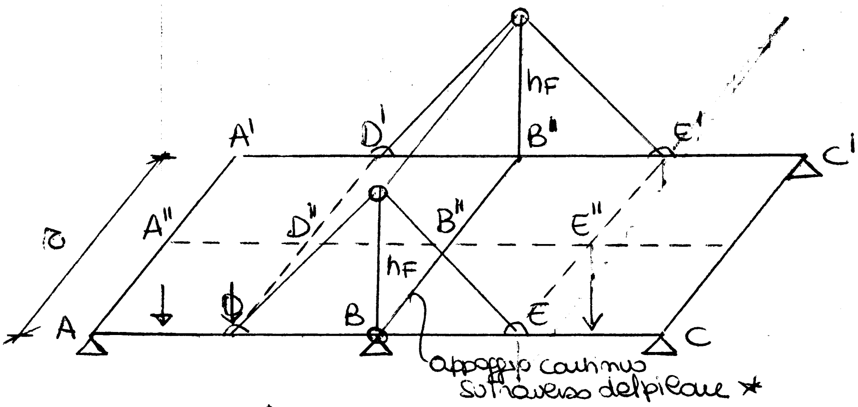
Non posso con un piano stralli. e possono essere contenuti





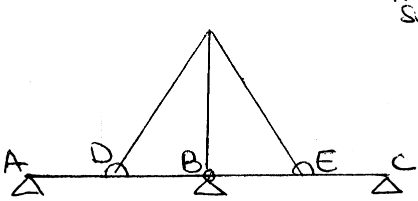


Appoggio continuo ad 2 estremi = bilaterale = in corso → impedim. alla rotazione



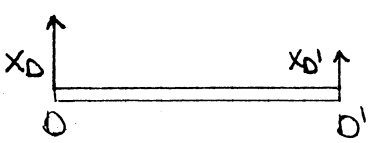
Il pilone è incernierato alla base
Stralli ∈ a piano verticale e sono ancorati a estremo impalcato in 2 punti

Qui sotto c'è una lastra → molto stretto rispetto alla lungh. → i q sono in posizione qualsiasi eccentrici rispetto alla linea media longitudinale (se ho no sollecit. trasversale = studierei un caso particolare come gli precedenti con la F/2).

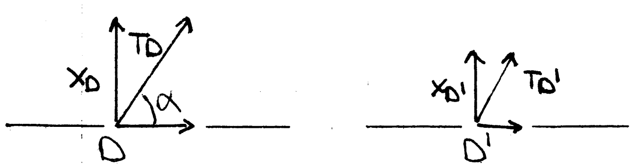


segue lo schema con un piano solo di stralli

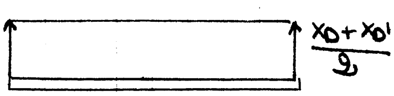
Sezione trasversale per avere dove ho F x vincoli o x collegamento con gli stralli → X_D e $X_{D'}$
Lo strallo da forza in D (considerando stralli lineari). → ottengo una X_D (?)
legata a T attraverso su α



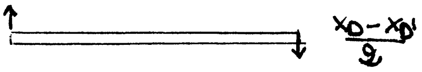
In D' ho = inclinazione dello strallo (stessa disposizione) → ricavo $X_{D'}$
con eccentricità dei q ho $X_D \neq X_{D'}$
e soprattutto x qst disposizione $X_D > X_{D'}$ (stralli + sollecitati).



Come risolvo il problema? Inizio a studiare cosa succede lungo linea asse longit. impalcato (ma valuto effetto torsionale xchè le 2 F sono ≠).



Considero qst forze in modulo. (x cui se sommo ho la st effetto va)-



© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 55 di 171

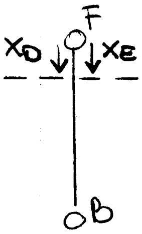
© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 57 di 171

Non c'è rotazione pilone, def impalcato.

$$\Delta_D = c_D \frac{(x_D + x_{D'})}{2}$$

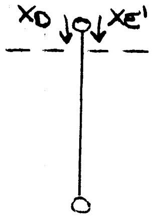
- Accorciamento del pilone.

1) Pilone anteriore — In sommità ho le compon. verticali agenti dagli stralli



$$\updownarrow \approx \frac{(x_D + x_E)}{E_p A_p} h_F = f_p (x_D + x_E)$$

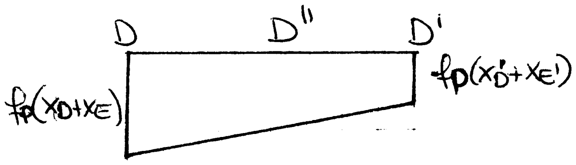
2) Pilone posteriore · $x_{D'}$ e $x_{E'}$ son minori, allora si accorcia di meno.

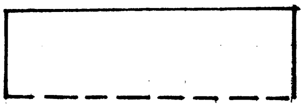


$$\updownarrow \frac{(x_{D'} + x_{E'})}{E_p A_p} h_F = f_p (x_{D'} + x_{E'})$$

è lo stesso

D e E si spostano in verticale di quanto si sposta F e E' e D' di quanto si sposta F'





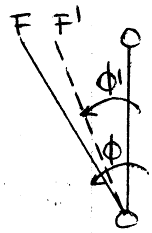
$f_p \frac{(x_D + x_{D'} + x_E + x_{E'})}{2}$

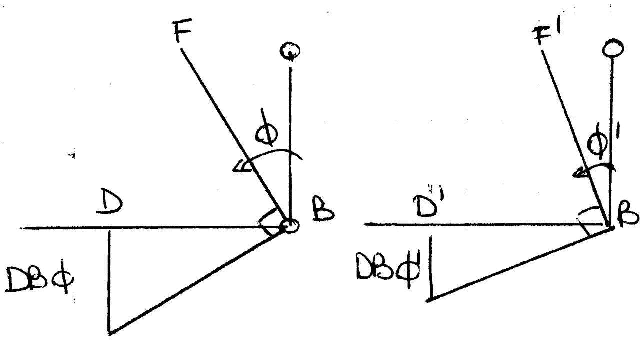
$f_p \frac{(x_D - x_{D'} + x_E - x_{E'})}{2}$

$$\Delta_D = c_D \frac{(x_D + x_{D'})}{2} + f_p \frac{(x_D + x_{D'} + x_E + x_{E'})}{2}$$

- Rotazione del pilone (è incernierato alla base) quindi $P_1 \neq P_2$. Suppongo il pilone ruoti di ϕ (anteriore) e quello posteriore di una quantità $< \phi$.

Il punto F si sposta in orizzontale xchè angoli piccoli (non devo tracciare un arco di crf.).

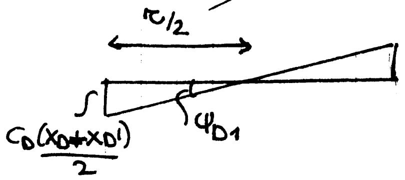




© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 57 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 59 di 171

$$\psi_D = C_D \frac{(x_D - x_{D'})}{\cancel{2}} \frac{\cancel{2}}{\tau} + f_P \frac{(x_D - x_{D'} + x_E - x_{E'})}{\cancel{2}} \frac{2}{\tau} + DB \frac{(\phi - \phi')}{\cancel{2}} \frac{2}{\tau}$$

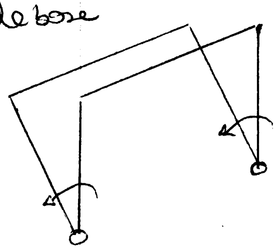


$$\psi_B = f_P \left[\frac{(x_D + x_E) - (x_{D'} + x_{E'})}{\tau} \right]$$

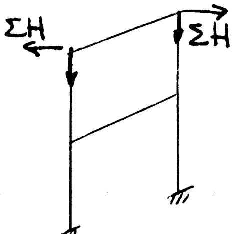
$$\psi_E = C_E \left(\frac{x_E - x_{E'}}{\tau} \right) + f_P \left[\frac{(x_D + x_E) - (x_{D'} + x_{E'})}{\tau} \right] + EB \left(\frac{\phi - \phi'}{\tau} \right)$$

Tutte le equ sm indipendenti allora ho sist di equi algebriche lineari con 3+3 equi + 2 cinematiche.

I due pilastri sono indipendenti!, se sm collegati il compori cambia. Provoco rotazione in uno cerniera alla base



Essendo che le rotaz sm ≠ allora sono soggetti a una torsione.
Qui la cerniera è cld allora ruota stessa cosa.
Se ho uno ≠ sfence (con pilastri collegati) = No possibile sbandam.
Posso anche avere un incastro



Sulla sommità ho sommatoria di H fue delle X ma so stud qst tipo di strutt.
Ho spost orizzontale proporzionale con la T.
Non devo introdurre formule strane o funzioni esplicite.

Risolto il sistema ottengo i valori delle 6 ? F e ole 2 ? delle rotazioni dei piloni

$$\delta'_D - (x_D + x_{D'})\delta_{DD} - (x_B + x_{B'})\delta_{DB} - (x_E + x_{E'})\delta_{DE} = C_D \frac{(x_D + x_{D'})}{2} + f_P \frac{(x_D + x_{D'} + x_E + x_{E'})}{2} + DB \frac{(\phi + \phi')}{2}$$

$$\delta'_B - (x_D + x_{D'})\delta_{BD} - (x_B + x_{B'})\delta_{BB} - (x_E + x_{E'})\delta_{BE} = \cancel{C_B \frac{(x_B + x_{B'})}{2}} + f_P \frac{(x_D + x_{D'} + x_E + x_{E'})}{2} +$$

$$\delta'_E - (x_E + x_{E'})\delta_{ED} - (x_B + x_{B'})\delta_{EB} - (x_E + x_{E'})\delta_{EE} = C_E \frac{(x_E + x_{E'})}{2} + f_P \frac{(x_D + x_{D'} + x_E + x_{E'})}{2} + EB \frac{(\phi + \phi')}{2}$$

$$\varphi'_D - \frac{(x_D - x_{D'})}{2}\tau\psi_{DD} - \frac{(x_B - x_{B'})}{2}\tau\psi_{DB} - \frac{(x_E - x_{E'})}{2}\tau\psi_{DE} = C_D \frac{(x_D - x_{D'})}{\tau} + f_P \frac{(x_D - x_{D'} + x_E - x_{E'})}{\tau} + DB \frac{(\phi - \phi')}{\tau}$$

$$\varphi'_B - \frac{(x_D - x_{D'})}{2}\tau\psi_{BD} - \frac{(x_B - x_{B'})}{2}\tau\psi_{BB} - \frac{(x_E - x_{E'})}{2}\tau\psi_{BE} = f_P \frac{(x_D - x_{D'} + x_E - x_{E'})}{\tau}$$

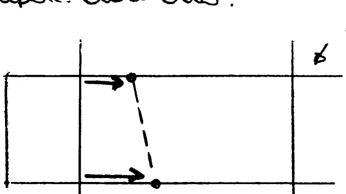
$$\varphi'_E - \frac{(x_D - x_{D'})}{2}\tau\psi_{ED} - \frac{(x_B - x_{B'})}{2}\tau\psi_{EB} - \frac{(x_E - x_{E'})}{2}\tau\psi_{EE} = C_E \frac{(x_E - x_{E'})}{\tau} + f_P \frac{(x_D - x_{D'} + x_E - x_{E'})}{\tau} + EB \frac{(\phi - \phi')}{\tau}$$

$$DB\, x_D - BE\, x_B = 0$$

$$DB\, x_{D'} - BE\, x_{B'} = 0$$

Gli spost veri sm calcolati dopo che sono note tt le ? X e ϕ. Non considero la def longitudinale.

Quando impalc. dall'alto.



vincolo qui si scarica tutto ciò che arriva da sx e da dx

Ho solo qst 2 F ma proprio x la semplic. dello schema devo valutare quanto si accorcia → i punti si spostano e la linea all'uno ⊥ all'asse si sposta → valuto deformazione che posso introdurre in Δ rotazione rigidamente.

29

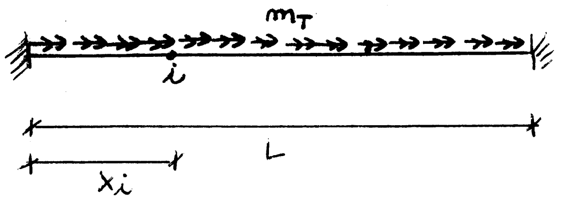
© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 59 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 61 di 171

19/04/'10

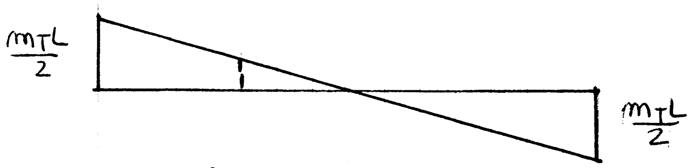
[redacted]

Calcolo dei termini φ_{ij} e φ_i' che compaiono nella [ ] dei coeff delle ? dove compare la torsione.



1) Valutare effetto del V.

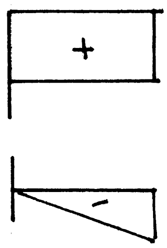
ANDAMENTO del $|M_T|$



Per calcolare la rotazione in una sezione i a dist x_i dall'estremo sx

$$m_t(x) = \frac{m_T L}{2} - m_T x$$

voglio $\varphi_i' \rightarrow \varphi_i' =$

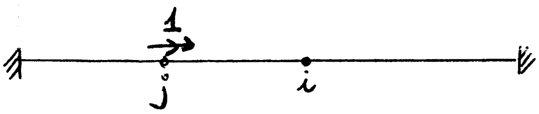


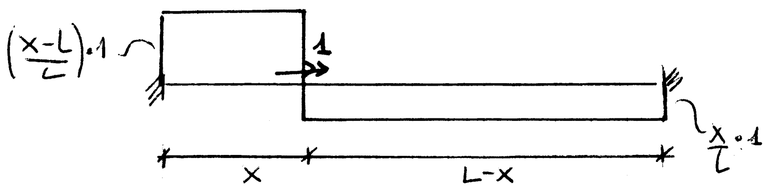
Se non considero lungh unitaria ma generica $\rightarrow \int_0^x$ la fun e divido $\times GJ_t$

$$\varphi_i' = \frac{1}{GJ_t} \int_0^x m_t(x)\, dx$$

$\forall$ termine φ_i' (termine noto = rotaz su trave (lungh complessiva soppresi i vin col intermedi)).

2) Valutare la rotaz in sez generica i $\times$ effetto di una coppia unitaria in j.





L'ANDAMENTO del MOM. TORCENTE è da ricavare $\times$ ottenere poi φ_{ij}

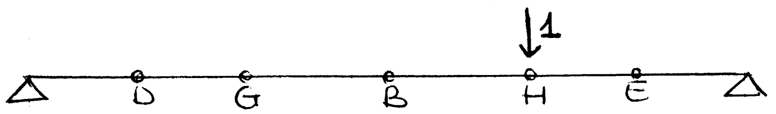
Abbiamo analogo all'effetto di V $\times$ trave opportunamente soggetta a f concentr.

Poi osservando dalla sez dove sono effettuo il calcolo.

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 61 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 63 di 171

δ_{ij} spost. della strutt. isost. in B, G, ... x effetto dei q=1 posti in quei punti



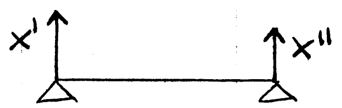
	D	G	B
D	$4{,}52 \cdot 10^{-5}$	$7.11 \cdot 10^{-5}$	$7{,}58 \cdot 10^{-5}$
G	$7.11 \cdot 10^{-5}$	$12{,}3 \cdot 10^{-5}$	$13{,}8 \cdot 10^{-5}$
B	$7{,}58 \cdot 10^{-5}$	$13.8 \cdot 10^{-5}$	$17.4 \cdot 10^{-5}$

$= [\delta_{ij}]$

Questo equivale ad avere q su asse longitudinale senza T come per uno solo piano di strall..
Ora considero M_T x effetto di trasporto.

$M_T = 60 \cdot 5 = 300$ kN

Ω F=1 agente lungo asse longitudinale è la semisomma di x' e x'' (posta al centro) mentre il m_T è la semi differenza.



Devo considerare φ_{ij} e φ_i'

φ' effetto coppia torcente =1 in una posizione generica.

$\varphi'_D = 6{,}120 \cdot 10^{-4}$ rad $= \varphi'_H$

$$\varphi'_D = \frac{\overset{qe}{m_T}\, x_D (L - x_D)}{2 G J_t} = \frac{300 \cdot 30 (200-30)}{\frac{3 \cdot 10^7}{2(1+0.2)} \cdot 100}$$

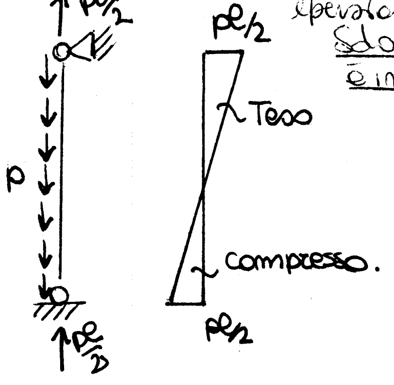
Rotazione subita dalla trave supposta incastrata agli estremi x effetto di una F distribuita

$\varphi_C = 1.008 \cdot 10^{-3}$ rad $= \varphi'_H$

$\varphi'_B = 1{,}2 \cdot 10^{-3}$ rad

Le tensioni di rotazione per effetto di una coppia applicata uniform. hanno valore max al centro e min agli estremi

Cosa succede x una trave incernierata (suppongo no instabilità) e soggetta al p.p. (probl. iperstatico).



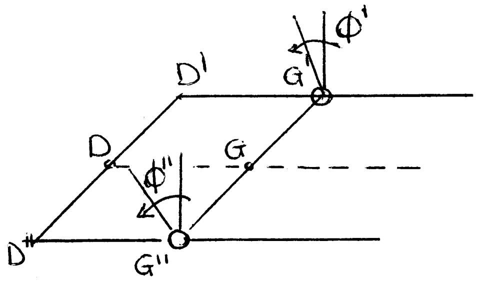
Solo gli estremi sono fissi → gli altri si spostano e il valore max è in mezzeria = due volte dello spostamento.

31

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 63 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 65 di 171

la simmetria c'è nelle sottomatrici
Nelle colonne a dx ci sono altri elementi = contributo delle rotazioni



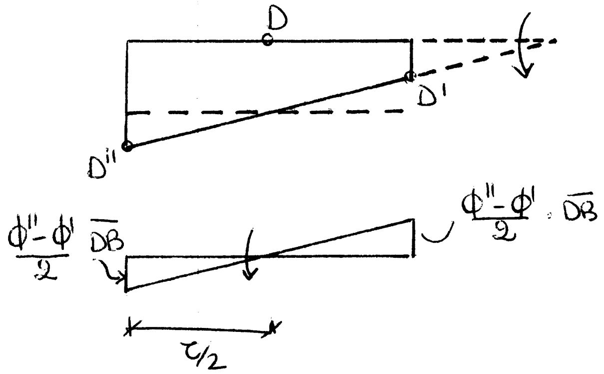
$\Delta_D = \frac{\phi'' + \phi'}{2} DB$

il coeff. delle ? ϕ' e ϕ'' è $\frac{DB}{2}$

$\Delta_G = \frac{\phi'' + \phi'}{2} GB$

Poi si inverte l'esempio = rotazione antioraria allora in E ho innalzamento ma sono > o gli spost. verso il basso.

Nelle II equazioni ho le rotazioni della trave x D, G, ... prodotte dai piloni.



il contributo di rotazione è

$\frac{\phi'' - \phi'}{2} \frac{\overline{DB}}{r/2} = \phi'' - \phi' \left(\frac{DB}{r}\right)$

coefficienti delle ?

$r = 20\,m \rightarrow \frac{DB}{r} = |3,5|$ vale in modulo ma nel esempio ho ϕ'' e $-\phi'$

il vettore delle ? è

$$\begin{Bmatrix} X''_D \\ X''_G \\ X''_B \\ X''_H \\ X''_E \\ X'_D \\ X'_G \\ X'_B \\ X'_H \\ X'_E \\ \phi'' \\ \phi' \end{Bmatrix}$$

il vettore dei termini noti è

$X''_D = 321{,}04\,kN = X''_E$ simmetria delle q rispetto ai piloni.
$X''_G = 1114{,}78\,kN = X'_H$
$X''_B = 3286{,}50\,kN =$

$X'_D = 237{,}73\,kN = X'_E$
$X'_G = 743.96\,kN = X'_H$
$X'_B = 781.47\,kN$

$\phi' = \phi'' = 0$. per simmetria.

Bisogna calcolare gli spostamenti $\rightarrow \Delta_D, \Delta_G, \Delta_B$ --- Δ spost. asse longitudinale impalcato. Poi so ψ_D ψ_G della trave x D, G, --- allora $\Delta_{D''} = \Delta_D + \psi_D \cdot DIST.$
$\Delta_{D'} = \Delta_D - \psi_D \cdot DIST.$

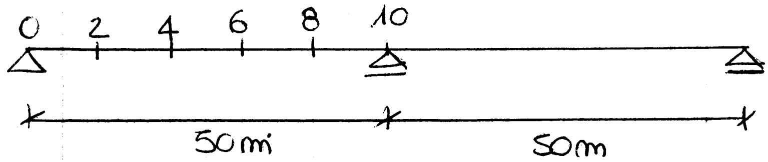
32

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 65 di 171

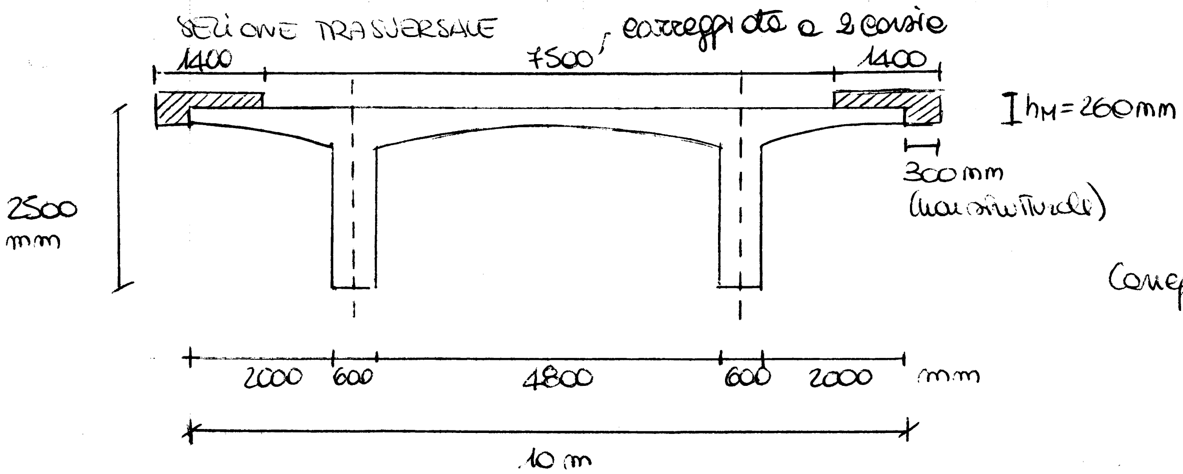
© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 67 di 171

PONTE PRECOMPRESSO IPERSTATICO

2 campate, Forma att. delle sez trasversale cls → 2 travi + soletta cls.
Applicazione del Model Code 1976
Lo schema è piuttosto semplificato. Non è un esecutivo ma applicazione che riguarda gli aspetti della progettazione allo SLE e allo SLU.



g permanenti e quelle geometriche (longit./trasv.) lo schema è simmetrico. Considero suddivisione in 10 parti (poi considero 5)
0 = dove max taglio
2/6/8 × vedere le perdite × attrito del cavo.
10 = sez di continuità



Carreggiata a 2 corsie

CLS

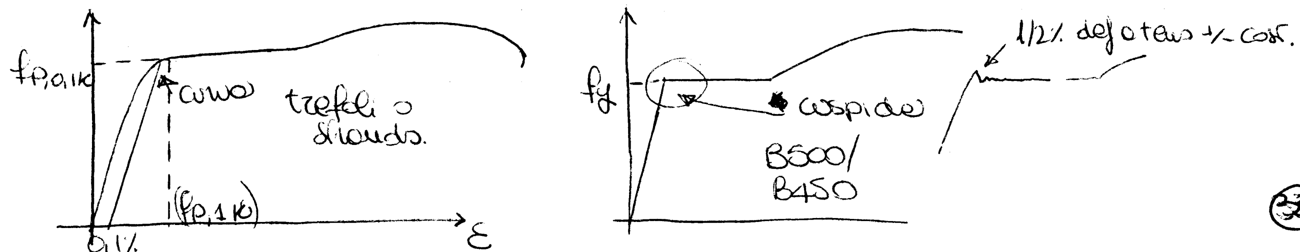
C40 → Model Code non segue gli italiani C40/50 → dobb R misurata su provini cubici. Model code e EC hanno Rck.

ACCIAIO → prodotti migliorati rispetto a quel redatto il Model Code → S500 oggi B500.
In Italia c'è B450
Armatura ordinaria (Reggistaffe)

pericoloso quello di b.c. acciaio a basso contenuto carbonio

ARMAT. di PRECOMPRESSIONE
o TREFOLI (STRANDS anche le trecce). 7 fili. 3/2 fili. S 1500/1770 MPa 1860 ($f_{p0,1k}$ / f_{ptk}) q di "snervamento" q max
Valore caratt. corrispondente al frattile 5% (50% prob. che ho valore R al di sotto).
Non ∃ più questi trefoli → ci sono S 1670/1860 MPa

Decreto italiano discosta da EC $f_{p(1)k}$ = 1670 con significato ≠.

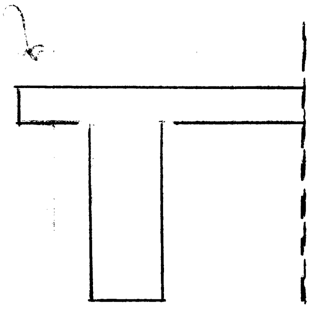


Acc. def a freddo (≃ 15 passaggi → formare i fili), no snervam. (c'è una curva) def uno scorrim.

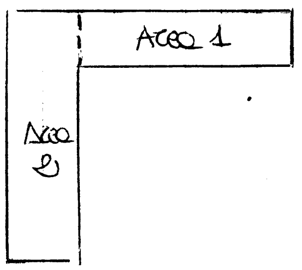
© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 67 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 69 di 171

Schematizzazione della sezione trasversale → considero solo metà invece di essere schematizzata così:



viene schematizzata invece così:



G alla stessa quota = I è lo stesso
invece x Mt x considerare ecc. del q devo mettere le travi come sono.
A1 e A2 con A, Mom. statico, Inerzia...

$A = 2{,}64\ m^2$
$y_c = 1{,}735\ m$
distanza dal bordo inferiore

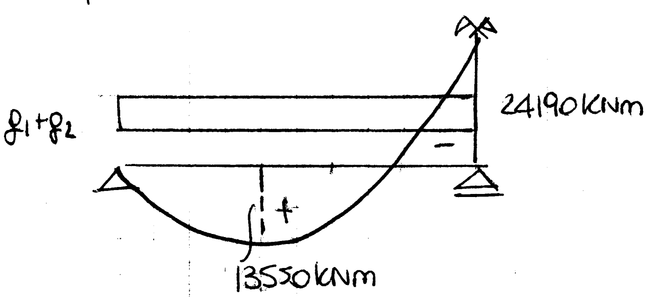
$I_c = 1{,}598\ m^4$

modulo di resistenza

$W_{sup} = \frac{I_c}{y_{sup}} = 2{,}09\ m^3$ $\quad y_{sup} = 0{,}765$

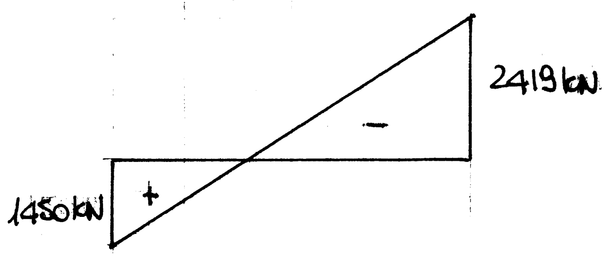
$W_{inf} = \frac{I_c}{y_{inf}} = 0{,}92\ m^3$ $\quad y_{inf} = 1{,}735$

Dimensionamento a SLU e cerco le condiz. di q peggiori (dopo aver calcolato i valori di M e V per ogni condizione di q).



$$\frac{77{,}4 \cdot 50^2}{8} = 24190\ kNm$$

Questi sono valori caratteristici non ancora quelli di calcolo! (devo · per i fattori parziali delle azioni γ_F).

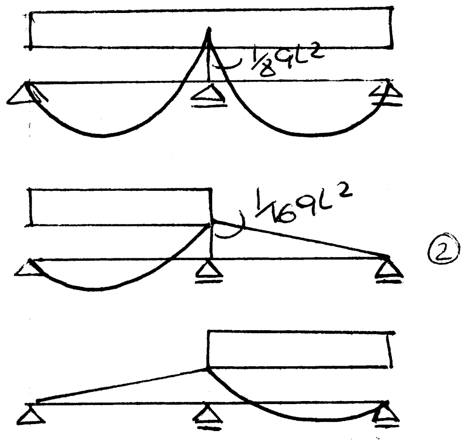


34

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 69 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 71 di 171

* 9



la condizione x il $\alpha<0$ più sfavorevole è per con il q dappertutto.

Il max in campata è dovuto a 2 → nella sez 4 prendo il caso 2.

i	V_q +	V_q −	V_Q +	V_Q −	V_{q+Q} +	=
0	342	−49	387	−38		
10	0	−488	0	−347		

M_T è costante in ∀ sezione.

$$M_{T0} = M_{T10} = 2{,}70 \cdot 537\,(1-0{,}73) = 1380 \text{ kN m}$$

2,70 ↑ ecc. del carico rispetto mezzeria

(1−0,73) ↑ ψ simmetria della trave

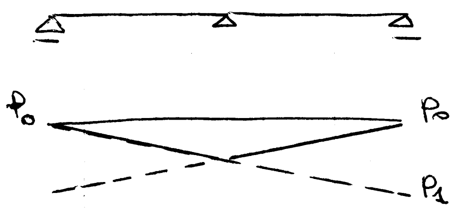
P.P. computato con tt il q poi /2

35

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 71 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 73 di 171

Tenuico poss. tensione? No = bilanciamento x le perdite.
Allora blocco all'altro estremo e dall'altro tendo fino a raggiungere P_0.



A fine operazione si ottiene gsf andamento delle F nel cavo risultante.
Calcolo valori delle F nelle varie sezioni. → applico la formula

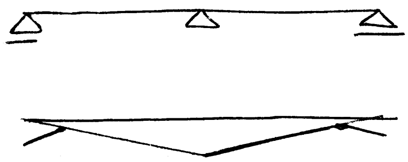
$$P = P_0\, e^{-f(\alpha+\beta x)}$$

0,2 %m lineare = 0,01 rad/m ; Δx ; 0,19

f ottenuto dalle schede tecniche fornite usate. In fase progetto non detto sono note. Se mancano dati sperim. o di catalogo assumo gsf valore.

Bisogna poi passare ai radianti.

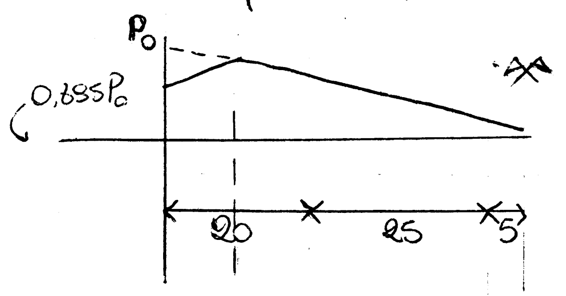
Il valore è ≠ allora 0,19 è sopravvalutato con k. Se uso f e k con val. opp. ho perdite <.
Manca rientro ancoraggi = perdita limitata a un certo intervallo a livello estremo x rientro ancoraggio. Tolgo la F il trefolo tende a rientrare = scorrimento trefolo/cunei → si serrano e perde presollecitazione allora c'è comport. opposto. Perdo quando lo rilascio



Rientro 3/5 mm. → valore raggiungibile x gsf fenom. di rientro dell'ancoraggio.
Poco perdita x attrito = rientro si fa risentire su > dist. (se ho forte attrito è bloccato subito) - se no può essere bloccato anche a 20 m. Con mat. di app. di suavo non corde nei primi 5 m.

Struttura del calcolo è ancora questa

In realtà i sepu. hanno ≠ inclinazione



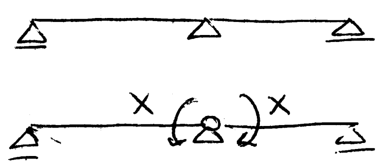
Si possono effettuare delle sovratesature (effettuabili solo x certe condizioni).

IPERSTATICA DI PRECOMPRESSIONE
Non conosco il valore della forza P_0 → deve calcolare l'iperstatica allora assume un valore

P_0 = 1000 kN = valore di riferimento ed effettuo calcoli.
valore netto → poi si declassa dalla sez allora P_0 ↓

Ulteriore approssimazione → P = 895 kN → assumo costante allora fa calcoli con F = cost pari al valore minimo valutato nella sezione 10.
↓ ≠ Non x cambio val max che vengono introdotte delle approssimazioni → commetto un errore

Calcolo dell'iperstatica



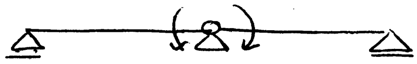
Isostatica ? iperstatica = momento di continuità.

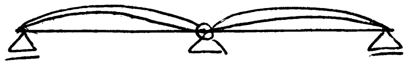
36

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 73 di 171

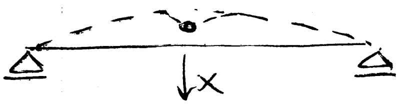
© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 75 di 171

Si produce una rotazione



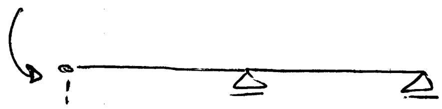


Se il cavo fosse concordante (Non produce iperst. di precompress.) allora ~~rotaz.~~ curvat. = ∅.
sullo schema reso isostatico. avrebbe effetto della q = da curvatura = Non compatibile allora la coppia riporta la curvat. a ∅ ~~...~~ nella sez. cont. q ann.
Qui hai tolto nodo centrale (Misost. più lontano da livello)_, solo togliendo = effetto ecc. cavo. (poi ne vedrà e i sono dei flessi dove M=0)_



→ Quindi si dice x cui devo portare più centrale in basso allora avrei trovato uno X. (Forza)

Se cavo concord. No rotaz. relativa, No spost. più dalle congiung. fle. altri 2.
se



Allora iperst. = F che va in su.

Si sposta

Al solito cavo non concordante → se ho hai altri sollecit. parassite.

$A = \phi = 0.6'' \rightarrow \phi = 15,2\,mm = A_{nominale} = 139\,mm^2$ (alcuni produttori danno $A = 140\,mm^2$)_

$\phi = 0.6''S \rightarrow \phi = 15,7\,mm =$ " $= 150\,mm^2$

Trefolo centrale rettilineo e gli laterali ad elica → sez. trasv. NON confrontare con quello laterale è un min e poi una tolleranza da riscontrare in cantiere o dove si controlla. Misura indiretta su saggio di lungh. tale x cui influenza irregol. taglio non tale da dare stesso ordine grand. della tolleranza
Misuro peso e sulla base densità $\gamma = 7,81\,kg/dm^3$ → calcolo area sez. Nominale

$p = Vol \cdot \gamma \rightarrow Vol = A l \rightarrow$ ricavo Acciaio

Lo stesso x barre da c.a. → Non è in cld (è corrugato). Qui Σ 7 fili ora ccf (smussa).
irregol. S' → solido con forma irregolare

Verifica sez. effettiva allo stesso modo con
p. 7,85
Perchè acc. tref > tenore C < peso → = < densità
0,8 da 0,2

Fino decreto scorso p = 7,85 x tutti poi adottan. x avere più corretto

CADUTE DI TENSIONE X VISCOSITÀ, RITIRO, RILASSAMENTO.
Calcolate indipendent. e poi messi in una formula che tiene conto che i 3 fen. interferiscono
Ritiro riduce lungh. cls. e perdite tens. armat. → ↓ effetto propri di rilass.
Viscosità fine tens. nel cls → cambia qual x effetto ritiro e rilass → forza precomp. varia

Forza precomp. iniziale $= \sigma_{P0,max} = \min(0,80\, f_{ptk},\ 0,90\, f_{p0,1k})$ Ancora valide x EC2.
da Non superare
Norma italiana f_{p1k}

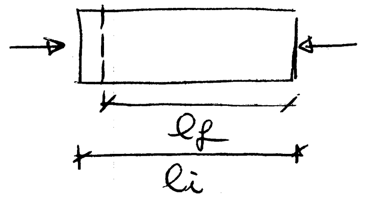
37

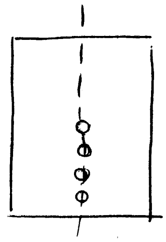
© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 75 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 77 di 171

Δ_{ico} = compresso su tt la sez e fenom. di frecce e evoluzione tale a alt. Viscosità e ritiro hanno gll andamento.
se gli fenom evolvono ≠ da più considerato e le prospett. sm ≠ cambiare lo schema di calcolo = verifiche a 100/150 anni - verifiche fino al termine vita dell'opera.

• PERDITE IMMEDIATE x def del cls
Applico F e cls compresso con Fecc. rispetto G. = curvatura imposta ma quel effetto operazione = cavi precompr. bloccato = cavi = perdono forza di presollecitaz.





Non posso tirare contemporan. 4 cavi (x impedim. martinetti) e tiro gll dopo una alla volta.
Tiro → blocco hef cl. → li tiro uno alla volta
→ def cls dove cavo già presente si accorcia e si riduce la F.
Il primo è interessato n-1 volte ... ultimo ∅ volte

Come tengo conto questo? Formula EC2.
x effetto riduzione lungh.

$$\Delta P_{el} = A_p \cdot E_p \sum \left[j \frac{\Delta \sigma_c(t)}{E_{cm}(t)} \right]$$

$\frac{m-1}{2m}$ (può essere) - approssimazione → $j = \frac{1}{2}$
n° cavi.

$\sigma_{cm} = -10.4$ MPa: perdite tens a livello G + effetto post tensione

$$\varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_{cu}}{E_c} = \frac{-1040}{3500000} = -0{,}30\%.$$

valore def

$$\Delta l = \varepsilon_c l = \frac{0.30}{1000} \cdot 100000 = 30 mm.$$

solo voi avere tens. x accorciamento (x F precompr.) → ε → variazione lunghezza - Dato che la tesatura non è contemporanea - allora dovuto $\Delta l'$

$$\Delta l' = \frac{n-1}{n} \cdot \Delta l = \frac{12-1}{12} \cdot 30 = 27{,}5 mm$$

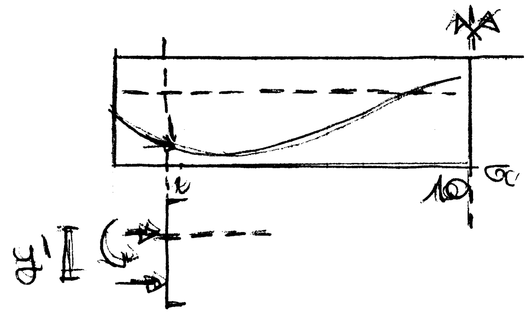
$$\Delta\sigma_{pm} = E_p \frac{\Delta l'}{l} \frac{1}{2} = 20 \cdot 10^4 \cdot \frac{27{,}5}{25000} \cdot \frac{1}{2} = 27{,}5 MPa$$ - (< 0 perché è una riduzione)

$$\sigma_{p,10} = 1350 \cdot 0{,}895 - 27{,}5 = 1180 MPa$$ -

scaccum.

Tens. nell'acciaio prima delle perdite differite da rimettere 1488

Progr. pg. 146 = tens. a livello G res. invece delle 2 metà delle strutt. Progr. a linea continua e sono dei valori < 0 che vedo = 10,4 MPa
Come dovuto variaz lungh strutt x una F centrata → F → Δl.



riferendosi alla F h o F + Mom. di trasporto livello cavo inser perché li ho accorciam.
valutare la tens nel cls

$$\sigma_c = \frac{P}{A_c} + \frac{P_y' y'}{I_c} y' + \frac{X \cdot i}{J_c\, 10} \cdot y' * \frac{(M_g) i}{I_c} y'$$

sotto G > 0
sopra G < 0
P < 0.
Mom iperstatico
x due fine lineare

(38)

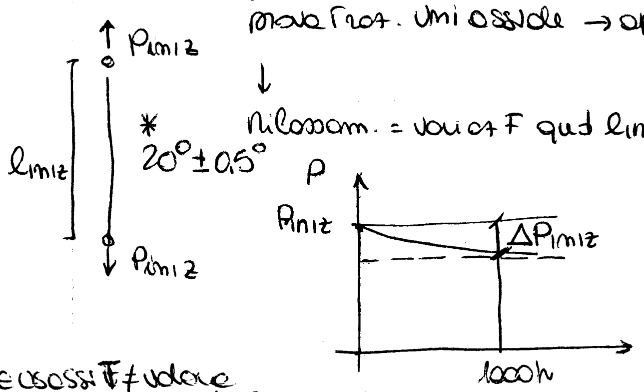
© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 77 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 79 di 171

03/05/'10

$$\frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} = 0.66\,\rho_{1000}\,e^{9.1\mu}\left(\frac{t}{1000}\right)^{0.75(1-\mu)} 10^{-5}$$

- ρ_{1000} (%) = caduta di rilassamento dopo 1000h. misurata (o ottenuta o garantito) in quel condiz. Viene misurata in lab sottoponendo un saggio ad una determinata F iniziale e misurando, rapportato al F, la lungh. iniziale. (Norma UNI EN ISO 15630) → 3/4 parti x cls. x cls e x cap → ci sono modalità di prova → trefolo in macch. prova trat. uniassiale → applico P_{iniz} = voluto l_{iniz} = $l_0 + \Delta l$)
lungh. senza q



Rilassam. = varia F qnd l_{iniz} è mantenuto cost. nel tempo. → la F ↓. commetto ρ stabilendo con un certo caduta. Nella formula ho le tensioni →

$$\sigma_{pi} = \frac{P_{iniz}}{(A_P)_{nom}} \quad \text{(Non effettivo)}.$$

* se usassi F ≠ valore caduta rilass. è ≠. Produt trefoli effettua precompressione

es trefolo 0.6" → $(A_P)_{nom}$ 140 mm² devo poi verificare area effettiva ∈ alla tolleranza.

Progettista stabilisce la σ, chi sperimenta deve calcolare la Forza.

Fatta qst sperimentazione dopo 1000h ho quella variazione.

$$\rho_{1000} = \frac{\Delta P_{iniz}}{P_{iniz}} \cdot 100$$

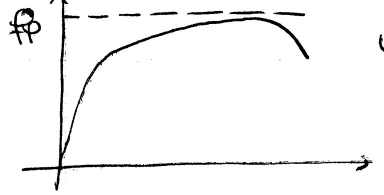
Se non fisso valore iniziale tensione, come calcolo ρ_{1000}? Rilass. apparirà t di inizio prova è fine P_{iniz}. > P_{iniz} → > Rilass.

$\mu = \frac{\sigma_{pi}}{f_{pk}}$ = 0.60/0.65/0.70 …. /0.80 … > è il valore e $\frac{\Delta P_{iniz}}{P_{iniz}}$ >

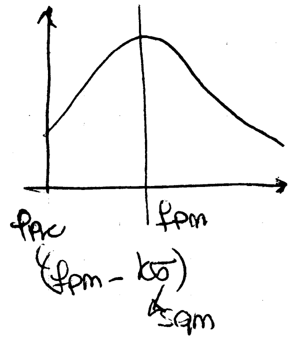
f_{pk}: valore nominale di Resistenza (1860 MPa)

Se produttore garantisce ρ_{1000} deve dire per quale valore di P_{iniz}.

ρ_{1000} ottenuto con $\sigma_{pi} = 0{,}70 f_p$ → $P_{iniz} = \sigma_{pi}(A_P)_{nom}$.
≠ f_{pk}



Valore di q max ottenuto dalla prova, f_{pk} è ottenuto dalla statistica
singolo valore



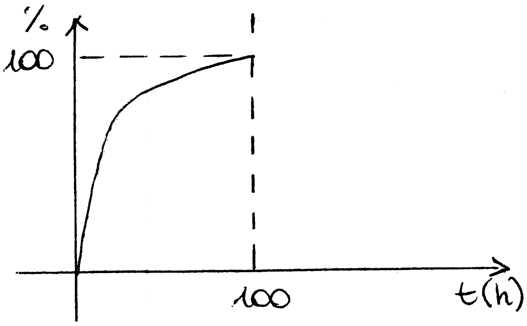
f_p ottenuto su saggio parallelo a quello su cui effettuo la prova.

Nei calcoli di progetto devo usare f_{pk} → def una % e poi / per il valore nominale. Questo perché f_p non è noto.

39

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 79 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 81 di 171



Fino a 1000 h uso qst curva x il calcolo del rilassam.
oltre le 1000 h non dice nulla x chè costo impl.

$$\left(\frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}}\right)_{\infty} = 3\left(\frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}}\right)_{1000h}$$

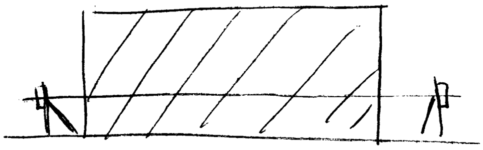
EC2 ha introdotto qst formule in base alla classe armatura.
Sul DM italiano ci sono le formule ci in + detto che in mancanza dati sperimentali
la caduta a 1000 h x armature a basso rilassamento = 2,5%.

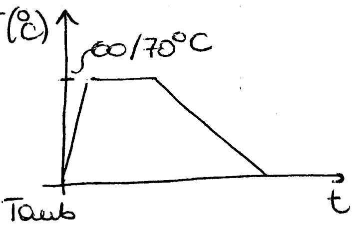
D.M. $\left(\frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}}\right)_{1000h} = 2,5\%$ (Trefoli) trecce

$\left(\frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}}\right)_{1000h} = 4.0\%$ (Barre). comportamento ≠ a II tipo barre. In Italia un tipo barre solo omologato = allora x quello (laminato a caldo + trattamento termo mecc. - rilassamento equival. a gli barre c.a. poi R>) è sufficiente 2,5%.

- Nel progetto del ponte assumere a 1000 h 2,5% e a t∞ = 7,5% (non assumere < 0,75% è troppo elevato x chè la produzione è soft. controllata).
- Per le verifiche a tiro/eseguiment fissato 2,5% a 1000 h e assunto = 100% → valuto con quelle tabelle.

Per strutt. prefabbr. effettuata la precompr. → stendo le armat. su contrasto → getto → maturazione a vapore





- Taglio → tende a rientrare = presollecitazione sotto il G = auto scassero.
- Perdo in poche ore più il 30% → allora devo fare sperimentazioni apposite x T > 20°.

Caduta complessiva nel tempo prodotta da
- Ritiro
- Viscosità } cls
- Rilassam. armat.

$$\Delta P_{c+s+r} = A_p\,\sigma_{p,c+s+r} = A_p \cdot \frac{\varepsilon_{cs} E_p + 0.8\,\Delta\sigma_{pr} + \frac{E_p}{E_{cm}}\varphi(t,t_0)\sigma_{c,QP}}{1 + \frac{E_p}{E_{cm}}\frac{A_p}{A_c}\left(1 + \frac{A_c}{I_c} z_{cp}^2\right)\left[1 + 0.8\,\varphi(t,t_0)\right]}$$

cavo risultante

ΔP → forza a livello cavo risultante tp al cavo nella sez dove effettuo la verifica (non baricentrale)

def. x ritiro

valore convenzionale * e viscosità
coeffic. rid. x attrito*, lunghezza cavo, < sollecit. < rilass.

caduta effettiva x rilass

sì deve aggiungere usando uno tens.

carichi quasi perm. = permanenti e variab. nelle combinaz. che uso $\sigma(G + P_{m0} + \psi_2 Q)$

ecc. cavo rispetto G sez dove effettuo la verifica

- $\varphi(t,t_0)$ dalle tabelle (faccio verifica solo a t=∞ → getto unico).
- ε_{cs}, da formule EC2 in base ai dati di possesso.
- $\Delta\sigma_{pr}$ da calcolare in relazione a σ_{iniz} $\Delta\sigma_p = \sigma_p(G + P_{m0} + \psi_2 Q)$

permanenti; F. precompr. iniziale; q.: variabile

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 81 di 171

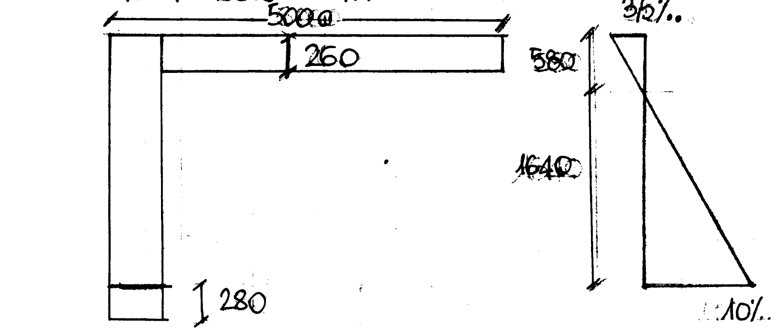
© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 83 di 171

lo posso vedere in termini di F → risultante interna = ∅ allora M = ∅. ~~Risultan~~ F precomp. si scarica sulle testate ed è autoequilibrata.

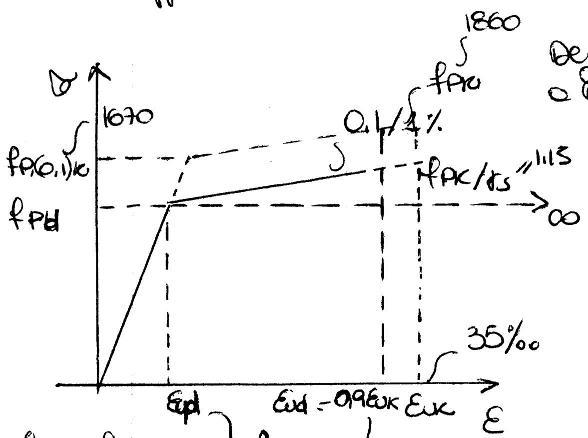
Calcolo M. flett. tiene conto del P.P. e del q variab. = No fun del tempo. Fenomeni lenti = avvengono lenti nel tempo = ma tenuti in cont = no effetto + sfavorevole.

1320 = σ nelle armature sto × perdite elastiche = tutta la F senza cadute di tensione = verifico a t = 0. At = ∞ < 1320 = contributo complessivo < 40.4 MNm = verifico a t = 0 è quello + sfavorevole.

- SEZIONE MODELLIZZATA.



Determinare iterazioni (def. apertura I tentativo → devo avere N = 0!) ma so questa apertura. Oggi non vale più qui dovevo una volta cercare la def ultima dell'armatura → Rott. lato acciaio in campo 3 = max def consentita all'acciaio = 10‰.
In realtà oggi vale:



$f_{pd} = \frac{f_{p(0,1)k}}{\gamma_s}$ $\quad \frac{f_{pd}}{E_p} = \quad$ 31,5‰

In Italia $f_{p(0,1)k} \rightarrow f_{p1k}$

$f_{p(0,1k)} = 1670\ N/mm^2$

$f_{pd} = \frac{1670}{1{,}15} = 1452\ N/mm^2$

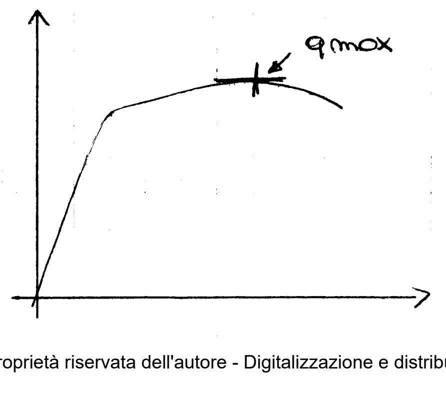
$f_{pk} = 1860\ N/mm^2$

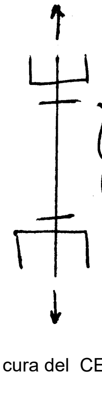
$\frac{f_{pk}}{1{,}15} = 1617\ N/mm^2$

E_p è dichiarato dal produttore che deve garantirlo con toller. +/-5% → risp. di uno strutt. (è in trefolo) non di mat. (cls perfetto) o barra compatta (ma con modulo ben definito). Nella fig. c'è def la pendenza parte rettilinea = E_p ma è risp. di un insieme di 7 fili.
$E_p = 200000\ N/mm^2$

$\varepsilon_d = \frac{f_{pd}}{E_p} = \frac{1452}{200000} = 7{,}25‰$

Se ho def > allora sono sul II ramo che vale fino a ε_{uk} = uniforme
valore caratt. = distribuz. statistica





Su questo distr. σ = cost → su ogni tratto ho allung. cost. dopo q max = la R a rottura è susseg. a rottura solo al termine prova è noto.
Non vado oltre x chè saggio no comport. x mantenimento struttura.

41

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 83 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 85 di 171

Valuto G e braccio di leva interno → ottengo valore del Momento.

$A_0N = 248$ mm.

$F_{c,max} = \underset{0.8095}{\beta_1} \cdot 5 \cdot 0.248 \cdot 22.7 = 22.7$ MN

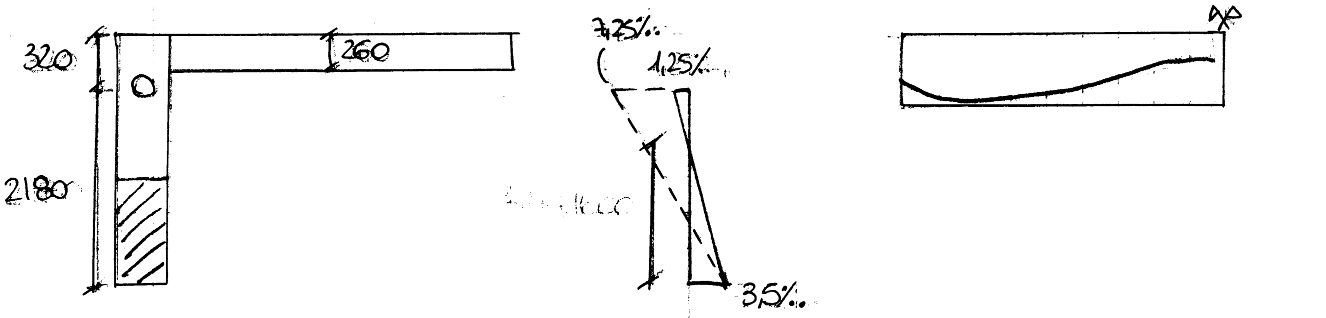
Ora sta fermo il più superiore e devo ridurre il valore di Fs.

Il Mom. interno è dato da 22.7 · braccio interno di leva

$M_{Rd} \simeq 22.7 \left[2.22 - \underbrace{(0.416 \cdot 0.26)}_{\beta_2 x}\right] = 47.9$ MNm $> M_{Sd} = 40.4$ MNm verificato.

Sezione 10 (sezione di continuità).

Il cavo passa sopra al G, sotto è compresso.



$F_{c,max} = 0.8095 \cdot 0.6 \cdot 1.6 \cdot 22.7 = 17.6$ MN

$F_s = \underbrace{1.25 \cdot 200000}_{\text{solo in campo elastico!!}} \cdot 12 \cdot 8 \cdot 140 \cdot 10^{-3} = 3.78$ MN

La F nell'armatura è minore, allora la aumento.

Valuto cosa accade al limite elastico. ($\varepsilon_{yd} = 7.25$‰)

$F_s = 7.25 \cdot 200000 \cdot 12 \cdot 8 \cdot 1.40 =$

Sezione di continuità: qui $\theta = 0$ il cavo ha $\bar{\varepsilon}_p$ → da qst situazione posso considerare ε_{ud} → sezione verticale → lo vado di una quantità × avere l'equil.

$(\sigma_p)_\infty = 0.775 \cdot 1180 = 915$ → $\bar{\varepsilon}_p = \frac{915}{200000} = 4.57$‰

t_∞

dopo le perdite x attrito + elastiche

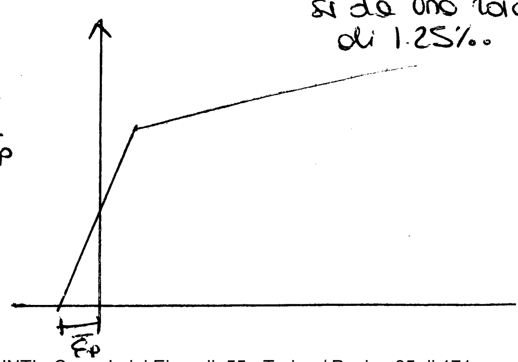
def. imposta più eccedente

$\varepsilon = 4.57‰ + 1.25‰ = 5.82‰ = \bar{\varepsilon}_p + \varepsilon_p$

Rispetto alla ϕ (posizione verticale) si da una rotazione di 1.25‰.

$F_s = 12 \cdot 8 \cdot 0.14 \cdot 5.82 \cdot 200000 = 17.6$ MN

Sposto asse delle ordinate dalla posizione di ϕ all'ascissa corrispondente alla def. impressa $\bar{\varepsilon}_p$
Valuto a t_∞ che è la situazione + sfavorevole.
Se non mettesse 0.775 → 1180 (F>) → 4.57 → 6 mai detto resterebbe in campo elastico.

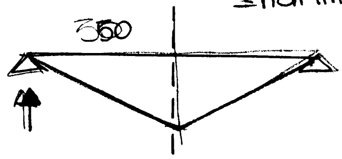


© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 85 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 87 di 171

10/05/10

Precompressione
EC2 $\gamma = 1{,}2$ × effetti locali della precompressione (es/ alle testate x la diffusione della precompressione) –
$\gamma_p = 1.3$ × precomp. x cavi esterni = non iniettati.



Verifica a Taglio

$\sigma_{temp} = 0 \rightarrow (1)$

$V_{Ed} = 1.35 \cdot 1.49$ (P.P) Appoggio $= 2\,MN$

Q $- 1.5 \cdot 0.739$ $= 1.1\,MN$

$- 0.9 \cdot 1.078 \cdot 19.96 \cdot 0.77/50 = 0.3\,MN$

Precompr.

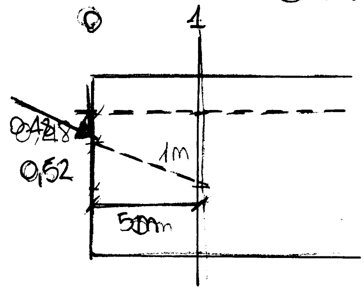
1.078: moltiplicatore x tenere in conto dell'espansione

0.77: perdite x viscosità, ritiro e rilassamento

$$-0.9 \cdot 19.96 \cdot 0.895 \cdot 0.77 \cdot \frac{0.52}{5} = -1.3\,MN \quad (a\,t=\infty)$$

0.895: x effetto ottimo → considero P = coeff. ridotto 1× considero valore effettivo

$\frac{0.52}{5}$: inclinazione della Fd precompressione che contribuisce al V.



Assumo la componente di V × la precompressione che è favorevole

→ Resistenza

$V_{Rd2} \rightarrow V_{Rd,max}$ = contributo delle bielle compresse di cls.

$$V_{Rd2} = 0.30 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d \underbrace{\sin 2\theta}_{\frac{1}{ctg\theta + tg\theta}} = 7.6\,MN$$

EC2 (1992-1-1)

EC2 (6.2.3)(3))

$$V_{Rd\,max} = \alpha_{cw}\, b_w\, z\, \nu_1 \frac{f_{cd}}{tg\theta + ctg\theta}$$

α_{cw}: prodotto da sforzo temp medio della precompress.

z: 0.9d

$\nu = 0.6\left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$ f_{ck} in MPa

ν_1 = pari a 0.6 se tens. progetto arm. a $V <$ 0.80 valore caratteristico. → si ↑ la R del cls xchè assumo ν_1 di cls duro

$f_{ck} = 40 \rightarrow \nu_1 = 0.504$

α_{cw}: A seconda livello sollecit. nella sezione (conv. medio (σ_{cp}) → valore medio → >0.
Verifica di quale delle 3 espressioni assumere –

$$\alpha_{cw} \begin{cases} 1 + \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}} & 0 < \sigma_{cp} \le 0.25 f_{cd} \\ 1{,}25 & 0{,}25 f_{cd} < \sigma_{cp} \le 0{,}5 f_{cd} \\ 2{,}5 \cdot \left(1 - \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}}\right) & 0{,}5 f_{cd} < \sigma_{cp} \le 1 \end{cases}$$

$1 < ctg\theta < 2{,}5$ Devo assumere = θ x Taglio e torsione e deve verificare nell'intervallo
Dopo aver verificato V e T devo fare verifica combinata (indipendente dalle 2 = si aggiunge) –
Scegliere θ con certi criteri.
es $\theta = 31° \rightarrow ctg\theta = 1{,}66$

(13)

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 87 di 171

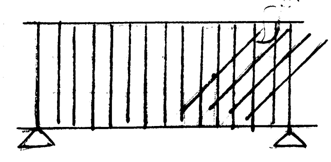
© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 89 di 171

Staffe precompresse inclinate di 45°. → cuciture
Se mettessi solo le staffe non sarebbe suff x avere valore Vrd = Vsd.

$$\underset{(V_{rd,s})}{V_{wd}} = \underbrace{\left(\frac{2,26}{0,20} + \frac{8,04\cdot 2\cdot 830}{0,75\sqrt{2}\;500}\right)}_{\text{contributo delle staffe}} 0,90\cdot 2,18\cdot 435\cdot 1,66\cdot 10^{-4} = 5,2\,MN.$$

5,2 MN > 4,2 MN

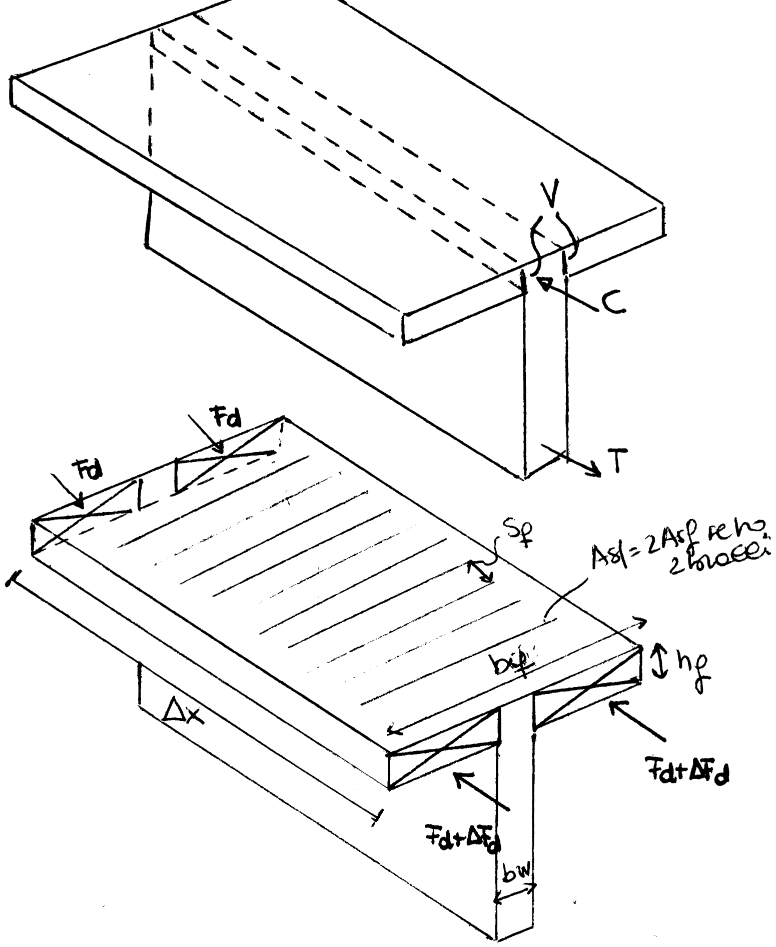
il minore tra $V_{rd,max}$ e $V_{rd,s}$ deve essere maggiore del valore sollecitante.



Non metto acciaio ordinario (Rc) = avrei dovuto mettere + barre e dovevo infittire troppo le barre → difficile far passare il cls → No getto poroso.
Diam grande (32>12) → con poche barre dispongo cm² di armature.

COLLEGAMENTO PIATTABANDA - ANIMA.

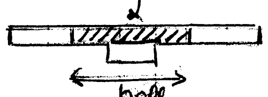
(EC2 6.2.4)



2 sbalzi rispetto anima. la fibra è nell'anima, compress. sulle ali → asse neutro conf sull'ala (ala tt compressa = A.N. ½ a livello attacco con anima).
le compress. devono essere portate al centro = ho V ai lati.
Fanno scorrere le 2 parti x sbilanciamento delle F.
Nelle strutt. nasce un sist di Tiranti/Puntoni inclinati.
Compito ora assolto (cls/barre armatura).

Considero la parte a sbalzo rispetto all'anima)

bf = parte collaborante



beff fino a spessore lungh. pont.

Qui è tt collaborante x chè di superf... con beff è verificato.
Il carico di lungh Δx → ho ΔFd che spinge = F che tendono a staccare i 2 sbalzi dall'ala.
Con effetto di V (lungo trave) → le 2 F tendono a scorrere.
All'attacco ala/anima = traliccio Tiranti/puntoni
↙ armat. apposita (eventuale)
↘ cls

44

Solo ala può essere capace di sopportare tt l'effetto → + travi alleg.

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 89 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 91 di 171

$v_{Ed,l} \le 0.6\left(1-\frac{40}{250}\right)\frac{40}{1,5}\sin 45° \cos 45° = 6,72\ N/mm^2$

$30° \to 5,81$

3,35 N/mm^2

lavoro su angolo θ in modo che armatura necessaria si riduca.

$v_{Ed} \le k f_{ctd}$ ⇒ NON VIENE POSTA ARMATURA di CUCITURA (= di V) → A_{sf}

Resistenza di progetto del cls a k = 0,4 (EC2)

$3,35 \le 0,4 \cdot (0,7 \cdot f_{ctm}) = 0,4(0,7(0,3 f_{ck}^{2/3})) = 0,4 \cdot 0,7 \cdot 0,3 \cdot 40^{2/3} = 0,98\ N/mm^2$

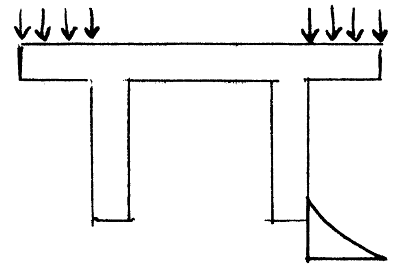
⇒ serve armatura di cucitura (A_{sf}).

$\frac{A_{sf}}{s_f} \ge \frac{v_{Ed}\, h_f}{f_{yd} \cot\theta_f}$ (θ_f 45°)

$\frac{A_{sf}}{s_f} \ge \frac{3,35 \cdot 260}{\frac{450}{1,15} \cot 45} = 2,23\ \frac{mm^2}{mm}$

Scelgo un'area φ10mm (Barre) → A = 78,5 → s_f = 35,2mm → 35 mm

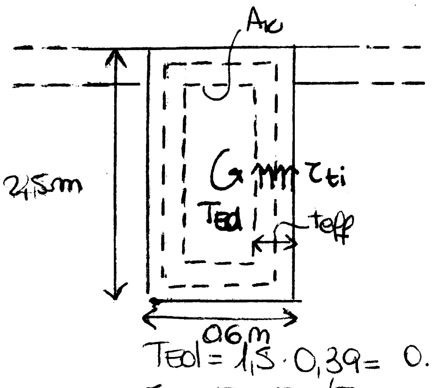
se uso delle φ8 → A ≈ 100,5 mm^2 → s_f = 45,08mm → 45mm



Può esserci flessione trasversale sulle ali → serve armatura.

Tra la del primo + flessione trasversale serve acc. in trazione > di quelle del primo. È suff. x portare il V ma ne serve di + x il M. flettente.
oppure
½ A x V + A per flessione –

→ TORSIONE (EC2 6.3.1).



sezione resistente

Traliccio tiranti longitud + inclinati bielle cls

$\tau_{t,i}\, t_{ef,i} = \frac{T_{Ed}}{2A_k}$ sollecitazione

$T_{Ed} = 1,5 \cdot 0,39 = 0.59\ MNm$

$\tau_{t,i}$ = tensione tangenziale (F/sup.eff) agente nel generico tratto della corteccia terminale resistente

ne → torsione è su lamiera e gli che avviene in parte a sf. di opportuno spessore nel generico tratto (sono 4) → τ uniforme lungo la corda

t_{eff} = spessore tratto generico = Area resistente / u (perimetro dell'area corda).

A_k area racchiusa da linea media

45

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 91 di 171

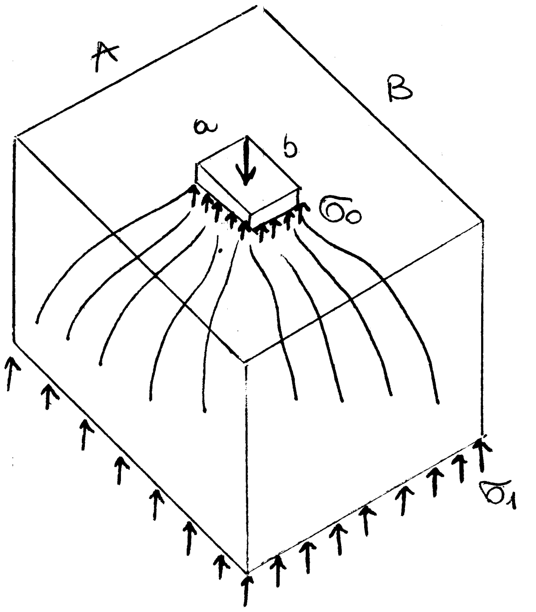
© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 93 di 171

17/05/10 **MODELLI PUNTONE TIRANTE**

Verifiche in esercizio

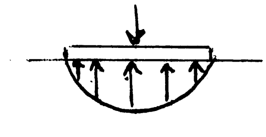
Buona parte sono soddisfatte

STUDIO ZONE dove ci sono stati di SOLLECITAZIONE NON alla DE SAINT VENANT. Stati di tensione non piani

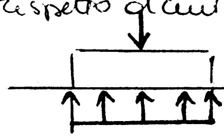


q applicato su una zona (caso ancoraggio su una testata) → parti dove q è applicato ridotte rispetto alla sezione trasversale dell'elemento sul quale il q grava

se piastra è flessibile e q è concentrato → ho distribuzione tens. non unif. sotto la piastra



Se rigido concentrazione (= valori >) sugli estremi rispetto al centro



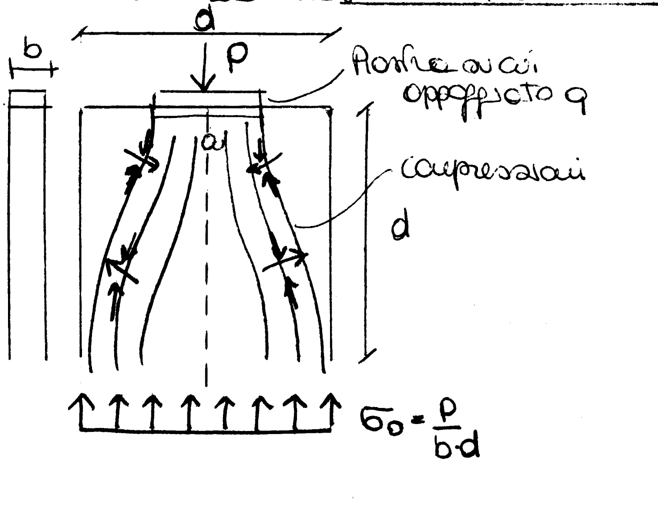
$\sigma_0 = \frac{P}{ab}$

$\sigma_1 = \frac{P}{A \cdot B}$ valore come se fosse q uniformemente dalla $ libera → distribuzione rettangolare delle tensioni

— GUYON

Ip: Materiale perfettamente elastico, non può fessurarsi ... → vedo modelli da usare perché non si comporta in questo modo

Non stud. elem 2D ma studio su una LASTRA → elemento sottile → spessore piccolo rispetto all'altra dimensione e a quella longitudinale.



A dist. d si ha distribuzione tens. uniforme qui rettangolare anche q centrato. Se fosse eccentrico parti sarebbe spostata e poi avrei distribuz. tens. lineare piana)

Se le tensioni sono verticali all'estremità e alle fine, avviene nel centro con un flesso.

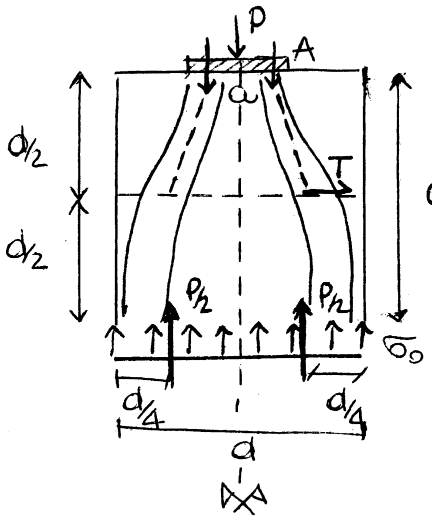
le 2 F danno una compon. verso l'esterno (ne ho 2 verso l'int = allora è equilibrato) → se R a compress. R in base alla sua predisposizione.

In basso ho 2 compon. verso est (equilibrato)

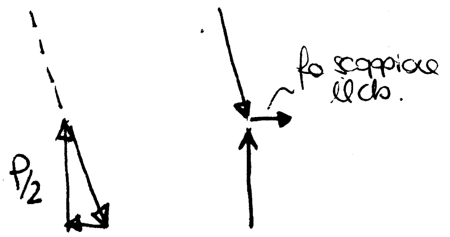
Nella teoria c'è mat. è isotropo e R sia a compress. sia a trazione. Se invece ho strutt. c.a. → Non R a traz. → intervengo. Vedere valore F → piccole no probl. → grandi probl. >.

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 93 di 171

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 95 di 171



Per capirlo meglio esame qui sopra:
Nella zona di transizione (tra ∅ e d)
Visto asse di simmetria e ho stato di tensione considerato. Considero la metà dx la risultante è a metà cioè a $d/4$ con retta d'azione verticale come quelle delle tensioni e vale $P/2$
Anche in cima ho distribuzione tensioni costante allora c'è una risultante delle tens. applicata sotto lo stesso punto $= P/2$ ciascuno.
Le rette d'azione sono disassate = No equilibrio se non interviene compon. orizzontale.
In P e $d/2$ un NODO dove convergono le F dal basso e in P dove si convergono tutte le F che agiscono su ½ dx e sx.



T ≈ data dall'armatura

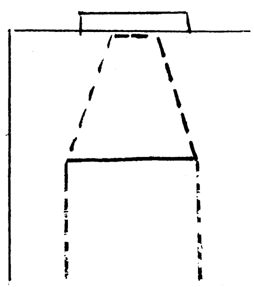
Allora F in alto deve variare affinché possano nel modo, allora $P/2$ è solo + la compon. verticale serve una 3ª forza x chiudere triangolo delle F
T = forza di scoppio ≡ con quella def. da Guyon
Nell'elemento x chiudere devo avere armatura x equilibrare la F che va verso l'est. e fa scoppiare

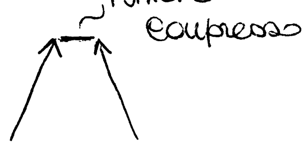
Geometricamente posso ragionare su triangolo o su equ. di equilibrio.

A) $-\frac{P}{2}\left(\frac{d}{4}-\frac{a}{4}\right)+T\frac{d}{2}=0$ $\qquad \frac{T}{P}=\frac{1}{4}\left(1-\frac{a}{d}\right)$

considerato verso l'interno (già come risposta).

Sotto ho bielle compresse (lungo $d/2$) e sopra ho " " con asse le F → di simmetrica = tens. sm distribuite nell'int. che è l'asse. Armat. distribuire nell'interno dell'asse.
A sx andamento analogo.





I calcoli sono fatti allo SLU = dim armatura e verifico compressione del cls compresso.
P = forza esercizio × fattori pond.
T in rodotto attraverso armatura è assorbito dalla tensione di progetto

Al variare di a/d → T/P è ≠ varia da 1 a 0 andamento lineare.
↳ banda
Le 2 curve (Mörsch e Guyon) si ∩ tra 0.1 e 0.2 (~0,17/0,18).

Nella progettazione è più usato Mörsch perché conservativa delle forze T di Guyon valido × modello che non si fessura.
EC fa delle variazioni di modello di minima imp. ma corrette.

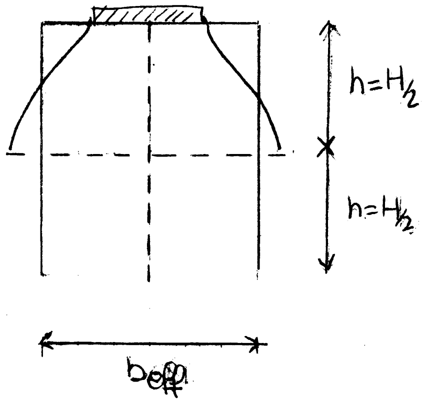
La F di scoppio anche × elem con a e b a = pond. è rappresentato bene da Mörsch -

(47)

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 95 di 171

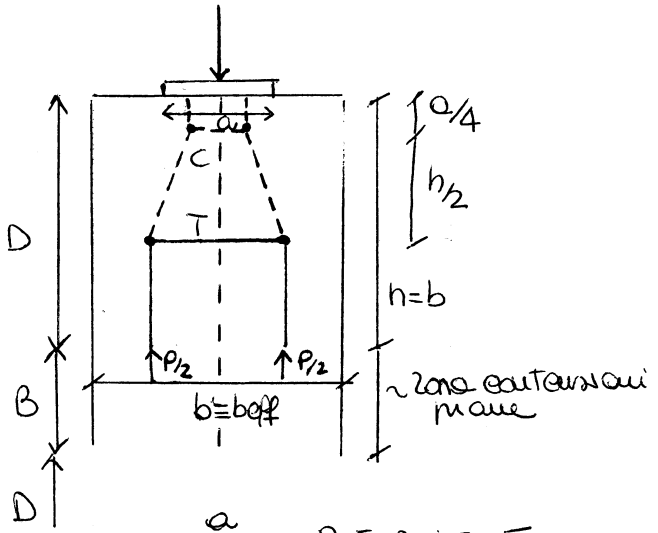
© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 97 di 171

Se a largo quanto elemento avrei delle isostatiche che uscirebbero. Non avrei zona D dove si accorcia ma una zona D intermedia



Nell'elemento snello ho 2 bielle compresse poi sopra si chiude

le F di compress sotto piastra van deviano immediatamente ad a/4 le 2 Forze si mantengono verticali poi a h/2 dimof. le 2F arrivano dal basso Mantenuto h/2 così ho = formula precedente



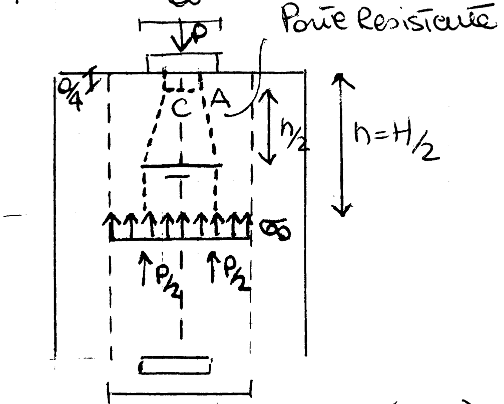
Poi si instaura Modello di Morsch: instauro h/2 da a/4 dove ho 2 punti

Ci sono 2 modi dove si incrociano le rette d'azione → poi ci sono altri 2 modi

il braccio interno delle 2F orizzontali è h/2, il braccio delle F verticali è lo stesso di prima quindi

$$\frac{T}{P} = \frac{1}{4}\left(1 - \frac{a}{b}\right)$$

x elemento a totale di scontinuità (dove non c'è B) x cui torno.



$b_{ef} = h/2 + 0{,}65a \quad (a \leq h)$
da sperimentazioni

il flusso delle tensioni va meglio se si rappresenta nel centro = è più rapido

Ci sono bielle con retta d'azione verticale (essendo verticale la forza) in a/4 poi in h/2, al di sotto ho 2 modi.

$\sigma_0 = \frac{P}{b_{eff}\, c}$ dimensione trasversale

x up a quello di H/2 ho una sollecitazione costante
↓
si def fino ad h/2 2 bielle verticali

$$A): -\frac{P}{2}\left(\frac{b_{ef}}{4} - \frac{a}{4}\right) + T\frac{h}{2} = 0 \quad (h = H/2)$$

$$\frac{P}{2}\left(\frac{\frac{H}{2} + 0{,}65a}{4} - \frac{a}{4}\right) = T\frac{H}{4}$$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 97 di 171