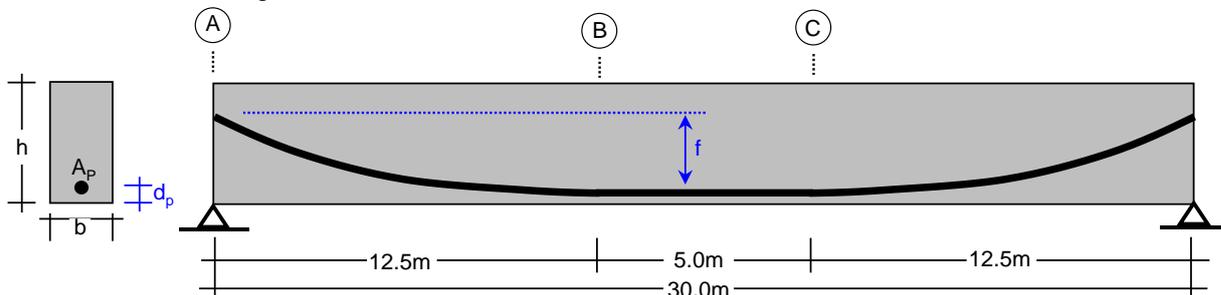


Esercitazione 2

STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO PRECOMPRESSO

- 1 Si consideri una struttura in c.a.p. a fili pre-tesi e realizzata con un cls di classe C40/50 confezionato con cemento di classe CEM 42.5N. Si calcolino le tensioni limite a vuoto e in esercizio nel cls (sia teso che compresso), assumendo una combinazione di carico quasi permanente e precompressione applicata dopo 14gg dal getto.
- 2 Si consideri una struttura in c.a.p. a cavi post-tesi e realizzata con un cls di classe C28/35 confezionato con cemento di classe CEM 53.5R. Si calcolino le tensioni limite a vuoto e in esercizio nel cls (sia teso che compresso), assumendo una combinazione di carico caratteristica e precompressione applicata dopo 20gg dal getto.
- 3 Si calcoli la deformazione per ritiro a tempo infinito di una trave in c.a.p., realizzata con calcestruzzo di classe C40/50, e con sezione $30\text{cm} \times 50\text{cm}$, considerando condizioni di umidità relativa $U.R.=60\%$.
- 4 Si calcoli la deformazione per ritiro a tempo infinito di una trave in c.a.p., realizzata con calcestruzzo di classe C35/45, e con sezione $40\text{cm} \times 60\text{cm}$, considerando condizioni di umidità relativa $U.R.=40\%$.
- 5 Si calcoli la perdita per rilassamento a tempo infinito di trefoli di acciaio armonico a normale rilassamento, con tensione caratteristica al carico massimo $f_{ptk}=2000\text{MPa}$, soggetti ad una tensione iniziale di 1400MPa .
- 6 Si calcoli la perdita per rilassamento dopo $200 \times 10^3\text{h}$ dall'applicazione del tiro di fili di acciaio armonico a basso rilassamento, con tensione caratteristica al carico massimo $f_{ptk}=1700\text{MPa}$, soggetti ad una tensione iniziale di 1250MPa .
- 7 Si calcolino le tensioni limite a vuoto e in esercizio nelle armature di un elemento in c.a.p. a fili pre-tesi, con armatura di precompressione costituita da trefoli con $f_{ptk}=1900\text{MPa}$, $f_{p(0.1)k}=1750\text{MPa}$ e $f_{pyk}=1600\text{MPa}$.
- 8 Si calcolino le tensioni limite a vuoto e in esercizio nelle armature di un elemento in c.a.p. a cavi post-tesi, con armatura di precompressione costituita da trefoli con $f_{ptk}=1850\text{MPa}$, $f_{p(0.1)k}=1680\text{MPa}$ e $f_{pyk}=1490\text{MPa}$.
- 9 Si consideri una trave in c.a.p., realizzata con calcestruzzo di classe C35/45, avente sezione rettangolare $40\text{cm} \times 80\text{cm}$, precompressa a mezzo di fili pretesi la cui area totale è $A_p=1100\text{mm}^2$ e il cui cavo risultante presenta eccentricità costante $e_p=25\text{cm}$. Lo sforzo iniziale è pari a $N_0=1380\text{kN}$. Si calcoli la perdita di precompressione dovuta all'accorciamento elastico del calcestruzzo all'atto della applicazione del tiro.

- 10 Si calcolino le perdite dovute all'attrito cavo-guaina nella sezione di mezzeria della trave in c.a.p. a cavi post-tesi mostrata in figura.



Nota: il cavo ha andamento parabolico tra A e B, e rettilineo tra B e C.

Distanza del CR dall'intradosso in mezzeria: $d_p=10\text{cm}$ Armatura di precompressione: $A_p=3500\text{mm}^2$
 Freccia del CR in mezzeria: $f=1\text{m}$ Coefficiente di attrito: $\mu=0.3\text{rad}^{-1}$
 Tiro iniziale: $N_0=4500\text{kN}$ Variazione angolare tratto rettilineo: $k=0.01\text{rad/m}$

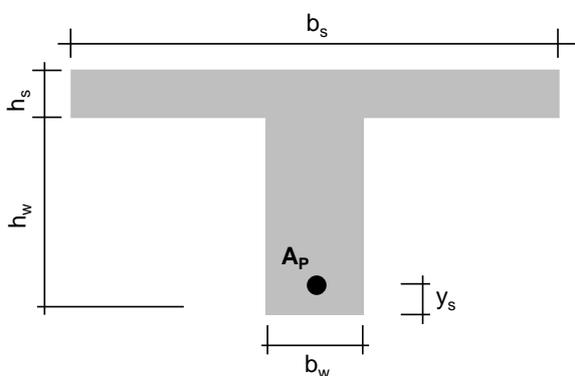
- 11 Si consideri una trave in c.a.p., realizzata con calcestruzzo di classe C35/45, avente sezione rettangolare $30\text{cm} \times 70\text{cm}$, precompressa a mezzo di fili pretesi. L'armatura di precompressione è costituita da trefoli di acciaio armonico a basso rilassamento, con area totale $A_p=1100\text{mm}^2$, distanza dal lembo inferiore della sezione di 6cm , tensione caratteristica al carico massimo $f_{ptk}=1950\text{MPa}$, soggetti ad una tensione iniziale di 1200MPa (già scontata delle perdite istantanee). Il momento agente in esercizio (prodotto da carichi e sovraccarichi permanenti e sovraccarichi variabili in combinazione quasi permanente) è $M_{Ed}=190\text{kNm}$.

Si calcolino le cadute di tensione a tempo infinito dovute alla viscosità e al ritiro, nelle seguenti condizioni:

- ambiente con umidità relativa U.R.=85% e istante del tiro dal getto di cls $t_0=22\text{gg}$
- ambiente con U.R.=75% e $t_0=14\text{gg}$
- ambiente con U.R.=50% e $t_0=10\text{gg}$

Per ciascuna condizione, si calcolino anche le cadute di tensione combinate, includendo le cadute per rilassamento dell'acciaio.

- 12 Si consideri la sezione in c.a.p. a cavi post-tesi con geometria, materiali e sollecitazioni illustrate in figura. Si considerino i carichi di esercizio in combinazione rara e le condizioni ambientali ordinarie. Si calcolino le tensioni nel calcestruzzo nella fibra inferiore e in quella superiore della sezione e nella armatura di precompressione, sia a vuoto che in esercizio, e si confrontino con i limiti di normativa (NTC18).



Soletta: $b_s=2.60\text{m}$; $h_s=0.22\text{m}$
 Anima: $b_w=0.45\text{m}$; $h_w=1.20\text{m}$
 Armatura di precompressione: $y_s=0.16\text{m}$

Materiali:

- Calcestruzzo: classe di resistenza C28/35
- Cemento CEM 42.5N
- Armatura di precompressione:
- Trefoli con $f_{ptk}=1900\text{MPa}$, $f_{p(0.1)k}=1750\text{MPa}$, $f_{pyk}=1600\text{MPa}$
- Area $A_p=4500\text{mm}^2$

Tiro dei cavi:

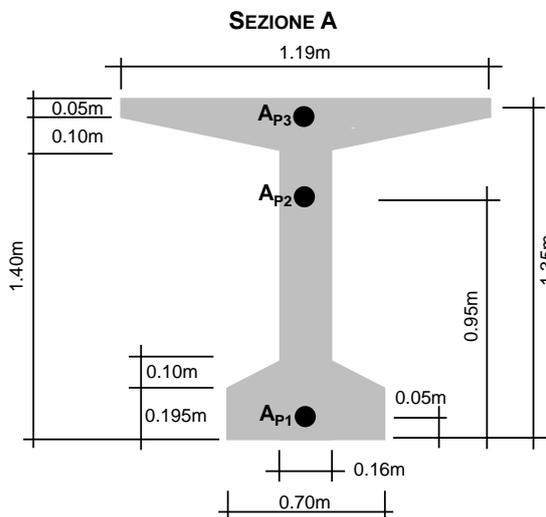
- Istante del tiro dal getto: $t_0=14\text{gg}$ dal getto
- Tiro iniziale: $N_i=4200\text{kN}$
- Tiro in esercizio: $N_e=3900\text{kN}$

Momenti agenti:

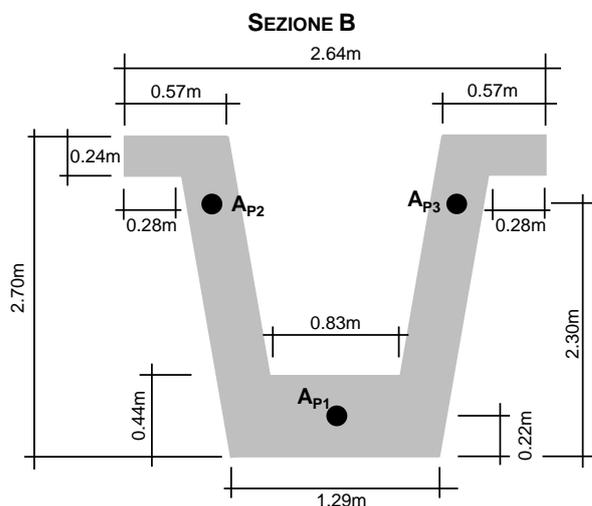
- Carichi permanenti: $M_G=1700\text{kNm}$
- Sovraccarichi perman. e variabili: $M_{P+Q}=2050\text{kN}$

13 Con riferimento alla sezione dell'esercizio 12, e alle due sezioni A e B in figura, utilizzando VCASTLU:

- calcolare le tensioni massime e minime per le sollecitazioni agenti;
- calcolare il momento resistente M_{Rd} per le verifiche allo SLU.



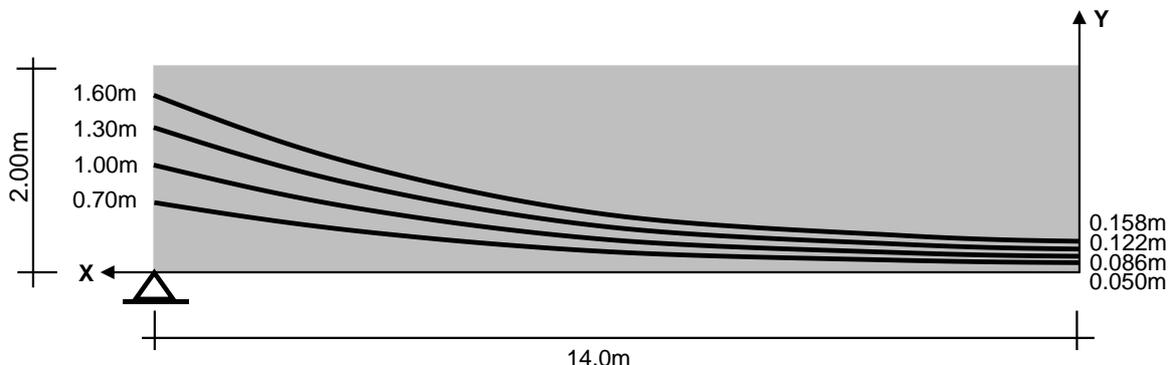
Calcestruzzo: classe C28/35
Armatura di precompressione: trefoli con $f_{ptk}=1900\text{MPa}$ e $f_{p(0.1)k}=1750\text{MPa}$
 $A_{P1}=22\varnothing 0.6''$; $A_{P2}=4\varnothing 0.6''$; $A_{P3}=4\varnothing 0.6''$
Area nominale di un trefolo da 0.6": $A_n=139\text{mm}^2$
Tensione di precompressione $\sigma_p=900\text{MPa}$
Momento agente in esercizio: $M_{Ed}=120\text{kNm}$



Calcestruzzo: classe C45/55
Armatura di precompressione: trefoli con $f_{ptk}=2050\text{MPa}$ e $f_{p(0.1)k}=1830\text{MPa}$
 $A_{P1}=60\varnothing 0.5''$; $A_{P2}=10\varnothing 0.5''$; $A_{P3}=10\varnothing 0.5''$
Area nominale di un trefolo da 0.5": $A_n=100\text{mm}^2$
Tensione di precompressione $\sigma_p=1100\text{MPa}$
Momento agente in esercizio: $M_{Ed}=200\text{kNm}$

14 Si consideri la trave in c.a.p. a cavi post-tesi rappresentata in figura, di luce totale 28m e con sezione di latezza 2m. L'armatura di precompressione è costituita da 4 cavi uguali, ciascuno formato da $18\varnothing 0.7''$, che hanno andamento parabolico, con tangente orizzontale in mezzeria, e tensione di precompressione di 840MPa . Si richiede di determinare:

- l'equazione del cavo risultante e l'angolo di attacco del cavo in testata (inclinazione del CR nella sezione di testata);
- il valore della forza di precompressione in testata;
- il sistema di forze esterne equivalente alla precompressione.



Nota: nell'immagine è rappresentata una metà della trave, dall'appoggio alla mezzeria, e sono indicate le quote di attacco in testata e di passaggio in mezzeria dei cavi, misurate a partire dall'intradosso della trave.

15 Progettare una trave semplicemente appoggiata in c.a.p. a cavi post-tesi con sezione a doppio T, con le seguenti caratteristiche:

- Luce: 25m
- Calcestruzzo: classe C40/50, confezionato con cemento di classe CEM 42.5R
- Armatura da precompressione: trefoli in acciaio armonico stabilizzato a basso rilassamento, con $\varnothing=0.6''$ (area nominale $A_n=139\text{mm}^2$), $f_{ptk}=1980\text{MPa}$, $f_{p(0.1)k}=1750\text{MPa}$, $f_{pyk}=1630\text{MPa}$, modulo elastico $E_p=200\text{GPa}$
- Precompressione applicata 15gg dopo il getto di cls
- Umidità relativa dell'ambiente esterno: U.R.=60%
- Sovraccarichi permanenti e variabili (valore caratteristico, combinazione SLE quasi permanente): $q_k=65\text{kN/m}$

Si richiede in particolare di:

- A. Determinare le proprietà meccaniche dei materiali e calcolare le tensioni limite nel calcestruzzo e nell'acciaio da precompressione a vuoto e in esercizio;
- B. Predimensionare la sezione di cls e calcolare il carico dovuto al peso proprio;
- C. Predimensionare l'armatura di precompressione: area totale, fuso di Guyon, tracciato del cavo risultante, e calcolare le caratteristiche della sezione omogeneizzata in mezzera (si impieghino, ove necessario, valori di primo tentativo, ad es: per le perdite istantanee e le cadute lente);
- D. Calcolare le perdite istantanee di precompressione;
- E. Calcolare le cadute lente di precompressione (considerando l'effetto combinato);
- F. Calcolare le tensioni agenti nel calcestruzzo e nell'acciaio da compressione nelle condizioni a vuoto ed in esercizio ed eseguire le verifiche di norma (NTC18) allo SLE;
- G. Calcolare il momento agente allo SLU ed il momento resistente della sezione progettata, ed effettuare la verifica di resistenza.
- H. Con riferimenti alle condizioni di lungo termine, determinare il sistema di forze esterne equivalenti alla precompressione.
- I. Progettare le staffe in acciaio B450C ed eseguire le verifiche nei confronti dello SLU di taglio (con riferimento alle condizioni di lungo termine).

Note:

Si utilizzi il software VCASLU ove necessario.
 Si trascurino le armature lente.