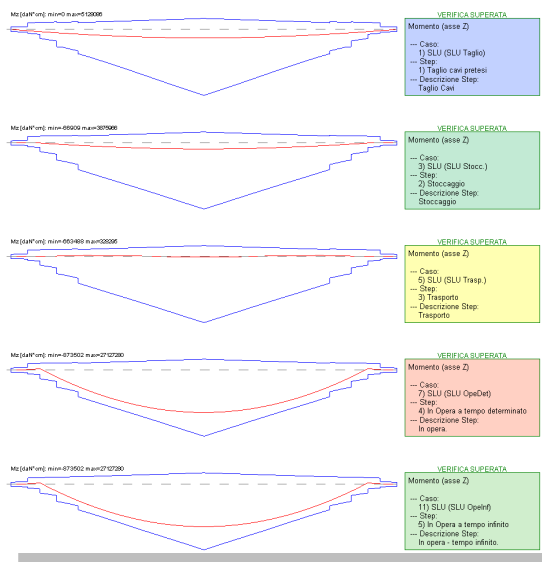
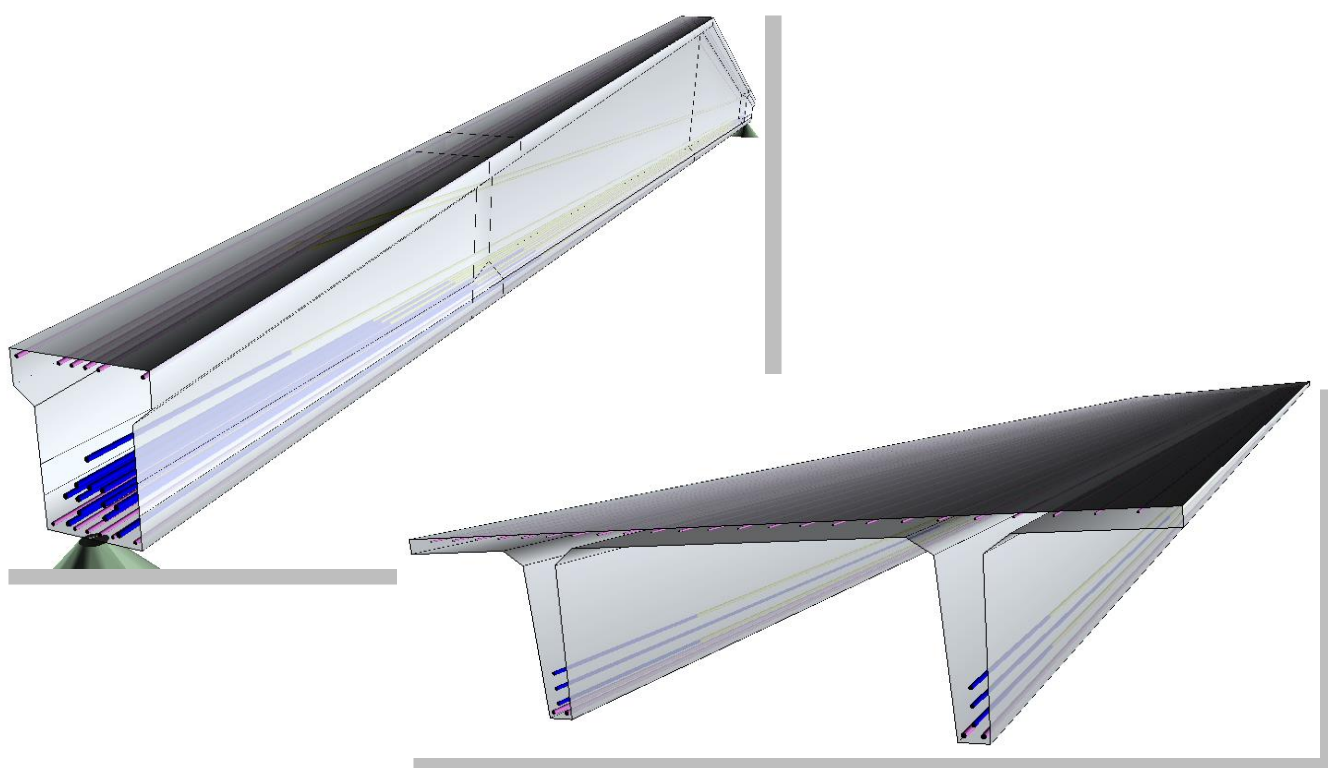


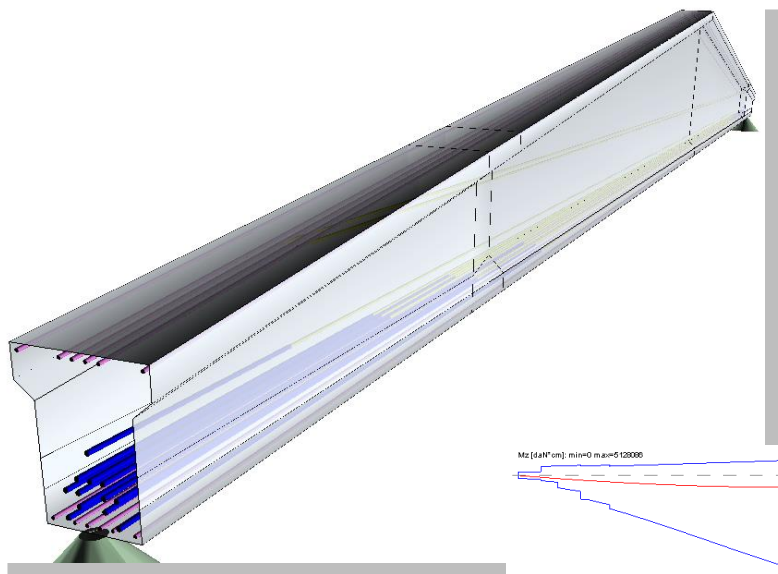
Tutorial IS TRAVECAP

Applicazioni Pratiche

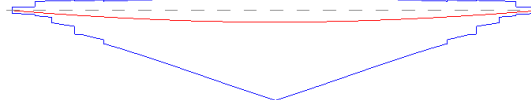
Calcolo e progetto di travi in c.a.p. isostatiche secondo NTC 2008



Calcolo e progetto di travi in C.A.P. isostatiche secondo N.T.C. 2008 ed Eurocodici



Mz [daN*cm]: min=0 max=5120000



VERIFICA SUPERATA

Momento (asse Z)

--- Caso:
1) SLU (SLU Taglio)
--- Step:
1) Taglio cavi pretesi
--- Descrizione Step:
Taglio Cavi

Mz [daN*cm]: min=669009 max=3075000

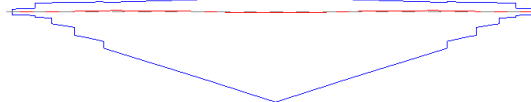


VERIFICA SUPERATA

Momento (asse Z)

--- Caso:
3) SLU (SLU Stocc.)
--- Step:
2) Stoccaggio
--- Descrizione Step:
Stoccaggio

Mz [daN*cm]: min=669486 max=328206

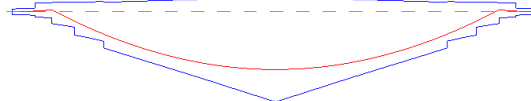


VERIFICA SUPERATA

Momento (asse Z)

--- Caso:
5) SLU (SLU Trasp.)
--- Step:
3) Trasporto
--- Descrizione Step:
Trasporto

Mz [daN*cm]: min=673502 max=2712730

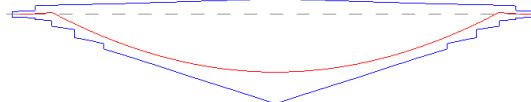


VERIFICA SUPERATA

Momento (asse Z)

--- Caso:
7) SLU (SLU OpeDet)
--- Step:
4) In Opera a tempo determinato
--- Descrizione Step:
In opera

Mz [daN*cm]: min=673502 max=2712730

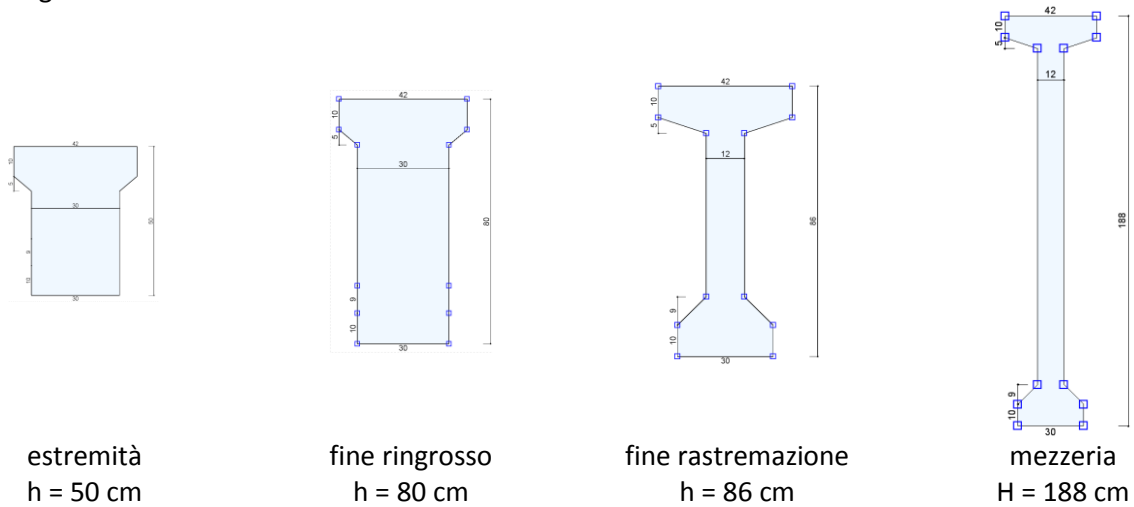


VERIFICA SUPERATA

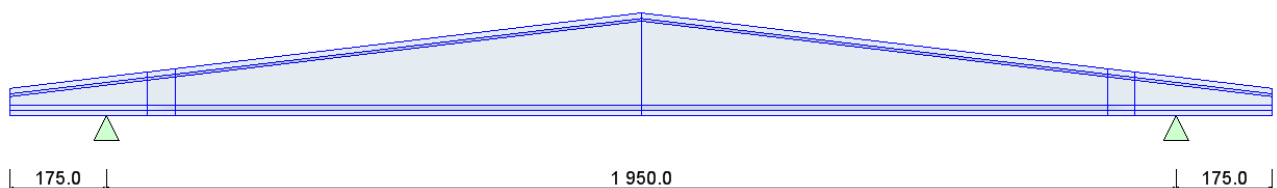
Momento (asse Z)

--- Caso:
11) SLU (SLU OpeInf)
--- Step:
5) In Opera a tempo infinito
--- Descrizione Step:
In opera - tempo infinito

Nel seguito si progetterà una trave a doppia pendenza con pendenza di circa 7°, con ringrosso e rastremazione di estremità, utilizzata per la realizzazione di una copertura piana su una luce considerevole. La trave è costituita da una sezione con altezza e spessore dell'anima variabili lungo l'asse, descritta dalle figure seguenti:



La luce della trave è variabile nelle varie fasi di vita, in esercizio sarà di 19.5 m, con schema statico di trave semplicemente appoggiata. L'interasse tra le travi sarà pari a 7 metri.



Caratteristiche del CLS:

R_{ck} allo scasso

350 [daN/cm²]

R_{ck} a 28 giorni

500 [daN/cm²]

γ_c

1.5

Caratteristiche dell'armatura lenta:

tipo

B450C

f_{yk}

4500 [daN/cm²]

γ_s

1.15

Caratteristiche dei trefoli:

trefoli 7 fili da 1/2 pollice, diametro nominale 12.5 [mm]

$f_{p(1)k}$

16700 [daN/cm²]

f_{ptk}

18600 [daN/cm²]

γ_s

1.15

tesatura iniziale

10600 [daN/cm²]

Ipotesi di carico:

carichi permanenti:

210 [daN/m²]

carichi variabili (neve):

190 [daN/m²]

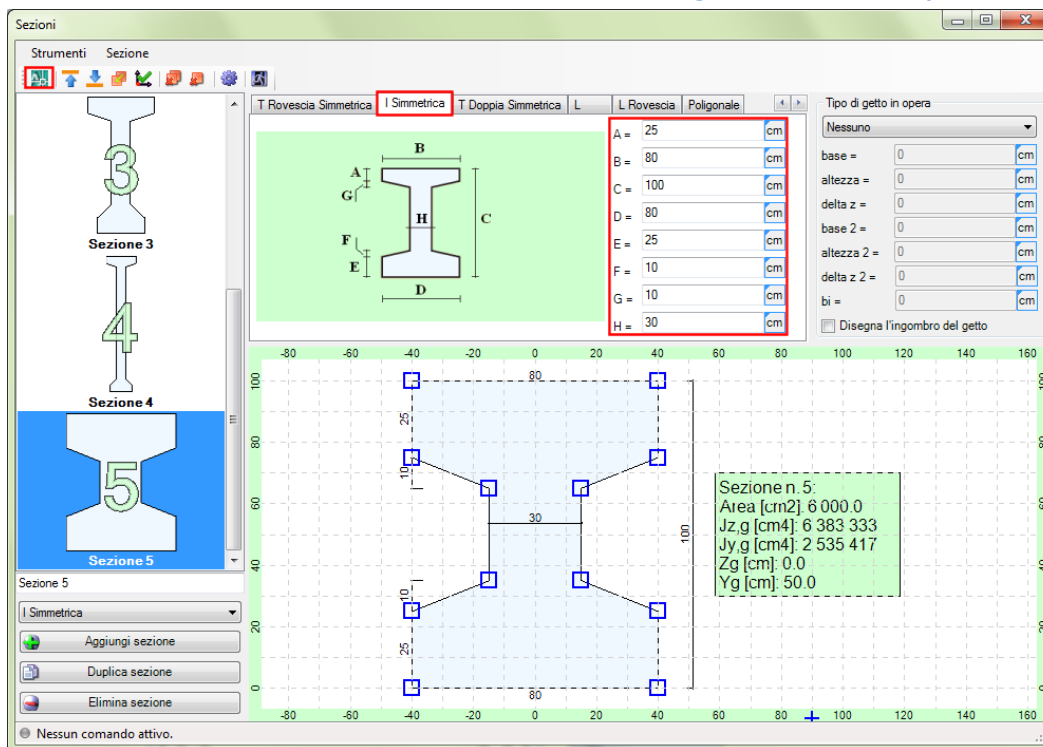
- definiamo le sezioni trasversali che compongono la trave;



Dal pannello principale di IS TraveCAP premiamo l'icona "Sezioni", si aprirà il relativo pannello di gestione dei dati.

Per definire la geometria della trave, è necessario inserire i dati delle sue sezioni notevoli, in questo caso l'estremità, la mezzera, e quelle dove ha inizio la variazione di spessore (in tutto, quindi, 4 sezioni):

- sezione di testata, a T, altezza 50 cm, larghezza ala 42 cm, spessore anima 30 cm
- sezione di inizio rastremazione, a T, altezza 80 cm, larghezza ala 42 cm, spessore anima 30 cm
- sezione di fine rastremazione, ad I, altezza 86 cm, larghezza ala 42 cm, spessore anima 12 cm
- sezione di mezzera, ad I, altezza 188 cm, larghezza ala 42 cm, spessore anima 12 cm

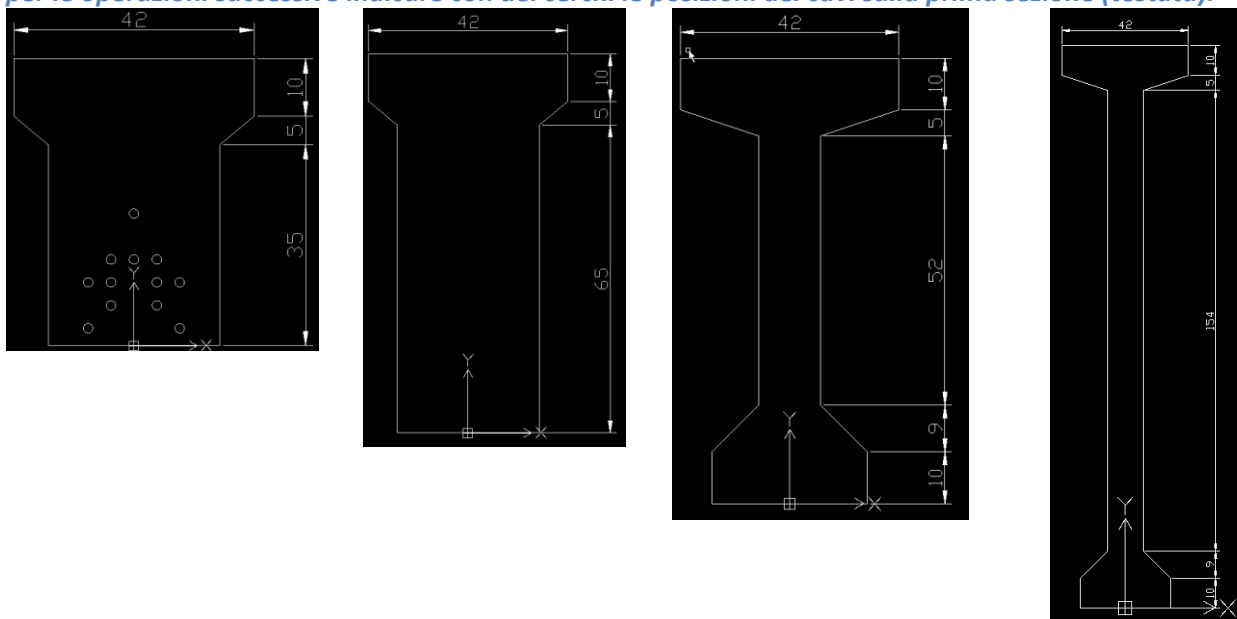


Queste sezioni possono essere definite come sezioni a "I" riempiendo i campi dell'apposito pannello, oppure importate da un disegno in formato DXF.

Per seguire questa seconda ipotesi, di solito più agevole in presenza di elaborati tecnici, occorre utilizzare l'icona "Importa sezioni da DXF". Eseguiamo quindi

le seguenti operazioni.

Prepariamo 4 file in formato "DXF" con le sezioni notevoli della trave, curando di posizionare il punto medio dell'intradosso nell'origine degli assi (per garantire l'allineamento della trave). Può essere comodo per le operazioni successive indicare con dei cerchi le posizioni dei cavi sulla prima sezione (testata).



Utilizziamo l'icona "Importa sezioni da DXF", per importare nell'ordine le 4 sezioni.

L'importazione ha generato le sezioni 2-3-4-5, selezioniamo quindi la sezione 1 (già presente nel database all'inizio dell'importazione) e premiamo il tasto "Elimina sezione", per rimuovere un elemento che non utilizzeremo e numerare i rimanenti nell'ordine 1-2-3-4.

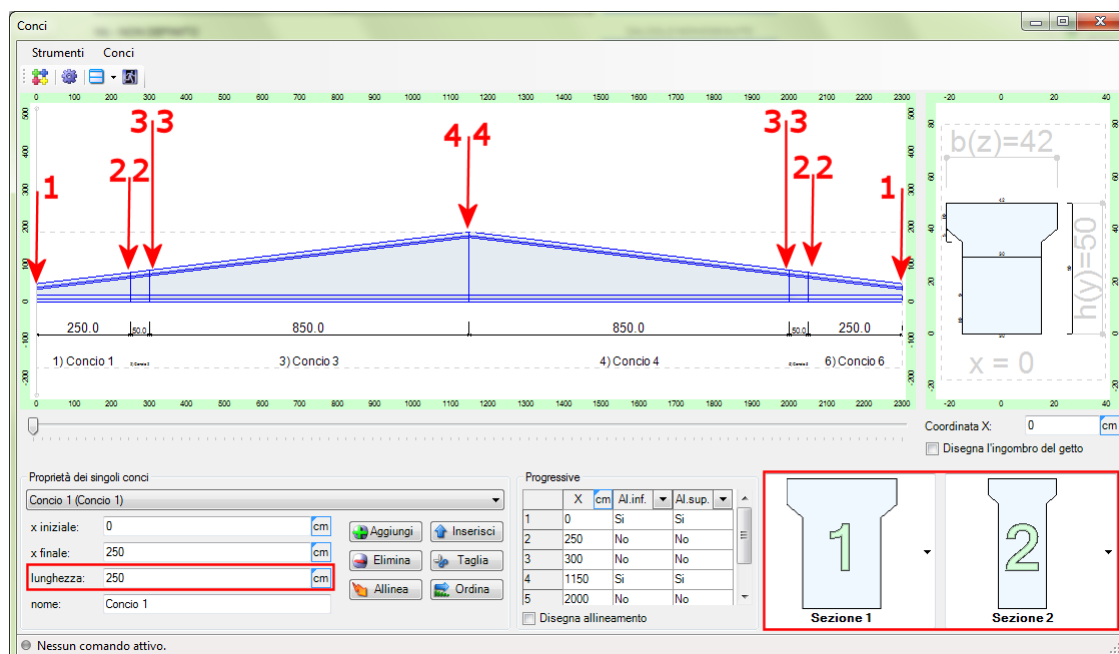
Le sezioni analizzate hanno forma ad I, ma sono state importate nella categoria "Poligonale", perché l'introduzione della geometria da formato "DXF" non è limitata ad una categoria specifica, ma si applica a qualunque contorno definito da una successione di segmenti (es: tegoli alari, a pi greco, ecc.). Due sezioni aventi la stessa forma, l'una nella categoria "I Simmetrica" e l'altra "Poligonale", sono del tutto equivalenti per il programma; per la sezione "Poligonale", però, l'utente è libero e responsabile di definire la larghezza dell'anima di riferimento per le verifiche a taglio b_w .

Il "corpo" della trave è definito da una successione di cilindri poligonali, le cui basi sono rappresentate da una coppia di sezioni. Le sezioni di ogni coppia, per poter definire una geometria regolare, devono avere lo stesso numero di vertici, ordinati in modo corrispondente.

- definiamo lo sviluppo longitudinale della trave;



Dal pannello principale di IS TraveCAP premiamo l'icona "Conci", si aprirà il relativo pannello di gestione dei dati.



Si può immaginare la trave suddivisa in "conci" (tratti, porzioni), ciascuno definito da una lunghezza, da una sezione iniziale e da una sezione finale. La geometria della sezione

trasversale lungo un concio è definita dall'interpolazione tra le due sezioni estreme.

La trave di esempio generata all'apertura del programma ha due concii, per il caso analizzato ne servono sei. Premiamo quindi 4 volte il tasto "Aggiungi" in basso a sinistra.

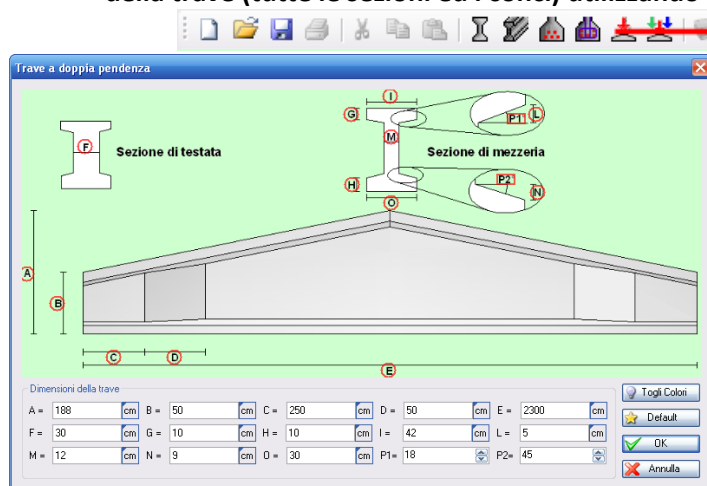
La casella poco più in alto ci permette di selezionare un concio alla volta. Selezioniamo il primo ed imponiamo "x iniziale" = 0 e "x finale" = 250. Selezioniamo il secondo ed imponiamo "lunghezza" = 50. Selezioniamo il terzo ed imponiamo "lunghezza" = 850. Selezioniamo il quarto ed imponiamo "lunghezza" = 850. Selezioniamo il quinto ed imponiamo "lunghezza" = 50. Selezioniamo il sesto ed imponiamo "lunghezza" = 250.

Dobbiamo ora assegnare la sezione iniziale e finale a ciascun concio. Selezioniamo il primo, ed impostiamo "sezione 1" e sezione "2" (testata – inizio rastremazione anima) nelle finestrelle in basso a destra. Selezioniamo poi il secondo concio, ed impostiamo "sezione 2" e sezione "3" (inizio – fine rastremazione). Selezioniamo il terzo concio, ed impostiamo "sezione 3" e sezione "4" (fine rastremazione – mezzera). Per i seguenti tre concii, ripetiamo la sequenza al contrario.

La sequenza delle sezioni definisce la geometria della trave. Ogni "concio" è un cilindro a base poligonale, il corpo della trave è composto dalla sequenza di queste entità geometriche. Per essere compatibili, le due

sezioni scelte come iniziale e finale di un concio devono avere lo stesso numero di vertici, nello stesso ordine (cioè, ad esempio, la numerazione dei vertici deve essere oraria ed iniziale dal vertice in alto a sinistra per entrambe le sezioni), altrimenti la geometria generata sarà irregolare (le facce laterali della trave sono create collegando i vertici corrispondenti delle due “basi” di ciascun concio). Tra le sezioni “adiacenti” tra conci (cioè la finale di un concio e l’iniziale di quello successivo), non è richiesta alcuna relazione, perciò in questi punti sono possibili variazioni brusche della geometria della trave.

- **in alternativa ai passi precedenti avremmo potuto definire le sezioni e lo sviluppo longitudinale della trave (tutte le sezioni ed i conci) utilizzando la procedura guidata;**



Dal pannello principale di IS TraveCAP premiamo l’icona “Creazione guidata trave a doppia pendenza”, si aprirà il relativo pannello di gestione dei dati.

Tutte le quote da inserire sono evidenziate nel disegno schematico della trave, è sufficiente premere le lettere sul disegno con il mouse per attivare l’introduzione dei dati nella corrispondente casella di testo. Mentre si digitano i dati, le caselle si colorano di giallo, per tenere traccia dei valori già inseriti.

Il tasto “Togli Colori”, elimina la colorazione

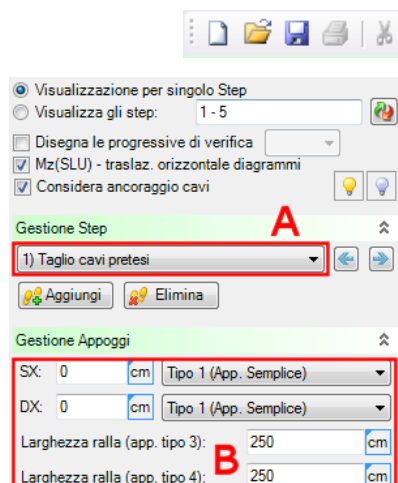
dalle celle utilizzate, per riportare il pannello alla situazione iniziale.

I valori da inserire per questo esempio sono mostrati nella figura superiore; una volta terminata l’introduzione dei dati, è sufficiente premere il tasto “OK”, la trave viene immediatamente “creata”.

La procedura guidata svolge istantaneamente una serie di operazioni, che possono essere eseguite una alla volta dall’utente, in modo indipendente, per ottenere lo stesso risultato:

1. suddividere la trave in conci, cioè definire la lunghezza della trave come somma di tratti elementari. Ciascun “concio” rappresenta uno di questi tratti, ha una sezione iniziale e finale, eventualmente diverse. All’interno di ciascun concio, la sezione varia linearmente tra quella iniziale e quella finale, con interpolazione lineare tra i vertici del contorno (questo permette la variazione lineare di altezza e/o di spessore dell’anima). Tra un concio e l’altro ci può essere invece una variazione puntuale e non continua di sezione (questo permette un passaggio “istantaneo” da una forma a T a una ad I, sezioni che hanno quindi un numero diverso di vertici).
2. creare le sezioni da porre all’inizio e alla fine di ciascun concio. Queste devono avere le dimensioni corrette per definire lo sviluppo reale della trave.

- **definiamo le fasi di progetto – verifica;**



Dal pannello principale di IS TraveCAP premiamo l’icona “Creazione guidata step”, il programma chiederà una conferma a cui dovremo rispondere affermativamente.

IS TraveCAP predispone 5 “step”, o fasi da verificare.

Nella casellina evidenziata con “A”, possiamo scegliere di volta in volta lo step da analizzare.

La zona evidenziata con la lettera “B” permette di definire lo schema statico per ciascuno dei 5 step.

1. Per lo step “1) Taglio cavi pretesi” impostiamo “SX” e “DX” a 0.
2. Per lo step “2) Stoccaggio” impostiamo “SX” e “DX” a 150 cm.

3. Per lo step "3) Trasporto", impostiamo "SX" e "DX" a 575 cm e attiviamo gli appoggi "Tipo 3 (Ralla)" e "Tipo 4 (Ralla)", entrambe con larghezza 250 cm.
4. Per lo step "4) In Opera a tempo determinato" impostiamo "SX" e "DX" a 175 cm.
5. Per lo step "5) In Opera a tempo infinito", impostiamo "SX" e "DX" a 175 cm.

IS TraveCAP permette all'utente di creare personalmente gli step di verifica, per personalizzare le "fasi di vita" della trave da verificare, ma normalmente si chiede al software di proporre gli step in automatico per poi eliminare quelli non necessari. Nel caso in cui fosse presente un getto di seconda fase, il software avrebbe proposto un numero maggiore di step, per considerare il getto inizialmente "fresco" come semplice carico ed in seguito collaborante.

- personalizziamo le caratteristiche dei materiali meccanici;



Dal pannello principale di IS TraveCAP premiamo l'icona "Materiali", si aprirà il relativo pannello di gestione dei dati.

La maggior parte dei parametri meccanici è funzione della classe del materiale, perciò l'inserimento dei

Normativa italiana secondo NTC 08

Ambiente: Aggressivo ☒ Parzializzazione CLS

CLS Trave

Classe: C40/50 γ_c 1.5

Rck 500 fck 415 fctm 35.96

fcd 235.17 fcm 495 fctk 25.17

ϵ_{c2} 0.2 ϵ_{cu} 0.35 fctd 16.78

☐ Usa modulo elastico utente. St ff 29.97

Eauto 355471.1 Eutente 300000

☐ Spessore minore di 5 cm

Tensioni in esercizio a regime:

S rara (0.6*fck) 249 S q.p. (0.45*fck) 186.75

Tensioni iniziali (al trasferimento degli sforzi di pretensione):

S (0.7*fck) 290.5

Fessurazione (S = trazioni CLS)

S freq (NO limite) --- Wld freq. (w1) 0.2 mm

S q.p. (decomp.) 0 Wld q.p. --- mm

S rare (NO limite) --- Sj rare (NO limite) ---

CLS Trave al taglio dei cavi

☒ Usa caratteristiche ridotte per questo step. % Rck 70

☐ Usa modulo elastico utente.

Eauto 325881.1 Eutente 300000

Tensioni iniziali (al trasferimento degli sforzi di pretensione):

S (0.7*fck) 203.35

Acciaio lento

Tipo: B450C

Es 2100000 fyk 4500

γ_s 1.15 k 1.15

ϵ_{yk} 0.186 \rightarrow fyd 3913

ϵ_{ud} 6.75 \rightarrow fud 4439.8

ϵ_{uk} 7.5 \rightarrow ftk 5175

ϵ_{uk} 3.5 \rightarrow ftd 4500

ϵ_{uk} 3.5 \rightarrow ftd 16173.9

☐ C omog. conv. n 15

Rara (0.8*fyk): σ_s 3600

Cavi da precompressione

Trefolo $f_p(1)k = f_{yk}$

Es 2000000 fyk 16700

γ_s 1.15 ☒ 2o tratto inclinato

ϵ_{yk} 0.726 \rightarrow fyd 14521.7

ϵ_{ud} 3.15 \rightarrow fud 15965.4

ϵ_{uk} 3.5 \rightarrow ftk 18600

ϵ_{uk} 3.5 \rightarrow ftd 16173.9

Tensioni in esercizio a regime:

Rara (0.8*fyk): σ_s 13360

Tensioni iniziali all'atto della testatura:

σ_{spi} 14880 senza sovrarresistenza

☐ Usa sovrarresistenza

0.05*fyk 835 sovrarresistenza

σ_{spi} 15715 con sovrarresistenza

Ancoraggio [EC2 8.10.2] ☒ Impostazioni automatiche

fbpt 53.7 lpt 47 lpt1 38 lpt2 57

fbpd 20.1 lbpd 75

CLS Getto integrativo

Classe: C25/30

Rck 300 E 314471.6

fck 249 fcd 141.1

fctk 17.91 fctd 11.94

Tensioni in esercizio:

S rara (0.6*fck) 149.4

S q.p. (0.45*fck) 112.05

Fessurazione - dati aggiuntivi

ξ 0.6 k1 1.6 k3 3.4

Molt. ϕ_c 0.66 k2 0.5 k4 0.425

RIFERIMENTI NORMATIVI:

N08 = D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" (default se non specificato)

C08 = Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008

EC2 = UNI EN 1992-1-1 (corretta 6 aprile 2006)

Unità di misura (se non specificate): cm; daN, daN/cm2; epsilon in %.

OK Annulla

dati si riduce alla scelta di quest'ultima.

Per ottenere un Rck di 450 daN/cm² in esercizio, scegliamo la classe C35/45. Per considerare una resistenza ridotta al taglio dei cavi (Rck di 350 daN/cm²), attiviamo l'opzione "Usa caratteristiche ridotte per questo step", ed inseriamo il

valore 70% (350 / 500 = 0.70).

L'armatura lenta è completamente definita dalla classe, perciò scegliamo B450C.

Per i cavi da precompressione, attiviamo la tipologia "Trefolo", ed inseriamo un f_{yk} di 16700 daN/cm² ed un f_{ptk} di 18600 daN/cm².

Questo pannello permette al progettista di definire, opzionalmente, alcuni valori in alternativa a quelli calcolati automaticamente secondo le formule di Normativa. In particolare, i moduli elastici possono essere definiti dall'utente, nel caso in cui fosse necessario approfondire alcuni aspetti riguardanti l'effettiva deformabilità della trave (ad esempio, la "monta" iniziale della trave).

Perdite

Come calcolarle: manuali distinte

ϵ_{cs} (%) 0.03 ϕ_{fl} 2.3

☐ Classe 2 (stabilizzato)

ρ 1000 C1: 8 C2: 2.5

$\Delta\sigma_{pr} / \sigma_{pi}$ 0.186

Riduzioni EC2:

Coeff. Riduz. 0.8 ☒ Interazione

	Rit.	Flu.	Ril.	Tot.	Aut.
1) Taglio	0	0	0	0	0
2) Stocc.	10	10	10	0	0
3) Trasp.	10	15	20	0	0
4) OpeDet	61	65	70	0	0
5) OpeInf	100	100	100	0	100

Un'intera sezione è dedicata al calcolo delle perdite (Rit. = ritiro, Flu. = fluage, Ril. = rilassamento). Normalmente il programma attiva la voce "automatiche" nel menu di scelta "Come calcolarle", opzione che prevede lo sviluppo del 100% delle perdite nella fase di verifica in esercizio a tempo infinito, mentre le esclude per

L'utente può personalizzare lo sviluppo delle perdite in modo completamente indipendente per ciascuno "step" (scegliendo la voce "manuali distinte" o "manuali indistinte" nel menu di scelta "Come calcolarle"). In questo caso l'evoluzione delle perdite va definita come un valore percentuale monotonamente crescente da 0% a 100 %. I parametri che permettono di calcolare i valori totali e finali delle perdite si trovano a fianco della tabella che ne descrive l'evoluzione, secondo le indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni (Cap. 11) e l'Eurocodice 2 (Capitolo 5.10).

-

L'utente è libero di aggiungere nuove condizioni e combinazioni, o di eliminare o personalizzare quelle proposte.

-

[illegible]

Si aprirà la finestra di dialogo "B": in "Condizione" selezioniamo "3) Permanenti", in "Intensità" scriviamo -

1470 daN/m e premiamo il tasto "OK. Il nuovo carico comparirà nella zona "A", dove potremmo eventualmente modificarne le caratteristiche.

Ripetiamo ora le stesse operazioni per inserire il carico variabile di 190 daN/m² (quindi 1330 daN/m), avendo l'accortezza di assegnarlo alla condizione n. 4.

IS TraveCAP raggruppa i carichi applicati in "condizioni di carico", cioè tipologie a cui corrisponde la categoria d'azione ed i relativi coefficienti di combinazione richiesti dalla Normativa. L'utente è libero di aggiungere o rimuovere "condizioni di carico", o di modificarne la categoria, prestando però attenzione al fatto che i "casi di carico" (= combinazioni delle condizioni), andranno rigenerati con procedura automatica oppure modificati manualmente, per tener conto delle nuove condizioni introdotte o dei differenti coefficienti di combinazione.

A ciascuna condizione di carico corrisponde uno "step" di attivazione ed eventualmente uno di rimozione, modificabili dall'utente e rappresentati in basso a sinistra della finestra del modulo di calcolo. Anche la modifica di questi valori richiede di controllare ed eventualmente aggiornare i "casi di carico".

- inseriamo i cavi di precompressione;



Dal pannello principale di IS TraveCAP premiamo l'icona "Cavi da precompressione", si aprirà il relativo pannello di gestione dei dati.

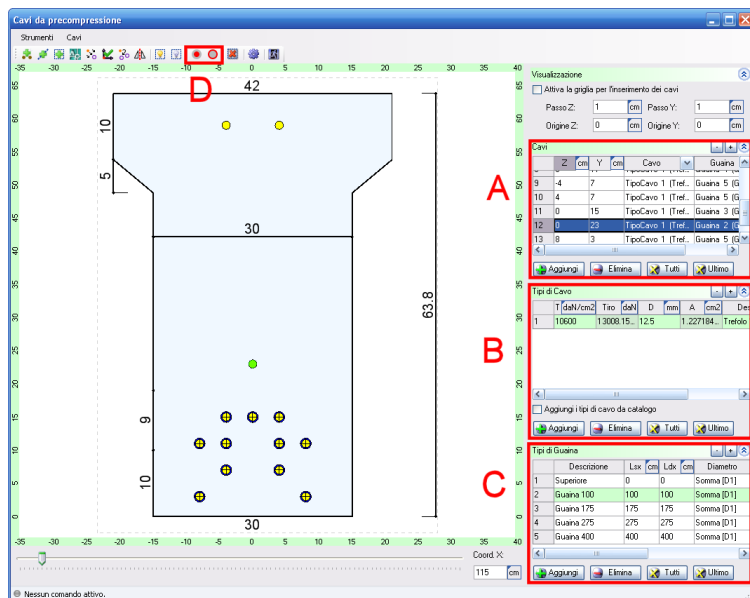
La finestra visualizzerà la sezione di testata priva di cavi. Questi saranno elencati nella zona "A", e definiti dall'associazione di una coordinata (x,y) ad un tipo di cavo ed un tipo di guaina.

Le coordinate possono essere inserite a mano, oppure più comodamente tramite importazione da file "DXF". Seguendo questa via, selezioniamo l'icona "Aggiungi cavi da file DXF", poi apriamo il file relativo alla sezione di testata. Tutti i cerchi presenti in questo file vengono interpretati come posizioni dei cavi, e le coordinate dei loro centri vengono aggiunte alla tabella nella zona "A".

Nella zona "B", creiamo un nuovo "tipo di cavo" che corrisponda a quello che vogliamo utilizzare.

Spuntiamo l'opzione "Aggiungi i tipi di cavo da catalogo", poi premiamo il tasto "Aggiungi"; nella finestra di dialogo che si apre evidenziamo il tipo cavo "1/2" (T13) normale e premiamo il tasto "OK". Il nuovo tipo di cavo sarà riportato nella tabella, quindi eliminiamo quello precedentemente presente che non sarà utilizzato nel progetto. All'unico tipo di cavo ora disponibile, assegniamo una tensione iniziale "T" di 10600 daN/cm²; queste caratteristiche verranno associate a tutte le posizioni – cavo presenti.

Nella zona "C", creiamo le tipologie di guaina che intendiamo associare ai cavi; aggiungiamo cinque nuove tipologie assegnando i seguenti valori:



n.	Descrizione	Lsx [cm]	Ldx [cm]	Diametro	D1 [cm]	Vsx [cm]	Vdx [cm]
1	Superiore	0	0	Somma (D1)	0.4	100	100
	Assegnata ai cavi superiori, che non sono inguainati (Lsx = Ldx = 0) ma si ancorano a 1 m dalla testata della trave (Vsx = Vdx = 100)						
2	Guaina 100	100	100	Somma (D1)	0.4	0	0
	Assegnata al livello più in alto dei cavi inferiori, inguainati per un metro (Lsx = Ldx = 100)						
3	Guaina 175	175	175	Somma (D1)	0.4	0	0

	Assegnata al secondo livello (dall'alto) dei cavi inferiori, inguainati per $L_{sx} = L_{dx} = 175$						
4	Guaina 275	275	275	Somma (D1)	0.4	0	0
	Assegnata al terzo livello (dall'alto) dei cavi inferiori, inguainati per $L_{sx} = L_{dx} = 275$						
5	Guaina 400	400	400	Somma (D1)	0.4	0	0
	Assegnata agli ultimi due livelli (dall'alto) dei cavi inferiori, inguainati per $L_{sx} = L_{dx} = 400$						

Le posizioni definite nella zona "A" possono essere accese o spente, secondo necessità. Le posizioni spente vengono mantenute in memoria, ma non sono considerate nei calcoli; corrispondono, in pratica, a posizioni non utilizzate nella testata di precompressione. Questa possibilità consente di attivare/disattivare velocemente dei cavi e ripetere le verifiche durante le fasi di progettazione.

A ciascuna posizione definita nella zona "A", possiamo associare un "tipo di cavo" (definito in "B") e un "tipo di guaina" (definito in "C").

Al "tipo di cavo" è associato, oltre che il diametro, anche il valore della tensione iniziale.

Il programma propone diverse tipologie di definizione del diametro della guaina:

	Descrizione	L_{sx} cm	L_{dx} cm	Diametro	D1 cm	D2	D3 cm	V_{sx} cm	V_{dx} cm
1	Guaina in gomma	100	100	Somma [D1]			1.52	0	0

Trascurato
 Somma [D1]
 Coefficiente [D2]
 Assegnato [D3]

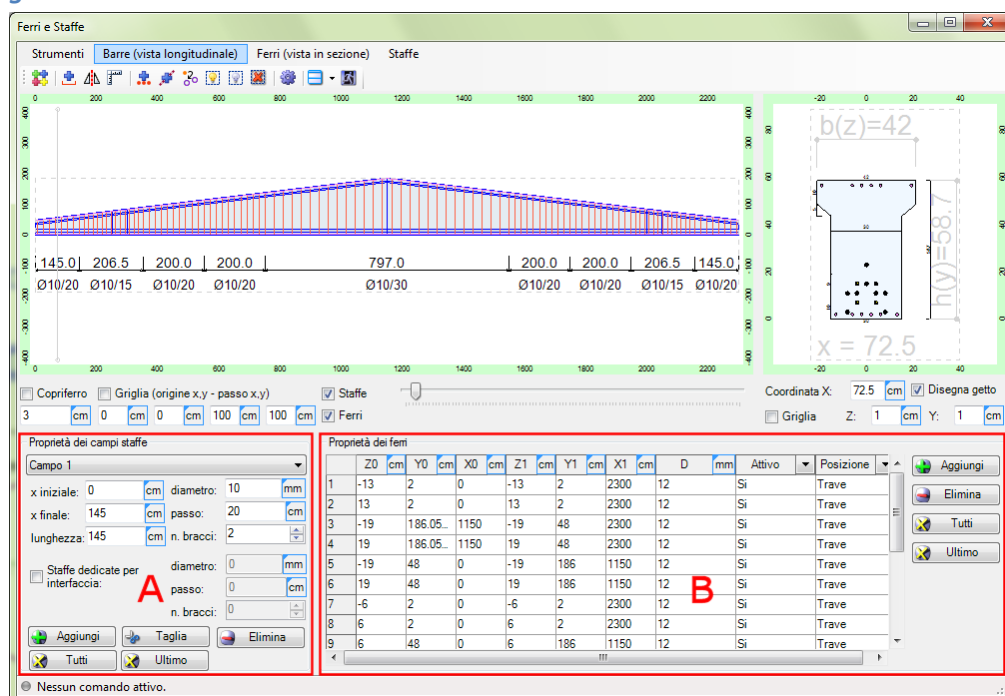
- *Trascurato*: lo spessore è estremamente ridotto, quindi trascurabile ai fini del calcolo;
- *Somma [D1]*: si somma un valore D1, definito dall'utente, al diametro del cavo;
- *Coefficiente [D2]*: l'utente indica un coefficiente moltiplicatore D2 che si applica al diametro del cavo;
- *Assegnato [D3]*: si inserisce già il valore finale D3, ossia il valore che verrà utilizzato nelle verifiche.

Per assegnare un tipo di guaina o un tipo di cavo ad un punto, è possibile modificare direttamente i dati della tabella nella zona "A", oppure si possono utilizzare i comandi nella zona "D", che permettono di assegnare il tipo cavo attualmente selezionato in "B" e/o il tipo guaina attualmente selezionato in "C" ai cavi presenti all'interno di una finestra di selezione definita con il mouse.

- **inseriamo l'armatura lenta;**

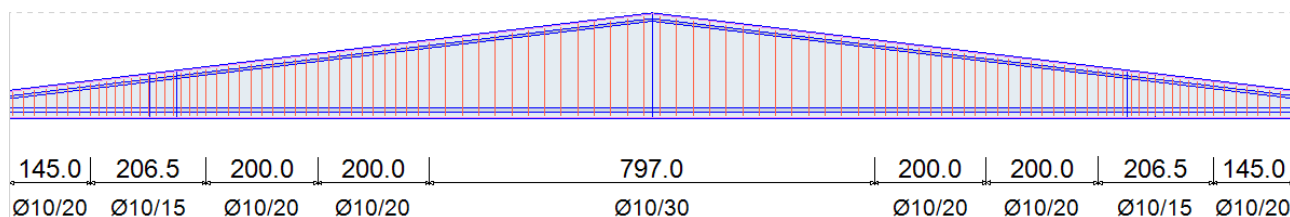


Dal pannello principale di IS TraveCAP premiamo l'icona "Ferri e staffe", si aprirà il relativo pannello di gestione dei dati.

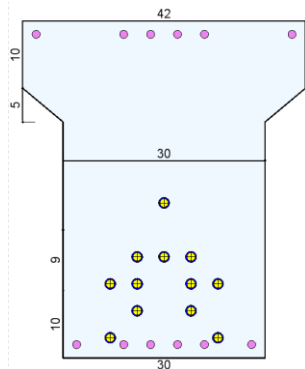


Nella zona "A", definiamo l'armatura a taglio. Questa in pratica può essere costituita da staffe o in alternativa da una rete, in ogni caso al software occorrono i dati richiesti dalle verifiche di normativa, ovvero diametro, passo e numero di bracci. Selezioniamo un "campo staffe" alla

volta, e modifichiamo le coordinate fino ad ottenere la configurazione rappresentata nella figura sottostante:



Assegniamo ai campi definiti il diametro e i passi rappresentati, tutti con 2 bracci tranne i campi 2-3-7-8 a cui corrispondono 4 bracci.



Nella zona "B", definiamo l'armatura longitudinale.

Utilizzando il comando "Barre (vista longitudinale)" → "Aggiungi per strisce", inseriamo 6 ferri Ø 12 in corrispondenza dell'estradosso e altrettanti ferri in corrispondenza dell'intradosso.

Per inserire i punti di inizio e di fine delle barre con precisione, si può inserire il valore del copriferro che determinerà i punti notevoli, selezionabili col mouse direttamente sul disegno, mentre si esegue il comando di inserimento. Si otterrà infine la situazione rappresentata nella figura a lato, in cui, oltre ai cavi (disegnati in giallo con la guaina di colore blu), sono sovrapposte le barre di armatura lenta, colorate in rosa.

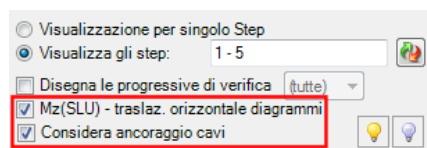
Nella zona "A", oltre ai dati relativi all'armatura a taglio, è possibile definire i dati delle staffe e/o pioli che operano la connessione della trave con un eventuale getto di completamento di seconda fase.

- effettuiamo il calcolo;



Dal pannello principale di IS TraveCAP premiamo l'icona "Esegui calcolo", l'elaborazione durerà qualche istante, poi i risultati saranno rappresentati sullo schermo.

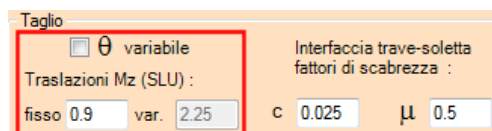
Le sollecitazioni agenti e le resistenze dipendono, oltre che dai materiali, dai carichi e dalla loro combinazione, da alcune impostazioni di calcolo.



Nel pannello laterale destro di IS TraveCAP, si trovano due opzioni che hanno influenza sul valore delle sollecitazioni agenti.

"Mz (SLU) – traslaz. orizzontale diagrammi" attiva o disattiva la richiesta di allungamento delle armature longitudinali, dimensionate in base alle sollecitazioni flessionali, per interazione con la verifica a

taglio con meccanismo a traliccio (per elementi con armature trasversali resistenti al taglio). Questa richiesta viene soddisfatta traslando il diagramma di momento agente, la cui forma non è più rappresentata da un semplice diagramma curvilineo ma da un involucro. L'entità della traslazione dipende, oltre che dall'altezza utile e dall'inclinazione delle staffe, dall'inclinazione θ delle bielle compresse di calcestruzzo. I parametri che permettono di personalizzare questi valori si trovano nel pannello dei materiali (accessibile dalla barra delle icone della finestra principale), nel riquadro intitolato "Taglio".

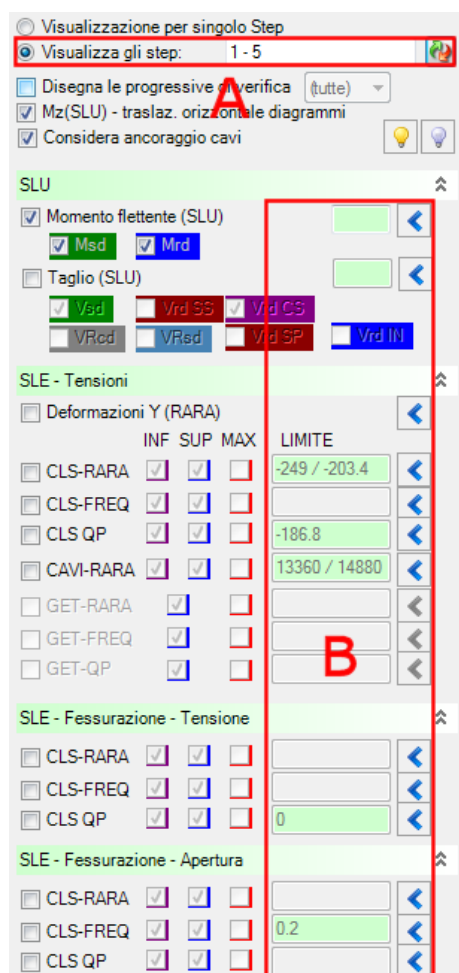


La voce "Considera ancoraggio cavi" nel pannello laterale destro di IS TraveCAP, permette di scegliere se considerare l'evoluzione della tensione nell'armatura di precompressione in funzione della distanza dall'estremità (zona di ancoraggio dei cavi). Se questa opzione è spenta, i cavi sono considerati perfettamente ancorati e reagenti fin dalla loro estremità, viceversa viene presa in conto la lunghezza di ancoraggio necessaria per sviluppare un certo valore di trazione (secondo le indicazioni dell'Eurocodice 2 punto 8.10.2). L'effetto pratico è di ottenere dei diagrammi di momento resistente "smussati", che non


presentano salti improvvisi di resistenza alle coordinate di introduzione dei cavi (in corrispondenza della testata o del tratto finale delle guaine). I parametri che permettono di personalizzare questi valori si trovano nel pannello dei materiali (accessibile dalla barra delle icone della finestra principale), nel riquadro intitolato “Cavi da precompressione” al capitolo “Ancoraggio”.

- attiviamo la modalità di visualizzazione “analisi delle verifiche”;

Dal pannello laterale di IS TraveCAP attiviamo l’opzione “Visualizza gli step 1 – 5” evidenziata dalla lettera “A” nella figura.



Questa visualizzazione rappresenta il disegno nella finestra principale in ordine di verifica invece che di step.

Appena attivata l’opzione, verranno mostrati a schermo i diagrammi di tutte le verifiche eseguite in tutti gli step, generando una quantità di informazioni difficilmente gestibile da parte dell’utente. Occorre procedere “una verifica alla volta”: agendo sui tasti con la freccia di colore blu () , raggruppati nella zona “B”, verranno attivati e rappresentati a schermo soltanto i diagrammi corrispondenti, per tutti gli step.

IS TraveCAP dispone di due modalità di visualizzazione dei dati: ordinamento “per step” e ordinamento “per verifica”.

L’ordinamento “per step” mostra la configurazione statica, e tutti i risultati (cioè tutte le verifiche), di un solo step alla volta, e si rivela generalmente utile durante l’inserimento dei dati.

L’ordinamento “per verifica”, al contrario, permette di raggruppare e rappresentare contemporaneamente i diagrammi di tutti gli “step” relativi a una singola verifica. Questa visualizzazione è utile per il progetto della trave, successivamente all’inserimento della maggior parte dei dati geometrici fissi o di prima approssimazione (luce della trave, sezioni, posizioni dei cavi, armatura lenta, fasi, carichi).


L’utente può concentrarsi su una verifica alla volta (per esempio, pressoflessione a SLU, poi taglio a SLU, poi tensione nei cavi in esercizio, ecc.), controllando che questa sia superata per tutti gli step (“fasi di vita”) della trave. Se una verifica non è superata, è possibile operare un piccolo aggiustamento nei dati (ad esempio, aumentare la staffatura, attivare nuovi cavi e/o modificarne la

tensione iniziale, ecc.) e controllare immediatamente gli effetti sulla verifica che si sta analizzando, senza essere distratti dai particolari che riguardano le rimanenti.

Nella zona “B” sono presenti delle caselline, che nella figura sono tutte colorate in verde. Il colore di queste caselle (verde o rosso) indica immediatamente se una verifica è superata per tutti gli step.

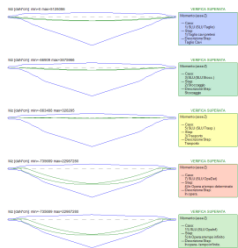
- analizziamo i risultati della verifica a pressoflessione;



Dal pannello laterale di IS TraveCAP, premiamo il tasto  rappresentato nell’immagine soprastante, la grafica principale di IS TraveCAP si aggiorna per rappresentare solo i diagrammi relativi a questa verifica, per tutti gli step.

La verifica a pressoflessione è rappresentata da un diagramma di sollecitazione agente (verde scuro) e da due diagrammi di sollecitazione resistente (blu – momento resistente positivo e momento resistente negativo).

La verifica è superata se i diagrammi del momento resistente (blu) racchiudono quello agente (verde scuro). Nel caso in cui la sollecitazione superi la resistenza, il tratto corrispondente è rappresentato in colore rosso.



In grafica è presente un diagramma per ciascuno step di verifica, alla cui destra è rappresentato un riquadro con informazioni testuali che evidenziano esplicitamente se questa è superata oppure no.

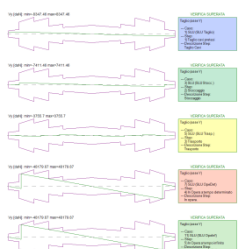
Il diagramma di momento agente può essere rappresentato da una sola linea oppure da un “involuppo”: questo è generato dalla traslazione del diagramma di momento per considerare l’interazione col taglio (si vedano le opzioni legate all’inclinazione θ delle bielle compresse all’interno del pannello dei materiali).

- analizziamo i risultati della verifica a taglio;



Dal pannello laterale di IS TraveCAP, premiamo il tasto  rappresentato nell’immagine soprastante.

La grafica principale di IS TraveCAP si aggiorna per rappresentare solo i diagrammi relativi a questa verifica, per tutti gli step.



La verifica a taglio è rappresentata da un diagramma di sollecitazione agente (verde scuro) e dai diagrammi delle componenti della sollecitazione resistente (Vrd SS, Vrd CS, ecc. in vari colori); la verifica è superata se il diagramma del taglio resistente racchiude quello agente.

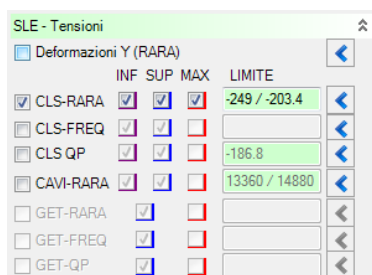
In grafica è presente un diagramma per ciascuno step di verifica, alla cui destra è rappresentato un riquadro con informazioni testuali che evidenziano esplicitamente se questa è superata oppure no.


I diagrammi di taglio resistente visualizzabili in TraveCAP sono molti:

- Vrd SS: taglio resistenze “senza staffe”, è la resistenza degli elementi privi di armature trasversali resistenti a taglio, nelle zone fessurate da momento flettente. Se il taglio agente è inferiore a questo valore, la staffatura è teoricamente superflua.
- Vrd SP: taglio resistenze “senza staffe per elementi precompressi”, è la resistenza degli elementi privi di armature trasversali resistenti a taglio, nelle zone non fessurate da momento flettente.
- Vrd CS: taglio resistenze “con staffe”, è la resistenza degli elementi dotati di armature trasversali resistenti a taglio. Questo valore è pari al minore tra resistenza di calcolo a “taglio compressione” e resistenza di calcolo a “taglio trazione”.
 - VRcd: resistenza di calcolo a “taglio compressione”.
 - VRsd: resistenza di calcolo a “taglio trazione”.
- Vrd IN: verifica a taglio di interfaccia: riguarda la verifica a scorrimento all’interfaccia tra la trave ed il getto di completamento di seconda fase (non presente in questo esempio).

Se il taglio agente Vsd è minore di Vrd SS o di Vrd SP (solo dove quest’ultimo è definito – non ammette fessurazione), la trave è verificata e le staffe eventualmente presenti sono considerate superflue. Se questa verifica non è superata, allora Vsd deve essere minore di Vrd CS (pari a sua volta al minore tra VRcd e VRsd), oppure la trave sarà giudicata carente nei riguardi della sollecitazione di taglio.

- analizziamo i risultati della verifiche tensionali;



Dal pannello laterale di IS TraveCAP, premiamo il tasto  rappresentato nell'immagine soprastante, in corrispondenza della combinazione CLS – RARA. Successivamente richiediamo anche i diagrammi riguardanti le massime tensioni nel cls e nei cavi (CLS-FREQ e CAVI-RARA).

La grafica principale di IS TraveCAP si aggiorna per rappresentare solo i diagrammi relativi a queste verifiche, per tutti gli step.




In questo caso, alcune verifiche saranno attive soltanto in parte degli step analizzati, perché necessarie (per normativa) soltanto in alcune fasi di vita della trave (ad esempio soltanto in esercizio e non nella fase iniziale o di stoccaggio/trasporto).

La verifica delle tensioni massime (nel calcestruzzo come nei cavi) è rappresentata da due diagrammi di tensione agente (blu e viola), relativo l'uno al lembo superiore e l'altro al lembo inferiore della trave, che devono essere ovunque inferiori a un valore massimo ammissibile (rappresentato da una linea di colore rosso).

In grafica è presente un diagramma per ciascuno step di verifica, alla cui destra è rappresentato un riquadro con informazioni testuali che evidenziano esplicitamente se questa è superata oppure no.

- analizziamo i risultati della verifica a fessurazione;

Dal pannello laterale di IS TraveCAP, premiamo il tasto  rappresentato nell'immagine soprastante, in corrispondenza della combinazione CLS –QP nel riquadro “Tensione”. Successivamente richiediamo anche i diagrammi riguardanti la massima apertura delle fessure nel cls (CLS-FREQ) nel riquadro “Apertura”. La grafica principale di IS TraveCAP si aggiorna per rappresentare solo i diagrammi relativi a queste verifiche, per tutti gli step.

Anche in questo caso, le verifiche saranno attive soltanto in parte degli step analizzati, perché necessarie (per normativa) soltanto in alcune fasi di vita della trave.

La verifica di apertura delle fessure nel calcestruzzo è generalmente controllata con due procedure distinte ma complementari: controllo del valore massimo di trazione nel cls, e controllo del massimo valore di apertura delle fessure.

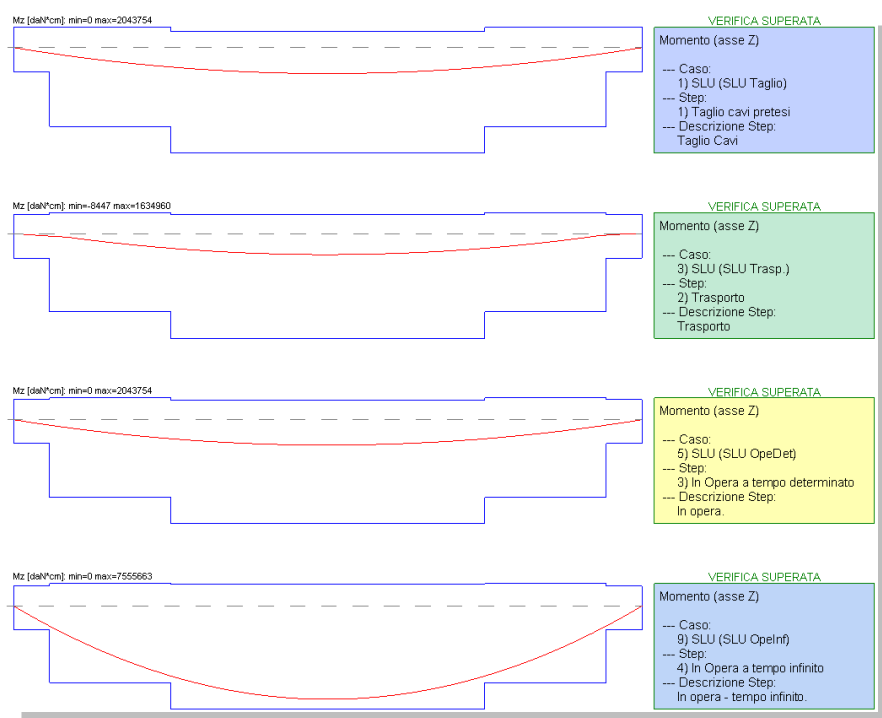
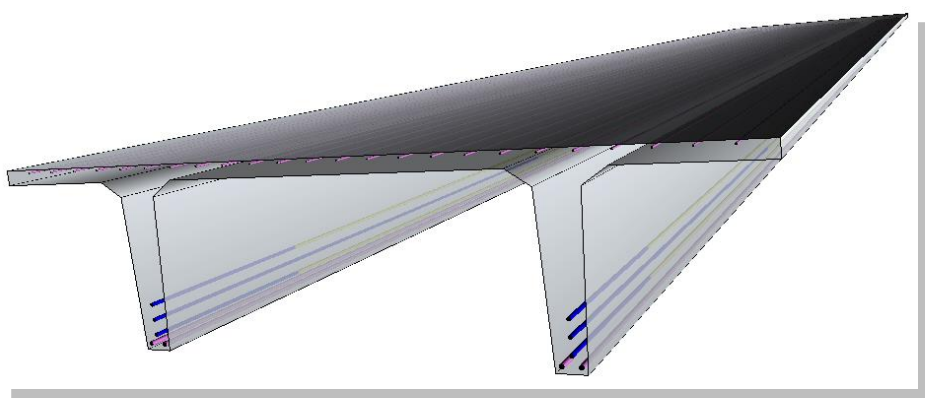
La richiesta specifica dipende dalle condizioni ambientali in cui opera la trave: per un ambiente ordinario è tollerata una modesta apertura delle fessure, per uno molto aggressivo non si deve raggiungere la resistenza a trazione del cls (o addirittura la decompressione dello stesso). Questi parametri si controllano dal pannello dei materiali (accessibile dalla barra delle icone della finestra principale), nel riquadro intitolato “Fessurazione” e nella casella di controllo situata nella parte alta del pannello.

Le verifiche sono rappresentate da due diagrammi di tensione o apertura calcolata (blu e viola), relativo l'uno al lembo superiore e l'altro al lembo inferiore della trave, che devono essere ovunque inferiori ad un valore massimo

ammissibile.

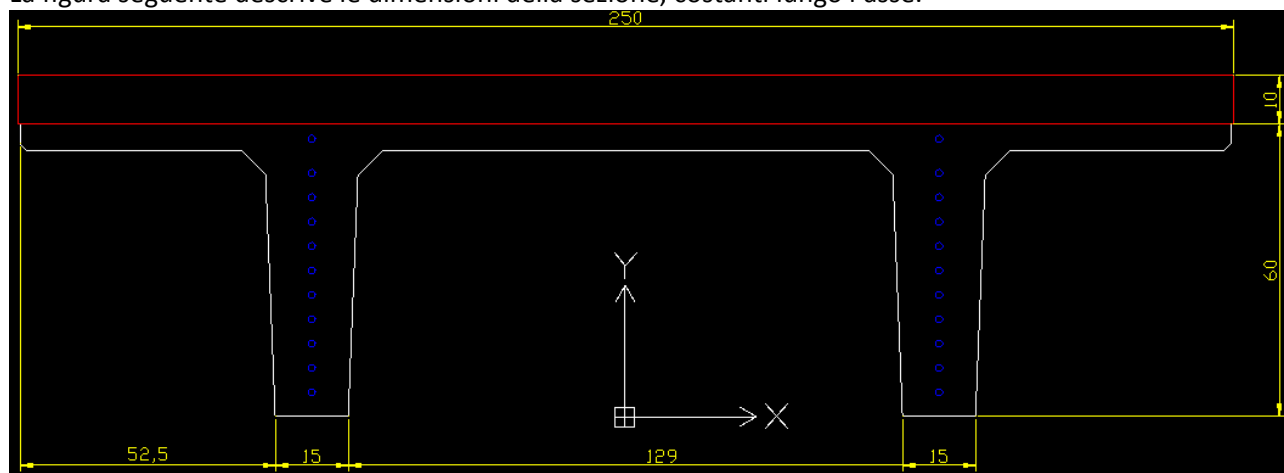
In grafica è presente un diagramma per ciascuno step di verifica, alla cui destra è rappresentato un riquadro con informazioni testuali che evidenziano esplicitamente se questa è superata oppure no.

Calcolo e progetto di travi in C.A.P. isostatiche secondo N.T.C. 2008 ed Eurocodici

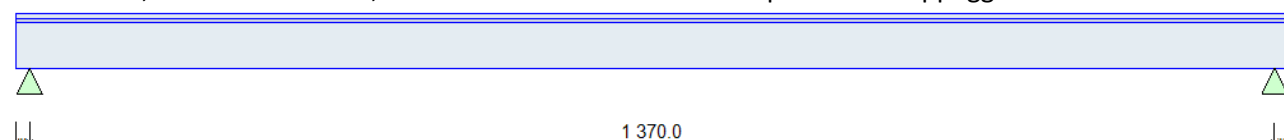


Nel seguito si progetterà un tegolo a pi-greco (o “tegolo TT”), utilizzato per la realizzazione di una copertura piana su una luce considerevole. Il tegolo è costituito da due gambe (“nervature”) che ospitano l'armatura di precompressione e l'armatura lenta, e da una soletta armata di spessore 5 cm e larghezza 2.5 m. In opera si realizzerà un getto integrativo, reso solidale all'elemento tramite staffe fuoriuscenti dalle nervature.

La figura seguente descrive le dimensioni della sezione, costanti lungo l'asse.



In esercizio, la luce è di 13.7 m, con schema statico di trave semplicemente appoggiata.



Caratteristiche del CLS:

R_{ck} allo scasso (tegolo)	300 [daN/cm ²]
R_{ck} a 28 giorni (tegolo)	450 [daN/cm ²]
R_{ck} getto di seconda fase	300 [daN/cm ²]
γ_c	1.5

Caratteristiche dell'armatura lenta:

tipo	B450C
f_{yk}	4500 [daN/cm ²]
γ_s	1.15

Caratteristiche dei trefoli:

trefoli 7 fili da 6/10 di pollice, diametro nominale 13.2 [mm]

$f_{p(1)k}$	16700 [daN/cm ²]
f_{ptk}	18600 [daN/cm ²]
γ_s	1.15
tesatura iniziale	14000 [daN/cm ²]

Ipotesi di carico:

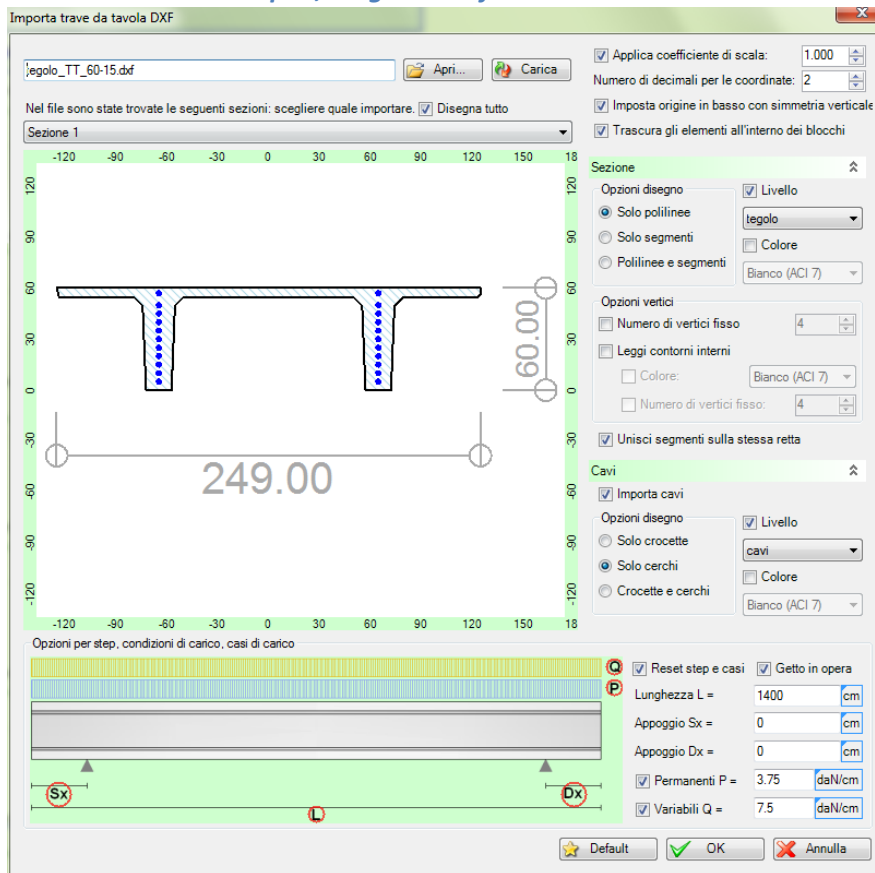
carichi permanenti:	-150 [daN/m ²]
carichi variabili (neve):	-300 [daN/m ²]

- definiamo la sezione trasversale e lo sviluppo longitudinale della trave;



Dal pannello principale di IS TraveCAP premiamo l'icona "Creazione guidata trave importata da tavola DXF", si aprirà il relativo pannello di gestione dei dati.

Utilizzando il tasto "Apri", scegliamo il file "DXF" contenente la sezione e la posizione dei cavi.



Impostiamo le opzioni nella parte destra: per la Sezione, scegliamo di selezionare soltanto figure chiuse realizzate con polilinee, che si trovano sul livello "tegolo"; per i Cavi, selezioniamo soltanto i cerchi che si trovano sul livello "cavi". Premiamo il tasto "Carica" nella parte alta del pannello, l'anteprima viene aggiornata mostrandoci la configurazione proposta.

Nella parte inferiore del pannello, attiviamo la spunta "Getto" in opera, e prevediamo un carico permanente $P = 3.75 \text{ daN/cm}$ e un variabile $Q = 7.5 \text{ daN/cm}$.

Premiamo infine il tasto "OK" in basso a sinistra, il programma rappresenterà a schermo la geometria appena definita.

Il pannello di importazione ha molte opzioni oltre a quelle sfruttate in questo esempio. Non è necessario disegnare gli elementi geometrici su dei livelli specifici, è possibile filtrare anche per colore. Nel caso fossero riconosciute più sezioni nel disegno, è sempre possibile indicare quale importare.

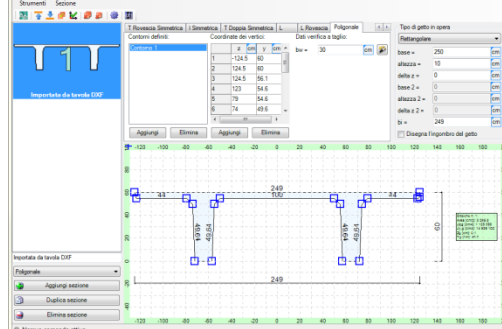
I carichi indicati sono i valori precedentemente elencati (150 e 300 daN/m^2) moltiplicati per la larghezza di competenza del travetto, pari a 2.5 [m] . Il programma ha creato le condizioni necessarie a rappresentarli ed inserito i relativi carichi elementari, ma sarà necessaria qualche piccola modifica.

Oltre ai dati geometrici e ai carichi, sono state definite anche le fasi di vita della trave (stoccaggio, trasporto, messa in opera), che potremo in seguito personalizzare.

- controlliamo le sezioni trasversali che compongono la trave;



Dal pannello principale di IS TraveCAP premiamo l'icona "Sezioni", si aprirà il relativo pannello di gestione dei dati.



In questo caso la sezione è stata importata da un file DXF.

Il getto in opera, invece, è stato inserito con valori predefiniti, perché il pannello di importazione non ne chiede le misure.

Nel riquadro "Tipo di getto in opera", in alto a destra, scegliamo la forma Rettangolare, con base di 250 cm e altezza di 10 cm .

La sezione della trave è definita in modo inequivocabile dalle coordinate copiate dal file DXF. La larghezza dell'anima

resistenza a taglio, invece, è dedotta misurando lo “spessore” totale di sezione intersecato da una serie di rette orizzontali, e memorizzando il valore minore. Questa operazione potrebbe portare a risultati non corretti per sezioni dalla forma particolare, perciò l’utente può modificare direttamente questo dato. Oltre ai dati geometrici ed ai carichi, sono stati definite anche le fasi di vita della trave (stoccaggio, trasporto, messa in opera), che potremo in seguito personalizzare.

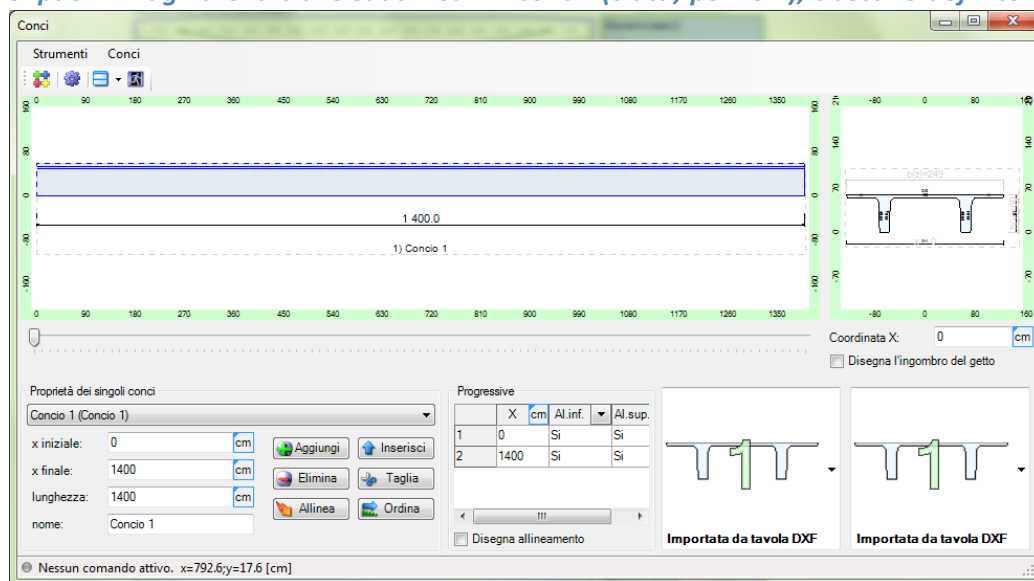
La forma del getto di completamento definisce sia il peso che l’area collaborante strutturalmente.

- controlliamo lo sviluppo longitudinale della trave;



Dal pannello principale di IS TraveCAP premiamo l'icona “Conci”, si aprirà il relativo pannello di gestione dei dati.

Si può immaginare la trave suddivisa in “conci” (tratti, porzioni), ciascuno definito da una lunghezza, da



una sezione iniziale e da una finale.

In questo caso la trave è a sezione costante, perciò non

sono necessarie operazioni

ulteriori rispetto a quelle già completate dalla procedura automatica.

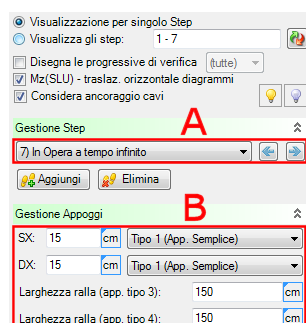
La procedura guidata svolge istantaneamente

una serie di operazioni, che possono essere eseguite una alla volta dall’utente, in modo indipendente, per ottenere lo stesso risultato:

1. suddividere la trave in conci, cioè definire la lunghezza della trave come somma di tratti elementari. Ciascun “concio” rappresenta uno di questi tratti, ha una sezione iniziale e finale, eventualmente diverse. All’interno di ciascun concio, la sezione varia linearmente tra quella iniziale e quella finale, con interpolazione lineare tra i vertici del contorno (questo permette la variazione lineare di altezza e/o di spessore dell’anima). Tra un concio e l’altro ci può essere invece una variazione puntuale e non continua di sezione (questo permette un passaggio “istantaneo” da una forma a T a una ad I, sezioni che hanno quindi un numero diverso di vertici).

2. creare le sezioni da porre all’inizio e alla fine di ciascun concio. Queste devono avere le dimensioni corrette per definire lo sviluppo reale della trave.

- controlliamo le fasi di progetto – verifica;



La procedura guidata ha già predisposto 7 “step”, o fasi di vita della trave, da verificare.

La gestione degli step è situata nel pannello destro, in alto. Nella casellina evidenziata con “A”, possiamo scegliere di volta in volta lo step da analizzare. I dati dello step selezionato saranno rappresentati a schermo.

La zona evidenziata con la lettera “B” permette di definire lo schema statico per ciascuno dei 7 step.

6. Per lo step “1) Taglio cavi pretesi” impostiamo “SX” e “DX” a 0.

7. Per lo step “2) Stoccaggio” impostiamo “SX” e “DX” a 100 cm.

8. Per lo step "3) Trasporto", impostiamo "SX" e "DX" a 200 cm e attiviamo gli appoggi "Tipo 3 (Ralla)" e "Tipo 4 (Ralla)", entrambe con larghezza 150 cm.
9. Per lo step "4) In Opera prima del getto" impostiamo "SX" e "DX" a 15 cm.
10. Per lo step "5) In Opera con getto fresco" impostiamo "SX" e "DX" a 15 cm.
11. Per lo step "5) In Opera a tempo determinato" impostiamo "SX" e "DX" a 15 cm.
12. Per lo step "5) In Opera a tempo infinito", impostiamo "SX" e "DX" a 15 cm.

IS TraveCAP permette all'utente di creare personalmente gli step di verifica, per personalizzare le "fasi di vita" della trave da verificare, ma normalmente si chiede al software di proporre gli step in automatico per poi eliminare quelli non necessari. Nel caso analizzato in questo esempio, la presenza di un getto di completamento di seconda fase, impone di considerare un numero maggiore di step, per considerare il getto inizialmente "fresco" come semplice carico ed in seguito collaborante.

- personalizziamo le caratteristiche dei materiali meccanici;



Dal pannello principale di IS TraveCAP premiamo l'icona "Materiali", si aprirà il relativo pannello di gestione dei dati.

La maggior parte dei parametri meccanici è funzione della classe del materiale, perciò l'inserimento dei

dati si riduce alla scelta di quest'ultima.

Per ottenere un R_{ck} di 450 daN/cm^2 in esercizio, scegliamo la classe C35/45. Per considerare una resistenza ridotta al taglio dei cavi (R_{ck} di 300 daN/cm^2), attiviamo l'opzione "Usa caratteristiche ridotte per questo step", ed inseriamo il valore 66.667%

Normativa italiana secondo NTC 08

Ambiente: Aggressiva ☒ Parzializzazione CLS

CLS Trave

Classe: C35/45 $\gamma_c: 1.5$

R_{ck} 450 f_{ck} 373.5 f_{ctm} 33.52

f_{cd} 211.65 f_{cm} 453.5 f_{ctd} 23.46

ϵ_{c2} 0.2 ϵ_{cu} 0.35 f_{ctd} 15.64

σ_{st} 27.93

☐ Usa modulo elastico utente.

Eauto 346254.9 Eutente 300000

☐ Spessore minore di 5 cm

Tensioni in esercizio a regime:

S rara (0.6% f_{ck}) 224.1 S q.p. (0.45% f_{ck}) 168.08

Tensioni iniziali (al trasferimento degli sforzi di pretensione):

S (0.7% f_{ck}) 261.45

Fessurazione (S = trazioni CLS)

S freq (NO limite) --- W/d freq. (w_1) 0.2 mm

S q.p. (decomp.) 0 W/d q.p. --- mm

S rare (NO limite) --- S j rare (NO limite) ---

CLS Trave al taglio dei cavi

☒ Usa caratteristiche ridotte per questo step. % R_{ck} 66.667

☐ Usa modulo elastico utente.

Eauto 314472 Eutente 300000

Tensioni iniziali (al trasferimento degli sforzi di pretensione):

S (0.7% f_{ck}) 174.3

Acciaio lento

Tipo: B450C

E_s 2100000 f_{yk} 4500

γ_s 1.15 k 1.15

ϵ_{ys} 0.186 $\rightarrow f_{yd}$ 3913

ϵ_{ud} 6.75 $\rightarrow f_{ud}$ 4439.8

ϵ_{uk} 7.5 $\rightarrow f_{tk}$ 5175

ϵ_{uk} 7.5 $\rightarrow f_{td}$ 4500

☐ C. omog. conv. n 15

Rara (0.8% f_{yk}) : σ_s 3600

Cavi da precompressione

Trefolo $f_{p(1)k} = f_{yk}$

E_s 2000000 f_{yk} 16700

γ_s 1.15 ☒ 2o tratto inclinato

ϵ_{ys} 0.726 $\rightarrow f_{yd}$ 14521.7

ϵ_{ud} 3.15 $\rightarrow f_{ud}$ 15965.4

ϵ_{uk} 3.5 $\rightarrow f_{tk}$ 18600

ϵ_{uk} 3.5 $\rightarrow f_{td}$ 16173.9

Tensioni in esercizio a regime:

Rara (0.8% f_{yk}) : σ_s 13360

Tensioni iniziali all'atto della tesatura:

σ_{spi} 14880 senza sovrarresistenza

☐ Usa sovrarresistenza

0.05% f_{yk} 835 sovrarresistenza

σ_{spi} 15715 con sovrarresistenza

Ancoraggio [EC2 8.10.2]:

☒ Impostazioni automatiche

fbpt 50.1 lpt 51 lpt1 41 lpt2 61

fbpd 18.8 lbpd 80

CLS Getto integrativo

Classe: C25/30

R_{ck} 300 E 314471.6

f_{ck} 249 f_{cd} 141.1

f_{ctk} 17.91 f_{ctd} 11.94

Tensioni in esercizio:

S rara (0.6% f_{ck}) 149.4

S q.p. (0.45% f_{ck}) 112.05

Fessurazione - dati aggiuntivi

ξ 0.6 k_1 1.6 k_3 3.4

Molt. ϕ_c 0.66 k_2 0.5 k_4 0.425

RIFERIMENTI NORMATIVI:

N08 = D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" (default se non specificato)

C08 = Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008

EC2 = UNI EN 1992-1-1 (corretta 6 aprile 2006)

Unità di misura (se non specificate): cm; daN; daN/cm²; epsilon in %.

Perdite

Come calcolarle: manuali distinte

ϵ_{cs} (%) 0.03 ϕ_{fl} 2.3

☐ Classe 2 (stabilizzato)

ρ 1000 C_{I1} 8 C_{I2} 2.5

$\Delta\sigma_{pr} / \sigma_{pi}$ 0.186

Riduzioni EC2:

Coeff. Riduz. 0.8 ☒ Interazione

	Rit.	Flu.	Ril.	Tot.	Aut.
1) Taglio	0	0	0	0	0
2) Stocc.	10	10	10	0	0
3) Trasp.	10	15	20	0	0
4) OpeDet	61	65	70	0	0
5) OpeInf	100	100	100	0	100

Taglio ☒ θ variabile

Traslazioni M_z (SLU):

fisso 0.9 var. 2.25 c 0.2 u 0.6

Interfaccia trave-soletta fattori di scabrezza:

c_{sup} 4.5 c_{inf} 4.5

Coprimfi assi

OK Annulla

(300 / 340 = 2 / 3 = 0.66667).

L'armatura lenta è completamente definita dalla classe, perciò scegliamo B450C.

Per i cavi da precompressione, attiviamo la tipologia "Trefolo", ed inseriamo un f_{yk} di 16700 daN/cm^2 ed un f_{ptk} di 18600 daN/cm^2 .

Questo pannello permette al progettista di definire, opzionalmente, alcuni valori in alternativa a quelli calcolati automaticamente secondo le formule di Normativa. In particolare, i moduli elastici possono essere definiti dall'utente, nel caso in cui fosse necessario approfondire alcuni aspetti riguardanti l'effettiva deformabilità della trave (ad esempio, la "monta" iniziale della trave).

Perdite

Come calcolarle: manuali distinte

ϵ_{cs} (%) 0.03 ϕ_{fl} 2.3

☐ Classe 2 (stabilizzato)

ρ 1000 C_{I1} 8 C_{I2} 2.5

$\Delta\sigma_{pr} / \sigma_{pi}$ 0.186

Riduzioni EC2:

Coeff. Riduz. 0.8 ☒ Interazione

	Rit.	Flu.	Ril.	Tot.	Aut.
1) Taglio	0	0	0	0	0
2) Stocc.	10	10	10	0	0
3) Trasp.	10	15	20	0	0
4) OpeDet	61	65	70	0	0
5) OpeInf	100	100	100	0	100

Un'intera sezione è dedicata al calcolo delle perdite (Rit. = ritiro, Flu. = fluage, Ril. = rilassamento). Normalmente il programma attiva la voce "automatiche" nel menu di scelta "Come calcolarle", opzione che prevede lo sviluppo del

L'utente può personalizzare lo sviluppo delle perdite in modo completamente indipendente per ciascuno "step" (scegliendo la voce "manuali distinte" o "manuali indistinte" nel menu di scelta "Come calcolarle"). In questo caso l'evoluzione delle perdite va definita come un valore percentuale monotonamente crescente da 0% a 100 %. I parametri che permettono di calcolare i valori totali e finali delle perdite si trovano a fianco della tabella che ne descrive l'evoluzione, secondo le indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni (Cap. 11) e l'Eurocodice 2 (Capitolo 5.10).

-

Condizioni di carico

Strumenti Carichi

Dy [mm]: min=0.00 max=19.25

1) Deformazioni Impresse
- descrizione: Def. Impresse
- step di calcolo: 1
- nessun carico applicato
- rv y.x: min=0, max=0
- rv dx: min=0, max=0

2) Peso proprio Trave
- descrizione: pp Trave
- step di calcolo: 1
- numero carichi: 1
- carico verticale totale: -11420.39 [daN]
- rv dx: min = -5715.1935, max = -5715.1935
- rv dy: min = -5715.1935, max = -5715.1935

Mz [daN*cm]: min=0 max=1999935

Vy [daN]: min=-5715.19 max=5715.19

Dy [mm]: min=-9.49 max=0.00

1) Taglio 2) Stocc. 3) Trasp. 4) NoGett 5) GettFr 6) OpeDet 7) Opelnf

1) Deformazioni Impresse

2) Peso proprio Trave

3) Peso proprio Getto Integrativo

4) Permanenti

5) Neve sopra i 1000 m

x=-854.7,y=-50.3 [cm]

Visualizzazione

1) Taglio cavi pretesi

☐ Progressive ☐ Vincoli ☒ Solo presenti

Condizioni di carico

	Tipo	Step 1	Step 2	Descrizione	N
1	DefImp	1	Infinito	Def. Impresse	0
2	PPTrave	1	Infinito	PP Trave	1
3	PPGetto	5	Infinito	PP Soletta	1
4	Perman.	6	Infinito	Permanenti	1
5	NevSup.	6	Infinito	Variabili	1

Carichi Concentrati

Carichi Distribuiti

	Q	daN/cm	Descrizione	Cond.	I
1	-3.75		Permanente	4) Perman.	1
2	-7.5		Variable	5) NevSup.	2

Carichi Trapezzi

Coppie Concentrate

La procedura guidata ha già predisposto i dati secondo le nostre indicazioni. Nella zona B sono già stati aggiunti i carichi, il numero "1" assegnato alla condizione "Permanenti" (condizione n° 4) ed il numero "2" alla condizione "Variabili" (condizione n°5).

Le deformazioni impresse, dovute alla pretensione, e i pesi propri degli elementi strutturali sono automaticamente gestiti dal programma (nelle condizioni 1, 2 e 3, che non vanno modificate).

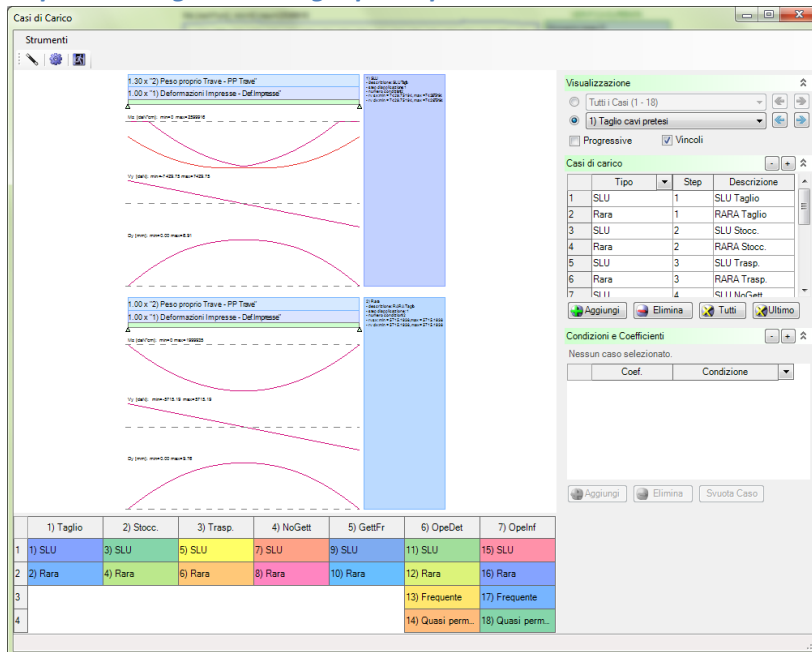
A ciascuna condizione di carico corrisponde uno "step" di attivazione ed eventualmente uno di rimozione, modificabili dall'utente e rappresentati in basso a sinistra della finestra del modulo di calcolo. Anche la modifica di questi valori richiede di controllare ed eventualmente aggiornare i "casi di carico".

- definiamo i casi di carico;



Dal pannello principale di IS TraveCAP premiamo l'icona "Casi di carico", si aprirà il relativo pannello di gestione dei dati.

La procedura guidata ha già predisposto i casi di carico strettamente necessari per le verifiche.



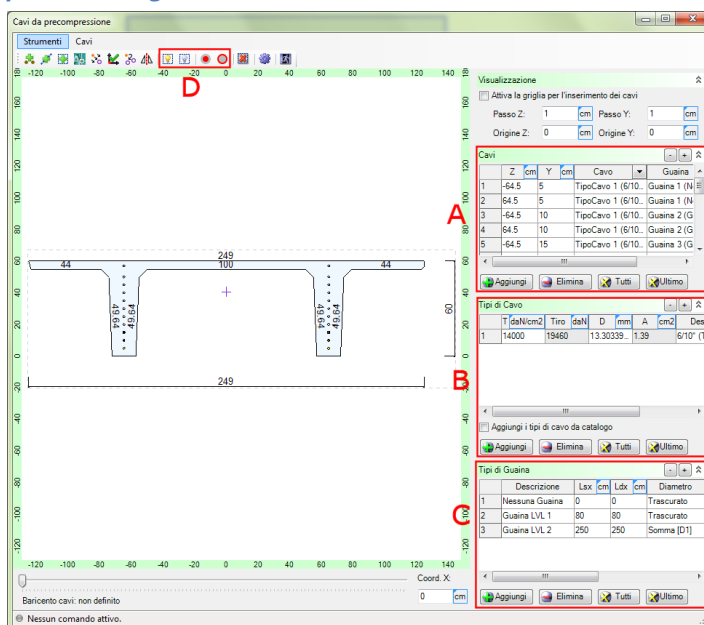
Ciascun caso di carico rappresenta una combinazione delle condizioni di carico (= azioni) presenti in nella corrispondente fase di vita della trave (= step).

Nella finestra sono rappresentati i casi presenti in ciascuno step, è possibile selezionarli individualmente per analizzare quale coefficienti di combinazione utilizzano, ed eventualmente modificarli. E' altresì possibile aggiungere o eliminare dei casi, ma per l'esempio trattato non occorrono modifiche.

- inseriamo i cavi da precompressione;



Dal pannello principale di IS TraveCAP premiamo l'icona "Cavi da precompressione", si aprirà il relativo pannello di gestione dei dati.



La finestra visualizzerà la sezione di testata completa di cavi (sono stati importati dal file DXF utilizzato dalla procedura guidata). Questi sono elencati nella zona "A", e definiti dall'associazione di una coordinata (x,y) ad un tipo di cavo ed un tipo di guaina. Le coordinate sono state importare, mentre i tipi di cavo (zona "B") ed i tipi di guaina (zona "A") devono ancora essere definiti.

Nella zona "B", creiamo un nuovo "tipo di cavo" che corrisponda a quello che vogliamo utilizzare. Spuntiamo l'opzione "Aggiungi i tipi di cavo da catalogo", poi premiamo il tasto "Aggiungi"; nella finestra di dialogo che si apre evidenziamo il tipo cavo "6/10" (T15) normale e premiamo il tasto "OK". Il nuovo tipo di cavo sarà riportato nella tabella, quindi eliminiamo quello

precedentemente presente che non sarà utilizzato nel progetto. All'unico tipo di cavo ora disponibile, assegniamo una tensione iniziale "T" di 14000 daN/cm²; queste caratteristiche verranno associate a tutte le posizioni – cavo presenti ed elencate nella zona "A".

Nella zona "C", creiamo le tipologie di guaina che intendiamo associare ai cavi; aggiungiamo tre nuove tipologie assegnando i seguenti valori:

n.	Descrizione	Lsx [cm]	Ldx [cm]	Diametro
1	Nessuna Guaina	0	0	Trascurato
	Assegnata ai cavi in basso ($y = 5$ cm)			
2	Guaina LVL 1	80	80	Trascurato
	Assegnata ai cavi al livello 1 ($y = 10$ cm)			
3	Guaina LVL 2	175	175	Trascurato
	Assegnata ai cavi al livello 2 ($y = 15$ cm)			

Eliminiamo il tipo di guaina precedentemente presente perché non sarà utilizzata nel progetto

Assegniamo i tipi di guaina ai cavi dei livelli indicati con il comando “Assegna tipo guaina” nella zona “D”. Disattiviamo tutti i livelli i cavi, tranne i primi tre con il comando “Disattiva cavi” nella zona “D”, selezionando le posizioni dei cavi col mouse, a questo punto i cavi compariranno colorati di grigio.

Per tutte le tipologie di guaina, abbiamo scelto “Diametro” di tipo “Trascurato”, poiché lo spessore è estremamente ridotto, quindi aumenta il diametro del cavo in modo trascurabile ai fini del calcolo. Oltre alla tipologia di diametro “Trascurato” il programma propone altre possibilità:

- *Somma [D1]: si somma un valore D1, definito dall'utente, al diametro del cavo;*
- *Coefficiente [D2]: l'utente indica un coefficiente moltiplicatore D2 che si applica al diametro del cavo;*
- *Assegnato [D3]: si inserisce già il valore finale D3, ossia il valore che verrà utilizzato nelle verifiche.*

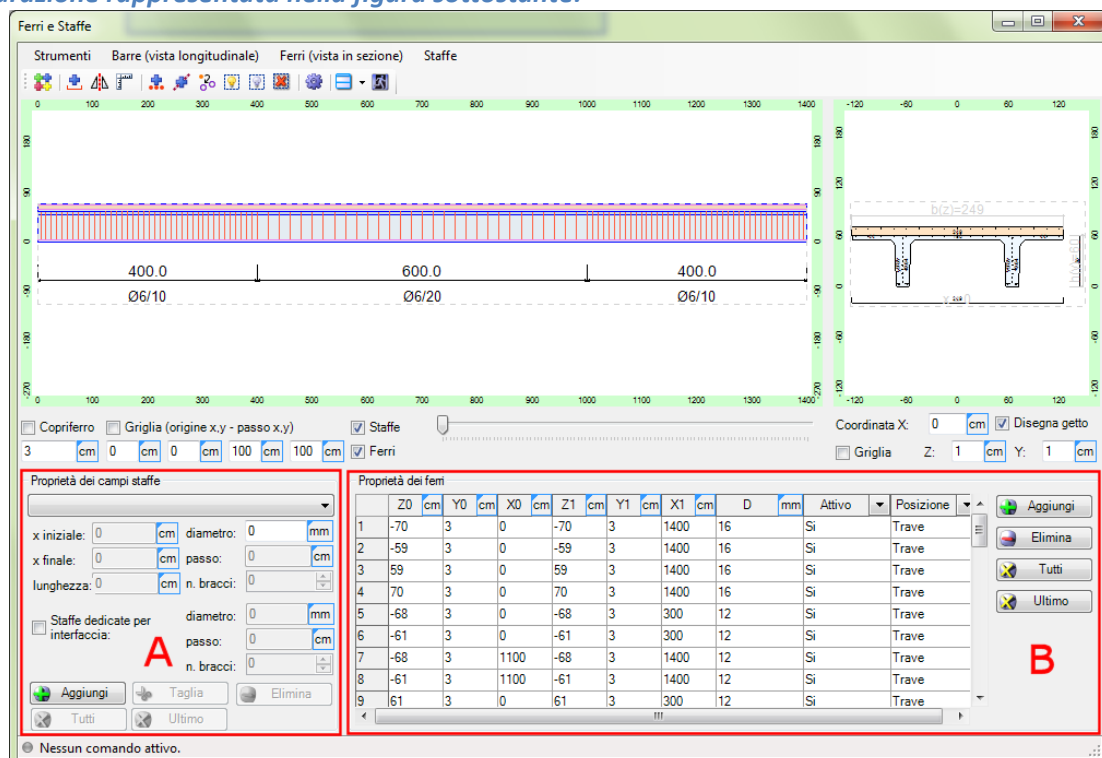
- **inseriamo l'armatura lenta;**



Dal pannello principale di IS TraveCAP premiamo l'icona “Ferri e staffe”, si aprirà il relativo pannello di gestione dei dati.

Nella zona “A”, definiamo l'armatura a taglio. Questa in pratica può essere costituita da staffe o in alternativa da una rete, in ogni caso al software occorrono i dati richiesti dalle verifiche di normativa, ovvero diametro, passo e numero di bracci.

Selezioniamo un “campo staffe” alla volta, e modifichiamo le coordinate fino ad ottenere la configurazione rappresentata nella figura sottostante:



Assegniamo ai campi definiti il diametro e i passi rappresentati, tutti con 2 bracci.

Nella zona “B”, definiamo l’armatura longitudinale.

Utilizzando il comando “Barre (vista longitudinale)” → “Aggiungi per strisce”, inseriamo 2 ferri \varnothing 16 in corrispondenza dell’intradosso, per ciascuna gamba, correnti per l’intera lunghezza della trave. Con lo stesso comando, ancora all’intradosso di gamba, inseriamo poi 2 ferri \varnothing 12 in corrispondenza dell’intradosso, lunghi 3 metri a partire da ciascuna estremità (in tutto 8 ferri, 4 per ciascun estremo della trave).

Per definire la rete \varnothing 12 passo 15 presente all’estradosso e nel getto di seconda fase, utilizziamo il comando “Barre (vista longitudinale)” → “Aggiungi per strisce”, inserendo 17 ferri \varnothing 6 a partire da coordinata $z = -120$ cm fino a $z = +120$ cm. Questa operazione va eseguita due volte, la prima all’estradosso della trave, la seconda nel getto di completamento. Quest’ultimo gruppo di ferri, nella zona “B”, va assegnato alla “Posizione” chiamata “Soletta”.

Per inserire i punti di inizio e di fine delle barre con precisione, si può inserire il valore del copriferro che determinerà i punti notevoli, selezionabili col mouse direttamente sul disegno, mentre si esegue il comando di inserimento. Si otterrà infine la situazione rappresentata nella figura a lato, in cui, oltre ai cavi (disegnati in giallo con la guaina di colore blu), sono sovrapposte le barre di armatura lenta, colorate in rosa.

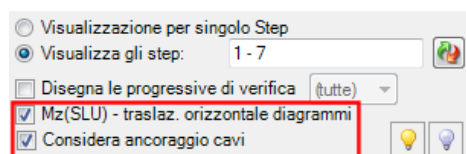
Nella zona “A”, oltre ai dati relativi all’armatura a taglio, è possibile definire i dati delle staffe e/o pioli che operano la connessione della trave con il getto di completamento di seconda fase. Se l’opzione “Staffe dedicate per interfaccia” è spenta, il programma considera che le stesse staffe utilizzate per la verifica a taglio fuoriescano dall’estradosso della trave ed operino quindi la connessione col getto integrativo. Se l’opzione “Staffe dedicate per interfaccia” è attiva, l’utente definisce le caratteristiche dei mezzi di connessione col getto, mentre le staffe definite per il taglio non danno alcun contributo.

- **effettuiamo il calcolo;**



Dal pannello principale di IS TraveCAP premiamo l’icona “Esegui calcolo”, l’elaborazione durerà qualche istante, poi i risultati saranno rappresentati sullo schermo.

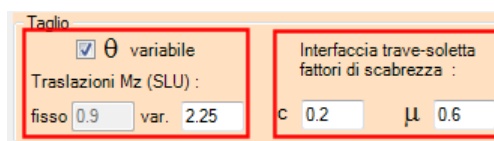
Le sollecitazioni agenti e le resistenze dipendono, oltre che dai materiali, dai carichi e dalla loro combinazione, da alcune impostazioni di calcolo.



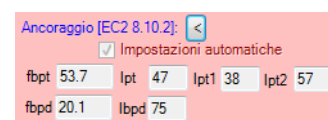
Nel pannello laterale destro di IS TraveCAP, si trovano due opzioni che hanno influenza sul valore delle sollecitazioni agenti.

“Mz (SLU) – traslaz. orizzontale diagrammi” attiva o disattiva la richiesta di allungamento delle armature longitudinali, dimensionate in base alle sollecitazioni flessionali, per interazione

con la verifica a taglio con meccanismo a traliccio (per elementi con armature trasversali resistenti al taglio). Questa richiesta viene soddisfatta traslando il diagramma di momento agente, la cui forma non è più rappresentata da un semplice diagramma curvilineo ma da un inviluppo. L’entità della traslazione dipende, oltre che dall’altezza utile e dall’inclinazione delle staffe, dall’inclinazione θ delle bielle compresse di calcestruzzo. I parametri che permettono di personalizzare questi valori si trovano nel pannello dei materiali (accessibile dalla barra delle icone della finestra principale), nel riquadro intitolato “Taglio”. La verifica a scorrimento tra getto di seconda fase e rave di completamento è espressa nei termini di un taglio agente. La relativa resistenza è valutata in accordo con l’Eurocodice 2 (al punto 6.2.5), in funzione dei parametri c e μ , che per l’esempio trattato sono stati impostati ai valori suggeriti per superficie liscia.



La voce “Considera ancoraggio cavi” nel pannello laterale destro di IS TraveCAP, permette di scegliere se considerare l’evoluzione della tensione nell’armatura di precompressione in funzione della distanza dall’estremità (zona di ancoraggio dei cavi). Se questa opzione è spenta, i cavi sono considerati perfettamente ancorati e reagenti fin dalla loro estremità, viceversa viene presa in conto la lunghezza di ancoraggio necessaria per sviluppare un certo valore di trazione (secondo le indicazioni dell’Eurocodice 2 punto 8.10.2). L’effetto pratico è di ottenere dei diagrammi di momento resistente “smussati”, che non presentano salti improvvisi di resistenza alle coordinate di introduzione dei cavi (in corrispondenza della testata o del tratto finale delle guaine). I parametri che permettono di personalizzare

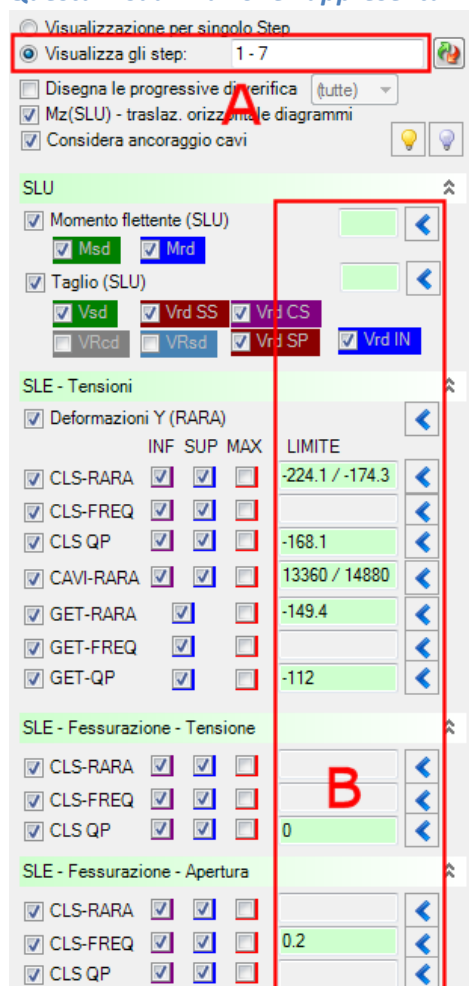


questi valori si trovano nel pannello dei materiali (accessibile dalla barra delle icone della finestra principale), nel riquadro intitolato “Cavi da precompressione” al capitolo “Ancoraggio”.

- attiviamo la modalità di visualizzazione “analisi delle verifiche”;

Dal pannello laterale di IS TraveCAP attiviamo l’opzione “Visualizza gli step 1 – 7” evidenziata dalla lettera “A” nella figura.

Questa visualizzazione rappresenta il disegno nella finestra principale in ordine di verifica invece che di step.



Appena attivata l’opzione, verranno mostrati a schermo i diagrammi di tutte le verifiche eseguite in tutti gli step, generando una quantità di informazioni difficilmente gestibile da parte dell’utente. Occorre procedere “una verifica alla volta”: agendo sui tasti con la freccia di colore blu (←), raggruppati nella zona “B”, verranno attivati e rappresentati a schermo soltanto i diagrammi corrispondenti, per tutti gli step.

IS TraveCAP dispone di due modalità di visualizzazione dei dati: ordinamento “per step” e ordinamento “per verifica”.

L’ordinamento “per step” mostra la configurazione statica, e tutti i risultati (cioè tutte le verifiche), di un solo step alla volta, e si rivela generalmente utile durante l’inserimento dei dati.

L’ordinamento “per verifica”, al contrario, permette di raggruppare e rappresentare contemporaneamente i diagrammi di tutti gli “step” relativi a una singola verifica. Questa visualizzazione è utile per il progetto della trave, successivamente all’inserimento della maggior parte dei dati geometrici fissi o di prima approssimazione (luce della trave, sezioni, posizioni dei cavi, armatura lenta, fasi, carichi).

L’utente può concentrarsi su una verifica alla volta (per esempio, pressoflessione a SLU, poi taglio a SLU, poi tensione nei cavi in esercizio, ecc.), controllando che questa sia superata per tutti gli step (“fasi di vita”) della trave. Se una verifica non è superata, è possibile operare un piccolo aggiustamento nei dati (ad esempio, aumentare la staffatura, attivare nuovi cavi e/o modificarne la tensione iniziale, ecc.) e controllare immediatamente gli effetti

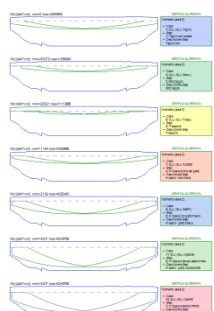
sulla verifica che si sta analizzando, senza essere distratti dai particolari che riguardano le rimanenti.

Nella zona “B” sono presenti delle caselline, che nella figura sono tutte colorate in verde. Il colore di queste caselle (verde o rosso) indica immediatamente se una verifica è superata per tutti gli step.

- analizziamo i risultati della verifica a pressoflessione;



Dal pannello laterale di IS TraveCAP, premiamo il tasto ← rappresentato nell’immagine soprastante, la grafica principale di IS TraveCAP si aggiorna per rappresentare solo i diagrammi relativi a questa verifica, per tutti gli step.



La verifica a pressoflessione è rappresentata da un diagramma di sollecitazione agente (verde scuro) e da due diagrammi di sollecitazione resistente (blu – momento resistente positivo e momento resistente negativo).

La verifica è superata se i diagrammi del momento resistente (blu) racchiudono quello agente (verde scuro). Nel caso in cui la sollecitazione superi la resistenza, il tratto corrispondente è rappresentato in colore rosso.

In grafica è presente un diagramma per ciascuno step di verifica, alla cui destra è rappresentato un riquadro con informazioni testuali che evidenziano esplicitamente se questa è superata oppure no.

Il diagramma di momento agente può essere rappresentato da una sola linea oppure da un “involuppo”: questo è generato dalla traslazione del diagramma di momento per considerare l’interazione col taglio (si vedano le opzioni legate all’inclinazione θ delle bielle compresse all’interno del pannello dei materiali).

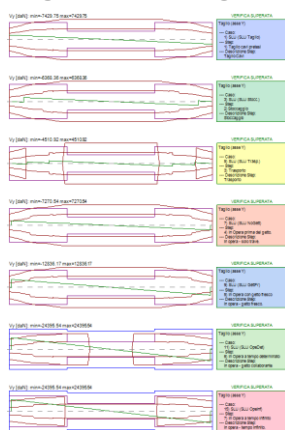
- **analizziamo i risultati della verifica a taglio;**



Dal pannello laterale di IS TraveCAP, premiamo il tasto  rappresentato nell’immagine soprastante.

La grafica principale di IS TraveCAP si aggiorna per rappresentare solo i diagrammi relativi a questa verifica, per tutti gli step.

La verifica a taglio è rappresentata da un diagramma di sollecitazione agente (verde scuro) e dai diagrammi delle componenti della sollecitazione resistente (Vrd SS, Vrd CS, ecc. in vari colori); la verifica è superata se il diagramma del taglio resistente racchiude quello agente.



In grafica è presente un diagramma per ciascuno step di verifica, alla cui destra è rappresentato un riquadro con informazioni testuali che evidenziano esplicitamente se questa è superata oppure no.

I diagrammi di taglio resistente visualizzabili in TraveCAP sono molti:


- Vrd SS: taglio resistenze “senza staffe”, è la resistenza degli elementi privi di armature trasversali resistenti a taglio, nelle zone fessurate da momento flettente. Se il taglio agente è inferiore a questo valore, la staffatura è teoricamente superflua.
- Vrd SP: taglio resistenze “senza staffe per elementi precompressi”, è la resistenza degli elementi privi di armature trasversali resistenti a taglio, nelle zone non fessurate da momento flettente.
- Vrd CS: taglio resistenze “con staffe”, è la resistenza degli elementi dotati di armature trasversali resistenti a taglio. Questo valore è pari al minore tra resistenza di calcolo a “taglio compressione” e resistenza di calcolo a “taglio trazione”.
 - VRcd: resistenza di calcolo a “taglio compressione”.
 - VRsd: resistenza di calcolo a “taglio trazione”.
- Vrd IN: verifica a taglio di interfaccia: riguarda la verifica a scorrimento all’interfaccia tra la trave ed il getto di completamento di seconda fase.

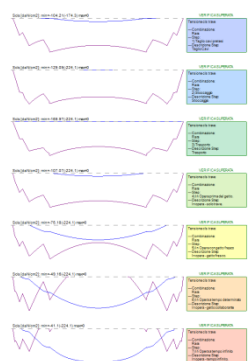
Se il taglio agente Vsd è minore di Vrd SS o di Vrd SP (solo dove quest’ultimo è definito – non ammette fessurazione), la trave è verificata e le staffe eventualmente presenti sono considerate superflue. Se questa verifica non è superata, allora Vsd deve essere minore di Vrd CS (pari a sua volta al minore tra VRcd e VRsd), oppure la trave sarà giudicata carente nei riguardi della sollecitazione di taglio.

La verifica a scorrimento è invece stabilita da confronto diretto tra il taglio agente Vsd e la resistenza a scorrimento dell’interfaccia trave – soletta Vrd IN.

- **analizziamo i risultati della verifiche tensionali;**

SLE - Tensioni					
<input type="checkbox"/>	Deformazioni Y (RARA)				
	INF	SUP	MAX	LIMITE	
<input checked="" type="checkbox"/>	CLS-RARA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-224.1 / -174.3	<input type="button" value="←"/>
<input type="checkbox"/>	CLS-FREQ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="button" value="←"/>
<input type="checkbox"/>	CLS-QP	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-168.1	<input type="button" value="←"/>
<input type="checkbox"/>	CAVI-RARA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	13360 / 14880	<input type="button" value="←"/>
<input type="checkbox"/>	GET-RARA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-149.4	<input type="button" value="←"/>
<input type="checkbox"/>	GET-FREQ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="button" value="←"/>
<input type="checkbox"/>	GET-QP	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-112	<input type="button" value="←"/>

Dal pannello laterale di IS TraveCAP, premiamo il tasto  rappresentato nell'immagine soprastante, in corrispondenza della combinazione CLS – RARA. Successivamente richiediamo anche i diagrammi riguardanti le massime tensioni nel cls, nei cavi, e nel getto di seconda fase (CLS-FREQ, CLS-QP, CAVI-RARA, GET-RARA e GET-QP).




La grafica principale di IS TraveCAP si aggiorna per rappresentare solo i diagrammi relativi a queste verifiche, per tutti gli step.

In questo caso, alcune verifiche saranno attive soltanto in parte degli step analizzati, perché necessarie (per normativa) soltanto in alcune fasi di vita della trave (ad esempio soltanto in esercizio e non nella fase iniziale o di stoccaggio/trasporto).

La verifica delle tensioni massime (nel calcestruzzo come nei cavi) è rappresentata da due diagrammi di tensione agente (blu e viola), relativo l'uno al lembo superiore e l'altro al lembo inferiore della trave, che devono essere ovunque inferiori a un valore massimo ammissibile (rappresentato da una linea di colore rosso).

In grafica è presente un diagramma per ciascuno step di verifica, alla cui destra è rappresentato un riquadro con informazioni testuali che evidenziano esplicitamente se questa è superata oppure no.

- analizziamo i risultati della verifica a fessurazione;

Dal pannello laterale di IS TraveCAP, premiamo il tasto  rappresentato nell'immagine soprastante, in corrispondenza della combinazione CLS –QP nel riquadro “Tensione”. Successivamente richiediamo anche i diagrammi riguardanti la massima apertura delle fessure nel cls (CLS-FREQ) nel riquadro “Apertura”. La grafica principale di IS TraveCAP si aggiorna per rappresentare solo i diagrammi relativi a queste verifiche, per tutti gli step.

Anche in questo caso, le verifiche saranno attive soltanto in parte degli step analizzati, perché necessarie (per normativa) soltanto in alcune fasi di vita della trave.

La verifica di apertura delle fessure nel calcestruzzo è generalmente controllata con due procedure distinte ma complementari: controllo del valore massimo di trazione nel cls, e controllo del massimo valore di apertura delle fessure.

La richiesta specifica dipende dalle condizioni ambientali in cui opera la trave: per un ambiente ordinario è tollerata una modesta apertura delle fessure, per uno molto aggressivo non si deve raggiungere la resistenza a trazione del cls (o addirittura la decompressione dello stesso). Questi parametri si controllano dal pannello dei materiali (accessibile dalla barra delle icone della finestra principale), nel riquadro intitolato “Fessurazione” e nella casella di controllo situata nella parte alta del pannello. Le verifiche sono rappresentate da due diagrammi di tensione o apertura calcolata (blu e viola), relativo l'uno al lembo superiore e l'altro al lembo inferiore della trave, che devono essere ovunque inferiori ad un valore

massimo ammissibile.

In grafica è presente un diagramma per ciascuno step di verifica, alla cui destra è rappresentato un riquadro con informazioni testuali che evidenziano esplicitamente se questa è superata oppure no.