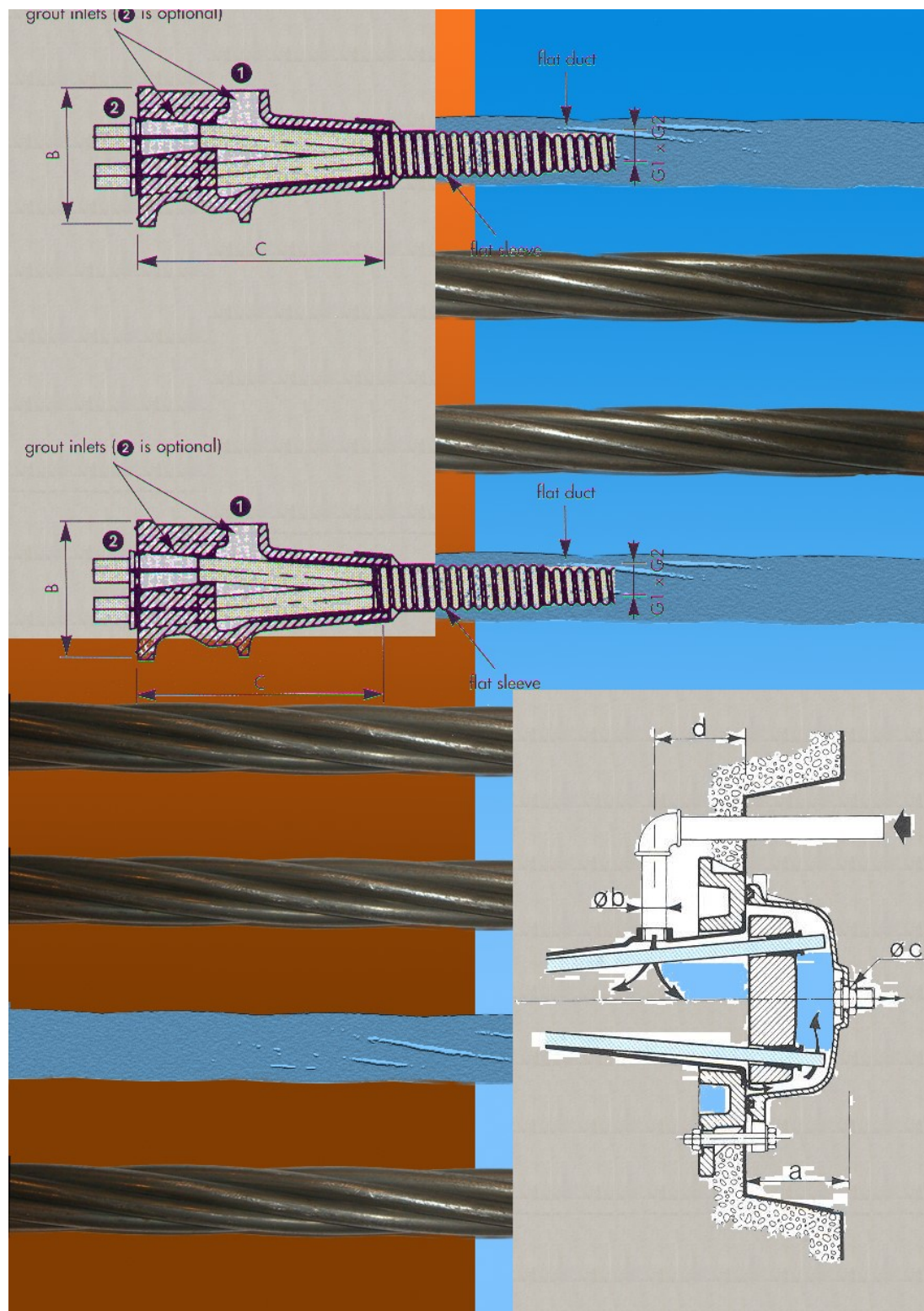




TCAP

programma di verifica elementi precompressi

MANUALE D'USO

INDICE

1	INTRODUZIONE	6
2	CENNI TEORICI	7
2.1	DISTRIBUZIONE TENSIONALE SULLE SEZIONI	7
2.1.1	<i>Singolo materiale lineare.....</i>	7
2.1.2	<i>Caso del multi-materiale, tutti lineari.....</i>	10
2.1.3	<i>Caso del multi-materiale, anche semi-lineari</i>	11
2.1.4	<i>Sezione costruita per fasi, materiali sia lineari che semi-lineari.....</i>	12
3	TCAP -IL MODULO DI INPUT.....	16
3.1	CONVENZIONI DI SEGNO, SISTEMI DI RIFERIMENTO E LIMITAZIONI	19
3.2	MENÙ "GRAFICO"	20
3.2.1	<i>Sezione longitudinale.....</i>	20
3.2.2	<i>Sezione trasversale</i>	20
3.2.3	<i>Schema statico.....</i>	20
3.2.4	<i>Stampa sezione longitudinale.....</i>	21
3.2.5	<i>Stampa sezione trasversale</i>	21
3.2.6	<i>Stampa modello di calcolo.....</i>	21
3.2.7	<i>Preferenze.....</i>	21
3.2.8	<i>Uscire.....</i>	22
3.3	MENÙ "EDIT GRAFICO"	22
3.4	MENÙ "DATI PROBLEMA"	22
3.4.1	<i>Geometria trave</i>	22
3.4.1.1	<i>Parametri di verifica a taglio/torsione</i>	22
3.4.1.2	<i>Parametri di verifica interfaccia tra getti</i>	23
3.4.1.3	<i>Etichette assi appoggio</i>	24
3.4.2	<i>Materiali</i>	24
3.4.2.1	<i>Calcestruzzo delle travi prefabbricate.....</i>	24
3.4.2.2	<i>Calcestruzzo gettato in opera</i>	25
3.4.2.3	<i>Armatura lenta.....</i>	26
3.4.2.4	<i>Armature di precompressione</i>	27
3.4.3	<i>Parametri di verifica</i>	29
3.4.4	<i>Dati prima fase</i>	29
3.4.4.1	<i>Schemi statici</i>	30
3.4.4.2	<i>Carichi distribuiti</i>	32
3.4.4.3	<i>Carichi concentrati</i>	32
3.4.4.4	<i>Combinazioni.....</i>	33
3.4.5	<i>Armature di precompressione</i>	34
3.4.5.1	<i>Cavi pretesi.....</i>	34
3.4.5.2	<i>Cavi postesi nei prefabbricati e/o nei getti in opera</i>	35
3.4.5.3	<i>Posizione trefoli nei prefabbricati</i>	38
3.4.6	<i>Armatura lenta travi prefabbricate</i>	39
3.4.6.1	<i>Armatura lenta Longitudinale</i>	39
3.4.6.2	<i>Staffe</i>	40
3.4.6.3	<i>Long. inf. all'appoggio</i>	41
3.4.6.4	<i>Verifiche locali.....</i>	42
3.4.7	<i>Armatura lenta getto di seconda fase</i>	42
3.4.7.1	<i>Armatura lenta longitudinale del getto di seconda fase</i>	42
3.4.7.2	<i>Staffe del getto di seconda fase</i>	43
3.4.7.3	<i>Quotature nelle sezioni longitudinale e trasversale.....</i>	44
3.5	MENÙ "VERIFICA"	45
3.5.1	<i>Verifica.....</i>	45
3.6	MENÙ "VISTA"	45
3.6.1	<i>Vista.....</i>	45
3.6.2	<i>Visualizza</i>	45
3.7	MENÙ "AIUTO"	47

3.7.1	Guida	47
3.7.2	Indice	47
3.7.3	www.sigmac.it.....	47
3.7.4	Cerca aggiornamenti all'avvio.....	47
3.7.5	Info.....	47
4	TCAP - IL MODULO DI OUTPUT	50
4.1	MENÙ "GRAFICO"	51
4.1.1	Grafico → SLU.....	51
4.1.1.1	M – momento flettente	51
4.1.1.2	V – taglio	52
4.1.1.3	T – momento torcente	53
4.1.1.4	V+T – taglio-torsione	53
4.1.2	Scorrimento interfaccia getti	54
4.1.3	Grafico → SLE	56
4.1.3.1	Tensioni calcestruzzo	56
4.1.3.2	Tensioni acciaio	58
4.1.3.3	Deformazioni	58
4.1.4	Interrogazione diagramma.....	61
4.1.5	Seleziona etichette.....	61
4.1.6	Copia Grafico	61
4.2	MENÙ "STAMPA"	62
4.2.1	Relazione di calcolo	62
4.2.2	Grafico	63
4.2.3	Modelli di calcolo fase 1	63
4.2.4	Modelli di calcolo al getto soletta	64
4.2.5	Modelli di calcolo al sollevamento	64
4.2.6	Modelli di calcolo in fase di trasporto	64
4.2.7	Modelli di calcolo fase 2	65
4.3	MENÙ "COPIA"	65
4.3.1	Grafico	65
4.4	MENÙ "VISTA"	65
4.4.1	Vista.....	65
4.4.2	Visualizza	65

autori :

Lucio PEDROCCO, Cesare NESI, Renzo DITTADI, Igino Michele DI BENEDETTO, Luca PICCOLO, Saskia LANDO (SIGMAc SOFT)

manuale dell'utente - rev. 9.4 Dicembre 2019

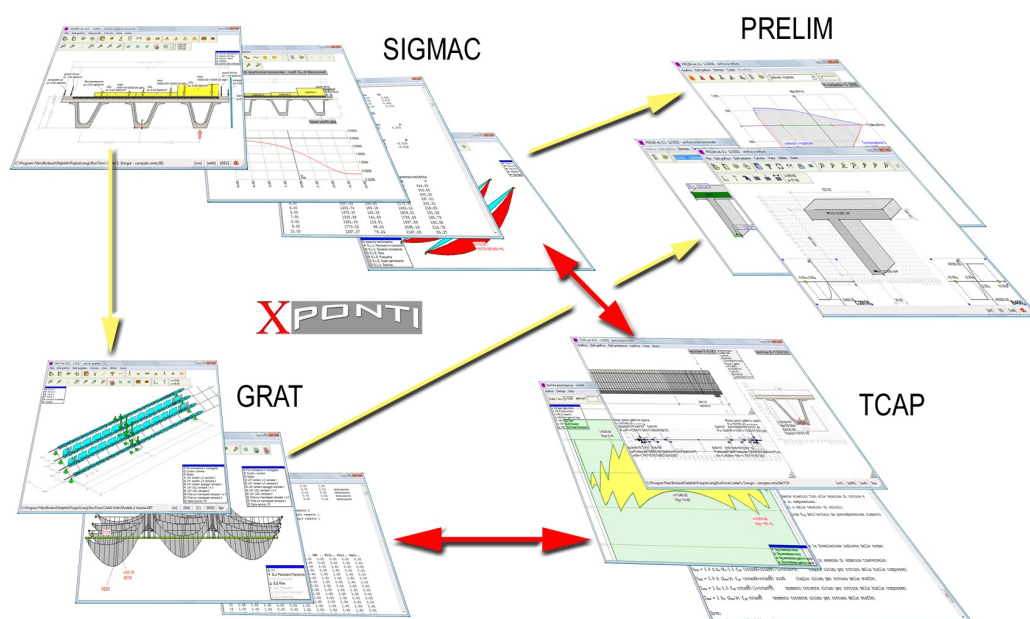
SIGMAc SOFT declina ogni responsabilit  derivante da una non corretta installazione o da un uso improprio del programma ai fini del raggiungimento dei risultati.

CAPITOLO 1



1 INTRODUZIONE

Il programma **TCAP** è un postprocessore, interfacciato con i moduli **SIGMAC** e **GRAT**: esegue le verifiche di un elemento in c.a.p. realizzato in due fasi, prefabbricato e getto in opera, tenendo conto della storia delle sollecitazioni nelle varie fasi di costruzione. Il progetto prevede più travi prefabbricate precomprese a fili aderenti, anche inguainate in testata per ottimizzare lo stato di sollecitazione, e soggette a fasi transitorie di sollevamento e trasporto.



E' possibile inserire armature lente longitudinali in qualunque punto della sezione e descrivere le varie zone di staffatura per disporre un'adeguata armatura resistente a sollecitazioni di taglio e di torsione.

Se l'elaborazione è eseguita con **GRAT**, l'utente dovrà specificare in **TCAP** tutti i dati relativi alla prima fase: posizione appoggi, eventuali rompitratta, schema di sollevamento e di carico sull'automezzo. Al contrario se l'elaborazione viene fatta con **SIGMAC** tali dati saranno già presenti ed il calcolo avverrà automaticamente.

NOTA I dati inputati in **TCAP** vengono salvati in modo automatico con il salvataggio di quelli relativi al preprocessore: l'utente osserverà nella stessa posizione del problema elaborato con **SIGMAC** (file con estensione **.sig**) o con **GRAT** (file con estensione **.grt**) l'esistenza di un file con lo stesso nome assegnato ma con ulteriore estensione **.tcp**.

Il programma permette di inserire dei cavi di postensione in seconda fase, generando degli sforzi di precompressioni in opportune zone come ad esempio sulle pile nel caso di impalcati in continuità. Le sezioni oggetto di verifica vengono composte come nel modello reale accoppiando il prefabbricato, che può avere sezione variabile lungo la lunghezza ed è realizzato con calcestruzzi di resistenza elevata, al getto della soletta eseguito in opera, in genere non precompresso e di minore resistenza.

L'algoritmo memorizza lo stato tensionale nelle varie fasi di costruzione tenendo conto delle cadute di tensione nell'acciaio da precompressione per effetto del ritiro e della viscosità del calcestruzzo e del rilassamento dell'acciaio stesso.

Le verifiche delle sezioni vengono condotte secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite, come indicato dalle normative previste dal programma; esse comprendono:

- verifica SLU per flessione della sezione in tutte le fasi
- verifica SLU per taglio verifica SLU per taglio e torsione
- verifica SLE tensioni dei materiali (calcestruzzo, acciai da precompressione, acciai lenti)
- verifica delle deformazioni
- verifica a fessurazione *[non disponibile]*
- verifiche locali (bursting, spalling, spreading) *[non disponibile]*

I risultati, oltre ad essere riprodotti con i classici tabulati personalizzabili da parte dell'utente con i più moderni e potenti editor testi, sono direttamente interpretabili a video tramite i diagrammi dello stato deformativo e tensionale nel calcestruzzo e nell'acciaio. Tali grafici, inoltre, possono essere stampati su qualsiasi dispositivo gestito da Windows® mediante funzione di anteprima oppure esportati ed inseriti agevolmente nelle relazioni di calcolo utilizzando un normale word processor.

2 Cenni teorici

Per valutare lo stato di sicurezza dell'elemento precompresso in esame TCAP utilizza vari modelli ed algoritmi di calcolo.

Vengono qui spiegate le basi teoriche dei principali algoritmi adottati nel codice.

2.1 Distribuzione tensionale sulle sezioni

Le sollecitazioni di sforzo normale (N_z) e momento flettente (M_x ed M_y) in una sezione di una trave sono le risultanti della tensione ortogonale al piano di sezione presente in tutti i punti della sezione stessa.

Per la verifica a limite tensionale bisogna risalire dalle sollecitazioni N_z , M_x ed M_y alla corrispondente distribuzione di tensione sulla sezione.

Il calcolo dello stato tensionale in una sezione formata da un materiale non omogeneo come il c.a. deve tenere conto delle differenti caratteristiche di comportamento dei materiali che la compongono. La scarsa resistenza a trazione del calcestruzzo porta a fare l'ipotesi conservativa che questo materiale non reagisca per nulla a trazione; ciò comporta che il suo comportamento debba essere per forza non lineare anche facendo l'ipotesi di un comportamento lineare in compressione.

2.1.1 Singolo materiale lineare

La sezione e' descritta nel piano X,Y e la deformazione associata alla tensione ortogonale al piano si sviluppa anch' essa ortogonalmente allo stesso piano.

Nell' ipotesi che la sezione, anche deformandosi, si mantenga sempre piana, la deformazione deve avere l' equazione di una varieta' lineare

$$\epsilon(x,y) = \epsilon_x \cdot X + \epsilon_y \cdot Y + \epsilon_z$$

ed e' completamente determinata dalle tre costanti ϵ_x [1/L], ϵ_y [1/L] ed ϵ_z [L/L].

Se il comportamento del materiale nella sezione e' rappresentabile con una legge costitutiva lineare

$$\sigma(\varepsilon) = E_1 \cdot \varepsilon, \text{ con } E_1 \text{ costante modulo elastico}$$

la tensione ortogonale al piano di sezione e'

$$\sigma_1(x,y) = E_1 \cdot \varepsilon(x,y) \cdot I_1(x,y) = (\sigma_{x1} \cdot X + \sigma_{y1} \cdot Y + \sigma_{z1}) \cdot I_1(x,y)$$

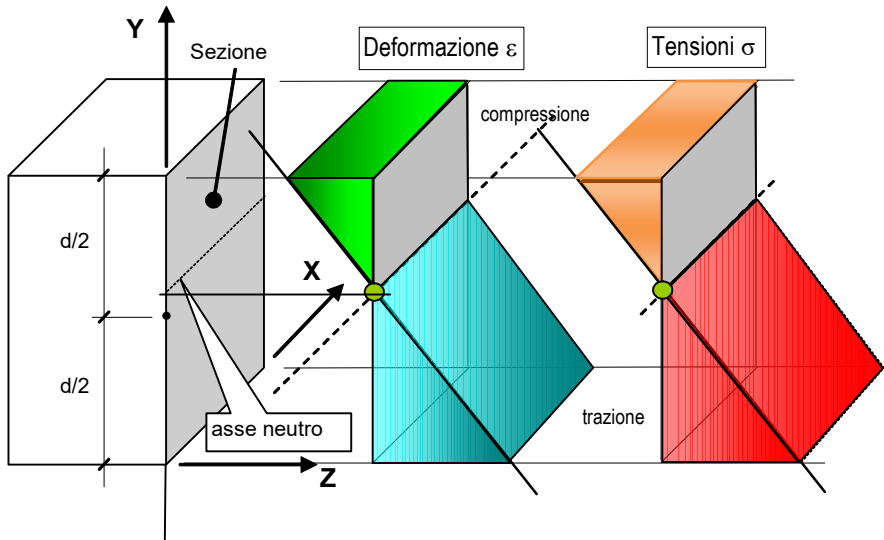
dove:

$$\sigma_{x1} = E_1 \cdot \varepsilon_x, \quad \sigma_{y1} = E_1 \cdot \varepsilon_y, \quad \sigma_{z1} = E_1 \cdot \varepsilon_z,$$

e

$I_1(x,y)$ funzione indicatrice della parte di piano S_1 occupata dal materiale, fuori dalla sezione, dove non c'e' materiale, la deformazione e' fittizia ed e' associata a tensione nulla

Il pedice "1" si riferisce al materiale per il quale vengono descritte le leggi di comportamento, introdotto perchè nel seguito della formulazione verrà affiancato da altri materiali.



Lo sforzo normale con il quale la parte di struttura "davanti" alla sezione agisce sulla sezione stessa e' l'integrale sulla superficie di tale tensione.

$$\begin{aligned} N_z &= \int_{S_1} \sigma_1 \cdot ds = \int_{S_1} (\sigma_{x1} \cdot X + \sigma_{y1} \cdot Y + \sigma_{z1}) \cdot ds = \\ &= \sigma_{x1} \int_{S_1} X \cdot ds + \sigma_{y1} \int_{S_1} Y \cdot ds + \sigma_{z1} \int_{S_1} ds = \\ &= -I_{y1} \cdot \sigma_{x1} + I_{x1} \cdot \sigma_{y1} + A_1 \cdot \sigma_{z1} \end{aligned}$$

dove:

$$I_{y1} = - \int_{S_1} X \cdot ds, \quad I_{x1} = \int_{S_1} Y \cdot ds, \quad A_1 = \int_{S_1} ds$$

Allo stesso modo il momento flettente intorno all' asse X del sistema di riferimento e' l' integrale sulla superficie della tensione moltiplicata per il braccio costituito dalla coordinata Y,

$$\begin{aligned}
M_x &= \int_{S1} Y \cdot \sigma_1(x, y) \cdot ds = \int_{S1} Y \cdot (\sigma_{x1} \cdot X + \sigma_{y1} \cdot Y + \sigma_{z1}) \cdot ds = \\
&= \sigma_{x1} \int_{S1} X \cdot Y \cdot ds + \sigma_{y1} \int_{S1} Y^2 \cdot ds + \sigma_{z1} \int_{S1} Y \cdot ds = \\
&= J_{xy1} \cdot \sigma_{x1} + J_{x1} \cdot \sigma_{y1} + I_{x1} \cdot \sigma_{z1}
\end{aligned}$$

dove:

$$J_{xy1} = \int_{S1} X \cdot Y \cdot ds, \quad J_{x1} = \int_{S1} Y^2 \cdot ds$$

Ancora allo stesso modo il momento flettente intorno all' asse Y e' l'integrale della tensione per il braccio -X,

$$\begin{aligned}
M_y &= - \int_{S1} X \cdot \sigma_1(x, y) \cdot ds = - \int_{S1} X \cdot (\sigma_{x1} \cdot X + \sigma_{y1} \cdot Y + \sigma_{z1}) \cdot ds = \\
&= - \sigma_{x1} \int_{S1} X^2 \cdot ds - \sigma_{y1} \int_{S1} X \cdot Y \cdot ds - \sigma_{z1} \int_{S1} X \cdot ds = \\
&= - J_{y1} \cdot \sigma_{x1} - J_{xy1} \cdot \sigma_{y1} + I_{y1} \cdot \sigma_{z1}
\end{aligned}$$

dove:

$$J_{y1} = \int_{S1} X^2 \cdot ds$$

Mettendo insieme i tre risultati precedenti si ottiene un sistema di equazioni lineari di ordine 3 esprimibile in forma matriciale.

$$\begin{bmatrix} N_z \\ M_x \\ M_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -I_{y1} & I_{x1} & A_1 \\ J_{xy1} & J_{x1} & I_{x1} \\ -J_{y1} & -J_{xy1} & I_{y1} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \sigma_{x1} \\ \sigma_{y1} \\ \sigma_{z1} \end{bmatrix} = M_{A1} \cdot \begin{bmatrix} \sigma_{x1} \\ \sigma_{y1} \\ \sigma_{z1} \end{bmatrix}$$

Gli elementi nella matrice dei coefficienti M_{A1} dipendono esclusivamente dalla geometria della sezione S1: A_1 area, I_{x1} ed I_{y1} momenti statici, J_{x1} e J_{y1} momenti d' inerzia e J_{xy1} momento centrifugo.

Da un punto di vista strettamente matematico sono i momenti di ordine 0, 1 e 2 della funzione indicatrice $I_1(X, Y)$.

Quindi, nelle ipotesi fatte all' inizio, date le sollecitazioni N_z , M_x ed M_y la soluzione del precedente sistema fornisce i tre coefficienti σ_{x1} , σ_{y1} e σ_{z1} che, insieme alla forma della sezione S1 data come $I_1(X, Y)$, permettono di calcolare la tensione in ogni punto del piano.

$$\begin{bmatrix} \sigma_{x1} \\ \sigma_{y1} \\ \sigma_{z1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -I_{y1} & I_{x1} & A_1 \\ J_{xy1} & J_{x1} & I_{x1} \\ -J_{y1} & -J_{xy1} & I_{y1} \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} N_z \\ M_x \\ M_y \end{bmatrix} = M_{A1}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} N_z \\ M_x \\ M_y \end{bmatrix}$$

$$\sigma_1(x, y) = (\sigma_{x1} \cdot X + \sigma_{y1} \cdot Y + \sigma_{z1}) \cdot I_1(x, y)$$

Inoltre l' asse neutro ha equazione $\sigma_{x1} \cdot X + \sigma_{y1} \cdot Y + \sigma_{z1} = 0$

2.1.2 Caso del multi-materiale, tutti lineari

Se la sezione e' costituita da piu' zone S1, S2, S3 ... occupate da materiali diversi, queste, per l' ipotesi di deformazione piana e per l'ulteriore ipotesi di congruenza, hanno tutte deformazione data dalla stessa espressione:

$$\boldsymbol{\epsilon}(x, y) = \epsilon_x \cdot X + \epsilon_y \cdot Y + \epsilon_z$$

La tensione ha invece una diversa espressione per ciascuna zona S_i e dipende dalla forma della zona, data da I_i(X,Y), e dal modulo elastico E_i del materiale che la occupa:

$$\begin{aligned}\sigma_1(x, y) &= E_i \cdot \boldsymbol{\epsilon}(x, y) \cdot I_1(x, y) = \\ &= \frac{E_i}{E_1} \cdot E_1 \cdot \boldsymbol{\epsilon}(x, y) \cdot I_1(x, y) = \\ &= n_i \cdot (\sigma_{x1} \cdot X + \sigma_{y1} \cdot Y + \sigma_{z1}) \cdot I_1(x, y)\end{aligned}$$

dove: $n_i = E_i / E_1$ e' il coefficiente di omogeneizzazione del materiale i -esimo rispetto al materiale 1 (ovviamente $n_1 = E_1 / E_1 = 1$)

La distribuzione di tensione in ogni punto del piano e' data dalla somma delle precedenti estesa a tutte le zone/materiali:

$$\sigma(x, y) = (\sigma_{x1} \cdot X + \sigma_{y1} \cdot Y + \sigma_{z1}) \cdot \sum_i (n_i \cdot I_i(x, y))$$

Le sollecitazioni N_z, M_x ed M_y sono sempre gli stessi integrali della tensione.

$$\begin{aligned}N_z &= \int \sigma \cdot ds = \sum_i \left(n_i \cdot \int_{S_i} (\sigma_{x1} \cdot X + \sigma_{y1} \cdot Y + \sigma_{z1}) \cdot ds \right) = \\ &= \sum_i (n_i \cdot (-I_{yi} \cdot \sigma_{x1} + I_{xi} \cdot \sigma_{y1} + A_i \cdot \sigma_{z1})) = \\ &= -I_y \cdot \sigma_{x1} + I_x \cdot \sigma_{y1} + A \cdot \sigma_{z1}\end{aligned}$$

dove:

$$I_y = \sum_i n_i \cdot I_{yi}, \quad I_x = \sum_i n_i \cdot I_{xi}, \quad A = \sum_i n_i \cdot A_i$$

$$\begin{aligned}M_x &= \int Y \cdot \sigma(x, y) \cdot ds = \sum_i \left(n_i \cdot \int_{S_i} Y \cdot (\sigma_{x1} \cdot X + \sigma_{y1} \cdot Y + \sigma_{z1}) \cdot ds \right) = \\ &= J_{xy} \cdot \sigma_{x1} + J_x \cdot \sigma_{y1} + I_x \cdot \sigma_{z1}\end{aligned}$$

dove:

$$J_{xy} = \sum_i n_i \cdot J_{xyi}, \quad J_x = \sum_i n_i \cdot J_{xi}$$

$$\begin{aligned}M_y &= -\int X \cdot \sigma(x, y) \cdot ds = -\sum_i \left(n_i \cdot \int_{S_i} X \cdot (\sigma_{x1} \cdot X + \sigma_{y1} \cdot Y + \sigma_{z1}) \cdot ds \right) = \\ &= \sum_i (n_i \cdot (-J_{yi} \cdot \sigma_{x1} - J_{xyi} \cdot \sigma_{y1} + I_{yi} \cdot \sigma_{z1}))\end{aligned}$$

dove:

$$J_y = \sum_i (n_i \cdot J_{yi})$$

Alla fine si ottiene nuovamente lo stesso sistema di equazioni del caso a singola zona/materiale:

$$\begin{bmatrix} N_z \\ M_x \\ M_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -I_y & I_x & A \\ J_{xy} & J_x & I_x \\ -J_y & -J_{xy} & I_y \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \sigma_{x1} \\ \sigma_{y1} \\ \sigma_{z1} \end{bmatrix} = M_A \cdot \begin{bmatrix} \sigma_{x1} \\ \sigma_{y1} \\ \sigma_{z1} \end{bmatrix}$$

L'unica differenza consiste nel fatto che ora i coefficienti del sistema sono la somma di quelli delle zone, pesati con i coefficienti di omogeneizzazione dei corrispondenti materiali, ovvero la matrice dei coefficienti M_A e' la somma di quelle delle zone M_{Ai} , pesate con i coefficienti di omogeneizzazione dei materiali.

$$M_A = \sum_i n_i \cdot M_{Ai} = \sum_i \left(n_i \cdot \begin{bmatrix} -I_{yi} & I_{xi} & A_i \\ J_{xyi} & J_{xi} & I_{xi} \\ -J_{yi} & -J_{xyi} & I_{yi} \end{bmatrix} \right)$$

La soluzione del sistema, insieme alle forme delle zone S_i date come $I_i(x,y)$ ed ai coefficienti di omogeneizzazione n_i , permette di calcolare la tensione in ogni punto del piano.

$$\begin{bmatrix} \sigma_{x1} \\ \sigma_{y1} \\ \sigma_{z1} \end{bmatrix} = M_A^{-1} \cdot \begin{bmatrix} N_z \\ M_x \\ M_y \end{bmatrix}$$

$$\sigma(x,y) = (\sigma_{x1} \cdot X + \sigma_{y1} \cdot Y + \sigma_{z1}) \cdot \sum_i (n_i \cdot I_i(x,y))$$

L'equazione dell'asse neutro e' sempre: $\sigma_{x1} \cdot X + \sigma_{y1} \cdot Y + \sigma_{z1} = 0$

2.1.3 Caso del multi-materiale, anche semi-lineari

Se vi sono delle zone S_j occupate da materiali non reagenti a trazione il problema di determinare la distribuzione di tensione con risultanti le sollecitazioni date diventa non lineare ed il metodo precedente non e' piu' applicabile in modo diretto.

Si considera il caso di materiali non reagenti a trazione di comportamento rappresentabile con una legge costitutiva semi-lineare

$$\sigma(\varepsilon) = \begin{cases} E_i \cdot \varepsilon & \text{per } \varepsilon \leq 0 \\ 0 & \text{per } \varepsilon > 0 \end{cases}$$

Dove sono compressi ($\varepsilon \leq 0$) reagiscono come un materiale a legge costitutiva lineare mentre dove sono tesi ($\varepsilon > 0$) non danno origine a nessuna tensione.

La distribuzione di tensione che si vuole trovare determina nel piano di sezione un asse neutro che separa il semipiano teso da quello compresso.

Supponiamo di sostituire ogni zona di materiale semi-lineare S_j con la sua versione parzializzata $S_{j'}$, intersezione della zona S_j con il semipiano compresso.

Poi in ogni zona parzializzata $S_{j'}$ sostituiamo il materiale semi-lineare con un materiale lineare di pari coefficiente di omogeneizzazione n_j / modulo elastico E_j .

Queste modifiche di geometrie e materiali servono ad eliminare i materiali semi-lineari. Nel semipiano compresso vengono sostituiti con materiali lineari che si comportano allo

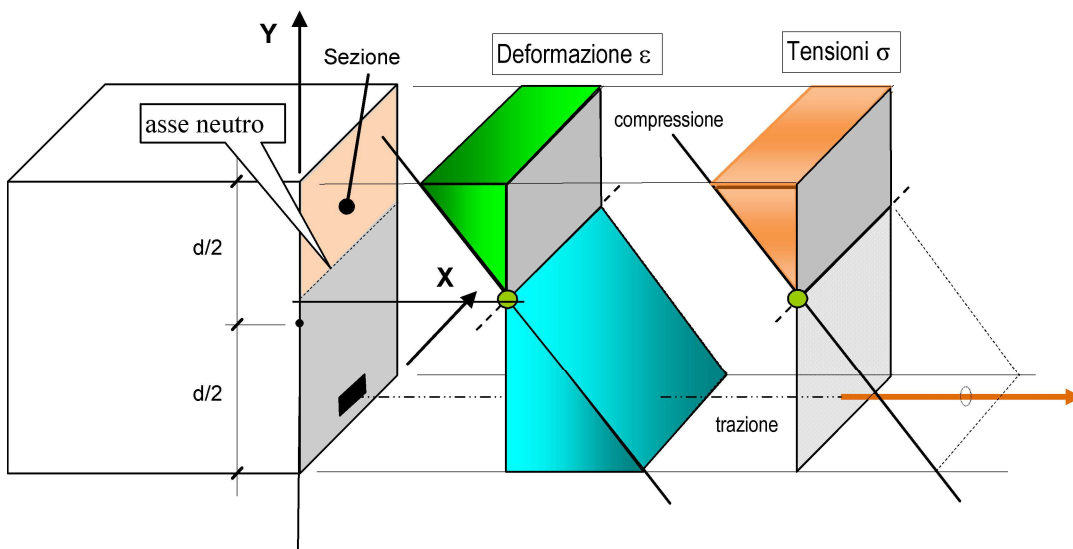
stesso modo in compressione. Vengono semplicemente eliminati nel semipiano teso dove comunque non davano origine a tensioni.

Il risultato e' una sezione di soli materiali lineari che con la stessa deformazione ha identica distribuzione di tensione ed uguali sollecitazioni risultanti.

Si tratta di un caso lineare equivalente, risolubile con il metodo precedente, che pero' puo' essere costruito solo conoscendo in anticipo l'asse neutro associato alla soluzione ancora da determinare.

In generale tale asse neutro non e' noto a priori e si deve procedere con un metodo di ricerca per approssimazioni successive. Per ogni ipotesi di asse neutro si costruisce il caso lineare equivalente che viene risolto determinando una distribuzione di tensione.

Quando la soluzione e' associata ad un asse neutro coincidente con quello usato per costruire il caso lineare la stessa distribuzione di tensione vale anche come soluzione del caso non-lineare originale.



2.1.4 Sezione costruita per fasi, materiali sia lineari che semi-lineari

Per ogni zona/materiale S_i si puo' tener conto di una deformazione piana supplementare, dovuta ad una fase costruttiva precedente, tramite la corrispondente distribuzione di tensione.

$$\sigma'_i(x, y) = (\sigma'_{x1} \cdot X + \sigma'_{y1} \cdot Y + \sigma'_{z1}) \cdot I_i(x, y)$$

Questa si somma alla tensione, la sola considerata in precedenza, dovuta alla deformazione comune a tutte le zone quando sono collaboranti.

$$\sigma_i(x, y) = [(n_i \cdot \sigma_{x1} + \sigma'_{xi}) \cdot X + (n_i \cdot \sigma_{y1} + \sigma'_{yi}) \cdot Y + n_i \cdot \sigma_{z1} + \sigma'_{zi}] \cdot I_i(x, y)$$

La distribuzione di tensione in ogni punto del piano e' sempre la somma delle tensioni totali sulle singole zone/materiali.

$$\sigma(x, y) = \sum_i \sigma_i(x, y)$$

e le sollecitazioni totali corrispondenti sono i soliti integrali della tensione, che integrati formalmente danno il sistema

$$\begin{bmatrix} N_z \\ M_x \\ M_y \end{bmatrix} = M_A \cdot \begin{bmatrix} \sigma_{x1} \\ \sigma_{y1} \\ \sigma_{z1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} N'_z \\ M'_x \\ M'_y \end{bmatrix}$$

dove

$$\begin{bmatrix} N'_z \\ M'_x \\ M'_y \end{bmatrix} = \sum_i \begin{bmatrix} N'_{zi} \\ M'_{xi} \\ M'_{yi} \end{bmatrix} = \sum_i M_{Ai} \cdot \begin{bmatrix} \sigma'_{xi} \\ \sigma'_{yi} \\ \sigma'_{zi} \end{bmatrix}$$

con soluzione

$$\begin{bmatrix} \sigma_{x1} \\ \sigma_{y1} \\ \sigma_{z1} \end{bmatrix} = M_A^{-1} \cdot \begin{bmatrix} N_z - N'_z \\ M_x - M'_x \\ M_y - M'_y \end{bmatrix}$$

Se sono presenti zone S_j occupate da materiali non reagenti a trazione si procede ancora per approssimazioni successive tramite problemi equivalenti lineari.

In questo caso non e' piu' sufficiente ipotizzare un asse neutro, che non e' piu' univoco, ma bisogna ricercare direttamente la distribuzione di tensione dovuta alla deformazione comune ipotizzando i tre parametri σ_{x1} , σ_{y1} e σ_{z1} che la determinano.

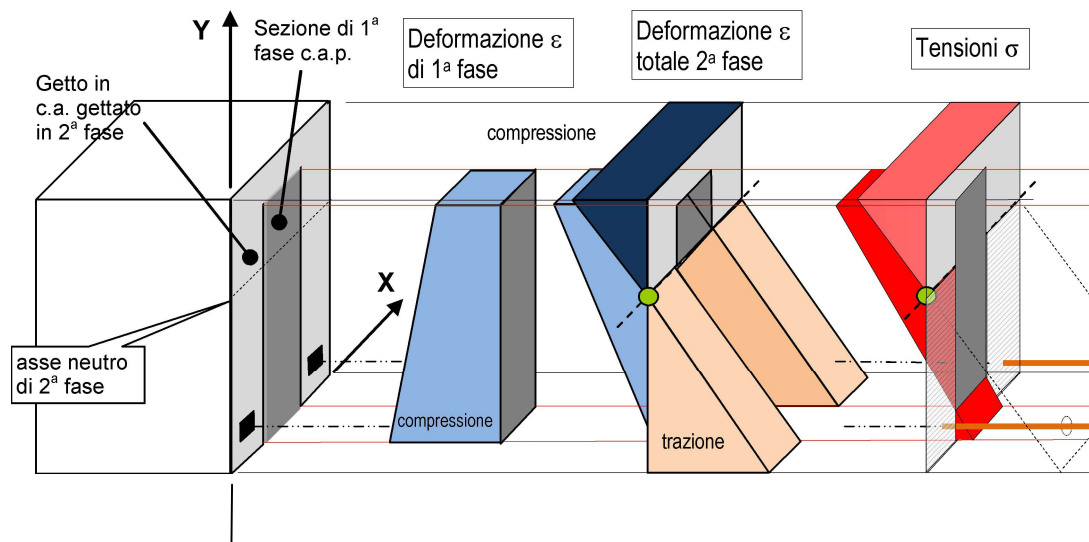
Nel costruire un caso lineare equivalente ogni zona S_j con materiale semi-lineare viene parzializzata secondo un suo proprio asse neutro associato alla sua tensione totale

$$\sigma_i(x, y) = [(n_j \cdot \sigma_{x1} + \sigma'_{xj}) \cdot X + (n_j \cdot \sigma_{y1} + \sigma'_{yj}) \cdot Y + n_j \cdot \sigma_{z1} + \sigma'_{zj}] \cdot I_j(x, y)$$

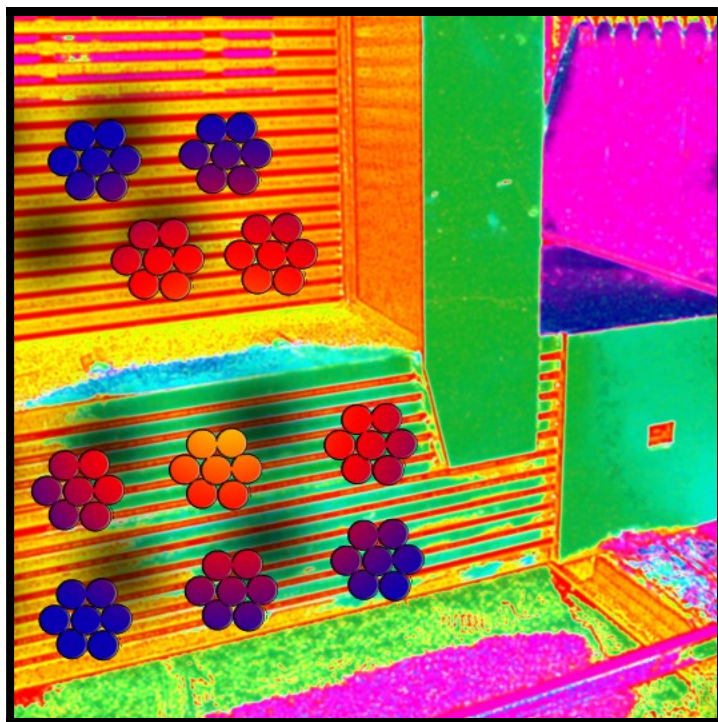
cioe'

$$(n_j \cdot \sigma_{x1} + \sigma'_{xj}) \cdot X + (n_j \cdot \sigma_{y1} + \sigma'_{yj}) \cdot Y + n_j \cdot \sigma_{z1} + \sigma'_{zj} = 0$$

Ogni approssimazione successiva introduce nel suo problema lineare equivalente una diversa matrice M_{Aj} e cio' modifica sia la matrice dei coefficienti M_A che, tramite N'_{zj} , M'_{xj} ed M'_{yj} , i decrementi di sollecitazione N'_z , M'_x ed M'_y .

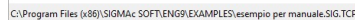


CAPITOLO 2



TCAP, pertanto, può essere impiegato per la progettazione di:

- È utile ricordare che nel caso in cui l'elaborazione è stata eseguita con il programma **GRAT**, l'utente dovrà specificare in **TCAP** tutti i dati relativi alla prima fase: posizione appoggi, eventuali rompitratta, schema di sollevamento e di carico sull'automezzo; al contrario se l'elaborazione è stata svolta con **SIGMAC** tali dati risultano già presenti.



- TCAP - manuale utente

2. **sezione trasversale:** la vista, attivabile mediante i tasti di scelta rapida CTRL+T, mostra di default la sezione trasversale del manufatto in corrispondenza del piano YZ passante per il punto X pari alla semilunghezza della trave e la descrive completamente (dimensioni, posizione del baricentro e momenti d'inerzia sia nel caso di sola trave sia nel caso di sistema trave+soletta). È possibile visualizzare una diversa sezione trasversale traslando il piano YZ in direzione X: a tal fine, sul pannello della vista “sezione longitudinale”, si posiziona il cursore in corrispondenza dell’asse X (rappresentato graficamente da un segmento tratteggiato ai vertici del quale si trovano dei contrassegni su cui il cursore cambia aspetto) e si fa scorrere quest’ultimo nella direzione di valori positivi o negativi che possono essere letti nella contestuale etichetta presente nella parte superiore della vista “sezione trasversale”.
3. **schema statico:** la vista, attivabile mediante i tasti di scelta rapida CTRL+S (non viene visualizzata di default), mostra lo schema statico adottato dal programma per la determinazione delle sollecitazioni dovute al peso proprio ed al getto in opera in prima fase .
Nel grafico del modello di seconda fase vengono visualizzati i carichi relativi al cambio di vincoli tra prima e seconda fase e le forze equivalenti ai cavi di pretensione e di postensione. Queste forze equivalenti sono localizzate in corrispondenza dei punti di discontinuità del tracciato delle armature attive: tali punti sono costituiti dalle testate di ancoraggio e dai punti di deviazione del tracciato per i cavi postesi, dalle zone di ammaraggio per i trefoli pretesi (pari a settanta diametri dalla testata del manufatto). In particolare nei suddetti punti di deviazione assegnati il programma provvede a ripartire il carico concentrato su una lunghezza pari al passo tra i punti stessi.

NOTA Il programma considera, per le proprie elaborazioni, modelli distinti per le diverse fasi:

- al taglio dei trefoli,
- al sollevamento,
- al trasporto,
- al getto della soletta con l’eventuale presenza di rompitratta, per gli n prismi di calcestruzzo che compongono i manufatti prefabbricati, e
- in 2^a fase per la trave continua.

Per la rappresentazione di tali schemi vengono adottati modelli a telaio piano che schematizzano unifilarmente i tratti di ogni prisma con aste coincidenti con il baricentro delle sezioni di solo calcestruzzo

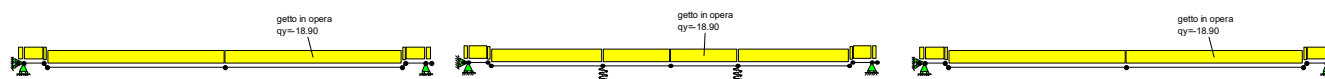
In ciascuna porzione nella quale è suddivisa la finestra principale del modulo **TCAP** l’utente può eseguire operazioni di zoom in o di zoom out utilizzando, in alternativa ai comandi da menù, l’eventuale rotella del mouse in uso: per riposizionare la vista di default è sufficiente selezionare il comando presente nella parte inferiore destra della porzione attiva (un contrassegno a forma triangolare di color grigio con al centro un cerchio verde).

Nella parte inferiore della finestra di lavoro sono visualizzate le unità di misura correnti.

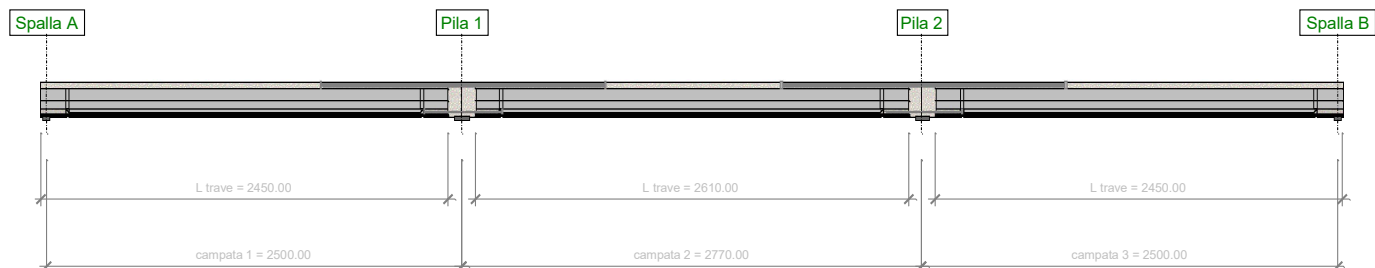
Modelli di calcolo al taglio trefoli



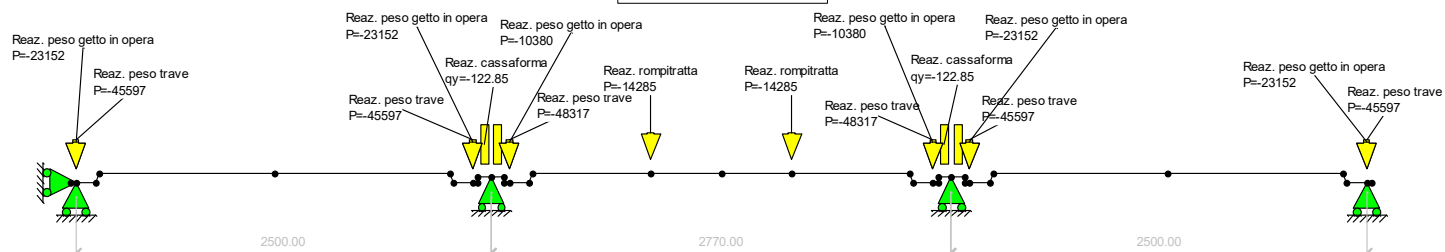
Modelli di calcolo al getto in opera



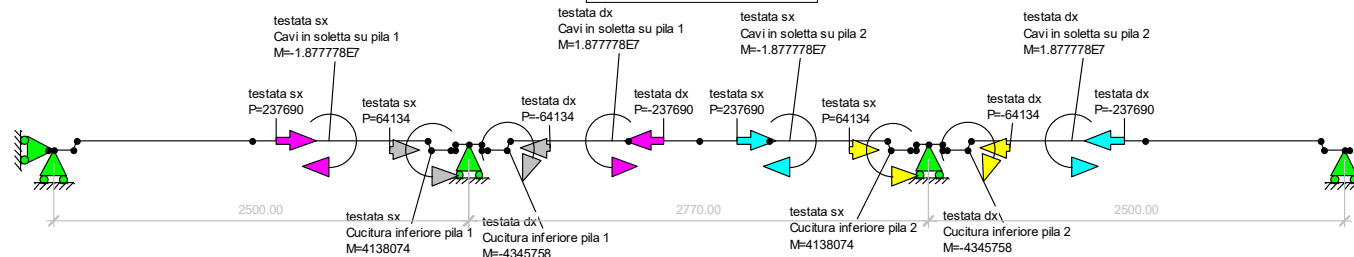
Modello di calcolo di seconda fase



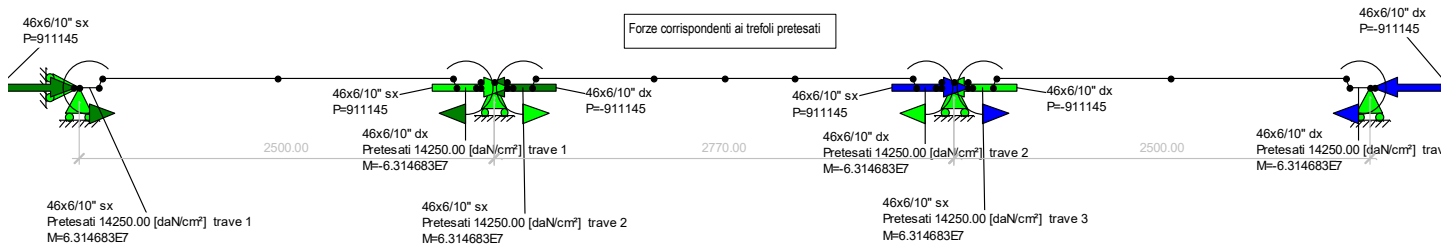
Forze corrispondenti al cambio vincoli



Forze corrispondenti ai cavi di postensione

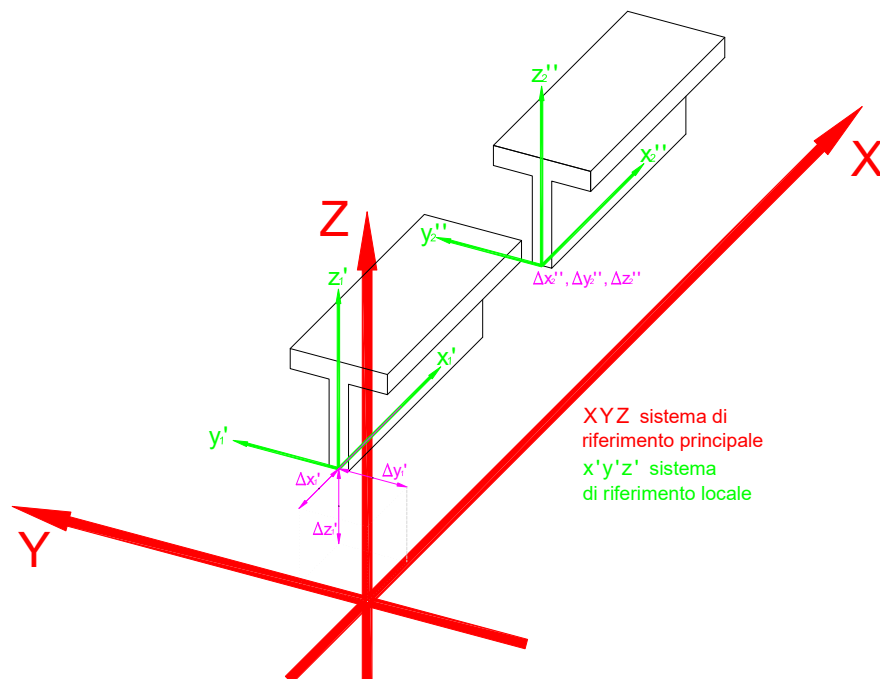


Forze corrispondenti ai trefoli pretesati



3.1 Convenzioni di segno, sistemi di riferimento e limitazioni

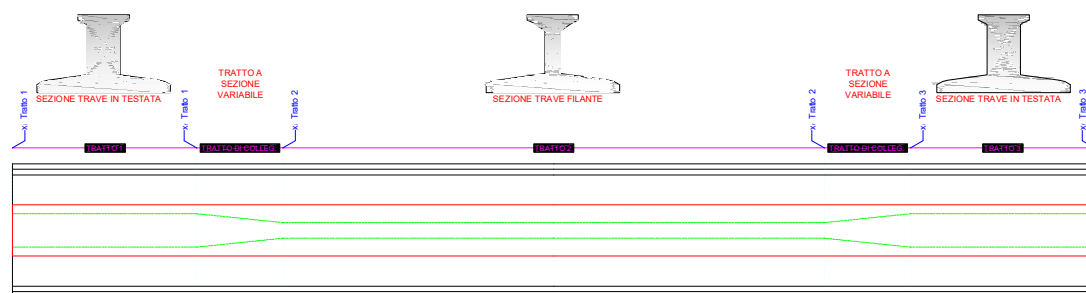
Il programma assume come sistema di riferimento principale una terna destrorsa XYZ rispetto alla quale viene individuato il prisma dell'elemento precompresso che può essere costituito da più elementi prefabbricati allineati in direzione X e da un getto eseguito in opera.



Nel programma le tensioni di compressione e gli accorciamenti hanno segno negativo; le trazioni e gli allungamenti segno positivo.

Come comunemente assunto nella scienza delle costruzioni le sollecitazioni di flessioni hanno segno positivo quando tendono le fibre inferiori.

La freccia assume valore positivo concorde all'asse Z.



SISTEMA DI DESCRIZIONE DEL PRISMA PREFABBRICATO

Nella tabella seguente, infine, si riportano i valori limite di alcuni dati che sono presenti nel programma.

n. acciai da precompressione	4
n. gruppi di trefoli pretensionati	2
n. punti deviazione trefoli pretesi (compresi estremi)	5
n. cavi postesi (lungo tutta la trave)	20

n. punti di descrizione andamento cavo (piano XZ)	100
n. posizioni armatura lenta longitudinale travi prefabbricate	100
n. posizioni staffe (tratti a staffatura costante)	20
n. gruppi di armature per bursting a maglia rettangolare	20
n. posizioni armatura longitudinale getto in opera	50
n. travi prefabbricate	10
n. tratti a sezione costante del prefabbricato	6
n. vertici delle sezioni della trave	100
n. rompitratte di 1 ^a fase per ogni trave prefabbricata	3
n. traversi prefabbricati con la trave	5
n. appoggi schema di 2 ^a fase	10
n. getti di 2 ^a fase	12
n. tratti a sez. costante getto di 2 ^a fase	6
n. vertici sezioni getto di 2 ^a fase	100
n. quotature in sezioni trasversale (prefabbricata e getto di 2 ^a fase)	20
n. punti campione per ogni trave (dati file GU)	101
n. punti campione su tutta la trave continua	2000
n. combinazioni di 2 ^a fase (tutte, SLU e SLE)	100
n. carichi distribuiti permanenti di 1 ^a fase per ogni trave	5
n. carichi concentrati permanenti di 1 ^a fase per ogni trave	5
n. di elementi selezionabili contemporaneamente	100
n. quotature max per ogni grafico	40
n. etichette inserite dall'utente in tutti i diagrammi	50
n. ascisse in stampa output	20
n. ascisse in stampa verifica sollevamento	20
n. ascisse in stampa verifica trasporto	20

3.2 Menù “Grafico”

Si analizzano le opzioni presenti nel menù Grafico.

Questo menù può essere attivato mediante i tasti di scelta rapida ALT+G.

3.2.1 Sezione longitudinale

Il comando mostra/nasconde la porzione di finestra nella quale viene mostrata la sezione longitudinale della trave. L'operazione può essere eseguita, inoltre, mediante i tasti di scelta rapida CTRL+L.

3.2.2 Sezione trasversale

Il comando mostra/nasconde la porzione di finestra nella quale viene mostrata la sezione trasversale della trave. L'operazione può essere eseguita, inoltre, mediante i tasti di scelta rapida CTRL+T.

3.2.3 Schema statico

Il comando mostra/nasconde la porzione di finestra nella quale viene mostrata lo schema statico della trave. L'operazione può essere eseguita, inoltre, mediante i tasti di scelta rapida CTRL+S.

3.2.4 Stampa sezione longitudinale

Viene visualizzata l'interfaccia di stampa della porzione di finestra sezione longitudinale (completa delle opzioni di output definite nel pannello abilitato dalla sequenza di scelte: **Grafico** → **Preferenze** → **Miscellanea** → **Stampe Grafici**).

3.2.5 Stampa sezione trasversale

Viene visualizzata l'interfaccia di stampa della porzione di finestra sezione trasversale (completa delle opzioni di output definite nel pannello abilitato dalla sequenza di scelte: **Grafico** → **Preferenze** → **Miscellanea** → **Stampe Grafici**).

3.2.6 Stampa modello di calcolo

Viene visualizzata l'interfaccia di stampa della porzione di finestra schema statico (completa delle opzioni di output definite nel pannello abilitato dalla sequenza di scelte: **Grafico** → **Preferenze** → **Miscellanea** → **Stampe Grafici**).

3.2.7 Preferenze

Selezionando tale comando si accede alle opzioni di visualizzazione nel seguito illustrate:



Unità di misura: permette di impostare le unità di misura SI in input e output

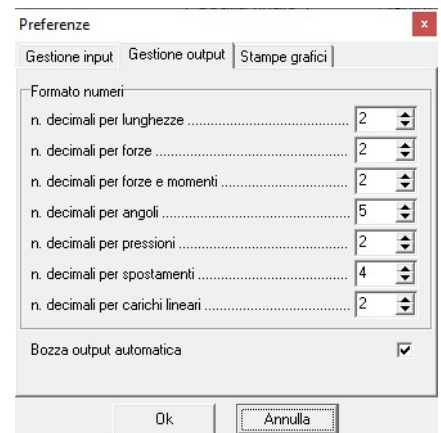
Griglie: consente di mostrare e definire, in modo indipendente, le griglie di riferimento per ciascuna delle porzioni nelle quali è suddivisa la finestra principale.

Sceita colori e font: permette di definire l'aspetto grafico dell'area di lavoro. Viene data la possibilità all'utente di personalizzare i colori da assegnare a tutti gli elementi grafici presenti nella finestra principale di lavoro al fine di agevolare le operazioni di modellazione e per eseguire controlli visivi sul modello. Inoltre è possibile modificare dimensioni e tipo di font di quotature, etichette e intestazione dei grafici di output.

Miscellanea: permette di visualizzare alcune opzioni delle barre superiori degli strumenti, di personalizzare i dati di output, di gestire

le stampe dei grafici. In particolare nel pannello "Gestione output" si ritiene fondamentale attivare la funzione "Ricalcolo automatico" mediante l'opzione corrispondente: in questo modo ad ogni verifica dei dati di input il programma procede ad una nuova elaborazione dei risultati.

Salva partizione pagina come default: permette di salvare e di utilizzare per i successivi problemi oggetto di verifica la modalità di vista corrente della finestra principale.



3.2.8 Uscire

Il comando permette di chiudere il **TCAP**. Non viene richiesto da parte del programma di salvare le ultime modifiche apportate in quanto il salvataggio dei dati avviene alla chiusura del preprocessore.

3.3 Menù “Edit Grafico”

Questo menù può essere attivato mediante i tasti di scelta rapida ALT+E.

Nella versione attuale del programma i comandi presenti in questo menù non sono ancora disponibili ad eccezione del comando **Copia grafico** che può essere eseguito mediante i tasti di scelta rapida Ctrl+C: esso permette di copiare il grafico relativo alla porzione di finestra al momento attiva e di inserirlo in qualsiasi altro programma capace di supportarlo (ad esempio un qualsiasi wordprocessor utilizzato per l'elaborazione della relazione di calcolo).

3.4 Menù “Dati problema”

Si analizzano le opzioni presenti nel menù Dati problema.

Questo menù può essere attivato mediante i tasti di scelta rapida ALT+D.

3.4.1 Geometria trave

Questa voce di menù permette di raggiungere e modificare alcuni dati necessari alla verifica a taglio e torsione degli elementi precompressi.

3.4.1.1 Parametri di verifica a taglio/torsione

La verifica a taglio/torsione degli elementi precompressi viene condotta dal programma secondo la teoria plastica a rottura del cemento armato. Tali verifiche implicano la conoscenza di alcuni parametri geometrici che l'utente deve inserire in questa finestra.

I parametri contenuti in questa finestra si riferiscono agli elementi prefabbricati.

Poichè i parametri possono essere solitamente definiti in base alla forma delle sezioni del

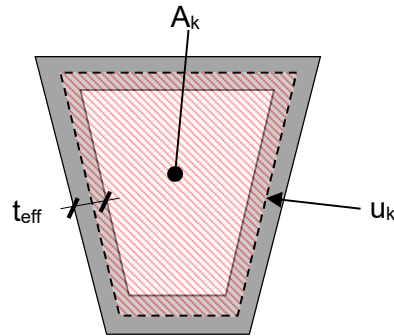
Sezione in campata	
Spess. tot. anme	29.8
Numero anme	2
Area torsionale Ak	25208
Spessore membrana teff	15
Perimetro area torsionale uk	657

Sezione in testata	
Spess. tot. anme	49.2
Numero anme	29.8
Area torsionale Ak	23348
Spessore membrana teff	24.6
Perimetro area torsionale uk	637

prefabbricato, l'utente può inserirli nell'archivio di gestione delle travi prefabbricate di ENG assieme alle coordinate dei vertici ed agli altri dati propri della sezione; eseguendo TCAP come postprocessore dei programmi della collana ENG tali dati saranno già noti al calcolo, e sarà superfluo accedere a questa finestra, a meno di non volerli cambiare.

Se invece tali dati non sono stati inseriti tra quelli dell'archivio delle travi prefabbricate bisognerà inserire qui i dati necessari alle verifiche.

Spess. tot. anme e **Numero anme** sono due valori il cui prodotto determina lo spessore utile dell'anima ai fini della rottura per taglio, indicato nella formulazione con b_w (NTC2018-(4.1.28) e EN1992-1-(6.9)).

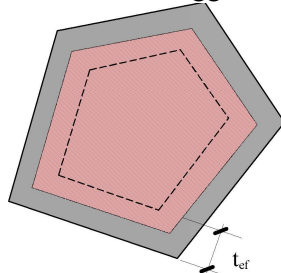


L' **Area torsionale A_k** è l'area racchiusa dalla linea media della sezione a parete sottile equivalente, come indicato in NTC2008-4.1.2.3.6 oppure in EN1992-1-6.3.2.

Lo **Spessore membrana t_{eff}** rappresenta lo spessore della parete resistente a torsione, grandezza indicata con t in NTC2018-(4.1.35).

A rigore, ai fini della sola verifica a torsione, per t_{eff} andrebbe inserito il valore più piccolo degli spessori che formano la sezione resistente a torsione; poichè però il programma prevede la verifica combinata taglio/torsione e la esegue tenendo conto delle anime verticali, andrà indicato lo spessore di queste ultime. Resta la considerazione che qualora la sezione fosse caratterizzata da un piccolo spessore, ad esempio, della parete di fondo dei cassoni e la sezione fosse sollecitata da un forte momento torcente, la verifica di resistenza di questo elemento andrebbe condotta a parte.

Il **perimetro area torsionale u_k** è il perimetro dell'area torsionale A_k , indicato in figura dalla linea tratteggiata.



Nel caso di sezione piene, tozze, nel caso di sezioni a T, ed in tutti i casi in cui la geometria non è classificabile "cava a parete sottile", andrà individuata dall'utente una sezione cava equivalente che bene schematizzi il comportamento reale. Un'indicazione su come calcolare i parametri è data, ad esempio, in EN1992-1-6.3.2-(1)

NOTA I parametri che si trovano in questa finestra vengono la prima volta ereditati dall' **Archivio travi in c.a.p.** congruentemente alla trave prefabbricata scelta nel preprocessore. Quando si salvano i dati del problema nel preprocessore questi dati vengono salvati nel corrispondente file .TCP, e saranno sempre sovrapposti a quelli trasmessi dal preprocessore, a meno che non cambi il tipo trave.

3.4.1.2 Parametri di verifica interfaccia tra getti

La verifica di resistenza del collegamento tra getti eseguiti in tempi diversi viene condotta dal programma con il metodo indicato in EN1991-1-1-6.2.5 cfr 4.1.2

Verifica collegamento tra i getti

Verifica secondo EN1991-1-1-6.2.5

Parametri superficie getto 1

Fattore di coesione tra le superfici

Coefficiente di attrito tra le superfici

Tipo di superficie

Compressione normale alle superfici

Larghezza superficie contatto / spess. tot. anime

Aliquota taglio/torsione di 1a fase

La superficie di contatto tra i due getti viene caratterizzata dai due valori numerici contenuti nel riquadro **Parametri superficie getto 1**, che possono essere determinati anche agendo sul selettore di **Tipo di superficie** che imposta i valori consigliati in EN1991-1-1-6.2.5-(2)

La **Compressione normale alle superfici** ha le dimensioni di una pressione e , introdotta nella (6.25) come σ_n , determina la resistenza dell'interfaccia per attrito dei due calcestruzzi.

La **Larghezza superficie contatto / spess. tot. anime** rappresenta il moltiplicatore del valore inserito nella casella **Spess. tot. anime** di questa stessa finestra che permette al

programma di calcolare lo sviluppo della superficie di contatto tra i 2 getti che entra nella formulazione adottata.

L' **Aliquota taglio/torsione di 1a fase** è il moltiplicatore degli sforzi di taglio e di torsione della prima fase agli SLU (peso prefabbricato + peso del getto in opera) che viene considerato nella formula di verifica. Inserendo un valore nullo le sollecitazioni di 1^a fase non vengono sommate a quelle di 2^a fase, che sono invece sempre considerate per la verifica del collegamento trave-soletta.

Inserendo il valore 1.0 la resistenza del collegamento viene confrontata con le sollecitazioni totali SLU taglianti e torcenti.

3.4.1.3 Etichette assi appoggio

In questa finestra sono raccolti dati non essenziali al calcolo che riguardano alcune stringhe di descrizione. I titoli verranno riportati nella stampa dell'output all'inizio di ogni relazione. Le etichette degli assi di appoggio sono riportate nel grafico della sezione longitudinale.

Appoggio	Etichetta
1	Spalla iniziale
2	Spalla finale

Ok Annulla

3.4.2 Materiali

Il comando attiva una finestra che contiene quattro pannelli nei quali è possibile definire le caratteristiche dei materiali costituenti il manufatto ed il getto di completamento.

3.4.2.1 Calcestruzzo delle travi prefabbricate

Nel primo pannello "**Cls travi**" l'utente definisce, sulla base della denominazione normalizzata, la classe di resistenza del calcestruzzo impiegato per la realizzazione della trave: nel menù a discesa, infatti, sono presenti tutte le classi di resistenza definite nella Tab. 4.1.I del cap. 4.1 del decreto Ministeriale LL.PP 17 gennaio 2018 "*Nuove norme tecniche per le costruzioni*".

Parametri dei materiali	
Cls travi Cls getto in opera Armatura lenta Armatura per c.a.p.	
Sviluppo ritiro nel tempo % di ritiro da t=0 al getto soletta (0-100): 25,5 % di ritiro durante la maturazione (0-100): 25,5 t=0 42 10000 t [gg] Sviluppo viscosità nel tempo % viscosità da getto soletta a t=inf.: 67 % viscosità taglio trefoli-getto soletta: 33	
Classe di resistenza: C45/55 $f_{ckj, cub}$: 385 $f_{ck28, cub}$: 550 Modulo elastico a 28gg: 364161,138977456 Peso specifico: 0,0024525 Deformazione totale per ritiro: -0,0003 Coefficiente di viscosità: 2,3 Coefficiente di sicurezza: 1,5 Reagente a trazione ove precompresso: ☒	Ok Annulla Inserisci acciaio per c.a.p. Cancella acciaio per c.a.p.

Tale scelta modifica i valori assegnati ai seguenti parametri:

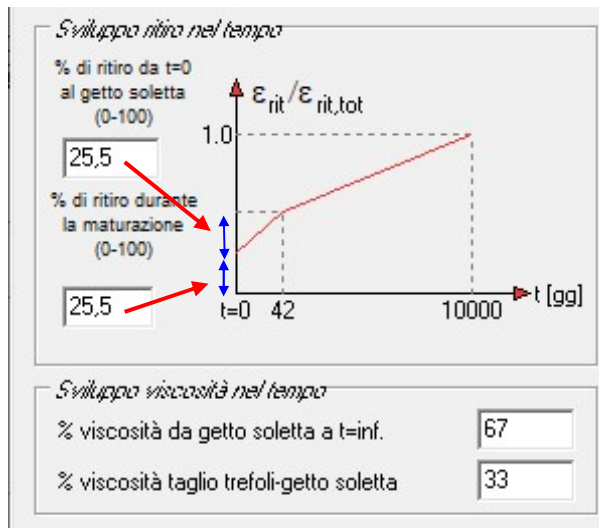
- $f_{ck28, cub}$ valore caratteristico della resistenza cubica a compressione uniassiale a 28 giorni
- **Modulo elastico E_c a 28gg** determinato secondo l'espressione 11.2.5 presente al cap. 11.2.10.3 del decreto Ministeriale LL.PP 17 gennaio 2018 "Nuove norme tecniche per le costruzioni".

e li ricalcola in base alle formule suggerite dalla normativa nelle unità di misura correnti; l'utente può modificarli.

Devono essere poi definiti, nelle unità di misura correnti, i seguenti parametri:

- $f_{ckj, cub}$ valore caratteristico della resistenza cubica a compressione uniassiale al momento della sformatura della trave (istante iniziale $t=0$)
- **Peso specifico** del calcestruzzo impiegato
- **Deformazione totale per ritiro** dato dalla somma della deformazione assiale per ritiro da essiccamento e della deformazione assiale per ritiro autogeno. Le espressioni per la corretta valutazione in sede di progettazione di questi termini sono illustrate al cap. 11.2.10.6 del decreto Ministeriale LL.PP 17 gennaio 2018 "Nuove norme tecniche per le costruzioni": si osservi che per la convenzione dei segni assunta dal programma tale valore deve avere segno negativo.
- **Viscosità** il cui valore in sede di progettazione può essere valutata secondo i criteri illustrati al cap. 11.2.10.7 del decreto Ministeriale LL.PP 17 gennaio 2018 "Nuove norme tecniche per le costruzioni".
- **Coefficiente di sicurezza** parziale del calcestruzzo: in accordo con l'Eurocodice 2 la normativa italiana ha fissato $\gamma_c=1,5$

Per tutte le grandezze descritte, il programma inserisce dei valori indicativi di default che l'utente può modificare secondo i propri criteri.



Da ultimo nel presente pannello l'utente può definire lo sviluppo nel tempo del ritiro del calcestruzzo impiegato: si possono assegnare, infatti, le percentuali (valori da 0 a 100) secondo le quali si presume si evolvano i fenomeni legati al ritiro sia nella fase dall'istante della presa del calcestruzzo fino al taglio dei trefoli (periodo di maturazione) sia nella fase successiva durante la quale avviene il getto in opera e la sua completa maturazione (in entrambe le fasi il sistema resistente è costituito dalla sola trave). La percentuale residua definisce lo

sviluppo del ritiro del calcestruzzo del sistema trave- soletta fino a tempo infinito. Analogamente si procede per la viscosità: in questo caso l'utente può definire le percentuali relative alle due fasi successive all'avvenuta presa del calcestruzzo.

3.4.2.2 Calcestruzzo gettato in opera

Nel secondo pannello "**Cls getto in opera**" l'utente definisce, sulla base della denominazione normalizzata, la classe di resistenza del calcestruzzo impiegato per la realizzazione della trave: nel menù a discesa, infatti, sono presenti tutte le classi di resistenza definite nella Tab. 4.1.I del cap. 4.1 del decreto Ministeriale LL.PP 17 gennaio 2018 "Nuove norme tecniche per le costruzioni"

Parametri dei materiali

Classe di resistenza: C28/35

Deformazione totale per ritiro: -0.0003

☐ Considera ritiro differenziale trave-soletta

$f_{ck28, cub}$: 350

Modulo elastico a 28gg: 325881.07818695

Peso specifico: 0.0024525

Coefficiente di viscosità: 2.3

Coefficiente di sicurezza: 1.5

Reagente a trazione ove precompresso: ☒

Ok Annulla Inserisci acciaio per c.a.p. Cancella acciaio per c.a.p.

Tale scelta modifica i valori assegnati, nelle unità di misura coerenti, ai parametri:

- $f_{ck28, cub}$ valore caratteristico della resistenza cubica a compressione uniassiale a 28 giorni
- **Modulo elastico E_c a 28gg** determinato secondo l'espressione 11.2.5 presente al cap. 11.2.10.3 del decreto Ministeriale LL.PP 17 gennaio 2018 "Nuove norme tecniche per le costruzioni".

L'utente, al contrario, deve definire, nelle unità di misura coerenti, i seguenti parametri:

- **Peso specifico** del calcestruzzo impiegato
- **Deformazione totale per ritiro** dato dalla somma della deformazione assiale per ritiro da essiccamento e della deformazione assiale per ritiro autogeno.
Le espressioni per la corretta valutazione in sede di progettazione di questi termini sono illustrate al cap. 11.2.10.6 del decreto Ministeriale LL.PP 17 gennaio 2018 "Nuove norme tecniche per le costruzioni": si osservi che per la convenzione dei segni assunta dal programma tale valore deve avere segno negativo.
- **Viscosità** il cui valore in sede di progettazione può essere valutata secondo i criteri illustrati al cap. 11.2.10.7 del decreto Ministeriale LL.PP 17 gennaio 2018 "Nuove norme tecniche per le costruzioni".
- **Coefficiente di sicurezza parziale** del calcestruzzo: in accordo con l'Eurocodice 2 la normativa italiana ha fissato $\gamma_c=1,5$

Si osservi che per tutte le grandezze descritte il programma inserisce dei valori indicativi di default che l'utente può modificare secondo i propri criteri.

3.4.2.3 Armatura lenta

Nel terzo pannello "**Armatura lenta**" l'utente definisce le caratteristiche dell'acciaio per cemento armato secondo quanto previsto al cap. 11.3.2.1 del decreto Ministeriale LL.PP 17 gennaio 2018 "Nuove norme tecniche per le costruzioni": nel menù a discesa, infatti, sono presenti le due tipologie di acciai saldabili qualificati secondo le procedure riportate dalle norme. Il programma fornisce di default dei valori della tensione caratteristica di snervamento f_{yk} e del modulo elastico nelle unità di misura correnti: tuttavia, essi possono essere modificati posizionando il cursore nel campo d'interesse e digitando il nuovo valore.

Armatura lenta

Tipo acciaio:

f_{yk} :

Modulo elastico:

Coefficiente di omogeneizzazione
 $n = E_s/E_c$ ☐

$n =$

Coefficiente di sicurezza:

L'utente, inoltre, deve definire, i seguenti parametri:

- Il **coefficiente di omogeneizzazione**: è possibile assegnare, digitandolo, un esatto valore n oppure definirlo come rapporto tra il modulo elastico del calcestruzzo e quello dell'acciaio mediante un segno di spunta nella casella corrispondente a tale opzione
- **Coefficiente di sicurezza** parziale dell'acciaio: la normativa italiana assume sempre, per tutti i tipi di acciaio, il valore $\gamma_s=1,15$

3.4.2.4 Armature di precompressione

Nel quarto pannello "**Armatura per c.a.p.**" l'utente definisce le caratteristiche dell'acciaio per cemento armato precompresso secondo quanto previsto al cap. 11.3.3

del decreto Ministeriale LL.PP 17 gennaio 2018 "Nuove norme tecniche per le

Armatura per c.a.p.

Acciaio:

Sviluppo rilassamento nel tempo

Classe di armatura:

% rilassamento da $t=0$ a getto (solo pretesi) (0-100):

% rilassamento durante la maturazione (solo pretesi) (0-100):

$\epsilon_{rl}/\epsilon_{rl,tot}$

$t=0$ 42 10000 t [gg]

$f_{p(0,1)k}$:

Modulo elastico:

Coefficiente di omogeneizzazione
 $n = E_s/E_c$ ☐

$n =$

Coefficiente di sicurezza:

costruzioni": dal menù a discesa, infatti, è possibile scegliere tra alcune tipologie di armature di precompressione

(nell'archivio sono stati introdotti i dati relativi a trefoli e a barre tipo dywidag).

Tale scelta modifica i valori assegnati, nelle

unità di misura coerenti, ai parametri:

- $f_{p(0,1)k}$ valore della tensione caratteristica allo 0,1% di deformazione residua
- **Modulo di elasticità E_s**

È utile ricordare che l'utente, comunque, può in ogni momento modificare tali valori di default posizionando il cursore nel campo d'interesse e digitandone i nuovi.

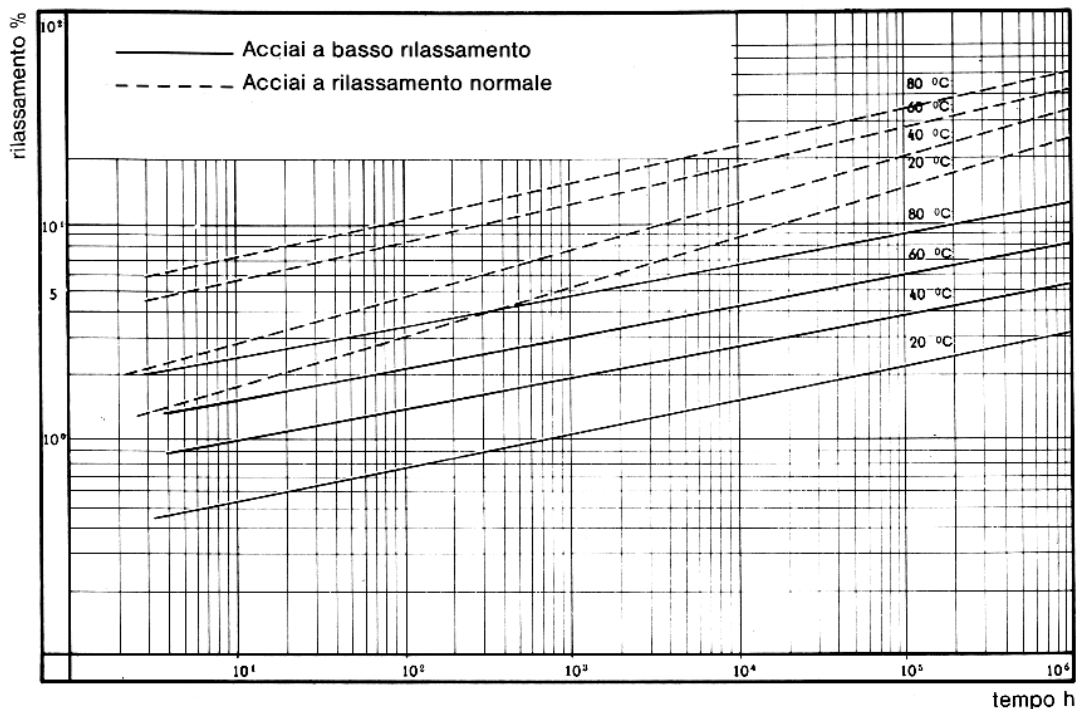
Nel pannello contestuale l'utente può definire lo sviluppo nel tempo delle cadute di tensione per rilassamento dell'acciaio da precompressione impiegato. A tal fine è necessario definire dal menù a discesa presente la classe di armatura (come previsto dalla Tab. 11.3.VIII al cap. 11.3.3.2 del decreto Ministeriale LL.PP 17 gennaio 2018 "Nuove norme tecniche per le costruzioni"): questo consente di valutare, in mancanza di specifica sperimentazione, il valore da assegnare a ρ_{1000} perdita per rilassamento (in percentuale) a 1000 ore dopo la messa in tensione.

La descrizione dell'evolversi delle cadute di tensione per rilassamento viene completata assegnando le percentuali (valori da 0 a 100) secondo le quali si presume esso avvenga sia nella fase dall'istante della presa del calcestruzzo fino al taglio dei trefoli (periodo di maturazione) sia nella fase successiva durante la quale avviene il getto in opera e la sua completa maturazione (in entrambe le fasi il sistema resistente è costituito dalla sola

trave). La percentuale residua definisce lo sviluppo delle cadute di tensione del sistema trave-soletta fino a tempo infinito.

Si osserva, infatti, che i trefoli sottoposti ad un carico costante nel tempo sono soggetti a fenomeni differiti; benchè gli effetti di tali fenomeni risultino assai meno significativi rispetto a quelli che si possono osservare nel calcestruzzo (almeno per quanto riguarda l'acciaio stabilizzato a basso rilassamento), il programma permette di tenerne conto nel calcolo delle cadute totali di precompressione.

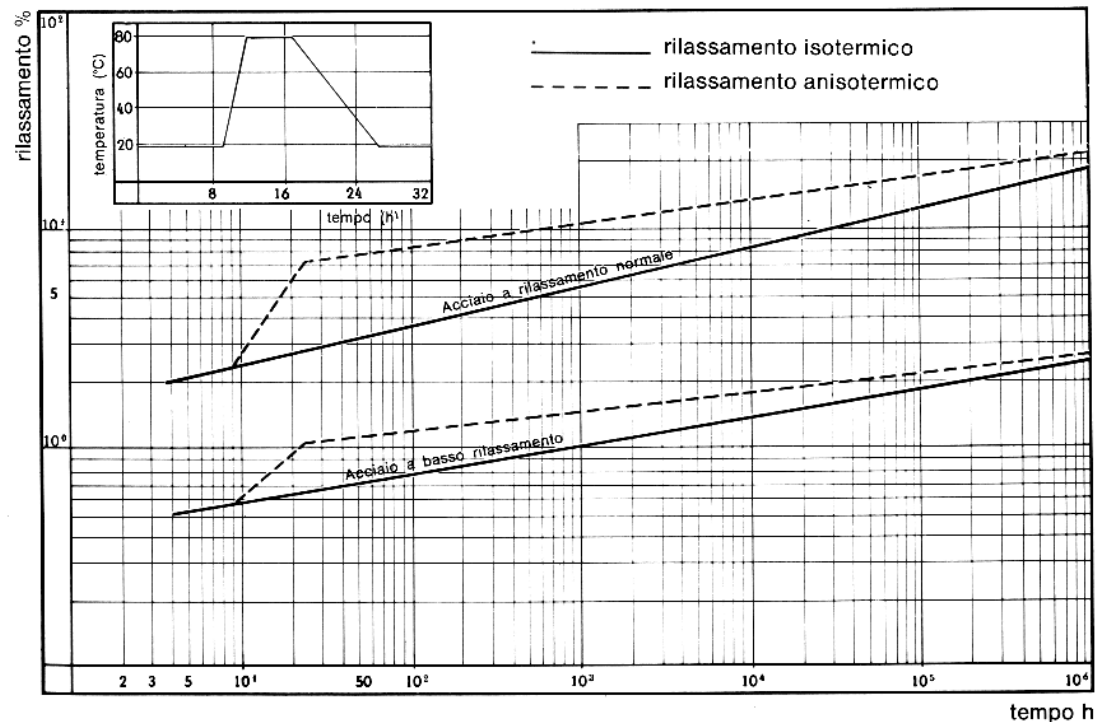
A differenza dell'analogo fenomeno che avviene nel calcestruzzo, infatti, il rilassamento dell'acciaio da precompressione non viene influenzato significativamente da parametri meteorologici o di forma, ma risente notevolmente della temperatura e della tensione di tesatura iniziale a cui è sottoposto.



Valori indicativi del rilassamento (tensione iniziale $\sigma_{spi} = 0.75 f_{ptk}$)

L'influenza della temperatura sul rilassamento dell'acciaio da precompressione costituisce un aspetto rilevante nei calcestruzzi maturati a vapore: i trattamenti termici dei calcestruzzi, infatti, sono solitamente tali da portare la massa di calcestruzzo e tutto ciò che è con esso a contatto a temperature intorno ai $60 \div 70$ °C. D'altra parte anche i calcestruzzi non maturati a vapore raggiungono temperature assai più elevate di quelle dell'ambiente nel quale si trovano a causa dello sviluppo di calore al proprio interno originato dalla reazione di presa: in condizioni climatiche estive in paesi mediterranei un simile fenomeno può portare a temperature interne pari a quelle di un ciclo termico a vapore.

Tuttavia, come si può osservare dal diagramma seguente, l'aumento di rilassamento generato da un innalzamento momentaneo della temperatura tende a smorzarsi con l'andare del tempo.



Si ricordi che la valutazione fatta ed illustrata riguarda le sole armature di precompressione.

L'utente, infine, deve definire i seguenti parametri:

- Il coefficiente di omogeneizzazione: è possibile assegnare, digitandolo, un preciso valore n oppure definirlo come rapporto tra il modulo elastico del calcestruzzo e quello dell'acciaio mediante un segno di spunta nella casella corrispondente a tale opzione.
- Coefficiente di sicurezza parziale dell'acciaio: la normativa italiana assume sempre, per tutti i tipi di acciaio, il valore $\gamma_s = 1,15$

Nella parte inferiore della finestra Materiali sono presenti i comandi:

- Ok: permette di confermare e salvare le modifiche eseguite sui pannelli di descrizione dei materiali impiegati e chiude la finestra di dialogo
- Annulla: permette di chiudere senza confermare le modifiche eseguite sui pannelli di descrizione dei materiali impiegati
- Inserisci acciaio per c.a.p.: consente di definire altre armature da precompressione (al massimo quattro) in modo analogo a quanto illustrato per il pannello "**Armatura per c.a.p.**"
- Cancella acciaio per c.a.p.: consente di eliminare tutte le eventuali armature da precompressione precedentemente definite (in ordine dall'ultima inserita)

3.4.3 Parametri di verifica

3.4.4 Dati prima fase

Il comando risulta attivo qualora l'elaborazione provenga da un'analisi svolta con programmi diversi da **SIGMAC** (ad esempio dal programma **GRAT**). Qualora, infatti, il calcolo sia stato eseguito con **SIGMAC** i dati trasmessi a **TCAP** comprendono sia lo schema statico di prima fase sia tutte le sollecitazioni ad esso relativo. Al contrario, nel caso di calcolo eseguito con un altro preprocessore si presuppone che le sollecitazioni siano relative alla sola seconda fase. A tal riguardo, infatti, l'utente che utilizza, ad esempio, il programma **GRAT** deve non computare il peso proprio delle aste mediante

l'opzione **Calcolo automatico peso proprio trave** presente nel pannello **Dati generali graticcio**: qualora tale opzione venga attivata, invece, il programma determina delle sollecitazioni che vengono “erroneamente” interpretate da **TCAP** come sollecitazioni di seconda fase.

Nel caso di descrizione della prima fase l'utente deve definire quanto esposto nei paragrafi seguenti.

3.4.4.1 Schemi statici

Il comando attiva una finestra che contiene tre pannelli attraverso i quali è possibile descrivere le distinte situazioni di vincolo cui il manufatto può essere soggetto prima dell'eventuale realizzazione del sistema trave-soletta.

Nel primo pannello “**Sollevamento**” l'utente definisce, innanzitutto, se eseguire o meno la verifica della trave in fase di sollevamento attivando nella finestra corrente l'opzione corrispondente. In questa fase transitoria la trave è solitamente soggetta a condizioni di vincolo e di carico diverse da quelle di esercizio.

Trave	Sbalzo sinistro	Sbalzo destro
1	150	150
2	150	150
3	150	150

Lo schema di calcolo adottato è quello di trave in semplice appoggio con sbalzi laterali dei quali l'utente deve definire le relative dimensioni (**Sbalzo sinistro** e **Sbalzo destro**): la posizione degli appoggi, infatti, può non coincidere con quello che si indica in fase di esercizio. Con tale configurazione viene condotta una verifica a flessione al fine di controllare che i valori delle tensioni superiore ed inferiore della sezione di calcestruzzo siano compatibili

con i limiti previsti dalla normativa adottata.

Nel campo “**Coefficiente di incremento dinamico**” l'utente inserisce il valore del quale incrementare o decrementare il peso proprio del manufatto per una corretta valutazione delle sollecitazioni agenti nella fase di sollevamento (ad esempio un valore pari a $\pm 0,15$ equivale ad un aumento o una diminuzione del peso proprio pari al 15%)

Nel secondo pannello “**Trasporto**” l'utente definisce, innanzitutto, se eseguire o meno la verifica della trave in fase di trasporto attivando nella finestra corrente l'opzione corrispondente.

In questa fase transitoria la trave è solitamente soggetta a condizioni di vincolo e di carico diverse da quelle di esercizio.

Trave	sbalzo anteriore	L2	L3	sbalzo posteriore
1	50	150	110	280
2	50	150	110	280
3	50	150	110	280

La schema di calcolo adottato è individuato dai campi **Sbalzo anteriore**, **L2**, **L3** e **Sbalzo posteriore** completati nelle unità di misura correnti.

Il valore **Sbalzo anteriore** identifica la distanza della testata della trave dall'appoggio posizionato a ridosso della cabina dell'autocarro.

I valori **L2** e **L3** definiscono le distanze delle estremità della

ralla posteriore, sulla quale è posizionata la trave, dal suo asse.

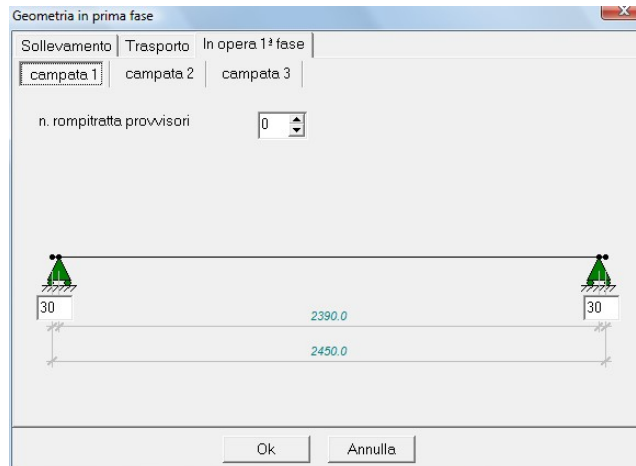
Il valore **Sbalzo posteriore** identifica l'entità dello sbalzo della trave oltre la ralla posteriore.

Con tale configurazione viene condotta una verifica a flessione al fine di controllare che i valori delle tensioni superiore ed inferiore della sezione di calcestruzzo siano compatibili con i limiti previsti dalla normativa adottata.

Nel campo **"Coefficiente di incremento dinamico"** l'utente inserisce il valore del quale incrementare o decrementare il peso proprio del manufatto per una corretta valutazione delle sollecitazioni agenti nella fase di sollevamento (ad esempio un valore pari a $\pm 0,30$ equivale ad un aumento o una diminuzione del peso proprio pari al 30%).

Nel terzo pannello **"In opera 1ª fase"** l'utente può definire lo schema statico appropriato a descrivere la situazione di vincolo cui il manufatto prefabbricato è soggetto al momento dell'eventuale operazione di getto in opera.

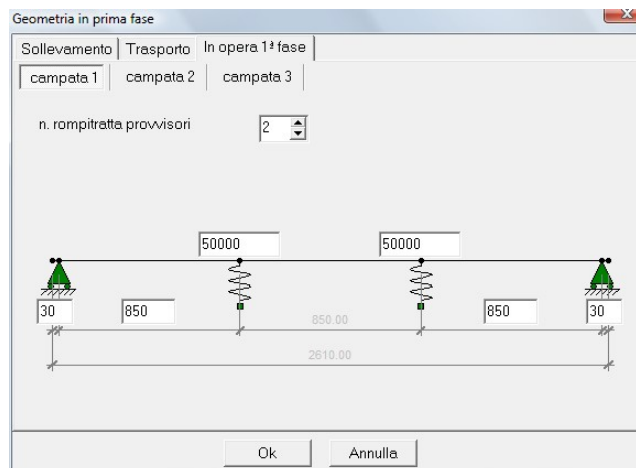
È necessario, innanzitutto, scegliere la campata per la quale procedere alla definizione dello schema statico (tale scelta, ovviamente, è superflua nel caso di verifica di un unico elemento prefabbricato a singola campata posto in opera in un generico graticcio): nella parte superiore del pannello in oggetto compaiono le opzioni a disposizione (**campata 1**, **campata 2**,...).



Lo schema statico di semplice appoggio viene definito inputando semplicemente le lunghezze dei retrotravi nell'unità di lunghezza corrente, e di conseguenza determinando la luce di calcolo.

Il disegno si adegua ai valori inseriti dall'utente, rispettando la proporzione geometrica dei valori.

Nella prima fase, tuttavia, è possibile prevedere la messa in opera di uno o più rompitratta (massimo tre per ogni trave prefabbricata) per particolari esigenze realizzative: il programma permette di definire tale situazione inserendo il numero dei rompitratta che si prevede di utilizzare (di default questo numero è inizializzato a zero).



La definizione del modello di calcolo avviene inserendo le distanze tra i rompitratta nell'unità di lunghezza corrente ed i valori delle rigidezze di ciascun vincolo inserito $[F][L^{-1}]$.

Il modello prevede che i rompitratta diventino attivi in conseguenza alle deformazioni generate dal peso del getto eseguito in opera. Ciò corrisponde al caso di rompitratta scarichi prima del getto.

3.4.4.2 Carichi distribuiti

Per la trave in oggetto l'utente definisce i carichi lineari permanenti agenti in prima fase: mediante il comando "**Inserisci**" è possibile definire il numero di carichi che si intende predisporre.

Per ciascuno di essi occorre inserire:

carico n.	Descrizione	Intensità	X' iniziale	X' finale	Eccentricità	giorno nserimento
1	coppelle	1.9	0	2450	0	42° getto soletta

Descrizione: si completa il campo inserendo una breve descrizione identificatrice del carico inserito.

Intensità: si completa il campo inserendo, nelle unità di misura correnti, il valore del carico da applicare alla trave.

X' iniziale: il campo serve a definire la posizione del carico lungo l'asse longitudinale della trave (tale identificazione è completata con l'assegnazione del valore al campo **X' finale**).

Si ricordi che in questo caso l'ascissa iniziale X' può non coincidere con l'ascissa in corrispondenza della testata sinistra della trave: si tratta, infatti, di un sistema di riferimento locale dove X' dipende dalla descrizione precedentemente eseguita dello schema statico da adottare e corrispondente con la posizione dell'appoggio di sinistra (cioè quello individuato dal valore dell'ascissa X minore) definita mediante i valori assegnati alla lunghezza dello sbalzo laterale.

X' finale: il campo serve a definire la posizione del carico lungo l'asse longitudinale della trave (completa la descrizione della posizione insieme al valore assegnato al campo **X' iniziale**).

L'ascissa finale X' può essere distinta dall'ascissa corrispondente alla testata destra della trave: si tratta, infatti, di un sistema di riferimento locale dove X' dipende dalla descrizione precedentemente eseguita dello schema statico da adottare e coincide con la posizione dell'appoggio di destra (cioè quello individuato dal valore dell'ascissa X maggiore) definita mediante i valori assegnati alla lunghezza dello sbalzo laterale.

Eccentricità: il campo permette di definire l'eccentricità Y del carico in oggetto rispetto all'asse longitudinale della trave: esso può assumere valori sia positivi che negativi.

Giorno di inserimento: dal menù a discesa è possibile scegliere l'istante di applicazione del carico descritto.

NOTA I carichi lineari permanenti per trave di prima fase non sono visualizzati nei grafici. **Nella versione attuale il programma non effettua il calcolo delle sollecitazioni dovute ai carichi distribuiti.**

3.4.4.3 Carichi concentrati

Per la trave in oggetto l'utente definisce i carichi concentrati permanenti agenti in prima fase: mediante il comando **Inserisci** è possibile definire il numero di carichi che si intende predisporre. Per ciascuno di essi occorre inserire:

carico n.	Descrizione	Intensità	X'	Eccentricità	giorno inserimento
1	traverso	1200	797	0	0° sollevamento
2	traverso	1200	1593	0	0° sollevamento

Descrizione: si completa il campo inserendo una breve descrizione identificatrice del carico inserito

Intensità: si completa il campo inserendo, nelle unità di misura correnti, il valore del carico da applicare alla trave.

X: il campo serve a definire la posizione del carico lungo l'asse longitudinale della trave. Si ricordi che in questo caso l'ascissa X' è relativa ad un sistema di riferimento locale la cui origine dipende dalla descrizione precedentemente eseguita dello schema statico da adottare in prima fase e coincide con la posizione dell'appoggio di sinistra (cioè quello individuato dal valore dell'ascissa X minore) definita mediante i valori assegnati alla lunghezza dello sbalzo laterale.

Eccentricità: il campo permette di definire l'eccentricità Y del carico in oggetto rispetto all'asse longitudinale della trave: esso può assumere valori sia positivi che negativi.

Giorno di inserimento: dal menù a discesa è possibile scegliere l'istante di applicazione del carico descritto.

NOTA I carichi concentrati permanenti per trave di prima fase non sono visualizzati nei grafici. **Non vengono utilizzati nel calcolo nella versione attuale di TCAP.**

3.4.4.4 Combinazioni

Nella finestra principale sono presenti due pannelli attraverso i quali è possibile definire le combinazioni delle sollecitazioni antecedenti alla messa in opera del manufatto (prima fase e fasi transitorie).

Selezionando, ad esempio, il pannello **Prima fase** l'utente può scegliere le combinazioni agli stati limite (ultimi e di esercizio) che il programma deve eseguire sia al taglio dei trefoli sia al getto della soletta (i coefficienti utilizzati nelle suddette combinazioni sono quelli previsti dalla normativa prescelta e vengono esplicitati nella relazione di calcolo). La combinazione, quindi, viene effettuata dal programma qualora sia attivata nella finestra corrente l'opzione corrispondente. In questo modo l'utente può personalizzare il numero delle combinazioni escludendo quelle che ritiene non significative per una corretta valutazione del comportamento della trave da

verificare. Per confermare i dati di input inseriti o modificati occorre premere il bottone comando **Ok**; la scelta dell'opzione **Annulla**, invece, determina la perdita dei dati inseriti o modificati in questa pagina.

3.4.5 Armature di precompressione

3.4.5.1 Cavi pretesi

L'armatura di precompressione pretesata è organizzata per raggruppamenti di trefoli posti a quote Z diverse (livelli). La posizione orizzontale Y dei trefoli non entra nel calcolo poichè la flessione viene supposta retta, cioè con asse neutro orizzontale.

Il numero di livelli e la loro quota Z provengono dai dati inseriti nell'archivio di travi in c.a.p. e possono essere modificati come descritto al paragrafo 3.4.5.3

SELETTORE TRAVE PREFABBRICATA

SELETTORE GRUPPO

Trefoli pretesi

trave **1** Gruppo **1** Nuovo gruppo Cancella gruppo

Trefoli ☒ rettilinei ☐ deviati

Descrizione

Sezione **1/2"** 0,9300 [cm²]

Materiale **prec.fpk=1860**

Tensione iniziale **14250** 0,851·fp(0.1)k

☒ Guaine simmetriche risp. L/2

livello	Z	n. max trefoli	numero trefoli	numero guaine	Lunghezza guaine
11	126	4	2		0
10	110	4			0
9	90	4	2		0
8	65	4			0
7	50	4	2		0
6	33	4			0
5	21	4			0
4	16	2	2		0
3	13	15	12		0
2	9	15	12		0
1	5	15	12		0

Ap = 40,920 N. trefoli 44 L. tot. guaine 0,00
Zp = 20,18

Ok Annulla

Descrizione: l'utente completa il campo inserendo una breve descrizione che identifica il gruppo di trefoli nei grafici e nei tabulati di output.

Sezione: dal menù a discesa è possibile scegliere la dimensione trasversale dei cavi pretesi. In corrispondenza viene visualizzata l'area di tali cavi nelle unità di misura correnti.

Materiale: dal menù a discesa è possibile scegliere il tipo di acciaio per i cavi pretesi tra quelli definiti nella finestra **Dati problema** → **Materiali**: ciò significa che l'utente può scegliere tra più di un materiale solo se ha inserito e definito altri acciai per c.a.p.

Tensione iniziale: va inserito, nelle unità di misura correnti, il valore della tensione di tesatura al martinetto $[F][L]^{-2}$ da applicare al gruppo di trefoli definito. Questo valore

influisce direttamente sullo sforzo totale di precompressione e indirettamente sulle cadute di tensione per rilassamento dell'acciaio.

Le guaine di annullamento dell'aderenza tra trefoli e calcestruzzo, utilizzate per limitare l'effetto della forza totale di precompressione in determinate sezioni, vengono supposte simmetriche rispetto alla mezzeria della trave, e quindi applicate allo stesso modo su entrambe le testate. E' possibile inserire guaine asimmetriche, per lunghezza e per numero, togliendo la spuntatura **Guaine simmetriche risp. L/2**. La tabella si amplia e consente la definizione di guaine asimmetriche.

Nella parte inferiore della finestra è presente una tabella costituita da un numero di righe pari ai livelli di armatura che è possibile inserire e che corrisponde a quella definita nell'**Archivio travi in c.a.p.** (cfr 3.4.5.3)

L'utente inserisce per ciascun livello il numero dei trefoli presenti (valore minore o uguale a quello massimo), il numero delle guaine e la loro lunghezza, nelle unità di misura correnti: in modo automatico il programma aggiorna il numero totale dei trefoli, l'area totale corrispondente e la lunghezza totale delle guaine. Una volta terminata la descrizione e confermata la stessa mediante il bottone **Ok** è possibile osservare graficamente le modifiche eseguite sia nella sezione longitudinale che in quella trasversale.

Da ultimo si illustra il funzionamento del bottone **<<** presente nella parte superiore della finestra: premendolo si attiva la possibilità di gestire ulteriori gruppi di armature di precompressione distinti tra loro per sezione, materiale, tensione iniziale, numero e posizione dei trefoli. Premendo il bottone **Cancella** gruppo viene cancellato il gruppo visualizzato nella finestra.

3.4.5.2 Cavi postesi nei prefabbricati e/o nei getti in opera

Nella finestra sotto riportata l'utente può descrivere compiutamente l'armatura soggetta a postensione. Mediante il bottone **Inserisci** l'utente può procedere all'inserimento di cavi postesi completatando i campi presenti.

Cavi di postensione applicati alla struttura di 2a fase														
cavo	descrizione	numero trefoli	sezione	materiale	tensione tiro iniziale	lato tesatura	diametro guaina	coefficiente di attrito	ondulazione convenz.	tracciato	etichetta sez. long.	etichetta sez. trasv.	forze distribuite	
1		15	6/10"S	prec.fpk=1860	13500		9	0,19	0,0001					
2	cavo 2	15	6/10"S	prec.fpk=1860	13500		9	0,19	0,0001					
3	cavo 3	15	6/10"S	prec.fpk=1860	13500		9	0,19	0,0001					
4	cavo 4	15	6/10"S	prec.fpk=1860	13500		9	0,19	0,0001					
5		15	6/10"S	prec.fpk=1860	13500		9	0,19	0,0001					
6		15	6/10"S	prec.fpk=1860	13500		9	0,19	0,0001					
7		15	6/10"S	prec.fpk=1860	13500		9	0,19	0,0001					
8	cavo 8	15	6/10"S	prec.fpk=1860	13500		9	0,19	0,0001					
				Ok	Annulla	Inserisci	Cancella							

In particolare occorre definire:

Descrizione L'utente può inserire una breve descrizione che viene riportata in output.

Numero trefoli Richiede il numero di trefoli che compongono il cavo. Nella sezione trasversale in corrispondenza di ciascun cavo viene visualizzato il numero trefoli e l'area complessiva nelle unità di misura correnti: si osservi, infatti, che il programma considera un'unica posizione teorica nella quale verranno considerati concentrati tutti i trefoli del cavo.

Sezione Dal menù a discesa è possibile scegliere la dimensione trasversale dei trefoli che compongono i cavi postesi. In corrispondenza viene visualizzata l'area di tali cavi nelle unità di misura correnti.

Materiale Dal menù a discesa è possibile scegliere il tipo di acciaio per i cavi postesi. Si ricordi che le tipologie di materiali tra i quali è consentito effettuare la scelta sono quelle precedentemente descritte nella finestra **Dati problema** → **Materiali**: ciò significa che l'utente può scegliere tra più di un materiale solo se ha inserito e definito altri acciai per c.a.p.

Tensione di tiro iniziale Si completa il campo inserendo, nelle unità di misura correnti, il valore della tensione di tesatura al martinetto $[F][L]^{-2}$ da applicare al gruppo di trefoli. Questo valore influisce direttamente sullo sforzo totale di precompressione e indirettamente sulle cadute di tensione per rilassamento dell'acciaio. Per quanto riguarda il valore del giorno di tesatura non può essere modificato essendo fissato nel programma e controllato in modo tale che il getto al quale fa riferimento il cavo sia già stato eseguito e si possa considerare maturato.

Lato di tiro Occorre definire se la testata di tiro è quella di sinistra, cioè quella corrispondente ad un valore dell'ascissa X minore, oppure quella di destra, cioè quella corrispondente ad un valore dell'ascissa X maggiore. La scelta del lato di tiro influenza l'andamento delle cadute di tensione per attrito nel cavo lungo il suo sviluppo: la tensione nel cavo in corrispondenza della testata di tiro, infatti, assumerà il valore massimo nominale e diminuisce progressivamente fino al valore minimo in corrispondenza della testata passiva.

Diametro guaina Occorre definire il diametro della guaina che permette l'infilaggio di tutte le armature che costituiscono il cavo. In corrispondenza viene visualizzata l'area di tale guaina nelle unità di misura correnti. È utile osservare che per la determinazione dei parametri geometrici il programma considera la sezione di calcestruzzo depurata di quest'area fino al momento della tesatura del cavo; dopo tale istante, invece, la sezione viene valutata tenendo conto del materiale d'iniezione e della presenza dell'acciaio armonico. Viene assunto che il materiale d'iniezione abbia le stesse caratteristiche meccaniche del materiale che compone la sezione che lo ospita.

Coefficiente d'attrito Occorre definire il valore [adimensionale] del coefficiente di attrito guaina-cavo dipendente dalle superfici delle armature e della guaina di alloggiamento che si trovano a contatto. Nei cataloghi dei maggiori fornitori di sistemi di precompressione sono indicati valori sperimentali compresi nel range $0,25 \div 0,3$.

Ondulazione convenzionale Occorre definire il valore dell'ondulazione convenzionale del cavo. Essa è una deviazione angolare non intenzionale che tiene conto degli inevitabili errori di posa in opera della guaina metallica. Ha le dimensioni di un angolo su una lunghezza; nella pratica si assume un valore minimo pari a $0,01$ [rad/m].

Tracciato La definizione del cavo di postensione necessita della descrizione geometrica del suo andamento all'interno della trave o del getto in opera rispetto al sistema di riferimento principale. Premendo sul tasto **Tracciato** si apre una finestra all'interno della quale premendo il bottone **Inserisci** si generano i punti (almeno due, quello iniziale e quello finale) di

Tracciato cavo 1			
punto	X globale longitudinale	Y globale trasversale	Z globale verticale
1	0	60	46,5
2	50	60	42,9273992756904
3	100	60	39,5500226346763
4	150	60	36,3678700769579
5	200	60	33,3809416025351
6	250	60	30,5892372114079
7	300	60	27,9927569035763
8	350	60	25,5915006790403

coordinate nello spazio X,Y,Z necessarie a definire completamente l'andamento del cavo di postensione: quanto più fitta è la definizione dei punti di variazione tanto più precisa risulta la simulazione del cavo reale (in particolare lo sviluppo delle cadute di tensione). Si ricorda che il programma simula la variazione di traiettoria del cavo nel modello di calcolo con un carico distribuito piuttosto che concentrato, assumendo che il cavo venga messo in opera secondo una curva continua piuttosto che secondo una spezzata. In ogni momento l'utente può aggiungere o cancellare i punti di variazione.

In alternativa premendo il bottone **Generazione** viene attivata una finestra che consente

tratto	pend.	X sin	Z sin	Y sin	parab.	lineare	Zv	passo punti	X des	Z des	Y des	pend.des
1	0	46,5	60		☒	☐	12	50	1880	46,5	60	0,07340

di generare dei punti per descrivere l'andamento parabolico o lineare di un cavo per intero oppure a tratti. Per ogni tratto occorre definire due punti nello spazio X,Y,Z - quello di sinistra $Xsin,Ysin,Zsin$ e quello di destra $Xdes,Ydes,Zdes$ - e l'eventuale quota Zv del vertice della parabola. Con questi due punti e con l'ipotesi che nel caso della parabola si abbia l'asse verticale parallelo al piano ZY , il cavo oppure un suo tratto, parabola o retta che sia, risulta univocamente determinato. Si noti che la mezzeria del cavo non deve necessariamente coincidere con la mezzeria della trave. Assegnando, infine, il passo punti (pur essendo possibile un numero maggiore è sufficiente una discretizzazione con un numero di punti pari a 30 in quanto un valore superiore non comporterebbe significative differenze nella valutazione dello stato tensionale della struttura) e premendo il bottone **Genera vertici** viene completata e confermata l'operazione di generazione dei vertici: quest'ultimi sono visualizzati nella finestra principale di descrizione del cavo, disponibili per una eventuale modifica.

Si osservi che è possibile aggiungere un numero di cavi di postensione pari a venti: per ciascuno di essi è possibile procedere alla sua completa definizione seguendo l'analoga procedura precedentemente illustrata.

3.4.5.3 Posizione trefoli nei prefabbricati

Ogni trefolo

Selezionando le voci di menù **Dati problema** → **Armature di precompressione** → **Posizione trefoli nei prefabbricati** si apre la finestra:

Livello	Z	Max n. trefoli
8	5.5	40
7	10.5	40
6	15.5	40
5	20.5	4
4	25.5	4
3	50	4
2	90	4
1	160	4

La tabella contenuta in questa finestra corrisponde a quella definita nell'**Archivio travi in c.a.p.** ed è qui modificabile.

Il bottone **Y fori** apre una ulteriore tabella che permette di modificare le posizioni Y dei fori in cui posizionare i trefoli. Questo dato non ha alcuna influenza sul risultato del calcolo, ma è utile solo per una corretta rappresentazione grafica delle armature di precompressione della sezione.

NOTA La modifica dei livelli dei trefoli pretesi, come pure di tutti i dati relativi alla trave e trasferiti come default in TCAP dall'**Archivio travi in c.a.p.**, viene salvata nei dati del problema; una eventuale successiva modifica ai dati della trave nell'**Archivio travi in c.a.p.**, con giusta riassegnazione nel modulo preprocessore, non verrà recepita da TCAP proprio perchè verrà sovrascritta dai dati del problema contenenti i valori precedenti. Nel caso in cui venga cambiato il tipo trave prefabbricata, viceversa, verranno mantenuti i nuovi dati provenienti dall' archivio.

livello	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
10	-55.5942	-50.5942	50.5942	55.5942											
9	-52.5926	-47.5926	47.5926	52.5926											
8	-50.1163	-45.1163	45.1163	50.1163											
7	-49.2158	-44.2158	44.2158	49.2158											
6	-48.3153	-43.3153	43.3153	48.3153											
5	-47.2300	-42.2300	42.2300	47.2300											
4	-46.1946	-41.1946	41.1946	46.1946											
3	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35
2	-62.5	-57.5	-52.5	-47.5	-42.5	-37.5	-32.5	-27.5	-22.5	-17.5	-12.5	-7.5	-2.5	2.5	7.5
1	-85	-80	-75	-70	-65	-60	-55	-50	-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15

Il bottone **Genera Y** assegna le posizioni orizzontali dei fori per il passaggio dei trefoli di precompressione per ogni livello Z, spaziandoli di 5 cm uno dall'altro. Questi dati non hanno rilevanza per ciò che riguarda il calcolo.

3.4.6 Armatura lenta travi prefabbricate

3.4.6.1 Armatura lenta Longitudinale

Nella finestra visualizzata l'utente può descrivere compiutamente l'armatura lenta longitudinale della trave prefabbricata oggetto di verifica. Le armature lente longitudinali non sono in generale necessarie in una trave precompressa che è sostanzialmente compressa su tutta la sezione e in tutte le condizioni di carico, ma si rendono necessarie dove si sviluppano delle trazioni che il calcestruzzo non è in grado di assorbire, come ad esempio sulle testate delle travi dove la precompressione non è ancora attiva.

Mediante il bottone **Inserisci** è possibile definire il numero di posizioni di armatura che si intende predisporre.

Posiz.	Descrizione	n. barre	Ø [mm]	rif.	ΔX' _i	rif.	ΔX' _f	y'	z'	simmetrica risp. L/2
T1L1	Correnti superiori sx	2	14	testata sx	0	testata dx	0	-100	150	
T1L2	Correnti superiori dx	2	14	testata sx	0	testata dx	0	100	150	

Per ciascuna posizione occorre inserire:

Descrizione L'utente completa il campo inserendo una breve descrizione identificatrice per l'armatura inserita.

n. barre Corrisponde al numero totale delle barre poste nella posizione in oggetto.

Ø [mm] Dal menù a discesa è possibile scegliere la dimensione trasversale delle barre.

rif. Dal menù a discesa è possibile scegliere l'origine del sistema di riferimento fra tre punti distinti (*testata sx*, *mezzeria*, *testata dx*). Rispetto a tale origine l'utente fissa l'ascissa iniziale della posizione delle barre disposte lungo l'asse longitudinale X della trave.

ΔX'_i Corrisponde, nelle unità di misura correnti, alla distanza dell'ascissa iniziale della posizione delle barre disposte lungo l'asse X della trave dal riferimento **rif.** precedentemente fissato.

Ad esempio assegnando **ΔX'_i = 0** e avendo posto **rif. = testata sx**, le barre saranno posizionate a partire dalla testata sinistra della trave; si ribadisce come in questo caso i valori assegnati sono legati e devono essere intesi in riferimento alla lunghezza trave e non alla luce di calcolo.

Un valore positivo attribuito a **ΔX'_i** corrisponde ad un'ascissa crescente come è possibile osservare dal grafico della sezione longitudinale.

rif. Dal menù a discesa è possibile scegliere l'origine del sistema di riferimento fra tre punti distinti (*testata sx*, *mezzeria*, *testata dx*). Rispetto a tale origine l'utente fissa l'ascissa finale della posizione delle barre disposte lungo l'asse X della trave.

ΔX'_f Corrisponde, nelle unità di misura correnti, alla distanza dell'ascissa finale della posizione delle barre disposte lungo l'asse X della trave dal riferimento **rif.** precedentemente fissato.

Un valore positivo attribuito a **ΔX'_f** corrisponde ad un'ascissa crescente come è possibile osservare dal grafico della sezione longitudinale.

Ad esempio assegnando $\Delta X_f = 80\text{cm}$ e avendo posto **rif.** = *testata dx*, le barre saranno posizionate ad una distanza di 80 cm oltre la testata destra della trave: in grafico, pertanto, saranno visualizzate le armature “al di fuori” della trave prefabbricata.

Una assegnazione di questo tipo può essere utilizzata per ancorare le barre della posizione fin dalla testata della trave simulando così delle barre piegate.

Y' Corrisponde alla coordinata lungo l'asse Y della posizione delle barre, come è possibile osservare dal grafico della sezione trasversale. Questo dato ha rilevanza solo grafica e non influisce sui risultati del calcolo.

Z' Corrisponde alla coordinata lungo l'asse Z della posizione delle barre, come è possibile osservare sia dal grafico della sezione trasversale sia da quello della sezione longitudinale.

simmetrica risp.L/2 Il comando duplica l'armatura descritta simmetricamente rispetto alla mezzeria della trave. La funzione risulta particolarmente utile in quanto consente all'utente di definire l'armatura in riferimento solo a metà trave.

NOTA Si tenga presente che nella procedura di calcolo il programma determina la lunghezza efficace dell'armatura longitudinale sottraendo alle estremità le lunghezze di ancoraggio (pari a quaranta diametri)

3.4.6.2 Staffe

Nella finestra visualizzata l'utente può descrivere compiutamente l'armatura lenta trasversale della trave prefabbricata oggetto di verifica.

Mediante il bottone **Inserisci** è possibile definire il numero di tratti di armatura trasversale che si intende predisporre.

E' possibile sovrapporre longitudinalmente i tratti, ottenendo una maggiore quantità di armatura trasversale nelle zone di sovrapposizione.

Trave 1	Trave 2	Trave 3								
Posiz.	n. bracci	Ø [mm]	passo	rif.	ΔX_i	passo	ΔX_f	Anima trave	Collegam. trave-sol.	simmetrica risp. L/2
T1S1	4	14	10	testata sx	0	testata sx	200	☒	☒	☒
T1S2	4	12	20	testata sx	200	testata sx	600	☒	☒	☒
T1S3	4	12	30	testata sx	600	testata dx	-600	☒	☒	☐

Ok Annulla Inserisci Cancella

Per ciascun tratto occorre inserire:

n. bracci Corrisponde al numero totale dei bracci delle staffe inserite per il tratto in oggetto.

Ø [mm] Dal menù a discesa è possibile scegliere il diametro delle staffe inserite per il tratto in oggetto, sempre in millimetri indipendentemente dalle unità di misura correnti.

passo Corrisponde alla distanza, nelle unità di misura correnti, tra due staffe consecutive.

rif. Dal menù a discesa è possibile scegliere l'origine del sistema di riferimento fra tre punti distinti (*testata sx*, *mezzeria*, *testata dx*). Rispetto a tale origine l'utente fissa l'ascissa iniziale del tratto di staffe disposte lungo l'asse X della trave.

$\Delta X'_i$ Corrisponde, nelle unità di misura correnti, alla distanza dell'ascissa iniziale del tratto di staffe disposte lungo l'asse X della trave dal riferimento **rif.** precedentemente fissato.

Ad esempio assegnando $\Delta X'_i = 0$ e avendo posto "**rif.**" = *testata sx*, le staffe saranno posizionate a partire dalla testata sinistra della trave; si ribadisce come in questo caso i valori assegnati sono legati e devono essere intesi in riferimento alla lunghezza trave e non alla luce di calcolo.

Un valore positivo attribuito a $\Delta X'_i$ corrisponde ad un'ascissa crescente come è possibile osservare dal grafico della sezione trasversale.

rif. Dal menù a discesa è possibile scegliere l'origine del sistema di riferimento fra tre punti distinti (*testata sx*, *mezzeria*, *testata dx*). Rispetto a tale origine l'utente fissa l'ascissa finale del tratto di staffe disposte lungo l'asse X della trave.

$\Delta X'_f$ Corrisponde, nelle unità di misura correnti, alla distanza dell'ascissa finale del tratto di staffe disposte lungo l'asse X della trave dal riferimento **rif.** precedentemente fissato.

Un valore positivo attribuito a $\Delta X'_f$ corrisponde ad un'ascissa crescente come è possibile osservare dal grafico della sezione trasversale.

Ad esempio assegnando $\Delta X'_f = -30\text{cm}$ e avendo posto **rif.** = *testata dx*, le staffe saranno posizionate in un tratto che, iniziando dall'ascissa iniziale, termina ad una distanza di 30 cm prima della testata destra della trave.

Anima trave Il comando, attivo qualora sia presente il segno di "spunta", definisce la presenza dell'armatura trasversale all'interno della trave prefabbricata. L'armatura trasversale così definita verrà utilizzata per la verifica a taglio/torsione della trave adottando tutta l'altezza utile disponibile in ogni fase.

Il programma visualizza le staffe nel grafico della sezione trasversale e determina i parametri resistenti ad esse dovute per effettuare le verifiche previste per le sollecitazioni taglianti e torsionali.

Collegamento trave-sol. Se è presente il segno di "spunta" in questo campo il programma destina l'armatura trasversale della posizione al collegamento tra la trave prefabbricata ed il getto superiore di cls eseguito in opera, ed esegue perciò il calcolo dello sforzo resistente di scorrimento mettendo in conto questa armatura.

simmetrica risp.L/2 Il comando duplica l'armatura descritta simmetricamente rispetto alla mezzeria della trave. La funzione risulta particolarmente utile in quanto consente all'utente di definire l'armatura in riferimento solo a metà trave.

3.4.6.3 Long. inf. all'appoggio

Nella finestra visualizzata l'utente può descrivere l'armatura lenta longitudinale inferiore da predisporre in corrispondenza dell'appoggio della trave prefabbricata e che garantisce il funzionamento del modello a traliccio in quella zona del manufatto, soggetta alla forza concentrata rappresentata dalla reazione dell'appoggio.

NOTA L'armatura si intende sempre simmetrica, cioè posizionata in corrispondenza di entrambe le testate.

In particolare occorre inserire:

numero barre Corrisponde al numero totale delle barre poste al livello in oggetto.

diametro barre Dal menù a discesa è possibile scegliere la dimensione trasversale delle barre.

lunghezza tratto longitudinale

Corrisponde alla lunghezza, nelle unità di misura correnti, delle barre poste all'appoggio della trave prefabbricata oggetto di verifica. L'ascissa iniziale è posta in corrispondenza della testata della trave. L'utente può visualizzare graficamente l'armatura nel grafico della sezione trasversale (ovviamente occorre effettuare una sezione trasversale facendo scorrere il piano di sezione trattenuto lungo la sezione longitudinale fino ad una ascissa X interessata dalla presenza dell'armatura in questione).

quota Z' Corrisponde alla coordinata lungo l'asse Z della posizione delle barre, come è possibile osservare dal grafico della sezione trasversale.

3.4.6.4 Verifiche locali

Nella versione attuale del programma i comandi presenti in questo menù non sono ancora disponibili. Nei pannelli previsti sarà possibile individuare i criteri e le armature necessarie per verificare i fenomeni che si sviluppano in corrispondenza delle testate di elementi in c.a.p: bursting, spalling e spreading.

3.4.7 Armatura lenta getto di seconda fase

3.4.7.1 Armatura lenta longitudinale del getto di seconda fase

Nella finestra visualizzata l'utente può descrivere compiutamente l'armatura lenta longitudinale da disporre nel getto in opera.

Mediante il bottone **Inserisci** è possibile definire il numero di posizioni che si intende predisporre. Per ciascuna di esse occorre inserire:

Posiz.	Descrizione	n. barre	Ø [mm]	rif.	ΔXi	rif.	ΔXf	y'	z'
S-L1	correnti in soletta	24	16	Spalla A	-100	Spalla B	100	-50	180

Descrizione L'utente completa il campo inserendo una breve descrizione chiarificatrice per l'armatura inserita.

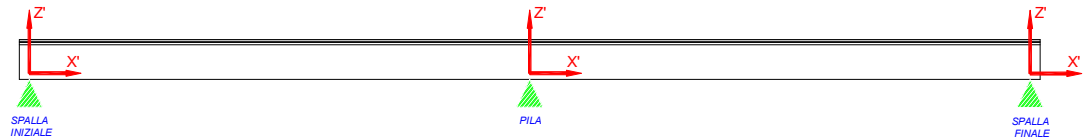
n. barre Corrisponde al numero totale delle barre poste al livello in oggetto.

Ø [mm] Dal menù a discesa è possibile scegliere la dimensione trasversale delle barre.

rif. Dal menù a discesa è possibile scegliere l'origine del sistema di riferimento fra più punti distinti (*Spalla iniziale*, *Pila n-esima*, *Spalla finale*). Rispetto a tale origine

l'utente fissa l'ascissa iniziale della posizione delle barre disposte lungo l'asse X della trave.

$\Delta X'_i$ Corrisponde, nelle unità di misura correnti, alla distanza dell'ascissa iniziale della posizione delle barre disposte lungo l'asse X della trave dal riferimento **rif.** precedentemente fissato. Ad esempio assegnando **$\Delta X'_i = 0$** e avendo posto **rif. = Spalla iniziale**, le barre saranno posizionate a partire dall'asse della spalla iniziale, e saranno considerate attive dopo 40 volte il diametro. Un valore positivo attribuito a **$\Delta X'_i$** corrisponde ad un'ascissa crescente concordemente al sistema di riferimento globale (cfr 3.1) e come è possibile osservare dal grafico della sezione longitudinale.



rif. Dal menù a discesa è possibile scegliere l'origine del sistema di riferimento fra più punti distinti (**Spalla iniziale**, **Pila n-esima**, **Spalla finale**). Rispetto a tale origine l'utente fissa l'ascissa finale della posizione delle barre disposte lungo l'asse X della trave.

$\Delta X'_f$ Corrisponde, nelle unità di misura correnti, alla distanza dell'ascissa finale della posizione delle barre disposte lungo l'asse X della trave dal riferimento **rif.** precedentemente fissato.

Ad esempio assegnando **$\Delta X'_f = 0$** e avendo posto **rif. = Spalla finale**, le barre termineranno in corrispondenza dell'asse della spalla finale, e non saranno attive da 40 volte il diametro prima della spalla fino alla spalla stessa (lunghezza di ancoraggio).

Y' Corrisponde alla coordinata lungo l'asse Y della posizione delle barre, come è possibile osservare dal grafico della sezione trasversale. Questo dato non ha alcuna influenza sui risultati del calcolo, poichè non viene considerata la flessione laterale.

Z' Corrisponde alla coordinata lungo l'asse Z della posizione delle barre, come è possibile osservare sia dal grafico della sezione trasversale sia da quello della sezione longitudinale.

3.4.7.2 Staffe del getto di seconda fase

Nella finestra visualizzata l'utente può descrivere l'armatura lenta trasversale del getto eseguito in opera nei tratti dove non è presente il prefabbricato.

Mediante il bottone **Inserisci** è possibile definire il numero di tratti di armatura trasversale che si intende predisporre.

Per ciascuno di essi occorre inserire:

Posiz.	n. bracci	ϕ [mm]	passo	rif.	$\Delta X'_i$	rif.	$\Delta X'_f$
S-S1	6	14	20	Pila 1	-80	Pila 1	80
S-S2	6	14	20	Pila 2	-80	Pila 2	80

Ok Annulla Inserisci Cancella

n. bracci Corrisponde al numero totale dei bracci delle staffe inserite per il tratto in oggetto.

Ø [mm] Dal menù a discesa è possibile scegliere il diametro, sempre in millimetri, delle staffe inserite per il tratto in oggetto.

rif. Dal menù a discesa è possibile scegliere l'origine del sistema di riferimento dell'ascissa iniziale del tratto fra più punti distinti (*Spalla iniziale*, *Pila n-esima*, *Spalla finale*). Rispetto a tale origine l'utente fissa l'ascissa iniziale del tratto di staffe disposte lungo l'asse X della trave.

$\Delta X'_i$ Corrisponde, nelle unità di misura correnti, alla distanza dell'ascissa iniziale del tratto di staffe disposte lungo l'asse X della trave dal riferimento **rif.** precedentemente fissato. Ad esempio assegnando **$\Delta X'_i = 0$** e avendo posto **rif. = Spalla iniziale**, le staffe saranno posizionate a partire dall'asse della spalla iniziale.

Un valore positivo attribuito a **$\Delta X'_i$** corrisponde ad un'ascissa crescente come è possibile osservare dal grafico della sezione trasversale.

rif. Analogamente al punto iniziale del tratto va indicato al programma il riferimento per l'ascissa del punto finale specificata nella colonna successiva.

$\Delta X'_f$ Corrisponde, nelle unità di misura correnti, alla distanza dell'ascissa finale del tratto di staffe disposte lungo l'asse X della trave dal riferimento **rif.** precedentemente fissato.

Ad esempio assegnando **$\Delta X'_f = 0$** e avendo posto **rif. = Spalla finale**, le staffe termineranno in corrispondenza dell'asse della spalla finale.

Un valore positivo attribuito a **$\Delta X'_i$** corrisponde ad un'ascissa crescente come è possibile osservare dal grafico della sezione longitudinale.

3.4.7.3 Quotature nelle sezioni longitudinale e trasversale

I disegni della finestra di input, sezione longitudinale della trave e sezione trasversale, sono dotati di quotature dimensionali tra i punti notevoli della struttura. L'utente può modificare le quotature generate dal programma, cancellarle o inserirne di nuove utilizzando l'apposita finestra composta di due pagine:

Quotature in sezione longitudinale								
quota	punto quota 1	1 - ind.elem.	1 - sub.elem.	1 - indice	punto quota 2	2 - ind.elem.	2 - sub.elem.	2 - indice
1	vertici dei prefabb.	prefabb. 1	tratto 1 - inizio	1	asse appoggi	Spalla iniziale	-	0
2	vertici dei prefabb.	prefabb. 1	tratto 1 - inizio	1	vertici dei prefabb.	prefabb. 1	tratto 1 - fine	1
3	asse appoggi	Spalla iniziale	-	0	asse appoggi	Spalla finale	-	0
4	asse appoggi	Spalla finale	-	0	vertici dei prefabb.	prefabb. 1	tratto 1 - fine	1
Ok Annulla Inserisci Cancella >								

Quotature in sezione longitudinale					
quota	descrizione	X	Z	=	distanza
1		●			-121,50
2	L trave =	●			-199,00
3	luce =	●			-243,00
4		●			-121,50
Ok Annulla Inserisci Cancella <					

3.5 Menù “Verifica”

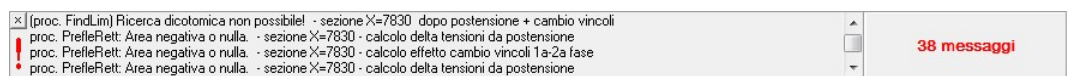
Si analizzano le opzioni presenti nel menù Verifica

Questo menù può essere attivato mediante i tasti di scelta rapida ALT+V.

3.5.1 Verifica

Il comando, che può essere attivato mediante il tasto di scelta F3, esegue le verifiche dell'elemento precompresso e delle porzioni di struttura gettate in opera secondo i criteri precedentemente definiti dall'utente.

In corrispondenza della parte inferiore della finestra principale il programma fornisce una lista di segnalazioni utili all'utente relative alle procedure di calcolo: ogni procedura, infatti, all'interno del programma è dotata di una diagnostica che evidenzia eventuali anomalie.



I messaggi possono riferirsi alla mancanza di dati in alcune sezioni e in particolari fasi di verifica: tali segnalazioni possono inficiare il calcolo e le verifiche in quelle specifiche sezioni; esse, tuttavia, non influenzano quelle relative alle restanti sezioni.

3.6 Menù “Vista”

Si analizzano le opzioni presenti nel menù Vista

Questo menù può essere attivato mediante i tasti di scelta rapida ALT+I.

3.6.1 Vista

Il comando permette di accedere alle seguenti opzioni di vista dell'area di lavoro per le quali si riporta la combinazione di tasti di scelta rapida:

Zoom Estensione	
Zoom Window	
Zoom Precedente	<i>non attivo</i>
Zoom Tutto	
Zoom In	Shift + Ctrl + F
Zoom Out	Shift + Ctrl + A
Pan	
Pan Nord	<i>non attivo</i>
Pan Sud	<i>non attivo</i>
Pan Est	<i>non attivo</i>
Pan Ovest	<i>non attivo</i>

3.6.2 Visualizza

Per ciascuna porzione di finestra (sezione longitudinale, sezione trasversale, schema statico) il comando permette di accedere a delle opzioni di visualizzazione di strumenti contestualmente logici. L'utente può rendere attiva una qualsiasi delle opzioni proposte mediante un segno di spunta nella casella corrispondente a tale opzione; alcune, tuttavia, non possono essere modificate e risultano, pertanto, sempre presenti nel grafico di competenza in quanto ritenute indispensabili alla lettura e comprensione dello stesso.

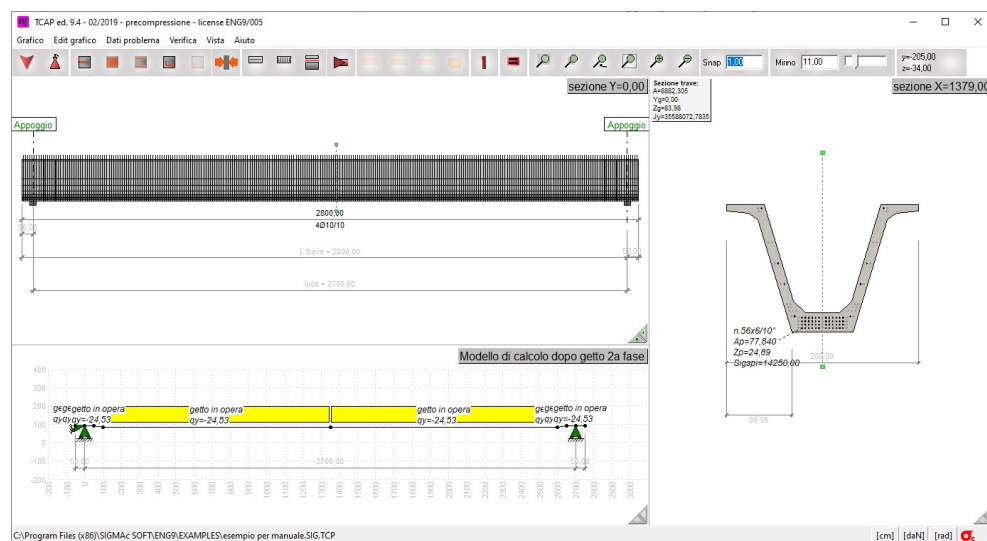
Si riportano nel seguito le opzioni di visualizzazione indicando quelle visibili di default.

in sezione trasversale	Cavi pretesi	
	Punti tracciato cavi postesi del getto in opera	
	Armatura lenta longitudinale	
	Staffe	<i>default</i>
	Posizioni fori sul fermagetto	
	Numerazione vertici	
	Etichette cavi di precompressione	
	Etichette armatura longitudinale	
	Etichette staffe	<i>default</i>
	Griglia sistema di riferimento	

in sezione longitudinale	Cavi pretesi	
	Punti tracciato dei cavi postesi nei prefabbricati	
	Punti tracciato dei cavi postesi del getto in opera	
	Armatura lenta longitudinale	
	Staffe	
	Etichette pile	
	Etichette cavi di precompressione	<i>default</i>
	Etichette armatura longitudinale	
	Etichette staffe	
	Griglia sistema di riferimento	

schema statico	Etichette nodi	
	Etichette aste	
	Etichette carichi	
	Griglia	
	Forze di precompressione	<i>default</i>
	Reazione appoggi provvisori	<i>default</i>

Inoltre il comando permette di accedere alle opzioni di visualizzazione **Fase 1 – al getto soletta** e **Fase 2 – a tempo infinito**. Questo vuol dire che per ciascuna finestra, a seconda della scelta fatta dall'utente, verrà visualizzato solo l'elemento prefabbricato (Fase 1), come nella figura sottostante, oppure anche il getto in opera (Fase 2) come da figura a pagina 16.



3.7 Menù “Aiuto”

Si analizzano le opzioni presenti nel menù Aiuto
Questo menù può essere attivato mediante i tasti di scelta rapida ALT+A.

3.7.1 Guida

Il comando apre la guida in linea del programma **TCAP**
Non è disponibile nella versione 9.4

3.7.2 Indice

Il comando apre l'indice generale degli argomenti che costituiscono la guida del programma **TCAP**.
Non è disponibile nella versione 9.4

3.7.3 www.sigmac.it

Il comando permette di accedere tramite il browser predefinito del computer al sito web di SIGMAc SOFT s.a.s.

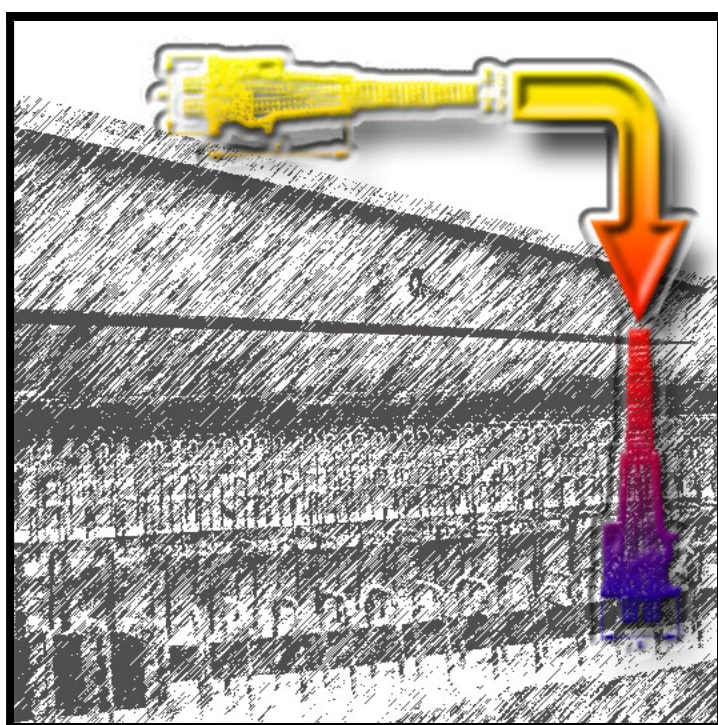
3.7.4 Cerca aggiornamenti all'avvio

Se il computer dispone di una connessione internet attiva il programma verifica all'avvio la disponibilità di aggiornamenti e la segnala all'utente

3.7.5 Info

Viene visualizzata la finestra Informazioni sull'installazione che riporta le informazioni riguardanti la versione del programma per la corrente installazione

CAPITOLO 3

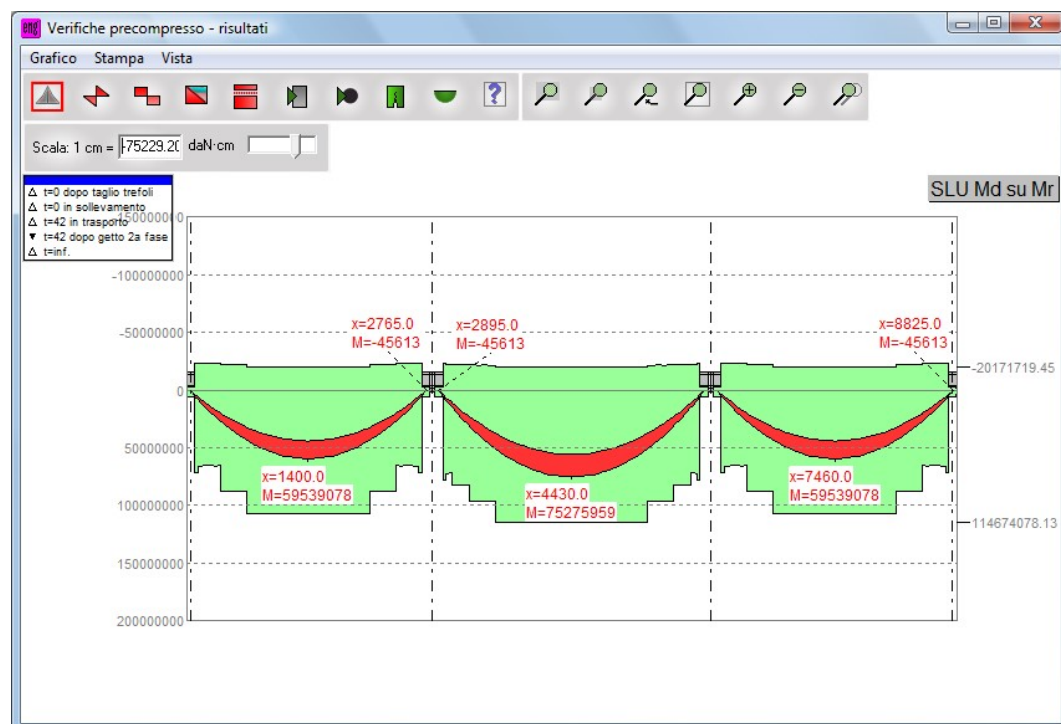


4 TCAP - IL MODULO DI OUTPUT

Nel seguito si illustra come leggere e visualizzare i risultati forniti dal modulo di verifica **TCAP**.

Eseguito il calcolo, ad esempio per mezzo del tasto di scelta rapida F3 all'interno del modulo **TCAP**, vengono visualizzate la finestra dei risultati e la finestra di bozza della relazione di calcolo se abilitata mediante il check **Bozza output automatica** nel pannello Gestione output (dopo aver eseguito la sequenza di operazioni **File** → **Preferenze** → **Miscellanea**).

Il programma aggiorna automaticamente il calcolo e le finestre di output ogni qualvolta viene modificato un dato di input, sia esso in **TCAP** (ad esempio i dati relativi ai cavi di precompressione) o nel preprocessore collegato.



All'interno dell'area di lavoro della finestra dei risultati viene mostrato un grafico dei principali parametri di verifica come viene spiegato nei paragrafi successivi: ciò permette di controllare graficamente lungo tutta la trave la progettazione eseguita.

A seconda del tipo di grafico di verifica selezionato vengono visualizzate nella stessa finestra le vetrofanie relative a:

- **Vetrofania selezione tempi** (visualizzata/nascosta mediante il tasto di scelta rapida F4), per default ancorata in alto a sinistra dell'area di disegno;
- **Vetrofania selezione fibre**, per default ancorata in basso a destra dell'area di disegno;

Per tutti i grafici visualizzati sono attivi i bottoni di zoom con i quali è possibile ingrandire dettagli del diagramma e ricentrare la figura ottimizzando l'utilizzo dell'area grafica a disposizione.

L'uso di tutti i comandi viene di seguito illustrato analizzando ciascun menù.

4.1 Menù “Grafico”

Si analizzano le opzioni presenti nel menù Grafico.

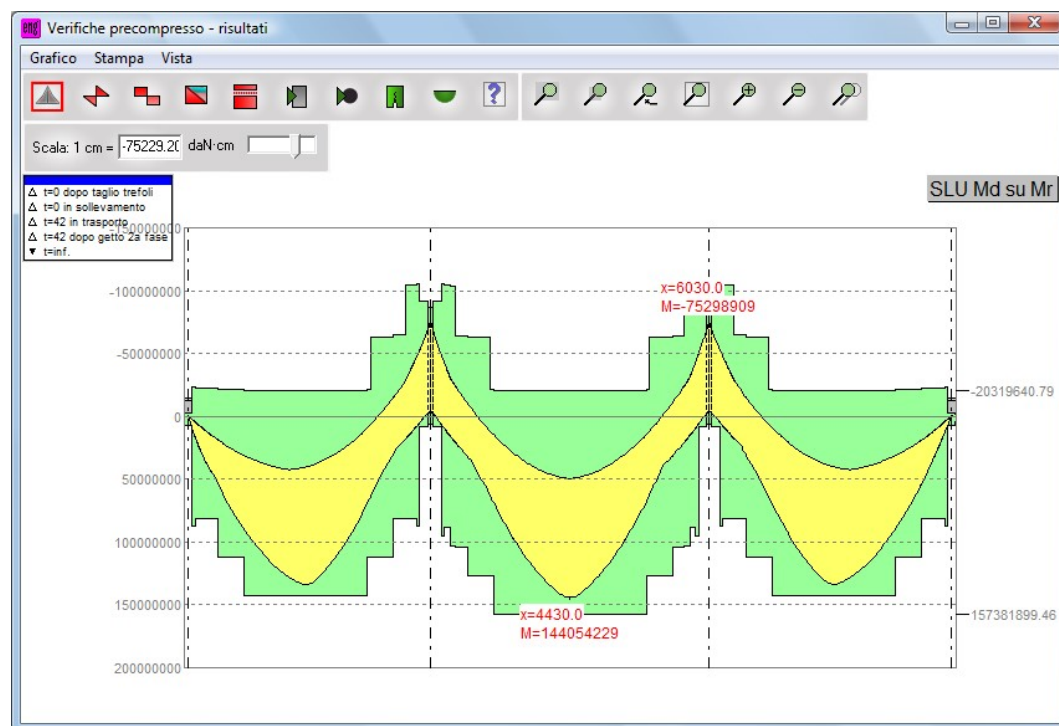
Questo menù può essere attivato mediante i tasti di scelta rapida ALT+G.

4.1.1 Grafico → SLU

Il comando permette di visualizzare i diagrammi relativi ad alcune verifiche agli Stati Limite Ultimi.

4.1.1.1 M – momento flettente

Nella finestra vengono visualizzati i diagrammi del momento flettente resistente $M_{Rd,max}$ massimo, disegnato in basso, e $M_{Rd,min}$ minimo, disegnato in alto, nelle unità di misura correnti: i due diagrammi delimitano un'area colorata in verde. Sovrapposto a questi viene disegnato l'involuppo delle sollecitazioni flettenti di progetto M_{Ed} per tutte le combinazioni agli stati limite ultimi calcolate dal preprocessore, persistenti e transitorie, sismiche SLU, accidentali. La verifica s'intende soddisfatta qualora in ogni punto risulti $M_{Rd} \geq M_{Ed}$, cioè il diagramma resistente copra quello di progetto.



I valori riportati nel diagramma sono riferiti a momenti flettenti e sono espressi perciò in $[F \cdot L]$.

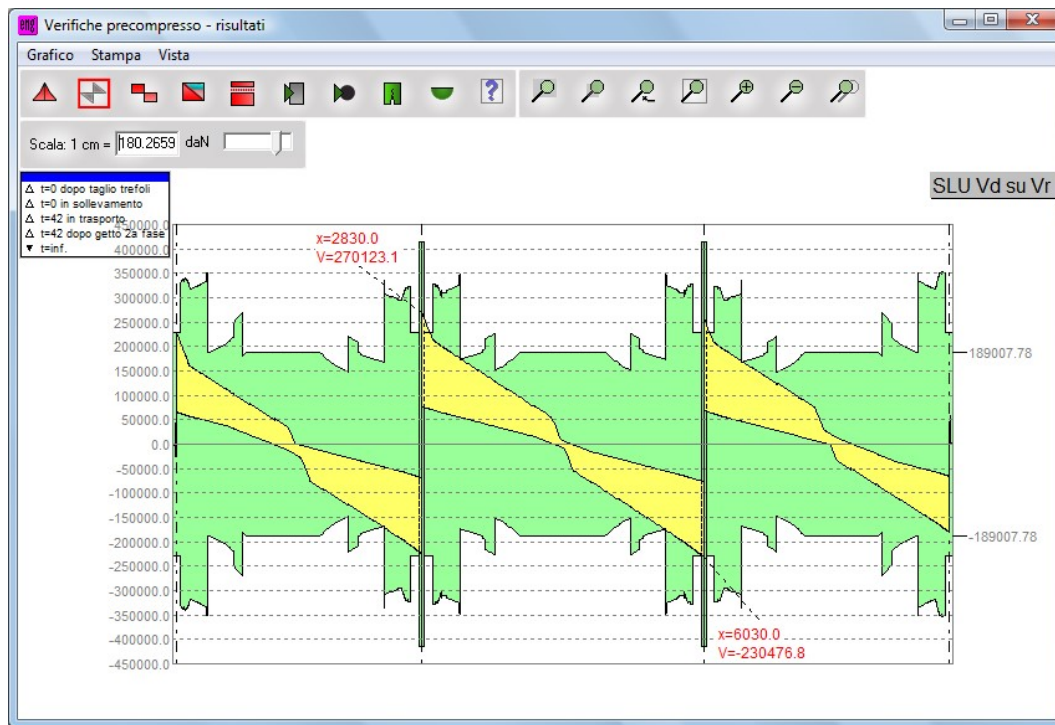
L'utente può osservare l'andamento nel tempo della verifica selezionando nella vetrofania dei tempi una specifica fase ($t=0$ taglio dei trefoli, $t=0$ sollevamento, $t=42$ trasporto, ecc...)

Il bottone , corrispondente alla voce di menù **Vista→Vista→Zoom estensione**, permette di centrare il grafico adeguandolo alle dimensioni della finestra.

Il grafico è interrogabile con **Grafico→Interrogazione diagrammi** e con questa funzione è possibile inserire ulteriori etichette alle ascisse desiderate.

4.1.1.2 V – taglio

Nella finestra vengono visualizzati i diagrammi del taglio resistente $V_{Rd,max}$ massimo, e $V_{Rd,min}$ minimo, nelle unità di misura correnti: i due diagrammi delimitano un'area colorata in verde. Sovrapposto a questa viene disegnato l'involuppo delle sollecitazioni taglianti di progetto V_{Ed} per tutte le combinazioni agli stati limite ultimi calcolate dal preprocessore, persistenti e transitorie, sismiche SLU, accidentali. La verifica s'intende soddisfatta qualora in ogni punto risulti $V_{Rd} \geq V_{Ed}$, cioè il diagramma resistente “copre” quello di progetto.



L'utente può osservare l'andamento nel tempo della verifica selezionando nella vetrofania presente una specifica fase (t=0 taglio dei trefoli, t=0 sollevamento, t=42 trasporto, ecc...)

Se l'analisi si riferisce ad una struttura realizzata in due fasi, negli istanti che fanno riferimento alla prima fase (t<70gg) il taglio resistente è quello calcolato sulla sezione della sola trave, mentre negli istanti successivi è riferito alla sezione composta.

Il calcolo di V_{Rd} viene condotto cercando il valore maggiore tra quello fornito dalla formula della normativa per elementi senza armatura trasversale (NTC2018-4.1.23; EN1992-1-1-6.2):

$$V_{Rd} = \left[\frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

$$\geq (0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

ed il valore minore calcolato con le formule per elementi con armatura a taglio, nell'ipotesi che le armature trasversali siano disposte verticalmente ($\alpha=90^\circ$), (NTC2018-4.1.27 e 4.1.28; EN1992-1-1-6.8 e 6.9):

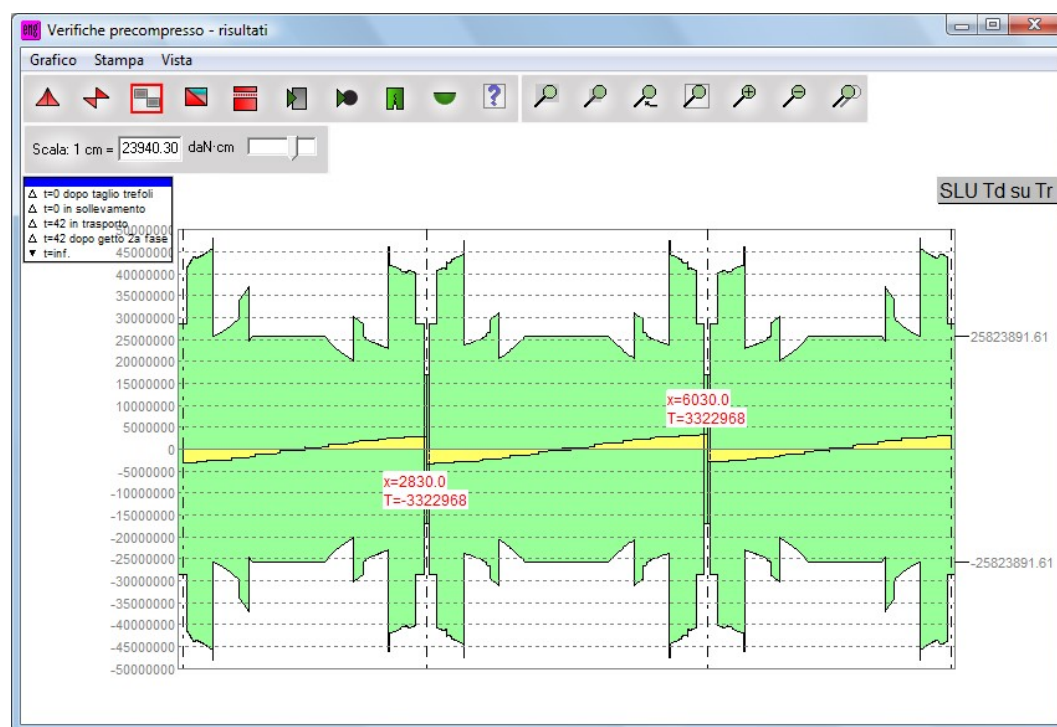
$$V_{Rd,s} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot \cot \theta$$

$$V_{Rd,c} = \frac{\alpha_c \cdot 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot 0.5 \cdot f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta}$$

- L'inclinazione delle bielle compresse di calcestruzzo θ viene determinata in fase non fessurata e quindi coincidente con quella risultante dall'applicazione dei cerchi di Mohr alla quota della fibra baricentrica della sezione precompressa. Nel caso la sezione non sia precompressa si assume $\theta=45^\circ$. In ogni caso vengono considerate le limitazioni imposte dalla normativa.
- Il coefficiente α_c , che mette in conto l'eventuale sforzo di compressione sulla sezione, viene calcolato in base allo sforzo di precompressione presente sulla sezione nel particolare istante di verifica applicato alla totale area della sezione in quella fase.
- Come valore di f_{ck} viene applicato alle formule quello del calcestruzzo degli elementi prefabbricati.

4.1.1.3 T – momento torcente

Nella finestra vengono visualizzati gli involuppi massimo e minimo, nelle unità di misura correnti, delle sollecitazioni torcenti per le combinazioni agli stati limite ultimi precedentemente definite (T_{Ed}) ed il diagramma del momento torcente massimo resistente (T_{Rd}): la verifica s'intende soddisfatta qualora in ogni punto risulti $T_{Rd} \geq T_{Ed}$, cioè il diagramma resistente “copre” quello di progetto.



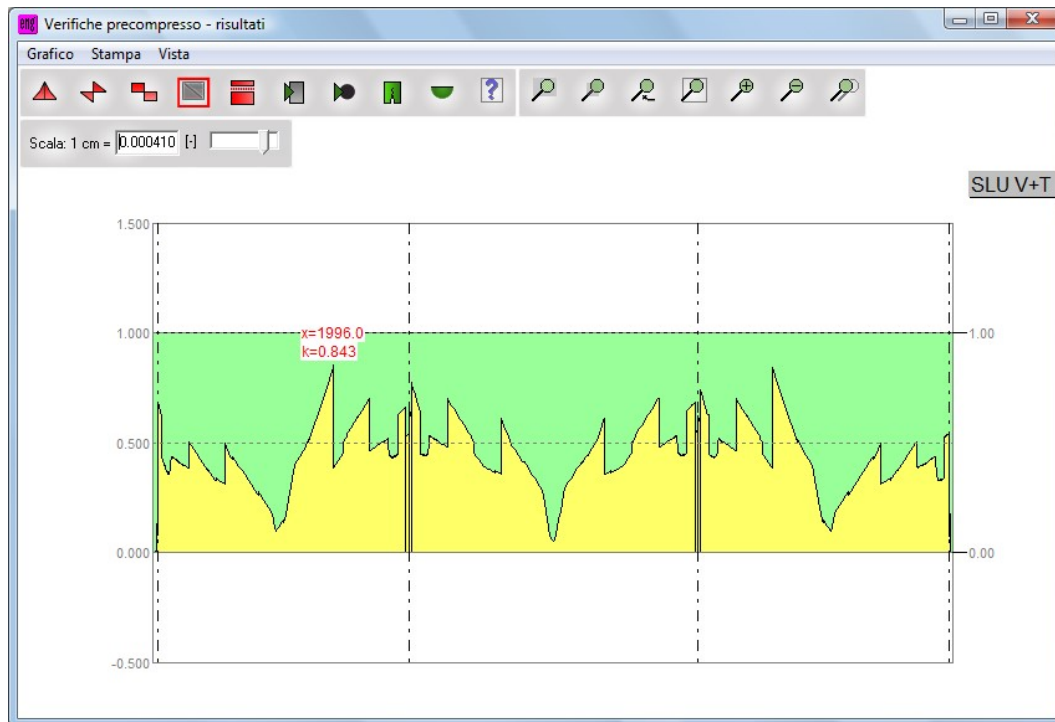
L'utente può osservare l'andamento nel tempo della verifica selezionando nella vetrofania presente una specifica fase (t=0 taglio dei trefoli, t=0 sollevamento, t=42 trasporto, ecc...)

4.1.1.4 V+T – taglio-torsione

Nella finestra viene visualizzato per ciascuna sezione il valore determinato dalla relazione

$$(T_{Ed} / T_{Rd}) + (V_{Ed} / V_{Rd}) \leq 1$$

come prescritto dalla normativa. Si osservi che a favore di sicurezza il programma determina il rapporto tra i valori di calcolo e quelli resistenti assumendo per ciascuna specifica sezione i valori massimi di taglio e torsione che, tuttavia, possono corrispondere a due distinte configurazioni di carico (in particolare a due differenti posizioni del carico variabile da traffico).



4.1.2 Scorrimento interfaccia getti

Nei problemi che prevedono la presenza di due getti accoppiati il programma esegue una verifica di rottura (quindi solo per le combinazioni SLU) della trave per scorrimento tra i getti.

Il procedimento di verifica è quello usuale di confronto tra la sollecitazione agente (in questo caso uno sforzo di scorrimento $[F/L]$) e quella resistente.

Il criterio di valutazione dello sforzo di scorrimento ultimo tra i due getti viene calcolato, alternativamente a quello classico della teoria dell'elasticità, nel modo indicato in EN1992-1-1-6.2.5. In base a relazioni di equilibrio lo sforzo di scorrimento tra i due getti può essere espresso come

$$\tau_{Ed} \cdot b = S_{Ed} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{z}$$

in cui V_{Ed} è il taglio agente sulla sezione, b è la larghezza di contatto tra i due getti, z l'altezza utile della sezione. β rappresenta il rapporto tra la forza di compressione longitudinale nel getto in opera e la forza totale nel corrente compresso. Nell'ipotesi che la forza del corrente compresso (o teso, nel qual caso il ragionamento resta valido) sia sopportata interamente dal getto in opera si ha $\beta=1$, ed è questa l'ipotesi che viene mantenuta dal programma.

Nel caso poi in cui si sia in presenza di torsione il modello esposto va applicato all'anima in cui taglio e torsione si sommano.

Lo sforzo di scorrimento ultimo S_{Rd} oltre il quale si verifica la rottura dell'interfaccia dei due getti si può esprimere come

$$S_{Rd} = c \cdot f_{ctd} \cdot b + \mu \cdot \left(\sigma_n \cdot b + f_{yd} \cdot \frac{A_{sw}}{s} \right)$$

Il significato dei parametri, coerentemente con quanto riportato al par. 3.4.3.2 è il seguente:

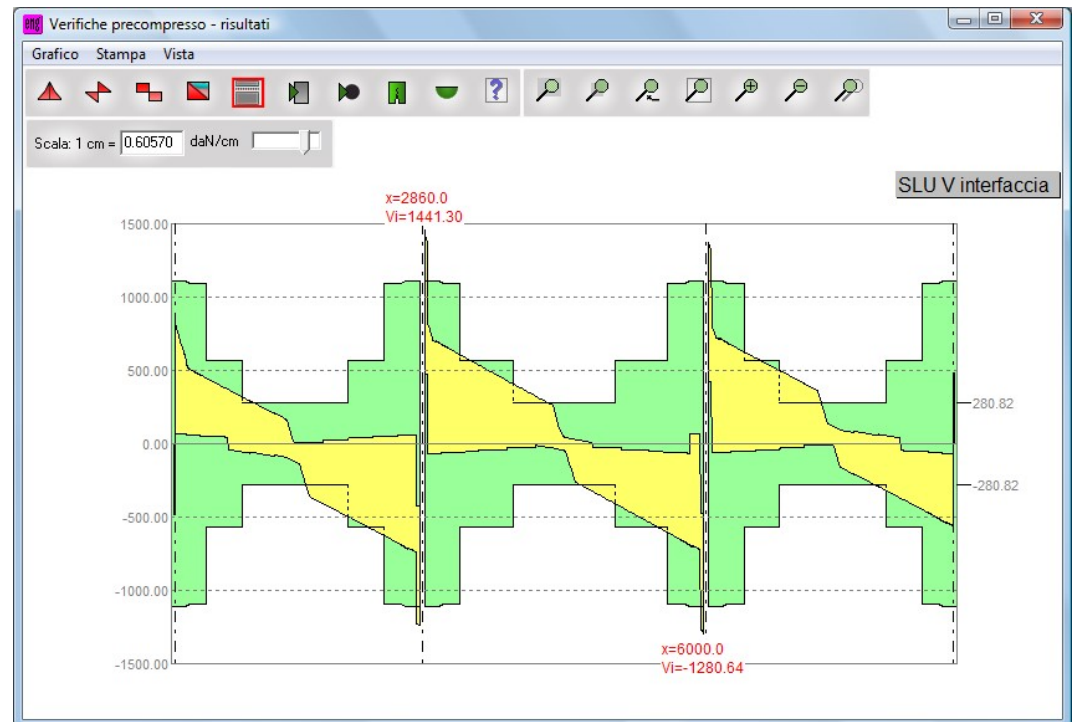
c Fattore di coesione tra le superfici

μ Coefficiente di attrito tra le superfici
 σ_n Compressione normale alle superfici

Inoltre b è la larghezza totale della superficie di contatto tra i getti, A_{sw} è l'area delle barre di una staffa che realizza il collegamento tra i getti, s il passo delle staffe.

f_{ctd} è la resistenza a trazione di progetto del calcestruzzo e vale

$$f_{ctd} = 0.7 \cdot f_{ctm} / \gamma_c \quad [\text{NTC2018- (4.1.4) / EN1992-1-1-3.1.6 (2)P}]$$



La verifica di resistenza, più che puntuale, va fatta globalmente sulla semicampata o su una porzione di essa, confrontando l'area totale della sollecitazione di progetto e l'area totale della resistenza. Si sottolinea il fatto che l'area della sollecitazione di progetto è, in generale, data da un involucro di configurazioni di carico, quindi un confronto diretto delle aree è senz'altro a favore di sicurezza.

4.1.3 Grafico → SLE

Il comando permette di visualizzare i diagrammi relativi alle tensioni, nel calcestruzzo e nell'acciaio, e alle deformazioni per le distinte combinazioni e nelle diverse fasi.

4.1.3.1 Tensioni calcestruzzo

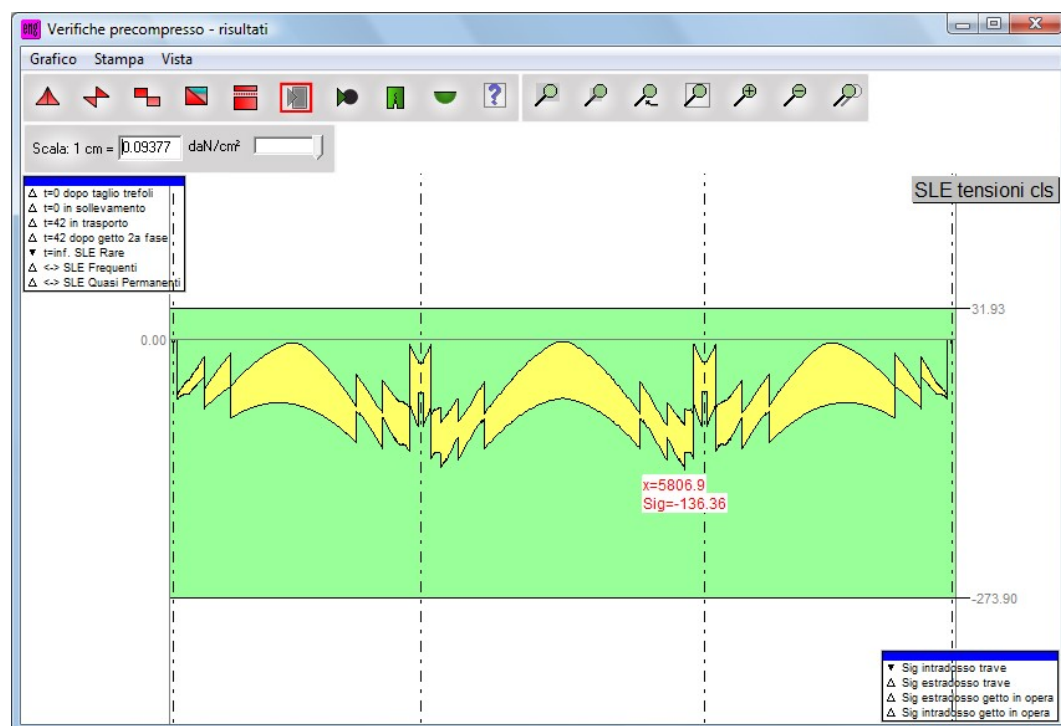
Nella finestra vengono visualizzati gli involuপি massimo e minimo delle tensioni nel calcestruzzo per le combinazioni agli stati limite di esercizio calcolate dal preprocessore (σ_{Ecd}) ed il diagramma dei valori limite (σ_{Rcd}) pertinente allo stato limite e alla fase considerati: la verifica s'intende soddisfatta qualora in ogni punto risulti $\sigma_{Ecd} \leq \sigma_{Rcd}$.

I valori limite, indicati dai grafici dai margini superiore ed inferiore della zona verde, sono ricavati da NTC2018-4.1.2.2.5 e EN1992-1-1-7.2; i valori numerici sono riportati sulla destra dei diagrammi.

NOTA In NTC2008-4.1.2.2.5 e EN1992-1-1-7.2 sono indicate delle tensioni limite di compressione per prevenire fenomeni di fessurazione longitudinale o, aspetto molto importante nel caso elementi precompressi, elevati livelli di viscosità, mentre non vengono indicate tensioni limite di trazione quando il calcolo viene eseguito a sezione completamente reagente.

Allo scopo di creare una continuità con la precedente normativa vigente in Italia fino all'introduzione delle NTC2008 aderenti agli Eurocodici, il programma assume nei grafici come limite massimo di trazione nel cls il limite di formazione delle fessure come specificato in NTC2018-4.1.2.2.4 e in EN1992-1-1-7.1(2).

In questo grafico compaiono due vetrofanie sulle quali è consentito intervenire: nella prima, per default posizionata nella parte superiore della finestra, sono riportate le diverse fasi che è possibile selezionare (in particolare a tempo infinito si possono controllare le tensioni per le combinazioni rare, frequenti o permanenti); nella seconda l'utente può scegliere per quale lembo (intradosso o estradosso) della trave o del getto di seconda fase mostrare le verifiche.

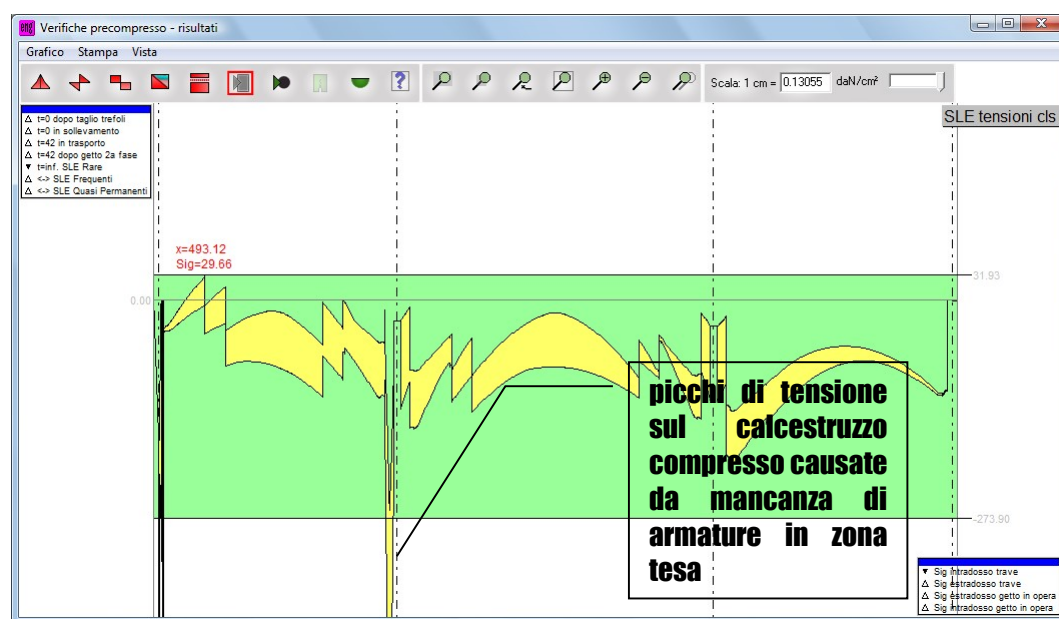
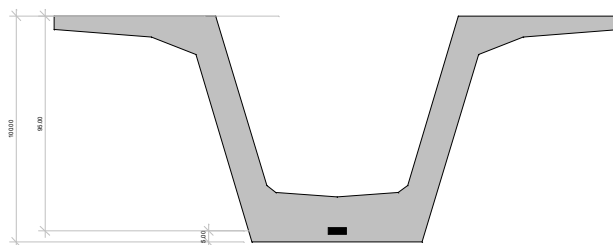


Si osservi che nei grafici visualizzabili vi sono dei punti di discontinuità delle tensioni, presenti anche in 1^a fase, in corrispondenza dei punti di innesto dei cavi di postensione e dei punti di ammaraggio dei trefoli pretesi; altre discontinuità possono essere causate dall'interruzione delle barre longitudinali.

Qualora nel grafico si presentino picchi di tensione molto elevati in particolari zone della trave è opportuno controllare la presenza di armature longitudinali attive. Tali picchi possono essere causati, ad esempio, da mancanza di armature adeguatamente ancorate che portano ad avere sezioni composte di materiale non reagente a trazione (il calcestruzzo) e con armature disposte in modo non corretto.

Un caso tipico è rappresentato da una trave precompressa a fili aderenti che in testata, zona in cui la precompressione non è ancora attiva ed il programma tratta le sezioni come normali sezioni in c.a., è armata solo con barre inferiori (ad esempio le barre longitudinali inferiori in testata che il programma inserisce di default).

Una sezione così fatta sopporta bene i momenti positivi che comprimono le fibre superiori ma male si adatta a momenti di segno opposto.

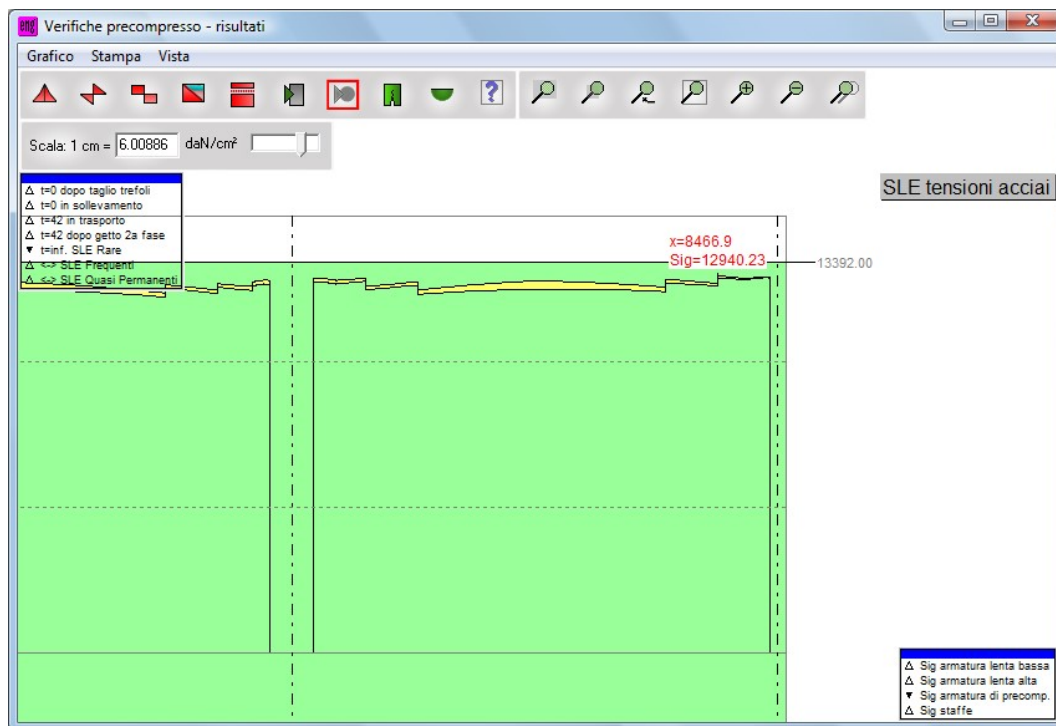


Nell'inserimento delle armature lente longitudinali si deve tenere conto della lunghezza di ancoraggio, che il programma considera sempre pari a $40\varnothing$ della barra. Se una barra $\varnothing 10\text{mm}$ è stata inserita con $X_{\text{iniziale}}=0$ e $X_{\text{finale}}=400\text{cm}$ sarà attiva dall'ascissa $X_i=40$ all'ascissa $X_f=360\text{cm}$.

Per ancorare una barra dall'inizio della testata occorrerà definirla "fuoriuscente" dalla trave per una lunghezza pari all'ancoraggio.

4.1.3.2 Tensioni acciaio

Nella finestra vengono visualizzati gli involuppi massimo e minimo delle tensioni negli acciai impiegati per le combinazioni agli stati limite di esercizio precedentemente definite (σ_{Esd}) ed il diagramma del valore limite consentito dalle norme (σ_{Rsd}) pertinente allo stato limite e alla fase considerati: la verifica s'intende soddisfatta qualora in ogni punto risulti $\sigma_{Esd} \leq \sigma_{Rsd}$.



Si osservi che in questo grafico compaiono due vetrofanie sulle quali è consentito intervenire: nella prima, posizionata nella parte superiore della finestra, sono riportate le diverse fasi che è possibile selezionare (in particolare a tempo infinito si possono controllare le tensioni per le combinazioni rare, frequenti o permanenti); attraverso la seconda, posizionata nella parte inferiore della finestra, l'utente può scegliere per quale acciaio (armatura lenta inferiore, armatura lenta superiore, armatura di precompressione, armatura di postensione, staffe) mostrare le verifiche.

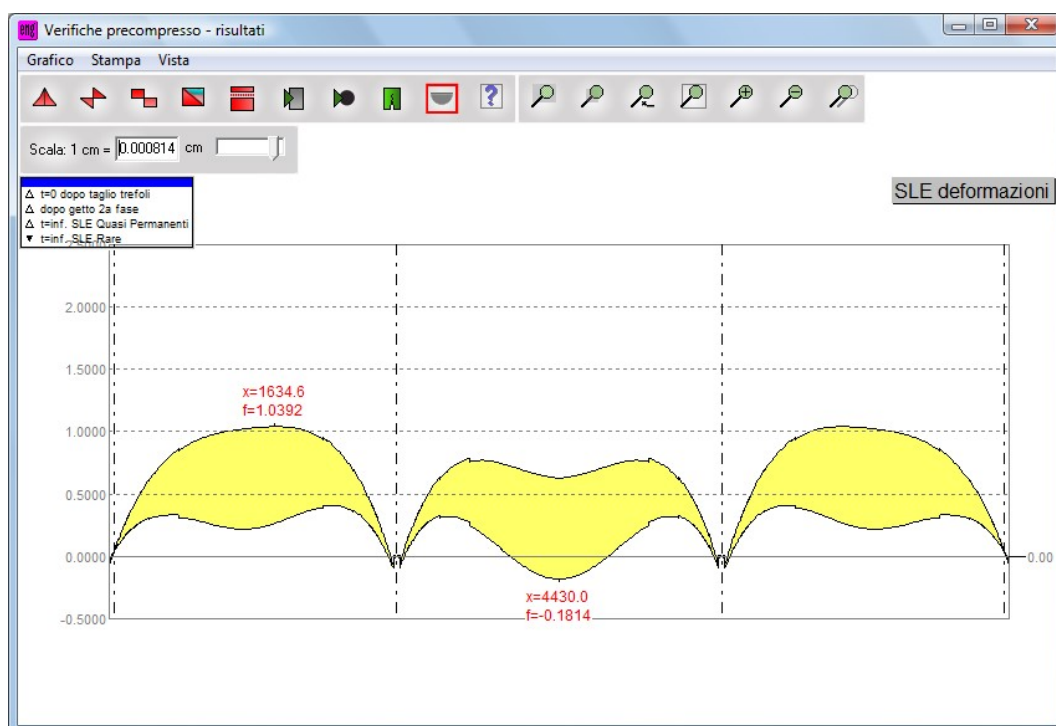
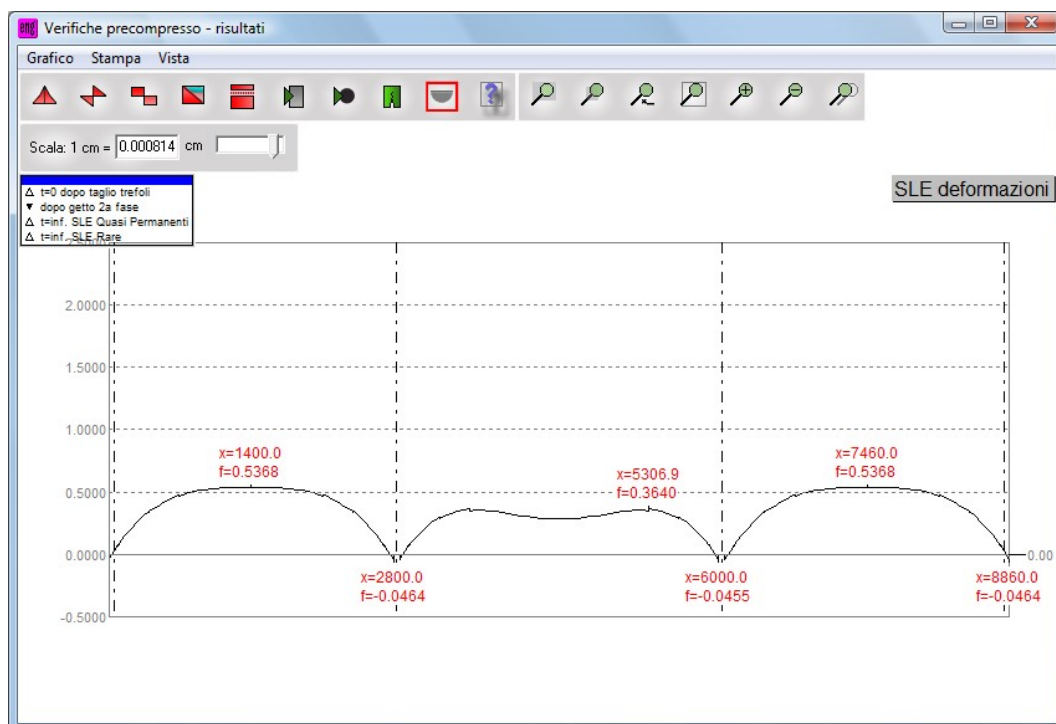
4.1.3.3 Deformazioni

Nella finestra vengono visualizzati gli involuppi massimo e minimo delle deformazioni della trave analizzata per le combinazioni agli stati limite di esercizio precedentemente definite: non compaiono, tuttavia, dei termini di confronto in quanto la normativa vigente stabilisce che i limiti di deformabilità devono essere congruenti con le prestazioni richieste alla struttura anche in relazione alla destinazione d'uso, con riferimento alle esigenze statiche, funzionali ed estetiche.

Per quanto riguarda i valori limite, essi dovranno essere commisurati a specifiche esigenze e potranno essere dedotti da documentazione tecnica di comprovata validità.

Limitazioni sono riportate nell'istruzione IFS002A del 21/12/2011 per i cavalcaferrovia. Una buona progettazione richiede comunque che la freccia in mezzera di un impalcato stradale non superi mai $L/700$ per effetto dei carichi da traffico nelle situazioni rare.

Nei viadotti a più campate di luce diversa è fondamentale porre l'attenzione sulle deformazioni ed assicurare una uniformità di contromonta tra le campate.



Nella vetrofania posizionata nella parte superiore della finestra l'utente può selezionare una delle diverse fasi presenti e visualizzare il relativo andamento delle deformazioni. Le deformazioni graficizzate tengono conto delle fasi di costruzione e rappresentano perciò in ogni fase la reale configurazione deformata della trave.

Calcolo deformazioni

	istante		effetto	scelta vetrofania	note
(0)	t=0	taglio trefoli	peso proprio trave + precompressione dopo cadute durante maturazione. Schema statico 1ª fase	t=0 dopo taglio trefoli	
(1)	t=0	sollevamento	peso proprio trave + precompressione dopo cadute durante maturazione. Schema statico sollevamento		min/max in dipendenza coeff. dinamico
(2)	t=42gg	trasporto	peso proprio trave + precompressione dopo cadute + fenomeni viscosi fino a 42gg. Schema statico trasporto		min/max in dipendenza coeff. dinamico
(3)	t=42gg	prima del getto in opera	peso proprio trave + precompressione dopo cadute + fenomeni viscosi fino a 42gg. Schema statico 1ª fase		
(4)	t=42gg	getto in opera	(3) + freccia peso soletta. Schema statico getto soletta	dopo getto 2ª fase	
(5)	t=42+28gg	formazione sezione completa	(4) + ulteriori cadute + fenomeni viscosi fino a 70gg		
(2-0)	t=42+28gg	cambio vincoli + inserimento cavi postensione	(5) + cambio vincoli 1ª-2ª fase + cavi di postensione	dopo iniezione cavi	
(2-1)	t=inf.	impalcato finito	(2-0) + ultime cadute di tensione + fenomeni viscosi		
(2-2)	t=inf.	comb. RARE	(2-1) + frecce da combinazioni rare	t=inf. SLE Rare	min/max inviluppo
(2-3)	t=inf.	comb. FREQUENTI	(2-1) + frecce da combinazioni frequenti		min/max inviluppo
(2-4)	t=inf.	comb. QUASI PERMANENTI	(2-1) + frecce da combinazioni quasi permanenti	t=inf. SLE Quasi Permanenti	min/max inviluppo

Nei grafici a t=inf. vengono visualizzate due curve che delimitano una zona gialla di escursione "possibile" in ogni situazione.

La curva più bassa si riferisce evidentemente alla situazione con maggiori carichi disposti sulla trave, cioè quelli previsti dalle combinazioni fatte a monte. Nel caso di trave facente parte di un impalcato da ponte stradale si ha:

Rare	tutti i permanenti + tutti i carichi da traffico (Q_k)
Frequenti	tutti i permanenti + l'aliquota frequente traffico ($\psi_1 \cdot Q_k$)
Quasi perm.	tutti i permanenti + l'aliquota quasi permanente traffico ($\psi_2 \cdot Q_k$)

Poichè per i carichi da traffico stradali è solitamente $\psi_2=0$, la freccia massima relativa alle combinazioni Quasi Permanenti si riferisce all'impalcato finito (cioè con cordoli, parapetti, accessori e pavimentazione) ma senza carichi da traffico.

La curva più alta si riferisce alla deformazione dell'impalcato a tempo infinito, cioè a fenomeni lenti completamente esauriti, non soggetto a nessun carico, nemmeno quelli permanenti e si riferisce perciò alla configurazione deformata relativa al peso della sola struttura.

Nel caso di trave facente parte di un impalcato stradale la freccia causata dai soli carichi da traffico è, in generale, data dalla differenza tra la massima freccia nelle combinazioni rare e la massima freccia nelle combinazioni Quasi permanenti.

4.1.4 Interrogazione diagramma

Il comando, accessibile pure dal menù a cursore, permette di interrogare il diagramma prescelto per le combinazioni e le fasi selezionate.

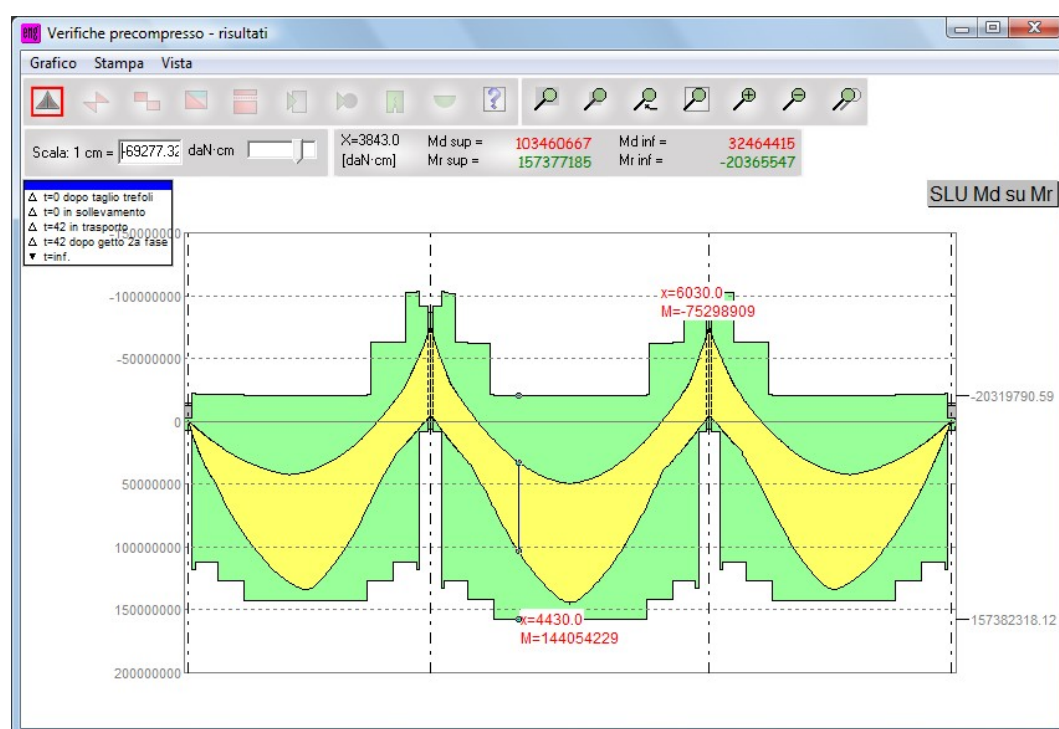
Interrogazione diagrammi
Seleziona etichette

L'utente, posizionando il cursore al di sopra dell'elemento strutturale, può leggere i valori numerici delle sollecitazioni e l'ascissa corrispondente

nell'apposito riquadro della barra degli strumenti; inoltre, nella posizione del cursore, premendo il tasto destro del mouse, viene visualizzato il menu contestuale delle opzioni che è possibile selezionare nella fase corrente di lavoro.

Lo spostamento del puntatore della sezione interrogata segue il valore dello *snap* inserito nella apposita casella della finestra di input.

Annulla
Inserisci etichetta massimo Ctrl+A
Inserisci etichetta minimo Ctrl+I
Dettagli verifica



Si ricordi che il programma fornisce in automatico l'etichetta nella quale sono indicate il valore massimo della sollecitazione prescelta e la corrispondente ascissa X lungo la trave.

4.1.5 Seleziona etichette

Il comando, che può essere attivato pure dal menù a cursore, permette di selezionare un'etichetta associata al valore di sollecitazione e all'ascissa corrispondente sulla trave in oggetto. L'etichetta scelta viene evidenziata: premendo il tasto destro del mouse compare un menù a cursore che mostra le opzioni che è possibile selezionare nella fase corrente di lavoro.

4.1.6 Copia Grafico

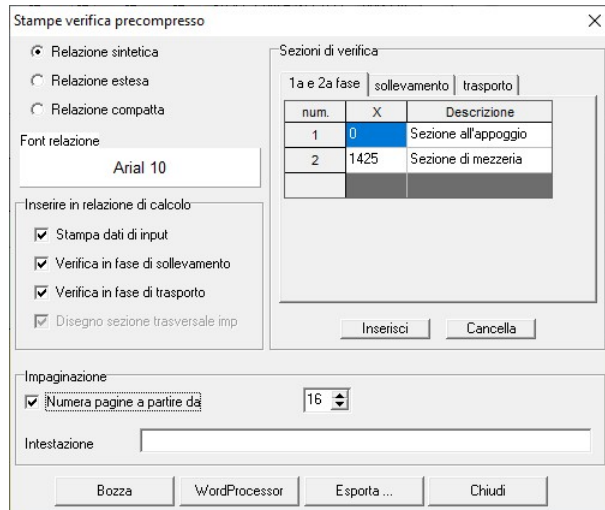
Il comando permette di copiare il grafico corrente su qualsiasi dispositivo gestito da Windows® e, successivamente, inserirlo in un documento (ad esempio nella relazione di calcolo).

4.2 Menù “Stampa”

Si analizzano le opzioni presenti nel menù Stampa.

Questo menù può essere attivato mediante i tasti di scelta rapida ALT+S.

4.2.1 Relazione di calcolo

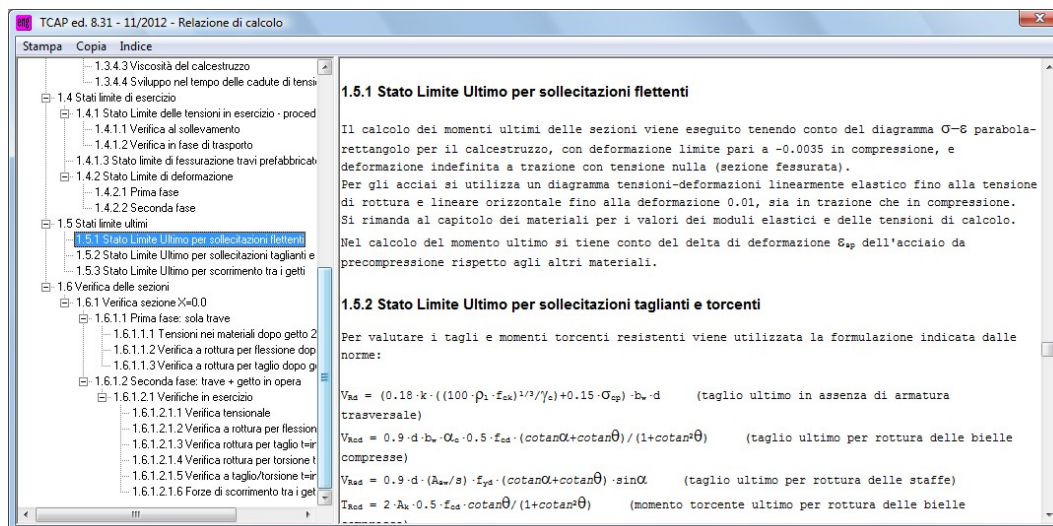


Il comando permette di accedere alle opzioni di personalizzazione della relazione di calcolo che si presenta curata nell'aspetto, professionale e modificabile. L'utente può selezionare, ad esempio, il tipo di relazione (sintetica o estesa); può decidere di inserire o meno i dati di input; può inserire o meno le verifiche relative alle fasi transitorie di sollevamento e/o di trasporto; può definire per ciascuna delle fasi considerate nelle verifiche delle particolari ascisse X; può scegliere, mediante l'opzione corrispondente, se accodare tale

relazione a quella relativa all'impalcato.

La relazione, inoltre, può essere visualizzata in modalità bozza o attraverso un editor di testo; è possibile, altresì, generare un file in formato RTF mediante il bottone **Esporta** che potrà essere visualizzato mediante un qualsivoglia wordprocessor.

Per una maggiore chiarezza e velocità di lettura dei risultati la finestra di bozza è dotata di un indice, visibile sulla parte sinistra e regolabile in larghezza agendo con il mouse sulla spalletta che divide le due aree.



La stampa sintetica è adatta alla lettura di chi già conosce le ipotesi di base del programma e l'impostazione generale, la relazione di calcolo è rivolta a tecnici esterni che devono comprendere tutto l'impianto della verifica.

I bottoni **WordProcessor** e **Esporta** generano un output in testo ricco più completo di quello in bozza, con vere tabelle, intestazioni e numeri di pagina, struttura a paragrafi.

Il bottone **WordProcessor** apre direttamente il programma di trattamento testi predefinito nel sistema operativo e carica il file REL2TCP.RTF, in formato RTF (Rich

Text Format). Dopo le modifiche si consiglia di salvare il documento assegnandogli un nuovo nome e scegliendo il formato principale del programma di trattamento testi, in modo da creare un file di dimensioni più contenute.

I paragrafi possono essere cancellati, o se ne possono inserire di nuovi, senza perdere l'automatismo della numerazione.

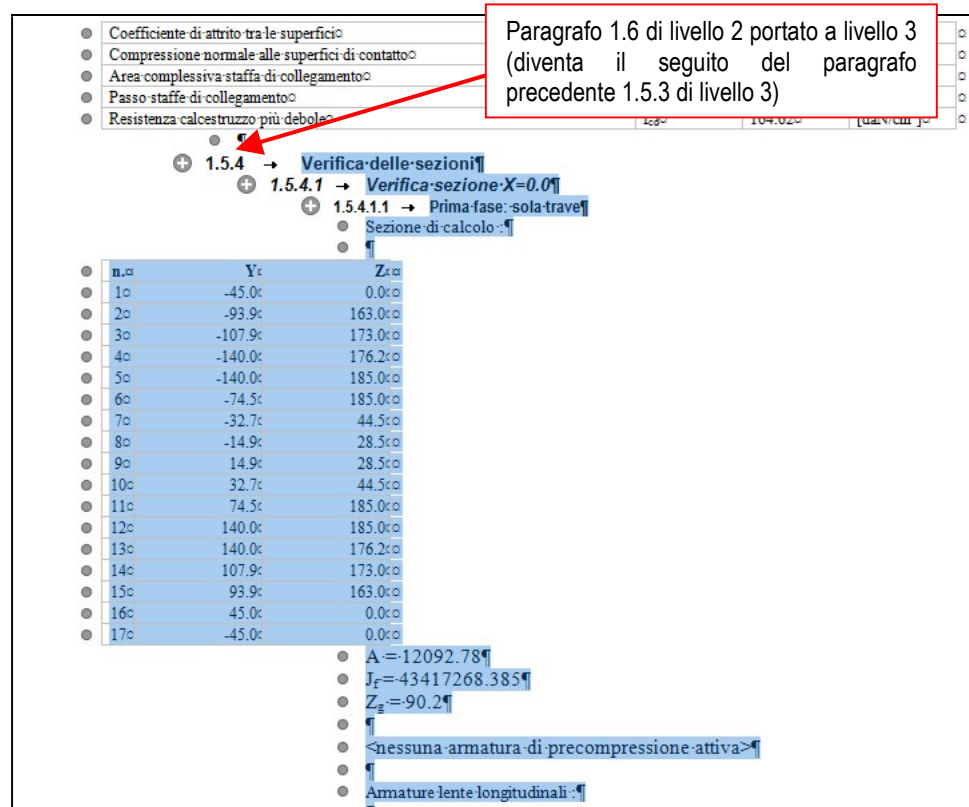
Le tabelle possono accettare nuove righe ovvero è possibile cancellarne.

E' possibile infine inserire nel documento uno o più disegni selezionando il menù **Edit grafico**, **Copia immagine** (oppure CTRL+C) ed incollandola nella posizione desiderata nel documento.

Il documento generato dal programma, strutturato a paragrafi, consente di inserire automaticamente un sommario all'inizio del testo:

Inoltre la struttura può essere alterata per l'inserimento del documento in un documento più generale, come illustrato nella figura seguente. L'operazione può essere eseguita nella modalità di visualizzazione struttura del documento.

Selezionando poi tutto il documento di output di TCAP ed inserendolo nella relazione generale la numerazione dei paragrafi del documento viene aggiornata automaticamente.



4.2.2 Grafico

Il comando permette di stampare il grafico corrente su qualsiasi dispositivo gestito da Windows® mediante funzione di anteprima o impaginazione.

4.2.3 Modelli di calcolo fase 1

Il comando permette di accedere alle opzioni di personalizzazione della relazione di calcolo nella quale vengono riportate le sole sollecitazioni riferite al modello di calcolo (telai piani) utilizzato in prima fase attraverso il quale è possibile valutare gli effetti delle

cadute di precompressione, della postensione e del cambio di vincoli. Si ricordi che in tale modello i valori delle forze di precompressione e di postensione sono quelli nominali: nel calcolo il programma utilizza l'aliquota corrispondente alla fase corrente.

L'utente può selezionare, ad esempio, quali dati di input includere; può decidere per quali condizioni, combinazioni o involucri inserire i valori di spostamenti e sollecitazioni; può definire l'intervallo dei punti di stampa e specificare delle particolari ascisse X.

La relazione, inoltre, può essere visualizzata in modalità bozza o attraverso un editor di testo è possibile, altresì, generare un file in formato RTF mediante l'opzione **Esporta** che potrà essere visualizzato mediante un qualsivoglia wordprocessor.

4.2.4 Modelli di calcolo al getto soletta

Il comando permette di accedere alle opzioni di personalizzazione della relazione di calcolo nella quale vengono riportate le sole sollecitazioni riferite al modello di calcolo (telai piani) utilizzato all'istante del getto della soletta attraverso il quale è possibile valutare gli effetti delle cadute di precompressione, della postensione e del cambio di vincoli.

NOTA Si ricordi che in tale modello i valori delle forze di precompressione e di postensione sono quelli nominali: nel calcolo il programma utilizza l'aliquota corrispondente alla fase corrente.

L'utente può selezionare, ad esempio, quali dati di input includere; può decidere per quali condizioni, combinazioni o involucri inserire i valori di spostamenti e sollecitazioni; può definire l'intervallo dei punti di stampa e specificare delle particolari ascisse X.

La relazione, inoltre, può essere visualizzata in modalità bozza o attraverso un editor di testo è possibile, altresì, generare un file in formato RTF mediante l'opzione **Esporta** che potrà essere visualizzato mediante un qualsivoglia wordprocessor.

4.2.5 Modelli di calcolo al sollevamento

Il comando permette di accedere alle opzioni di personalizzazione della relazione di calcolo nella quale vengono riportate le sole sollecitazioni riferite al modello di calcolo (telai piani) utilizzato all'istante del sollevamento. L'utente può selezionare, ad esempio, quali dati di input includere; può decidere per quali condizioni, combinazioni o involucri inserire i valori di spostamenti e sollecitazioni; può definire l'intervallo dei punti di stampa e specificare delle particolari ascisse X.

La relazione, inoltre, può essere visualizzata in modalità bozza o attraverso un editor di testo è possibile, altresì, generare un file in formato RTF mediante l'opzione **Esporta** che potrà essere visualizzato mediante un qualsivoglia wordprocessor.

4.2.6 Modelli di calcolo in fase di trasporto

Il comando permette di accedere alle opzioni di personalizzazione della relazione di calcolo nella quale vengono riportate le sole sollecitazioni riferite al modello di calcolo (telai piani) utilizzato all'istante del trasporto. L'utente può selezionare, ad esempio, quali dati di input includere; può decidere per quali condizioni, combinazioni o involucri inserire i valori di spostamenti e sollecitazioni; può definire l'intervallo dei punti di stampa e specificare delle particolari ascisse X.

La relazione, inoltre, può essere visualizzata in modalità bozza o attraverso un editor di testo è possibile, altresì, generare un file in formato RTF mediante l'opzione **Esporta** che potrà essere visualizzato mediante un qualsivoglia wordprocessor.

4.2.7 Modelli di calcolo fase 2

Il comando permette di accedere alle opzioni di personalizzazione della relazione di calcolo nella quale vengono riportate le sole sollecitazioni riferite al modello di calcolo (telai piani) utilizzato all'istante del getto della soletta attraverso il quale è possibile valutare gli effetti delle cadute di precompressione, della postensione e del cambio di vincoli. Si ricordi che in tale modello i valori della forze di precompressione e di postensione sono quelli nominali: nel calcolo il programma utilizza l'aliquota corrispondente alla fase corrente. L'utente può selezionare, ad esempio, quali dati di input includere; può decidere per quali condizioni, combinazioni o involucri inserire i valori di spostamenti e sollecitazioni; può definire l'intervallo dei punti di stampa e specificare delle particolari ascisse X.

La relazione, inoltre, può essere visualizzata in modalità bozza o attraverso un editor di testo è possibile, altresì, generare un file in formato RTF mediante l'opzione **Esporta** che potrà essere visualizzato mediante un qualsivoglia wordprocessor.

4.3 Menù “Copia”

Si analizzano le opzioni presenti nel menù Copia.

Questo menù può essere attivato mediante i tasti di scelta rapida ALT+C.

4.3.1 Grafico

Il comando permette di copiare il grafico corrente su qualsiasi dispositivo gestito da Windows® e, successivamente, inserirlo in un documento (ad esempio nella relazione di calcolo).

4.4 Menù “Vista”

Si analizzano le opzioni presenti nel menù Vista.

Questo menù può essere attivato mediante i tasti di scelta rapida ALT+V.

4.4.1 Vista

Il comando permette di accedere alle seguenti opzioni di vista dell'area di lavoro per le quali si riporta la combinazione di tasti di scelta rapida:

Zoom Estensione	
Zoom Window	
Zoom Precedente	
Zoom Tutto	
Zoom In	Shift + Ctrl + F
Zoom Out	Shift + Ctrl + A

4.4.2 Visualizza

Il comando permette di accedere alle opzioni di visualizzazione dei seguenti strumenti per i quali si riporta la combinazione di tasti di scelta rapida:

Griglia di riferimento	
Punti campione	
Struttura	
Menu selezione acciai sintetico	Ctrl E

Menù selezione tempi	F4
Menu selezione elementi	F5

Visualizzando il menù di selezione acciai esteso è possibile avere le tensioni su ogni posizione definita.