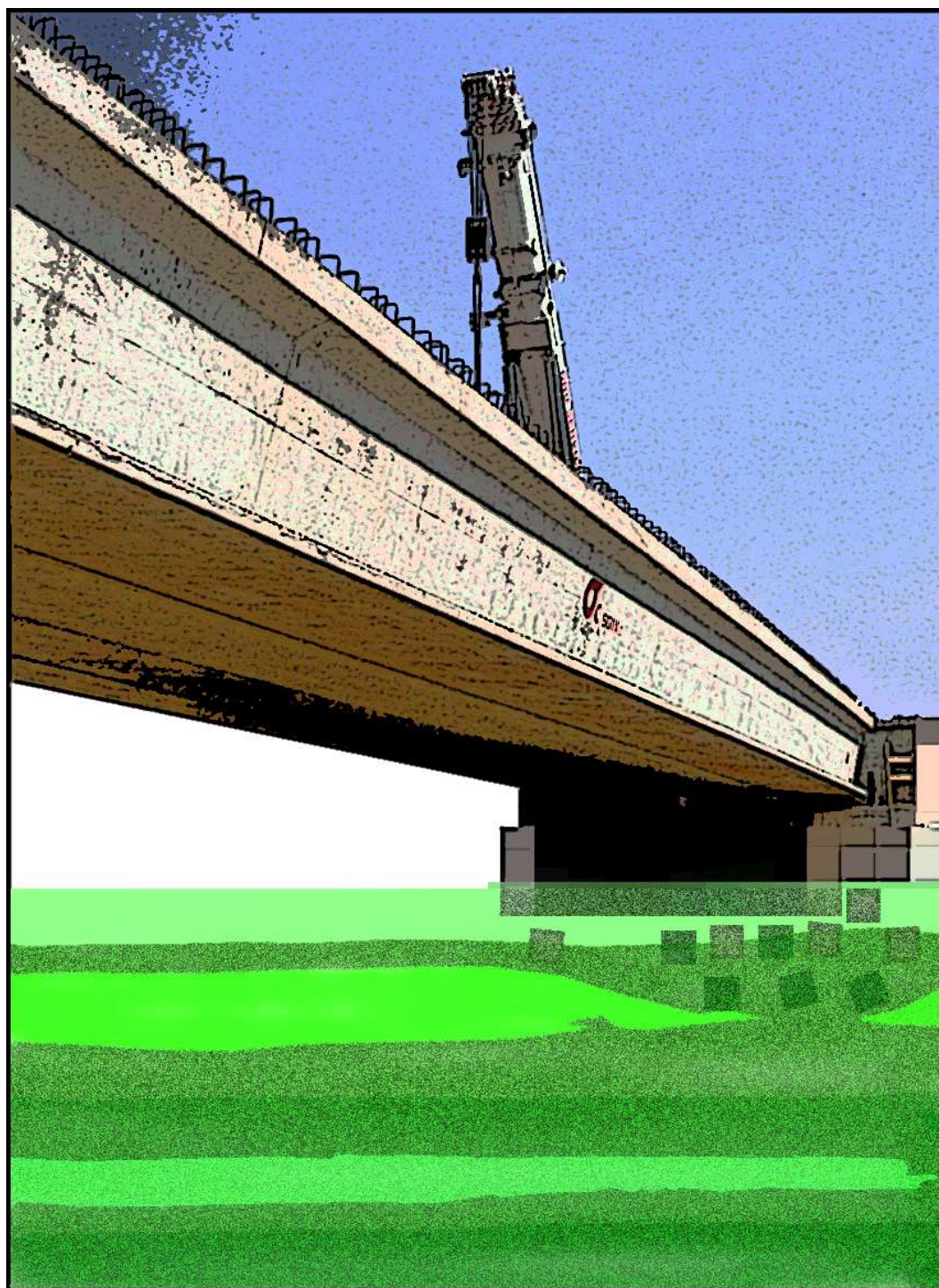




SIGMAC

programma di calcolo impalcati da ponte

MANUALE D'USO

INDICE

1	INTRODUZIONE	6
2	CENNI DI TEORIA	10
2.1	IL COEFFICIENTE DI RIPARTIZIONE DEI CARICHI	11
2.2	IL CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI	13
2.3	BIBLIOGRAFIA.....	15
3	SIGMAC - IL MODULO DI INPUT	18
3.1	MENÙ "FILE"	22
3.1.1	<i>Nuovo impalcato</i>	22
3.1.2	<i>Carica impalcato</i>	22
3.1.3	<i>Salva impalcato</i>	22
3.1.4	<i>Salva impalcato come</i>	23
3.1.5	<i>Importa file vecchie edizioni</i>	23
3.1.6	<i>Esporta struttura a grigliato</i>	23
3.1.6.1	Definizione geometria grigliato	23
3.1.6.2	Applicazione dei carichi al grigliato	26
3.1.7	<i>Stampa grafico</i>	27
3.1.8	<i>Preferenze</i>	27
3.1.8.1	Unità di misura.....	27
3.1.8.2	Scelta colori e font	27
3.1.8.3	Miscellanea	27
3.1.8.4	Griglia	28
3.1.8.5	Archivio carichi per collaudo	28
3.1.9	<i>Uscire</i>	29
3.2	MENÙ "EDIT GRAFICO"	30
3.2.1	<i>Seleziona travi</i>	30
3.2.2	<i>Seleziona solette</i>	30
3.2.3	<i>Seleziona carichi</i>	31
3.2.4	<i>Seleziona vertici soletta/solettone</i>	31
3.2.5	<i>Seleziona etichetta</i>	32
3.2.6	<i>Seleziona carichi per collaudo</i>	32
3.2.7	<i>Seleziona quotature</i>	33
3.2.8	<i>Inserisci carichi per collaudo</i>	33
3.2.9	<i>Inserisci quotature</i>	34
3.2.10	<i>Copia immagine</i>	34
3.3	MENÙ "DATI PONTE"	35
3.3.1	<i>Dati generali</i>	35
3.3.2	<i>Geometria impalcato</i>	37
3.3.2.1	Parametri di Massonnet	42
3.3.2.1.1	Parametro b_1	42
3.3.2.1.2	Parametro L.....	42
3.3.2.1.3	Calcolo di ρ_p	42
3.3.2.1.4	Calcolo di γ_p	42
3.3.2.1.5	Elementi di ripartizione	43
3.3.3	<i>Carichi</i>	43
3.3.3.1	Permanenti	43
3.3.3.2	Traffico.....	45
3.3.3.2.1	Pannello Verifiche globali.....	45
3.3.3.2.2	Disposizione automatica dei carichi da traffico	46
3.3.3.2.3	Disposizione manuale dei carichi da traffico.....	46
3.3.3.2.4	Pannello Verifiche locali.....	47
3.3.3.3	Vento	48
3.3.3.4	Sisma.....	48
3.3.3.5	Collaudo	51
3.3.4	<i>Parametri dei materiali</i>	52

3.3.5	Fasi di costruzione	52
3.3.6	Quotature	54
3.4	MENÙ "CALCOLO"	55
3.4.1	Combinazioni	55
3.4.2	Calcolo	61
3.5	MENÙ "VISTA"	61
3.5.1	Vista	61
3.5.2	Visualizza	61
3.6	UTILITÀ	62
3.6.1	Predimensionamento	62
3.7	MENÙ "AIUTO"	65
3.7.1	Guida	65
3.7.2	Indice	65
3.7.3	www.sigmac.it	65
3.7.4	Cerca aggiornamenti all'avvio	65
3.7.5	Info	65
4	SIGMAC - IL MODULO DI OUTPUT	68
4.1	MENÙ "GRAFICO"	69
4.1.1	k Massonnet	69
4.1.2	μ Massonnet M^+	70
4.1.3	μ Massonnet M^-	70
4.1.4	Momento flettente	71
4.1.4.1	Momenti sui traversi	71
4.1.5	Effetto locale sulla soletta	74
4.1.6	Taglio	74
4.1.7	Momento torcente	75
4.1.8	Abbassamenti	75
4.1.9	M_f sollevamento	75
4.1.10	M_f trasporto	75
4.1.11	Interrogazione diagramma	76
4.1.12	Seleziona etichette	76
4.1.13	Riseleziona etichette	76
4.2	MENÙ "STAMPA"	76
4.2.1	Relazione di calcolo	76
4.2.2	Grafico	79
4.3	MENÙ "COPIA"	79
4.3.1	Grafico	79
4.4	MENÙ "VISTA"	79
4.4.1	Vista	79
4.4.2	Visualizza	80
4.5	MENÙ "VERIFICHE"	80
4.5.1	Trave in c.a.p.	80
4.5.2	Soletta / Traverso	81

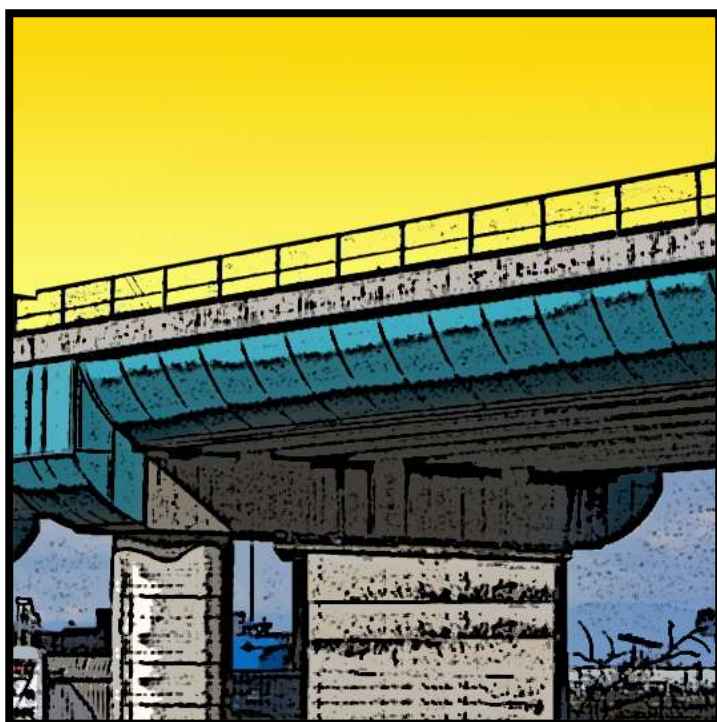
autori :

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

manuale dell'utente - rev. 9 ottobre 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

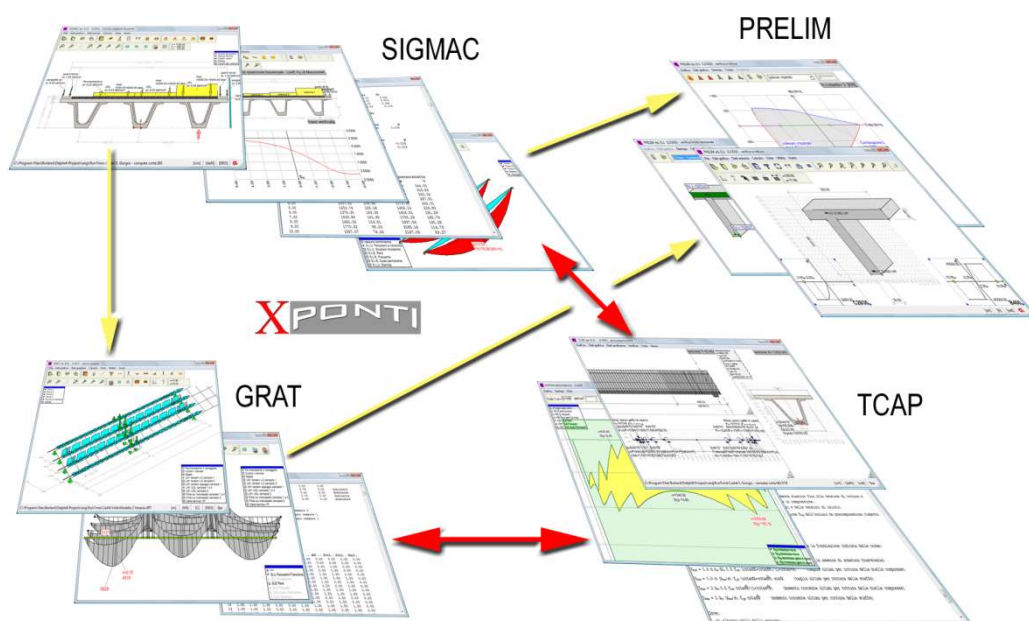
Il programma **XPONTI**, applicazione integrata nella suite **ENG9** per il calcolo strutturale, è dedicato specificatamente alla risoluzione di impalcati da ponte a travi e soletta collaborante.

Esso nasce da una lunga esperienza nel campo della progettazione e realizzazione di travi prefabbricate in c.a.p. e rappresenta uno strumento agile ed intuitivo capace di fornire una risposta completa ad un'ampia casistica di problematiche nell'impiego di tali manufatti.

Il programma è costituito da più moduli tra loro interfacciati riuscendo in tal modo a coniugare la facilità e velocità d'uso nei casi di strutture semplici alla completezza di tipologie risolubili.

I moduli che compongono il pacchetto sono:

- **SIGMAC** soluzione di impalcati secondo il metodo di Massonnet
- **GRAT** soluzione di impalcati come grigliato, a geometria libera
- **TCAP** verifiche travi in c.a.p. realizzate in 2 fasi
- **PRELIM** verifiche di sezioni in c.a. e c.a.p.



Come illustrato dalla precedente figura **TCAP** costituisce il postprocessore in grado di verificare elementi in c.a. e in c.a.p. per sollecitazioni calcolate dai moduli **SIGMAC** e **GRAT**: qualsiasi modifica apportata in quest'ultimi aggiorna le verifiche condotte.

La valutazione del comportamento di una singola sezione, invece, può essere eseguita con il modulo **PRELIM**: i preprocessori che eseguono l'analisi forniscono i dati relativi alla geometria e alle sollecitazioni con le quali eseguire la verifica.

Il modulo **SIGMAC** esegue il calcolo di impalcati realizzati con travi prefabbricate in c.a.p., c.a., acciaio o altro materiale, e getto in opera di soletta collaborante, con eventuali traversi di collegamento in campata. Lo schema statico dell'impalcato utilizzato prevede travi semplicemente appoggiate alle estremità: nel caso di viadotti a più campate i singoli impalcati, quindi, risultano separati da un giunto. Il comportamento statico dell'impalcato, nei confronti delle azioni nei singoli elementi strutturali, risulta determinato dal rapporto fra le singole rigidità elastiche.

Il programma posiziona automaticamente sulla carreggiata i carichi previsti dalla normativa adottata in modo da rendere massime in ogni sezione le sollecitazioni sulla trave che il progettista intende verificare. È previsto l'utilizzo della normativa italiana **NTC2018** e dell'**Eurocodice**.

Il calcolo viene condotto con il **metodo di Massonnet** che permette di definire la ripartizione dei carichi sulle travi, specificatamente nei casi di impalcati con geometria regolare: vengono in questo modo determinate tutte le sollecitazioni flettenti, taglianti e torcenti sulle travi e le sollecitazioni flettenti sui traversi e sulla soletta, nonché le reazioni agli appoggi. L'implementazione di ulteriori semplici modelli consente di valutare gli effetti locali sulla soletta.

Il programma prevede accanto alla definizione dei carichi mobili anche quella di altri carichi, concentrati o distribuiti, agenti sull'impalcato (ad esempio pavimentazione, guard-rail, new jersey, cordoli, ecc.).

Viene fornito un ampio database, comunque espandibile, di carichi reali (autocarri a 3,4,5 assi) che possono essere posizionati in qualunque punto della struttura per simularne gli effetti in termini di sollecitazioni e deformazioni nelle fasi di collaudo.

Effettuata l'analisi della struttura il modulo **SIGMAC** fornisce i risultati in forma numerica e mediante l'utilizzo di grafici chiari ed intuitivi: viene lasciata all'utente ampia possibilità di come generare e cosa selezionare dei dati di input e dei risultati per le stampe di servizio, che possono prevedere un report sintetico o una relazione di calcolo completa, modificabile e dall'aspetto altamente professionale.

I grafici possono essere stampati su qualsiasi dispositivo gestito da Windows® mediante funzione di anteprima oppure esportati ed inseriti assai facilmente nelle relazioni di calcolo utilizzando un normale word processor.

Il programma prevede una voce di menù che consente di generare una struttura a griglia di travi e scaricarla in un file leggibile dal programma **GRAT**: in questo modo è possibile eseguire l'analisi dell'impalcato utilizzando come metodo di calcolo uno schema a graticcio.

Il modulo **GRAT** è un processore di calcolo per strutture a griglia di travi che permette di rappresentare tutte le geometrie che si trovano nella pratica quotidiana. Sebbene venga presentato in questo contesto come solutore di strutture per XPONTI, esso è in grado di risolvere anche graticci di fondazione, solai, ecc.

Il suo utilizzo è consigliato nel caso di forti inclinazioni in pianta dell'asse delle travi con l'asse delle pile, oppure nel caso di campate con travi di luce diversa; diviene, inoltre, fondamentale per l'analisi di impalcati a trave continua, assai utili per progetti nei quali è prevista l'eliminazione dei giunti.

Si possono inserire particolari condizioni di vincolo agli appoggi, utilizzando molle verticali e rotazionali. Il programma consente di definire elementi "trave prefabbricata" raggruppando insieme di aste e facilitando, di conseguenza, la comunicazione con il postprocessore **TCAP**.

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.

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.

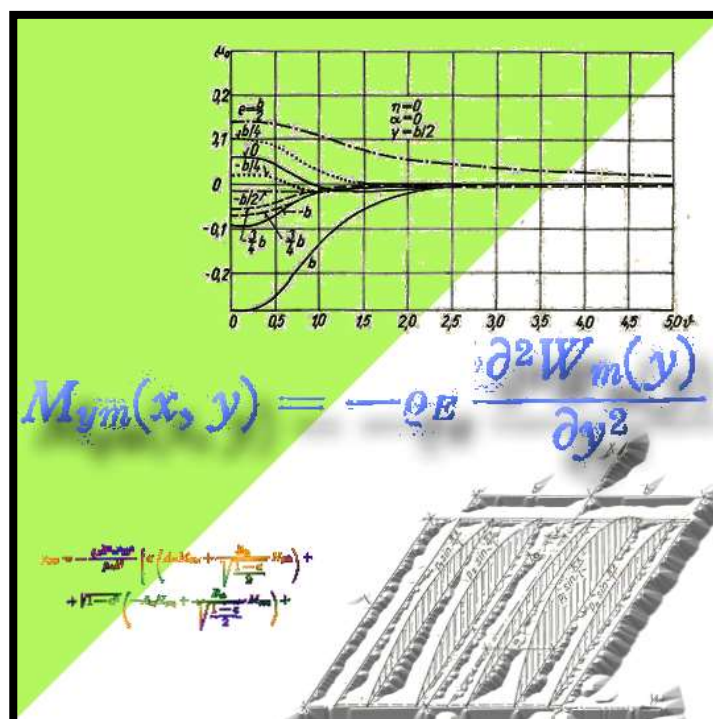
PRELIM È un modulo di analisi e verifica di sezioni in c.a. e c.a.p. di forma generica (rettangolare, circolare, a T, a doppio T, a doppio T smussata, ad L, ad U, trapezia, circolare cava, generica anche pluriconnessa definita per punti dall'Utente e da sagomario). La definizioni di tali sezioni avviene tramite le coordinate dei vertici della poligonale del perimetro della sezione stessa, appartenenti al piano XY di una terna di riferimento di assi cartesiani ortogonali XYZ: sono previsti una serie di controlli atti ad evitare errori di inserimento dei dati ed a facilitarne al massimo l'uso. Le sezioni di più frequente utilizzo nella pratica sono parametrizzate numericamente; in ogni caso è consentita l'importazione di sezioni personalizzate direttamente da DXF.

Il programma affronta un'analisi nell'ipotesi di linearità dei materiali al fine di eseguire una verifica tensionale (verifica delle tensioni normali in presso-tenso flessione retta e deviata; verifica a fessurazione mediante il calcolo dell'apertura delle fessure), oppure un'analisi nell'ipotesi di non linearità con tracciamento dei domini di rottura, valutazione dei coefficienti di sicurezza rispetto alle sollecitazioni agenti e determinazione dei valori resistenti per le sollecitazioni taglianti e torcenti (è stata implementata la nuova metodologia che prevede l'uso dell'inclinazione variabile delle bielle compresse).

Ulteriore potenzialità a disposizione dell'utente è rappresentata dal calcolo dei momenti resistenti nell'ipotesi di flessione retta con definizione di armature di 2 tipi distinti, una delle quali può essere anche pretesa: ciò influisce nella determinazione dei valori delle sollecitazioni flettenti ultime.

Il modulo **PRELIM**, infine, risulta assai utile per il semplice calcolo di aree, inerzie, baricentri ecc.

CAPITOLO 2



2 CENNI DI TEORIA

Nell'ambito della progettazione degli impalcati da ponte è stato sviluppato un grande numero di teorie specializzate che consentono di trattare, in forma sintetica e con limitati sviluppi di calcolo, problemi complessi.

Le trattazioni proposte colgono con immediatezza gli aspetti meccanici essenziali che governano il comportamento di una struttura e li traducono in formulazioni analitiche adatte a sviluppi in forma chiusa o ad essere risolte mediante tabelle, grafici, superfici di influenza, resi di ampia generalità applicativa grazie ai procedimenti di adimensionalizzazione (Massonnet) o di normalizzazione (Homborg).

La validità di questi metodi è confermata non solo dal loro impiego diretto ma anche dal fatto che le stesse classi di ipotesi e la stessa capacità di sintesi poste alla loro base restano una guida fondamentale per l'impostazione di modellazioni basate su procedimenti risolutivi generali, primo su tutti il Metodo degli Elementi Finiti.

A tal riguardo il metodo di Massonnet costituisce uno strumento di riferimento utilissimo sia in fase di dimensionamento che di verifica: della sua teoria circa la ripartizione trasversale dei carichi, ad esempio, restano valide le ipotesi di assimilare l'impalcato ad una piastra ortotropa, i criteri per determinare le rigidità diffuse di piastra, i parametri adimensionali per la classificazione delle deformabilità trasversale e del grado di efficienza a torsione. Impostato il problema in questi termini, quindi, la sua soluzione con Elementi Finiti di Piastra o con Elementi a Striscia Finita sviluppa in forme diverse la sola parte algoritmica.

La superficie elastica viene ancora ricercata in forma analitica spalmando al continuo le rigidità flessione torsionali delle travi sul loro interasse. Il modello al continuo proposto fornisce una soluzione di semplice utilizzo che si dimostra essere, tramite il confronto con altri metodi numerici e con le misure in sito, di piena validità.

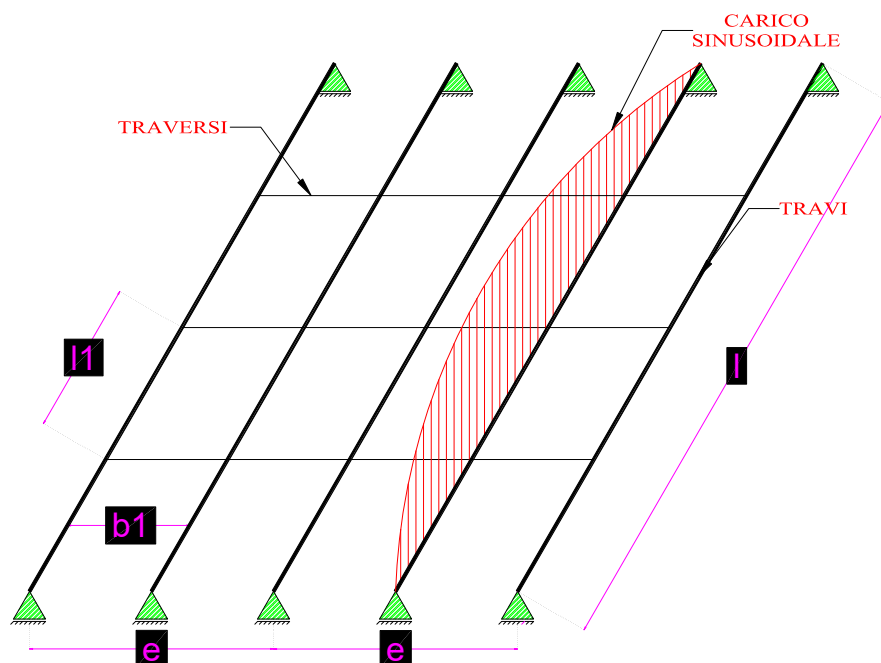
Dal punto di vista operativo l'utilizzo del metodo di Massonnet presenta molteplici vantaggi tra i quali:

- 1) individuazione del numero minimo di parametri necessari per la definizione del problema
- 2) Sintesi e completezza dei risultati
- 3) Semplicità di controllo dei risultati
- 4) Rapida rappresentazione dei risultati facilmente interpretabili e immediatamente utilizzabili per la fase di verifica

2.1 Il coefficiente di ripartizione dei carichi

La ripartizione dei carichi negli impalcati costituiti da travi scatolari costituisce un tema strutturale di indubbio interesse e valenza che può essere risolto in forma chiusa utilizzando un modello di analogia al continuo a piastra ortotropa.

Il metodo di Massonnet ipotizza che il graticcio effettivo, costituito da elementi longitudinali (travi) di lunghezza l poste ad interasse b_1 ed elementi trasversali (traversi) ad interasse l_1 tra loro perpendicolari, può essere sostituito da uno equivalente con maglie infinitesime avente le stesse rigidezze medie flessionali e torsionali (si pongano J_P l'inerzia flessionale delle travi e J_E quella dei traversi; si indichino con C_P l'inerzia torsionale delle travi e C_E quella dei traversi). L'impalcato, inoltre, si ritiene appoggiato in corrispondenza degli estremi delle travi principali longitudinali e libero sugli altri due.



Si considera una condizione di carico variabile con legge sinusoidale ed agente parallelamente all'asse x con eccentricità e :

$$p(x; e) = p_1 \sin \frac{\pi x}{l} \quad [2.1]$$

Per un tale carico la deformata assume la forma di semionda di senoide

$$w(x, y; e) = w\left(\frac{1}{2}, y; e\right) \sin \frac{\pi x}{l} \quad [2.2]$$

Nel caso di analogo carico sinusoidale ripartito su tutta la larghezza $2b$ dell'impalcato

$$p(x) = \frac{p_1}{2b} \sin \pi x l \quad [2.3]$$

La defomata assume in tal caso forma cilindrica

$$w(x) = w\left(\frac{1}{2}\right) \sin \frac{\pi x}{l} \quad [2.4]$$

Si definisce, quindi, il coefficiente di ripartizione trasversale (adimensionale) per una trave di ordinata y e carico di eccentricità e il rapporto:

$$K(y;e) = \frac{w(x,y;e)}{w(x)} = \frac{w\left(\frac{1}{2}\right) \operatorname{sen} \frac{\pi x}{l}}{w\left(\frac{1}{2}\right)} \quad [2.5]$$

Il valore di $k(y;e)$ è stato calcolato da Massonnet e tabellato in base ai parametri dai quali dipende e precisamente:

- dal rapporto y/b rappresentante la posizione della trave longitudinale in esame (lungo la quale K assume sempre lo stesso valore)
- dall'eccentricità relativa e/b della posizione del carico
- dal parametro di irrigidimento trasversale $\vartheta = \frac{b}{l} \sqrt[4]{\frac{\rho_P}{\rho_E}}$ [2.6]

$$\text{dove } \rho_P = \frac{EJ_P}{b_1} \text{ e } \rho_E = \frac{EJ_E}{l_1}$$

L'espressione del parametro di irrigidimento trasversale conferma che è predominante l'influenza delle dimensioni in pianta del ponte, b/l , rispetto al rapporto tra le rigidezze che compare sotto radice quadrata.

- dal parametro di rigidezza torsionale $\alpha = \frac{\gamma_P + \gamma_E}{2\sqrt{\rho_P \rho_E}}$ [2.7]

$$\text{dove } \gamma_P = \frac{GC_P}{b_1} \quad \gamma_E = \frac{GC_E}{l_1} \quad G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

Massonnet e Guyon hanno determinato le espressioni del coefficiente di ripartizione trasversale k_0 nel caso di un grigliato di travi e traversi senza rigidezze torsionali ($\alpha=0$) e le espressioni del coefficiente di ripartizione trasversale K_1 nel caso di una piastra isotropa ($\alpha=1$).

Per tutti gli impalcati aventi caratteristiche intermedie (parametro α) Massonnet suggerisce un'interpolazione lineare del coefficiente di ripartizione trasversale k_α data dalla relazione:

$$k_\alpha = k_0 + (k_1 - k_0)\sqrt{\alpha} \quad [2.8]$$

Si osservi che per $\alpha=0$ (rigidezze torsionali nulle) e per $\vartheta=0$ (traverso infinitamente rigido ovvero impalcato molto lungo rispetto alla sua larghezza) si ritrovano le linee di influenza lineari ricavate da Courbon. In genere si può affermare, come controllo del tracciamento delle linee di influenza dei coefficienti di ripartizione trasversale, che la somma delle ordinate in corrispondenza delle travi è circa uguale al numero di queste e tanto più approssimata sarà tale somma quanto più ϑ è piccolo.

Dalle relazioni precedentemente ricavate si può osservare come la ripartizione dei carichi migliori al ridursi del rapporto di forma $2b/l$ tra la larghezza e la lunghezza dell'impalcato e della radice del rapporto tra la rigidezza flessionale e la rigidezza torsionale delle travi. La ripartizione è quindi funzione in misura maggiore della snellezza dell'impalcato, dal momento che all'aumentare di questa aumenta la rigidezza relativa delle strisce trasversali rispetto a quelle longitudinali, e della capacità torsionale delle travi di opporsi alla distorsione trasversale della sezione ed alla conseguente perdita di forma indotta dai carichi.

La limitazione applicativa del procedimento risiede nell'ipotesi del tipo di impalcato, supposto appoggiato alle estremità delle travi longitudinali, e nel tipo di carico, supposto sinusoidale con semiperiodo l . Per le tipologie ricorrenti, comunque, il procedimento può essere adottato con sufficiente approssimazione tenendo presente che la distribuzione del carico può eventualmente essere riportata a quella sinusoidale ipotizzata, esprimendola con uno sviluppo in serie di Fourier che ne semplifica notevolmente la soluzione analitica. Per ogni armonica m corrispondono particolari valori dei coefficienti di ripartizione k_{om} e k_{lm} .

Il metodo di Massonnet, inoltre, fornisce in aggiunta al coefficiente di ripartizione trasversale k i valori dei coefficienti necessari alla determinazione di tutte le sollecitazioni agenti sulla struttura.

Gli autori indicano come limite di applicazione del metodo l'inclinazione del ponte: la validità della trattazione, infatti, è estesa al caso di ponti aventi un angolo di sbieco anche non nullo (inferiore a 20°). La pratica progettuale, inoltre, consente di osservare come tale limite possa essere aumentato (fino a 30°) non verificandosi significative variazioni nel calcolo delle sollecitazioni flettenti.

2.2 Il calcolo delle sollecitazioni

Si consideri un carico q uniformemente ripartito lungo la direzione x longitudinale della trave, agente dall'ascissa x_i all'ascissa x_f . Tale carico espresso in serie di Fourier risulta:

$$p(x) = \sum_{m=1}^n p_m \operatorname{sen} \frac{m\pi x}{L} \quad [2.9]$$

dove

$$p_m = \frac{4q}{m\pi} \cdot \operatorname{sen} \left[\frac{(x_f - x_i)/2 \cdot m\pi}{L} \right] \cdot \operatorname{sen} \left[\frac{(x_f + x_i)/2 \cdot m\pi}{L} \right] \quad [2.10]$$

Le espressioni delle sollecitazioni presenti nella struttura e soggette al carico sviluppato in serie di Fourier risultano:

MOMENTO FLETTENTE	
$M_f(x) = \sum_{m=1}^{\infty} \left[\frac{p_m L^2}{\pi^2 m^2} \cdot \left(\frac{k_{cm}}{n^\circ_{travi}} \right) \cdot \operatorname{sen} \left(\frac{m\pi x}{L} \right) \right] \quad [2.11]$	
$M_f(y) = \sum_{m=1}^{\infty} \left[p_m \cdot (i_{traversi} \cdot \mu_{cm}) \cdot \operatorname{sen} \left(\frac{m\pi x}{L} \right) \right] \quad [2.12]$	

MOMENTO TORCENTE	
$M_t(x) = \sum_{m=1}^{\infty} \left[\frac{p_m L}{\pi m} \cdot \left(\frac{2\gamma_p}{\gamma_p + \gamma_E} \cdot \tau_{cm} \cdot i_{travi} \right) \cdot \cos\left(\frac{m\pi x}{L}\right) \right] \quad [2.13]$	
$M_t(y) = \sum_{m=1}^{\infty} \left[p_m \cdot \left(i_{traversi} \cdot \frac{L}{\pi m} \cdot \frac{2\gamma_E}{\gamma_p + \gamma_E} \cdot \tau_{cm} \right) \cdot \cos\left(\frac{m\pi x}{L}\right) \right] \quad [2.14]$	
TAGLIO	
$T(x) = \sum_{m=1}^{\infty} \left[\frac{p_m L}{\pi m} \cdot \left(\frac{k_{cm}}{n_{travi}^{\circ}} + \frac{\gamma_E}{\rho_E} \cdot \frac{m^2 \pi^2 n_{travi}^{\circ}}{2L^2} \cdot \mu_{cm} \right) \cdot \cos\left(\frac{m\pi x}{L}\right) \right] \quad [2.15]$	
$T(y) = \sum_{m=1}^{\infty} \left[p_m \cdot \left(i_{traversi} \cdot \chi_{cm} \cdot \frac{2\gamma_p}{\gamma_p + \gamma_E} \cdot \tau_{cm} \right) \cdot \sin\left(\frac{m\pi x}{L}\right) \right] \quad [2.16]$	

Legenda dei simboli utilizzati

L	Luce di calcolo
m	Indice armonica
k_{cm}	Coefficiente di ripartizione trasversale dei carichi
n_{travi}°	Numero travi
i_{travi}	Interasse travi
μ_{cm}	Coefficiente per il calcolo dei momenti flettenti
τ_{cm}	Coefficiente per il calcolo dei momenti torcenti
$i_{traversi}$	Interasse traversi
χ_{cm}	Coefficiente per il calcolo dei tagli

Nell'applicazione della teoria elaborata da Massonnet il programma **SIGMAC** tiene conto di quanto suggerito dall'autore in riferimento al calcolo del momento flettente e del taglio nelle travi principali.

Anziché utilizzare le espressioni [2.11] e [2.15] e approssimare i carichi reali mediante uno sviluppo in serie di Fourier, pertanto, si ritiene opportuno utilizzare il coefficiente di ripartizione trasversale k relativo alla prima armonica applicandolo ai valori esatti del momento e del taglio per una trave semplicemente appoggiata.

Il programma, viceversa, calcola il momento torcente agente sulle travi ed il momento flettente sui traversi utilizzando rispettivamente le espressioni [2.13] e [2.12] arrestando lo sviluppo alla terza armonica.

Non vengono determinati i valori del taglio e del momento torcente sui traversi.

2.3 Bibliografia

RICHARD BARES – CHARLES MASSONNET, *“Le calcul des grillages de poutres et dalles orthotropes selon la méthode Guyon-Massonnet-Bares”*, Ed. DUNOD, 1966.

MESSINA C., *“L'impalcato dei ponti”*, , Ed. ALINEA, 1986

PETRANGELI MARIO PAOLO, *“Progettazione e costruzione di ponti”*, Ed. MASSON, 1993

CALZONA R. - CESTELLI GUIDI C., *“Il calcolo del cemento armato con i metodi delle tensioni ammissibili e degli stati limite”*, Ed. HOEPLI, 1992

BELLUZZI O., *Scienza delle costruzioni*, VOL. I - Ed. ZANICHELLI, 1990

AA.VV., *Guida all'uso dell'eurocodice 2 - con riferimento alle norme tecniche d.m. 14.1.2008*, Ed. AITEC, 2008

MAURIZIO LENZI – PAOLA CAMPANA – IVAN MISSIROLI, *“Un Modello al Continuo per lo Studio degli Impalcati di Travi Scatolari”*, INARCOS n. 709 - Maggio 2010

D.M. 4/05/1990: *“Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali”*

D.M. LL.PP. 14/2/1992: *“Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche”*

D.M. 14/01/2008: *“Nuove norme tecniche per le costruzioni”*

CIRCOLARE 2/02/2009 MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE: *“Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”*

CAPITOLO 3



3 SIGMAC - IL MODULO DI INPUT

Nel presente capitolo vengono illustrate le nozioni di base dell'utilizzo del modulo **SIGMAC** del programma **XPONTI** chiarendo come impostare correttamente l'ambiente di lavoro e come operarvi efficacemente.

Dalla barra degli strumenti di Microsoft Windows scegliere:
Avvio → Programmi → SigmaC Soft – Eng9

Sul desktop comparirà la barra dei moduli del pacchetto **ENG9** acquistati ed utilizzabili:



Premendo con il tasto sinistro del mouse sull'icona del programma **SIGMAC** si avvia la finestra principale dello stesso:



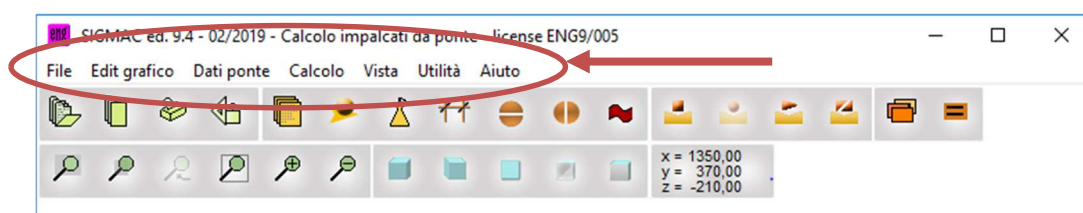
Nello spazio superiore di tale finestra di lavoro sono contenute le barre degli strumenti necessari: quando si porta il dispositivo di puntamento su uno strumento, ne viene visualizzato il nome in un “tips” (etichetta) di descrizione.

Di seguito vengono illustrati i comandi presenti:

BARRA MENÙ FILE		
CARICA IMPALCATO		Apri un documento esistente
SALVA IMPALCATO		Salva il documento attivo
STAMPA GRAFICO		Stampa la finestra corrente
PREFERENZE		Visualizza l'impostazione delle unità di misura, la scelta di colori e font, le gestioni di input ed output, l'archivio carico collaudi
BARRA MENÙ DATI PONTE		
DATI GENERALI		Visualizza i dati generali dell'opera (intestazione, categoria e tipologia impalcato, normativa di riferimento, ecc..)
GEOMETRIA IMPALCATO		Visualizza i dati geometrici dell'impalcato
PARAMETRI MATERIALI		Visualizza le caratteristiche dei materiali impiegati
QUOTATURE		Visualizza le quotature degli elementi strutturali dell'impalcato
FASE DI SOLLEVAMENTO		Visualizza i parametri per la valutazione di tale fase costruttiva
FASE DI TRASPORTO		Visualizza i parametri per la valutazione di tale fase costruttiva
PREDIMENSIONAMENTO		Funzione di predimensionamento impalcati
BARRA MENÙ CARICHI		
CARICHI PERMANENTI		Visualizza i carichi permanenti lineari e distribuiti di prima e di seconda fase
CARICHI TRAFFICO		Visualizza i carichi mobili come previsto dalla normativa adottata
CARICHI VENTO		Visualizza i dati per la determinazione dell'azione del vento agente sull'impalcato
CARICHI SISMA		Visualizza i dati per la determinazione dell'azione del sisma agente sull'impalcato
BARRA MENÙ CALCOLO		
COMBINAZIONI		Visualizza le combinazioni per le diverse fasi costruttive e per gli stati limite di esercizio ed ultimo degli elementi costruttivi
CALCOLO		Esegue il calcolo delle sollecitazioni e delle deformazioni

BARRA MENÙ EDIT VISTA		
ZOOM ESTENSIONE		Adatta il grafico alle dimensioni della finestra attiva
ZOOM WINDOWS		Permette di visualizzare la parte del grafico che l'utente ha selezionato
ZOOM PRECEDENTE		Ripristina la vista precedente
ZOOM TUTTO		Adatta il righello alle dimensioni della finestra attiva
ZOOM IN		Permette di aumentare di un fattore costante le dimensioni di visualizzazione degli oggetti nella finestra corrente
ZOOM OUT		Permette di diminuire di un fattore costante le dimensioni di visualizzazione degli oggetti nella finestra corrente
BARRA MENÙ VISTA ASSONOMETRICA		
VISTA ASSONOMETRICA, DX		Permette di visualizzare una vista assonometrica dell'impalcato
VISTA ASSONOMETRICA, SX		Permette di visualizzare una vista assonometrica dell'impalcato
VISTA IN PIANTA		Permette di visualizzare la vista in pianta dell'impalcato
SEZIONE IN MEZZERIA		Visualizza la sezione trasversale dell'impalcato in corrispondenza della mezzeria
SEZIONE IN TESTATA		Visualizza la sezione trasversale dell'impalcato in corrispondenza della testata

Al di sopra delle barre degli strumenti sono presenti i menù a discesa:



Dopo aver fatto clic sul nome di un menù, viene visualizzato l'elenco delle opzioni ad esso associato, dal quale è possibile scegliere l'opzione desiderata.

La descrizione esaustiva di tali opzioni verrà effettuata nel seguito.

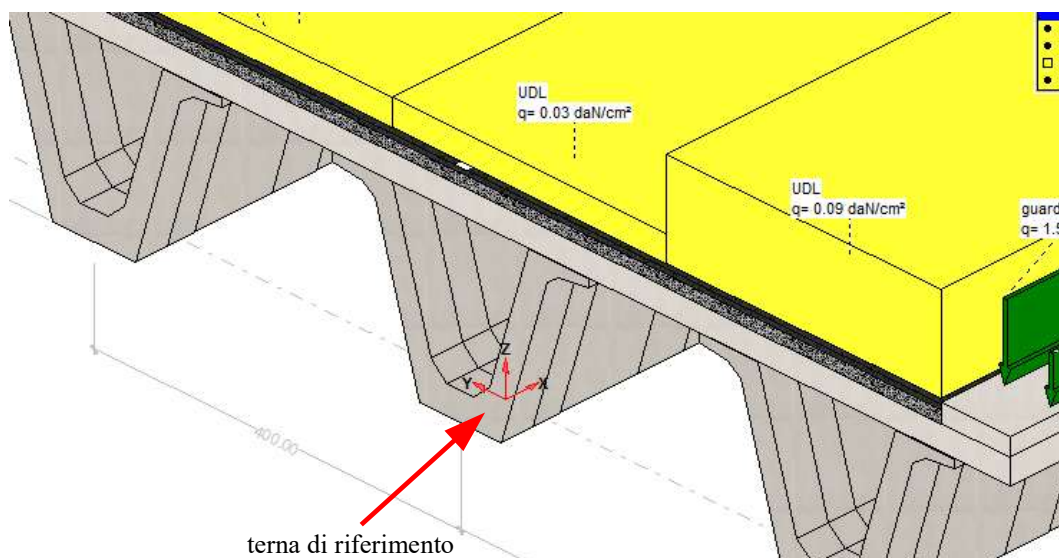
Nella parte inferiore della finestra di lavoro sono visualizzati il nome del file dei dati con il percorso completo, le unità di misura correnti ed alcune opzioni di visualizzazione del grafico: assi di riferimento, griglia, cursore mirino, scelta colori e font, miscellanea.

C:\Program Files\SIGMAC SOFT\eng8\Castel S. Giorgio - campata corta.SIG

[m] [KN] [DEG]

All'interno dell'area di lavoro, per tutte le opzioni di vista presenti, è sempre possibile individuare la terna XYZ di riferimento principale: l'origine di tale sistema di riferimento viene assunto in corrispondenza di uno degli assi appoggi della campate e in corrispondenza dell'asse verticale dell'insieme delle travi.

Come mostrato graficamente si assumono: l'asse Z verticale diretto verso l'alto; l'asse Y trasversale all'impalcato e l'asse X longitudinale all'impalcato stesso.



Seleziona travi
Seleziona solette
Seleziona carichi
Seleziona vertici soletta/solettone
Seleziona etichetta
Seleziona carichi per collaudo
Seleziona quotature
Inserisci carichi per collaudo
Inserisci quotature

È presente, infine, un menù a cursore: esso viene visualizzato nella posizione del cursore premendo il tasto destro del mouse (per un mouse a due pulsanti). Il menù a cursore visualizza la serie di opzioni che è possibile selezionare nella fase corrente di lavoro.

Questa sensibilità al contesto del menù a cursore si esprime nella visualizzazione di tutti e soli i comandi che sono contestualmente logici.

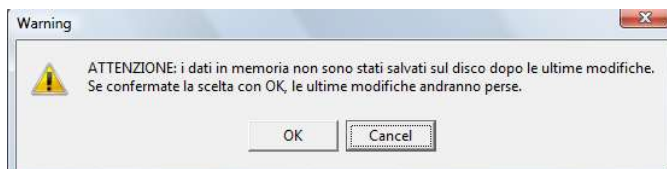
3.1 Menù “File”

Si analizzano le opzioni presenti nel menù File

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

3.1.1 Nuovo impalcato

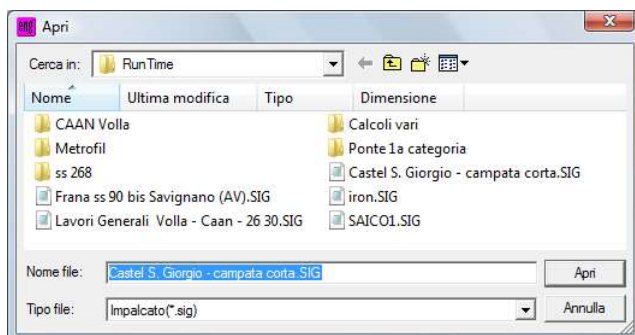
Il comando permette di creare un nuovo documento. Il programma effettua un controllo dei dati di input inseriti e/o cambiati per l'eventuale file in uso. Qualora tali modifiche non fossero state salvate comparirà un messaggio di avvertenza per l'utente:



Al contrario, se i dati sono stati salvati o non sono state effettuate delle modifiche degli stessi dall'ultimo salvataggio effettuato, questo messaggio non verrà mostrato e si procederà all'inserimento dei dati di input di un nuovo impalcato.

3.1.2 Carica impalcato

Il comando, che può essere eseguito premendo i tasti di scelta rapida ALT+ F + C, apre la finestra di caricamento standard dei file in modo simile a qualsiasi altro prodotto funzionante in ambiente di lavoro Windows.



Questa finestra compare già predisposta per eseguire il caricamento dei file con estensione **.sig**

Tutti i file aventi estensione **.sig** sono stati salvati in precedenza dal programma **SIGMAC** con il comando **Salva impalcato come**.

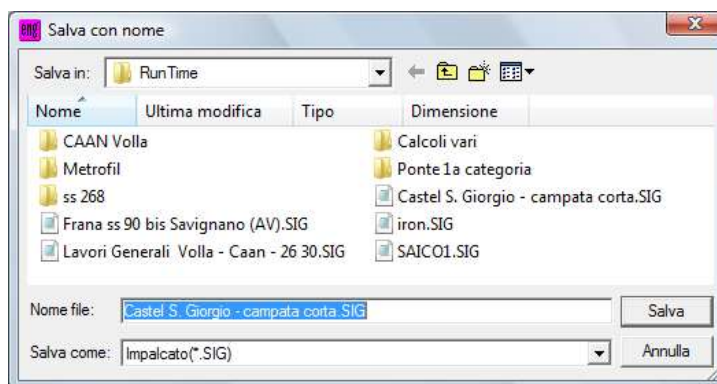
3.1.3 Salva impalcato

Il comando permette di effettuare il salvataggio automatico del file solo se questo è già stato creato in precedenza con il comando **Salva impalcato come**.

Se al file non è stato ancora attribuito un nome, invece, il comando **Salva impalcato** equivale al comando **Salva impalcato come**.

3.1.4 Salva impalcato come

Si apre la finestra di salvataggio standard dei file in modo simile a qualsiasi altro prodotto funzionante in ambiente di lavoro Windows.



Questa finestra è già predisposta per eseguire il salvataggio dei file con estensione **.sig**. L'utente, una volta individuata la cartella dove salvare il file, si posiziona nella casella di testo **Nome file** ed assegna il nome al lavoro in oggetto.

3.1.5 Importa file vecchie edizioni

Selezionando tale comando compare la finestra standard di Windows di apertura dei file. L'utente può importare i file creati con la precedente versione DOS specificando il loro indirizzo (esempio: C:\DATAENG\PROG25\PROB16.sig)

Il programma esegue il problema prevedendo l'utilizzo della normativa prevista nel codice che lo ha generato (D.M.90 e D.M.96, NTC 2008).

Occorre precisare che una volta individuato il file **.sig** da importare è necessario specificare il file **.sez** che descrive la sezione utilizzata dalla precedente edizione del programma (esempio C:\ARCSEZ\113.sez): tale richiesta viene visualizzata in quanto il file **.sig** importato non contiene la descrizione geometrica della sezione ma solo il suo nome (esempio VH185 corrisponde alla sezione 113.sez in archivio travi).

NOTA Nel caso non venga specificata o non venga trovata la sezione utilizzata per il calcolo precedente, il programma importa ugualmente i dati relativi all'impalcato che, tuttavia, risulteranno incompleti per ciò che riguarda la sezione.

Il calcolo può essere aggiornato applicando le recenti normative.

3.1.6 Esporta struttura a grigliato

Il comando permette di generare un modello ad aste della struttura, disposte su un piano X,Y e soggette a vincoli e carichi ortogonali al piano stesso. Il modello viene scritto in un file formato .GRT, pronto per essere importato nel modulo **GRAT** del pacchetto **ENG9**.

3.1.6.1 Definizione geometria grigliato

Viene adottato uno schema unifilare per le travi, vengono schematizzati i traversi di testata e, se presenti, in campata, ed infine viene discretizzata la soletta con aste disposte parallelamente ai traversi.

Le zone comprese tra i traversi vengono definite *campi* e esse possono essere ulteriormente suddivise in *sottocampi*, allo scopo di discretizzare la soletta.

Nel riquadro **Divisione campi tra i traversi (aste soletta)** l'utente può specificare direttamente la lunghezza del sottocampo oppure indicarne il numero: nel primo caso si otterrà un certo numero di sottocampi a lunghezza costante ed un eventuale sottocampo residuo qualora la misura del campo non sia esattamente pari ad un multiplo del sottocampo; nel secondo caso, invece, si otterranno sottocampi uguali.

Esporta dati 2a fase per GRAT

Divisione campi tra i traversi (aste soletta)

☒ n. sotto-campi: 10

☐ lunghezza sotto-campi: 0

Campate

camp.: 1

int.pile: 2700

dist.sx: -50

dist.dx: -50

Angolo sghembo in pianta (+ orario) [DEG]: 30

Carichi di 2a fase

Cordoli ☒

Pavimentazione ☒

Carico aggiuntivo sull'impalcato ☐

Carichi lineari 2a fase ☒

Carichi da collaudo ☒

Posizionamento longitudinale assi concentrati

2

	X1	X2
ascisse	174	1350
condiz.	V max	M max

Ok Annulla Apri immediatamente GRAT ☒

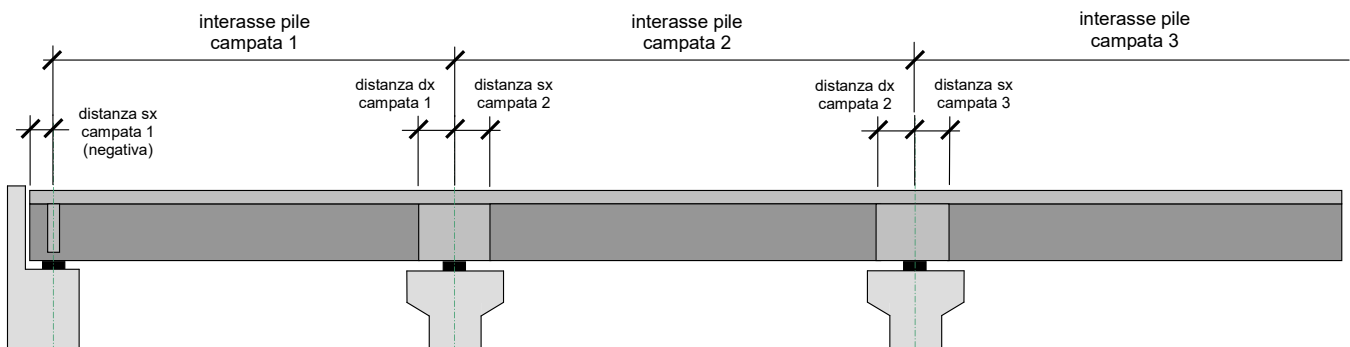
La funzione di esportazione del modello al modulo **GRAT** permette la generazione di modelli a più campate nei quali prevedere la solidarizzazione delle travi sulle pile: ciò consente di realizzare la continuità strutturale.

I dati relativi alla geometria del viadotto sono visualizzati nel riquadro **Campate**.

Mediante il contatore presente l'utente può definire il numero di campate (fino ad un massimo di 10) che costituiranno il modello a graticcio esportato: alla variazione di tale numero per mezzo di un bottone-controllo up-down corrisponde la visualizzazione delle colonne utili a definirne la geometria mediante l'inserimento dei dati richiesti nelle caselle di ciascuna colonna.

Di default il programma genera un'unica campata: in corrispondenza della relativa colonna è possibile leggere i valori assegnati automaticamente e che l'utente può modificare semplicemente posizionando il cursore nelle caselle e riscrivendoli. Si osservi, inoltre, che nel solo caso di campata unica i valori di default corrispondono a quelli della luce di calcolo e a quelli del retrotrave (con valore assegnato negativo) inseriti precedentemente attraverso la sequenza di scelte da menù: **Dati ponte** → **Geometria impalcato** → **Struttura impalcato**.

Il significato delle lunghezze da inserire nelle colonne della tabella **Campate** viene illustrato nella figura seguente.



Nel campo **int.pile** viene inserita, nelle unità di misura correnti, la distanza tra gli assi delle pile e/o delle spalle sulle quali poggiano le travi.

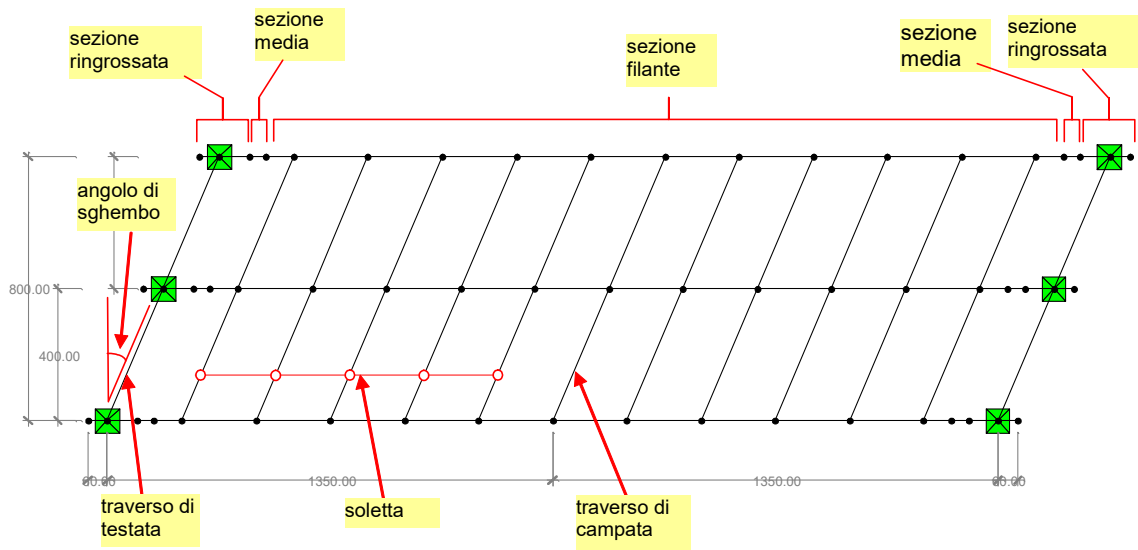
Nel campo **dist.sx** viene inserita, nelle unità di misura correnti, la distanza tra l'asse di appoggio sulla pila e/o spalla della relativa campata e la sezione di testata di sinistra di una trave prefabbricata. Per come è stato assunto il sistema di riferimento locale (si veda la figura precedente) è evidente che in corrispondenza dell'appoggio su una pila tale misura dovrà assumere un valore positivo: in caso contrario, infatti, la sezione della trave prefabbricata risulterebbe sovrapposta a quella della campata precedente. Nel caso di appoggio sulla spalla, invece, l'utente assegnerà un valore negativo creando così un retrotrave.

Nel campo **dist.dx** viene inserita, nelle unità di misura correnti, la distanza tra l'asse di appoggio sulla pila e/o spalla della relativa campata e la sezione di testata di destra di una trave prefabbricata. Per come è stato assunto il sistema di riferimento locale (si veda la figura precedente) è evidente che in corrispondenza dell'appoggio su una pila tale misura dovrà assumere un valore positivo: in caso contrario, infatti, la sezione della trave prefabbricata risulterebbe sovrapposta a quella della campata successiva. Nel caso di appoggio sulla spalla, invece, l'utente assegnerà un valore negativo creando così un retrotrave.

Si osservi che alle aste che rappresentano i tratti di continuità longitudinale sulle pile vengono assegnate le sezioni dei tratti finali delle travi prefabbricate. In corrispondenza delle pile, invece, le aste che rappresentano i traversi avranno sezione rettangolare piena. Nel modulo **GRAT** l'utente potrà intervenire modificando, ad esempio, le caratteristiche delle aste in modo da descrivere compiutamente i diversi modelli che schematizzano l'impalcato.

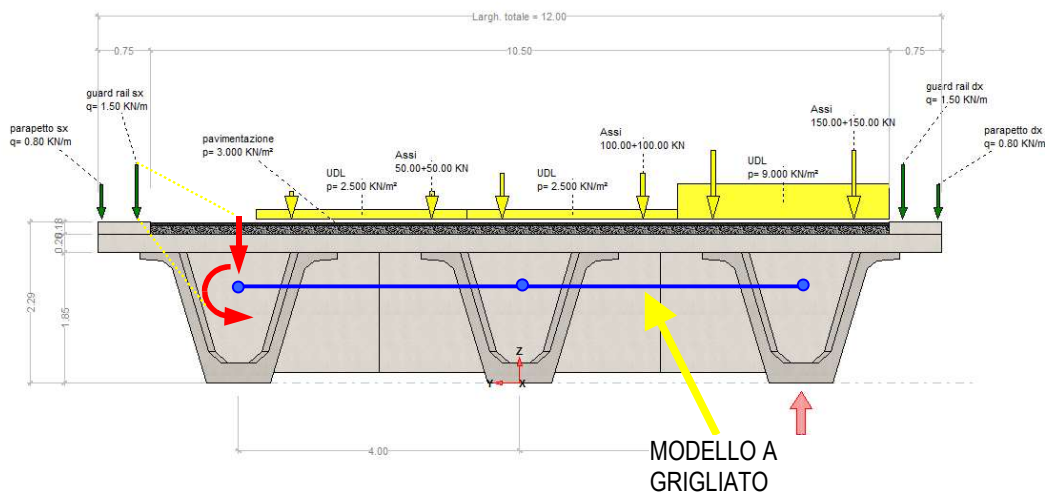
Nella finestra corrente è possibile assegnare un **Angolo sghembo in pianta** assunto positivo se orario: tale comando risulta particolarmente utile per generare i graticci relativi ad impalcati con spalle o pile non ortogonali all'asse delle travi.

La figura che segue illustra un modello generato con i dati relativi all'impalcato a 3 travi utilizzato per l'esposizione di questo manuale e dotato di un traverso in mezzzeria.



Nel modello ad aste le rigidezze vengono concentrate nel baricentro delle sezioni.

La generazione del modello unifilare delle travi principali tiene conto di eventuali ringrossi in testata delle travi. Le zone di rastremazione della sezione vengono rappresentate con aste di sezione costante, mediata tra la sezione filante e quella ringrossata.



3.1.6.2 Applicazione dei carichi al grigliato

Il riquadro **Carichi di 2a fase** presente sulla parte destra della finestra di esportazione consente di applicare i carichi di seconda fase al modello a graticcio. Ovviamente il calcolo relativo alla prima fase deve prevedere un modello diverso, con travi tra loro separate, che va analizzato separatamente (cfr manuale TCAP).

I carichi agenti, permanenti e/o variabili, vengono descritti nel modello a graticcio come carichi uniformemente distribuiti su una data impronta nel piano X,Y: il modulo **GRAT**, con un'algoritmo automatico, ricondurrà questi carichi a carichi linearmente distribuiti sulle aste interessate sulle quali agiranno, coerentemente, le conseguenti coppie di trasporto. Si rimanda al manuale del modulo **GRAT** per la descrizione esaustiva della procedura di trasferimento alle aste dei carichi distribuiti sul piano X,Y.

In questa sede, tuttavia, è assai utile chiarire che i carichi mobili verranno disposti trasversalmente secondo le eccentricità calcolate dal modulo **SIGMAC** per la verifica della trave in esame (ovvero quella evidenziata mediante una freccia nella finestra di input del programma stesso): modificando la trave da verificare si otterrà una diversa disposizione delle colonne di carico.

Per ciò che riguarda la posizione longitudinale dei carichi mobili, che nel modello a grigliato vengono assegnati in alcune posizioni discrete separate per condizione di carico, è possibile definire tali posizioni X nel riquadro **Posizionamento longitudinale assi concentrati**, indicando il numero di diverse configurazioni di carico e la loro X nel sistema di riferimento globale del ponte. La figura nel riquadro a sinistra illustra le posizioni scelte. La X è comune a tutte le corsie di carico.

Il pulsante **Default** assegna 2 configurazioni per ogni campata (a ridosso dell'appoggio di sinistra e in mezzzeria).

I carichi che rappresentano i cordoli e la pavimentazione in carreggiata, come pure l'eventuale carico aggiuntivo di 2° fase ed il carico mobile UDL, vengono riportati in pianta nel modello a graticcio esattamente con l'ingombro geometrico definito in **SIGMAC**, sarebbe a dire che se ad esempio un cordolo è largo 1 metro, il corrispondente carico in **GRAT** agirà su di un'impronta larga 1 metro.

I carichi concentrati longitudinalmente ed i carichi mobili concentrati (tandem) vengono invece diffusi a 45° sullo spessore medio della soletta a partire dalla loro dimensione originaria in pianta.

Se è spuntata l'opzione **Apri immediatamente GRAT**, quando si preme sul bottone comando **Ok** viene aperto il modulo **GRAT** e caricato il modello appena creato.

Il file esportato dal modulo SIGMAC viene identificato dal nome **LOST.GRT** e collocato nella cartella di installazione del programma **ENG** (solitamente C:\Programmi\SIGMAC\SOFT\eng9).

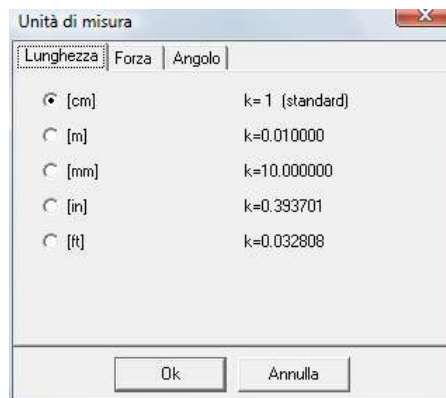
3.1.7 Stampa grafico

Viene visualizzata l'interfaccia di stampa della finestra corrente. Il comando può essere eseguito premendo il tasto F10.

3.1.8 Preferenze

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

3.1.8.1 Unità di misura



Questa finestra permette di impostare le unità di misura SI in input e output.

Il comando può essere eseguito premendo il tasto di scelta rapida F7.

Dopo aver fatto la scelta delle unità desiderate ed aver premuto il bottone **Ok** tutte le variabili del problema vengono convertite nelle nuove unità di misura e viene rieseguito il calcolo se almeno una finestra di output o un postprocessore sono aperti. Si ricordi che il programma utilizza di default le unità di misura che sono state scelte e salvate nel file SIGMAC.INI del quale si è illustrato

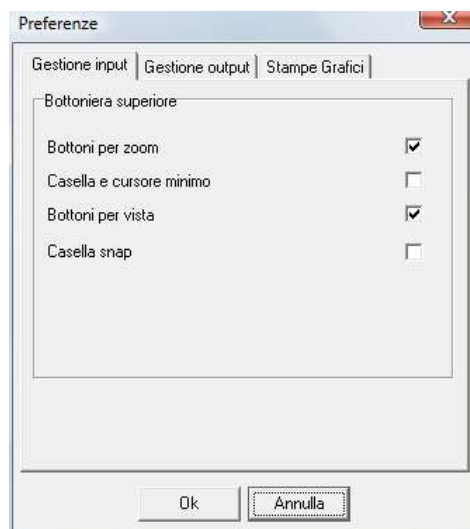
precedentemente il funzionamento.

3.1.8.2 Scelta colori e font

Permette di definire l'aspetto grafico dell'area di lavoro. Le scelte per i colori da assegnare agli elementi strutturali che costituiscono l'impalcato e ai carichi agenti vengono visualizzati nelle vetrofanie poste nell'area di lavoro.

Inoltre è possibile definire le dimensioni e il tipo di carattere dei testi di input e di output.

Le scelte vengono salvate nel file SIGMAC.INI ed utilizzate dal programma ad ogni esecuzione.



3.1.8.3 Miscellanea

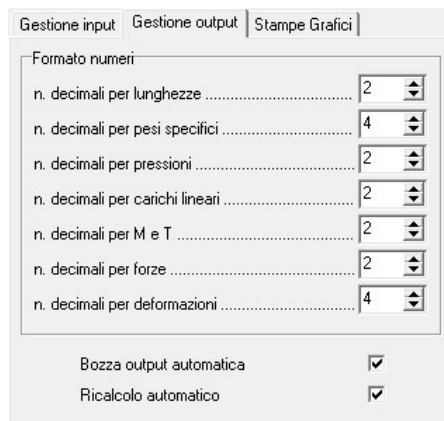
Consente di variare alcune opzioni delle barre superiori degli strumenti, di personalizzare i dati di output, di gestire le stampe dei grafici.

Il mirino di inserimento è di forma quadrata: il punto a cui si riferisce la sua posizione coincide con il suo baricentro, ma riesce a calamitare gli oggetti contenuti all'interno del quadrato.

Il mirino è dotato di una bandierina che verrà fissata a tutti gli elementi selezionati per facilitarne il riconoscimento. Le dimensioni del mirino possono essere modificate agendo su un opportuno strumento presente nella fascia degli strumenti della pagina di input:

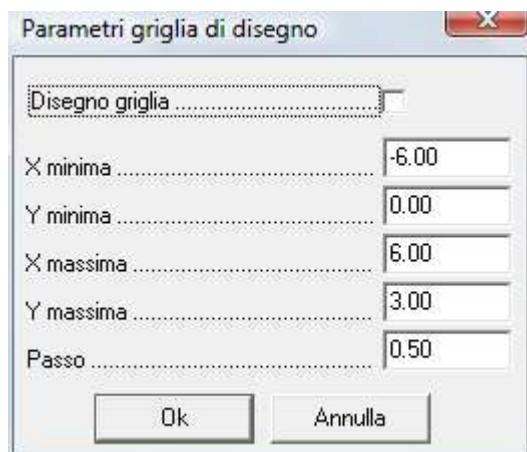


La modifica può avvenire inserendo direttamente la misura del lato del mirino nella casella di testo (nelle unità di misura correnti) oppure agendo con il mouse sul cursore a destra di questa casella.



Se il check box **Stampante bianco e nero** è selezionato tutte le linee che compongono il grafico verranno disegnate in nero per evitare che sulle stampanti in bianco e nero queste righe colorate vengano riprodotte in maniera non soddisfacente.

3.1.8.4 Griglia



Consente di mostrare e definire una griglia di riferimento nel grafico della sezione trasversale.

Le dimensioni della griglia definite in questa finestra vengono registrate nel file SIGMAC.INI e diventano un settaggio di preferenze ad ogni partenza del programma, come per tutte le scelte illustrate in questi paragrafi 3.1.8.2-3.1.8.4.

3.1.8.5 Archivio carichi per collaudo

Permette di definire un archivio personalizzato di convogli da impiegare in fase di collaudo. L'utente può definirne tipologia (numero assi), geometria (distanze tra gli assi e dimensioni delle sagome), entità dei carichi per asse.

Gestione archivio carichi per collaudo

Convoglio: 1 [Cancella convoglio] [Nuovo convoglio]

Nome: Carreggiata:

asse	X' [cm]	Q [daN]
1	130	13000
2	270	13000
3	620	7000

Assi equispaziati:
 numero assi:
 passo assi:
 X' primo asse:
 carico asse:
 [genera]

[Inserisci asse] [Cancella asse]

[Ok] [Annulla]

A titolo esemplificativo si genera un nuovo convoglio con assi equispaziati.

Si seleziona il bottone comando **Nuovo convoglio**: questo verrà aggiunto nell'archivio corrente nella posizione successiva al convoglio visualizzato.

Si assegna un **Nome** identificativo del mezzo.

Si completano i campi **Carreggiata**, **numero assi**, **passo assi**, **X' primo asse** e **carico asse** con valori coerenti alle unità di misura correnti.

Si seleziona il bottone **genera**: nella finestra di dialogo vengono visualizzati gli assi del nuovo convoglio. È possibile modificare i valori, aggiungere o cancellare un asse.

A seguire si definiscono le sagome assegnando i vertici di coordinate **X'** e **Y'**: è possibile definire più sagome (generalmente due) corrispondenti alla parte anteriore (motrice) e a quella posteriore del convoglio.

Sagome

vert.	X' [cm]	Y' [cm]
1	550	125
2	720	125
3	750	95
4	750	-95
5	720	-125
6	550	-125
7	550	125

sagoma:

[Inserisci vertice] [Cancella vertice]

Le sagome non sono rilevanti ai fini del calcolo ma conferiscono una maggiore chiarezza al grafico e permettono una più facile selezione con il mouse (menù **Edit grafico**, **Seleziona carichi per collaudo**).

Infine possono essere inserite delle quotature che l'utente ritiene utili ai fini della lettura grafica dei dati.

Questi carichi possono essere

posizionati in pianta sull'impalcato come indicato al paragrafo 3.2.8 oppure come riportato al 3..3.3.5.

3.1.9 Uscire

Il comando permette di chiudere il programma **SIGMAC**.

3.2 Menù “Edit grafico”

Si analizzano le opzioni presenti nel menù Edit grafico.

Questo menù può essere attivato mediante i tasti di scelta rapida ALT+E oppure posizionando il cursore all'interno dell'area di lavoro e premendo il tasto destro del mouse.

3.2.1 Seleziona travi

Il comando permette di selezionare le travi che costituiscono l'impalcato in oggetto. Le travi selezionate vengono evidenziate: premendo il tasto destro del mouse compare un menù a cursore che mostra le opzioni che è possibile selezionare nella fase corrente di lavoro.

Selezionando l'opzione “**Proprietà**” viene mostrata una finestra che contiene le principali informazioni circa la geometria dell'elemento selezionato, il materiale del quale è costituito, l'eventuale presenza di un carico distribuito di prima fase e i parametri da utilizzare nelle verifiche a taglio e torsione.

Proprietà travi	
VH185	
Lung. retrotrave	50
Lung. ringrosso	100
Lung. svasatura	50
Carico lineare di prima fase	0
Modulo elastico	350000
Peso specifico	0,0024525
Area sezione 8882,31 [cm²] Y Baricentro 83,98 [cm] Jxx 35588072,7835 [cm⁴] Lunghezza trave 28,00 [m] Peso trave 630 [kN] Volume di calcestruzzo 25,673 [m³]	
Sezione in campata Coeff. torsione 34698275,49 Spess. tot. anime 29,8 Numero anime 2 Area torsionale Ak 25208 Spessore membrana teff 15 Perimetro area torsionale uk 657	
Sezione in testata Coeff. torsione 34698275,49 Spess. tot. anime 49,2 Numero anime 29,8 Area torsionale Ak 23348 Spessore membrana teff 24,6 Perimetro area torsionale uk 637	

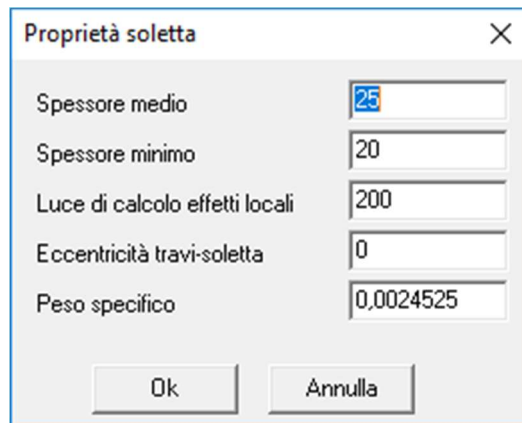
I dati di input presenti nelle caselle di questa finestra possono essere modificati semplicemente riscrivendoli: si osservi che solo in questa finestra è possibile modificare il valore del peso specifico da assegnare al materiale per la determinazione delle sollecitazioni ad esso relativo (sollecitazioni di 1ª fase).

Inoltre, posizionando il cursore sull'immagine della trave e selezionandola con il tasto sinistro del mouse, si accede all'archivio delle sezioni in c.a.p. dal quale è possibile scegliere un nuovo profilo.

Occorre osservare che le modifiche apportate si applicano a tutte le travi, interne ed esterne, che costituiscono l'impalcato; se, al contrario, è stata selezionata l'opzione che prevede sezioni distinte per le travi interne e per quelle esterne (cioè è stata eseguita la sequenza di operazioni: **Dati ponte** → **Dati generali impalcato** → **Opzioni avanzate** → **Travi di bordo distinte**), le modifiche vengono applicate a tutte le travi appartenenti alla stessa tipologia (tutte quelle interne o tutte quelle esterne).

3.2.2 Seleziona solette

Il comando permette di selezionare una soletta che costituisce l'impalcato in oggetto. La soletta selezionata 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.



Selezionando l'opzione **Proprietà** viene mostrata una finestra che contiene le principali informazioni circa la geometria dell'elemento selezionato:

I dati di input presenti nelle caselle di questa finestra si possono modificare semplicemente riscrivendoli.

3.2.3 Seleziona carichi

Il comando permette di selezionare uno dei carichi agenti sull'impalcato in oggetto. Il carico selezionato viene evidenziato: premendo il tasto destro del mouse compare un menù a cursore che mostra le opzioni possibili nella fase corrente di lavoro.



E' possibile cambiare eccentricità dei carichi, oppure le loro proprietà: in questo caso viene mostrata una finestra che contiene tutte le informazioni del carico selezionato.

I dati di input presenti nelle caselle di questa finestra si possono modificare semplicemente riscrivendoli.

Se è stato selezionato più di un carico, nelle caselle appaiono solo le proprietà comuni ai carichi selezionati; le caselle corrispondenti a proprietà diverse sono vuote. Quando viene cliccato il bottone **Ok** a tutti i carichi selezionati vengono assegnate le proprietà corrispondenti a

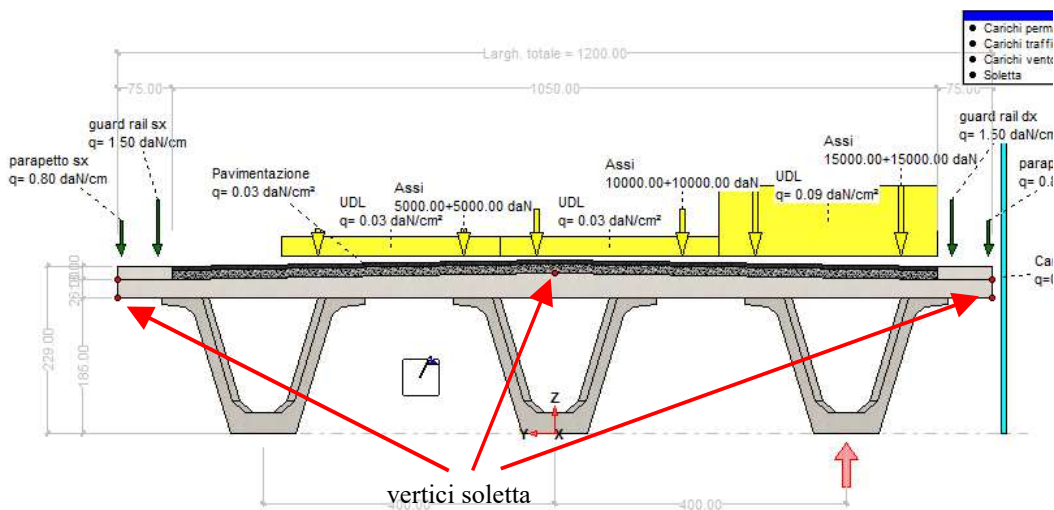
caselle non vuote.

Non è possibile selezionare i carichi **Traffico**.

3.2.4 Seleziona vertici soletta/solettone

Il comando, attivo solo dopo aver scelto una delle due viste in sezione, attiva la visualizzazione dei vertici soletta/solettone che possono essere selezionati. I vertici scelti vengono evidenziati: premendo il tasto destro del mouse compare un menù a cursore che mostra le opzioni che è possibile scegliere nella fase corrente di lavoro.

Selezionando il vertice centrale ed assegnandogli una coordinata Z maggiore è possibile descrivere una soletta a schiena d'asino.



Una tale geometria viene trattata dal programma adottando un valore medio dello spessore soletta per ciò che riguarda il calcolo dei parametri flessionali di Massonnet, mentre viene tenuta la sezione reale della soletta tagliata al di sopra della trave per il trasferimento ai postprocessori di verifica.

3.2.5 Selezione etichetta

Il comando permette di selezionare un'etichetta associata al carico agente sull'impalcato in oggetto. L'etichetta selezionata 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.

3.2.6 Selezione carichi per collaudo

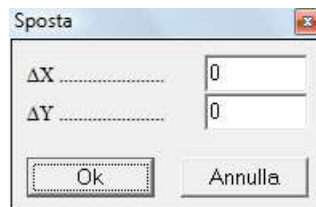
Il comando risulta attivo solo dopo aver definito uno o più convogli per la fase di collaudo (cioè dopo la sequenza di operazioni: **Dati ponte** → **Carichi** → **Collaudo...**) e aver selezionato la vista in pianta dell'impalcato in oggetto. Il carico selezionato viene evidenziato: premendo il tasto destro del mouse compare un menù a cursore che mostra le opzioni che è possibile selezionare nella fase corrente di lavoro.

Selezionando l'opzione **Proprietà** viene mostrata una finestra che contiene tutte le informazioni del carico selezionato:

Proprietà carichi di collaudo: 6,5

Generali		Assi	
Denominazione	Camion 4 assi		
Interasse carreggiata	1.8		
Posizione	X		Y 1.3
Senso di marcia			
Targa veicolo			
Disegna quotature	☒		
Ok Annulla			

I dati di input presenti nelle caselle di questa finestra si possono modificare semplicemente riscrivendoli. I dati comuni a tutti i carichi della selezione appaiono nelle rispettive caselle, per quelli diversi le caselle sono vuote.



Selezionando l'opzione **Sposta** è possibile specificare le componenti di spostamento da applicare ai carichi selezionati inserendo ΔX e ΔY nelle caselle della finestra che appare in sovrapposizione.

Lo spostamento può essere eseguito anche graficamente.

3.2.7 Seleziona quotature

Il comando, attivo solo dopo aver scelto una delle due viste in sezione, permette di selezionare una quotatura associata ad uno degli elementi strutturali che costituiscono l'impalcato. La quotatura selezionata 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.

3.2.8 Inserisci carichi per collaudo

Il comando risulta attivo solo dopo aver definito uno o più convogli per la fase di collaudo (cioè dopo la sequenza di operazioni **Dati ponte** → **Carichi** → **Collaudo...**) e aver selezionato la vista in pianta dell'impalcato.

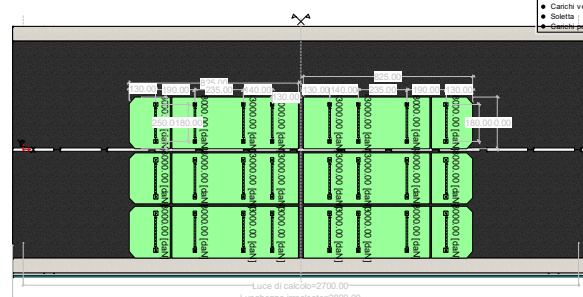
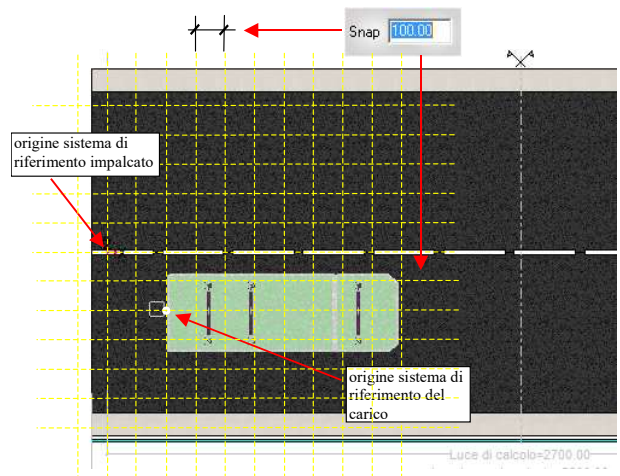


Nel selettore carichi da collaudo è possibile selezionare il carico che si desidera posizionare sull'impalcato, modificare il verso di orientamento del mezzo e bloccare il movimento a ridosso dei cordoli definiti per la geometria dell'impalcato.

Il carico viene inserito graficamente trascinando il mezzo sull'impalcato e posizionandolo con il click sinistro del mouse. Durante il trascinamento il mezzo si muove su una griglia la cui dimensione è modificabile dall'utente nella casella Snap.

Una volta posizionato un mezzo è possibile modificarne le proprietà (compresa nuovamente la posizione) selezionandolo. Alternativamente si può agire tramite il menù **Dati ponte** → **Carichi** → **Collaudo...**

I mezzi di collaudo posizionati sull'impalcato rappresentano una



condizione di carico a sè stante che non viene combinata con gli altri carichi. Il programma fornirà per essi le sollecitazioni e le deformazioni sulle travi principali.

3.2.9 Inserisci quotature

Il comando permette di inserire una quotatura tra due vertici selezionati della struttura. La quotatura può essere parallela all'asse X, parallela all'asse Y o parallela alla linea individuata dai due vertici scelti.

NOTA Le quotature inserite dall'utente in sezione trasversale o in pianta vengono perse qualora, uscendo con **OK** dalla finestra **Dati ponte** → **Geometria impalcato**, è attivo il segno di spunta sull'opzione **Quotature standard**.

3.2.10 Copia immagine

Il comando, che può essere attivato mediante i tasti di scelta rapida Ctrl+C, esegue una copia del grafico contenuto nella finestra attiva sulla clipboard. L'immagine può essere inserita nella relazione di calcolo.

3.3 Menù “Dati ponte”

Si analizzano le opzioni presenti nel menù Edit grafico

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

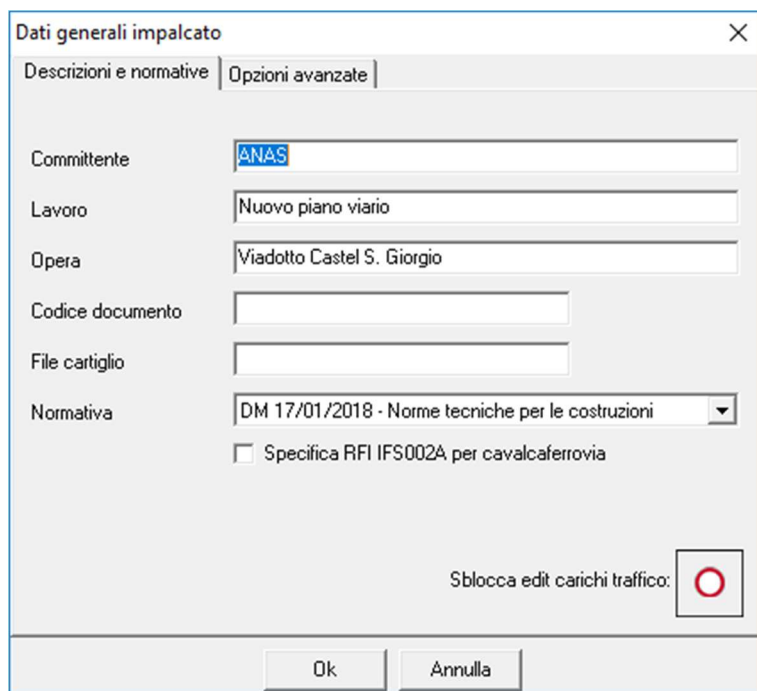
3.3.1 Dati generali

Si apre una finestra che contiene due pannelli per l’inserimento dei dati.

Nel primo **Descrizione e normative** si inseriscono delle informazioni di carattere generale che verranno riportate nelle fasi di output. Si effettua, inoltre, la scelta della normativa di riferimento secondo la quale effettuare il calcolo e la verifica dell’impalcato.

Nella versione attuale i dati Codice documento e File cartiglio non vengono utilizzati.

L’opzione **Sblocca edit carichi traffico** consente all’utente di modificare i carichi mobili definiti dalla normativa selezionata (è abilitata la sequenza di comandi: **Dati ponte** → **Carichi** → **Traffico**).

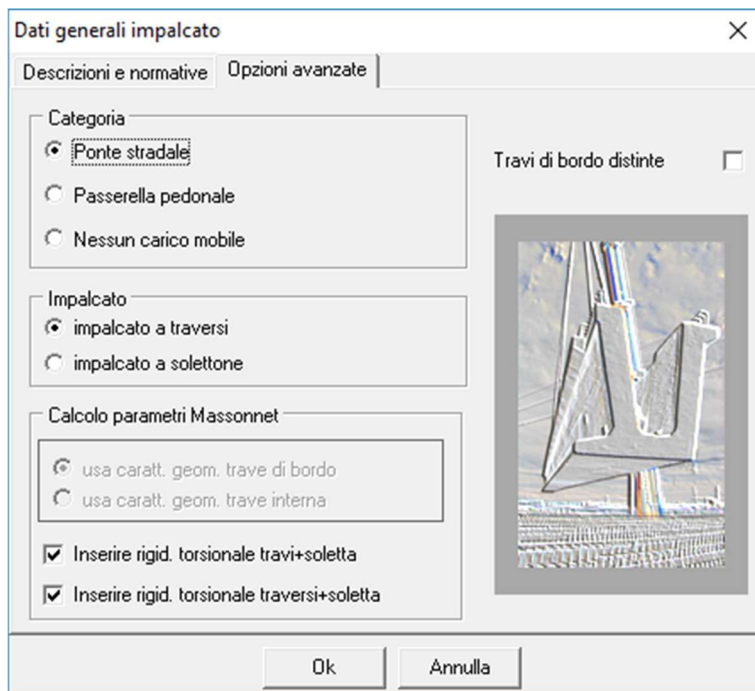


NOTA Dopo aver effettuato un cambio di Normativa e/o un cambio di categoria di ponte in questa finestra, nel momento in cui si preme il bottone **Ok** il programma assegna i carichi da traffico relativi alla scelta effettuata. Eventuali carichi da traffico particolari definiti dall’utente vengono sovrascritti.

Nel secondo pannello **Opzioni avanzate** si definisce la categoria: ponte di tipo stradale (di prima o di seconda categoria) o passerella pedonale.

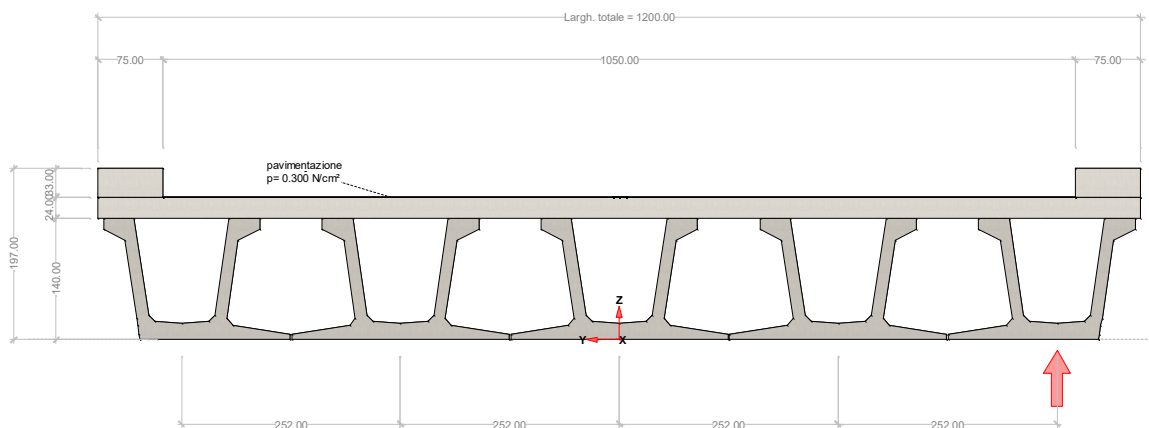
La scelta **Nessun carico mobile** esclude il posizionamento dei carichi da traffico sull’impalcato. Il programma terrà conto solamente dei pesi propri, dei carichi lineari di prima fase e di tutti i carichi permanenti di seconda fase, lineari e distribuiti. Metterà inoltre in conto l’azione sismica applicandola alle masse presenti.

L’impalcato può essere realizzato con travi principali collegate da traversi, di testata e/o in campata, che le irrigidiscono oppure può essere del tipo a solettone: in questo caso le travi principali fungono da cassaforma per il successivo getto di completamento.



Il programma prevede la possibilità di distinguere le travi di bordo da quelle interne, cioè di utilizzare per le travi di bordo delle geometrie diverse da quelle interne con l'opzione **Travi di bordo distinte**. In questo caso per il calcolo dei parametri di Massonnet e delle sollecitazioni si possono utilizzare le caratteristiche geometriche delle travi interne oppure decidere di usare quelle delle travi di bordo.

Sempre riguardo al calcolo dei parametri di Massonnet ed in particolare per la rigidezza



torsionale, il codice di calcolo utilizza il valore del coefficiente torsionale della sezione trave+soletta che è stato inserito dall'utente nell'archivio travi in c.a.p., mentre calcola autonomamente quello degli elementi traverso+soletta accoppiando le due sezioni rettangolari, in virtù della unicità della geometria permessa.

E' possibile escludere dal calcolo alla Massonnet le rigidzze torsionali di elementi longitudinali ed elementi trasversali togliendo la spuntatura dalle opzioni **Inserire rigid. torsionale travi+soletta** e **Inserire rigid. torsionale traversi+soletta**. Il calcolo avverrà di conseguenza nell'ipotesi di graticcio di travi senza rigidzza torsionale (parametro di Massonnet $\alpha=0$).

3.3.2 Geometria impalcato

Si apre una finestra che contiene due pannelli per l'inserimento dei dati.

Nel primo **Struttura impalcato** vengono inseriti i parametri geometrici relativi alle travi utilizzate.

Si ricordi che sono ammessi solo valori positivi.

Nel campo **Luce di calcolo** viene inserita la luce di calcolo delle travi, ovvero l'interasse degli appoggi, nelle unità di misura correnti.

Nel campo **Lungh. retrotrave** viene inserita la distanza, nelle unità di misura correnti, tra l'appoggio della trave e la sua testata. Il programma **SIGMAC** non prevede lunghezze retrotrave diverse per le due testate.

Nel campo **Numero travi** si introduce il numero di travi prefabbricate che compongono l'impalcato.

Nel campo **Interasse travi** viene introdotta la distanza, nelle unità di misura correnti, tra gli assi appoggi delle travi in direzione Y. Nel caso di impalcato realizzato con travi accostate è prassi prevedere un interasse pari alla larghezza trave incrementata di 1÷2 cm per tenere conto di inevitabili imperfezioni della rettilineità dei manufatti o della posa in opera.

Il campo **Lungh. ringrosso** individua la lunghezza, nelle unità di misura correnti, dei ringrossi previsti per le testate delle travi.

Il programma considera tale geometria in zona di appoggio identica alle due estremità.

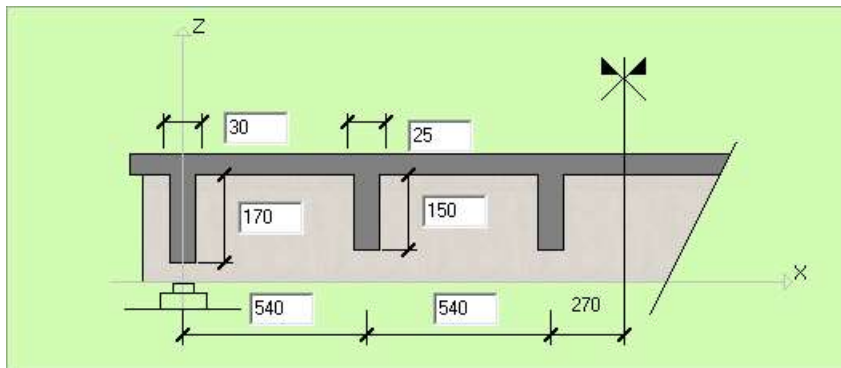
Il campo **Lungh. svasatura** individua la lunghezza, nelle unità di misura correnti, della porzione di trave a sezione variabile che raccorda il tratto di manufatto a sezione ringrossata prevista in testata con il rimanente tratto di trave in campata.

Nel campo **Trave da verificare** viene individuato il manufatto per il quale effettuare il calcolo delle sollecitazioni e le relative verifiche. Il programma identifica come Trave 1 quella che ha coordinata Y minore.

La trave oggetto di verifica è evidenziata graficamente da una freccia.

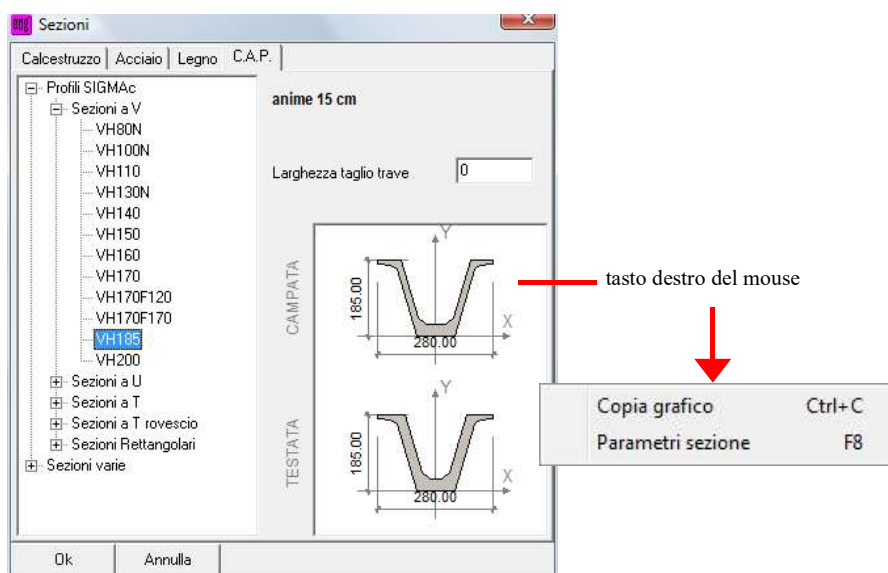
Nel campo **Numero traversi in campata** viene inserito il numero totale di traversi di collegamento trasversale dell'impalcato presenti in campata fino ad un numero massimo di 5.

Il programma permette di descrivere due geometrie distinte (altezza e spessore) per i traversi di testata e per quelli in campata. Occorre specificare, inoltre, le posizioni dei traversi inserendo nei relativi campi l'interasse assoluto tra di loro, nelle unità di misura correnti.



NOTA I traversi di testata hanno effetto solo nel calcolo delle reazioni d'appoggio e nella determinazione della massa totale dell'impalcato. Al contrario non hanno alcuna rilevanza nella risoluzione della ripartizione trasversale dei carichi secondo il metodo di Massonnet.

Nel pannello **Struttura impalcato** dev'essere definito il tipo di profilo di trave impiegata per la realizzazione dell'impalcato stesso. Tale definizione avviene posizionando il cursore al di sopra del pannello **Travi principali** (si osserverà il cursore



stesso cambiare aspetto): con un click effettuato con il pulsante sinistro del mouse viene visualizzato l'archivio principale delle sezioni che possono essere utilizzate per l'opera oggetto di analisi.

La trave prefabbricata può essere limitata in larghezza qualora l'interasse tra le travi lo imponga, tramite il campo **Larghezza taglio trave**.

L'archivio delle travi prefabbricate, accessibile tramite il modulo accessorio **Archivio travi in c.a.p.**, può essere modificato e personalizzato da parte dell'utente.

VH185

Sezione in campata :

Xg	0.00	cm
Yg	83.98	cm
Area	8882.31	cm ²
Jx	35588072.78	cm ⁴
Ct	34698275.49	cm ⁴
Ω	25208.00	cm ²
spess. anima	29.80	cm
perimetro Ω	657.00	cm

Sezione in testata :

Xg	0.00	cm
Yg	90.15	cm
Area	12092.78	cm ²
Jx	43417268.38	cm ⁴
Ct	34698275.49	cm ⁴
Ω	23348.00	cm ²
spess. anima	49.20	cm
perimetro Ω	637.00	cm

Note modifiche :

Data	Ora	Nota
15-08-2010	0:00	creazione archivio

La funzione **Parametri sezione**, accessibile dal menù locale del grafico della sezione, consente di avere una lista dei parametri della trave ed una storia delle modifiche operate sui dati in archivio.

Possono essere utilizzate anche travi di tipologia diversa: travi in acciaio, in c.a. normale, in legno. Il programma utilizza la geometria delle sezioni ed il modulo elastico del materiale per determinare la rigidezza degli elementi resistenti, ed applica la formulazione di Massonnet per il calcolo delle sollecitazioni in ogni elemento.

Definito il profilo da utilizzare esso viene visualizzato nel pannello **Struttura impalcato**: ne viene mostrato il nome assegnato in archivio e le eventuali distinte sezioni di testata o in campata.

Si osservi, infine, che nel caso di un impalcato per il quale sono previste travi di bordo distinte occorre procedere alla definizione dei due differenti profili **Travi interne** e **Trave di bordo (sinistra)** come precedentemente descritto.

Nel pannello **Sezione stradale** occorre completare i campi presenti con i parametri geometrici necessari alla descrizione della sezione trasversale dell'impalcato in oggetto.

Eccent. travi-soletta: inserendo un valore diverso da zero in questo campo viene assegnata al baricentro della soletta un'eccentricità rispetto al baricentro delle travi. Un valore positivo trasla l'asse-soletta nella direzione delle Y positive. La definizione dell'eccentricità travi-soletta determina per i carichi disposti sull'impalcato una diversa eccentricità rispetto all'asse delle travi; per le travi di bordo, invece, una differente condizione di carico di prima fase ed una diversa geometria della sezione resistente in seconda fase.

Geometria impalcato

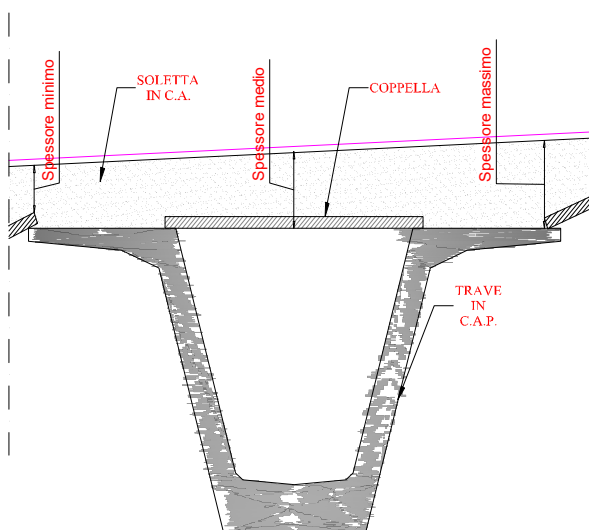
Struttura impalcato Sezione stradale

Ecc. trave-soletta	0	Largh. marciapiede sx	0
Spessore medio soletta	26	Dist. marc. sx-carreggiata	0
Spessore minimo soletta	21	Largh. marciapiede dx	0
Luce di calcolo soletta	190	Dist. marc. dx-carreggiata	0
Cordolo centrale	☐	Getto sbalzi in seconda fase soletta	☐
Spessore medio cordoli	18	Largh. sbalzo destro	0
Sezione normalizzata	<nessuna>	Largh. sbalzo sinistro	0
		Raggio di curvatura in asse strada Y=0	0

Ok Annulla Quotature standard ☒

Spessore medio soletta: il valore inserito nel campo viene utilizzato dal programma ai fini del calcolo del peso del getto in prima fase e per la definizione delle sezioni omogeneizzate di verifica in seconda fase.

Spessore minimo soletta: il valore inserito nel campo viene utilizzato per le verifiche a flessione dell'elemento soletta; nel caso non vi siano traversi di ripartizione tale valore viene impiegato per la determinazione della rigidezza della soletta come elemento di ripartizione trasversale. Lo spessore medio e lo spessore minimo della soletta possono differire sensibilmente: occorre valutare, infatti, sia l'eventuale presenza di coppelle prefabbricate sia la possibilità di dover realizzare una soletta a spessore variabile.



Luce di calcolo soletta: il valore inserito nel campo viene utilizzato per la determinazione dei momenti flettenti "locali" agenti sulla soletta. La valutazione delle sollecitazioni viene eseguita adottando due schemi semplificati di calcolo: trave in semincastro per il calcolo dei momenti massimi positivi; trave perfettamente incastrata all'estremità per il calcolo dei momenti flettenti negativi (cfr 4.1.4.1.1).

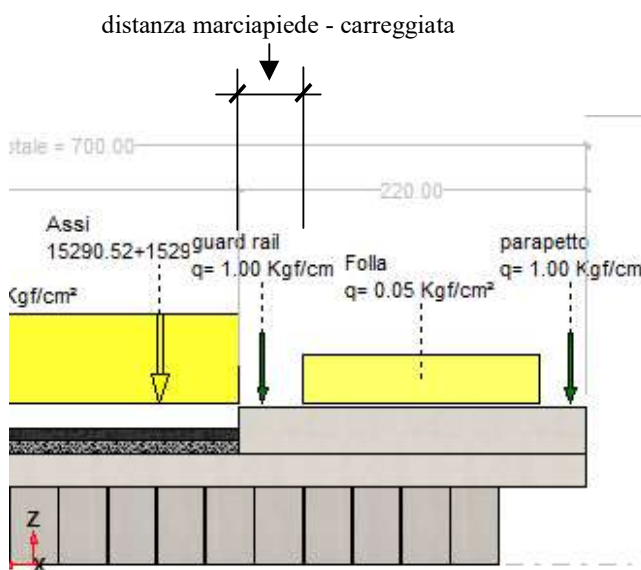
Cordolo centrale: abilitando questo check è possibile prevedere per il problema analizzato una sezione stradale costituita da due carreggiate. Il comando aggiorna il grafico della sezione trasversale: i campi, comunque presenti, devono essere completati al fine di descrivere compiutamente la sezione trasversale dell'impalcato in oggetto.

Spessore medio cordoli: il valore inserito nel campo viene utilizzato per determinare il carico permanente di seconda fase dovuto al getto di calcestruzzo necessario a realizzare i marciapiedi o i cordoli di sostegno dei parapetti e/o dei guard-rail. Tale valore non influisce sulla determinazione delle sezioni di verifica. Il carico cordoli viene trattato come un carico lineare distribuito lungo l'asse X longitudinale e posizionato in corrispondenza del punto medio della sua dimensione trasversale.

Sezioni normalizzate: l'utente può scegliere una delle sezioni stradali standardizzate definite dalla norma del C.N.R.. Tale scelta risulta al momento non disponibile in attesa di una nuova definizione da parte dell'ente.

Nella parte inferiore del pannello **Sezione stradale** viene visualizzata la sezione trasversale dell'impalcato: l'utente deve definirne la geometria assegnando le dimensioni dei cordoli laterali e/o centrali e quelle delle carreggiate.

Largh. marciapiede sx: il valore inserito nel campo definisce la larghezza della porzione di marciapiede di sinistra sul quale agisce il carico distribuito q_{fk} (folla compatta) definito dalla normativa adottata.



Dist. marc. sx - carreggiata: il valore inserito nel campo definisce la distanza tra il bordo del marciapiede che ospita il carico distribuito q_{fk} (folla compatta) e il bordo della carreggiata.

Largh. marciapiede dx: il valore inserito nel campo definisce la larghezza della porzione di marciapiede di destra sul quale agisce il carico distribuito q_{fk} (folla compatta) definito dalla normativa adottata.

Dist. marc. dx - carreggiata: distanza tra il bordo del marciapiede che ospita il carico distribuito q_{fk} (folla compatta) e il bordo della carreggiata.

Getto sbalzi in seconda fase soletta: abilitando questo check è possibile prevedere la realizzazione degli sbalzi laterali della soletta in seconda fase. Tale scelta può rendersi necessaria qualora la trave di bordo risulti sollecitata in modo eccessivo in prima fase: in seconda fase, pertanto, agiscono delle forze concentrate pari al peso degli sbalzi laterali e applicate nel baricentro degli stessi.

Largh. sbalzo destro: il valore inserito nel campo definisce la larghezza dello sbalzo destro da realizzare in seconda fase. Le sollecitazioni derivanti dal carico risultante, pertanto, vengono valutate come carichi permanenti di seconda fase.

Largh. sbalzo sinistro: il valore inserito nel campo definisce la larghezza dello sbalzo sinistro da realizzare in seconda fase. Le sollecitazioni derivanti dal carico risultante, pertanto, vengono valutate come carichi permanenti di seconda fase.

Raggio di curvatura in asse stradale: il valore inserito, nelle unità di misura correnti, permette di valutare gli effetti dovuti all'azione della forza centrifuga sull'impalcato in oggetto come previsto dalla normativa adottata. Un raggio di curvatura nullo corrisponde ad un asse rettilineo dell'impalcato. Si ricordi che la forza centrifuga determinata è una forza orizzontale agente a livello Z del baricentro del carico mobile che viene trasferita direttamente agli appoggi: il programma fornisce il valore totale di tale reazione (nella relazione di calcolo è inserita nel capitolo relativo alle azioni sugli appoggi). Nessun effetto verticale associato alla forza centrifuga viene tenuto in conto nella determinazione delle sollecitazioni flettenti e taglianti delle travi principali.

Quotature standard: abilitando questo check vengono visualizzate le quotature di default tra i punti dell'impalcato ritenuti significativi dal programma. Qualora l'utente abbia inserito nel grafico delle quotature personalizzate deve disabilitare questo check alla conferma dei dati inseriti nella finestra **Geometria impalcato**: in caso contrario il programma aggiorna il disegno eliminando tali quotature.

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

3.3.2.1 Parametri di Massonnet

I parametri $b_1, L, l_1, \theta, \alpha$ di Massonnet, in base ai quali vengono calcolati i coefficienti di ripartizione dei carichi e quindi le sollecitazioni nei vari elementi dell'impalcato, sono determinati dal programma a partire dalla geometria strutturale descritta dall'utente.

3.3.2.1.1 Parametro b_1

Il parametro b_1 rappresenta l'interasse delle travi principali.

Nel caso di impalcato con una sola trave l'applicazione del metodo di Massonnet risulta ridondante: il programma, tuttavia, consente la sua applicazione (è necessario inserire, comunque, un interasse travi >0 , ad esempio pari alla larghezza massima della sezione trave+soletta) ottenendo un coefficiente di ripartizione costante sulla larghezza e assai prossimo al valore 1.00.

3.3.2.1.2 Parametro L

Il parametro L di Massonnet coincide con la luce di calcolo dell'impalcato cioè la distanza tra gli appoggi delle travi in pianta.

3.3.2.1.3 Calcolo di ρ_p

Per la determinazione di ρ_p (cfr. eq. 2.6) il programma calcola i valori di A, d, J sia della sezione di calcestruzzo della sola trave sia della sezione comprensiva del getto in opera, con esclusione dei cordoli.

I valori di A, J del getto in opera vengono divisi per il numero delle travi: successivamente le due sezioni vengono accoppiate ottenendo il valore di J_p .

3.3.2.1.4 Calcolo di γ_p

Il calcolo di γ_p richiede la definizione di C_p .

Tale parametro viene assunto pari al coefficiente torsionale assegnato alla sezione in campata della trave ed è definito nell'archivio travi in c.a.p. se quest'ultimo è ≥ 0 ; diversamente un valore negativo del coefficiente torsionale in archivio viene interpretato dal programma scartando tale valore e calcolando C_p come la somma della rigidezza torsionale del rettangolo rappresentato dallo spessore totale dell'anima per l'altezza della trave e del rettangolo dato dallo spessore minimo della soletta per b_1 (sezione aperta).

Il coefficiente di torsione letto dall'archivio delle travi in c.a.p. può essere modificato all'interno di **SIGMAC** (vedi 3.2.1).

3.3.2.1.5 Elementi di ripartizione

Se l'impalcato non possiede traversi in campata la funzione strutturale di ripartizione trasversale dei carichi viene svolta dalla soletta.

In questo caso $l_1=1$ e la sezione del traverso è costituita da un rettangolo di larghezza unitaria ed altezza pari allo spessore minimo della soletta.

Qualora il numero di traversi in campata sia >0 l'interasse l_1 tra i traversi è determinato mediante l'espressione

$$l_1 = \frac{\text{Luce di calcolo}}{n.\text{traversi} + 1}$$

indipendentemente dalla posizione dei traversi stessi: la sua sezione, inoltre, è formata dal rettangolo discendente dalla soletta e definito dall'utente al quale viene sommato un rettangolo di soletta alto quanto lo spessore minimo e largo il minimo tra l_1 e $B_{\text{traverso}} + 2 \cdot 5 \cdot \text{spessore minimo soletta}$.

3.3.3 Carichi

3.3.3.1 Permanenti

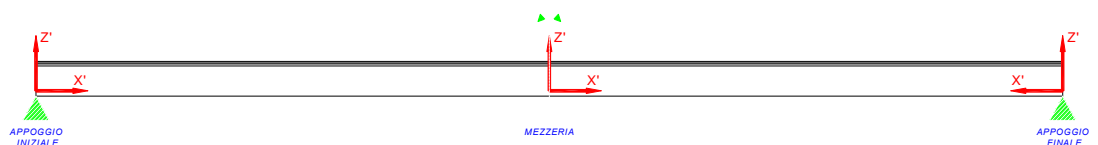
Nella finestra visualizzata sono presenti tre pannelli per la definizione della fase costruttiva e della tipologia di carico da applicare.

Fase 1 – Lineari per trave: dopo aver selezionato il comando bottone **Inserisci** si procede alla definizione del carico lineare di prima fase. È possibile specificarne una descrizione, l'intensità $[F][L^{-1}]$ e la posizione nelle unità di misura correnti.

Fase 1 - Lineari per trave						
n.	Descrizione	Intensità [daN/cm]	X' iniziale	Riferimento X' iniziale	X' finale	Riferimento X' finale
1	lastra di chiusura superiore	2.3	0	Appoggio iniziale	0	Appoggio finale

L'individuazione della linea di applicazione del carico viene effettuata definendo un sistema di riferimento locale: l'utente, infatti, può fissare l'ascissa iniziale e quella finale, lungo l'asse X della trave (non induce torsione), usando come origine del sistema di riferimento tre punti distinti (**Appoggio iniziale**, **mezzeria**, **Appoggio finale**).

Il carico, quindi, può essere posizionato ad una distanza **X'iniziale** e/o **X'finale** da tali punti. Si osservi che il sistema di riferimento avente come origine il punto **Appoggio finale** possiede l'asse X orientato in direzione opposta all'asse X dei sistemi di riferimento aventi come origine i punti **Appoggio iniziale** o **mezzeria**.



Alla luce di tale criterio risulta opportuno assegnare un valore positivo ai dati di input **X'iniziale** e **X'finale**: qualora, infatti, vi fossero carichi lineari posizionati al di fuori della luce di calcolo il programma determina le sollecitazioni risultanti "trascurando" il loro contributo. L'eventuale presenza di carichi lineari agenti sui retrotrave, comunque, viene conteggiata nel calcolo delle reazioni agli appoggi.

NOTA Si ricordi che la presenza di tali carichi viene computata a partire dal momento della posa in opera: questo significa che non sono combinati nella prima fase e nelle fasi transitorie di sollevamento e trasporto.

I carichi lineari per trave di prima fase non sono visualizzati nel grafico relativo all'impalcato in esame.

Questi carichi vengono inseriti tra i permanenti G di prima fase; se è stata selezionata la normativa italiana NTC2018 essi vengono considerati permanenti non strutturali G2 (cfr. par. 3.4.1).

Fase 2 – Distribuiti: si possono definire, nelle unità di misura correnti, il peso della pavimentazione $[F][L^{-2}]$ e quello di un eventuale carico aggiuntivo distribuito $[F][L^{-2}]$. Tali carichi si intendono applicati su tutte le aree definite come carreggiata.

Il carico totale dovuto alla pavimentazione può essere specificato dall'utente premendo il bottone comando **Dettaglio Pavimentazione**. La finestra visualizzata consente di specificare lo spessore e il peso specifico del manto e del sottofondo: si confermano i dati eseguendo i comandi **Genera carico totale** e **Ok**. La scelta dell'opzione **Annulla**, invece, determina la perdita dei dati inseriti o modificati in questa pagina.

È utile osservare che l'altezza complessiva della pavimentazione viene sommata al semispessore medio della soletta per determinare lo spessore attraverso il quale avviene la diffusione dei carichi locali (come indicato al cap. 5.1.3.3.6 del decreto Ministeriale LL.PP 14 gennaio 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni").

Per una maggiore precisione di calcolo il programma valuta l'effetto dovuto al carico relativo alla pavimentazione sulla trave oggetto di verifica suddividendolo in 20 strisce longitudinali di pari larghezza per carreggiata: in questo modo vengono identificate venti carichi lineari distribuiti per ognuno dei quali determinare il relativo coefficiente di Massonnet.

NOTA Il carico distribuito di seconda fase non dà alcun effetto globale sulla soletta; non genera, inoltre, alcun effetto sui traversi. Esso viene applicato su tutta la larghezza impalcato e viene ripartito in egual misura su ciascuna delle travi principali che costituiscono l'impalcato.

Questi carichi vengono inseriti tra i permanenti G di seconda fase; se è stata selezionata la normativa italiana NTC2018 essi vengono trattati come permanenti non strutturali G2.

Fase 2 – Lineari: dopo aver selezionato il comando bottone **Inserisci** si procede alla definizione del carico lineare di seconda fase. È possibile specificarne una descrizione, l'intensità $[F][L^{-1}]$ e la posizione nelle unità di misura correnti. L'individuazione della linea di applicazione del carico viene effettuata definendo un sistema di riferimento locale: l'utente, infatti, può fissare l'ascissa iniziale e quella finale, lungo l'asse X della trave, usando come riferimento tre punti distinti (**Appoggio iniziale**, **mezzeria**, **Appoggio finale**). Il carico, quindi, può essere posizionato ad una distanza **X'iniziale** e/o **X'finale** da tali punti.

Carichi Permanenti

Fase 1 - Lineari per trave | Fase 2 - Distribuiti | Fase 2 - Lineari

n.	Descrizione	Intensità [daN/cm]	Eccent. Y	X' iniziale	Riferimento X' iniziale	X' finale	Riferimento X' finale
1	guard rail dx	1.5	-545	0	Appoggio iniziale	0	Appoggio finale
2	guard rail sx	1.5	545	0	Appoggio iniziale	0	Appoggio finale
3	parapetto dx	0.8	-595	0	Appoggio iniziale	0	Appoggio finale
4	parapetto sx	0.8	595	0	Appoggio iniziale	0	Appoggio finale

Inserisci Cancell

Ok Annulla

Si osservi che il sistema di riferimento avente come origine il punto Appoggio finale possiede l'asse X orientato in direzione opposta all'asse X dei sistemi di riferimento aventi come origine i punti Appoggio iniziale o mezzzeria. Alla luce di tale criterio risulta opportuno assegnare un valore positivo ai dati di input **X'iniziale** e **X'finale**: qualora, infatti, vi fossero carichi lineari posizionati al di fuori della luce di calcolo il programma determina le sollecitazioni risultanti "trascurando" il loro contributo. L'eventuale presenza di carichi lineari agenti sui retrotrave, comunque, viene conteggiata nel calcolo delle reazioni agli appoggi.

Occorre, infine, specificare la posizione di ciascun carico definendo la sua eccentricità rispetto all'asse delle travi.

3.3.3.2 Traffico

Si ricorda che è possibile accedere a questa finestra solo dopo aver sbloccato l'edit dei carichi da traffico (cioè dopo la sequenza di operazioni: **Dati ponte** → **Dati generali** → **Descrizioni e normative** → **Sblocca edit carichi traffico**).

Nella finestra visualizzata sono presenti due pannelli per la definizione dei carichi da traffico da applicare.

3.3.3.2.1 Pannello Verifiche globali

Nel riquadro **Carichi pedonali** va inserito il carico per unità di superficie da prevedere sui marciapiedi e sulla carreggiata (Gruppo 4).

Carichi da traffico

Verifiche globali | Verifiche locali

Carichi pedonali

Nome: Folla q: 0.05 [daN/cm²]

Carichi stradali - Categoria 1

Nome: Schema 1 Blocca posizioni trasversali Y: ☐

n. colonna	Nome	Q [daN]	q [daN/cm²]	alfaQ	alfa q
1	Colonna 1	30000	0.09	1	1
2	Colonna 2	20000	0.025	1	1
altre	Colonna 3	10000	0.025	1	1

Inserisci Cancell

Zona rimanente q = 0.025 [daN/cm²]

Diagramma di carico: Zona rimanente con carichi concentrati Q/2 e distribuiti q. Dimensione zona rimanente: 120 cm.

Numero assi: 2

Ok Annulla Default Eurocodice 1

Nella tabella di definizione dei **Carichi stradali** è possibile modificare i valori degli assi concentrati Q (dimensioni di una forza) e del carico distribuito q (dimensioni di una pressione) per la colonna principale (la prima) e via via le altre che il programma utilizzerà nel calcolo; si possono applicare dei coefficienti moltiplicativi α_Q e α_q (cfr. EN1991-2-4.3.2) rispettivamente ai carichi concentrati Q e ai carichi distribuiti q.

E' possibile definire il numero di assi (con un numero massimo pari a 10), il loro interasse sia in direzione longitudinale che in direzione trasversale all'asse impalcato: sull'eventuale zona rimanente, sulla quale non può essere posizionata una intera

corsia così come definita dalla normativa, viene applicato un carico distribuito, il cui valore di pressione è modificabile nella casella **Zona rimanente q=**. Per ciascuna corsia definita il programma determinerà il relativo coefficiente di Massonnet: quest'ultimo, diviso per il numero delle travi dell'impalcato, esprime l'aliquota di carico agente sulla trave in esame.

3.3.3.2.2 Disposizione automatica dei carichi da traffico

Nel primo pannello **Verifiche globali**, in funzione della normativa adottata (ad esempio come indicato per lo schema di carico 1 al cap. 5.1.3.3.5 del decreto Ministeriale LL.PP 14 gennaio 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni") e della categoria di impalcato, è possibile modificare, semplicemente riscrivendoli nelle unità di misura correnti, i valori relativi ai carichi pedonali e a quelli stradali: i carichi vengono applicati secondo i gruppi definiti dalla normativa.

Il programma determina il numero di corsie e la loro larghezza, compatibili con la geometria dell'impalcato, in accordo alla normativa scelta.

Graficamente, in input, la disposizione e il numero dei carichi mobili è puramente indicativa: il programma, infatti, non può determinare il numero e la posizione dei carichi senza prima aver eseguito il calcolo.

Una volta effettuata la scelta da parte dell'utente della trave da verificare, quindi, il programma trova le massime sollecitazioni sulla trave traslando le corsie in senso trasversale con un passo pari a 10 cm, e disponendo nel modo più sfavorevole le colonne a sua disposizione, e cioè:

- nelle prime corsie vengono applicati i carichi $\alpha_Q \cdot Q$ e $\alpha_q \cdot q$ specificati nella corrispondente riga della tabella colonne;
- nelle successive corsie, in numero sovrabbondante alle righe della tabella colonne, viene assegnato valore nullo a Q e per α_q e q vengono assunti i valori dell'ultima riga inserita.

Ad esempio se l'utente definisce le colonne:

CORSIA	Q_k	q
1	300	9
2	200	2.5
3	100	2.5

nelle corsie successive alla terza che trovano posto in carreggiata il programma assumerà i carichi:

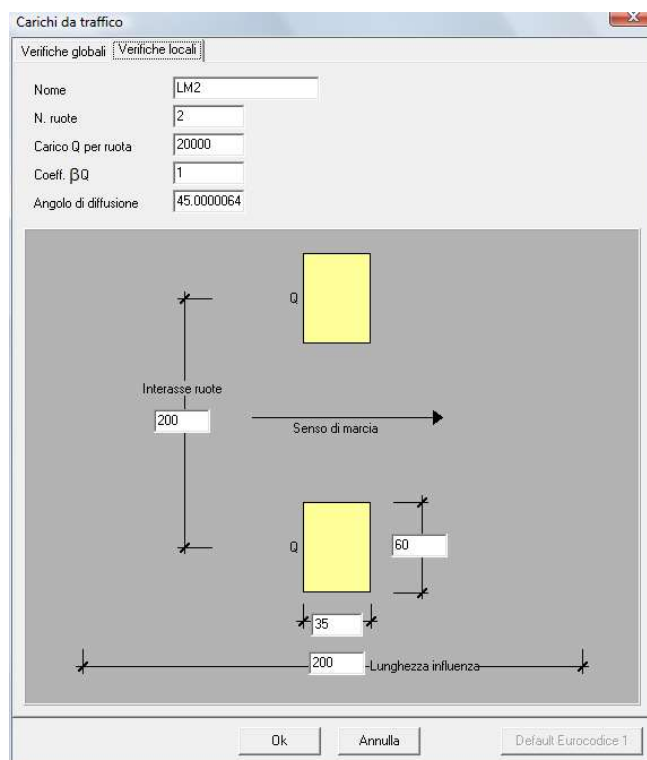
CORSIA	Q_k	q
4	0	2.5
5	0	2.5
....	0	2.5
n	0	2.5

3.3.3.2.3 Disposizione manuale dei carichi da traffico

La disposizione delle corsie di carico può essere resa fissa attivando il check **Blocca posizioni trasversali Y**: in questo caso l'utente deve definire il numero delle corsie e la posizione trasversale di ogni corsia assegnando nei campi corrispondenti la relativa eccentricità Y rispetto all'asse delle travi. Il programma determinerà le sollecitazioni risultanti per questa specifica configurazione dei carichi.

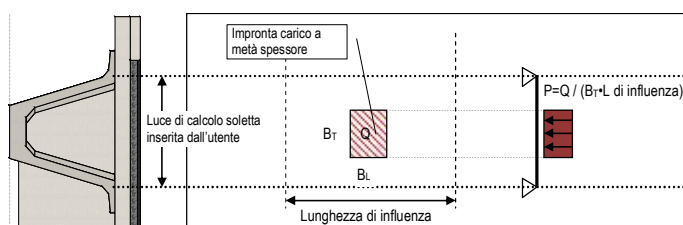
3.3.3.2.4 Pannello Verifiche locali

Nel secondo pannello “**Verifiche locali**”, in funzione della normativa adottata (ad esempio come indicato per lo schema di carico 2 al cap. 5.1.3.3.5 del decreto Ministeriale LL.PP 14 gennaio 2008 “Nuove norme tecniche per le costruzioni”) e della categoria di impalcato, è possibile definire i valori, nelle unità di misura correnti, relativi agli schemi di carico previsti per le verifiche locali (effetto locale sulla soletta d’impalcato). L’utente può descriverne la geometria in pianta e l’entità, assegnando a quest’ultima anche un coefficiente moltiplicativo β_Q e può modificare l’angolo di diffusione fino al piano medio della struttura della soletta.



Questo schema di carico non viene utilizzato nella procedura di creazione del modello a grigliato (cfr 3.1.6).

Per la valutazione dell’effetto locale sulla soletta (cfr 4.1.4.1.1) il carico, opportunamente diffuso fino a metà spessore della soletta stessa, viene posizionato in modo da generare i massimi momenti flettenti positivi (che tendono le fibre inferiori) e negativi, con le ipotesi illustrate nella figura seguente:

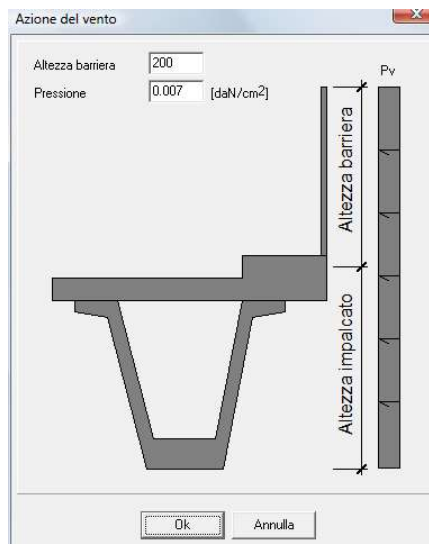


3.3.3.3 Vento

Per la definizione dell'azione del vento l'utente deve inserire i valori relativi all'altezza della barriera, eventualmente presente, e alla pressione che esso esercita, nelle unità di misura correnti. La pressione si considera agente su un'altezza data dalla somma dell'altezza impalcato (altezza trave + spessore medio soletta + spessore cordoli) con l'altezza della barriera.

L'azione del vento può essere convenzionalmente assimilata ad un carico orizzontale statico, diretto ortogonalmente all'asse del ponte. Tale azione si considera agente sulla proiezione nel piano verticale delle superfici direttamente investite.

Si assume che l'azione del vento agisca in direzione concorde all'asse Y: come l'azione dovuta alla forza centrifuga, essa non genera sollecitazioni flessionali sugli elementi strutturali ma viene direttamente trasferita agli appoggi.



3.3.3.4 Sisma

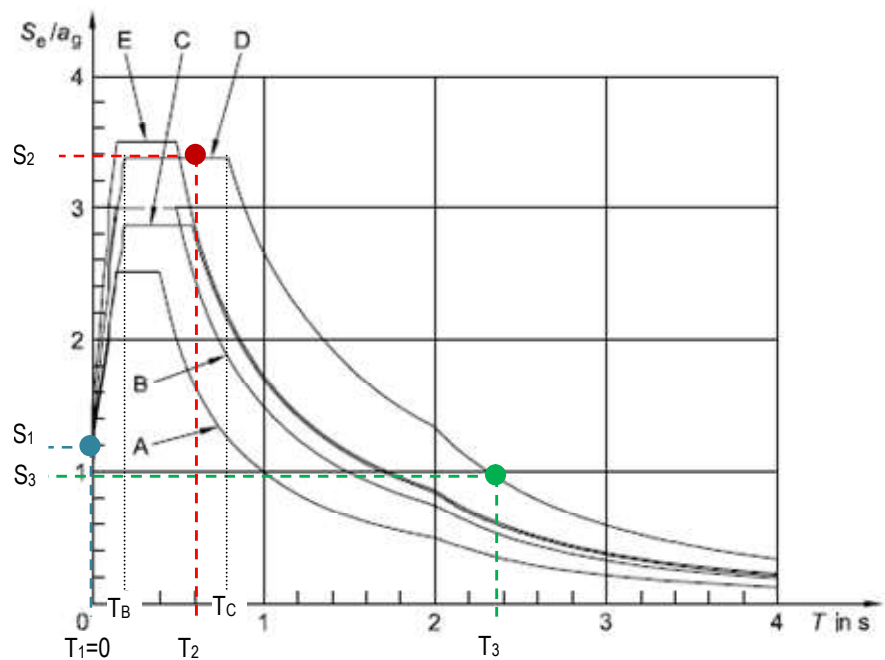
Per la definizione dell'azione sismica, sia in direzione orizzontale che in direzione verticale, l'utente deve completare i campi della finestra visualizzata.

Occorre descrivere le caratteristiche del sito ove è ubicata l'opera definendo il tipo di **Terreno** inteso come *categoria di sottosuolo* (rif. NTC2018-tab.3.2.II / EN1998-1-prosp.3.1) e la **Categoria topografica** (rif. NTC2018-tab.-3.2.III).

La definizione degli spettri di risposta sia per le forze verticali sia per quelle orizzontali relativi agli stati limite considerati avviene mediante i parametri a_g/g , T_c^* , F_0 che l'utente può ricavare dall'utilizzo degli strumenti software (documento Excel SPETTRI-NTC vers. 1.0.3) forniti dal Consiglio superiore dei Lavori Pubblici.

Lo schema strutturale adottato per il calcolo delle forze sismiche orizzontali agenti sull'impalcato è quello di un pendolo rovescio, con elemento flessibile verticale rappresentato dalle spalle e massa sospesa rappresentata dall'impalcato e da parte della spalla stessa. Il pendolo modello, essendo un oscillatore ad 1 grado di libertà, avrà quindi un periodo proprio di vibrazione che interagirà con l'eccitazione fornita dal terreno in condizioni sismiche.

Un pendolo molto rigido, quindi con un basso valore di periodo, sottoporà la massa sospesa ad accelerazioni prossime a quelle del suolo; viceversa un pendolo molto flessibile, quindi caratterizzato da un alto valore di periodo proprio di oscillazione, costituirà un' "attenuatore" delle forze di accelerazione.



Lo spettro di risposta in termini di accelerazione sintetizza il concetto esposto.

Il pendolo 1 (simboli S e T con pedice 1) è infinitamente rigido, per cui la massa sospesa subirà l'accelerazione al suolo a_g .

Il pendolo 2 ha un periodo proprio di vibrazione che, per le caratteristiche del sito, è vicino alle condizioni di risonanza, e la massa sospesa è soggetta ad accelerazione massima maggiore di quella al suolo.

Il pendolo 3, infine, è molto flessibile e con periodo proprio perciò alto, e la massa è soggetta ad accelerazioni inferiori che al suolo.

In SIGMAC la geometria della spalla determina la rigidità del pendolo modello e quindi l'accelerazione a cui è sottoposto l'impalcato; le relative forze si scaricano sugli appoggi e sulle sottostrutture.

NOTA Se l'utente non definisce le dimensioni della spalla (ovvero le pone tutte uguali a zero) il programma calcola le forze sismiche orizzontali utilizzando l'accelerazione massima data dallo spettro corrispondente a T_B e T_C .

Se si preferisce adottare per l'impalcato l'accelerazione al suolo si possono inserire valori fittizi delle dimensioni della spalla in modo da avere un periodo molto basso, prossimo a zero.

La massa efficace è data da:

- ◆ massa dell'impalcato più la massa della metà superiore della spalla per le forze longitudinali
- ◆ metà massa dell'impalcato più la massa della metà superiore della spalla per le forze trasversali

In entrambi i casi si suppone che una sola spalla sia soggetta alle forze sismiche orizzontali. I pesi considerati come masse in condizioni sismiche sono:

1. peso proprio delle travi;
2. eventuali carichi aggiuntivi di 1^a fase;
3. peso della soletta/solettone e traversi di testata e di campata;
4. peso cordoli ed eventuali sbalzi gettati in 2^a fase;
5. peso pavimentazione;
6. carichi lineari di 2a fase, ovvero tutti quelli inseriti in tabella **Fase 2 – lineari** della finestra **Carichi permanenti**;
7. carico aggiuntivo distribuito di 2^a fase;
8. aliquota $\Psi_{2,E}$ dei carichi da traffico;

Si ricordi che nel caso specifico relativo alla combinazione sismica il coefficiente $\Psi_{2,E}$ da applicare ai carichi da traffico non ha valore nullo: la normativa italiana pone $\Psi_{2,E} = 0,2$ (cfr. rif. NTC2018 – tab. 5.1.VI) da applicare all'intero carico mobile (tandem e carico distribuito); gli eurocodici, invece, raccomandano un valore nullo per ponti di traffico normale e pedonale mentre per ponti stradali con traffico intenso raccomandano 0,2 da applicare alla sola componente uniformemente distribuita del carico mobile. Il programma applica queste due direttive al calcolo sismico, differenziandolo nelle diverse normative. Si noti, infine, che il coefficiente η può essere introdotto direttamente dall'utente differenziandone il valore in funzione dello stato limite considerato (cfr. NTC2018: 3.2.3.2.1).

3.3.3.5 Collaudo

Dopo aver selezionato il comando bottone **Inserisci** si procede alla definizione dei carichi da utilizzare in fase di collaudo. L'utente può posizionare uno o più convogli, definiti in archivio (a quest'ultimo si accede mediante la sequenza di comandi **File** → **Preferenze** → **Archivio carichi per collaudo...**), assegnando sia la posizione mediante le eccentricità in direzione X e in direzione Y rispetto all'asse delle travi sia un senso di marcia.

NOTA Si ricordi che i carichi utilizzati in fase di collaudo, che non vengono combinati con altri carichi, hanno una posizione fissa: essi non determinano, quindi, un involucro delle sollecitazioni.

carico	archivio carichi	X	Y	Senso	Targa
1	Camion 4 assi	1360	-400	→	
2	Camion 4 assi	1340	-400	←	
3	Camion 4 assi	1340	-140	←	
4	Camion 4 assi	1360	-140	→	
5	Camion 4 assi	1360	130	→	
6	Camion 4 assi	1340	130	←	

Il programma determina l'effetto dei carichi da collaudo attraverso un coefficiente di Massonnet per ciascun allineamento longitudinale di ruote con eguale eccentricità.

3.3.4 Parametri dei materiali

Dal menù “**Dati generali** → **Parametri materiali**” si accede alla finestra di figura.

Coefficiente di omogeneizzazione $E_{cls,soletta} / E_{cls,trave}$: occorre valutare correttamente i diversi valori di modulo elastico dei calcestruzzi che compongono l'impalcato, cioè quello della trave prefabbricata e quello del getto eseguito in opera. Per default viene posto tale coefficiente pari a 1: esso viene utilizzato nella determinazione dei parametri di Massonnet per omogeneizzare i due calcestruzzi impiegati.

Ritiro differenziale trave-soletta $\Delta\epsilon$: occorre specificare la deformazione differenziale tra soletta e trave. Al momento della solidarizzazione della soletta con la trave prefabbricata, infatti, quest'ultima ha già scontato parte del ritiro complessivo indicato nel campo precedente, mentre la soletta dovrà scontarlo interamente. Ciò comporta una coazione che genera uno sforzo normale eccentrico sulla trave e uno di segno opposto sulla soletta: l'insorgere di tensioni di trazione al lembo inferiore della trave vengono opportunamente valutate dal programma.

Inserendo in questo campo un valore nullo il fenomeno descritto non viene valutato ai fini della verifica della trave prefabbricata. Un valore positivo in questo campo, invece, significa attribuire alla soletta un ritiro, cioè un accorciamento, maggiore di quello della trave.

Nell'attuale versione del programma tale dato non viene utilizzato.

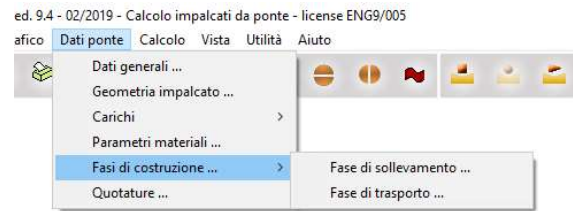
$E_{trave+soletta}$ (calcolo frecce): occorre inserire il valore, nelle unità di misura correnti, del modulo elastico da assegnare alla sezione della sola trave e alla sezione costituita dalla trave e dalla porzione di soletta collaborante per la determinazione delle deformazioni nelle diverse fasi costruttive.

3.3.5 Fasi di costruzione

All'interno del programma sono definiti come valori di default i tempi di costruzione che specificano come si sviluppano nel tempo le varie fasi esecutive dell'opera. I valori assegnati nell'unità di misura giorni individuano i momenti nei quali vengono eseguite le diverse verifiche previste per gli elementi che costituiscono l'impalcato. Nella seguente tabella vengono riportati i valori suddetti:

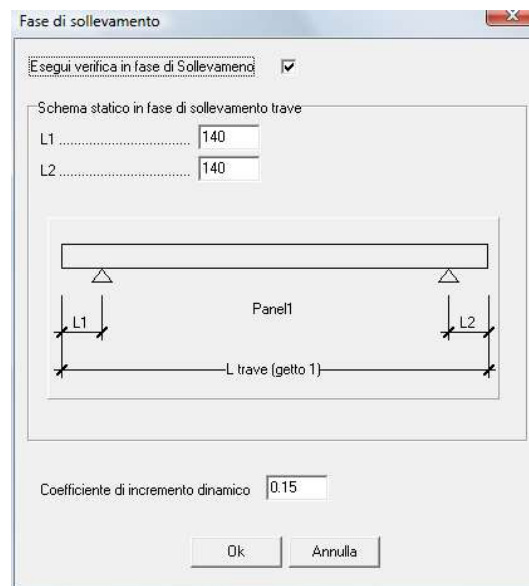
Tempi di costruzione	gg
Sollevamento	0
Trasporto	30
Getto soletta	42
Maturazione soletta	70
Getto sbalzi	72
Maturazione sbalzi	100
Carichi permanenti	10000 (infinito)

Dal menù **Dati generali** → **Fasi di costruzione** si accede ai due sotto menù relativi alle modalità di sollevamento e trasporto.



Fase di sollevamento: la verifica della trave in fase di sollevamento viene effettuata qualora venga attivata 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.



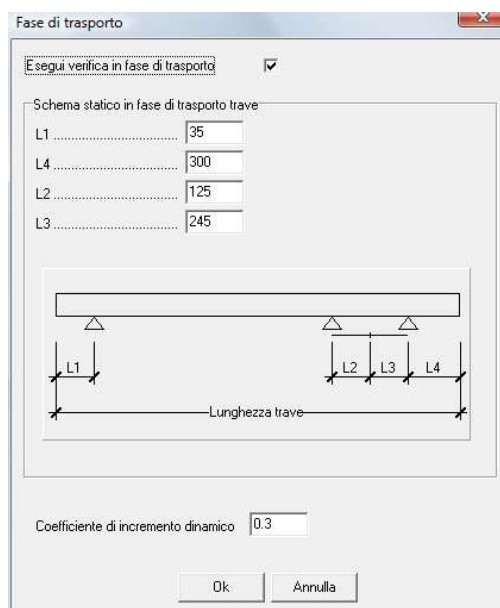
Lo schema di calcolo adottato è quello di trave in semplice appoggio con sbalzi laterali dei quali l'utente deve definire le relative dimensioni (**L1** e **L2**): la posizione degli appoggi, infatti, può non coincidere con quello che si indica in fase di esercizio.

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 0,15 equivale ad un aumento o una diminuzione del peso proprio pari al 15%, cioè nelle combinazioni $\phi_{sup}=1.15$ e $\phi_{inf}=0.85$)

Fase di trasporto: la verifica della trave in fase di trasporto viene effettuata qualora venga attivata 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.

La schema di calcolo adottato è individuato dai campi **L1**, **L2**, **L3** e **L4** completati nelle unità di misura correnti.

Il valore **L1** 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 **L4** 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 0,30 equivale ad un aumento o una diminuzione del peso proprio pari al 30%, cioè nelle combinazioni $\varphi_{sup}=1.3$ e $\varphi_{inf}=0.7$)

3.3.6 Quotature

E' possibile applicare delle quotature al disegno dell'impalcato nella finestra di input, in sezione trasversale o in pianta.

I punti a cui è possibile riferire una quotatura sono i vertici delle sezioni, gli assi di simmetria degli elementi, i carichi lineari, i carichi da collaudo.

Selezionando il comando **Quotature** compare la finestra nella quale l'utente può personalizzare la visualizzazione delle quotature nel grafico che rappresenta l'impalcato.

quota	elem.1	indice 1	nodo 1	sez.1	elem.2	indice 2	nodo 2	sez.2
1	soletta e cordoli	soletta	2	testata finale	soletta e cordoli	soletta	4	testata finale
2	soletta e cordoli	cordolo sx	2	testata finale	soletta e cordoli	cordolo sx	3	testata finale
3	soletta e cordoli	cordolo sx	3	testata finale	soletta e cordoli	cordolo dx	2	testata finale
4	soletta e cordoli	cordolo dx	2	testata finale	soletta e cordoli	cordolo dx	3	testata finale
5	trave - asse	1	-	asse appoggio iniziale	trave - asse	1	-	asse appoggio finale
6	trave - asse	1	-	testata iniziale	trave - asse	1	-	testata finale
7	trave - asse	3	-	testata iniziale	soletta e cordoli	cordolo sx	2	testata iniziale
8	trave - asse	3	-	testata iniziale	soletta e cordoli	soletta	1	testata iniziale

Ok Annulla Inserisci Cancella > Aggiungi quote standard

Tasto di accesso alla seconda tabella

Ogni quotatura può essere inserita in modalità grafica (Edit grafico) o tramite la definizione di una riga della tabella rappresentata in figura. Le colonne 1-4 definiscono univocamente il primo punto di quota, le colonne 5-8 il secondo.

La seconda tabella contiene ulteriori specifiche per la quota introdotta, compresa la visibilità della stessa nelle diverse viste dell'impalcato.

quota	descrizione	orientamento	distanza					
1	Largh. totale =	4-parall. a Y - piano x=cost.	-3.10					
2		4-parall. a Y - piano x=cost.	-2.44					
3		4-parall. a Y - piano x=cost.	-2.44					
4		4-parall. a Y - piano x=cost.	-2.44					
5	Luce di calcolo=	1-parall. a X - piano z=cost.	-2.60					
6	Lunghezza impalcato=	1-parall. a X - piano z=cost.	-3.20					
7		6-parall. a Z - piano x=cost.	-0.96					
8		6-parall. a Z - piano x=cost.	-0.48					

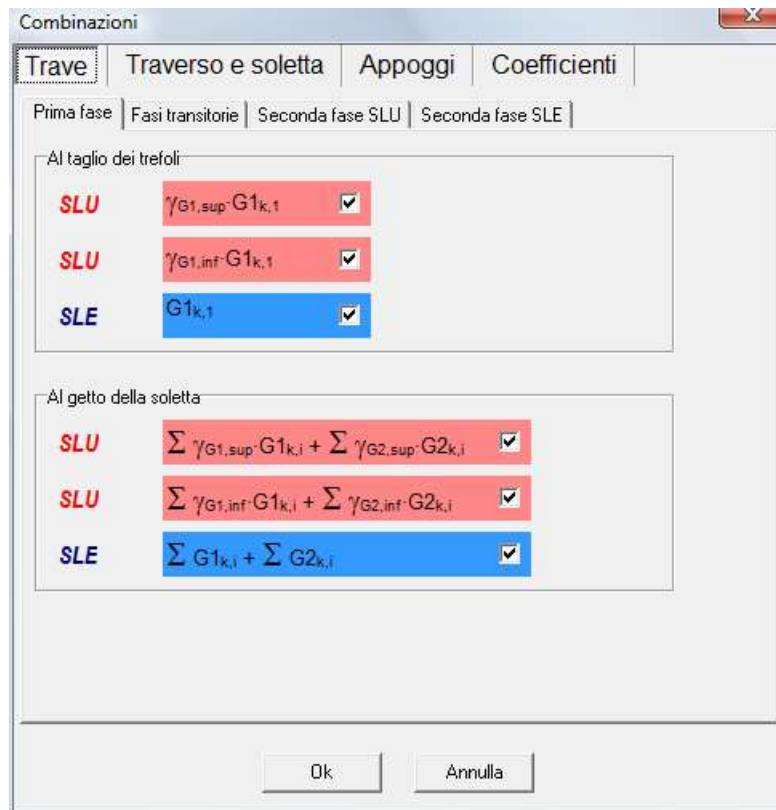
3.4 Menù “Calcolo”

Si analizzano le opzioni presenti nel menù Calcolo

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

3.4.1 Combinazioni

Nella finestra principale sono presenti tre pannelli riferiti agli elementi strutturali che costituiscono l'impalcato in oggetto: *trave*, *traverso* e *soletta*, *appoggi*.



Selezionando, ad esempio, il pannello **Trave** l'utente può scegliere per ciascuna fase esecutiva (**Prima fase**, **Fasi transitorie**, **Seconda fase SLU**, **Seconda fase SLE**) le combinazioni agli stati limite che il programma deve eseguire (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 dell'impalcato analizzato.

Per confermare i dati di input inseriti o modificati occorre premere il bottone comando **Ok**: in questo caso il programma richiede all'utente se registrare o meno la selezione di combinazioni effettuata come default per i calcoli futuri.

La scelta dell'opzione **Annulla**, invece, determina la perdita dei dati inseriti o modificati in questa pagina.

Si riportano nel seguito le combinazioni che si devono considerare per la determinazione dei valori caratteristici delle azioni dovute al traffico, i valori dei coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU e i coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali secondo quanto previsto al cap. 5.1.3.12 del decreto Ministeriale LL.PP 14 gennaio 2008 “Nuove norme tecniche per le costruzioni”

Tabella 5.1.IV – Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico

	Carichi sulla carreggiata					Carichi su marciapiedi e piste ciclabili
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
Gruppo di azioni	Modello principale (Schemi di carico 1,2,3,4,6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura q_3	Forza centrifuga q_4	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico con valore di combinazione 2,5 kN/m ²
2a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3(*)						Schema di carico con valore caratteristico 5 kN/m ²
4(**)			Schema di carico con valore caratteristico 5 kN/m ²			Schema di carico con valore caratteristico 5 kN/m ²
5(***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(*) Ponti di 3^a categoria
(**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)
(***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

Combinazioni

Trave Traverso e soletta Appoggi **Coefficienti**

Fattori di sicurezza parziali Azioni variabili - coeff. di combinazione

		EQU	STR	GEO
Permanenti	$\gamma_{G1,inf}$	0.9	1	1
	$\gamma_{G1,sup}$	1.1	1.35	1
Permanenti non strutturali	$\gamma_{G2,inf}$	0	0	0
	$\gamma_{G2,sup}$	1.5	1.5	1.3
Azioni variabili	$\gamma_{Q,inf}$	0	0	0
	$\gamma_{Q,sup}$	1.5	1.5	1.3
Azioni traffico stradale	$\gamma_{Q,traff,inf}$	0	0	0
	$\gamma_{Q,traff,sup}$	1.35	1.35	1.15
Ritiro, viscosità, termico	$\gamma_{\epsilon,inf}$		0	
	$\gamma_{\epsilon,sup}$		1.2	

Ok Annulla

Tabella 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	γ_{G1}, γ_{G3}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{e1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di A2.
⁽²⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Azione	ψ_0	ψ_1	ψ_2
gr1: Schema 1 - tandem	0,75	0,75	0
gr1: Schemi 1(distr.) 3,4,5,6	0,4	0,4	0
gr1: Schema 2	0	0,75	0
gr2a/2b: forze orizzontali	0	0	0
gr3	0	0	0
gr4: folla	0	0,75	0
gr5: veicoli speciali	0	0	0
Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0

Tabella 5.1.VI – Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

		Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,00
	Schemi 1,5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,00
	Schemi 3 e 4 (Carichi concentrati)	0,40	0,40	0,00
	Schema 2	0,00	0,75	0,00
	2	0,00	0,00	0,00
	3	0,00	0,00	0,00
	4 (Folla)	----	0,75	0,00
	5	0,00	0,00	0,00
Vento q_5	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,60	0,20	0,00
	In esecuzione	0,80	0,00	0,00
	Vento a ponte carico SLU e SLE	0,60	0,00	0,00
Neve q_5	SLU e SLE	0,00	0,00	0,00
	esecuzione	0,80	0,60	0,50
Temperatura	SLU e SLE	0,60	0,60	0,50

In riferimento alle azioni e ai coefficienti riportati si esplicitano nelle tabelle seguenti le combinazioni eseguite dal programma:

TRAVER		
Prima fase - Al taglio dei trefoli		
SLU	$\gamma_{G1,sup} G1_{K,1}$	$G1_{K,1}$ [p.p. trave]
SLU	$\gamma_{G1,inf} G1_{K,1}$	
SLE	$G1_{K,1}$	
Prima fase - Al getto della soletta		
SLU	$\sum_i \gamma_{G1,sup} G1_{K,i} + \sum_i \gamma_{G2,sup} G2_{K,i}$	$G1_{K,i}$ [p.p. trave + p.p. soletta]
SLU	$\sum_i \gamma_{G1,inf} G1_{K,i} + \sum_i \gamma_{G2,inf} G2_{K,i}$	$G2_{K,i}$ [lineari 1ª fase]
SLE	$\sum_i G1_{K,i} + \sum_i G2_{K,i}$	
Fasi transitorie - Sollevamento		
SLU	$\gamma_{G1,sup} G1_{K,1} \varphi_{G1,sup}$	$G1_{K,1}$ [p.p. trave] $\varphi_{G1,inf}$ [max coeff. incremento din.] $\varphi_{G1,inf}$ [min coeff. incremento din.]
SLU	$\gamma_{G1,inf} G1_{K,1} \varphi_{G1,inf}$	
SLE	$G1_{K,1} \varphi_{G1,sup}$	
SLE	$G1_{K,1} \varphi_{G1,inf}$	
Fasi transitorie - Trasporto		
SLU	$\gamma_{G1,sup} G1_{K,1} \varphi_{G1,sup}$	$G1_{K,1}$ [p.p. trave] $\varphi_{G1,inf}$ [max coeff. incremento din.] $\varphi_{G1,inf}$ [min coeff. incremento din.]
SLU	$\gamma_{G1,inf} G1_{K,1} \varphi_{G1,inf}$	
SLE	$G1_{K,1} \varphi_{G1,sup}$	
SLE	$G1_{K,1} \varphi_{G1,inf}$	

TRAVE		
Seconda fase - SLU		
P/T	$\sum_i \gamma_{G1,sup} G1_{K,i} + \sum_i \gamma_{G2,sup} G2_{K,i}$	$G1_{K,i}$ [p.p. trave + p.p. soletta + peso cordoli]
P/T	$\sum_i \gamma_{G1,inf} G1_{K,i} + \sum_i \gamma_{G2,inf} G2_{K,i}$	$G2_{K,i}$ [lineari 1ª fase + distribuiti (pavim. e aggiuntivo) 2ª fase + lineari 2ª fase]
P/T	$\sum_i \gamma_{G1,sup} G1_{K,i} + \sum_i \gamma_{G2,sup} G2_{K,i} + \gamma_{Q,traffico} Q_K$	Q_K [carichi variabili da traffico]
P/T	$\sum_i \gamma_{G1,inf} G1_{K,i} + \sum_i \gamma_{G2,inf} G2_{K,i} + \gamma_{Q,traffico} Q_K$	E azione sismica verticale (SLV)
Sismica (SLV)	$\sum_i G1_{K,i} + \sum_i G2_{K,i} + \psi_{2,E} Q_K \pm E$	$\psi_{2,E}$ coefficiente (cfr. par. 3.3.3.4)
Seconda fase - SLE		
Rara	$\sum_i G1_{K,i} + \sum_i G2_{K,i} + Q_K$	$G1_{K,i}$ [peso cordoli + sbalzi 2ª fase]
Frequente	$\sum_i G1_{K,i} + \sum_i G2_{K,i} + \psi_1 Q_K$	$G2_{K,i}$ [distribuiti (pavim. e aggiuntivo) 2ª fase + lineari 2ª fase]
Quasi permanente	$\sum_i G1_{K,i} + \sum_i G2_{K,i} + \psi_2 Q_K$	Q_K [carichi variabili da traffico]
Sismica (SLD)	$\sum_i G1_{K,i} + \sum_i G2_{K,i} + \psi_{2,E} Q_K \pm E$	
- I coefficienti γ_{G1} e γ_{G2} sono relativi alla colonna A1 STR		

-	I carichi del peso proprio della trave, del getto della soletta e dei lineari di prima fase vengono assunti compiutamente definiti: si applicano, pertanto, gli stessi coefficienti.
-	L'azione sismica verticale E è relativa alle masse (ove presenti) di: peso proprio trave, peso proprio getto in opera, lineari di 1ª fase, pavimentazione, distribuito aggiuntivo 2ª fase, cordoli, lineari di 2ª fase, aliquota carichi traffico verticali
-	Il simbolo “+” è da intendersi come “somma” e non come “combinato con”.

TRAVERSO E SOLETTA		
Seconda fase SLU		
SLU P/T	$\sum_i \gamma_{G1,sup} G1_{K,i} + \sum_i \gamma_{G2,sup} G2_{K,i}$	$G1_{K,i}$ [p.p. trave + p.p. soletta + peso cordoli]
SLU P/T	$\sum_i \gamma_{G1,inf} G1_{K,i} + \sum_i \gamma_{G2,inf} G2_{K,i}$	$G2_{K,i}$ [lineari 1ª fase + distribuiti (pavim. e aggiuntivo) 2ª fase + lineari 2ª fase]
SLU P/T	$\sum_i \gamma_{G1,sup} G1_{K,i} + \sum_i \gamma_{G2,sup} G2_{K,i} + \gamma_{Q,traffico} Q_K$	Q_K [carichi variabili da traffico]
SLU P/T	$\sum_i \gamma_{G1,inf} G1_{K,i} + \sum_i \gamma_{G2,inf} G2_{K,i} + \gamma_{Q,traffico} Q_K$	E azione sismica verticale (SLV)
SLU Sismica (SLV)	$\sum_i G1_{K,i} + \sum_i G2_{K,i} + \psi_{2,E} Q_K + E$	
Seconda fase SLE		
Rara	$\sum_i G1_{K,i} + \sum_i G2_{K,i} + Q_K$	$G1_{K,i}$ [peso cordoli + sbalzi 2ª fase]
Frequente	$\sum_i G1_{K,i} + \sum_i G2_{K,i} + \psi_1 Q_K$	$G2_{K,i}$ [distribuiti (pavim. e aggiuntivo) 2ª fase + lineari 2ª fase]
Quasi permanente	$\sum_i G1_{K,i} + \sum_i G2_{K,i} + \psi_2 Q_K$	Q_K [carichi variabili da traffico]
Sismica (SLD)	$\sum_i G1_{K,i} + \sum_i G2_{K,i} + \psi_{2,E} Q_K \pm E$	E azione sismica verticale (SLD)

Si evidenzia nella tabella seguente i gruppi utilizzati come carichi variabili da traffico

Ponte stradale di 1ª e 2ª categoria	Ponte pedonale
Gruppo di azioni 1 disposto in modo da generare le sollecitazioni massime	Gruppo di azioni 4: schema di carico 5 su tutta la carreggiata e sui marciapiedi

APPOGGI		
Seconda fase SLU		
Rvert,min	$\sum_i \gamma_{G1,inf} G1_{K,i} + \sum_i \gamma_{G2,inf} G2_{K,i}$	$G1_{K,i}$ [p.p. trave + p.p. soletta + peso cordoli]
Rvert,max	$\sum_i \gamma_{G1,sup} G1_{K,i} + \sum_i \gamma_{G2,sup} G2_{K,i} + \gamma_{Q,traffico} Q_K + \psi_0 \gamma_w w_k$	$G2_{K,i}$ [lineari 1ª fase + distribuiti (pavim. e aggiuntivo) 2ª fase + lineari 2ª fase]
Rvert,max	$\sum_i \gamma_{G1,sup} G1_{K,i} + \sum_i \gamma_{G2,sup} G2_{K,i} + \psi_0 \gamma_{Q,traffico} Q_K + \gamma_w w_k$	Q_K [carichi variabili da traffico] w_k [azione vento (q _s)]
Roriz,max (trasversale)	$\sum_i \gamma_{G1,inf} G1_{K,i} + \sum_i \gamma_{G2,inf} G2_{K,i} + \gamma_{Q,traffico} Q_K + \psi_0 \gamma_w w_k$	$G1_{K,i}$ [p.p. trave + p.p. soletta + peso cordoli]
Roriz,max (trasversale)	$\sum_i \gamma_{G1,inf} G1_{K,i} + \sum_i \gamma_{G2,inf} G2_{K,i} + \psi_0 \gamma_{Q,traffico} Q_K + \gamma_w w_k$	

Roriz,max (longitudinale)	$\sum_i \gamma_{G,inf} G_{K,i} + \sum_i \gamma_{G2,inf} G_{2K,i} + \gamma_{Q,traffic} Q_K$	$G_{2K,i}$ [lineari 1^a fase + distribuiti (pavim. e aggiuntivo) 2^a fase + lineari 2^a fase] Q_K [carichi variabili da traffico (Gruppo di azioni 2a e 2b: frenatura q₃ e forza centrifuga q₄)] w_K [azione vento (q_s)]
Seconda fase SLE		
Rara	$\sum_i G_{K,i} + \sum_i G_{2K,i} + Q_K + \psi_0 w_K$	$G_{1K,i}$ [p.p. trave + p.p. soletta + peso cordoli] $G_{2K,i}$ [lineari 1^a fase + distribuiti (pavim. e aggiuntivo) 2^a fase + lineari 2^a fase] Q_K [carichi variabili da traffico] w_K [azione vento (q_s)]
Rara	$\sum_i G_{K,i} + \sum_i G_{2K,i} + \psi_0 Q_K + w_K$	$G_{1K,i}$ [p.p. trave + p.p. soletta + peso cordoli]
Rara	$\sum_i G_{K,i} + \sum_i G_{2K,i} + Q_K + \psi_0 w_K$	$G_{2K,i}$ [lineari 1^a fase + distribuiti (pavim. e aggiuntivo) 2^a fase + lineari 2^a fase] Q_K [carichi variabili da traffico (Gruppo di azioni 2a e 2b: frenatura q₃ e forza centrifuga q₄)] w_K [azione vento (q_s)]
Frequente	$\sum_i G_{K,i} + \sum_i G_{2K,i} + \psi_{1Q} Q_K + \psi_2 w_K$	$G_{1K,i}$ [p.p. trave + p.p. soletta + peso cordoli] $G_{2K,i}$ [lineari 1^a fase + distribuiti (pavim. e aggiuntivo) 2^a fase + lineari 2^a fase] Q_K [carichi variabili da traffico] w_K [azione vento (q_s)]
Frequente	$\sum_i G_{K,i} + \sum_i G_{2K,i} + \psi_{2Q} Q_K + \psi_1 w_K$	$G_{1K,i}$ [p.p. trave + p.p. soletta + peso cordoli]
Frequente	$\sum_i G_{K,i} + \sum_i G_{2K,i} + \psi_{1Q} Q_K + \psi_2 w_K$	$G_{2K,i}$ [lineari 1^a fase + distribuiti (pavim. e aggiuntivo) 2^a fase + lineari 2^a fase] Q_K [carichi variabili da traffico (Gruppo di azioni 2a e 2b: frenatura q₃ e forza centrifuga q₄)] w_K [azione vento (q_s)]
Quasi permanente	$\sum_i G_{K,i} + \sum_i G_{2K,i} + \psi_{2Q} Q_K + \psi_2 w_K$	$G_{1K,i}$ [p.p. trave + p.p. soletta + peso cordoli] $G_{2K,i}$ [lineari 1^a fase + distribuiti (pavim. e aggiuntivo) 2^a fase + lineari 2^a fase]

		Q_K [carichi variabili da traffico] w_K [azione vento (q_s)]
Quasi permanente	$\sum_i G_{K,i} + \sum_i G_{K,i} + \psi_2 Q_K + \psi_2 w_K$	$G_{1,K,i}$ [p.p. trave + p.p. soletta + peso cordoli] $G_{2,K,i}$ [lineari 1 ^a fase + distribuiti (pavim. e aggiuntivo) 2 ^a fase + lineari 2 ^a fase] Q_K [carichi variabili da traffico (Gruppo di azioni 2a e 2b: frenatura q_3 e forza centrifuga q_4)] w_K [azione vento (q_s)]
- Nella versione 8.21 l'azione del vento non genera alcun effetto verticale - Nella versione 8.21 il peso proprio trave, il peso proprio getto in opera, i lineari di 1^a fase, la pavimentazione, il distribuito aggiuntivo 2^a fase, i cordoli e i lineari non generano effetti orizzontali longitudinali e trasversali - γ_w corrisponde al coefficiente γ_{Qi}		

3.4.2 Calcolo

Il comando, che può essere attivato mediante il tasto di scelta F3, esegue il calcolo delle sollecitazioni agenti su tutti gli elementi strutturali dell'impalcato secondo i criteri precedentemente definiti dall'utente.

3.5 Menù "Vista"

Si analizzano le opzioni presenti nel menù Vista

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

3.5.1 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
Vista assonom. dx	Shift + Ctrl + R
Vista assonom. sx	Shift + Ctrl + Q
Vista in pianta	Shift + Ctrl + C
Sezione in mezzaria	Shift + Ctrl + W
Sezione in testata	Shift + Ctrl + Z

3.5.2 Visualizza

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

Assi di riferimento	Ctrl + O
---------------------	----------

Soletta	Ctrl + N
Numeri vertici soletta	Ctrl + V
Carichi	Ctrl + J
Etichette carichi	Ctrl + H
Trave verificata	
Numero travi	
Menù selez. cond. carichi	F5

3.6 Utilità

3.6.1 Predimensionamento

Dalla versione 8.23 è disponibile una funzione assai utile per il predimensionamento degli impalcati. Tale procedura consente una scelta veloce dei profili prefabbricati da utilizzare, il loro numero ed interasse, e degli spessori del getto in opera.

La procedura, infatti, calcola alcuni parametri significativi per il dimensionamento dell'opera sulla base di un set minimo di dati: quelli mancanti vengono generati automaticamente riproducendo le situazioni più ricorrenti.

Predimensionamento impalcato

Luce di calcolo: 27 Trave...

Numero travi: 3

Interasse travi: 4

Spessore medio soletta: 0.26

Largh. carreggiata: 10.5

Largh. cordolo sin.: 0.75

Largh. cordolo des.: 0.75

Numero traversi in campata: 0

Classe cls travi prefabbricate: C45/55

Classe cls getto in opera: C28/35

Azione sismica SLU

Attivazione calcolo sismico: ☐

$\alpha_{g/g}$: 0.35

T_c : 0.2

F^0 : 2.45

Predimensionamento

$M_{L2,2^{a} fase SLU}$	15343.54
$V_{L1,0.2^{a} fase SLU}$	2301.94
$M_{L2,1^{a} fase SLE rara}$	4315.52
$M_{L2,2^{a} fase SLE rara}$	6928.17
$F_{max}(gruppo 1)$	0.0129
R_{min} verticale trave	1226.74
R_{max} verticale trave	2388.09
R_{max} long. totale	584.41
R_{max} trasv. spalla	63.06
Acciaio per c.a.p.	62.39 [kg/m]
Acciaio B450C	90.41 [kg/m]
indice utilizzo trave	0.83
indice utilizzo soletta	0.26

I parametri discriminanti alla base di tale predimensionamento sono le tensioni ai lembi della sezione del prefabbricato e del getto in opera.

I dati minimi necessari, pertanto, sono quelli richiesti nella finestra del comando descritto con ovvio significato dei parametri richiesti. Per qualsiasi dubbio si consiglia di consultare i paragrafi 3.3.2 (per la geometria) e 3.3.3.4 (per la sismica) della presente guida.

Si osservi che gli unici dati non compresi tra i dati generali di un problema sono le classi di resistenza dei calcestruzzi delle travi prefabbricate e dei getti in opera. Tali parametri vengono utilizzati per determinare:

- modulo elastico del calcestruzzo della sezione composta (semisomma dei due valori) per la determinazione delle frecce
- valore delle tensioni limite del calcestruzzo delle travi e della soletta.

Il pulsante **Predimensionamento** esegue il calcolo e apre il blocco sottostante con i valori di output.

In esso sono riportati, nell'ordine:

- 1) momento flettente in mezzera della trave maggiormente sollecitata, in situazione SLU P/T, conseguente a tutti i carichi di 1^a e 2^a fase applicati, compreso peso proprio struttura;
- 2) taglio massimo all'appoggio, in situazione SLU P/T, conseguente a tutti i carichi di 1^a e 2^a fase applicati, compreso peso proprio struttura;
- 3) momento flettente di 1^a fase in situazione SLE rara per la stessa trave di 1) e 2), conseguente al peso proprio trave, eventuale carico aggiuntivo di 1^a fase, peso getto;

- 4) momento flettente di 2^a fase in situazione SLE rara, conseguente ai carichi aggiuntivi distribuiti di 2^a fase, alla pavimentazione, ai carichi lineari aggiuntivi, ai carichi da traffico;
- 5) freccia massima relativa al passaggio dei carichi da traffico definiti come gruppo 1 (parametro direttamente collegato al comfort di marcia);
- 6) reazione minima verticale all'appoggio della trave considerata, determinata dalle combinazioni in situazione SLU P/T, oppure, se peggiore, dalla combinazione sismica (effetto verticale negativo verso l'alto);
- 7) reazione massima verticale all'appoggio della trave considerata, determinata dalle combinazioni in situazione SLU P/T, oppure, se peggiore, dalla combinazione sismica (effetto verticale positivo);
- 8) reazione massima longitudinale (frenatura) totale (riferita all'intero l'impalcato) determinata dalle combinazioni in situazione SLU P/T, oppure, se peggiore, dalla combinazione sismica, effetto longitudinale. Il valore risultante dovrà essere diviso per il numero di appoggi fissi in senso longitudinale al fine di ricavare l'azione sul singolo appoggio;
- 9) reazione massima trasversale (forza centrifuga + vento) totale su una spalla, determinata dalle combinazioni in situazione SLU P/T, oppure, se peggiore, dalla combinazione sismica (effetto trasversale totale). Il valore risultante dovrà essere diviso per il numero di appoggi che forniscono un vincolo allo spostamento laterale al fine di ricavare la forza agente sul singolo appoggio;
- 10) quantità, espressa in kilogrammi al metro, di acciaio per c.a.p. necessario per contenere le tensioni del calcestruzzo della trave prefabbricata entro i limiti previsti dalla normativa. Viene ipotizzata una tensione di tesatura di 14250 daN/cm² e vengono computate cadute di precompressione nella misura del 3.6% per rilassamento, 4.4% per ritiro, ed un coefficiente di accorciamento viscoso pari a 2.3 applicato alla deformazione relativa ad una tensione media di 80 daN/cm². La quantità minima ottenuta viene aumentata per computare debitamente lo sfrido.
- 11) quantità, espressa in kilogrammi al metro, di acciaio per armatura lenta tipo B450C nel prefabbricato. La valutazione, necessariamente approssimativa sulla base dei dati a disposizione, tiene conto dei valori di taglio massimo all'appoggio e delle dimensioni di ingombro della sezione del prefabbricato.
- 12) *Indice di utilizzo della trave* è un parametro calcolato come rapporto tra l'escursione totale di tensione longitudinale nelle fibre critiche nella vita del prefabbricato e l'escursione massima compatibile con le tensioni limite nelle varie fasi. Si osservi il significato di questo indice: valori pari a 1.00 indicano un utilizzo ottimale del profilo del prefabbricato prescelto; valori minori di 1.00 indicano un sottoutilizzo; valori maggiori indicano che la soluzione può essere inadeguata;
- 13) *Indice di utilizzo della soletta* è dato dal rapporto tra la tensione longitudinale di compressione al lembo superiore in esercizio (situazione SLE rara) e la tensione limite del calcestruzzo.

Il predimensionamento può essere eseguito solo nel caso di ponti stradali: sono escluse, pertanto, le passerelle pedonali.

Si osservi che quando viene premuto il tasto **Predimensionamento** o viene cambiato un dato nella finestra di input il programma effettua le seguenti assegnazioni automatiche:

- viene resettata l'opzione "travi distinte";
- lo spessore minimo soletta viene assunto pari allo spessore medio soletta detratto di 5 cm;
- viene assegnato ai cordoli uno spessore di 30 cm;
- viene ridefinita l'altezza dei traversi di testata e di campata (se presenti);
- viene assegnato un valore di default al retrotrave;
- i marciapiedi vengono posizionati su tutta la larghezza dei cordoli;
- vengono ridefinite le coordinate della soletta/solettone;
- vengono assegnate le quotature standard nei disegni;

NOTA Si ricordi che qualora la funzione di predimensionamento venisse utilizzata su un impalcato già compiutamente definito nei dati o letto da un file preesistente essa modifica automaticamente i dati riportati nella lista precedente.

Cliccando sull'immagine posta a destra del bottone **Predimensionamento** si ottiene un output esteso, con alcune informazioni aggiuntive relative al calcolo.

In particolare viene indicata: la trave per la quale è stato registrato il valore massimo della sollecitazione considerata (riportato nella colonna centrale); la frazione della luce di calcolo per la freccia massima in mezzzeria; l'area calcolata ed il baricentro dei trefoli per l'acciaio da precompressione.

$M_{L/2,2^a \text{ fase}} \text{ SLU}$	15343.54	trave 1
$V_{X=0,2^a \text{ fase}} \text{ SLU}$	2301.94	trave 1 ($T_{corr.}=-85.44$)
$M_{L/2,1^a \text{ fase}} \text{ SLE rara}$	4315.52	trave 1
$M_{L/2,2^a \text{ fase}} \text{ SLE rara}$	6928.17	trave 1
$F_{max}(\text{gruppo 1})$	0.0129	(1/2100-L)
$R_{min} \text{ verticale trave}$	1226.74	trave 2
$R_{max} \text{ verticale trave}$	2388.09	trave 1
$R_{max} \text{ long. totale}$	584.41	
$R_{max} \text{ trasv. spalla}$	63.06	
Acciaio per c.a.p.	62.39 [kg/m]	$A_p=0.007 \quad Y_p=0.23$
Acciaio B450C	90.41 [kg/m]	
indice utilizzo trave	0.83	
indice utilizzo soletta	0.26	

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 **SIGMAC**.
Non è disponibile nelle versioni dalla la 8.21 in poi.

3.7.2 Indice

Il comando apre l'indice generale degli argomenti che costituiscono la guida del programma **SIGMAC**.
Non è disponibile nelle versioni dalla la 8.21 in poi.

3.7.3 www.sigmac.it

Il comando permette di accedere tramite il browser predefinito del computer al sito web della **SIGMAC SOFT**.

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

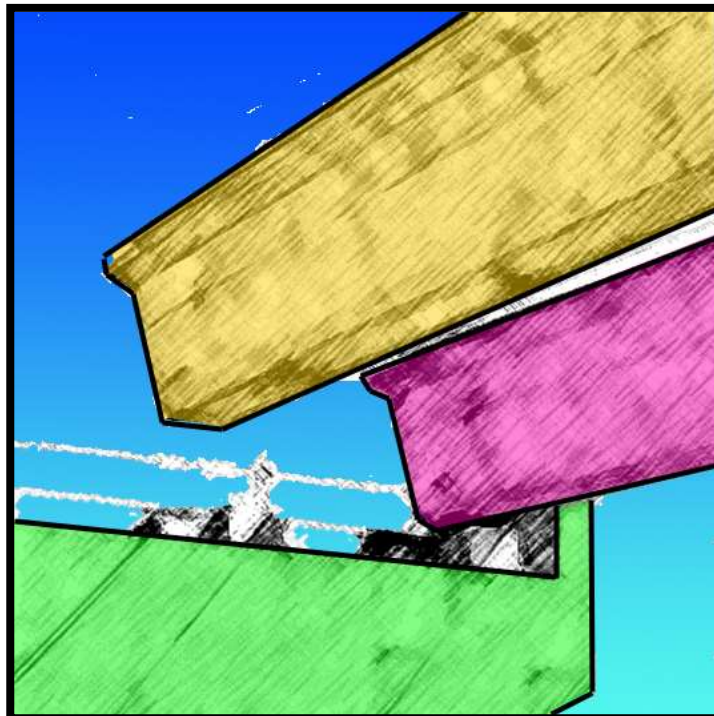
3.7.5 Info

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



Nelle informazioni aggiuntive compaiono gli indirizzi dell'Archivio **SEZIONI.ACC** e dell'Archivio **SEZIONI.CAP**. Tale indicazione risulta particolarmente utile nel caso di una rete di computer: in questo caso, infatti, è possibile indirizzare la lettura di un unico archivio condiviso da più postazioni di lavoro impostando il medesimo percorso.

CAPITOLO 4

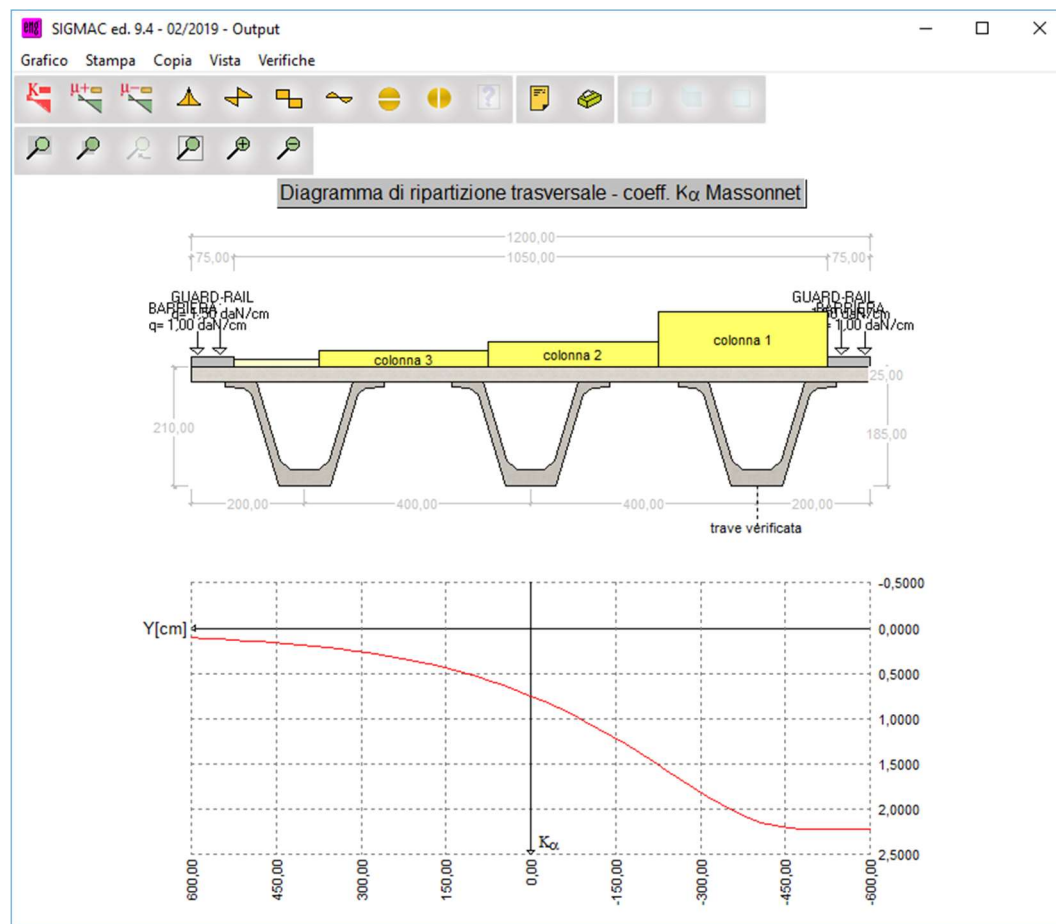


4 SIGMAC - IL MODULO DI OUTPUT

Questo capitolo descrive le nozioni di base dell'utilizzo del modulo **SIGMAC** spiegando come leggere e visualizzare i risultati forniti.

Eseguito il calcolo, ad esempio per mezzo del tasto di scelta rapida F3 all'interno del modulo **SIGMAC**, 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.

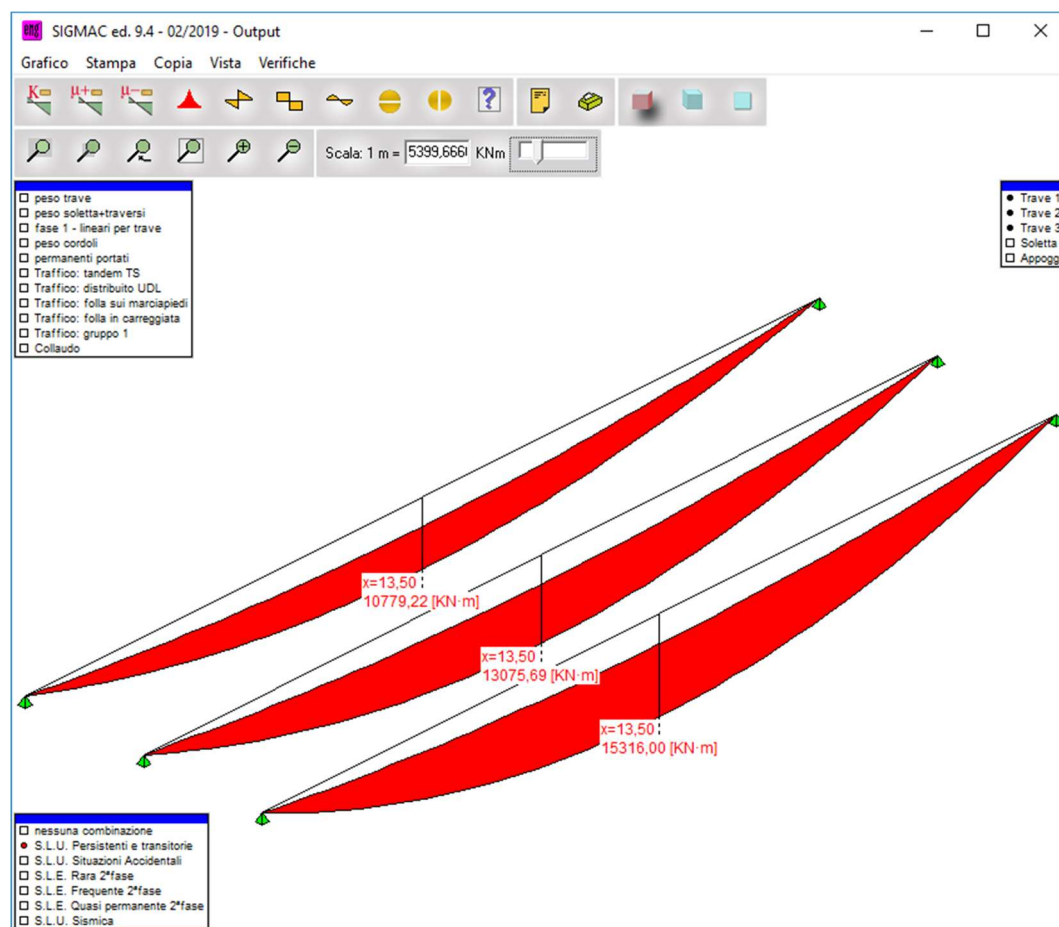


Mentre è visualizzato un diagramma di momento flettente, taglio, momento torcente o deformazioni all'interno dell'area di lavoro della finestra dei risultati viene mostrato il relativo grafico degli elementi strutturali dell'impalcato oggetto di studio e le vetrofanie relative a:

- **Selettore elementi strutturali** (visualizzato mediante il tasto F4)
- **Selettore scelta valori nominali delle sollecitazioni** (tasto F5)
- **Selettore scelta situazioni di combinazioni carico** (tasto F6).

L'utente, pertanto, può scegliere quali elementi strutturali visualizzare, per quali condizioni o combinazione di carico mostrare uno specifico diagramma di sollecitazione selezionando i relativi elementi strutturali, condizioni o combinazione di carico nelle vetrofanie pertinenti.

Una volta scelto di analizzare, ad esempio, il diagramma di momento flettente, il programma permette di visualizzare su ciascun elemento strutturale gli effetti di una o più condizione di carico e, contemporaneamente, di una sola combinazione di carico.



NOTA Si precisa che le combinazioni SLE sono relative ai soli carichi di seconda fase come precisato al cap. 3.4.1.

La lettura e la visualizzazione dei risultati è agevolata dagli strumenti che compaiono nella barra superiore della finestra e che richiamano i rispettivi comandi. Quando si porta il dispositivo di puntamento su uno strumento, ne viene visualizzato il nome in un “tips” di descrizione.

L’uso di tutti i comandi, compresi quelli presenti nella barra visualizzata, viene di seguito illustrato analizzando ciascun menù.

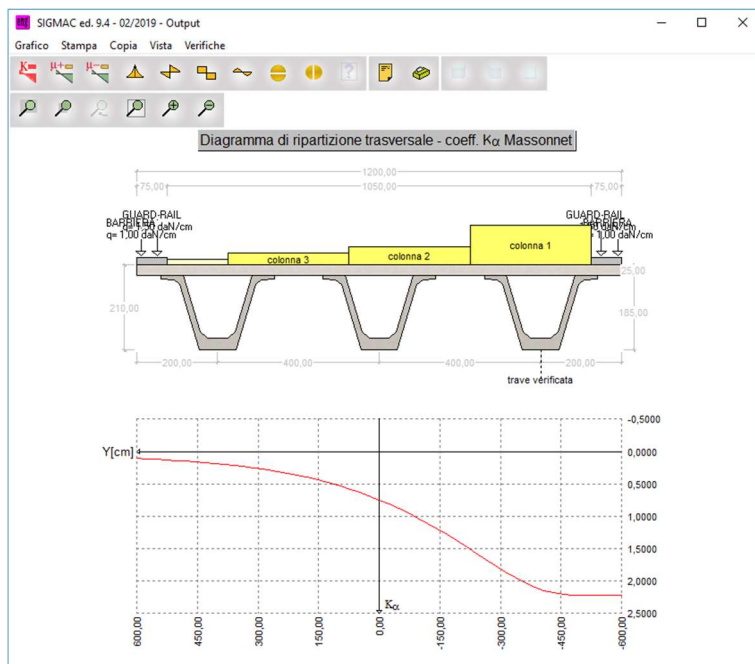
4.1 Menù “Grafico”

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

4.1.1 k Massonnet

Il comando permette di visualizzare il diagramma relativo ai valori del coefficiente di ripartizione dei carichi k_a secondo il metodo di Massonnet. Il coefficiente k_a è funzione dell’eccentricità relativa del carico, dell’eccentricità relativa della trave o della sezione

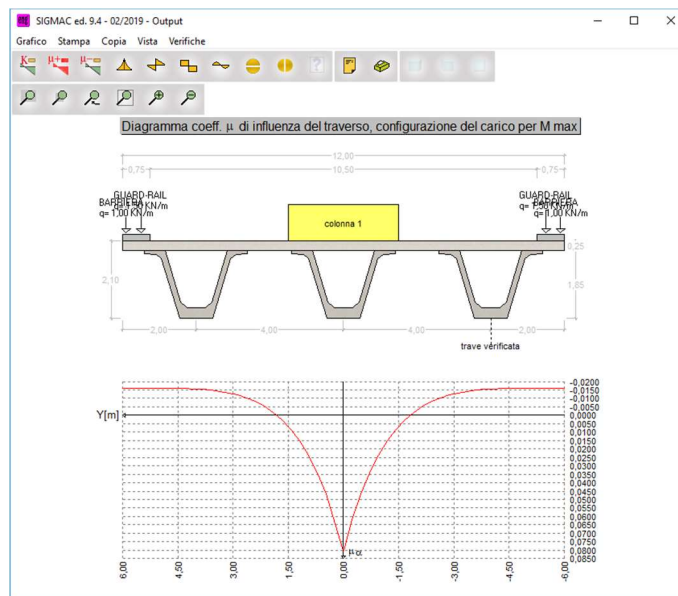
nella quale si calcolano le sollecitazioni, della geometria e della rigidezza del graticcio (parametro ρ).



Il disegno riporta in sezione la disposizione trasversale delle corsie di carico, il posizionamento delle colonne sulle corsie e la folla sui marciapiedi che genera la massima sollecitazione flessionale e tagliante sulla trave verificata. In senso longitudinale i carichi sono disposti, sezione per sezione, in modo da rappresentare la situazione più sfavorevole.

4.1.2 μ Massonnet M^+

Il comando permette di visualizzare il diagramma relativo ai valori del coefficiente di influenza μ , secondo il metodo di Massonnet, per la determinazione dei momenti flettenti massimi nella sezione in asse travi ($Y=0$) sugli elementi irrigidenti (traversi e soletta), e la disposizione dei carichi scelta.

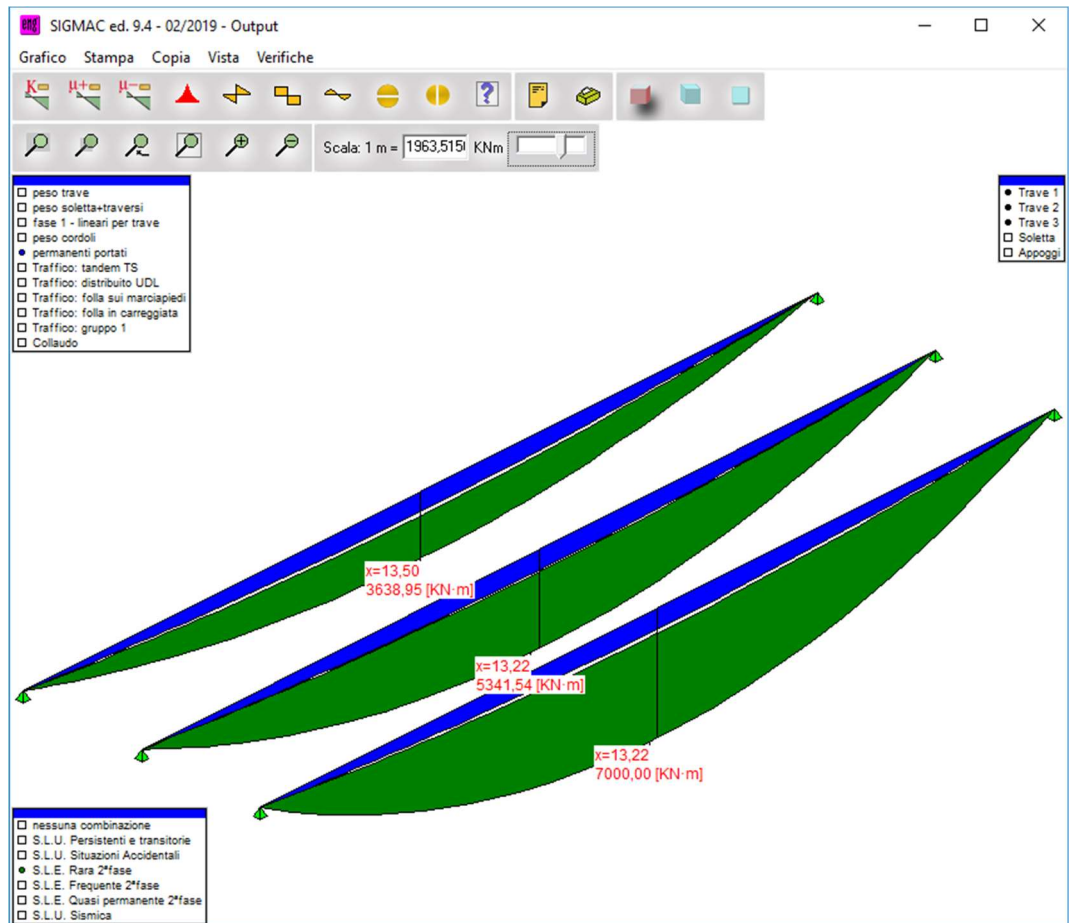


4.1.3 μ Massonnet M^-

Il comando permette di visualizzare il diagramma relativo ai valori del coefficiente di influenza μ , secondo il metodo di Massonnet, per la determinazione dei momenti flettenti minimi nella sezione in asse travi ($Y=0$) sugli elementi irrigidenti (traversi e soletta), e la disposizione dei carichi scelta.

4.1.4 Momento flettente

Il comando permette di visualizzare il diagramma delle sollecitazioni flettenti per gli elementi strutturali visualizzati e per le condizioni o combinazioni selezionate.



Nei grafici in cui sono presenti i carichi da traffico il momento flettente in una data sezione di una delle travi principali è relativo alla disposizione trasversale dei carichi come rappresentata nel grafico dei coefficienti K di Massonnet (par. 4.1.1) e alla disposizione longitudinale che genera il massimo momento flettente sulla trave verificata.

Di tutti i diagrammi che l'utente sceglie di visualizzare il programma fornisce le etichette con i valori numerici dell'ultima curva selezionata a partire dalle combinazioni di carico e poi dalle condizioni.

E' possibile selezionare le etichette o tramite il menù **Grafico, Seleziona etichette** oppure tramite il menù contestuale che si apre cliccando con il tasto destro del mouse; le etichette selezionate possono essere così spostate sul grafico, e offrono alcune opzioni di scelta dei dati in esse contenuti.

4.1.4.1 Momenti sui traversi

L'impalcato può essere dotato di traversi in campata, oppure le travi principali possono essere collegate solamente dalla soletta.

Nel primo caso i traversi assorbono gli sforzi di ripartizione dei carichi concentrandoli in corrispondenza delle nervature che costituiscono i traversi stessi; per effetto di questa concentrazione i valori dei momenti flettenti sono in genere più bassi ma paragonabili a quelli delle travi principali e si possono apprezzare nel grafico visualizzando tutti gli elementi dell'impalcato.

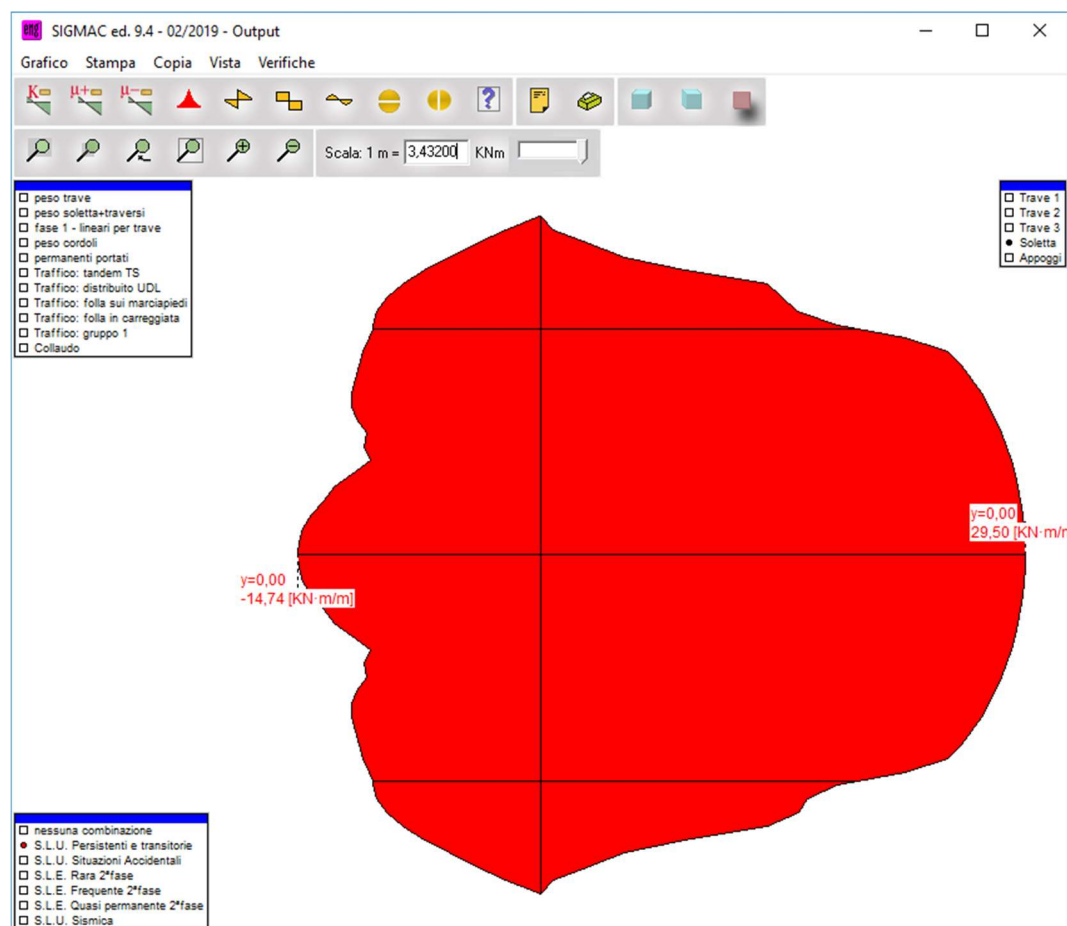
Nel secondo caso, in cui la soletta costituisce l'elemento di ripartizione, i momenti flettenti sono distribuiti lungo tutta la lunghezza dell'impalcato con valori massimi in mezzeria. Queste sollecitazioni, relative ad una soletta di pochi centimetri di spessore e riferite alla

larghezza unitaria nell'unità di lunghezza scelta, hanno in genere valori molto piccoli rispetto a quelli delle travi principali e appaiono come nulli nel grafico.

Poichè il grafico visualizza le sollecitazioni con un'unica scala di amplificazione, per apprezzare l'andamento dei momenti flettenti sulla soletta è necessario solitamente intervenire manualmente sul valore di scala nella casella contenuta nella toolbar superiore della finestra.

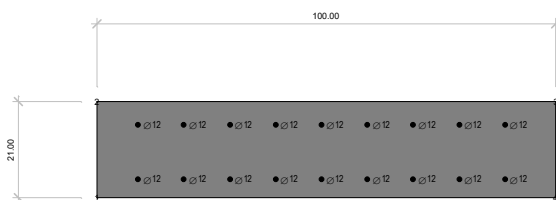
Scala: 1 m = 3.43200 KNm

E' così possibile amplificare il diagramma fino a renderlo leggibile



Il momento in una data sezione dei traversi è relativo alla disposizione trasversale delle corsie e della folla sui marciapiedi tale che il momento flettente sul traverso stesso sia massimo (o minimo).

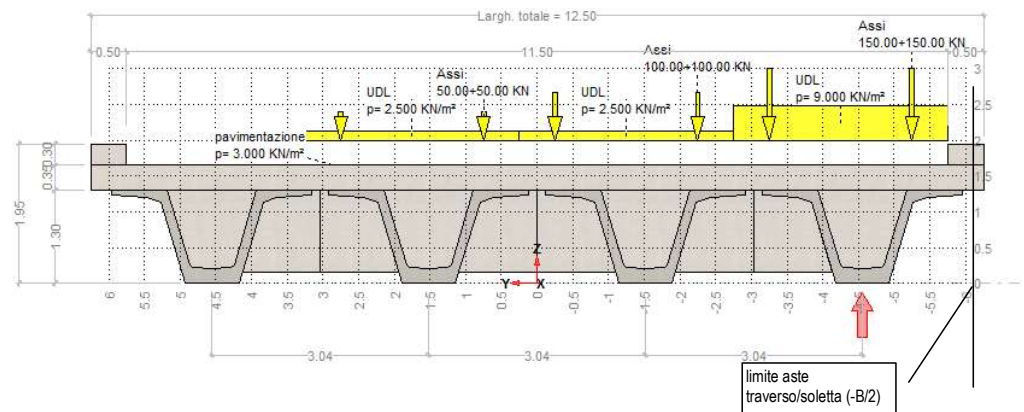
Nel grafico sopra riportato, ad esempio, sono visualizzati i valori di involucro relativi all'elemento *soletta* per la combinazione agli stati limite ultimi persistenti e transitorie. I valori riportati nelle etichette sono in [kN-m] e si riferiscono ad 1 [m] di larghezza di soletta. Tale sollecitazione andrà perciò applicata ad una sezione del tipo illustrato in figura.



Nel metodo di Massonnet la lunghezza dell'elemento di ripartizione, ovvero sviluppo in direzione Y, coincide con la larghezza teorica dell'impalcato, corrispondente a $2b$ (cfr 2.1).

Quando un impalcato non è dotato di traversi in campata e la ripartizione è affidata completamente alla soletta queste sollecitazioni vengono solitamente indicate con la denominazione di effetto globale, sottintendendo in questo che le sollecitazioni dovute al lavoro di ripartizione dei carichi quantificato con il modello alla Massonnet non tengono conto di possibili flessioni locali tra un'anima e l'altra delle travi, che andranno valutate con altri modelli.

Per meglio comprendere il significato dei diagrammi del momento flettente sull'elemento di ripartizione presentati dal programma si pensi ad un impalcato in cui i carichi da traffico in carreggiata sono stati bloccati in posizione fissa illustrata in figura.

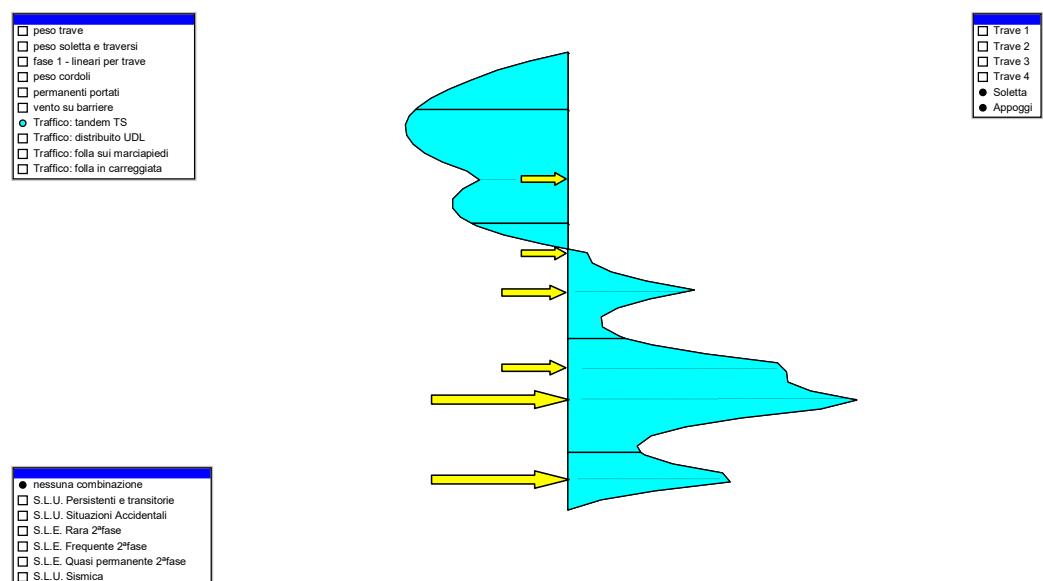


I carichi *tandem* sono dei carichi concentrati; la procedura di calcolo li colloca nella loro esatta posizione Y e li sviluppa in serie di Fourier in senso longitudinale.

I carichi *UDL* sono carichi distribuiti che la procedura schematizza come concentrati nel loro asse di simmetria; questa ipotesi è a favore di sicurezza nella valutazione delle sollecitazioni.

Ogni colonna viene perciò rappresentata nel modello con 3 carichi concentrati in senso trasversale e sviluppati in serie in senso longitudinale e ciò porta ad avere dei diagrammi del momento flettente trasversale che presentano delle cuspidi.

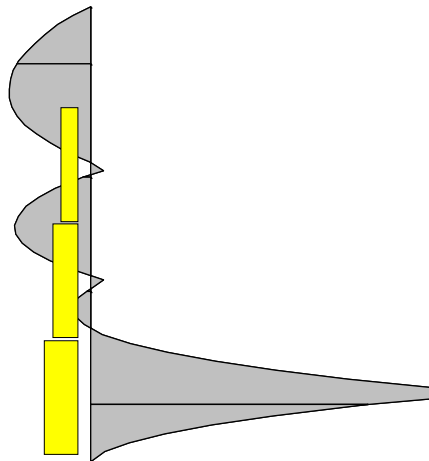
Il diagramma relativo ai soli schemi *tandem* si presenta come nella figura seguente:



mentre il diagramma del momento relativo agli schemi *UDL* ha la seguente forma:

- ☐ peso trave
- ☐ peso soletta e traversi
- ☐ fase 1 - lineari per trave
- ☐ peso cordoli
- ☐ permanenti portati
- ☐ vento su barriere
- ☐ Traffico: tandem TS
- ☒ Traffico: distribuito UDL
- ☐ Traffico: folla sui marciapiedi
- ☐ Traffico: folla in carreggiata

- ☐ Trave 1
- ☐ Trave 2
- ☐ Trave 3
- ☐ Trave 4
- ☒ Soletta
- ☒ Appoggi



- ☒ nessuna combinazione
- ☐ S.L.U. Persistenti e transitorie
- ☐ S.L.U. Situazioni Accidentali
- ☐ S.L.E. Rara 2ª fase
- ☐ S.L.E. Frequente 2ª fase
- ☐ S.L.E. Quasi permanente 2ª fase
- ☐ S.L.U. Sismica

L'involuppo di tutte le posizioni trasversali analizzate dal programma porta ad avere due curve, una dei massimi ed una dei minimi, che rappresenta tutte le cuspidi.

4.1.5 Effetto locale sulla soletta

Il momento flettente sull'elemento di ripartizione (traversi in campata o, in assenza di questi, soletta) calcolata con il metodo di Massonnet non viene di solito considerato sufficiente a rappresentare lo stato di sollecitazione flessionale reale dell'elemento stesso. Contrariamente a quanto ipotizzato dal metodo citato, infatti, l'elemento di ripartizione non è collegato in maniera "diffusa" alle travi principali su tutta la larghezza dell'impalcato ma esistono punti di concentrazione di tale collegamento rappresentati dalle anime delle travi principali. Ciò comporta che tra un punto di collegamento e l'altro si crei una luce libera in cui l'elemento è soggetto a flessione locale.

Le luci in gioco solitamente sono tali da generare flessioni locali non particolarmente significative in elementi più rigidi (i traversi) mentre risultano non trascurabili quando la ripartizione viene affidata ad una soletta di 20÷30 cm di spessore.

Il programma valuta l'entità della flessione locale dovuta ai carichi sull'impalcato adottando un paio di modelli semplici – semincastro per valutare i momenti positivi che tendono le fibre inferiori della soletta ed incastro perfetto per quelli negativi - ed utilizzando l'asse isolato definito dall'utente tra i carichi da traffico (vedi 3.3.3.2.4) per gli impalcati di 1ª e 2ª categoria, ed il carico folla compatta per quelli di 3ª categoria.

NOTA I momenti flettenti calcolati per effetto locale non vengono evidenziati nei grafici, ma vengono esclusivamente riportati nei tabulati ed in relazione di calcolo. Si assume che il momento dovuto all'effetto locale sia costante su tutta la larghezza teorica dell'impalcato.

4.1.6 Taglio

Il comando permette di visualizzare il diagramma delle sollecitazioni taglienti per gli elementi strutturali visualizzati e per le condizioni o combinazioni selezionate.

Il programma non calcola il taglio sugli elementi di ripartizione (traversi / soletta).

4.1.7 Momento torcente

Il comando permette di visualizzare il diagramma delle sollecitazioni torcenti per gli elementi strutturali visualizzati e per le condizioni o combinazioni selezionate.

I valori del momento torcente calcolati dal programma in una data sezione sono quelli relativi alla disposizione dei carichi, sia in senso trasversale che longitudinale, che genera la massima sollecitazione di taglio nella stessa sezione X della trave verificata (momento torcente corrispondente al taglio massimo).

Il programma non calcola valori di momento torcente sugli elementi di ripartizione (traversi / soletta).

4.1.8 Abbassamenti

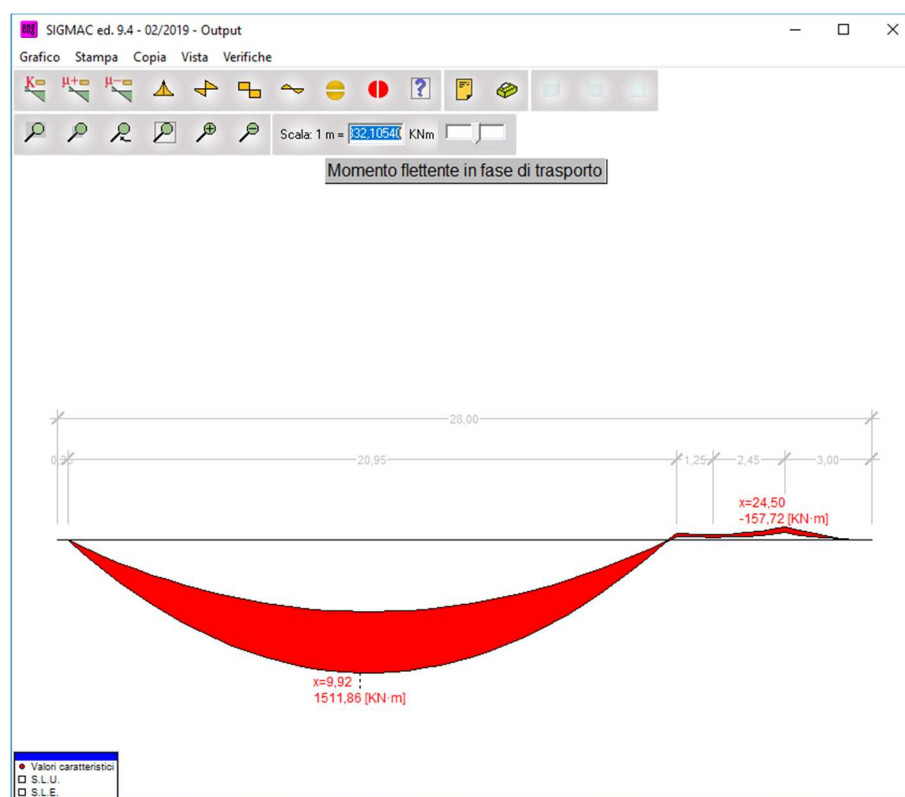
Il comando permette di visualizzare il diagramma delle deformazioni per gli elementi strutturali visualizzati e per le condizioni o combinazioni selezionate.

4.1.9 Mf sollevamento

Il comando permette di visualizzare per l'elemento strutturale trave i diagrammi caratteristico, allo stato limite di esercizio o allo stato limite ultimo del momento flettente nella fase transitoria di sollevamento.

4.1.10 Mf trasporto

Il comando permette di visualizzare per l'elemento strutturale trave i diagrammi caratteristico, allo stato limite di esercizio o allo stato limite ultimo del momento flettente nella fase transitoria di trasporto.



4.1.11 Interrogazione diagramma

Il comando, accessibile pure dal menù a cursore, permette di interrogare il diagramma prescelto per ciascun elemento strutturale visualizzato e per le condizioni o combinazioni selezionate. L'utente, posizionando il cursore al di sopra dell'elemento strutturale considerato, 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.

L'interrogazione avviene con le seguenti regole:

- il cursore di interrogazione si sposta sui punti dell'elemento a multipli del valore di *snap*. Il valore di snap è modificabile dall'utente nella finestra di input, casella **snap** (cfr. par. 3.1.8);
- i punti di massimo e minimo dei diagrammi vengono catturati quando rientrano nel mirino. La grandezza del mirino è regolabile nella finestra di input, casella **cursore mirino** (cfr. par. 3.1.8);
- sia lo snap che la cattura dei massimi e minimi sono disattivabili tenendo premuto il tasto Ctrl mentre ci si sposta sull'elemento.

4.1.12 Seleziona etichette

Il comando, che risulta non attivo per i grafici relativi ai parametri k_a e μ di Massonnet e che può essere attivato pure dal menù a cursore, permette di selezionare un'etichetta associata al valore di sollecitazione e all'ascissa corrispondente sull'impalcato 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.

4.1.13 Riseleziona etichette

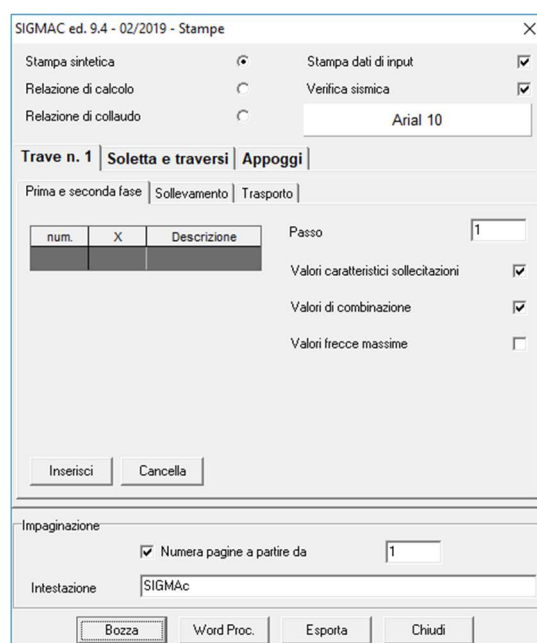
Il comando attiva l'ultima selezione delle etichette effettuata.

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

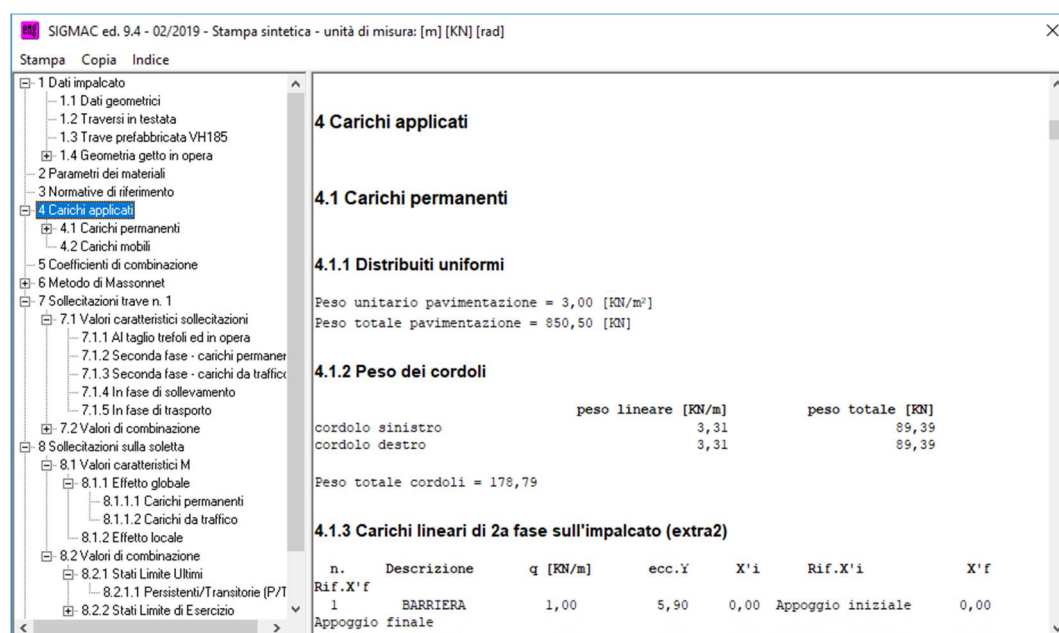
Il comando permette di ottenere l'uscita alfanumerica dei risultati, a video o su stampante. L'utente può selezionare, ad esempio, il tipo di relazione (**sintetica** o **completa**); può decidere di inserire o meno i dati di input e/o la verifica sismica; per ciascun elemento strutturale (**trave verificata**, **soletta e traversi**, **appoggi**) può scegliere quali risultati inserire nell'elaborato finale, sia per ogni singola fase sia per le sezioni di interesse (impostando un passo di stampa e introducendo particolari ascisse X).



Si osservi che, pur inserendo un passo con valore nullo e non specificando alcuna ascissa specifica, il programma inserisce in tutte le tabelle di output le sezioni di appoggio e di mezzzeria. Un valore non nullo del passo, invece, determina in output una tabella di sezioni poste ad una distanza pari al valore del passo assegnato comprese quelle poste in corrispondenza dell'ascissa iniziale d'appoggio e della mezzzeria.

La relazione, inoltre, può essere visualizzata in modalità bozza o attraverso un editor di testo (tipo Microsoft Word); è possibile, altresì, generare un file in formato RTF mediante il bottone **Esporta** che potrà essere visualizzato mediante un word processor.

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.



L'output è autoesplicativo; 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 di verifica dell'impalcato.

La relazione di collaudo è attiva solo se sono stati posizionati sull'impalcato carichi da collaudo (vedi cap. 3.3.3.5).

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 REL2SIG.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** ed incollandola nella posizione desiderata nel documento.

1 Dati impalcato
Tipo di impalcato: travi prefabbricate più soletta collaborante

1.1 Dati geometrici

Luce di calcolo	27.00
Larghezza cordolo sinistro	0.75
Larghezza carreggiata	10.50
Larghezza cordolo destro	0.75
Larghezza fuori tutto impalcato	12.00
Numero travi	3
Tipo trave	VH185
Interasse travi	4.00
Larghezza travi	2.80
Larghezza retrotrave	0.50
Larghezza ringrosso	1.50
Larghezza svasatura	0.50
Eccentricità travi-soletta	0.00
Spessore medio soletta	0.26
Spessore minimo soletta	0.21
Luce di calcolo soletta	1.90
Larghezza marciapiede sinistro	0.00
Dist. marciapiede sinistro	0.00
Larghezza marciapiede destro	0.00
Dist. marciapiede destro	0.00
Spessore medio cordoli	0.18

1.2 Traversi in testata

Altezza sezione traversi	1.70
Spessore sezione traversi	0.30
n.	X
l	0.00

The diagram shows a cross-section of a bridge with three precast beams (VH185) supported by a central pier. The deck is composed of these beams and a central slab (soletta). Dimensions for the beams, slab, and overall deck width are provided in the tables. A 3D perspective view of the bridge section is also shown, highlighting the parapets (parapetto) and the central slab (soletta).

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

ANAS
Nuovo piano viario
Viadotto Castel S. Giorgio

SOMMARIO

1 → Dati-impalcato.....	3
1.1 → Dati-geometrici.....	3
1.2 → Traversi-in-testata.....	3
1.3 → Trave-prefabbricata-VH185.....	3
1.3.1 → Sezione-in-campata.....	3
1.3.2 → Sezione-in-testata.....	4
1.4 → Geometria-getto-in-opera.....	4
1.4.1 → Sezione-in-campata.....	4
1.4.2 → Sezione-in-testata.....	4
2 → Parametri-dei-materiali.....	4
3 → Normative-di-riferimento.....	4
4 → Carichi-applicati.....	5

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 SIGMAC ed inserendolo nella relazione generale la numerazione dei paragrafi del documento viene aggiornata automaticamente.

3.00		3.29	-3.76
4.00		3.48	-3.58
5.00		4.14	-2.91
6.00	estremità sx	4.73	-2.82

8.4	Azioni sugli appoggi	
8.4.1	Forze Orizzontali	

Azione del vento	
Altezza barriera	2.00 [m]
Pressione cinetica	0.70 [KN/m]
Forza totale sull'impalcato F_{yw}	84.08 [KN]
Azione longitudinale di frenamento q_3	
Forza totale sull'impalcato F_{xq}	432.90 [KN]
Azione centrifuga Q_4	
Raggio di curvatura	0.00 [m]
Forza totale sull'impalcato F_{yq}	0.00 [KN]

8.4.2	Valori caratteristici reazioni verticali	
8.4.2.1	Carichi di 1a fase	

Paragrafo "9" di livello 1 scalato al livello 2 e divenuto "8.4"

4.2.2 Grafico

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

4.3 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

Pan	
Pan Nord	Shift + Ctrl + E
Pan Sud	Shift + Ctrl + X
Pan Est	Shift + Ctrl + D
Pan Ovest	Shift + Ctrl + S
Vista assonom. dx	Shift + Ctrl + R
Vista assonom. sx	Shift + Ctrl + Q
Vista in pianta	Shift + Ctrl + C

4.4.2 Visualizza

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

Numero travi	Ctrl + M
Reset etichette max e min	
Reset etichette utente	
Menù scelta elementi strutturali	F4
Menù scelta cond carico	F5
Menù scelta combinazioni carico	F6

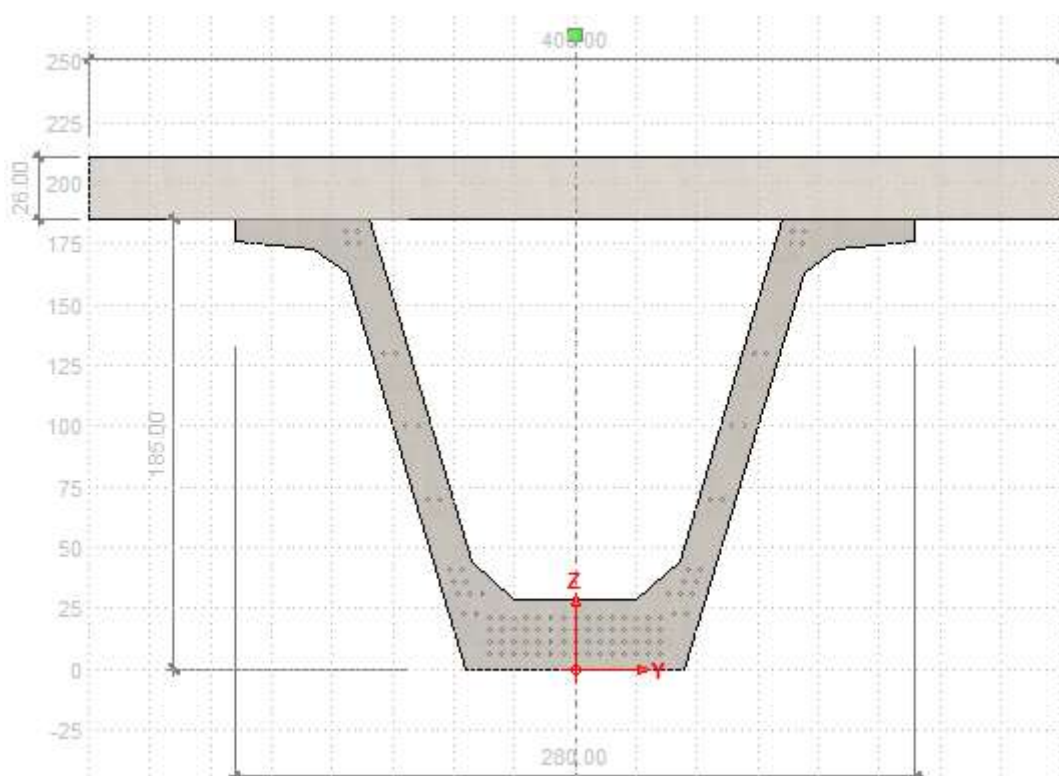
4.5 Menù “Verifiche”

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

4.5.1 Trave in c.a.p.

Il comando, che può essere attivato mediante il **tasto di scelta F3**, permette di accedere al modulo di verifica elementi precompressi **TCAP**.

Vengono trasferiti i dati relativi alla trave esaminata e relativa soletta sovrastante, nonché le sollecitazioni calcolate nelle diverse combinazioni, di 1^a e di 2^a fase.



Nel postprocessore andranno inserite le armature di precompressione, le staffe e le armature lente longitudinali. Si rimanda al manuale di TCAP per le spiegazioni.

4.5.2 Soletta / Traverso

Il progetto dell'elemento in c.a. di ripartizione, sia esso traverso o soletta, viene condotto con il postprocessore **TLIM**. Questo modulo è uno strumento utile per la progettazione delle armature necessarie a flessione. Si rimanda al manuale di TLIM per le spiegazioni. La lunghezza dell'elemento trasferito a TLIM è la larghezza teorica dell'impalcato pari a $2 \cdot b$ (= n.travi·interasse).

In alternativa si può procedere annotando manualmente i valori di Momento flettente massimo e minimo per ogni situazione, indipendentemente dalla sezione in cui vengono rilevati, e dimensionando l'armatura in condizioni di rottura e tensionali, ad esempio utilizzando il postprocessore PRELIM. In questo modo, adottando un'armatura costante su tutta la lunghezza dell'elemento, si attua a favore di sicurezza un'involuppo delle sollecitazioni anche in lunghezza.