

Capitolo 1. VERIFICA DI IMPALCATI A TRAVATA IN MISTO ACCIAIO E CALCESTRUZZO

1.1 Caratteristiche generali del programma

1.1.1 Premessa

Il software permette di analizzare la travatura di impalcati in misto acciaio calcestruzzo, composti da travi metalliche inferiori e da solette in calcestruzzo superiore, mediante l'utilizzo delle principali funzioni messe a disposizione dal programma. Precisamente consente:

- il calcolo delle caratteristiche di rigidezza della sezione mista;
- il calcolo delle tensioni mediante analisi lineare della sezione;
- la verifica, secondo Eurocodici, della stabilità post critica dei pannelli che compongono la sezione in acciaio;
- il dimensionamento e verifica delle giunzioni bullonate tra due conci di travi.

1.1.2 Controllo della viscosità

Gli effetti della viscosità del calcestruzzo per azioni di lungo periodo possono essere valutati definendo per le sezioni un massimo di quattro coefficienti di omogeneizzazione acciaio calcestruzzo. Il codice definisce, inoltre, un quarto coefficiente di omogeneizzazione n pari ad infinito corrispondente al caso di getto del calcestruzzo (calcestruzzo non collaborante).

1.1.3 Dimensionamento delle solette

La larghezza della soletta in cemento armato può essere definita direttamente dall'utente; in alternativa, possono essere utilizzate apposite *utility* implementate al fine di valutare le larghezze collaboranti efficaci, dipendenti della geometria delle campate, così come previsto nel eurocodice 4 parte 2.

In una unica sessione di lavoro possono essere definite, quindi calcolate, un numero qualsiasi di sezioni; ogni sessione di lavoro può essere salvata in una posizione qualsiasi delle risorse del computer. I file creati dal software hanno estensione *.cass.

1.1.4 Area di applicazione – Ponti a travata

Il software è concepito come strumento di utilità nella verifica dei ponti a travata, realizzati in misto acciaio calcestruzzo; l'architettura generale del programma è stata impostata sempre con riferimento alle esigenze riscontrabili nella progettazione di tali tipologie strutturali.

I ponti a travata in misto acciaio calcestruzzo sono normalmente costituiti, come nell'esempio di Fig. 1.1 e Fig. 1.2, da una serie di conci metallici di sezione a doppio T o a cassone, assemblati in opera attraverso giunti bullonati (o saldati), e da una soletta superiore gettata in opera in calcestruzzo.

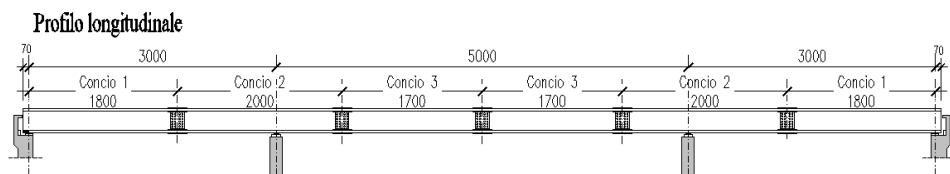


Fig. 1.1

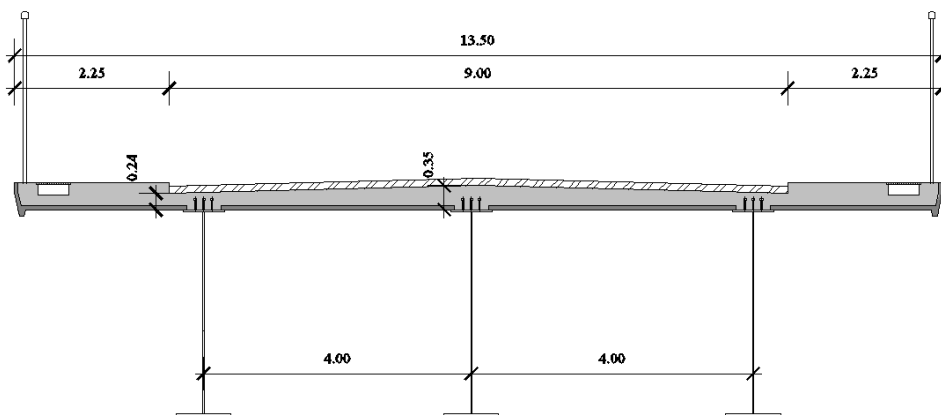


Fig. 1.2

La soletta è resa collaborante attraverso sistemi di collegamento a taglio; ogni trave in acciaio forma con la soletta superiore una sezione mista acciaio calcestruzzo, la cui larghezza efficace B della soletta dipende dall'interasse delle travi e dalla larghezza dello sbalzo della soletta. L'eurocodice 4 e la CNR 10016 prescrivono che il valore della larghezza collaborante della soletta debba rispettare limiti massimi dipendenti dalla luce delle campate. Sia l'EC4 sia la CNR 10016 distinguono il calcolo della larghezza collaborante nel caso di calcolo delle proprietà di rigidità nell'analisi globale ed analisi delle proprietà della sezione nelle verifiche tensionali.

Nei casi in cui si effettui il calcolo delle caratteristiche meccaniche per l'analisi globale della struttura, le norme consentono di considerare una larghezza collaborante della soletta costante lungo ogni campata e relativa al valore in mezzzeria. Nell'esempio di Fig. 1.1 le sezioni tipo che devono essere definite per la modellazione della struttura sono 4, in particolare (vedi Fig. 1.3):

- SA1: campata 1 + concio 1;
- SA2: campata 1 + concio 2;
- SA3: campata 2 + concio 2;
- SA4: campata 2 + concio 3;

Profilo longitudinale

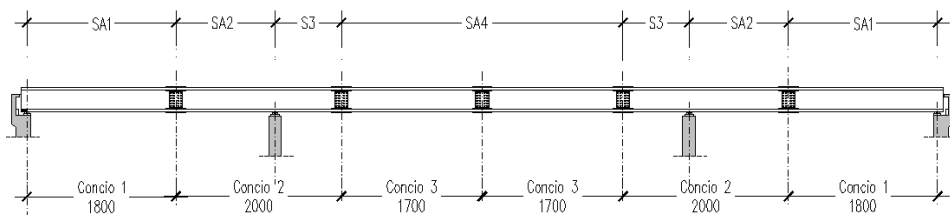


Fig. 1.3

Le caratteristiche delle sezioni di analisi SA1-SA4 sono introdotte nel modello per l'analisi globale della struttura. Le sollecitazioni di progetto derivanti dall'analisi devono essere utilizzate per la verifica delle sezioni maggiormente sollecitate. La larghezza collaborante della soletta che può essere assunta nelle verifiche tensionali è variabile lungo l'impalcato e dipende dalla geometria delle campate e della posizione della sezione all'interno della campata. Per una determinata sezione di verifica, nota la larghezza collaborante della sezione, si deve verificare:

- la resistenza della sezione alle sollecitazioni di momento, azione assiale e taglio;
- la resistenza all'instabilità locale a compressione dei pannelli che compongono la trave in acciaio;
- la resistenza all'instabilità per taglio dell'anima della trave in acciaio;
- la verifica delle giunzioni bullonate, se presenti.

Riassumendo quanto sopra riportato, nel caso più generale, la procedura di calcolo di un impalcato in misto acciaio calcestruzzo può essere così definita:

1. definizione delle sezioni tipo dei conci metallici;
2. definizione e calcolo delle caratteristiche meccaniche delle sezioni miste acciaio calcestruzzo per l'analisi globale;
3. analisi delle sollecitazioni del modello strutturale;
4. definizione e verifica allo stato limite ultimo delle sezioni maggiormente sollecitate (sezioni di verifica);
5. verifica della stabilità locale dei pannelli dei conci metallici delle sezioni di verifica;
6. verifica dei giunti bullonati in corrispondenza delle sezioni di verifica (se presenti).

Il software è implementato al fine di automatizzare le procedure definite nei punti 1, 2, 4, 5 e 6, prevedendo l'utilizzo di appositi codici di calcolo agli elementi finiti per l'analisi strutturale di cui al punto 3.

1.2 Ambiente di lavoro – Le finestre

L'ambiente di lavoro è costituito dalla finestra principale sulla quale sono inseriti i menu necessari al funzionamento del programma e che costituisce la cornice nella quale possono essere attivate le finestre destinate alla descrizione ed alla analisi del progetto.

Utilizzando i comandi presenti nella finestra principale è possibile aprire le quattro finestre di lavoro attraverso le quali si realizzano gli obiettivi del programma. Tutti i dati inseriti nel programma possono essere salvati in file con suffisso *.cass* e successivamente ricaricati per successive sessioni di lavoro. I risultati delle analisi svolte dal codice di calcolo sono riepilogate nel documento di testo *Relazione di Calcolo*, generato automaticamente, di estensione **.rtf*.

1.2.1 Analisi globale

La finestra ANALISI GLOBALE (FIG. 1.4) è costituita da due parti affiancate e ridimensionabili, nella prima sono gestite varie informazioni descrittive della struttura in esame, nella seconda viene visualizzato il disegno tecnico risultante e le caratteristiche delle sezioni calcolate dal programma.

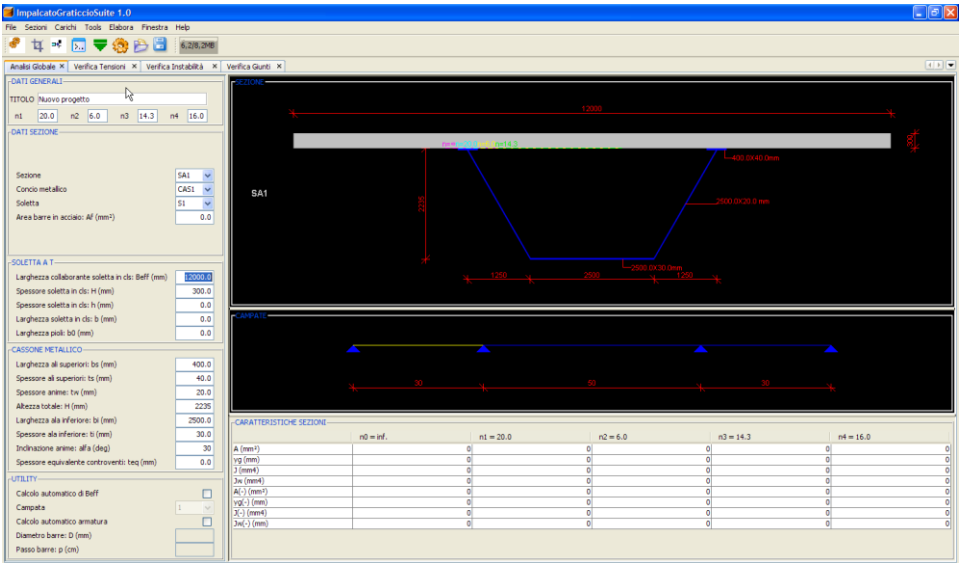


Fig. 1.4

1.2.1.2 Dati generali

TITOLO DELL'OPERA

Nella casella di testo TITOLO (Fig. 1.5) è possibile inserire il titolo dell'opera. Il testo inserito compare nei tabulati di calcolo prodotti dal programma (vedi 1.4).

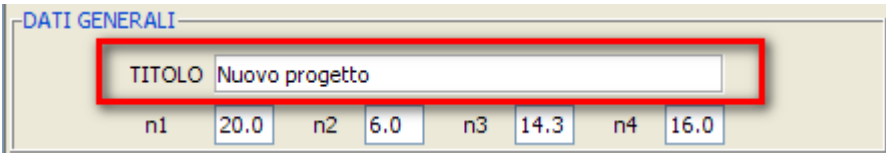
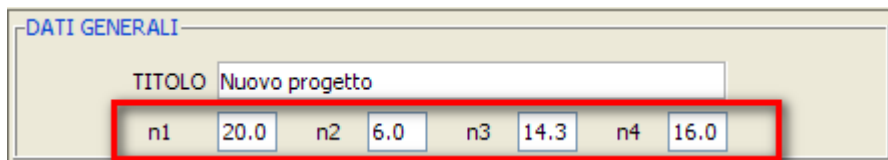


Fig. 1.5

COEFFICIENTI DI OMOGENEIZZAZIONE

Gli effetti della viscosità del ritiro per azioni di lunga durata sono considerati assumendo per il calcestruzzo differenti coefficienti di omogeneizzazione n . Il codice di calcolo permette la definizione di un numero massimo di coefficienti di omogeneizzazione pari a quattro. I valori dei coefficienti devono essere digitati nelle apposite caselle di testo $n1$, $n2$, $n3$ ed $n4$ (Fig. 1.6).



DATI GENERALI							
TITOLO Nuovo progetto							
n1	20.0	n2	6.0	n3	14.3	n4	16.0

Fig. 1.6

1.2.1.3 Dati sezione

La sezione di analisi è definita come combinazione di una sezione tipo in acciaio, di una soletta collaborante in cemento e di un'area barre armatura. Ogni sezione può essere selezionata, modificata, rinominata e rimossa. Il codice di calcolo non consente di eliminare una sezione qualora questa sia l'unica definita nella sessione di lavoro.

Una soletta in c.a. può essere assegnata alla sezione di analisi corrente selezionando la soletta nella casella di testo a cascata *Soletta* nella finestra DATI SEZIONE (Fig. 1.7).

Una sezione metallica può essere assegnata alla sezione di analisi corrente selezionando la sezione nella casella di testo a cascata *Concio metallico* nella finestra DATI SEZIONE (Fig. 1.7).

L'area delle barre di armatura può essere assegnata direttamente dalla casella di testo *Area barre in acciaio* nella finestra DATI SEZIONE (Fig. 1.7). L'area così definita è considerata dal codice di calcolo applicata in corrispondenza del **baricentro della soletta** in cemento.

DATI SEZIONE

Sezione

Concio metallico

Soletta

Area barre in acciaio: Af (mm²)

SA1

C1

S3

0.0

Fig. 1.7

Una sezione di analisi può essere aggiunta attraverso il comando *Aggiungi sezione analisi* dal menu SEZIONI.

Una sezione di analisi può essere eliminata attraverso il comando *Elimina sezione analisi* dal menu SEZIONI.

Le sezioni precedentemente definite possono essere rinominate dalla finestra *Rinomina sezioni analisi* attraverso il comando *Rinomina sezioni analisi* dal menu SEZIONI (Fig. 1.8).

RINOMINA SEZIONI ANALISI

SEZIONE	NOME
1	SA1
2	SA2
3	SA3
4	SA4

OK

CANCEL

Fig. 1.8

Una sezione di analisi precedentemente definita può essere resa sezione corrente selezionando la sezione stessa nella casella a cascata *Sezione* dalla finestra DATI SEZIONE (Fig. 1.7). Più velocemente è possibile scorrere le sezioni di analisi precedentemente definite agendo sulla rotellina del mouse quando quest'ultimo è

posizionato sopra la finestra grafica posta nell'angolo in alto a destra dello schermo.

1.2.1.4 Definizione della soletta

Le solette che possono essere assegnate alle sezioni di analisi devono essere definite nella sezione di lavoro corrente attraverso il comando *Aggiungi soletta* dal menu SEZIONI.

Una soletta precedentemente definita può essere rimossa dalla sezione di lavoro attraverso il comando *Rimuovi soletta* dal menu SEZIONI.

Le solette possono essere rinominate attraverso il comando *Rinomina soletta* dal menu SEZIONI.

Il codice di calcolo è in grado di analizzare tre tipi di soletta:

- soletta a T (Fig. 1.9);
- soletta tipo 2 (Fig. 1.10);
- soletta tipo 3 (Fig. 1.11).

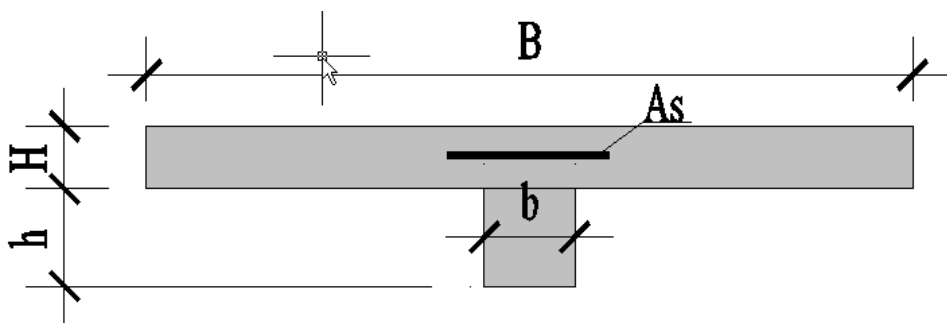


Fig. 1.9

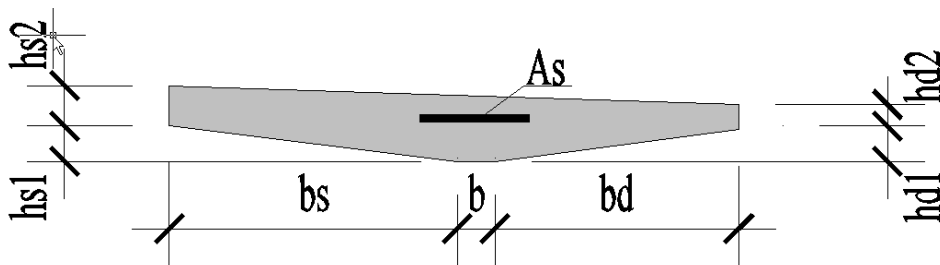


Fig. 1.10

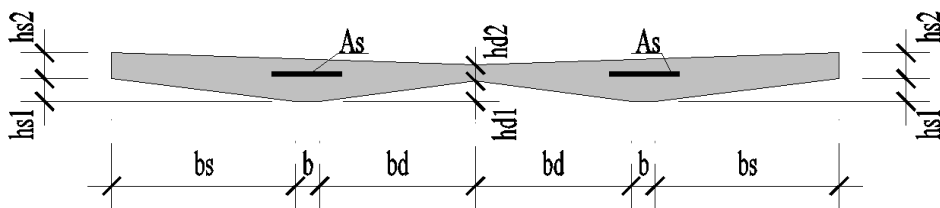


Fig. 1.11

I parametri della soletta possono essere impostati attraverso le caselle di testo presenti nella finestra *Soletta* (Fig. 1.12) in funzione della tipologia della soletta definita.

Il parametro *b0* che compare nella finestra rappresenta la larghezza della zona ancorata con opportuni collegamenti a taglio.

-SOLETTA A T-	
Larghezza collaborante soletta in cls: Beff (mm)	12000.0
Spessore soletta in cls: H (mm)	300.0
Spessore soletta in cls: h (mm)	0.0
Larghezza soletta in cls: b (mm)	0.0
Larghezza pioli: b0 (mm)	0.0

Fig. 1.12

1.2.1.5 Definizione sezione metallica

Il software consente di definire un numero qualsiasi di sezioni metalliche. Ogni concio può essere opportunamente assegnato alle sezioni di analisi definite nella sezione di lavoro.

Le sezioni metalliche che possono essere assegnate alle sezioni di analisi devono essere definite nella sezione di lavoro corrente attraverso il comando *Aggiungi concio metallico* dal menu SEZIONI.

Una sezione metallica precedentemente definita può essere rimossa dalla sezione di lavoro attraverso il comando *Rimuovi concio metallico* dal menu SEZIONI.

Le sezioni metalliche possono essere rinominate attraverso il comando *Rinomina conci metallici* dal menu SEZIONI.

Il codice di calcolo è in grado di analizzare tre tipi di sezioni metalliche:

- sezione a doppio T (Fig. 1.13);
- sezione a cassone (Fig. 1.14);

- sezione a cassone tipo 2 (Fig. 1.15);
- sezione generica.

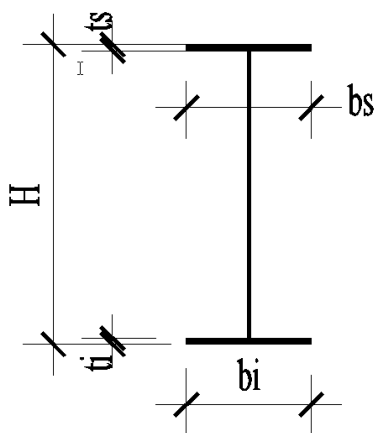


Fig. 1.13

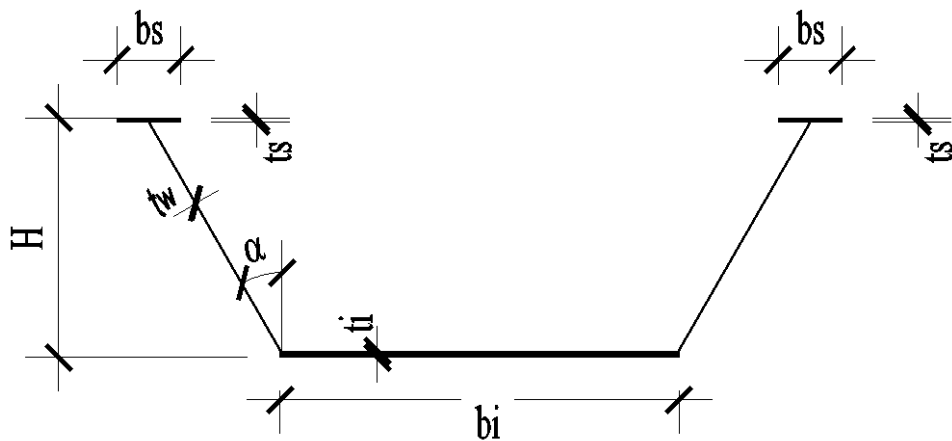


Fig. 1.14

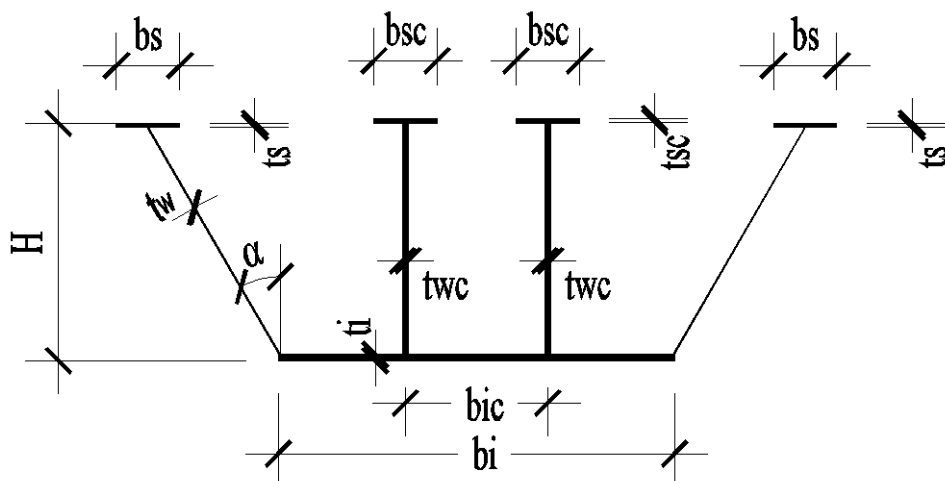


Fig. 1.15

I parametri della sezione metallica selezionata possono essere impostati attraverso le caselle di testo presenti nella finestra principale (Fig. 1.16) in funzione della tipologia della sezione metallica definita.

CASSONE METALLICO TIPO II	
Larghezza ali superiori: bs (mm)	400.0
Spessore ali superiori: ts (mm)	40.0
Spessore anime: tw (mm)	20.0
Altezza totlae: H (mm)	2235
Larghezza ala inferiore: bi (mm)	4000.0
Spessore ala inferiore: ti (mm)	30.0
Inclinazione anime: alfa (deg)	30
Spessore equivalente controventi: teq (mm)	0.0
larghezza ali superiori centrali: bsc (mm)	400.0
spessore ali superiori centrali: tsc (mm)	40.0
spessore anime centrali: twc (mm)	20.0
distanza anime centrali: bic (mm)	1500.0

Fig. 1.16

Si osserva che alle sezioni di tipo a cassone è possibile assegnare lo spessore equivalente del controvento superiore. Tale spessore è utilizzato dal codice di calcolo per valutare la rigidezza torsionale della sezione durante la fase di getto (soletta non ancora collaborante).

Quando la struttura portante in acciaio non sia riconducibile ad una sezione a doppio T o ad una a cassone, come quelle riportate nelle figure precedenti, il codice di calcolo consente la possibilità di definire una *sezione metallica generica* le cui proprietà statiche possono essere assegnate direttamente dall'utente.

Un concio generico è definito da (Fig. 1.17):

- l'area della sezione trasversale: A_s ;
- il momento d'inerzia relativo all'asse baricentrico $x-x$ orizzontale: J_s ;
- la coordinata rispetto all'estradosso del concio del baricentro della sezione trasversale: y_g ;
- l'altezza totale della sezione trasversale: H_s ;
- l'area resistente al taglio verticale della sezione trasversale: A_w .

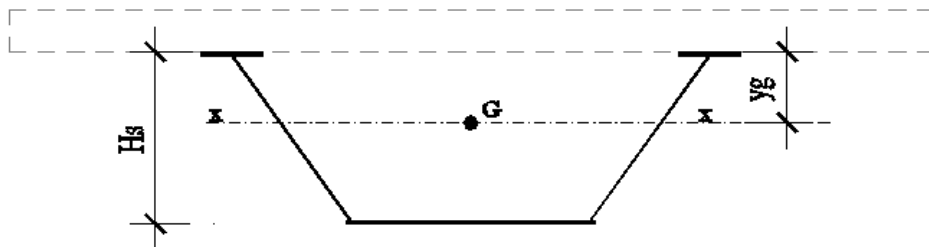


Fig. 1.17

Il codice di calcolo in questo caso, e per la sola visualizzazione grafica, definisce un concio metallico a doppio T di altezza H_s .

1.2.1.6 Utility

DEFINIZIONE AUTOMATICA DELLA LARGHEZZA COLLABORANTE DELLA SOLETTA

La CNR 10016 e l'eurocodice 4 prescrivono limiti massimi alla larghezza collaborante che può essere assunta per la soletta in calcestruzzo. Tali limiti dipendono dalla geometria della travata ed è variabile lungo la travatura stessa. Nell'analisi globale della struttura tale larghezza può essere assunta costante per

ogni campata e pari al valore della larghezza collaborante calcolata in mezzeria. Per la sezione di mezzeria la larghezza efficace della soletta di un campata è definita come:

$$B_{eff} = b_{e1} + b_0 + b_{e2}$$

dove (Fig. 1.18):

$$b_{e1} = \min(b_1, L_e/8)$$

$$b_{e2} = \min(b_2, L_e/8)$$

mentre L_e è la distanza fra i due punti di momento nullo e può essere posta pari a:

$$L_e = 0.8l \text{ (campate laterali)}$$

$$L_e = 0.7l \text{ (campate centrali)}$$

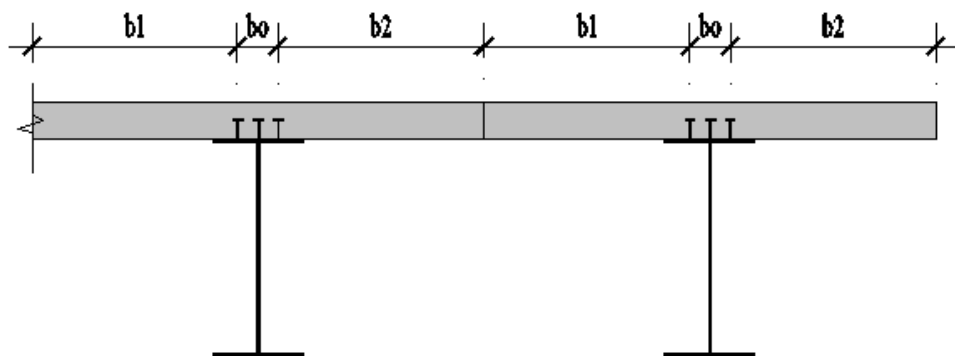


Fig. 1.18

Il calcolo della larghezza efficace secondo EC4 e CNR 10016 può essere effettuato in automatico attraverso una apposita *utility* del software.

La funzione di calcolo automatico può essere attivata selezionando l'apposita casella opzionale *Calcolo automatico di B_{eff}* (Fig. 1.19).

Quando selezionata si attiva la caselle di testo a cascata *Campata* nella quale si imposta il numero della campata a cui appartiene la sezione di analisi corrente.

UTILITY	
Calcolo automatico di Beff	<input checked="" type="checkbox"/>
Campata	1 <input type="button" value="v"/>
Calcolo automatico armatura	<input type="checkbox"/>
Diametro barre: D (mm)	<input type="text"/>
Passo barre: p (cm)	<input type="text"/>

Fig. 1.19

I parametri $b1$ e $b2$ di Fig. 1.18 sono considerati dal programma in funzione della tipologia della soletta assegnata alla soletta ed in funzione del parametro $b0$ assegnato dall'utente alla soletta stessa (vedi Fig. 1.20, Fig. 1.21, Fig. 1.22).

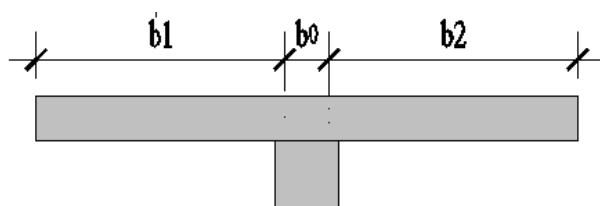


Fig. 1.20

Soletta a T

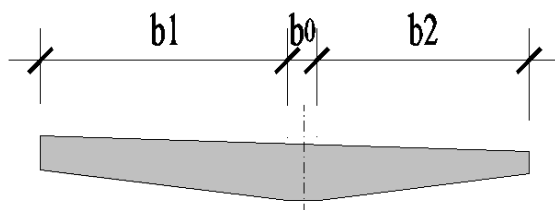


Fig. 1.21

Soletta tipo 2

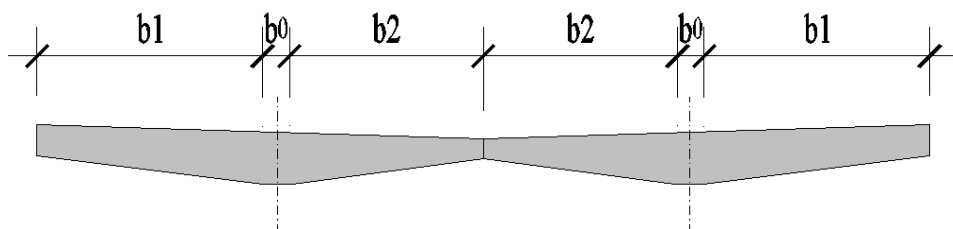


Fig. 1.22

Soletta tipo 3

E' opportuno osservare che le larghezze delle ali $b1$ e $b2$, al netto della larghezza di ancoraggio $b0$, sono calcolati dal codice di calcolo in funzione della **sola** tipologia della soletta. Detto altrimenti, la reale presenza di un'anima di collegamento in acciaio sottostante la zona di ancoraggio $b0$ della soletta non è verificata dal programma. Così, ad esempio, definendo una sezione di analisi caratterizzata da una soletta a T e da una sezione metallica a cassone, la larghezza collaborante efficace della soletta è calcolata assumendo come zona ancorata quella di larghezza $b0$ posta nel baricentro della soletta (Fig. 1.23). Ne consegue che, al fine di un corretto utilizzo delle funzioni di utilità per il calcolo della larghezza collaborante efficace della soletta, le sezioni di analisi devono essere così composte:

- sezione metallica a doppio T + soletta a T
- sezione metallica a doppio T + soletta tipo 2
- sezione a cassone + soletta tipo 3

mentre non può essere correttamente previsto il calcolo automatico della larghezza collaborante per sezioni metalliche a cassone tipo 2 e per sezioni metalliche generiche.

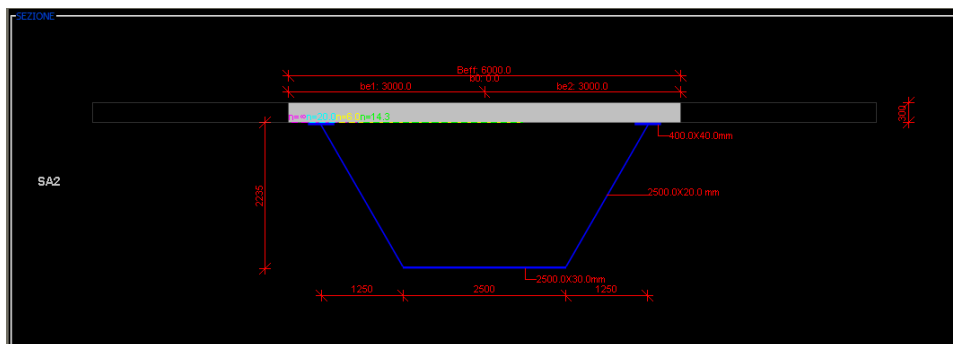


Fig. 1.23

Larghezza efficace soletta

La geometria della travata può essere definita attraverso i comandi presenti nel menu **STRUMENTI**.

E' possibile aggiungere una campata alla travata attraverso il comando *Aggiungi Campata* dal menu **STRUMENTI**.

E' possibile rimuovere una campata attraverso il comando *Rimuovi Campata* dal menu **STRUMENTI**.

E' possibile modificare le luci della travata nella finestra *Modifica luci campate* (Fig. 1.24) attraverso il comando *Modifica Luci* dal menu **STRUMENTI**.

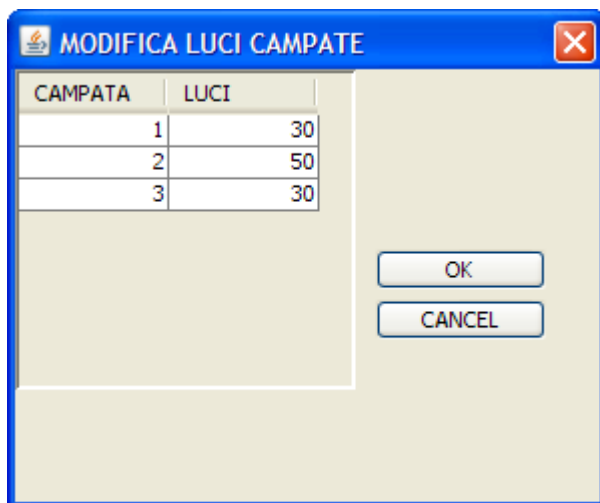


Fig. 1.24

DEFINIZIONE AUTOMATICA DELL'AREA DELLE BARRE DI ARMATURA

L'area delle barre di armatura contenuta nella soletta può essere calcolata automaticamente dal codice di calcolo definendo il diametro ed il passo delle barre di armatura disposte all'interno della soletta.

La funzione può essere attivata selezionando la casella opzionale *Calcolo automatico armatura* ed inserendo nelle apposite caselle di testo il diametro in millimetri delle barre D ed il passo p in centimetri delle barre (Fig. 1.25).



Fig. 1.25

L'area dell'armatura è valutata attraverso la seguente equazione:

$$A_f = [(100/p) \cdot \pi D^2/4] B_{eff} \quad [1.]$$

Se ad esempio sono previsti ferri $\phi 20$ ogni 20cm inferiori e ferri $\phi 20$ ogni 20cm superiori devono essere assegnati i seguenti dati di ingresso:

$$D = 20 \text{ mm}$$

$$p = 10 \text{ cm}$$

Il codice di calcolo considera il baricentro y_f delle armature coincidente con il baricentro della soletta. Se è attiva la funzione di calcolo automatico della larghezza efficace della soletta, il valore di B_{eff} utilizzato nella [1] è quello calcolato automaticamente dal codice di calcolo; altrimenti è pari alla larghezza totale della soletta.

1.2.1.7 Finestre grafiche

Le principali caratteristiche della sezione corrente sono rappresentate graficamente nelle finestre di layout poste nell'angolo in alto a sinistra della finestra *Sezioni Analisi*.

Nella porzione superiore della finestra grafica è rappresentata la sezione tipo definita dall'utente. Nella finestra la larghezza collaborante della soletta è quella definita dall'utente, ovvero quella calcolata automaticamente dal codice di calcolo, qualora sia attivata tale funzione.

Se l'elaborazione dati è stata effettuata, sono riportati graficamente gli assi baricentrici della sezione mista acciaio calcestruzzo relativi ai differenti coefficienti di omogeneizzazione.

Nella porzione inferiore della finestra è visualizzato il profilo longitudinale della travata. In particolare, quando è attiva la funzione di calcolo automatico della larghezza collaborante della soletta, la campata assegnata alla sezione è evidenziata in giallo.

Se la funzione di calcolo automatico della larghezza efficace non è attivata, il numero e le luci delle campate non hanno effetto nelle procedure di calcolo.

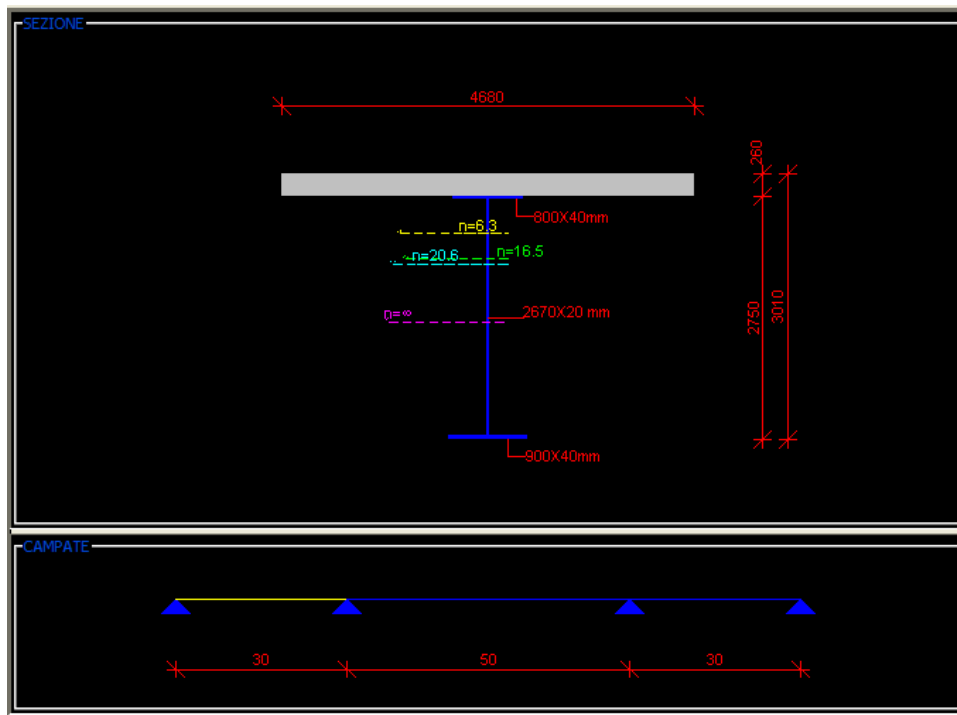


Fig. 1.26

1.2.1.8 Caratteristiche meccaniche delle sezioni

Le sezioni possono essere analizzate attivando il comando *Elabora* dal menu ELABORA.

I parametri statici della sezione corrente sono visualizzati nella tabella *Caratteristiche Sezioni* posta nell'angolo inferiore destro della finestra *Sezioni Analisi*.

CARATTERISTICHE SEZIONI					
	n0 = inf.	n1 = 20.6	n2 = 6.3	n3 = 16.5	n4 = 1.0
A (mm ²)	121.400	209.873,268	343.948,164	224.550,762	1.367.605,307
yg (mm)	1.419,646	766,384	416,963	707,793	7,559
J (mm ⁴)	156.340.391.436,024	279.569.359.110,675	346.060.092.613,066	290.674.602.906,394	428.846.604.677,124
Jw (mm ⁴)	43.386.666,667	708.885.695,766	2.219.462.857,056	874.252.121,179	13.752.666.666,118
AI(-) (mm ²)	121.400	150.805,307	150.805,307	150.805,307	150.805,307
yg(-) (mm)	1.419,646	1.117,483	1.117,483	1.117,483	1.117,483
J(-) (mm ⁴)	156.340.391.436,024	213.185.443.542,807	213.185.443.542,807	213.185.443.542,807	213.185.443.542,807
Jw(-) (mm)	43.386.662,328	708.885.691,428	2.219.462.852,717	874.252.116,84	13.752.666.661,78

Fig. 1.27

Per ogni coefficiente di omogeneizzazione n sono riportati i seguenti parametri (si faccia riferimento anche a Fig. 1.28):

- area della sezione omogeneizzata ad acciaio: $A(mm^2)$;
- coordinata del baricentro della sezione omogeneizzata: $y_g(mm)$;
- momenti d'inerzia della sezione omogeneizzata relativo all'asse baricentrico n - n : $J(mm^4)$;
- momento d'inerzia torsionale della sezione mista: $J_w(mm^4)$.
- area della sezione trascurando il contributo della soletta in calcestruzzo: $A(-)(mm^2)$;
- coordinata del baricentro della sezione calcolato trascurando il contributo della soletta in calcestruzzo: $y_g(-)(mm)$;
- momenti d'inerzia della sezione relativo all'asse baricentrico n - n calcolato trascurando il contributo della soletta: $J(mm^4)$;
- momento d'inerzia torsionale della sezione calcolato trascurando il contributo della soletta in calcestruzzo : $J_w(-)(mm^4)$.

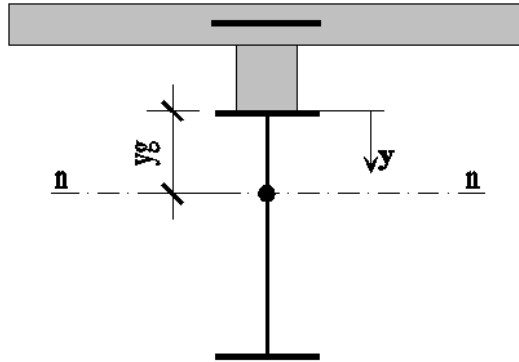


Fig. 1.28

1.2.2 Verifica tensionale delle sezioni

1.2.2.1 Premessa

Le caratteristiche delle sezioni di verifica possono essere definite e modificate attraverso la finestra *Verifica Sezioni*. La finestra può essere attivata attraverso il comando *Apri Verifica Sezioni* dal menu **FINESTRA** (Fig. 1.29).

Le sezioni possono essere definite e/o modificate attraverso le caselle di testo presenti nella finestra stessa ed attraverso i comandi presenti nei menu.

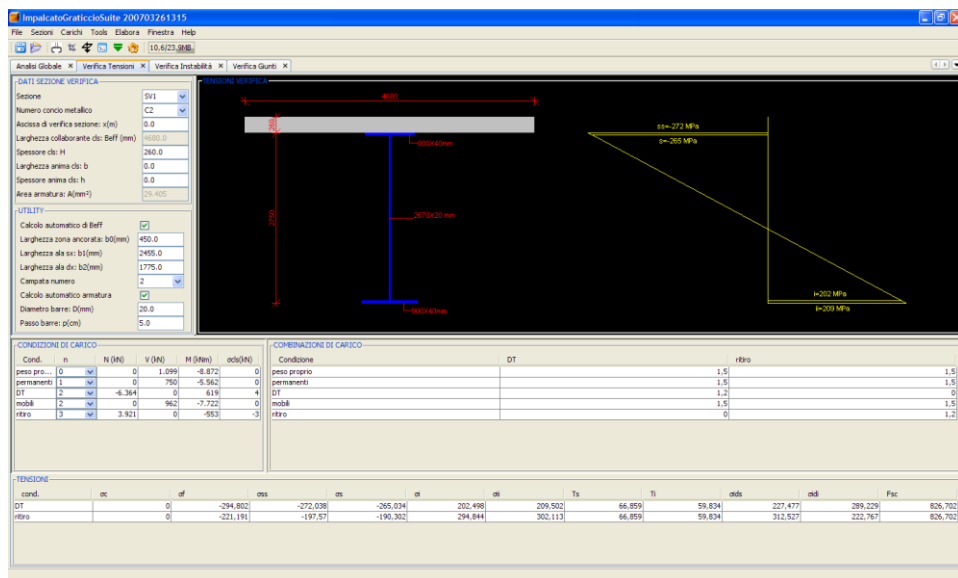


Fig. 1.29

1.2.2.2 Definizione delle sezioni di verifica

Una sezione di verifica può essere aggiunta nella sezione di lavoro attraverso il comando *Aggiungi Sezione Verifica* dal menu **SEZIONI**. Le proprietà geometriche della sezione di verifica possono essere definite, in modo analogo a quanto riportato per le sezioni di analisi, assegnando una soletta, una sezione metallica ed un'area di armatura. Si veda, quindi, il paragrafo 1.2.1 per la descrizione delle operazioni necessarie alla definizione della sezione di verifica. In aggiunta può essere assegnata nell'apposita casella di testa l'ascissa x della sezione di verifica. L'ascissa x ha effetto nei calcoli solo quando attiva la funzione di calcolo automatico della larghezza collaborante (vedi 1.2.2.3). Nel caso contrario tale parametro ha l'unico scopo di identificare la sezione nella relazione di calcolo generata come output dal programma (vedi 1.4).

1.2.2.3 Definizione automatica della larghezza collaborante della soletta

Come già osservato in 1.2.1.6, le principali normative prevedono un limite alla larghezza collaborante della soletta. L'eurocodice 4 e la CNR 10016 prevedono che tale limite, nelle verifiche tensionali delle sezioni, sia dipendente dalla

geometria della travatura e dalla posizione della sezione all'interno della campata.

L'eurocodice 4 parte 2, assume una larghezza efficace per le sezioni interne pari a:

$$B_{eff} = b_{e1} + b_0 + b_{e2}$$

dove:

$$b_{e1} = \min(b_1, L_e/8)$$

$$b_{e2} = \min(b_2, L_e/8)$$

mentre la lunghezza L_e può essere ricavata dalla Fig. 1.31.

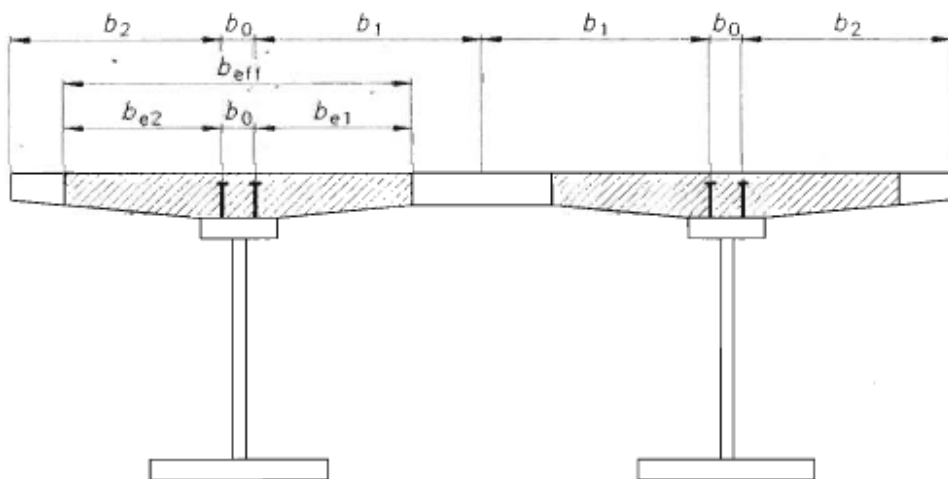


Fig. 1.30

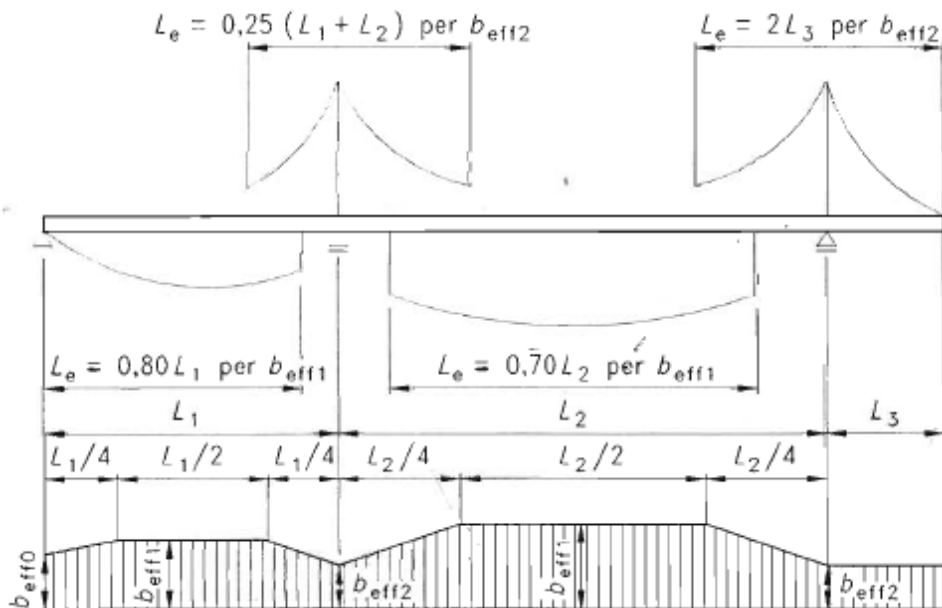


Fig. 1.31

In figura la larghezza efficace agli appoggi di estremità $b_{eff,0}$ è assunta pari a:

$$b_{eff,0} = b_0 + \sum_{i=1,2} \beta_i \cdot b_{ei} \text{ con } \beta_i = (0.55 + 0.025 \cdot L_e / b_i) \leq 1$$

Il calcolo della larghezza efficace secondo EC4 può essere effettuato in automatico attraverso una apposita *utility* del software.

La funzione di calcolo automatico può essere attivata selezionando la casella opzionale *Calcolo automatico di Beff*. Per il calcolo della larghezza collaborante della soletta vale quanto osservato nel paragrafo 1.2.1.6 (la larghezza efficace in questo caso è calcolata in funzione anche dell'ascissa x della sezione, riferita all'estremo sinistro in appoggio della campata selezionata Fig. 1.32).

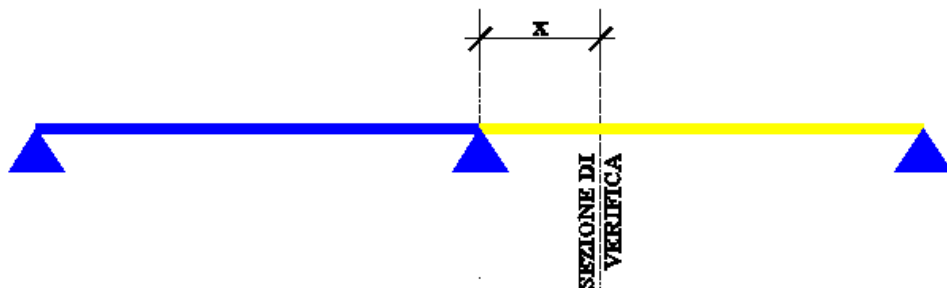


Fig. 1.32

1.2.2.4 Definizione automatica dell'area delle barre di armatura

Il calcolo dell'area delle barre di armatura può essere effettuato in automatico dal codice di calcolo attivando la casella opzionale *Calcolo automatico armatura*. Il calcolo è effettuato in analogia a quanto riportato per la definizione automatica dell'area di armatura per le sezioni di analisi globale (vedi 1.2.1.6).

1.2.2.5 Definizione delle condizioni di carico

Un impalcato di un ponte, o una struttura in generale, può essere sollecitato da un certo numero di condizioni di carico (carichi permanenti, carichi accidentali, etc.). Il software permette di definire un numero qualsiasi di condizioni di carico che sollecitano le sezioni di verifica.

Una condizione di carico può essere aggiunta attraverso il comando *Aggiungi Condizione* dal menu CARICHI.

Una condizione di carico può essere eliminata attraverso il comando *Elimina Condizione* dal menu CARICHI. Non è possibile eliminare una condizione di carico se questa è l'unica definita nella sessione di lavoro.

Ad ogni sezione di verifica e per ogni condizione di carico possono essere assegnate opportune combinazioni di sollecitazioni. I valori di sollecitazione possono essere assegnate nella tabella *Condizioni di carico* (Fig. 1.33), precisamente:

- il nome della condizione di carico;
- il coefficiente di omogeneizzazione acciaio calcestruzzo n , scelto tra i valori n_0, n_1, n_2, n_3 e n_4 definiti in 1.2.1.2;
- la forza assiale N (kN), positiva se di compressione, agente sulla sezione di verifica;
- l'azione tagliante verticale V (kN) agente sulla sezione di verifica;

- il momento flettente M (kNm), positivo se tende le fibre inferiori, agente sulla sezione di verifica;
- la tensione di deformazione impedita nel calcestruzzo σ_{cls} (MPa), positiva se di compressione, relative alle condizioni di carico auto equilibrate tipo ritiro e variazione differenziale di temperatura.
- il momento torcente M_{tor} (kNm), solo per sezioni scatolari chiuse.

CONDIZIONI DI CARICO							
Cond.	n	N (kN)	V (kN)	M (kNm)	σ_{cls} (kN)	Mtor(kNm)	
c1	0	0	0	1.000	1.000	0	0
carico1	1	0	0	1.000	2.000	0	0
carico2	2	0	0	1.000	3.000	0	0
carico3	3	0	0	1.000	35.500	0	0
carico4	4	0	0	1.000	2.323	0	0
carico5	4	0	0	1.000	2.323	0	0

Fig. 1.33

1.2.2.6 Definizione delle combinazioni di carico

Per ogni sezione, i valori di sollecitazione relativi ad ogni condizioni di carico, possono essere combinati definendo un numero qualsiasi di combinazioni.

Una combinazione di carico può essere aggiunta attraverso il comando *Aggiungi Combinazione* dal menu CARICHI.

Una combinazione di carico può essere eliminata attraverso il comando *Elimina Combinazione* dal menu CARICHI. Non è possibile eliminare una combinazione di carico se questa è l'unica definita nella sessione di lavoro.

Le combinazioni di carico definite nella sessione di lavoro sono visualizzate nella tabella *Combinazioni di carico* (Fig. 1.34).

COMBINAZIONI DI CARICO			
Condizione	DT	ritiro	
peso proprio		1,5	1,5
permanenti		1,5	1,5
DT		1,2	0
mobili		1,5	1,5
ritiro		0	1,2

Fig. 1.34

Una combinazione di carico può essere definita assegnando, per ogni condizione di carico, un fattore moltiplicativo. I coefficienti possono essere assegnati direttamente nella tabella *Combinazioni di carico*.

Le combinazioni di carico possono essere rinominate attraverso la finestra *Rinomina combinazioni* (Fig. 1.35), attivabile con il comando *Rinomina Combinazioni* dal menu CARICHI.



Fig. 1.35

1.2.2.7 Finestre grafiche

Nella finestra grafica sono rappresentate le principali caratteristiche geometrica della sezione di verifica.

Se l'analisi è stata effettuata (vedi 1.2.2.8) sono riportati i diagrammi delle tensioni longitudinali agenti nel concio metallico e nella soletta in calcestruzzo, relative alla combinazione corrente. Una combinazione può essere resa corrente selezionandola nella tabella *Tensioni* della finestra *Verifica Sezioni*.

I diagrammi possono essere visualizzati in *modalità estesa* per tutte le fasi (Fig. 1.36) od in *modalità dettaglio* per una unica fase (Fig. 1.37). In quest'ultimo caso è possibile visualizzare anche il dettaglio dei diagrammi totali agenti sulla sezione.

In modalità dettaglio, agendo sulla rotellina del mouse puntato sulla finestra, scorrono i diagrammi delle diverse fasi di carico. Agendo sulla rotellina del

mouse in modalità estesa scorrono le sezioni di verifica definite nella sessione di lavoro.

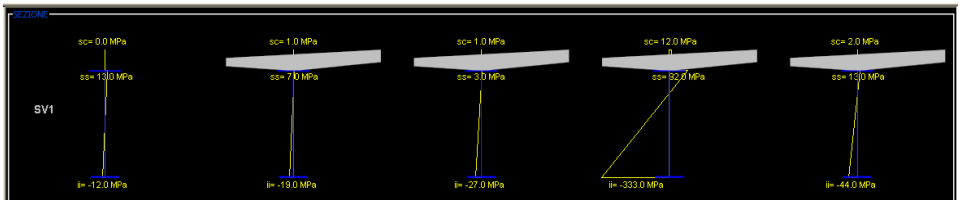


Fig. 1.36

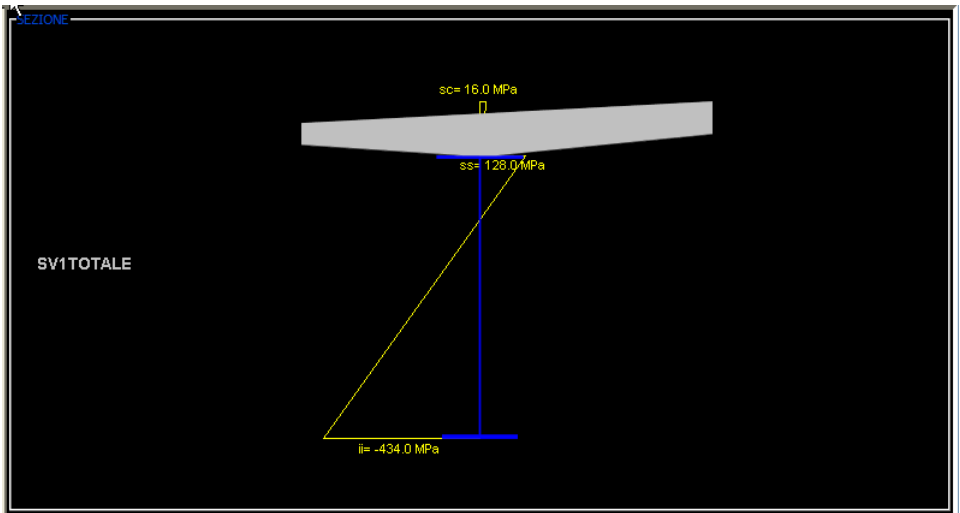


Fig. 1.37

In modalità *dettaglio*, facendo click con il tasto sinistro del mouse puntato sopra la sezione, è possibile aprire la finestra di testo contenente le principali caratteristiche meccaniche e di sollecitazione della sezione nella fase in esame (Fig. 1.38).

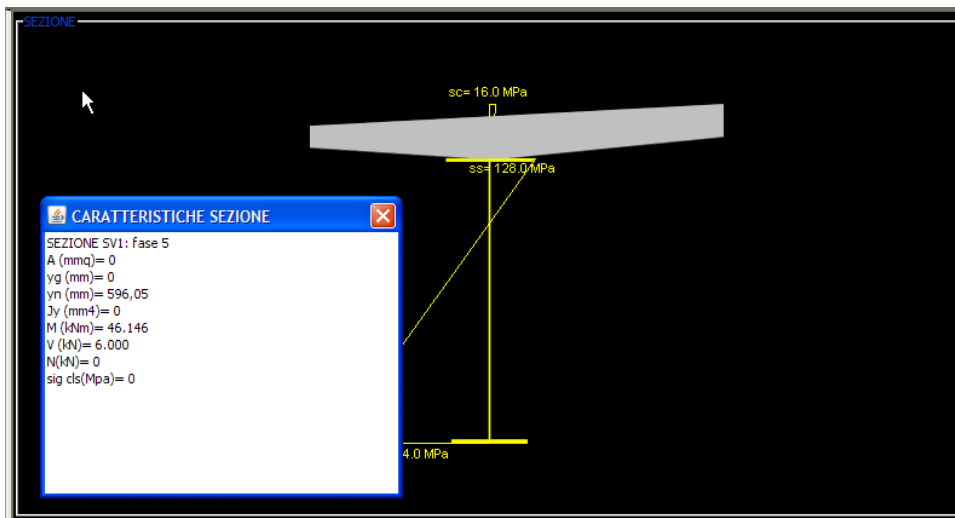


Fig. 1.38

1.2.2.8 Elaborazione e dati di output

L'analisi delle sollecitazioni nelle sezioni di verifica può essere avviata attraverso il comando *Elabora* dal menu **ELABORA**. I principali risultati dell'analisi sono riepilogati nella tabella *Tensioni* (Fig. 1.39).

TENSIONI												
cond.	σ_c	σ_f	σ_{ss}	σ_s	σ_i	σ_{ii}	T _s	T _i	σ_{ids}	σ_{idi}	F _{sc}	
DT	0	-294,802	-272,038	-265,034	202,498	209,502	66,859	59,834	227,477	289,229	826,702	
ritiro	0	-221,191	-197,57	-190,302	294,844	302,113	66,859	59,834	312,527	222,767	826,702	

Fig. 1.39

Per ogni combinazione di carico definita dall'utente, in tabella è riportata:

- la tensione longitudinale sul calcestruzzo in corrispondenza dell'estradosso della soletta: σ_c ;
- la tensione longitudinale sulle barre di armatura: σ_f ;
- la tensione longitudinale sul concio metallico in corrispondenza dell'estradosso dell'ala superiore: σ_{ss} ;
- la tensione longitudinale sul concio metallico in corrispondenza dell'intradosso dell'ala superiore: σ_s ;

- la tensione longitudinale sul concio metallico in corrispondenza dell'estradosso dell'ala inferiore: σ_i ;
- la tensione longitudinale sul concio metallico in corrispondenza dell'intradosso dell'ala inferiore: σ_{ii} ;
- lo sforzo di taglio sul concio metallico in corrispondenza dell'intradosso dell'ala superiore: τ_s ;
- lo sforzo di taglio sul concio metallico in corrispondenza dell'estradosso dell'ala inferiore: τ_i ;
- le tensioni ideali di riferimento in corrispondenza dell'intradosso dell'ala superiore: $\sigma_{id,s}$;
- le tensioni ideali di riferimento in corrispondenza dell'estradosso dell'ala inferiore: $\sigma_{id,i}$;
- la forza di scorrimento in corrispondenza della superficie di interfaccia acciaio calcestruzzo: F_{sc} .

Tutte le tensioni sono espresse in Mpa, la forza di scorrimento è espressa in kN/ml.

1.2.3 Verifica di stabilità locale dei pannelli

1.2.3.1 Premessa

Le verifiche della stabilità dei pannelli compressi in acciaio delle sezioni di verifica sono presentate nella finestra *Verifica Instabilità*. La finestra può essere attivata attraverso il comando *Apri Verifica Instabilità* dal menu **FINESTRA** (Fig. 1.40).

Le caratteristiche della sezione di verifica corrente possono essere assegnate nelle caselle di testo presenti nella finestra *Verifica Instabilità* e attraverso i comandi contenuti nel menu **SEZIONI**.

Una sezione di verifica può essere impostata come sezione corrente selezionandola nella casella combinata *Sezione*.

Quando la sezione di verifica è composta da un *concio generico* gli effetti della instabilità locale non possono essere presi in considerazione.

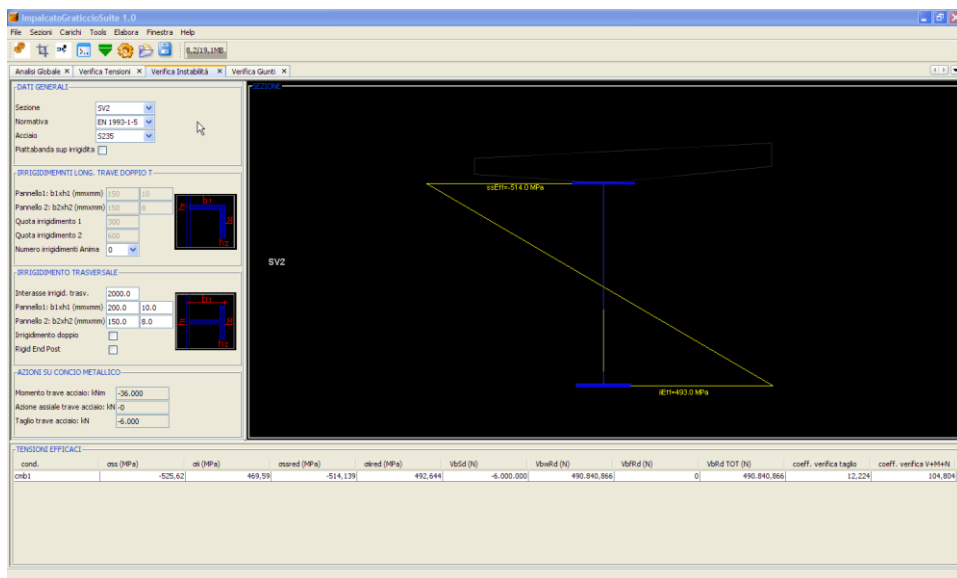


Fig. 1.40

1.2.3.2 Definizione delle caratteristiche dei pannelli

Il codice di calcolo effettua la verifica in fase post critica dei pannelli che compongono la sezione, in accordo con l'eurocodice 3 parte 1-5. I parametri che devono essere assegnati sono:

- il tipo di acciaio delle sezioni;
- il numero degli irrigidimenti longitudinali dei pannelli;
- la posizione degli irrigidimenti longitudinali;
- la sezione tipo degli irrigidimenti longitudinali;
- l'interasse degli irrigidimenti trasversali;
- la sezione tipo degli irrigidimenti trasversali;

Quando si considera la soletta superiore come elemento irrigidente le piattabande superiori è possibile selezionare la casella opzionale *piattabanda sup. irrigidita*. In tal modo il codice di calcolo non considera gli effetti dell'instabilità delle piattabande superiori.

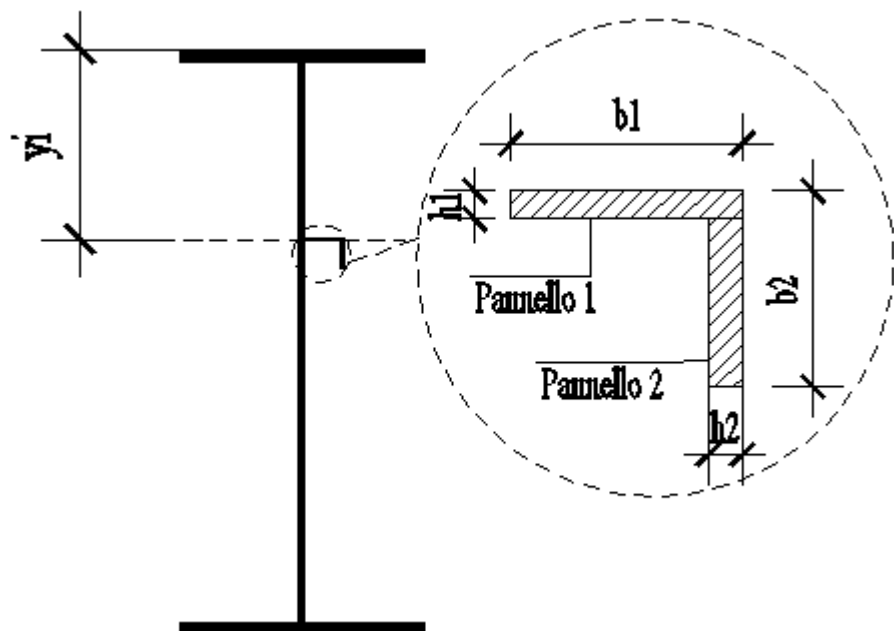


Fig. 1.41

E' possibile definire, come sezione tipo degli irrigidimenti longitudinali, profili ad *L* con ali di dimensione $h1xb1$ e $h2xb2$ (Fig. 1.41). Le dimensioni delle ali dell'irrigidimento longitudinale tipo possono essere assegnate inserendo gli opportuni valori nelle caselle di testo (Fig. 1.42) nella finestra *Verifica Instabilità*.

IRRIDIMENTO LONGITUDINALE

Pannello1: $b1 \times h1$ (mmxmm)	120.0	8.0
Pannello 2: $b2 \times h2$ (mmxmm)	80.0	8.0
Quota irrigidimento 1	1040.0	
Quota irrigidimento 2	1540.0	

Fig. 1.42

Il programma consente di definire un massimo di due irrigidimenti longitudinali per ogni anima verticale ed un massimo di 5 per le piattabande inferiori delle sezioni a cassone (Fig. 1.43, Fig. 1.44, Fig. 1.45).

La coordinata y degli irrigidimenti longitudinali delle anime può essere assegnata attraverso le caselle di testo *Quota irrigidimento 1* e *Quota irrigidimento 2* nella finestra *Verifica Instabilità*. Gli irrigidimenti delle piattabande inferiori sono posizionati automaticamente ad interasse costante.

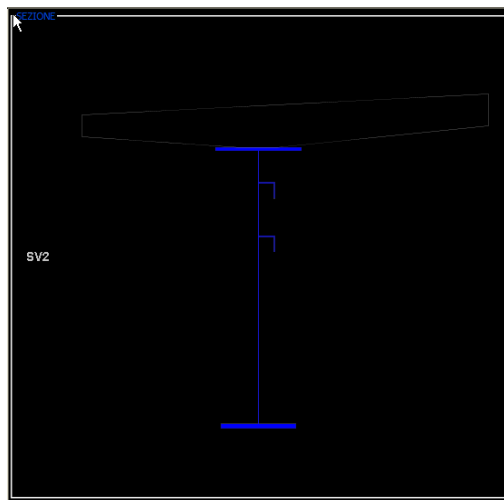


Fig. 1.43

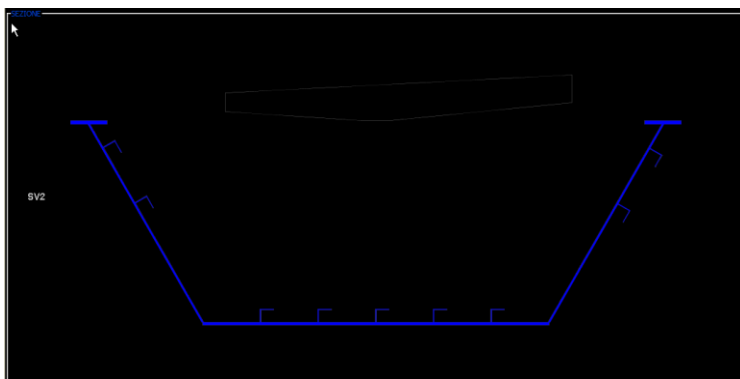


Fig. 1.44

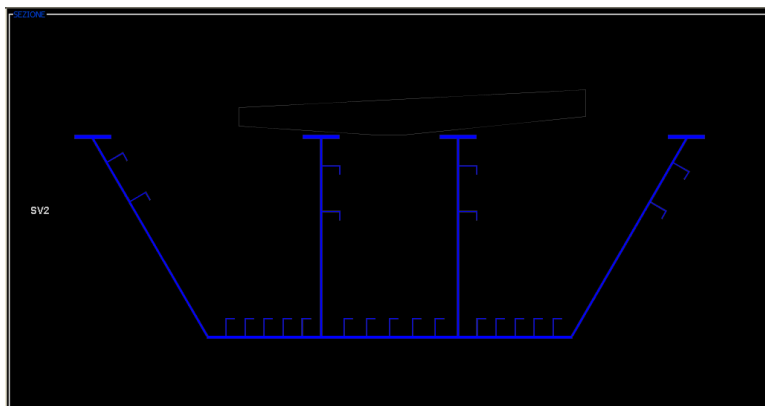


Fig. 1.45

E' possibile definire come sezione tipo degli irrigidimenti trasversali profili a T con ali di dimensioni $h1 \times b1$ e $h2 \times b2$ (Fig. 1.46).

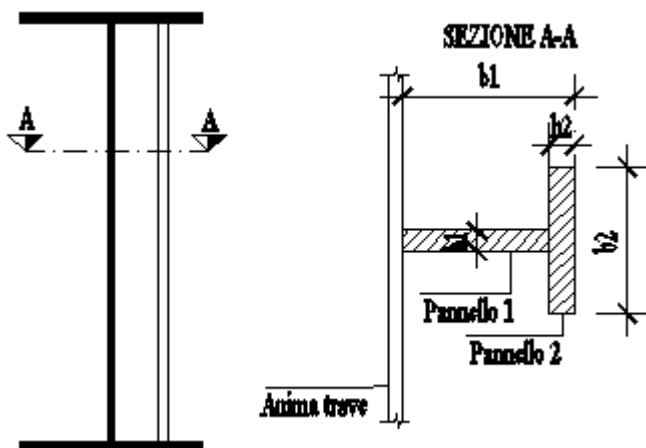


Fig. 1.46

E' possibile prevedere irrigidimenti trasversali su ambo i lati dell'anima del concio metallico (Fig. 1.48) selezionando la casella opzionale *Irrigidimento doppio* nella finestra *Verifica Instabilità*.

IRRIGIDIMENTO TRASVERSALE

Interasse irrigid. trasv.	2000.0	
Pannello 1: $b_1 \times h_1$ (mmxmm)	120.0	8.0
Pannello 2: $b_2 \times h_2$ (mmxmm)	80.0	8.0
Irrigidimento doppio	<input type="checkbox"/>	
Rigid End Post	<input type="checkbox"/>	

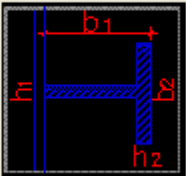


Fig. 1.47

Si osserva che nell'analisi gli irrigidimenti trasversali sono assunti "rigidi" così come definiti in EC3-1.5; la definizione dei parametri meccanici è necessaria solo per la verifica degli irrigidimenti stessi.

Per la definizione degli appoggi come rigidi (*rigidi end post*) o non rigidi (*non rigid end post*) si faccia riferimento alle prescrizioni contenute nel sopraccitato eurocodice.

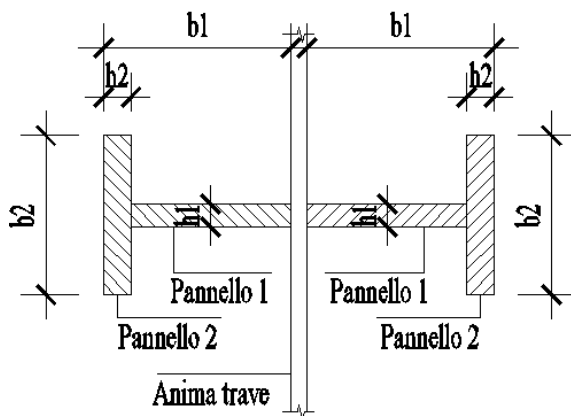


Fig. 1.48

1.2.3.3 Finestra grafica

Nella finestra grafica (Fig. 1.49) sono visualizzate le principali caratteristiche della sezione del concio metallico; inoltre, se è stata effettuata l'elaborazione dei dati, sono visualizzate le tensioni longitudinali efficaci.

Le porzioni delle ali e dell'anima del concio metallico che risultano instabilizzate, quindi non efficaci, sono rappresentate nella finestra con il colore grigio. Per tali zone le tensioni longitudinali sono considerate nulle. Analogamente, gli irrigidimenti che giacciono in zona tesa non sono considerati nell'analisi della sezione e sono, quindi, rappresentati in colore grigio.

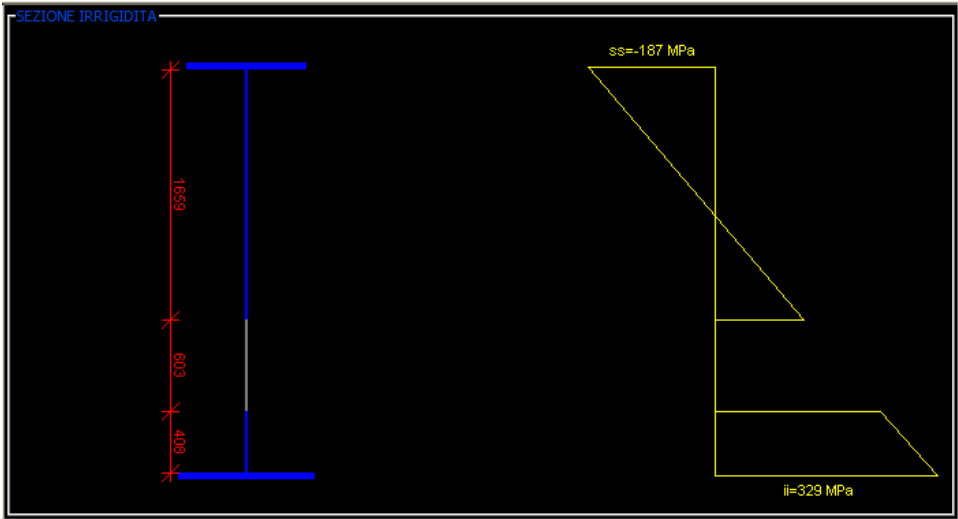


Fig. 1.49

1.2.3.4 Elaborazione e dati di output

L'analisi di stabilità della sezione metallica può essere avviata attivando il comando *Elabora* dal menu ELABORA.

I principali risultati dell'analisi sono riepilogati nella tabella *Tensioni Efficaci* (Fig. 1.50).

TENSIONI EFFICACI										
cond.	σ_{ss} (MPa)	σ_{ti} (MPa)	σ_{ssred} (MPa)	σ_{tirred} (MPa)	$V_b S_d$ (N)	$V_{bw} R_d$ (N)	$V_b R_d$ (N)	V_{bRdTOT} (N)	coeff. verifica taglio	coeff. verifica V+M+N
cmb1	-673,757	601,937	-667,741	592,666	-6.000.000	512.812,656	0	512.812,656	11,7	96,39

Fig. 1.50

Per ogni combinazione di carico definita dall'utente sono riportati in tabella:

- la tensione longitudinale in corrispondenza dell'estradosso della flangia superiore, così come calcolata nella verifica delle tensioni (vedi 1.2.2) : σ_{ss} ;

- la tensione longitudinale in corrispondenza dell'intradosso della flangia inferiore, così come calcolata nella verifica delle tensioni (vedi 1.2.2): σ_{ii} ;
- la tensione longitudinale di riferimento in corrispondenza del baricentro dell'ala superiore della sezione efficace, ridotta per gli effetti dell'instabilità, del concio metallico: $\sigma_{red,ss}$;
- la tensione longitudinale di riferimento in corrispondenza del baricentro dell'ala inferiore della sezione efficace, ridotta per gli effetti dell'instabilità, del concio metallico: $\sigma_{red,ii}$;
- l'azione tagliante di progetto: V_{bSd}^1 ;
- il contributo dell'anima alla resistenza all'instabilità per taglio: V_{bwRd}^1 ;
- il contributo delle ali alla resistenza all'instabilità per taglio: V_{bRd}^1 ;
- la resistenza all'instabilità per taglio della sezione: V_{bRdTOT}^1 ;
- il coefficiente di verifica a taglio (verificato se minore uguale a 1) ¹;
- il coefficiente di sicurezza per le verifiche agli effetti di interazioni azione assiale, momento e taglio (verificato se minore uguale a 1) ¹;

E' possibile riepilogare i dati di calcolo e le relative verifiche nella finestra VERIFICHE, attivabile attraverso il comando *Verifica Sezioni* dal menu VERIFICHE (Fig. 1.51).



SEZIONE	Combinazione	Tipo verifica	Valore di calcolo	Valore limite di progetto	Verificato
SV1	cmb1	oss (MPa)	35,28	235	✓
		oi (MPa)	66,25	235	✓
		oid_max (MPa)	74,94	235	✓
		ossred (MPa)	34,69	235	✓
		oiored (MPa)	-65,48	235	✓
		$\sigma_{cr} \text{ irrigid. trasversali(MPa)}$	96,11	1.410	✗
		Ist rigid. trasversali(mm ⁴)	54.504.310,8	0	✓
		$\sigma \text{ max irrigidimenti trasversali (...}$	0,16	213,64	✓
		W0 freccia irrigidimenti trasvers...	0	8,5	✓
		oss (MPa)	35,28	235	✓
		oi (MPa)	66,25	235	✓
		oid_max (MPa)	74,94	235	✓
SV2	cmb1	ossred (MPa)	34,69	235	✓
		oiored (MPa)	-65,48	235	✓
		$\sigma_{cr} \text{ irrigid. trasversali(MPa)}$	96,11	1.410	✗
		Ist rigid. trasversali(mm ⁴)	54.504.310,8	0	✓
		$\sigma \text{ max irrigidimenti trasversali (...}$	0,16	213,64	✓
		W0 freccia irrigidimenti trasvers...	0	8,5	✓
		oss (MPa)	35,28	235	✓
		oi (MPa)	66,25	235	✓

Ricalcola

Fig. 1.51

¹ Nel caso di cassoni tipo 2 le verifiche a taglio dell'anima si riferiscono all'anima più sollecitata tra quelle centrali e quelle laterali.

1.2.4 Verifica dei giunti bullonati

1.2.4.1 Premessa

Per ogni sezione di verifica definita dall'utente, e composta da sezioni metalliche a doppio T, il codice di calcolo permette la definizione geometrica e la relativa verifica di un giunto bullonato di continuità tra due conci metallici. Il giunto collega l'ala superiore, l'ala inferiore e l'anima della trave metallica. Il codice di calcolo valuta la resistenza a rifollamento delle piastre e dei coprigiunti, la resistenza a taglio dei bulloni, inoltre per i bulloni ad attrito valuta la resistenza allo scorrimento allo stato limite ultimo ed allo stato limite di esercizio. I valori di resistenza sono calcolati secondo eurocodice 3.

Quando la sezione di verifica è composta da un concio metallico generico o da una sezione a cassone il giunto bullonato non può essere definito.

I giunti bullonati possono essere definiti e modificati nella finestra *Verifica Giunti* (Fig. 1.52).

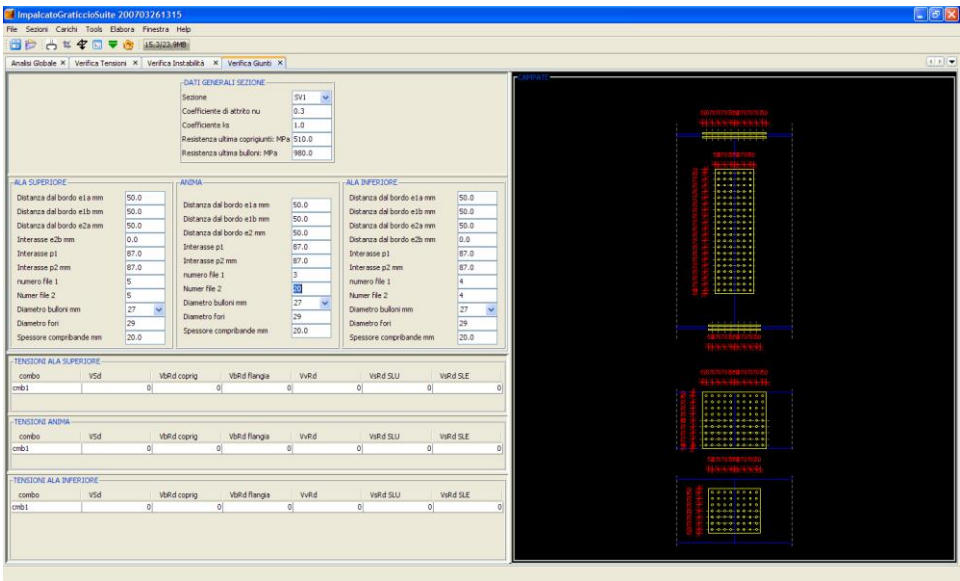


Fig. 1.52

1.2.4.2 Definizione delle caratteristiche del giunto bullonato

Un giunto bullonato può essere assegnato, quando non già definito, alla sezione di verifica corrente attivando il comando *Giunto Bullonato* dal menu SEZIONI. In tal modo si attivano le caselle di testo relative al giunto nella *Verifica Giunto* ed il comando *Giunto Bullonato* nel menu SEZIONI risulta selezionato (Fig. 1.53).

Analogamente, per eliminare il giunto bullonato, precedentemente definito, dalla sezione di verifica corrente premere nuovamente il comando *Giunto Bullonato* dal menu SEZIONI.

La sezione può essere resa corrente selezionandola nella casella combinata *Sezione*.

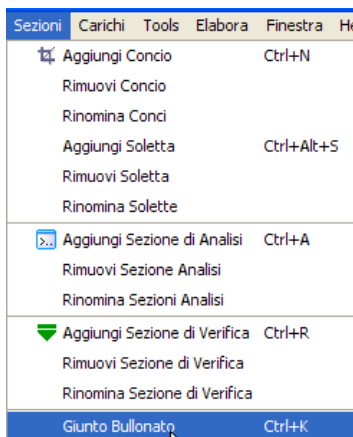


Fig. 1.53

Nelle caselle di testo rappresentate in Fig. 1.54 della finestra *Verifica Giunti* è possibile assegnare le caratteristiche comuni a tutti i giunti definiti nella sezione di lavoro, precisamente:

- il coefficiente di attrito n_u ;
- il coefficiente k_s definito in 6.5.8.1 dell'eurocodice 3;
- la resistenza ultima dell'acciaio dei coprigiunti f_{uc} ;
- la resistenza ultima dei bulloni f_{ub} .

DATI GENERALI SEZIONE	
Sezione	SV1
Coefficiente di attrito nu	0.3
Coefficiente ks	1.0
Resistenza ultima coprigiunti: MPa	510.0
Resistenza ultima bulloni: MPa	980.0

Fig. 1.54

I giunti d'ala sono del tipo rappresentato in Fig. 1.55; i relativi valori possono essere assegnati dalle caselle di testo poste nella finestra Verifica Giunti e rappresentate in Fig. 1.56.

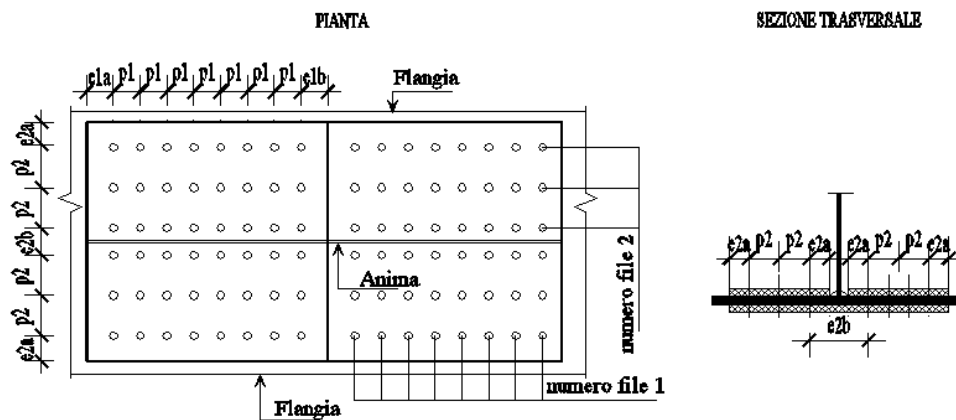


Fig. 1.55

ALA SUPERIORE		ANIMA		ALA INFERIORE	
Distanza dal bordo e1a mm	50.0	Distanza dal bordo e1a mm	50.0	Distanza dal bordo e1a mm	50.0
Distanza dal bordo e1b mm	50.0	Distanza dal bordo e1b mm	50.0	Distanza dal bordo e1b mm	50.0
Distanza dal bordo e2a mm	50.0	Distanza dal bordo e2 mm	50.0	Distanza dal bordo e2a mm	50.0
Interasse e2b mm	0.0	Interasse p1	87.0	Distanza dal bordo e2b mm	0.0
Interasse p1	87.0	Interasse p2 mm	87.0	Interasse p1	87.0
Interasse p2 mm	87.0	numero file 1	3	Interasse p2 mm	87.0
numero file 1	5	Numer file 2	20	numero file 1	4
Numer file 2	5	Diametro bulloni mm	27	Numer file 2	4
Diametro bulloni mm	27	Diametro fori	29	Diametro bulloni mm	27
Diametro fori	29	Spessore compribande mm	20.0	Diametro fori	29
Spessore compribande mm	20.0			Spessore compribande mm	20.0

Fig. 1.56

Si osserva che la distanza dal bordo dei bulloni della contropiastra nelle zone adiacenti all'anima non risulta automaticamente definita dai dati immessi nelle caselle di testo. Tale distanza dipende dalla larghezza dell'anima e dall'ingombro delle eventuali saldature o dal valore del raggio di raccordo per profili laminati. Il codice di calcolo assume comunque tale distanza pari, almeno, a e2a definita dall'utente; l'utente stesso dovrà verificare la possibilità di disporre contropiastrre per le quali tale distanza è rispettata, aumentando eventualmente il valore di e2b. I giunti d'anima sono del tipo rappresentato in Fig. 1.57; le relative caratteristiche geometriche possono essere assegnate nelle apposite caselle di testo della finestra Verifica Giunti (Fig. 1.55).

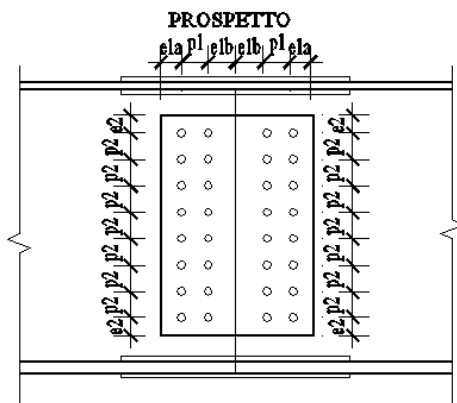


Fig. 1.57

1.2.4.3 Finestra grafica

Le caratteristiche geometriche dei giunti bullonati descritti nel paragrafo precedente sono rappresentati nella finestra grafica posta nel lato destro della finestra *Verifica Giunti* Fig. 1.58 In particolare sono disposti dall'alto verso il basso: il prospetto del giunto d'anima, la pianta superiore del giunto della flangia superiore e la pianta inferiore del giunto della flangia inferiore.

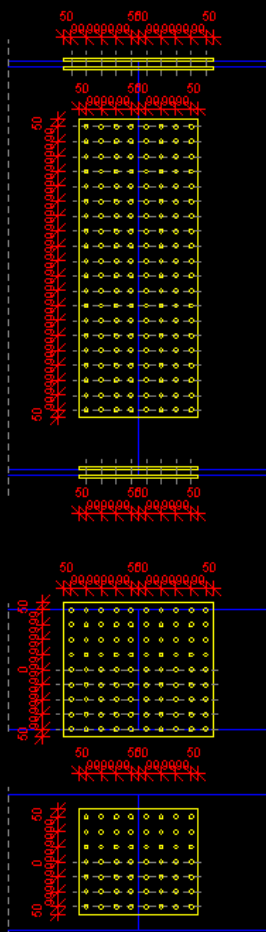


Fig. 1.58

1.2.4.4 Elaborazione e dati di output

La resistenza dei bulloni è calcolata in accordo con le prescrizioni contenute nell'eurocodice 3; tali prescrizioni sono richiamate in 1.5. I principali valori di calcolo sono riportati in apposite tabelle poste nella finestra principale (Fig.

1.59), in particolare è riportato per ogni combinazione e per ogni elemento di giunzione:

- V_{sd} (kN) l'azione tagliante massima agente;
- V_{bRd} coprig.(kN) la resistenza a rifollamento delle piastre compriunto;
- V_{bRd} flangia.(kN) la resistenza a rifollamento delle piattabande della trave;
- V_{vRd} (kN) il taglio resistente di progetto dei bulloni;
- V_{sRd} SLU(kN) la resistenza di progetto allo scorrimento allo stato limite ultimo;
- V_{sRd} SLE(kN) la resistenza di progetto allo scorrimento allo stato limite di esercizio;

TENSIONI ALA SUPERIORE						
combo	V_{sd}	V_{bRd} coprig	V_{bRd} flangia	V_{vRd}	V_{sRd} SLU	V_{sRd} SLE
cmb1	16,653	633,103	335,172	269,33	151,14	171,749

TENSIONI ANIMA						
combo	V_{sd}	V_{bRd} coprig	V_{bRd} flangia	V_{vRd}	V_{sRd} SLU	V_{sRd} SLE
cmb1	910,979	633,103	156,414	269,33	151,14	171,749

TENSIONI ALA INFERIORE						
combo	V_{sd}	V_{bRd} coprig	V_{bRd} flangia	V_{vRd}	V_{sRd} SLU	V_{sRd} SLE
cmb1	57,293	633,103	446,897	269,33	151,14	171,749

Fig. 1.59

1.3 I menù

1.3.1 Menù file

Nel menu File sono presenti i COMANDI che consentono la creazione ed il salvataggio dei documenti:

NUOVO

Crea un nuovo progetto

SALVA

Salva il progetto corrente

SALVA COME

Salva il progetto con un nome definito dall'utente

EXIT

Chiude la sessione di lavoro.

1.3.2 Menu Finestra

Attraverso i comandi contenuti nel menu FINESTRA è possibile aprire e chiudere le finestre che consentono di effettuare le analisi che costituiscono lo scopo del programma.

APRI ANALISI GLOBALE

Apri la finestra ANALISI GLOBALE;

APRI VERIFICA SEZIONI

Apri la finestra VERIFICA SEZIONI;

APRI VERIFICA INSTABILITÀ

Apri la finestra VERIFICA INSTABILITÀ;

APRI VERIFICA GIUNTI

Apri la finestra VERIFICA GIUNTI;

CHIUDI TUTTO

Chiude tutte le finestre sopra menzionate;

TOOLBARS

Nel menu sono, inoltre, presenti comandi utili per l'impostazione grafica del software.

1.3.3 Menu Sezione

Nel menu SEZIONE sono riportati i comandi necessari per la definizione e rimozione di sezioni per l'analisi globale, sezioni di verifica e conci metallici. Inoltre è possibile accedere alle finestre di dialogo necessarie per rinominare le sezioni e i conci precedentemente definiti dall'utente.

AGGIUNGI CONCIO METALLICO

Aggiunge un nuovo concio;

RIMUOVI CONCIO METALLICO

Rimuove un concio precedentemente definito;

RINOMINA CONCI METALLICO

Permette di accedere alla finestra di dialogo *Rinomina conci*;

AGGIUNGI SOLETTA

Aggiunge una nuova soletta;

RIMUOVI SOLETTA

Rimuove una soletta precedentemente definita;

RINOMINA SOLETTA

Permette di accedere alla finestra di dialogo *Rinomina solette*;

AGGIUNGI SEZIONE ANALISI

Aggiunge un sezione per l'analisi globale;

RIMUOVI SEZIONE ANALISI

Rimuove una sezione di analisi globale precedentemente definita;

RINOMINA SEZIONI ANALISI

Permette di accedere alla finestra di dialogo *Rinomina sezioni analisi*;

AGGIUNGI SEZIONE VERIFICA

aggiunge un sezione di verifica;

RIMUOVI SEZIONE VERIFICA

Rimuove una sezione di verifica precedentemente definita;

RINOMINA SEZIONI DI VERIFICA

Permette di accedere alla finestra di dialogo *Rinomina Sezioni Verifica*;

GIUNTO BULLONATO

Se selezionato attiva la finestra di verifica dei giunti bullonati per la sezione di verifica corrente;

1.3.4 Menu Carichi

Il menu CARICHI contiene i comandi necessari per la definizione delle sollecitazioni agenti sulle sezioni di verifica e le relative combinazioni di carico.

AGGIUNGI CONDIZIONE

Aggiunge una condizione di carico agente nelle sezioni di verifica;

RIMUOVI CONDIZIONE

Rimuove una condizione di carico precedentemente definita;

AGGIUNGI COMBINAZIONE

Aggiunge una combinazione di carico;

RIMUOVI COMBINAZIONE

Rimuove una combinazione di carico precedentemente definita;

RINOMINA COMBINAZIONI

Permette di accedere alla finestra di dialogo *Rinomina combinazioni di carico*;

1.3.5 Menu Strumenti

Il menu strumenti contiene i comandi per la definizione delle caratteristiche geometriche della travata necessarie per l'attivazione delle utilità per il calcolo automatico delle larghezze collaboranti della soletta per le sezioni di verifica e le sezioni di analisi globale.

AGGIUNGI CAMPATA

Aggiunge una campata alla travata;

RIMUOVI CAMPATA

Elimina una campata alla travata;

MODIFICA LUCI

Permette di accedere alla finestra di dialogo MODIFICA LUCI CAMPATE;

1.3.6 Menu Elaborata

Il menu ELABORA contiene i comandi necessari per effettuare l'analisi delle sezioni e per rappresentare i relativi tabulati di calcolo.

ELABORA

Avvia l'analisi;

RESET ANALISI

Cancella i dati elaborati nell'analisi;

VERIFICHE

Apri la finestra *Verifiche*;

RELAZIONE DI CALCOLO

Produce la relazione di calcolo;

1.3.7 Menu Help

HELP

Permette di accedere al file guida in formato html;

ABOUT

Permette di accedere alla finestra informativa sul software e sulla società produttrice;

1.4 Stampe

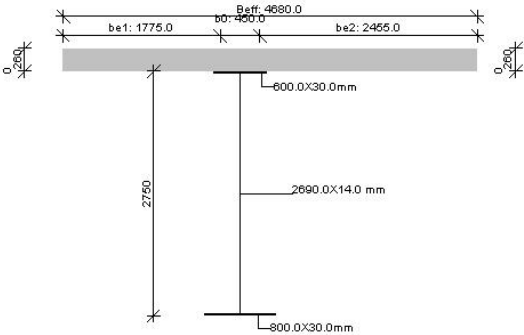
La stampa dei risultati, effettuata attraverso il comando *Relazione di calcolo* dal menu ELABORA, produce il file di testo in formato .rtf contenente i principali risultati dell'analisi effettuata dal software.

La relazione relativa all'esempio di calcolo presentato in 1.6 è di seguito riportata:

ESEMPIO 1

PARTE 1: CARATTERISTICHE INERZIALI ANALISI GLOBALE

SEZIONE: SAI



Caratteristiche concio metallico:

Larghezza piattabanda superiore: b_s (mm)	600.0
Spessore piattabanda superiore: t_s (mm)	30.0
Altezza anima: h_w (mm)	2690.0
Spessore anima: t_w (mm)	14.0
Larghezza piattabanda inferiore: b_i (mm)	800.0
Spessore piattabanda inferiore: t_i (mm)	30.0

Caratteristiche soletta in calcestruzzo:

Larghezza totale: B (mm)	4680.0
Larghezza tratto orizzontale inferiore: b (mm)	450.0
Larghezza ala sinistra: b_{s1} (mm)	1775.0
Quota bordo inferiore sinistro: h_{s1} (mm)	0.0
Spessore soletta bordo sinistro: h_{s2} (mm)	260.0
Larghezza ala destra: b_{d1} (mm)	2455.0
Quota bordo inferiore destro: h_{d1} (mm)	0.0
Spessore soletta bordo destro: h_{d2} (mm)	260.0

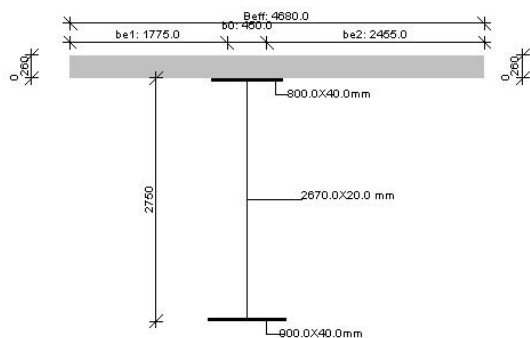
Armatura soletta

Passo armature (mm)	10
Diametro barre (mm ϕ)	16
A_s (mm ²)	9 409,7

Parametri statici per l'analisi delle sollecitazioni:

	n = infinito	n = 20.6	n = 6.3	n = 16.5	n = 1.0
A (mmq)	79.660	148.138	282.213	162.815	1.305.870
Jy (mm4)	99.559.771.375	195.038.570.155	248.377.818.447	205.099.155.128	299.687.870.173
yg (mm)	1.477	734	324	656	-32
A(-) (mmq)	79.660	89.070	89.070	89.070	89.070
Jy(-) (mmq)	99.559.771.375	121.304.452.856	121.304.452.856	121.304.452.856	121.304.452.856
yg(-) (mmq)	1.477	1.308	1.308	1.308	1.308
Jw(-) (mmq)	15.060.453	15.060.453	15.060.453	15.060.453	15.060.453

SEZIONE: SA2



Caratteristiche conio metallico:

Larghezza piattabanda superiore: bs(mm)	800.0
Spessore piattabanda superiore: ts(mm)	40.0
Altezza anima: hw(mm)	2670.0
Spessore anima: tw(mm)	20.0
Larghezza piattabanda inferiore: bi(mm)	900.0
Spessore piattabanda inferiore: ti(mm)	40.0

Caratteristiche soletta in calcestruzzo:

Larghezza totale: B(mm)	4680.0
Larghezza tratto orizzontale inferiore: b(mm)	450.0
Larghezza ala sinistra: bs(mm)	1775.0
Quota bordo inferiore sinistro: hsl(mm)	0.0
Spessore soletta bordo sinistro: hs2(mm)	260.0
Larghezza ala destra: bd(mm)	2455.0
Quota bordo inferiore destro: hdl(mm)	0.0
Spessore soletta bordo destro: hd2(mm)	260.0

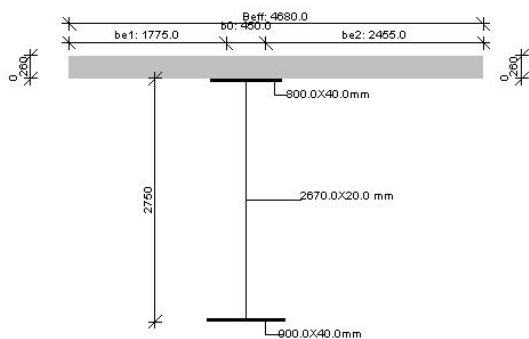
Armatura soletta

Passo armature(mm)	5
Diametro barre(mm q)	20
As(mm q)	29.405

Parametri statici per l'analisi delle sollecitazioni:

	n = infinito	n = 20.6	n = 6.3	n = 16.5	n = 1.0
A (mm q)	121.400	209.873	343.948	224.551	1.367.605
Jy (mm ⁴)	156.340.391.436	279.569.358.778	346.060.091.525	290.674.602.491	428.846.597.822
yg (mm)	1.420	766	417	708	8
A(-) (mm q)	121.400	150.805	150.805	150.805	150.805
Jy(-) (mm q)	156.340.391.436	213.185.443.543	213.185.443.543	213.185.443.543	213.185.443.543
yg(-) (mm q)	1.420	1.117	1.117	1.117	1.117
Jw(-) (mm q)	43.386.667	43.386.667	43.386.667	43.386.667	43.386.667

SEZIONE: SA3



Caratteristiche conio metallico:

Larghezza piattabanda superiore: bs (mm)	800.0
Spessore piattabanda superiore: ts (mm)	40.0
Altezza anima: hw (mm)	2670.0
Spessore anima: tw (mm)	20.0
Larghezza piattabanda inferiore: bi (mm)	900.0
Spessore piattabanda inferiore: ti (mm)	40.0

Caratteristiche soletta in calcestruzzo:

Larghezza totale: B (mm)	4680.0
Larghezza tratto orizzontale inferiore: b (mm)	450.0
Larghezza ala sinistra: bs (mm)	1775.0

Quota bordo inferiore sinistro: hs1(mm)	0.0
Spessore soletta bordo sinistro: hs2(mm)	260.0
Larghezza ala destra: bd(mm)	2455.0
Quota bordo inferiore destro: hdi(mm)	0.0
Spessore soletta bordo destro: hd2(mm)	260.0

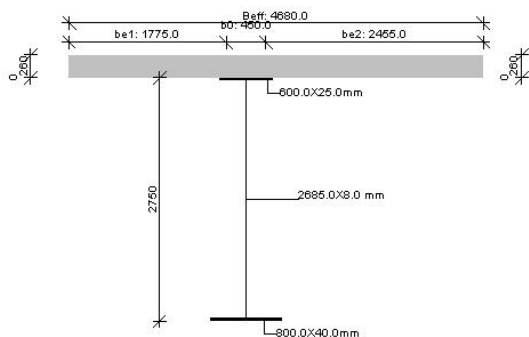
Armatura soletta

Passo armature(mm)	5
Diametro barre(mm q)	20
As(mm q)	29.405

Parametri statici per l'analisi delle sollecitazioni:

	n = infinito	n = 20.6	n = 6.3	n = 16.5	n = 1.0
A (mm q)	121.400	209.873	343.948	224.551	1.367.605
Jy (mm ⁴)	156.340.391.436	279.569.358.778	346.060.091.525	290.674.602.491	428.846.597.822
yg (mm)	1.420	766	417	708	8
A(-) (mm q)	121.400	150.805	150.805	150.805	150.805
Jy(-) (mm q)	156.340.391.436	213.185.443.543	213.185.443.543	213.185.443.543	213.185.443.543
yg(-) (mm q)	1.420	1.117	1.117	1.117	1.117
Jw(-) (mm q)	43.386.667	43.386.667	43.386.667	43.386.667	43.386.667

SEZIONE: SA4



Caratteristiche concio metallico:

Larghezza piattabanda superiore: bs(mm)	600.0
Spessore piattabanda superiore: ts(mm)	25.0
Altezza anima: hw(mm)	2685.0
Spessore anima: tw(mm)	8.0
Larghezza piattabanda inferiore: bi(mm)	800.0

Spessore piattabanda inferiore: ti (mm)	40.0
---	------

Caratteristiche soletta in calcestruzzo:

Larghezza totale: B(mm)	4680.0
Larghezza tratto orizzontale inferiore: b(mm)	450.0
Larghezza ala sinistra: bs(mm)	1775.0
Quota bordo inferiore sinistro: hs1(mm)	0.0
Spessore soletta bordo sinistro: hs2(mm)	260.0
Larghezza ala destra: bd(mm)	2455.0
Quota bordo inferiore destro: hd1(mm)	0.0
Spessore soletta bordo destro: hd2(mm)	260.0

Armatura soletta

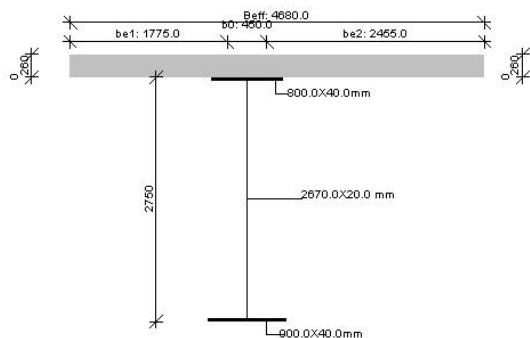
Passo armature(mm)	10
Diametro barre(mm ^q)	16
As(mm ^q)	9.410

Parametri statici per l'analisi delle sollecitazioni:

	n = infinito	n = 20.6	n = 6.3	n = 16.5	n = 1.0
A (mm ^q)	68.480	136.958	271.033	151.635	1.294.690
Jy (mm ⁴)	91.944.222.685	207.868.079.446	265.806.148.892	219.139.762.438	317.756.895.901
yg (mm)	1.707	789	334	700	-33
A(-) (mm ^q)	68.480	77.890	77.890	77.890	77.890
Jy(-) (mm ^q)	91.944.222.685	119.873.359.962	119.873.359.962	119.873.359.962	119.873.359.962
yg(-) (mm ^q)	1.707	1.485	1.485	1.485	1.485
Jw(-) (mm ^q)	20.649.907	20.649.907	20.649.907	20.649.907	20.649.907

PARTE 2: VERIFICICA TENSIONALE

SEZIONE: SV1



Caratteristiche conio metallico:

Larghezza piattabanda superiore: bs(mm)	800.0
Spessore piattabanda superiore: ts(mm)	40.0
Altezza anima: hw (mm)	2670.0
Spessore anima: tw (mm)	20.0
Larghezza piattabanda inferiore: bi (mm)	900.0
Spessore piattabanda inferiore: ti (mm)	40.0

Caratteristiche soletta in calcestruzzo:

Larghezza totale: B(mm)	4680.0
Larghezza tratto orizzontale inferiore: b'(mm)	450.0
Larghezza ala sinistra: bs(mm)	1775.0
Quota bordo inferiore sinistro: hs1(mm)	0.0
Spessore soletta bordo sinistro: hs2(mm)	260.0
Larghezza ala destra: bd(mm)	2455.0
Quota bordo inferiore destro: hd1(mm)	0.0
Spessore soletta bordo destro: hd2(mm)	260.0

Armatura soletta

Passo armature(mm)	5
Diametro barre(mm ϕ)	20
As(mm ϕ)	29.405

Sollecitazioni

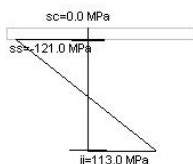
Condizione	Fase	N assiale (kN)	M flettente (kNm)	V azione tagliante (kN)	Tensione ritiro impedito (Mpa)	M torcente (kNm)
peso proprio	fase 0	0	-8.872	1.099	0	0
permanenti	fase 1	0	-5.562	750	0	0
DT	fase 2	-6.364	619	0	4	0

mobili	fase 2	0	-7.722	962	0	0
ritiro	fase 3	3.921	-553	0	-3	0

Combinazioni di carico

Condizione di carico	DT	Ritiro
peso proprio	1.5	1.5
permanenti	1.5	1.5
DT	1.2	0.0
mobili	1.5	1.5
ritiro	0.0	1.2

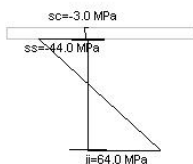
COMBINAZIONE DT - fase 0



Dettaglio sollecitazioni

N assiale(kNm)	0
M flettente(kNm)	-13.308
V taglio(kN)	1.648
Tensione ritiro impedito soletta(MPa)	0
sc (MPa): tensione estradosso soletta	-0
sc inf (MPa): tensione intradosso soletta	-0
sf (MPa): tensione armature	-132
ss (MPa): tensione estradosso sezione metallica	-121
s (MPa): tensione estradosso anima metallica	-117
i (MPa): tensione intradosso anima metallica	110
ii (MPa): tensione intradosso sezione metallica	113
ts (MPa): taglio estradosso anima metallica	24
ti (MPa): taglio estradosso anima metallica	25
si d (MPa): tensioni ideali estradosso anima	124
si d (MPa): tensioni ideali intradosso anima	118
V pioli(kN/ml): azione tagliante sistema di collegamento acciaio-soletta	0

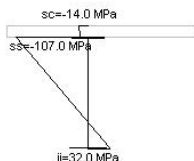
COMBINAZIONE DT - fase 1



Dettaglio sollecitazioni

N assiale(kNm)	0
M flettente(kN)	-8.343
V taglio(kN)	1.125
Tensione ritiro impedito soletta(MPa)	0
sc (MPa): tensione estradosso soletta	-3
sc inf (MPa): tensione intradosso soletta	-2
sf (MPa): tensione armature	-49
ss (MPa): tensione estradosso sezione metallica	-44
s (MPa): tensione estradosso anima metallica	-42
i (MPa): tensione intradosso anima metallica	62
ii (MPa): tensione intradosso sezione metallica	64
ts (MPa): taglio estradosso anima metallica	19
ti (MPa): taglio estradosso anima metallica	15
sidl (MPa): tensioni ideali estradosso anima	53
siid (MPa): tensioni ideali intradosso anima	68
V pioli(kN/ml): azione tagliante sistema di collegamento acciaio-soletta	0

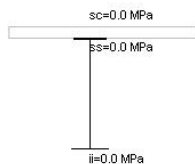
COMBINAZIONE DT - fase 2



Dettaglio sollecitazioni

N assiale(kNm)	-7.637
M flettente(kN)	-10.840
V taglio(kN)	1.443
Tensione ritiro impedito soletta(MPa)	5
sc (MPa): tensione estradosso soletta	-14
sc inf (MPa): tensione intradosso soletta	-12
sf (MPa): tensione armature	-114
ss (MPa): tensione estradosso sezione metallica	-107
s (MPa): tensione estradosso anima metallica	-105
i (MPa): tensione intradosso anima metallica	30
ii (MPa): tensione intradosso sezione metallica	32
ts (MPa): taglio estradosso anima metallica	24
ti (MPa): taglio estradosso anima metallica	20
sidl (MPa): tensioni ideali estradosso anima	114
siid (MPa): tensioni ideali intradosso anima	46
V pioli(kN/ml): azione tagliante sistema di collegamento acciaio-soletta	1

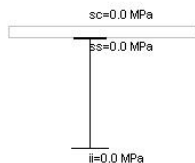
COMBINAZIONE DT - fase 3



Dettaglio sollecitazioni

N assiale(kNm)	0
M flettente(kN)	0
V taglio(kN)	0
Tensione ritiro impedito soletta(MPa)	0
sc (MPa): tensione estradosso soletta	0
sc inf (MPa): tensione intradosso soletta	0
sf (MPa): tensione armature	0
ss (MPa): tensione estradosso sezione metallica	0
s (MPa): tensione estradosso anima metallica	0
i (MPa): tensione intradosso anima metallica	0
ii (MPa): tensione intradosso sezione metallica	0
ts (MPa): taglio estradosso anima metallica	0
ti (MPa): taglio estradosso anima metallica	0
si di (MPa): tensioni ideali estradosso anima	0
si di (MPa): tensioni ideali intradosso anima	0
V pioli(kN/ml): azione tagliante sistema di collegamento acciaio-soletta	0

COMBINAZIONE DT - fase 4

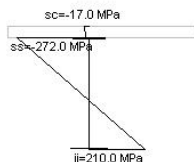


Dettaglio sollecitazioni

N assiale(kNm)	0
M flettente(kN)	0
V taglio(kN)	0
Tensione ritiro impedito soletta(MPa)	0
sc (MPa): tensione estradosso soletta	0
sc inf (MPa): tensione intradosso soletta	0
sf (MPa): tensione armature	0
ss (MPa): tensione estradosso sezione metallica	0
s (MPa): tensione estradosso anima metallica	0
i (MPa): tensione intradosso anima metallica	0
ii (MPa): tensione intradosso sezione metallica	0

ts(MPa: taglio estradosso anima metallica)	0
ti(MPa: taglio estradosso anima metallica)	0
si di (MPa a): tensioni ideali estradosso anima	0
si di (MPa a): tensioni ideali intradosso anima	0
V pioli(kN/ml): azione tagliante sistema di collegamento acciaio-soletta	0

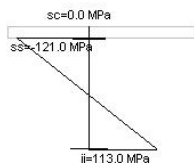
COMBINAZIONE DT TOTALE



Dettaglio sollecitazioni

N assiale(kNm)	-7.637
M flettente(kN)	-32.491
V taglio(kN)	4.216
Tensione ritiro impedito soletta(MPa)	5
sc (MPa): tensione estradosso soletta	-17
sc inf (MPa): tensione intradosso soletta	-14
sf (MPa): tensione armature	-295
ss (MPa): tensione estradosso sezione metallica	-272
s (MPa): tensione estradosso anima metallica	-265
i (MPa): tensione intradosso anima metallica	202
ii (MPa): tensione intradosso sezione metallica	210
ts(MPa: taglio estradosso anima metallica)	67
ti(MPa: taglio estradosso anima metallica)	60
si di (MPa a): tensioni ideali estradosso anima	289
si di (MPa a): tensioni ideali intradosso anima	227
V pioli(kN/ml): azione tagliante sistema di collegamento acciaio-soletta	1

COMBINAZIONE Ritiro - fase 0

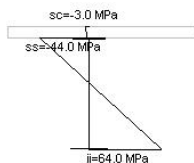


Dettaglio sollecitazioni

N assiale(kNm)	0
M flettente(kN)	-13.308
V taglio(kN)	1.648
Tensione ritiro impedito soletta(MPa)	0

sc (MPa): tensione estradosso soletta	-0
sc inf (MPa): tensione intradosso soletta	-0
sf (MPa): tensione armature	-132
ss (MPa): tensione estradosso sezione metallica	-121
s (MPa): tensione estradosso anima metallica	-117
i (MPa): tensione intradosso anima metallica	110
ii (MPa): tensione intradosso sezione metallica	113
ts (MPa): taglio estradosso anima metallica	24
ti (MPa): taglio estradosso anima metallica	25
si di (MPa): tensioni ideali estradosso anima	124
si di2 (MPa): tensioni ideali intradosso anima	118
V pioli (kN/ml): azione tagliante sistema di collegamento acciaio-soletta	0

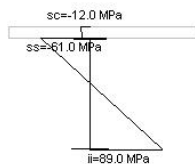
COMBINAZIONE Ritiro - fase 1



Dettaglio sollecitazioni

N assiale(kNm)	0
M flettente(kNm)	-8.343
V taglio(kN)	1.125
Tensione ritiro impedito soletta(MPa)	0
sc (MPa): tensione estradosso soletta	-3
sc inf (MPa): tensione intradosso soletta	-2
sf (MPa): tensione armature	-49
ss (MPa): tensione estradosso sezione metallica	-44
s (MPa): tensione estradosso anima metallica	-42
i (MPa): tensione intradosso anima metallica	62
ii (MPa): tensione intradosso sezione metallica	64
ts (MPa): taglio estradosso anima metallica	19
ti (MPa): taglio estradosso anima metallica	15
si di (MPa): tensioni ideali estradosso anima	53
si di2 (MPa): tensioni ideali intradosso anima	68
V pioli (kN/ml): azione tagliante sistema di collegamento acciaio-soletta	0

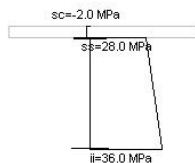
COMBINAZIONE Ritiro - fase 2



Dettaglio sollecitazioni

N assiale(kNm)	0
M flettente(kN)	-11.583
V taglio(kN)	1.443
Tensione ritiro impedito soletta(MPa)	0
sc (MPa): tensione estradosso soletta	-12
sc inf (MPa): tensione intradosso soletta	-10
sf (MPa): tensione armature	-68
ss (MPa): tensione estradosso sezione metallica	-61
s (MPa): tensione estradosso anima metallica	-59
i (MPa): tensione intradosso anima metallica	87
ii (MPa): tensione intradosso sezione metallica	89
ts (MPa): taglio estradosso anima metallica	24
ti (MPa): taglio estradosso anima metallica	20
sidl (MPa): tensioni ideali estradosso anima	72
sidr (MPa): tensioni ideali intradosso anima	93
V pioli(kN/ml): azione tagliante sistema di collegamento acciaio-soletta	1

COMBINAZIONE Ritiro - fase 3

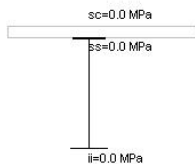


Dettaglio sollecitazioni

N assiale(kNm)	4.705
M flettente(kN)	-664
V taglio(kN)	0
Tensione ritiro impedito soletta(MPa)	-4
sc (MPa): tensione estradosso soletta	-2
sc inf (MPa): tensione intradosso soletta	-2
sf (MPa): tensione armature	27
ss (MPa): tensione estradosso sezione metallica	28
s (MPa): tensione estradosso anima metallica	28
i (MPa): tensione intradosso anima metallica	36
ii (MPa): tensione intradosso sezione metallica	36

ts(MPa: taglio estradosso anima metallica)	0
ti(MPa: taglio estradosso anima metallica)	0
si di (MPa): tensioni ideali estradosso anima	28
si di (MPa): tensioni ideali intradosso anima	36
V pioli(kN/ml): azione tagliante sistema di collegamento acciaio-soletta	0

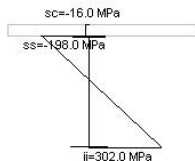
COMBINAZIONE Ritiro - fase 4



Dettaglio sollecitazioni

N assiale(kNm)	0
M flettente(kN)	0
V taglio(kN)	0
Tensione ritiro impedito soletta(MPa)	0
sc (MPa): tensione estradosso soletta	0
sc inf (MPa): tensione intradosso soletta	0
sf (MPa): tensione armature	0
ss (MPa): tensione estradosso sezione metallica	0
s (MPa): tensione estradosso anima metallica	0
i (MPa): tensione intradosso anima metallica	0
ii (MPa): tensione intradosso sezione metallica	0
ti (MPa): taglio estradosso anima metallica	0
ti (MPa): taglio estradosso anima metallica	0
si di (MPa): tensioni ideali estradosso anima	0
si di (MPa): tensioni ideali intradosso anima	0
V pioli(kN/ml): azione tagliante sistema di collegamento acciaio-soletta	0

COMBINAZIONE Ritiro TOTALE

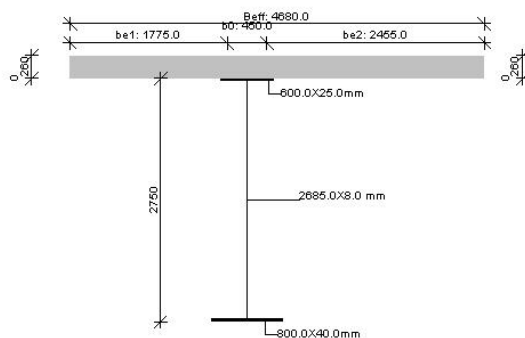


Dettaglio sollecitazioni

N assiale(kNm)	4.705
M flettente(kN)	-33.898
V taglio(kN)	4.216
Tensione ritiro impedito soletta(MPa)	-4

sc (MPa): tensione estradosso soletta	-16
sc inf (MPa): tensione intradosso soletta	-14
sf (MPa): tensione armature	-221
ss (MPa): tensione estradosso sezione metallica	-198
s (MPa): tensione estradosso anima metallica	-190
i (MPa): tensione intradosso anima metallica	295
ii (MPa): tensione intradosso sezione metallica	302
ts (MPa): taglio estradosso anima metallica	67
ti (MPa): taglio estradosso anima metallica	60
si d1 (MPa): tensioni ideali estradosso anima	223
si d2 (MPa): tensioni ideali intradosso anima	313
V pioli (kN/ml): azione tagliante sistema di collegamento acciaio-soletta	1

SEZIONE: SV2



Caratteristiche conio metallico:

Larghezza piattabanda superiore: bs (mm)	600.0
Spessore piattabanda superiore: ts (mm)	25.0
Altezza anima: hw (mm)	2685.0
Spessore anima: tw (mm)	8.0
Larghezza piattabanda inferiore: bi (mm)	300.0
Spessore piattabanda inferiore: ti (mm)	40.0

Caratteristiche soletta in calcestruzzo:

Larghezza totale: B (mm)	4680.0
Larghezza tratto orizzontale inferiore: b (mm)	450.0
Larghezza ala sinistra: bs1 (mm)	1775.0
Quota bordo inferiore sinistro: hsl (mm)	0.0
Spessore soletta bordo sinistro: hs2 (mm)	260.0

Larghezza ala destra: bd(mm)	2455.0
Quota bordo inferiore destro: hdl (mm)	0.0
Spessore soletta bordo destro: hd2(mm)	260.0

Armatura soletta

Passo armature(mm)	10
Diametro barre(mm)q	16
As(mm ² q)	9.410

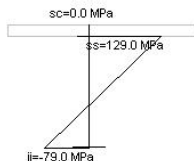
Sollecitazioni

Condizione	Fase	N assiale (kN)	M flettente (kNm)	V azione tagliante (kN)	Tensione ritiro impedito (Mpa)	M torcente (kNm)
peso proprio	fase 0	0	4.638	0	0	0
permanenti	fase 1	0	2.881	0	0	0
DT	fase 2	-6.364	619	0	4	0
mobili	fase 2	0	6.122	0	0	0
ritiro	fase 3	3.921	-553	0	-3	0

Combinazioni di carico

Condizione di carico	DT	Ritiro
peso proprio	1.5	1.5
permanenti	1.5	1.5
DT	1.2	0.0
mobili	1.5	1.5
ritiro	0.0	1.2

COMBINAZIONE DT - fase 0

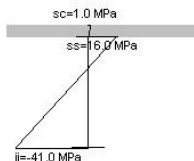


Dettaglio sollecitazioni

N assiale(kNm)	0
M flettente(kN)	6.957
V taglio(kN)	0
Tensione ritiro impedito soletta(MPa)	0
sc (MPa): tensione estradosso soletta	0
sc inf(MPa): tensione intradosso soletta	0
sf (MPa): tensione armature	139
ss (MPa): tensione estradosso sezione metallica	129
s (MPa): tensione estradosso anima metallica	127
i (MPa): tensione intradosso anima metallica	-76
ii(MPa): tensione intradosso sezione metallica)	-79

ts(MPa: taglio estradosso anima metallica)	0
ti(MPa: taglio estradosso anima metallica)	0
si di (MPa): tensioni ideali estradosso anima	127
si di 2(MPa): tensioni ideali intradosso anima	76
V pioli(kN/ml): azione tagliante sistema di collegamento acciaio-soletta	0

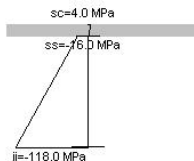
COMBINAZIONE DT - fase 1



Dettaglio sollecitazioni

N assiale(kNm)	0
M flettente(kN)	4.322
V taglio(kN)	0
Tensione ritiro impedito soletta(MPa)	0
sc (MPa): tensione estradosso soletta	1
sc inf (MPa): tensione intradosso soletta	1
sf (MPa): tensione armature	19
ss (MPa): tensione estradosso sezione metallica	16
s (MPa): tensione estradosso anima metallica	16
i (MPa): tensione intradosso anima metallica	-40
ii(MPa: tensione intradosso sezione metallica)	-41
ts(MPa: taglio estradosso anima metallica)	0
ti(MPa: taglio estradosso anima metallica)	0
si di (MPa): tensioni ideali estradosso anima	16
si di 2(MPa): tensioni ideali intradosso anima	40
V pioli(kN/ml): azione tagliante sistema di collegamento acciaio-soletta	0

COMBINAZIONE DT - fase 2

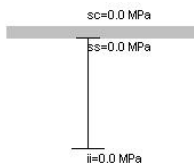


Dettaglio sollecitazioni

N assiale(kNm)	-7.637
M flettente(kN)	9.926
V taglio(kN)	0
Tensione ritiro impedito soletta(MPa)	5

sc (MPa): tensione estradosso soletta	4
sc inf (MPa): tensione intradosso soletta	2
sf (MPa): tensione armature	-11
ss (MPa): tensione estradosso sezione metallica	-16
s (MPa): tensione estradosso anima metallica	-17
i (MPa): tensione intradosso anima metallica	-117
ii (MPa): tensione intradosso sezione metallica	-118
ts (MPa): taglio estradosso anima metallica	0
ti (MPa): taglio estradosso anima metallica	0
sidl (MPa): tensioni ideali estradosso anima	17
siid (MPa): tensioni ideali intradosso anima	117
V pioli (kN/ml): azione tagliante sistema di collegamento acciaio-soletta	0

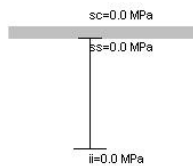
COMBINAZIONE DT - fase 3



Dettaglio sollecitazioni

N assiale(kNm)	0
M flettente(kN)	0
V taglio(kN)	0
Tensione ritiro impedito soletta(MPa)	0
sc (MPa): tensione estradosso soletta	0
sc inf (MPa): tensione intradosso soletta	0
sf (MPa): tensione armature	0
ss (MPa): tensione estradosso sezione metallica	0
s (MPa): tensione estradosso anima metallica	0
i (MPa): tensione intradosso anima metallica	0
ii (MPa): tensione intradosso sezione metallica	0
ts (MPa): taglio estradosso anima metallica	0
ti (MPa): taglio estradosso anima metallica	0
sidl (MPa): tensioni ideali estradosso anima	0
siid (MPa): tensioni ideali intradosso anima	0
V pioli (kN/ml): azione tagliante sistema di collegamento acciaio-soletta	0

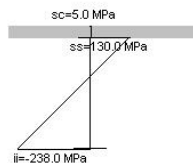
COMBINAZIONE DT - fase 4



Dettaglio sollecitazioni

N assiale(kNm)	0
M flettente(kN)	0
V taglio(kN)	0
Tensione ritiro impedito soletta(MPa)	0
sc (MPa): tensione estradosso soletta	0
sc inf (MPa): tensione intradosso soletta	0
sf (MPa): tensione armature	0
ss (MPa): tensione estradosso sezione metallica	0
s (MPa): tensione estradosso anima metallica	0
i (MPa): tensione intradosso anima metallica	0
ii (MPa): tensione intradosso sezione metallica	0
ts (MPa): taglio estradosso anima metallica	0
ti (MPa): taglio estradosso anima metallica	0
sidl (MPa): tensioni ideali estradosso anima	0
sidr (MPa): tensioni ideali intradosso anima	0
V pioli(kN/ml): azione tagliante sistema di collegamento acciaio-soletta	0

COMBINAZIONE DT TOTALE

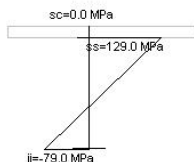


Dettaglio sollecitazioni

N assiale(kNm)	-7.637
M flettente(kN)	21.204
V taglio(kN)	0
Tensione ritiro impedito soletta(MPa)	5
sc (MPa): tensione estradosso soletta	5
sc inf (MPa): tensione intradosso soletta	3
sf (MPa): tensione armature	147
ss (MPa): tensione estradosso sezione metallica	130
s (MPa): tensione estradosso anima metallica	127
i (MPa): tensione intradosso anima metallica	-233
ii (MPa): tensione intradosso sezione metallica	-238

ts(MPa: taglio estradosso anima metallica)	0
ti(MPa: taglio estradosso anima metallica)	0
si di (MPa): tensioni ideali estradosso anima	127
si di2(MPa): tensioni ideali intradosso anima	233
V pioli(kN/ml): azione tagliante sistema di collegamento acciaio-soletta	0

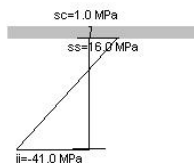
COMBINAZIONE Ritiro - fase 0



Dettaglio sollecitazioni

N assiale(kNm)	0
M flettente(kN)	6.957
V taglio(kN)	0
Tensione ritiro impedito soletta(MPa)	0
sc (MPa): tensione estradosso soletta	0
sc inf (MPa): tensione intradosso soletta	0
sf (MPa): tensione armature	139
ss (MPa): tensione estradosso sezione metallica	129
s (MPa): tensione estradosso anima metallica	127
i (MPa): tensione intradosso anima metallica	-76
ii (MPa): tensione intradosso sezione metallica	-79
ts(MPa: taglio estradosso anima metallica)	0
ti(MPa: taglio estradosso anima metallica)	0
si di (MPa): tensioni ideali estradosso anima	127
si di2(MPa): tensioni ideali intradosso anima	76
V pioli(kN/ml): azione tagliante sistema di collegamento acciaio-soletta	0

COMBINAZIONE Ritiro - fase 1

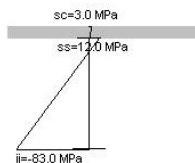


Dettaglio sollecitazioni

N assiale(kNm)	0
M flettente(kN)	4.322
V taglio(kN)	0
Tensione ritiro impedito soletta(MPa)	0

sc (MPa): tensione estradosso soletta	1
sc inf (MPa): tensione intradosso soletta	1
sf (MPa): tensione armature	19
ss (MPa): tensione estradosso sezione metallica	16
s (MPa): tensione estradosso anima metallica	16
i (MPa): tensione intradosso anima metallica	-40
ii (MPa): tensione intradosso sezione metallica	-41
ts (MPa): taglio estradosso anima metallica	0
ti (MPa): taglio estradosso anima metallica	0
si di (MPa): tensioni ideali estradosso anima	16
si di2 (MPa): tensioni ideali intradosso anima	40
V pioli (kN/ml): azione tagliante sistema di collegamento acciaio-soletta	0

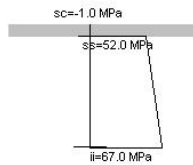
COMBINAZIONE Ritiro - fase 2



Dettaglio sollecitazioni

N assiale(kNm)	0
M flettente(kN)	9.183
V taglio(kN)	0
Tensione ritiro impedito soletta(MPa)	0
sc (MPa): tensione estradosso soletta	3
sc inf (MPa): tensione intradosso soletta	2
sf (MPa): tensione armature	16
ss (MPa): tensione estradosso sezione metallica	12
s (MPa): tensione estradosso anima metallica	11
i (MPa): tensione intradosso anima metallica	-32
ii (MPa): tensione intradosso sezione metallica	-33
ts (MPa): taglio estradosso anima metallica	0
ti (MPa): taglio estradosso anima metallica	0
si di (MPa): tensioni ideali estradosso anima	11
si di2 (MPa): tensioni ideali intradosso anima	32
V pioli (kN/ml): azione tagliante sistema di collegamento acciaio-soletta	0

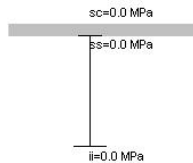
COMBINAZIONE Ritiro - fase 3



Dettaglio sollecitazioni

N assiale(kNm)	4.705
M flettente(kN)	-664
V taglio(kN)	0
Tensione ritiro impedito soletta(MPa)	-4
sc (MPa): tensione estradosso soletta	-1
sc inf (MPa): tensione intradosso soletta	-0
sf (MPa): tensione armature	51
ss (MPa): tensione estradosso sezione metallica	52
s (MPa): tensione estradosso anima metallica	52
i (MPa): tensione intradosso anima metallica)	67
ii(MPa: tensione intradosso sezione metallica)	67
ts(MPa: taglio estradosso anima metallica)	0
ti(MPa: taglio estradosso anima metallica)	0
sidl (MPa): tensioni ideali estradosso anima	52
siid (MPa): tensioni ideali intradosso anima	67
V pioli(kN/ml): azione tagliante sistema di collegamento acciaio-soletta	0

COMBINAZIONE Ritiro - fase 4

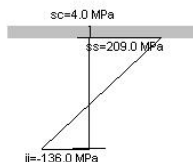


Dettaglio sollecitazioni

N assiale(kNm)	0
M flettente(kN)	0
V taglio(kN)	0
Tensione ritiro impedito soletta(MPa)	0
sc (MPa): tensione estradosso soletta	0
sc inf (MPa): tensione intradosso soletta	0
sf (MPa): tensione armature	0
ss (MPa): tensione estradosso sezione metallica	0
s (MPa): tensione estradosso anima metallica	0
i (MPa): tensione intradosso anima metallica)	0
ii(MPa: tensione intradosso sezione metallica)	0

ts(MPa): taglio estradosso anima metallica)	0
ti(MPa): taglio estradosso anima metallica)	0
si di (MPa): tensioni ideali estradosso anima	0
si di (MPa): tensioni ideali intradosso anima	0
V pioli(kN/ml): azione tagliante sistema di collegamento acciaio-soletta	0

COMBINAZIONE Ritiro TOTALE



Dettaglio sollecitazioni

N assiale(kNm)	4.705
M flettente(kN)	19.798
V taglio(kN)	0
Tensione ritiro impedito soletta(MPa)	-4
sc (MPa): tensione estradosso soletta	4
sc inf (MPa): tensione intradosso soletta	2
sf (MPa): tensione armature	226
ss (MPa): tensione estradosso sezione metallica	209
s (MPa): tensione estradosso anima metallica	206
i (MPa): tensione intradosso anima metallica)	-131
ii(MPa): tensione intradosso sezione metallica)	-136
ts(MPa): taglio estradosso anima metallica)	0
ti(MPa): taglio estradosso anima metallica)	0
si di (MPa): tensioni ideali estradosso anima	206
si di (MPa): tensioni ideali intradosso anima	131
V pioli(kN/ml): azione tagliante sistema di collegamento acciaio-soletta	0

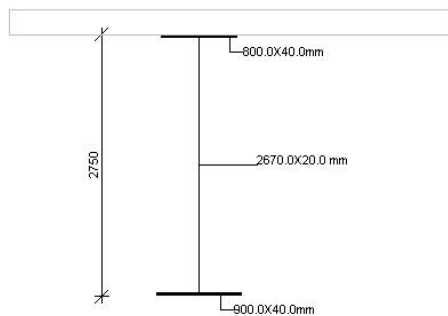
PARTE 3: VERIFICA STABILITA' LOCALE

GENERALITA'

Materiale acciaio

Acciaio tipo	S355
fy (MPa) t < 40.0	355.0
fy (MPa) 40.0mm < t < 100.0	335.0
E (MPa)	210000.0
G (MPa)	80769.23076923077
v	0.3
coefficiente di EC3-1-5	1.2

SEZIONE: SV1

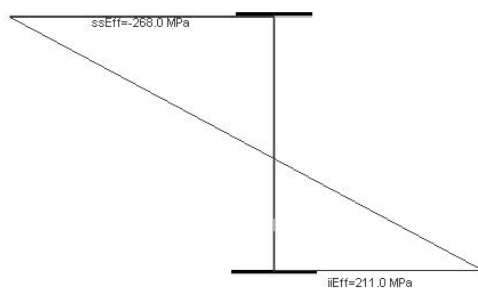


Irrigidimenti longitudinali e trasversali

numero irrigidimenti longitudinali a_{lim} e
passo irrigidimenti trasversali

0
2000.0

COMBINAZIONE DT



Dettaglio sollecitazioni

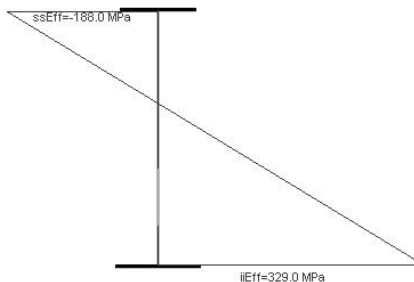
N assiale sezione metallica(kN)	-2.847
M flettente sezione metallica (kNm)	-27.376
V taglio sezione metallica(kN)	4.216
Mt momento torcente (kNm)	4.216
Area efficace(mm ²)	118.819
Jy,eff momento di inerzia efficace(mm ⁴)	154.585.720.776
yg,eff baricentro sezione efficace (mm)	154.585.720.776

yg baricentro sezione lorda (mm)	1.420
DM=NxDyg variazione momento efficace (kNm)	50.392.586
s,eff tensione efficace piattabanda superiore (MPa)	-268
i,eff tensione efficace piattabanda inferiore (MPa)	211
Vbsd azione tagliante sull'anima (kN)	4.216.500
VbwRd contributo anima alla resistenza a taglio (kN)	7.199.763
Vbfrd contributo delle ali alla resistenza a taglio (kN)	163.474
VbRd resistenza a taglio totale (kN)	7.363.237
mu3 coefficiente di verifica a taglio: Vbsd/Vbw	0,573
mu1 coefficiente di verifica azioni combinate N,M,V	0,611

Verifica irrigidimenti

Sig,critico: tensione critica torsionale irrigidimenti trasversali (Mpa)	159,75
Tensione ammissibile di confronto ϕ_{fy} irrigidimenti trasversali (MPa)	2.130
Ist: rigidità irrigidimenti trasversali per porzione efficace di anima (mm ⁴)	17.658.176,25
Ist,min: rigidità minima richiesta irrigidimenti trasversali (mm ⁴)	0
Sig _{a,max} : tensione massima di verifica irrigidimento trasversali	4,94
W0: freccia massima irrigidimento trasversale	0,14

COMBINAZIONE Ritiro



Dettaglio sollecitazioni

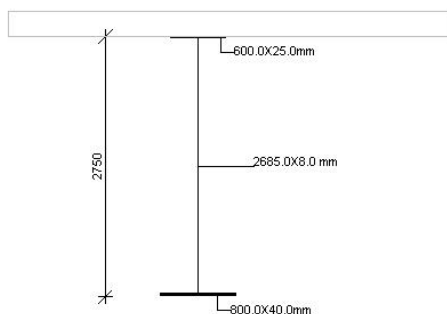
N assiale sezione metallica (kN)	7.331
M flettente sezione metallica (kNm)	-28.407
V taglio sezione metallica (kN)	4.216
Mt momento torcente (kNm)	4.216
Area efficace (mm ²)	109.368

Jy,eff momento di inerzia efficace(mm ⁴)	151.467.373.561
yg,eff baricentro sezione efficace (mm)	151.467.373.561
yg baricentro sezione lorda (mm)	1.420
DM=NxDyg variazione momento efficace (kNm)	-468.641.975
s,eff tensione efficace piattabanda superiore (MPa)	-188
i,eff tensione efficace piattabanda inferiore (MPa)	329
Vbsd azione tagliente sull'anima (kN)	4.216.500
VbwRd contributo anima alla resistenza a taglio (kN)	7.199.763
VbFRd contributo delle ali alla resistenza a taglio (kN)	0
VbRd resistenza a taglio totale (kN)	7.199.763
mu3 coefficiente di verifica a taglio: $Vbsd/Vbrd$	0,586
mu1 coefficiente di verifica azioni combinate N,M,V	0,643

Verifica irrigidimenti

Sig,critico: tensione critica torsionale irrigidimenti trasversali(Mpa)	159,75
Tensione ammissibile di confronto ϕfy irrigidimenti trasversali(MPa)	2.130
Ist: rigidezza irrigidimenti trasversali pi porzione efficace di anima (mm ⁴)	17.658.176,25
Ist,min: rigidezza minima richiesta irrigidimenti trasversali(mm ⁴)	0
Sign _{a,max} : tensione massima di verifica irrigidimento trasversali	6,31
W0: freccia massima irrigidimento trasversale	0,17

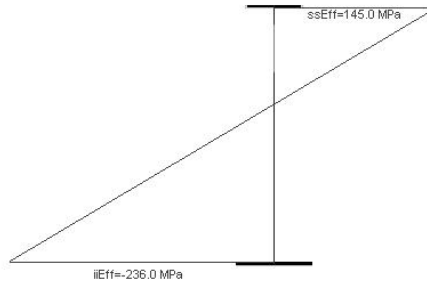
SEZIONE: SV2



Irrigidimenti longitudinali e trasversali

numero irrigidimenti longitudinali anima	0
passo irrigidimenti trasversali	2000.0

COMBINAZIONE DT



Dettaglio sollecitazioni

N assiale sezione metallica(kN)	-6.749
M flettente sezione metallica (kNm)	12.302
V taglio sezione metallica(kN)	0
Mt momento torcente (kNm)	0
Area efficace(mm ²)	63.864
Jy,eff momento di inerzia efficace(mm ⁴)	83.312.323.577
yg,eff baricentro sezione efficace (mm)	83.312.323.577
yg baricentro sezione lorda (mm)	1.707
DM=NxDyg variazione momento efficace (kNm)	-637.359.985
s,eff tensione efficace piattabanda superiore (MPa)	145
i,eff tensione efficace piattabanda inferiore (MPa)	-236
Vbsd azione tagliante sull'anima (kN)	0
VbwRd contributo anima alla resistenza a taglio (kN)	1.111.685
VbFRd contributo delle ali alla resistenza a taglio (kN)	49.432
VbRd resistenza a taglio totale (kN)	1.161.117
mu3 coefficiente di verifica a taglio: $V_{\text{bsd}}/V_{\text{brd}}$	0
mu1 coefficiente di verifica azioni combinate N,M,V	0

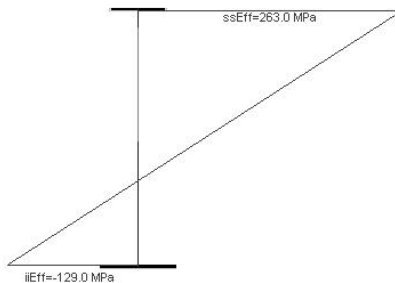
Verifica irrigidimenti

Sig _{critico} : tensione critica torsionale irrigidimenti trasversali(Mpa)	96,11
Tensione ammissibile di confronto ϕ_f irrigidimenti trasversali(MPa)	2.130
Ist: rigidezza irrigidimenti trasversali pi porzione efficace di anima (mm ⁴)	33.918.351,2
Ist,min: rigidezza minima richiesta irrigidimenti trasversali(mm ⁴)	0
Sig _{u,max} : tensione massima di verifica irrigidimento	0,09

trasversali
 W0: freccia massima irrigidimento trasversale

0

COMBINAZIONE Ritiro



Dettaglio sollecitazioni

N assiale sezione metallica(kN)	-336
M flettente sezione metallica (kNm)	11.536
V taglio sezione metallica(kN)	0
Mt momento torcente (kNm)	0
Area efficace(mm²)	58.239
Jy,eff momento di inerzia efficace(mm⁴)	79.635.352.773
yg,eff baricentro sezione efficace (mm)	79.635.352.773
yg baricentro sezione lorda (mm)	1.707
DM=NxDyg variazione momento efficace (kNm)	-55.877.544
s,eff tensione efficace piattabanda superiore (MPa)	263
i,eff tensione efficace piattabanda inferiore (MPa)	-129
Vbsd azione tagliante sull'anima (kN)	0
VbwRd contributo anima alla resistenza a taglio (kN)	1.111.685
Vbfrd contributo delle ali alla resistenza a taglio (kN)	70.504
VbRd resistenza a taglio totale (kN)	1.182.189
mu3 coefficiente di verifica a taglio: Vbsd/Vbrd	0
mu1 coefficiente di verifica azioni combinate N,M,V	0

Verifica irrigidimenti

Sig,critico: tensione critica torsionale irrigidimenti trasversali(Mpa)	96,11
Tensione ammissibile di confronto σfy irrigidimenti trasversali(MPa)	2.130
Ist: rigidezza irrigidimenti trasversali pi porzione efficace di anima (mm⁴)	33.918.351,2

Ist,min: rigidzza minima richiesta irrigidimenti trasversali(mm ⁴)	0
Sigma,max: tensione massima di verifica irrigidimento trasversali	0,11
W0: freccia masima irrigidimento trasversale	0

1.5 Metodi di calcolo

1.5.1 Caratteristiche meccaniche delle sezioni

Le caratteristiche meccaniche della sezione mista acciaio calcestruzzo sono calcolate attraverso le seguenti equazioni:

$$A = A_s + A_c/n + A_f \quad [2.]$$

$$y_g = [y_s A_s + A_c y_c/n + A_f y_f] / A \quad [3.]$$

$$J = J_s + J_c + A_s (y_g - y_s)^2 + A_c/n (y_g - y_c)^2 + A_f (y_g - y_f)^2 \quad [4.]$$

$$J_w = J_{ws} + J_{wc} \quad [5.]$$

dove:

$$J_{ws} = 1/3 (b_s t_s^3 + b_i t_i^3 + h_w t_w^3) \quad (\text{sezioni a doppio T})$$

$$J_t = \frac{4 \cdot A_w^2}{\sum_i \frac{H_i}{t_i}} \quad (\text{sezioni chiuse})$$

$$J_{wc} = 1/6 (B H^3)/n \quad (\text{soletta a doppio T})^2$$

A_s è l'area della sezione del concio metallico;

y_s è il baricentro della sezione del concio metallico;

A_c è l'area della porzione di calcestruzzo;

y_c è il baricentro della porzione di calcestruzzo;

A_f è l'area delle barre in acciaio;

y_f è il baricentro delle barre in acciaio;

n è il coefficiente di omogeneizzazione ad acciaio del calcestruzzo.

L'area delle barre di armatura è considerata concentrata in corrispondenza del baricentro della soletta.

² Il contributo della soletta alla rigidezza torsionale è calcolata solo per solette a T, trascurando il contributo dell'anima di dimensioni $b \times h$.

Relativamente alla fase 0, le caratteristiche meccaniche della sezione sono calcolate trascurando il contributo della soletta e dell'armatura, coincidono quindi con le caratteristiche della sezione del concio metallico.

Le caratteristiche meccaniche della sezione calcolate trascurando il contributo del calcestruzzo sono:

$$A(-) = A_s + A_f \quad [6.]$$

$$y_g(-) = [y_s A_s + A_f y_f] / A \quad [7.]$$

$$J(-) = J_s + A_s (y_g - y_s)^2 + A_f (y_g - y_f)^2 \quad [8.]$$

$$J_w(-) = J_{ws} \quad [9.]$$

dove in fase 0 si pone $A_f = 0$.

1.5.2 Verifiche tensionali

I valori di tensione finali sono valutati come somma dei valori di tensione relativi ad ogni singola fase di carico n :

$$\sigma_c = \sum_{n=0..4} \sigma_c^{(n)}$$

$$\sigma_{ss} = \sum_{n=0..4} \sigma_s^{(n)}$$

$$\sigma_s = \sum_{n=0..4} \sigma_s^{(n)}$$

$$\sigma_i = \sum_{n=0..4} \sigma_i^{(n)}$$

$$\sigma_{ii} = \sum_{n=0..4} \sigma_{ii}^{(n)}$$

$$\tau_s = \sum_{n=0..4} \tau_s^{(n)} + \tau_{torsione}^{(n)}$$

$$\tau_i = \sum_{n=0..4} \tau_i^{(n)} + \tau_{torsione}^{(n)}$$

$$\sigma_{id,s} = \sqrt{\sigma_s^2 + 3\tau_s^2}$$

$$\sigma_{id,i} = \sqrt{\sigma_i^2 + 3\tau_i^2}$$

$$F_{sc} = \sum_{n=0..4} F_{sc}^{(n)}$$

I valori di tensione relativi alla fase n_k sono calcolati attraverso le seguenti equazioni:

$$\sigma_c^{(k)} = \frac{N^{(k)}}{n_k \cdot A^{(k)}} + \frac{M^{(k)}}{n_k \cdot W_{ii}^{(k)}} + \sigma_{csl}^{(k)}$$

$$\sigma_{ss}^{(k)} = \frac{N^{(k)}}{A^{(k)}} + \frac{M^{(k)}}{W_{ss}^{(k)}}$$

$$\sigma_s^{(k)} = \frac{N^{(k)}}{A^{(k)}} + \frac{M^{(k)}}{W_s^{(k)}}$$

$$\sigma_i^{(k)} = \frac{N^{(k)}}{A^{(k)}} + \frac{M^{(k)}}{W_i^{(k)}}$$

$$\sigma_{ii}^{(k)} = \frac{N^{(k)}}{A^{(k)}} + \frac{M^{(k)}}{W_{ii}^{(k)}}$$

$$\tau_s^{(k)} = \frac{V^{(k)} \cdot S_{ws}^{(k)}}{J^{(k)} \cdot t_w}$$

$$\tau_i^{(k)} = \frac{V^{(k)} \cdot S_{wi}^{(k)}}{J^{(k)} \cdot t_w}$$

$$F_{sc}^{(k)} = \frac{V^{(k)} \cdot S_{sc}^{(k)}}{J^{(k)}}$$

Quando il concio metallico è di tipo *concio generico* gli sforzi di taglio sono così calcolati:

$$\tau_i^{(k)} = \tau_s^{(k)} = \frac{V^{(k)}}{A_w} \quad (\text{sezioni a doppio T})$$

$$\tau_i^{(k)} = \tau_s^{(k)} = \frac{V^{(k)}}{2 \cdot A_w \cdot \cos(\alpha)} \quad (\text{sezioni a cassone: } A_w = \text{area anima})^3$$

$$\tau_{torsione}^{(k)} = \pm \frac{M_t^{(k)}}{2 \cdot A_w \cdot t_w} \quad (\text{solo sezioni chiuse})$$

dove A_w è l'area resistente a taglio assegnata al concio metallico.

Le sollecitazioni $M^{(k)}$, $M_t^{(k)}$, $V^{(k)}$, $N^{(k)}$ e $\sigma_{cls}^{(k)}$ sono le sollecitazioni relative alla fase k combinate secondo i coefficienti di combinazione in esame:

$$M^{(K)} = \sum_l \gamma_l \cdot M_l \quad (\text{per ogni } M_l \in \text{fase } k)$$

$$M_t^{(K)} = \sum_l \gamma_l \cdot M_{t,l} \quad (\text{per ogni } M_{t,l} \in \text{fase } k)$$

$$N^{(K)} = \sum_l \gamma_l \cdot N_l \quad (\text{per ogni } N_l \in \text{fase } k)$$

$$V^{(K)} = \sum_l \gamma_l \cdot V_l \quad (\text{per ogni } V_l \in \text{fase } k)$$

$$\sigma_{cls}^{(K)} = \sum_l \gamma_l \cdot \sigma_{cls,l} \quad (\text{per ogni } \sigma_{cls,l} \in \text{fase } k)$$

dove:

M_l , $M_{t,l}$, V_l , N_l , $\sigma_{cls,l}$ sono le sollecitazioni definite dall'utente relative alla condizione di carico l ;

γ_l è il fattore di combinazione della condizione di carico l relativo alla combinazione di carico in esame.

³ Nelle sezioni a cassone tipo 2 si trascurano le anime interne nel calcolo degli sforzi taglienti torsionali; al contrario sono trascurate le anime esterne nel calcolo degli sforzi dovuti ad azioni di taglio puro.

Il momento d'inerzia J , l'area A e il baricentro y_g della sezione mista acciaio calcestruzzo è calcolata attraverso le equazioni [2.][3.][4.] sostituendo l'area di calcestruzzo A_c e l'area delle barre di armatura A_f con i valori ottenuti attraverso la procedura riportata in Fig. 1.60.

Il momento totale M è calcolato come:

$$M = M^{(0)} + M^{(1)} + M^{(2)} + M^{(3)} + M^{(4)}$$

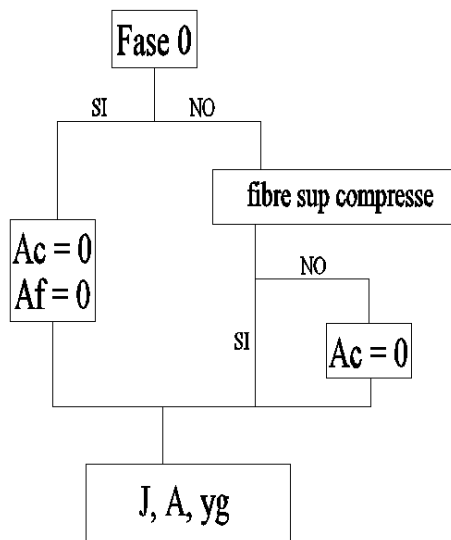


Fig. 1.60

1.5.3 Verifica di stabilità dei pannelli

Le tensioni longitudinali di riferimento sono calcolate attraverso le seguenti equazioni:

$$\sigma_{ss} = \frac{N}{A_{eff}} + \frac{M + N \cdot \Delta y}{W_{eff,ss}}$$

$$\sigma_{ii} = \frac{N}{A_{eff}} + \frac{M + N \cdot \Delta y}{W_{eff,ii}}$$

dove:

A_{eff} è l'area efficace della sezione del concio metallico ridotta per gli effetti d'instabilità locale dei pannelli;

$$W_{eff,ss} = J_{eff}/(y_{g,eff} - t_s/2)$$

$$W_{eff,ii} = J_{eff}/(y_{g,eff} - t_s - h_w - t_i/2)$$

J_{eff} è il momento d'inerzia della sezione efficace;

$y_{g,eff}$ è il baricentro della sezione efficace;

$$\Delta y = y_{g,eff} - y_g;$$

y_g è il baricentro della sezione lorda;

mentre, N ed M sono le sollecitazioni agenti nella sola porzione metallica della sezione mista. Sono calcolati a partire dalle tensioni longitudinali calcolate come descritto in 1.2.2, si ha in particolare:

$$N_s = \sigma_N A$$

$$M_s = \sigma_M W_{ss}$$

dove:

$$\sigma_N = (\sigma_{ss} + \sigma_{ii})/2$$

$$\sigma_M = \sigma_{ss} - \sigma_N$$

Le azioni così calcolate di momento ed azione assiale e le azioni taglianti totali sono visualizzate nelle caselle di testo poste sul bordo inferiore sinistro della finestra *Verifica Instabilità* (Fig. 1.61).

AZIONI SU CONCIO METALLICO	
Momento trave acciaio: kNm	-28.407,5
Azione assiale trave acciaio: kN	7.330,6
Taglio trave acciaio: kN	4.216.500

Fig. 1.61

Il calcolo delle caratteristiche della sezione efficace, ridotta per gli effetti della instabilità locale, è effettuato in accordo con Eurocodice 4-1-5.

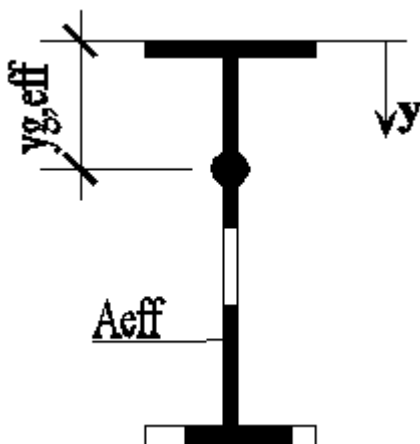


Fig. 1.62

Per la piattabanda superiore si considera sempre l'area lorda, non ridotta, essendo quest'ultima considerata irrigidita dalla soletta in calcestruzzo. Secondo quanto prescritto dall'EC3-1-5, le anime delle travi devono essere verificate alla stabilità per taglio quando:

$$\frac{h_w}{t} > \frac{72}{\eta} \varepsilon \text{ anime non irrigidite}$$

$$\frac{h_w}{t} > \frac{31}{\eta} \varepsilon \sqrt{\kappa_\tau} \text{ anime irrigidite}$$

dove

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y [Mpa]}}$$

mentre η dipende dal tipo di acciaio potendo porsi:

$$\eta = 1.2 \text{ per acciai uguali o superiori a S460}$$

$$\eta = 1.0 \text{ per acciai superiori}$$

Si veda annesso A.3 della suddetta norma per il calcolo di κ_τ .

La resistenza a taglio delle anime è assunta pari alla somma del contributo dell'anima e del contributo delle flangie:

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq \frac{\eta f_y h_w t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}}$$

Il contributo dell'anima può essere assunto pari a:

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w f_y h_w t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}}$$

dove χ_w è dipende dalla snellezza dell'anima e dalla presenza di irrigidimenti trasversali e da eventuali irrigidimenti longitudinali.

Il contributo delle ali può essere assunto pari a:

$$V_{bf,Rd} = \frac{b_f t_f^2 f_y}{c \gamma_{M1}} \left(1 - \left(\frac{M_{ed}}{M_{f,Rd}} \right)^2 \right)$$

dove:

b_f e t_f sono le dimensioni dell'ala maggiormente sollecitata ma con il limite: $b_f < 15 \varepsilon t_f$

$M_{f,Rd} = \frac{M_{f,k}}{\gamma_{M0}}$ è il momento resistente delle sole flangie

$$c = a \left(0.25 + \frac{1.6 b_f t_f^2 f_y}{t h_w^2 f_y} \right)$$

La resistenza a taglio così calcolata deve essere confrontata con le sollecitazioni taglienti agenti sull'intera sezione mista (resistenza a taglio affidata alla sola parte metallica).

Quando il taglio agente V_{ed} è tale che:

$$\bar{\eta}_3 = \frac{V}{V_{bw,RD}} > 0.5$$

devono verificarsi gli effetti di interazione fra taglio, azione assiale e momento flettente. La verifica può ritenersi soddisfatta se:

$$\bar{\eta}_1 + \left(1 - \frac{M_{f,Rd}}{M_{pl,Rd}} \right) (2\bar{\eta}_3 - 1) \leq 1$$

dove:

$$\bar{\eta}_1 = \frac{M_s}{M_{pl,Rd}}$$

Il momento resistente plastico della sezione $M_{pl,Rd}$, quando è presente un'azione assiale N_s , deve essere ridotto come indicato nel EC3-1-1.

1.5.4 Verifiche delle giunzioni bullonate

La resistenza di progetto a taglio di un bullone, avente gradi di resistenza della classe 4.6 fino alla classe 10.9 compresa, è assunto dall'eurocodice 3 come il minore fra i seguenti valori:

- resistenza di progetto a taglio $F_{V,Rd}$;

- resistenza di progetto al rifollamento $F_{b,Rd}$;

La resistenza a taglio è pari a, se il piano di taglio passa attraverso la porzione filettata:

$$F_{V,Rd} = \frac{0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{Mb}} \quad (\text{classi di resistenza 4.6, 5.6 e 8.8})$$

$$F_{V,Rd} = \frac{0.5 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{Mb}} \quad (\text{classi di resistenza 4.8, 5.8 e 10.9})$$

mentre, il piano di taglio passa attraverso la porzione non filettata:

$$F_{V,Rd} = \frac{0.6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{Mb}} \quad (\text{classi di resistenza 4.6, 5.6 e 8.8})$$

dove:

A è l'area lorda del bullone;

A_s è l'area sollecitata a trazione del bullone;

f_{ub} è la resistenza ultima del materiale;

$\gamma_{Mb} = 1.25$.

I valori di A e A_s per i diametri dei bulloni d nominali normalmente usati, desunti dalla UNI 4534-64, sono riportati nella seguente tabella:

d	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
A	50.3	78.5	113	154	201	254	314	380	452	573	707
As	38.6	58.0	84.3	115	157	192	245	303	353	459	581

La resistenza a rifollamento è pari a:

$$F_{b.Rd} = \frac{2.5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{Mb}}$$

dove α è pari al minore fra:

$$\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1$$

inoltre:

d è il diametro del bullone;

d_0 è il diametro del foro;

f_u è la resistenza ultima del materiale delle piastre di collegamento.

e_1 è la distanza dal bordo nella direzione della forza (vedi fig.).

I valori di resistenza di progetto a taglio forniti sopra possono essere utilizzati solo nel caso il gioco foro-bullone nominale non eccedenti i seguenti valori:

- 1 mm per bulloni M12 e M14;

- 2 mm per bulloni da M16 e M24;

- 3 mm per bulloni M27 ed oltre.

Inoltre i valori di resistenza di progetto a rifollamento possono essere utilizzati nei casi in cui (vedi **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**):

$$e_2 \geq 1.5 d_0;$$

$$p_2 \geq 3.0 d_0;$$

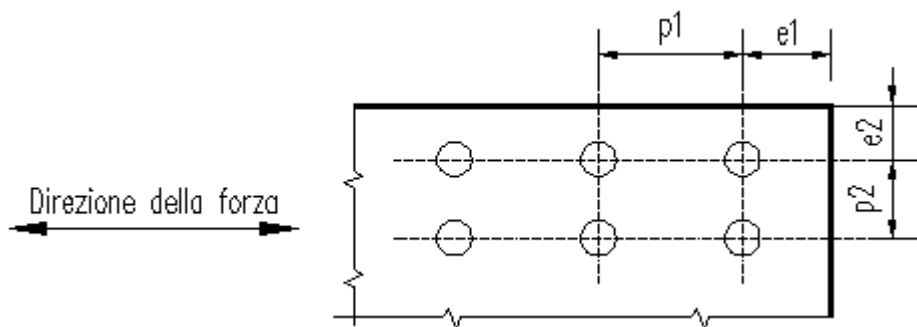


Fig. 1.63

L'eurocodice 3 definisce la resistenza di progetto allo scorrimento di un bullone ad alta resistenza precaricato come:

$$F_{S,Rd} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{Ms}} F_{p,Cd}$$

essendo, per giochi foro-bullone “normali”:

$$F_{p,Cd} = 0.7 f_{ub} A_s$$

la forza di progetto di precarico;

è il coefficiente di attrito;

n è il numero delle superfici di scorrimento.

$$k_s = 1.0;$$

$$\gamma_{Ms} = 1.25$$

per verifiche allo stato limite ultimo;

$$\gamma_{Ms} = 1.10$$

per verifiche allo stato limite di esercizio.

Il coefficiente di attrito μ dipende dalla classe del trattamento superficiale prevista nel progetto, in particolare:

$$\mu = 0.5$$

per superfici di classe A;

$$\mu = 0.4$$

per superfici di classe B;

$$\mu = 0.3$$

per superfici di classe C;

$$\mu = 0.2$$

per superfici di classe D;

Quando si adottano bulloni ad attrito resistenti allo stato limite ultimo la verifica a scorrimento deve essere abbinata alla verifica a rifollamento delle piastre; quando si adottano bulloni ad attrito resistenti allo stato limite di servizio la verifica a scorrimento dei bulloni deve essere abbinata alla verifica a taglio dei bulloni e a rifollamento delle piastre collegate.

La distribuzione delle forze interne fra i dispositivi di giunzione può essere sempre considerata proporzionale alla distanza dal centro di taglio. Si consideri ad esempio il collegamento bullonato rappresentato in **Errore**. **L'origine riferimento non è stata trovata.**

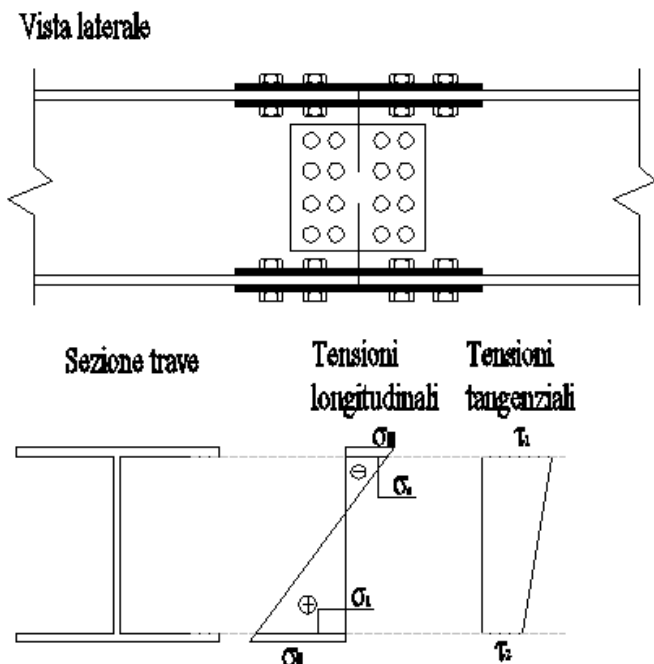


Fig. 1.64

L'azione assiale da trasmettere attraverso le giunzioni tra le piattabande superiori da unire è pari a:

$$N_{Sd} = \sigma_m (b_{sup} t_{sup})$$

essendo:

b_{sup} e t_{sup} la larghezza e lo spessore rispettivamente della piattabanda superiore;

$\sigma_m = 1/2(\sigma_{ss} + \sigma_s)$ la tensione media agente sulla piattabanda superiore.

Sul singolo bullone agisce, quindi, un taglio pari a $V_{b,Sd} = N_{Sd} / n_b$, essendo n_b il numero di bulloni disposti su ognuna delle piattabande superiori da unire (mezzo giunto). Per la piattabanda inferiore si procede in maniera analoga.

L'anima da unire è sollecitata da combinazione di azioni taglianti, momenti flettenti e azioni assiale. In particolare, si ha che:

$$V_{Sd} = \tau_m (h_w t_w) \quad (\text{azione tagliante})$$

$$N_{Sd} = \sigma_N (h_w t_w) \quad (\text{azione assiale})$$

$$M_{Sd} = \sigma_M (t_w h_w^2 / 6) \quad (\text{momento flettente})$$

dove

h_w e t_w sono l'altezza e lo spessore rispettivamente dell'anima della trave;

$$\tau_m = 1/2 (\tau_1 + \tau_2)$$

$$\sigma_N = 1/2 (\sigma_i + \sigma_s)$$

$$\sigma_M = 1/2 (\sigma_i - \sigma_s)$$

Assumendo una distribuzione delle forze di taglio fra i bulloni, dovute al momento flettente M_{Sd} , si ottiene che la forza F_i agente in corrispondenza della fila i-esima di bulloni è pari a (vedi fig.):

$$F_i = y_i \cdot \frac{M_{Sd}}{\sum_i y_i^2}$$

Quindi, il taglio massimo agente sul singolo bullone (file esterne) provocato dal momento flettente è pari a:

$$V_{b,Sd}^{(M)} = F_{i,max} / n_{file}$$

essendo n_{file} il numero di file verticali di elementi di giunzione su metà giunto.

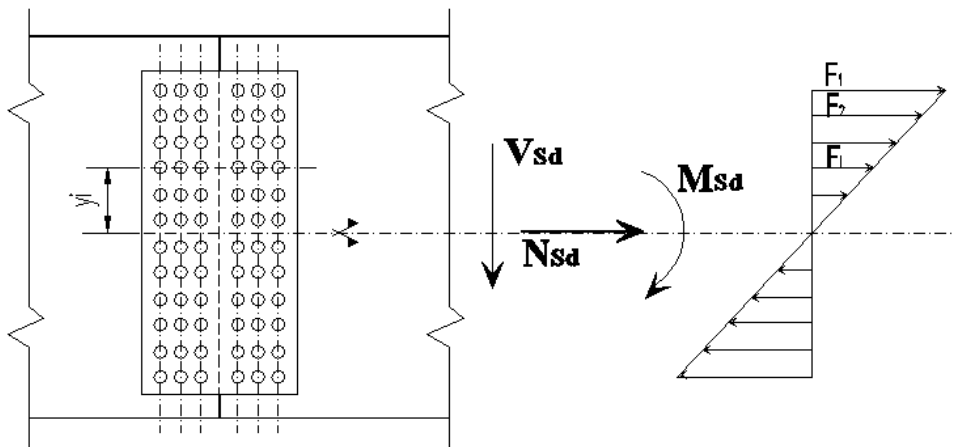


Fig. 1.65

Il taglio sui bulloni dovuto alle componenti di azione assiale N_{Sd} e taglio V_{Sd} è dato dalle seguenti espressioni:

$$V^{(V)}_{b,Sd} = V_{Sd} / n_b$$

$$V^{(N)}_{b,Sd} = N_{Sd} / n_b$$

essendo n_b il numero di bulloni su metà giunto. Il taglio di progetto agente sul singolo elemento di giunzione più caricato, è ottenuto combinando i contributi attraverso la seguente equazione:

$$V_{b,Sd} = \sqrt{V^{(V)}_{b,Sd}{}^2 + (V^{(N)}_{b,Sd} + V^{(M)}_{b,Sd})^2}$$

1.6 Esempio di calcolo

1.6.1 Descrizione

Si procede nell'analisi e nella verifica di un ponte su tre campate di luci 30m+50m+30m. L'impalcato è realizzato attraverso 3 travi longitudinali a doppio T poste ad interasse 4,0m e collaboranti con la soletta gettata in opera superiore (Fig. 1.66). La carreggiata ha larghezza totale pari a 13.5m, di cui 9.0m di corsie e banchine e 4.5m di zone laterali rialzate che ospitano il marciapiede e

le barriere. La soletta è gettata in opera su lastre prefabbricate in c.a. di spessore 5 cm dotate di tralicci elettrosaldati di irrigidimento per la fase di getto.

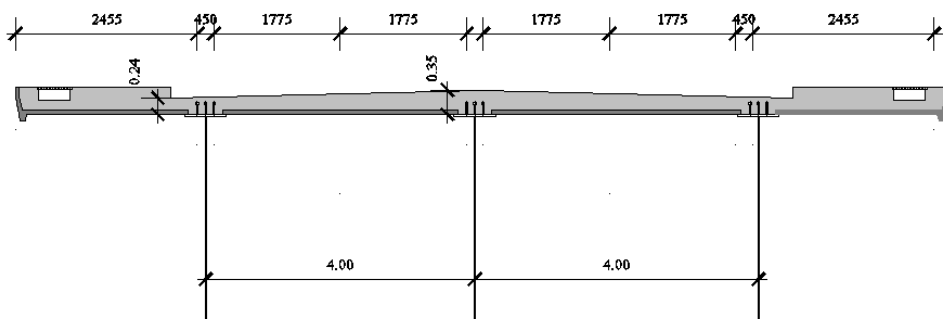


Fig. 1.66

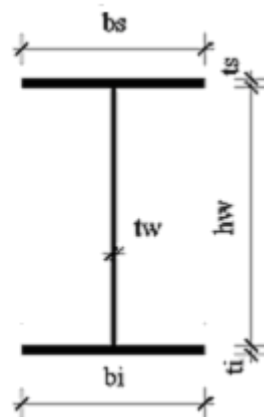
Per il profilo longitudinale dell'impalcato metallico si faccia riferimento alla Fig. 1.1. Le caratteristiche geometriche dei conci metallici sono riepilogate nella Tab. 1.1. Le verifiche sono svolte per le sole travi di riva in quanto le più sollecitate. Per tali travi si considera, in accordo con la convenzione dei simboli adottata nell'eurocodice 4 parte 2 - punto 4.2.2.2 (si veda anche Fig. 1.30):

$$b_1 = 2455 \text{ mm}$$

$$b_2 = 1755 \text{ mm}$$

$$b_0 = 450 \text{ mm}$$

	t_s mm	b_s mm	t_w mm	h_w mm	t_i mm	b_i mm
CONCIO 1	30	600	14	2690	30	800
CONCIO 2	40	800	20	2670	40	900
CONCIO 3	25	600	8	2685	40	800



Tab. 1.1

I coefficienti di omogeneizzazione acciaio calcestruzzo sono calcolati in accordo con le prescrizioni contenute nell'eurocodice 4 parte 2, si ha in particolare:

$$n_{\text{permanenti}} = 20.6$$

$$n_{\text{accidentali}} = 6.3$$

$$n_{\text{ritiro}} = 16.5$$

1.6.2 Analisi delle sollecitazioni

Per effettuare l'analisi delle sollecitazioni agenti sulla struttura è necessario definire le caratteristiche di rigidezza delle sezioni lungo l'impalcato. A tal fine devono essere definite le quattro sezioni di analisi SA1 ed SA4 definite in 1.1.4. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

Si assegnano innanzitutto il titolo dell'opera e i coefficienti di omogeneizzazione acciaio calcestruzzo nelle apposite caselle di testo della finestra Sezioni Analisi (Fig. 1.67). Se la finestra Sezioni Analisi non è attiva è possibile attivarla attraverso il comando Apri Sezioni Analisi dal menu FINESTRE.

Fig. 1.67

Si aggiungono alla sessione di lavoro due concii metalli, oltre a quello già presente all'avvio del programma, attivando due volte il comando *Aggiungi Concio metallico* dal menu SEZIONI. I concii sono rinominati nella finestra *Rinomina Conci* attivabile attraverso il comando *Rinomina Conci* dal menu SEZIONI. Si assegnano in particolare i nomi presentati in Fig. 1.68.

Si consiglia di assegnare le caratteristiche geometriche del primo concio prima di aggiungere i rimanenti. In tal modo, i nuovi concii aggiunti alla sezione di lavoro presentano le caratteristiche identiche al primo; le caratteristiche geometriche comuni devono essere assegnate una volta per ogni concio.

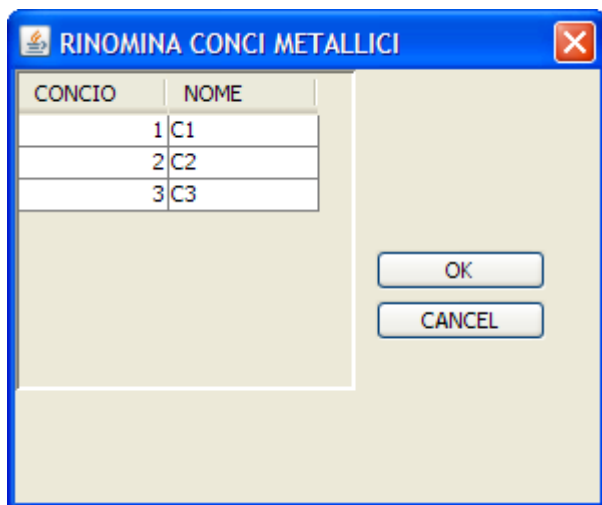


Fig. 1.68

Per ogni concio:

- lo si seleziona nella casella combinata *Concio*;
- si inseriscono nelle apposite caselle di testo le proprietà geometriche riportate in Tab. 1.1.

Si aggiunge la soletta attraverso il comando *Aggiungi soletta* dal menu SEZIONI e selezionando *Soletta tipo 2* nella casella a cascata *Soletta tipo*. Si assegnano le proprietà della soletta, nelle apposite caselle nella finestra principale, riportate di seguito:

$$b = 450$$

$$b_s = 2455$$

$$b_i = 1755$$

$$h_{s1} = 0$$

$$h_{s2} = 260$$

$$h_{d1} = 0$$

$$h_{d2} = 260$$

Si rinomina la soletta come *SI* attraverso il comando *Rinomina soletta* dal menu SEZIONI. Si rimuove la soletta presente all'avvio della sessione di lavoro attraverso il comando *Elimina soletta* dal menu SEZIONI.

Di *default* il programma definisce uno schema della travata a tre campate. Non è necessario, quindi, aggiungere o rimuovere campate. E' però necessario impostare le luci di calcolo dell'impalcato nella finestra *Modifica Luci* attivabile attraverso il comando *Modifica Luci* del menu SEZIONI; si assegnano quindi le luci delle campate.

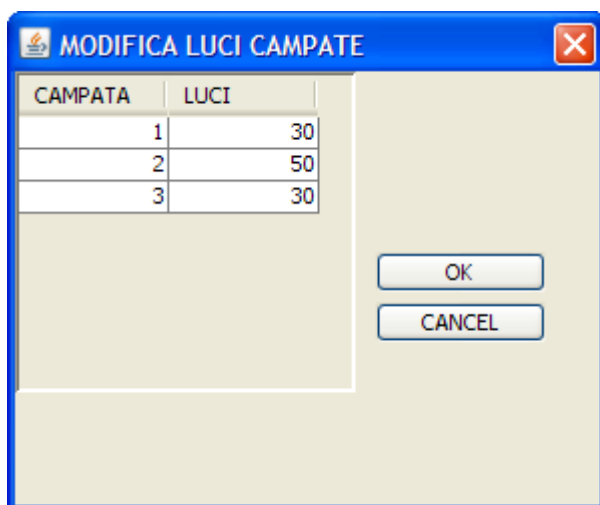


Fig. 1.69

Si aggiungono tre sezioni di analisi, oltre a quella già presente all'avvio del programma, attivando tre volte il comando *Aggiungi Sezione Analisi* dal menu SEZIONI. Le sezioni di analisi sono rinominate nella finestra *Rinomina Sezioni Analisi*, attraverso il comando *Rinomina Sezioni Analisi* dal menu SEZIONI, come SA1, SA2, SA3, SA4.

Per ogni sezione:

- si rende la sezione corrente selezionandola nella casella a cascata *Sezione*;
- si attiva la casella opzionali *Calcolo Automatico Beff*;
- si attiva la casella opzionali *Calcolo Automatico Armatura*;
- si seleziona il relativo concio come indicato in Tab. 1.2;

		SA1	SA2	SA3	SA4
Concio		C1	C2	C2	C3
Soletta		S1	S1	S1	S1
Campata		1	1	2	2
Diametro barre	mm	16	20	20	16
passo barre	cm	10	5	5	10

Tab. 1.2

L'analisi delle caratteristiche meccaniche delle sezioni miste è effettuata attraverso il comando *Elabora* dal menu ELABORA. Le proprietà di rigidezza sono riportate nella finestra principale. Tali valori sono utilizzati nella verifica globale della struttura effettuata attraverso codice di calcolo agli elementi finiti. Nella modellazione, sia l'eurocodice 4 sia la CNR 10016 permettono di utilizzare, entro determinati limiti tensionali, i valori di rigidezza relativi alla sezione mista non fessurata (calcestruzzo collaborante), anche nelle sezioni a momento negativo. Superati tali limiti devono essere presi in esame i valori di rigidezza della sezione fessurata (calcestruzzo non collaborante). Nel primo caso si utilizzano i valori riportati in tabella Fig. 1.70 ed indicati come A , y_g , J , J_w ; nel secondo caso si utilizzano i valori $A(-)$, $y_g(-)$, $J(-)$, $J_w(-)$. Per una trattazione completa sulla modalità di schematizzazione strutturale nell'analisi globale delle strutture miste si rimanda a letteratura specifica.

CARATTERISTICHE SEZIONI						
	n0 = inf.	n1 = 20.6	n2 = 6.3	n3 = 16.5	n4 = 1.0	
A (mm²)	79.660	148.137.659	282.212.555	162.815.153	1.305.869.698	
y _g (mm)	1.477.435	734.387	323.73	656.464	-31.944	
J (mm⁴)	99.559.771.375,387	195.038.570.155,208	248.377.818.446,697	205.099.155.128,446	299.687.870.172,734	
J _w (mm⁴)	15.060.453.333	15.060.453.333	15.060.453.333	15.060.453.333	15.060.453.333	
A(-) (mm²)	79.660	89.069.698	89.069.698	89.069.698	89.069.698	
y _g (-) (mm)	1.477.435	1.307.619	1.307.619	1.307.619	1.307.619	
J(-) (mm⁴)	99.559.771.375,387	121.304.452.855,648	121.304.452.855,648	121.304.452.855,648	121.304.452.855,648	
J _w (-) (mm⁴)	15.060.453.333	15.060.453.333	15.060.453.333	15.060.453.333	15.060.453.333	

Fig. 1.70

1.6.3 Verifica tensionale delle sezioni

Per la verifica agli stati limite ultimi dell'impalcato si considerano le due sezioni SV1 ed SV2 poste rispettivamente in corrispondenza dell'appoggio della pila e nella mezzeria della campata centrale.

Per tali sezione si sono ottenute nell'analisi globale le sollecitazioni riepilogate nelle tabelle Tab. 1.3 e Tab. 1.4.

SV1

FASE	Sezione in appoggio pila	M kNm	V kN	N kN	σ_{cls} Mpa
fase 0	Pesi propri	-8872	1099	0	0.0
fase 1	Permanenti portati	-5562	750	0	0.0
fase 2	DT	619	0	-6364	4.0
fase 2	Mobili: Ma-1	-7722	962	0	0.0
fase 3	Ritiro	-553	0	3921	-3.0

Tab. 1.3

SV2

FASE	Sezione in mezzeria campata centrale	M kNm	V kN	N kN	σ_{cls} Mpa
fase 0	Peso proprio soletta	4638	0	0	0.0
fase 1	Permanenti portati	2881	0	0	0.0
fase 2	DT	619	0	-6364	4.0
fase 2	Mobili: Mcc-1	6122	0	0	0.0
fase 3	Ritiro	-553	0	3921	-3.0

Tab. 1.4

Dalla finestra *Verifica sezioni* si aggiunge una sezione, oltre a quella già presente all'avvio del programma, attraverso il comando *Aggiungi Sezione Verifica* dal menu SEZIONI; le sezioni sono poi rinominate come SV1 e SV2 nella finestra *Rinomina sezioni* attivabile attraverso il comando *Rinomina Sezioni Verifica* dal menu SEZIONI.

Analogamente a quanto fatto per le sezioni di analisi, si attivano le funzioni di calcolo automatico dell'armatura e di calcolo automatico della larghezza efficace e si assegnano i valori di Tab. 1.5.

		SV1	SV2
Concio		C2	C3
Soletta		S1	S1
x	m	0	25
Campata		2	2
Diametro barre	mm	20	16
passo	cm	5	10

Tab. 1.5

Si aggiungono tre condizioni di carico, oltre a quella già presente all'avvio del programma, attivando per tre volte il comando *Aggiungi Condizione* da menu CARICHI. Nella tabella condizioni si rinominano le condizioni di carico e si assegnano i relativi coefficienti di omogeneizzazione (Fig. 1.71), quindi per le due sezioni si inseriscono i valori di sollecitazioni di Tab. 1.3 e Tab. 1.4.

CONDIZIONI DI CARICO					
Cond.	n	N (kN)	V (kN)	M (kNm)	σ_{cls} (kN)
peso proprio	0	0	1.099	-8.872	0
permanenti	1	0	750	-5.562	0
DT	2	-6.364	0	619	4
mobili	2	0	962	-7.722	0
ritiro	3	3.921	0	-553	-3

Fig. 1.71

Si aggiunge una combinazione di carichi, a quella già presente nella sessione di lavoro, attivando il comando *Aggiungi Combinazione* dal menu CARICHI. Le combinazioni sono in seguito rinominate nella finestra *Rinomina Combinazioni* attivabile attraverso il comando *Rinomina Combinazioni* dal menu CARICHI. Precisamente si rinomina le combinazioni come: DT e ritiro.

Nella tabella *Combinazioni di Carico* si assegnano i fattori moltiplicativi riportati in Fig. 1.72.

COMBINAZIONI DI CARICO			
Condizione	DT	ritiro	
peso proprio		1,5	1,5
permanenti		1,5	1,5
DT		1,2	0
mobili		1,5	1,5
ritiro		0	1,2

Fig. 1.72

Attraverso il comando *Elabora* del menu *ELABORA* si avvia l'analisi. I risultati relativi alla sezione di verifica corrente sono riepilogati nella tabella *Tensioni* (Fig. 1.73) e nella finestra grafica (Fig. 1.74). Per rendere corrente la sezione di verifica si selezioni la sezione nella casella combinata *Sezione* nella finestra principale.

TENSIONI												
cond.	oc	of	oss	os	ot	oli	Ts	Ti	oids	oids	Fsc	
DT	0	-294,802	-272,038	-265,034	202,498	209,502	66,859	59,834	227,477	289,229	826,702	
ritiro	0	-221,191	-197,57	-190,302	294,844	302,113	66,859	59,834	312,527	222,767	826,702	

Fig. 1.73

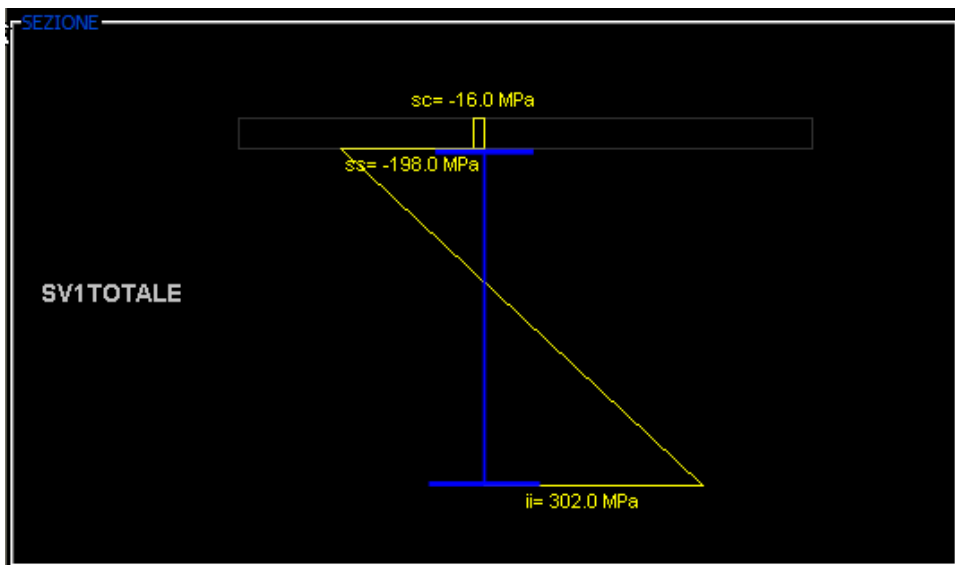


Fig. 1.74

Per visualizzare nella finestra grafica i diagrammi di tensione relativi ad una combinazione di carico, si deve selezionare la riga specifica nella tabella *Tensioni* presentata in Fig. 1.73.

Dall’analisi dei risultati si evince in particolare che:

$$\sigma_{max,acciaio} = 302 \text{ Mpa} < f_y/1.0 = 355 \text{ Mpa} \quad (tensione\ massima\ acciaio)$$

$$\sigma_f = 294 \text{ Mpa} < f_{yk}/1.15 = 373.9 \text{ Mpa} \quad (tensione\ massima\ armatura)$$

$$\sigma_c = 5.27 \text{ Mpa} < 0.85f_{ck}/1.5 = 19.83 \text{ Mpa} \quad (compressione\ massima\ cls)$$

1.6.4 Verifica instabilità

Per la verifica di instabilità si attiva la finestra *Verifica instabilità*. Se quest’ultima non lo è già può essere attivata attraverso il comando *Apri Finestra Instabilità* dal menu *FINESTRE*.

Si assegna alle sezioni di verifica l’acciaio S355. Si assegna un interasse degli irrigidimenti trasversali pari a 2000 mm. La sezione tipo degli irrigidimenti trasversali è così definita:

$$b1xh1 = 120x8$$

$$b2xh2 = 120x8$$

Si avvia l’analisi attivando il comando *Elabora* dal menu *ELABORA*. I valori di calcolo sono riepilogati nella tabella *Tensioni Efficaci* (Fig. 1.75); le tensioni longitudinali agenti nella sezione efficace sono riportati nella finestra grafica (Fig. 1.76). Dall’analisi dei dati di output si evince in particolare che:

$$\sigma_{s,max} = 329 \text{ Mpa} < f_y/1.0 = 355 \text{ Mpa}$$

$$V_{bRd,min} = 6\,920\,635 \text{ N} > V_s = 4216 \text{ kN}$$

$$coefficiente\ verifica\ a\ tagli: n = 0.611 < 1$$

$$coefficiente\ verifica\ azioni\ combinate: n = 0.643 < 1$$

TENSIONI EFFICACI										
cond.	oss (MPa)	all (MPa)	ossred (MPa)	allred (MPa)	VbSd (N)	VbNrId (N)	VbRd (N)	VbRd TOT (N)	coeff. verifica taglio	coeff. verifica V+M+N
DT	-272,038	209,502	-268,242	210,797	4.216.500	7.199.762,738	163.473,985	7.363.236,723	0,573	0,611
Ritiro	-197,57	302,113	-187,618	329,023	4.216.500	7.199.762,738	0	7.199.762,738	0,586	0,643

Fig. 1.75

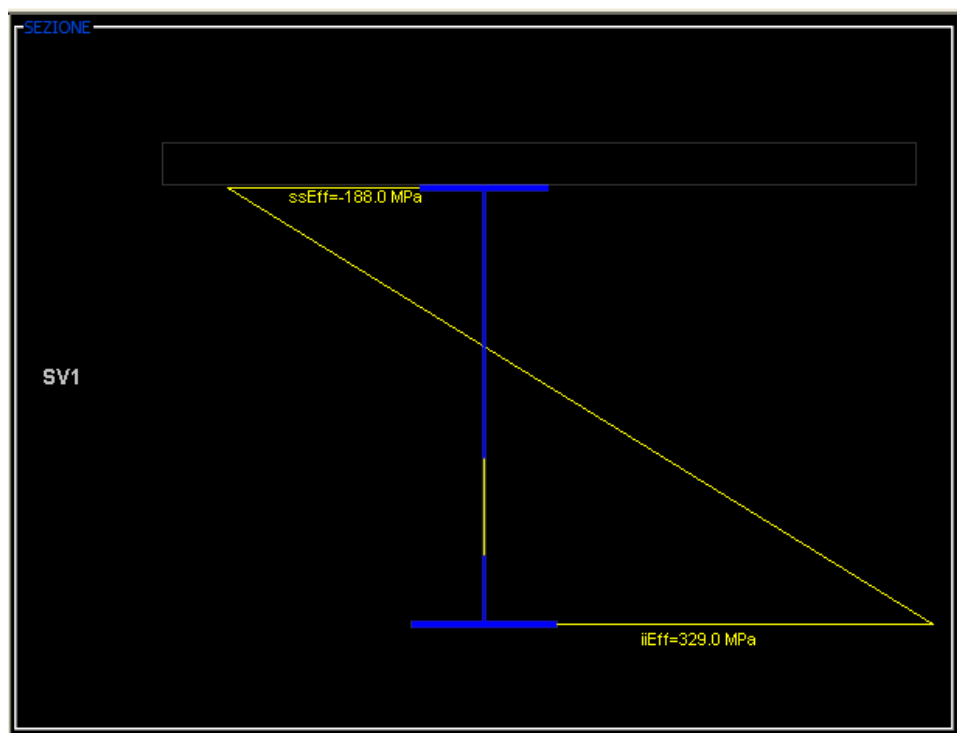


Fig. 1.76

I valori di sollecitazione agenti sulla sezione metallica, e relativi alla combinazione di carico selezionata, sono riportati nelle caselle di testo (non editabili) poste nella finestra principale (Fig. 1.77).

AZIONI SU CONCIO METALLICO

Momento trave acciaio: kNm	-28.407,5
Azione assiale trave acciaio: kN	7.330,6
Taglio trave acciaio: kN	4.216.500

Fig. 1.77

Dai diagrammi di tensione longitudinale rappresentati nella finestra grafica si evince, inoltre, che l'anima risulta instabilizzata e ricorre quindi a riserve di resistenza post critiche. I valori di tensione risultanti sono inferiori ai limiti consentiti, non si necessita di irrigidimenti longitudinali.

Nel caso si vogliano limitare le risorse plastiche della sezione metallica è possibile inserire un irrigidimento longitudinale. Tale operazione è effettuata selezionando il numero di irrigidimenti nella casella di testo a cascata *Numero irrigidimenti anima* nella finestra principale (Fig. 1.78). Si definisce quindi la seguente sezione tipo degli irrigidimenti longitudinali:

$$b1 \times h1 = 120 \times 8$$

$$b2 \times h2 = 80 \times 8$$

e si imposta la quota dell'irrigidimento, da estradosso trave in acciaio, pari a 2000mm.

IRRIDIMENTI LONG. TRAVE DOPPIO T

Pannello1: b1xh1 (mmxmm)	120.0	8.0
Pannello 2: b2xh2 (mmxmm)	80.0	8.0
Quota irrigidimento 1	2000.0	
Quota irrigidimento 2	600	
Numero irrigidimenti Anima	1	▼

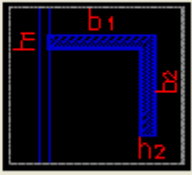


Fig. 1.78

Effettuando nuovamente l'analisi si ottengono i valori di sollecitazione longitudinali massimi riportati in Fig. 1.79, dove si evince inoltre che:

$$\sigma_{s,max} = 308 \text{ Mpa}$$

Una diminuzione, quindi, di circa 6%.

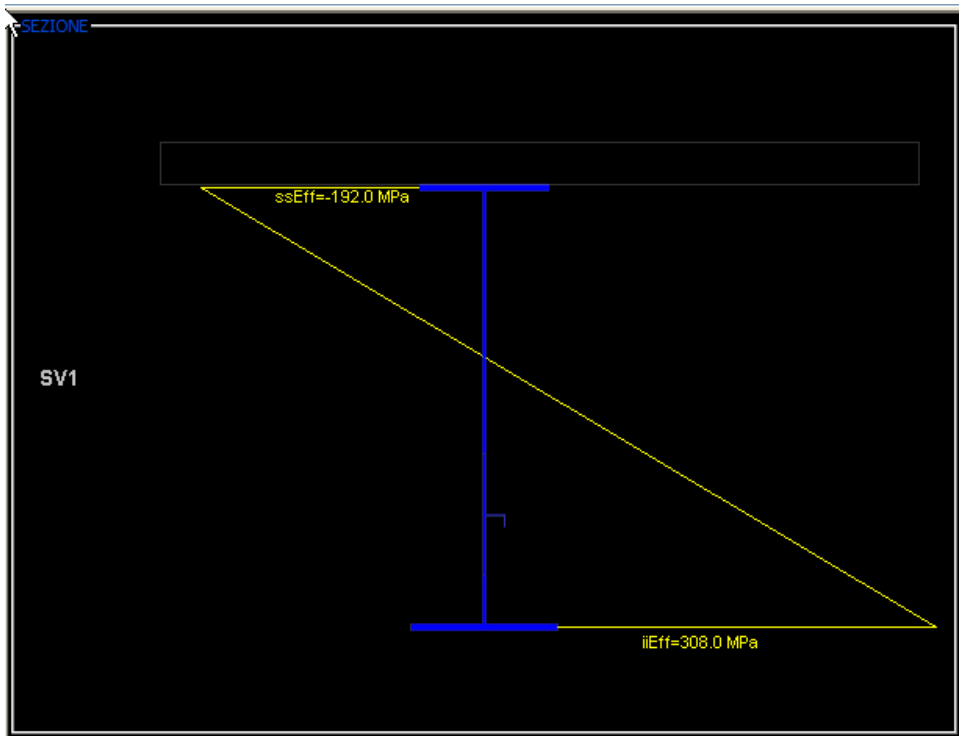


Fig. 1.79

1.6.5 Verifica giunto

Si prevede la realizzazione di un giunto bullonato con bulloni resistenti allo scorrimento per attrito fino agli stati limite ultimi. Le caratteristiche dei giunti sono rappresentate in Fig. 1.80, Fig. 1.81 e Fig. 1.82, dove si assume:

diametro foro: $d_0 = 27\text{mm} + 3\text{mm} = 30\text{ mm}$ (tolleranza 'normale')

Bulloni M27: $A_s = 459\text{ mm}^2$ (Area zona filettata)

Spessore coprigiunti: $t_g = 10\text{ mm}$

$e_{2a} = 50 > 1.5d_0 = 45\text{ mm}$

$e_{2b} = 140\text{ mm}$

$p_2 = 80\text{ mm} < 3.0d_0 = 90\text{ mm}$

$$e_{1a} = e_{1b} = 50 \text{ mm}$$

$$p_1 = 80 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 980 \text{ Mpa (resistenza ultima bulloni)}$$

$$f_{uc} = 510 \text{ Mpa (resistenza ultima coprigiunti)}$$

$$n_u = 0.3 \text{ (coefficiente di attrito)}$$

$$k_s = 1.0 \text{ (coefficiente EC3 6.5.8.1 per fori di tolleranza normale)}$$

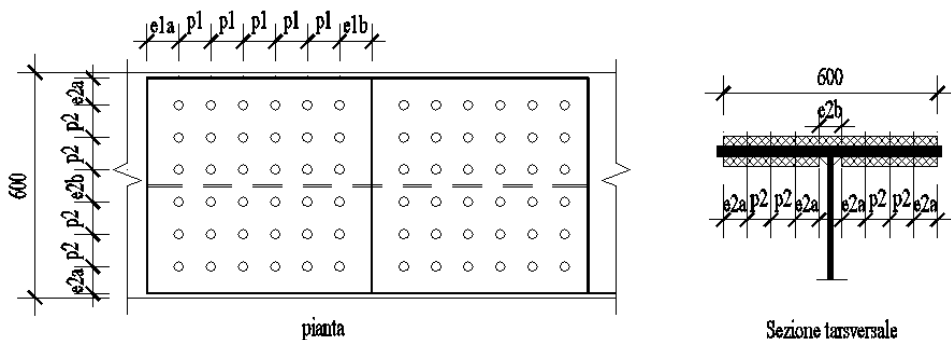


Fig. 1.80

Giunto piattabanda superiore

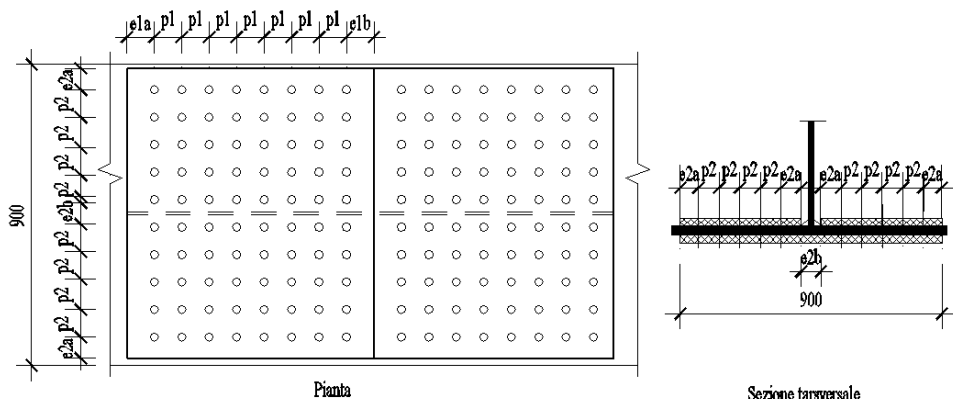


Fig. 1.81

Giunto piattabanda inferiore

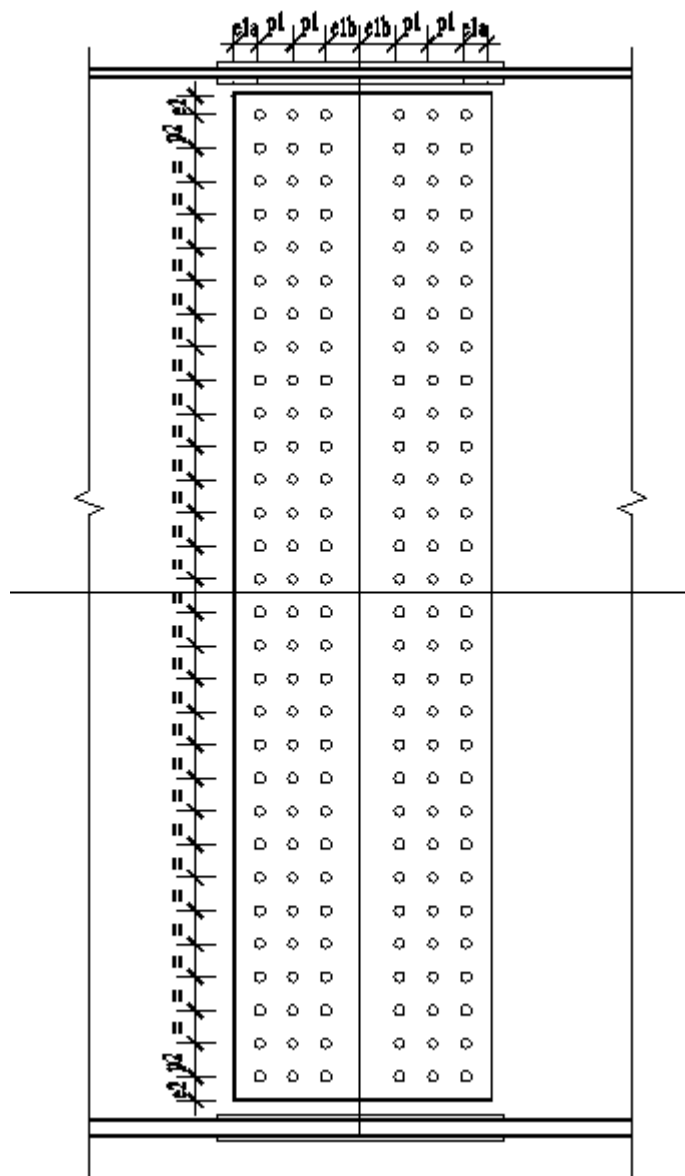


Fig. 1.82

Si attivi quindi la finestra *Verifica giunti* (se non già attiva) attivando il comando *Apri Verifica Giunti* dal menu **FINESTRE**.

La verifica è effettuata in corrispondenza della sezione in appoggio pila⁴. Si selezioni, quindi, nella casella combinata la sezione di verifica SV1.

Si aggiunge il giunto alla sezione attraverso il comando *Aggiungi Giunto* del menu **SEZIONI**.

Si inseriscono nelle caselle di testo le caratteristiche del giunto bullonato sopra riportate.

Si effettua l'analisi attivando il comando *Elabora* dal menu **ELABORA**.

I principali risultati dell'analisi sono riepilogati nelle tabelle in Fig. 1.83, dove si per i bulloni maggiormente caricati:

TENSIONI ALA SUPERIORE						
combo	Vsd	VbRd coprig	VbRd flangia	VvRd	VsRd SLU	VsRd SLE
DT	64,109	306	382,5	269,33	151,14	171,749
Ritiro	103,875	306	382,5	269,33	151,14	171,749

TENSIONI ANIMA						
combo	Vsd	VbRd coprig	VbRd flangia	VvRd	VsRd SLU	VsRd SLE
DT	66,396	306	122,4	269,33	151,14	171,749
Ritiro	58,95	306	122,4	269,33	151,14	171,749

TENSIONI ALA INFERIORE						
combo	Vsd	VbRd coprig	VbRd flangia	VvRd	VsRd SLU	VsRd SLE
DT	117,688	306	612	269,33	151,14	171,749
Ritiro	66,603	306	612	269,33	151,14	171,749

Fig. 1.83

$$Vsd < \min (V_{sRd\ SLU}, V_{bRd\ coprig}, V_{bRd\ flangia})$$

1.6.6 Stampe

La relazione di calcolo è prodotta attivando il comando *Relazione di calcolo* dal menu **ELABORA**. La relazione è riportata in 1.4.

⁴ Si precisa che la realizzazione di giunti bullonati in corrispondenza delle sezioni maggiormente sollecitate (i.e. sezioni in appoggio, sezioni in campata) è, senza dubbio, discutibile, ma funzionale alla dimostrazione delle funzionalità del software.