CDM DOLMEN CALCOLO STRUTTURALE E GEOTECNICO

NODI ACCIAIO

MANUALE UTENTE

INDICE

VERIFICA NODI 3
CERCA NODI 6
NODO TRAVE-TRAVE CON SQUADRETTE D'ANIMA (ND01) 11
NODO COLONNA-TRAVE CON SQUADRETTE D'ANIMA (ND02) 20
NODO COLONNA – PLINTO (ND03) 22
GIUNTO TESTA-TESTA BULLONATO (ND04) 30
NODO DI TRAVATURA RETICOLARE SALDATO (ND05) 35
NODO DI TRAVATURA RETICOLARE BULLONATO (ND06) 43
NODO TRAVE-TRAVE CON PIASTRE (ND07) 47
NODO PIASTRA BULLONATA (ND08) 49
NODO DI COLMO TRAVE-TRAVE (ND09) 50
NODO COLONNA TRAVE CON PIASTRA (ND10) 51
NODO COLONNA TRAVE CON PIASTRA – ATTACCO SULL'ANIMA (ND11) 52
NODO TRAVE PASSANTE SU COLONNA (ND12) 53
NODO COLONNA TUBOLARE – PLINTO o TUBO –TUBO (ND13) 54
COLLEGAMENTI CON PROFILI TUBOLARI (ND14-15) 55
NODO COLONNA SCATOLARE – PLINTO (ND16) 56
NODO DI ATTACCO DI UN TIRANTE (ND17) 57
NODO COLONNA-CAPRIATA (ND18) 58

VERIFICA NODI

Premendo il tasto relativo alla "*Verifica Nodi*" compare un sottomenu nel quale sono presenti una serie di funzioni che permettono di eseguire la definizione, la verifica e la produzione dell'esecutivo di nodi in acciaio. Le funzioni disponibili sono:

- nodo trave-trave con squadrette d'anima (nd1);
- nodo colonna-trave con squadrette d'anima (nd2);
- nodo colonna – plinto (nd3);
- giunto testa - testa bullonato (nd4);
- nodo trave reticolare saldato (nd5);
- nodo trave reticolare imbullonato (nd6);
- nodo trave-trave ad incastro (nd7);
- piastra con bullonatura generica (nd8);
- nodo di colmo trave-trave (nd9);
- incastro trave su ala pilastro (nd10);
- incastro trave su anima pilastro (nd11);
- trave passante su colonna (nd12);
- tubo circolare su flangia (nd13);
- tubo circolare su piastra quadrata (nd14);
- tubo circolare su piastra a quattro ali (nd15);
- colonna scatolare su plinto (nd16);
- tirante con bullonatura generica (nd17);
- nodo colonna – capriata (nd18);
- nodo trave su trave (NA101).

I moduli per acciaio di DOLMEN permettono la definizione, la verifica e il disegno di nodi in acciaio; ogni modulo è dedicato ad una specifica tipologia di nodo e ad essa soltanto è applicabile per intero, ma nulla vieta di sfruttare i calcoli o i disegni in modo parziale, nel caso di nodi non perfettamente coincidenti con la tipologia proposta. Quando il modulo viene lanciato, esso fa riferimento al lavoro corrente e ai file ad esso appartenenti. La definizione geometrica del nodo avviene attraverso l'inserimento da parte dell'utente delle dimensioni degli elementi di collegamento (squadrette, coprigiunti, piastre, ecc.) e del numero, della posizione e del diametro degli eventuali bulloni presenti. Per quanto riguarda le sezioni delle aste convergenti nel nodo, è possibile operare una scelta da profilario, oppure importare le sezioni dall'ambiente grafico tridimensionale indicando a quale nodo della struttura il nodo in realizzazione fa riferimento. Lo stesso principio regola l'acquisizione delle sollecitazioni agenti, che possono essere inserite dell'utente oppure importate dalla fase di calcolo, indicando da quali nodi della struttura effettuare l'importazione. In questo modo è possibile verificare contemporaneamente tutti i nodi corrispondenti alla tipologia in esame presenti nella struttura, ma anche verificare un nodo in assenza di un contesto strutturale.

Terminata la fase di definizione geometrica e stabilite le sollecitazioni agenti, è possibile operare la verifica tensionale del nodo, la quale è preceduta in automatico da una verifica della compatibilità geometrica degli elementi dimensionati in precedenza e dalla verifica della correttezza di interassi e distanze dai bordi dei bulloni eventualmente presenti. In qualsiasi momento è possibile visualizzare il disegno esecutivo del nodo, comprensivo delle tre viste quotate e dei particolari degli elementi di collegamento. Il disegno è anche correlato ad alcune tabelle indicanti tipo e quantità degli elementi costituenti il nodo. È sempre possibile salvare i dati geometrici necessari a definire un nodo, come è possibile attingere da nodi salvati in precedenza per definire nuovi nodi. È inoltre possibile salvare gli esecutivi dei nodi realizzati in formato DIS al fine di plottarli, o leggerli con le applicazioni grafiche di DOLMEN oppure convertirli in formato DXF.

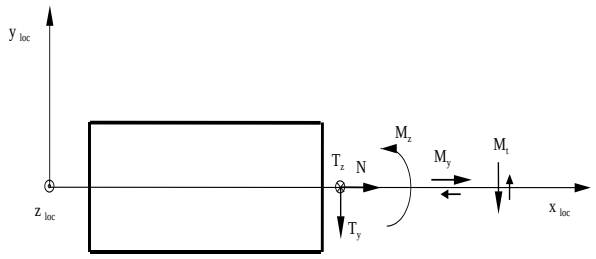
Nel caso si scelga la verifica a SLU, si intende raggiunta la capacità portante quando la tensione elastica tocca il limite di snervamento.

Caratteristiche Comuni

Ogni modulo è specializzato per trattare una specifica tipologia di nodo, pertanto differisce in modo sensibile dagli altri moduli per molte sue parti. Esistono però alcune funzioni comuni a tutti moduli, che vengono qui di seguito brevemente illustrate.

Convenzioni di segno

Per quanto riguarda le sollecitazioni agenti, valgono le convenzioni di segno che vengono qui di seguito riportate:



Unità di misura

Tutte le dimensioni sono espresse in mm (esecutivi, quote e inserimento dati). Le sollecitazioni agenti sono espresse in daN oppure in daN·m. Le tensioni sono espresse in N/mm^2. Qualora si utilizzassero unità di misura differenti da quelle sopra illustrate sarà esplicitamente dichiarato nel programma.

Aiuto immediato

Tutti i moduli dispongono di un aiuto immediato che permette all'utente, posizionandosi con il mouse su un pulsante o su una casella, di leggere, evidenziata in giallo nell'angolo in basso a sinistra della finestra, la funzione del pulsante o il tipo di valore da inserire nella casella.

Pulsanti

Chiudi: provoca la chiusura del modulo.

Verifica: opera la verifica del nodo, preceduta da un controllo sulla correttezza geometrica del dimensionamento effettuato e sull'ammissibilità degli interassi e delle distanze dai bordi dei bulloni eventualmente inseriti. La verifica è condotta con il metodo dello SLU, facendo riferimento alle NTC2008 o delle tensioni ammissibili, facendo riferimento alla *CNR-UNI 10011*. Terminato il calcolo viene aperta la finestra di *Verifica*, che rappresenta una vera e propria relazione di calcolo ed è suddivisa in due parti. Nella prima parte si trova una descrizione del nodo, comprendente:

- nomi dei nodi (o aste) alle quali la verifica fa riferimento (solo nel caso in cui le sollecitazioni siano importate dalla struttura generale);
- tipo di profili utilizzati;
- caratteristiche geometriche degli elementi di collegamento;
- numero identificatore, posizione e diametro dei bulloni (se esistono);
- numero identificatore, caratteristiche geometriche delle saldature (se esistono);
- tensioni ammissibili nei materiali (acciaio, viti, cls);
- coefficienti moltiplicatori della σ_{amm} al fine di ricavare la σ di rifollamento.

Nella seconda parte si trovano i risultati della verifica e vengono riportate, per ogni gruppo di sollecitazioni agenti, tensioni ammissibili e tensioni riscontrate per ogni elemento costituente il nodo. Nell'angolo in alto a sinistra della finestra si trovano due pulsanti: **"Chiudi"**, che provoca la chiusura della finestra, e **"Stampa su file"**, che permette di salvare la relazione di calcolo come file di testo (TXT).

Quando vengono operati i controlli sulla compatibilità geometrica degli elementi e sulla correttezza del posizionamento dei bulloni, l'utente viene avvisato delle eventuali irregolarità riscontrate da specifici messaggi di avviso. Premendo **"OK"** la verifica prosegue, premendo "**Annulla**" invece viene

immediatamente interrotta e l'utente può apportare le opportune correzioni al dimensionamento del nodo.

Salva Nodo: salva tutti i dati relativi alla definizione geometrica del nodo, materiali impiegati e sollecitazioni agenti. A seconda del modulo che si sta utilizzando viene suggerita l'estensione con la quale salvare i nodi. Non appena salvato, il percorso e il nome del nodo appariranno sul titolo della finestra principale, per dare modo di sapere sempre su quale nodo si sta lavorando.

Carica Nodo: consente il caricamento di tutti i dati relativi alla definizione geometrica del nodo, ai materiali impiegati e alle sollecitazioni agenti. È fondamentale che si carichi un nodo della stessa tipologia di quello che si sta realizzando, per fare questo è bene usare sempre le estensioni consigliate. Non appena caricato, il percorso e il nome del nodo appariranno sul titolo della finestra principale.

Salva Disegno: consente il salvataggio dell'esecutivo del nodo in un file disegno (DIS e GRB), leggibile con DOLMEN PLAN, da cui potrà essere plottato o trasferito in DXF.

Opzioni: consente di impostare alcune caratteristiche del disegno, quali la presenza o meno delle quote e della distinta, la scala di visualizzazione dei particolari, i colori e le dimensioni in mm di quote, testi e distinte. Il codice numerico dei colori è:

0: nero	2: blu	4: verde chiaro	6: verde scuro
1: bianco	3: rosso	5: giallo	7: violetto

Chiudi: provoca la chiusura della finestra.

Annulla: chiude la finestra mantenendo invariate le opzioni.

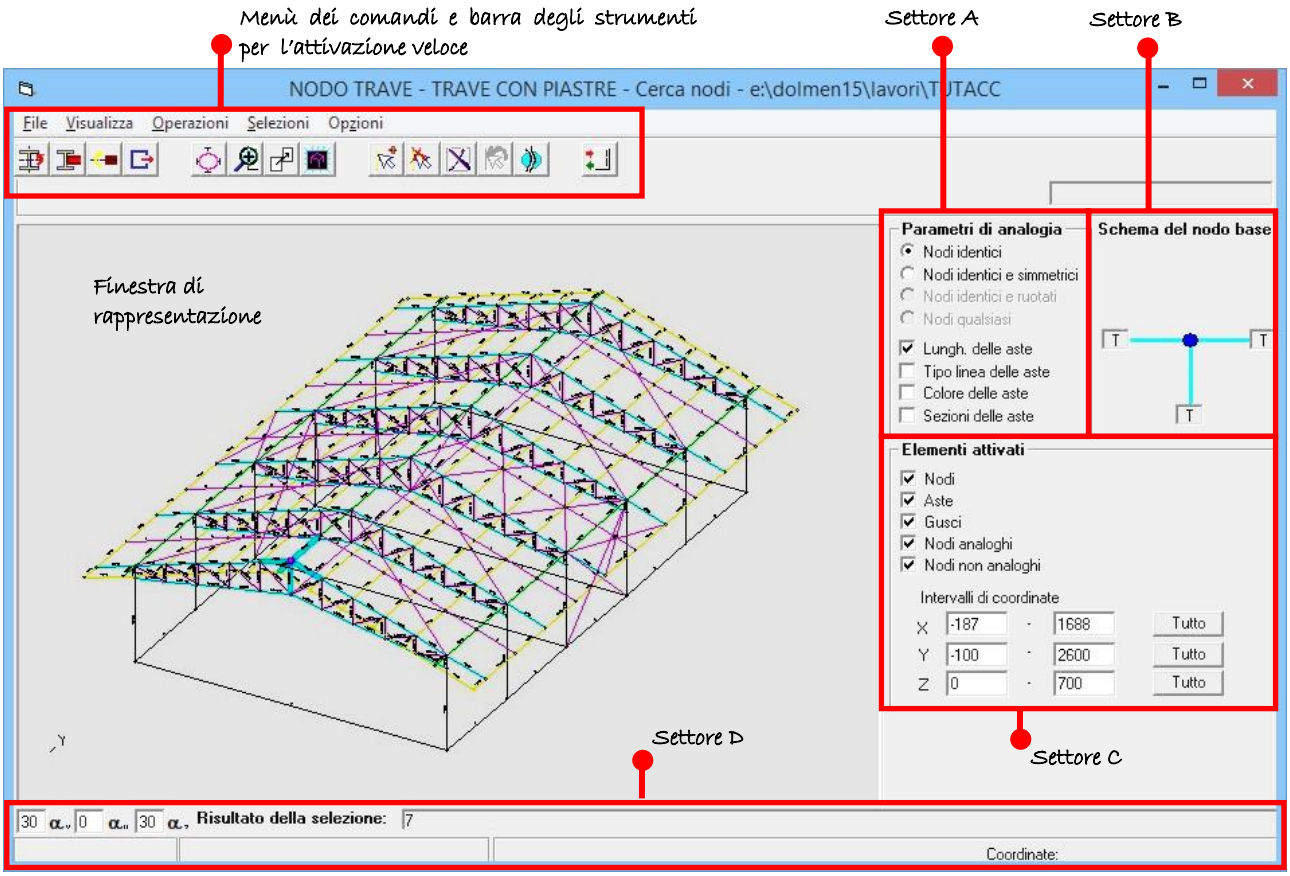
Applica: provoca l'assunzione delle opzioni visualizzate e l'aggiornamento del disegno proposto dal visualizzatore.

Imp. Default: con questa funzione si impostano le opzioni visualizzate come default per tutti i moduli (viene modificato il file *"custom\opzioni.nod"*).

Visualizza Disegno: aggiorna il file *"progra\nodo.dis"*, nel quale viene riportato l'esecutivo del nodo, e apre automaticamente il visualizzatore con *nodo.dis* caricato. Qualora esistesse già un visualizzatore aperto su *nodo.dis* si procederà in automatico con l'aggiornamento della visualizzazione senza effettuare l'apertura di un nuovo visualizzatore. In questo modo viene evitata l'onerosa operazione di continua chiusura e apertura del visualizzatore e risulta particolarmente vantaggioso l'accorgimento di lasciare aperto il visualizzatore durante il dimensionamento del nodo, limitandosi al suo aggiornamento.

CERCA NODI

Tra i comandi disponibili nel pannello di tutti i nodi in acciaio, si trova la voce "**Importa nodi 3D**". Cliccando sul tasto si apre il pannello riportato di seguito.



Questo pannello ha la funzione di facilitare la definizione delle proprietà geometriche e delle caratteristiche di sollecitazione agenti per i nodi di collegamento di aste in acciaio. È possibile caricare la geometria di un nodo ed assoggettarlo alle azioni di più nodi simili. La prima operazione da fare è definire un nodo di riferimento, chiamato "Nodo base" con la funzione "*Operazioni – Scegli nodo base*": la selezione deve essere condotta con il puntatore del mouse verso uno dei nodi della struttura. Al momento della selezione vengono evidenziate le aste che confluiscono nel nodo scelto e viene visualizzato, nel settore B, lo schema del nodo ipotizzando le tipologie delle aste concorrenti sulla base della nomenclatura data per il collegamento interessato. Le tipologie delle aste possono essere modificate cliccando una volta sulla casella in cui compare la lettera di identificazione (C= colonna; T= trave).
La funzione "*Operazioni – Rimuovi aste base*" permette di eliminare alcune delle aste concorrenti nel nodo base: va convenientemente usata prima di selezionare altri nodi analoghi. La selezione dei nodi analoghi, cioè dei nodi simili geometricamente al nodo base, è fatta con la funzione "*Operazioni – Aggiungi nodi*", mentre le successive modifiche possono essere fatte con le funzioni "*Operazioni – Rimuovi nodi*", "*Operazioni – Rimuovi tutti i nodi*" e "*Operazioni – Inverti selezione nodi*".
Perché l'importazione sia efficace è importante che lo schema del nodo base (settore B) sia congruente con quello del programma del nodo che si vuole verificare. Inoltre, prima di importare può risultare utile leggere il "Risultato della selezione" nella barra in basso (settore D) per accertarsi che tutti i nodi desiderati siano stati selezionati.

Di seguito viene riportato il significato dei vari settori evidenziati nell'immagine e di ognuno dei comandi del menù.

Settore "A" – Parametri di analogia

All'interno di questo settore vengono definiti i parametri secondo cui un nodo è ritenuto analogo al nodo base.
I parametri di analogia permettono di selezionare:

1. *nodi identici*: nodi per cui le aste confluenti sono in numero uguale ed ugualmente orientate nello spazio;
2. *nodi identici e simmetrici*: include i nodi identici e quelli simmetrici a questi.

Inoltre, è possibile filtrare la selezione di nodi analoghi spuntando le opzioni relative alle aste (lunghezza, tipo linea, colore, sezione).

Settore "B" – Schema del nodo base

In questa parte di pannello è rappresentato lo schema del nodo base con l'indicazione delle tipologie delle aste: la lettera che compare nella casella può essere modificata cliccando una volta con il mouse sulla casella stessa.

Settore "C"

Nel settore "C" possono essere scelti gli elementi visualizzati nella rappresentazione grafica (nodi, aste, gusci, nodi analoghi, nodi non analoghi). Inoltre, la rappresentazione può essere limitata ad alcuni elementi impostando un intervallo di coordinate "attive" su ciascuno dei 3 assi coordinati e limitando così lo spazio visibile. I pulsanti "TUTTO" permettono di individuare un intervallo sull'asse relativo tale da contenere il disegno dell'intero modello.
Qualora siano attive solo alcune tipologie (ad es. solo aste e nodi), il disegno visualizzato sarà composto dagli elementi attivi presenti all'interno del diedro individuato dagli intervalli impostati.

Settore "D"

Il settore "D" contiene le seguenti informazioni:

- angoli del triedro relativi alla rappresentazione assonometrica;
- lista dei nomi degli elementi selezionati;
- nome del comando attivo;
- coordinate del puntatore all'interno della finestra assonometrica.

Menù file

Importa geometria e sollecitazioni: Consente di importare la geometria del nodo base e le sollecitazioni di tutti i nodi selezionati nel modulo del collegamento chiamante. Lo stesso comando può essere attivato premendo contemporaneamente i tasti CTRL+G.

Importa geometria: Consente di importare la geometria del nodo base nel modulo del collegamento chiamante.

Importa sollecitazioni**:** Consente di importare le sollecitazioni di tutti i nodi selezionati nel modulo del collegamento chiamante.

Salva disegno**:** Consente di salvare il disegno visualizzato nella finestra di rappresentazione. Lo stesso comando può essere attivato premendo il tasto F2.

Esci**:** Consente di uscire chiudendo il pannello. Lo stesso comando può essere attivato premendo contemporaneamente i tasti CTRL+E.

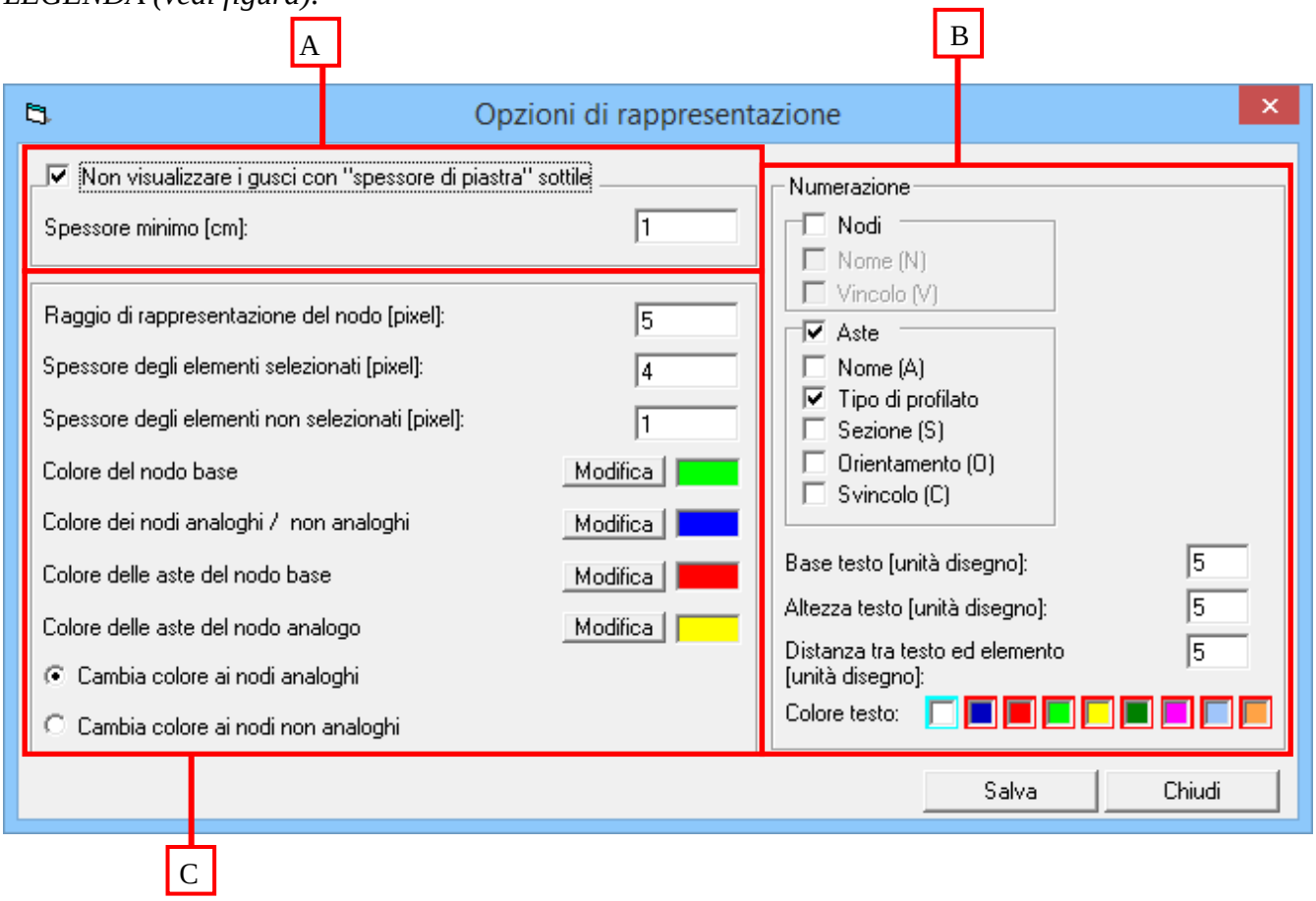
Menù visualizza

Ottimizza	Zoom	Ridisegna	Sposta

Sono i normali comandi CAD per la gestione grafica, dotati di tasti di scelta rapida.

Opzioni: Consente di impostare i parametri relativi alla rappresentazione degli elementi grafici relativi al modello strutturale nella vista assonometrica.

LEGENDA (vedi figura):



A: Se l'opzione è attiva, tutti i gusci aventi spessore di piastra minore del valore contenuto nella casella, non verranno visualizzati.
B: Opzioni di rappresentazione degli elementi visualizzati.
C: Opzioni relative alla numerazione degli elementi strutturali. Possono essere visualizzati:

1. il nome dei nodi (ad es. N1, N2, …) e delle aste (A1, A2, …);
2. il numero della scheda di vincolo esterno (V1, V2, …);
3. il numero della scheda di sezione (S1, S2, …) e la descrizione del tipo di profilo (IPE200, HEA300, …);
4. il numero della scheda di orientamento dell'asta (O1, O2, …);
5. il numero della scheda di svincolo interno (C1, C2, …).

Si possono inoltre specificare dimensioni e colore dei testi. Le opzioni di rappresentazione possono essere salvate in modo da essere attive anche per i successivi lavori.

Menù operazioni

Scegli nodo base: Consente di definire il nodo di riferimento per le caratteristiche geometriche. I passi da compiere sono:

a) Selezione del comando "Scegli nodo base";
b) Selezione di un nodo cliccando una volta con il mouse.

Rimuovi nodo base: Consente di rimuovere il nodo di riferimento.

Rimuovi aste base: Consente di rimuovere una o più aste tra quelle concorrenti nel nodo base (comando da tastiera CTRL+B). Usando questa funzione vengono automaticamente annullate tutte le selezioni. I passi da compiere sono:

a) Selezione del comando "Rimuovi aste base";
b) Selezione di una o più aste con i comandi del menu "Selezione" o cliccando una volta con il mouse direttamente sull'elemento.

Aggiungi nodi: Consente di selezionare uno o più nodi analoghi sulla base dei parametri di analogia (comando da tastiera CTRL+A). I passi da compiere sono:

a) Selezione del comando "Aggiungi nodi";
b) Utilizzo dei comandi del menu "Selezione" per la scelta degli elementi (filtro per colore, per tipo linea, ecc.) o selezione diretta (cliccando con il mouse o aprendo una finestra).

Rimuovi nodi: Consente di deselezionare gli elementi selezionati in precedenza (comando da tastiera CTRL+T). I passi da compiere sono:

a) Selezione del comando "Rimuovi nodi";
b) Selezione diretta con il mouse o utilizzo dei comandi del menu "Selezione" per la scelta degli elementi.

Rimuovi tutti i nodi: Rimuove tutte le selezioni compiute.

Inverti selezione nodi: Trasforma gli elementi "selezionati" in "non selezionati" e viceversa.

Evidenzia tipo aste: Consente di evidenziare con colori differenti la tipologia delle aste come definita nello schema del "settore B" per un nodo specifico. I passi da compiere sono:

a) Selezione del comando "Evidenzia tipo aste ";
b) Selezione diretta con il mouse del nodo interessato.

Interrompi: Interrompe il comando in corso (comando da tastiera CTRL+C).

Menù selezioni

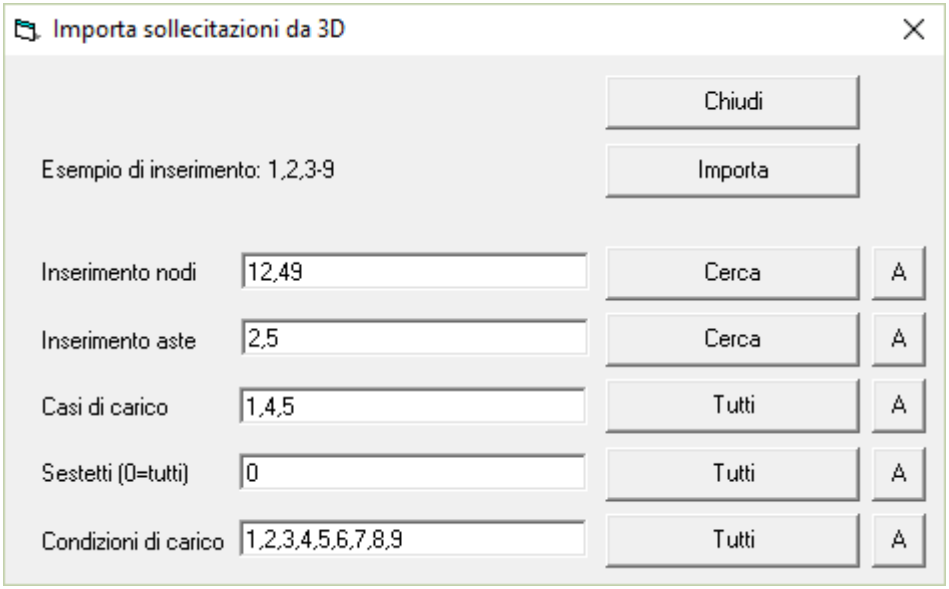
Finestra: Permette di selezionare degli elementi aprendo una finestra.
Questa funzione serve ad assicurare che verrà aperta una finestra sulla prima e sulla seconda posizione puntata dal cursore, ciò è utile in quanto non verranno selezionati elementi nel raggio della trappola del cursore. Può comunque essere aperta una finestra cliccando direttamente in una parte dello schermo dove all'interno della trappola non vengono trovati elementi.
Colore, Tipo punto, Tipo linea, Tipo tratteggio, nome elemento: Permette di selezionare gli elementi digitando il numero corrispondente.
Tutto: Permette di selezionare tutti gli elementi presenti nella rappresentazione assonometrica.

Menù opzioni

Visualizza Coordinate: **V**isualizza le coordinate cartesiane del puntatore all'interno della vista assonometrica appartenenti al settore "D".
Visualizza Assi: **V**isualizza gli assi cartesiani di riferimento della vista assonometrica.
Barra laterale: Consente di visualizzare i settori "A", "B", "C".
Barra delle icone: **V**isualizza la barra degli strumenti per l'attivazione veloce.
Trappola: modifica della dimensione della trappola. Il valore inserito rappresenta la metà del lato del quadrato che circoscrive la croce del puntatore. Unità di misura : pixel video.

IMPORTAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI

Nel pannello delle sollecitazioni è presente il tasto **Imp. 3D**. Il click su di esso provoca l'apertura della finestra seguente.

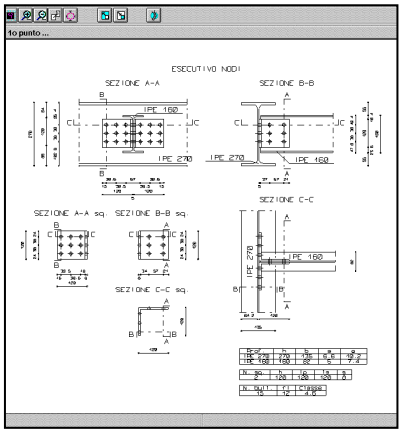


Per eseguire l'importazione è necessario compilare tutti i campi nel seguente modo:

- Inserimento nodi: elencare il nome dei nodi da importare;
- Inserimento aste: elencare, per ogni nodo inserito, il nome dell'asta da cui arrivano le sollecitazioni;
- Casi di carico: elencare i casi di carico da considerare nell'importazione;
- Sestetti: elencare i sestetti da considerare nell'importazione;
- Condizioni di carico: elencare le condizioni da considerare nell'importazione.

Al termine dell'inserimento premere *Importa*.
È possibile completare i vari campi con inserimento manuale oppure utilizzare la funzione *Cerca* che permette di visualizzare il modello 3D e cliccare i nodi e le aste desiderate.
Nelle pagine seguenti è presente una descrizione più dettagliata dei comandi appena elencati.

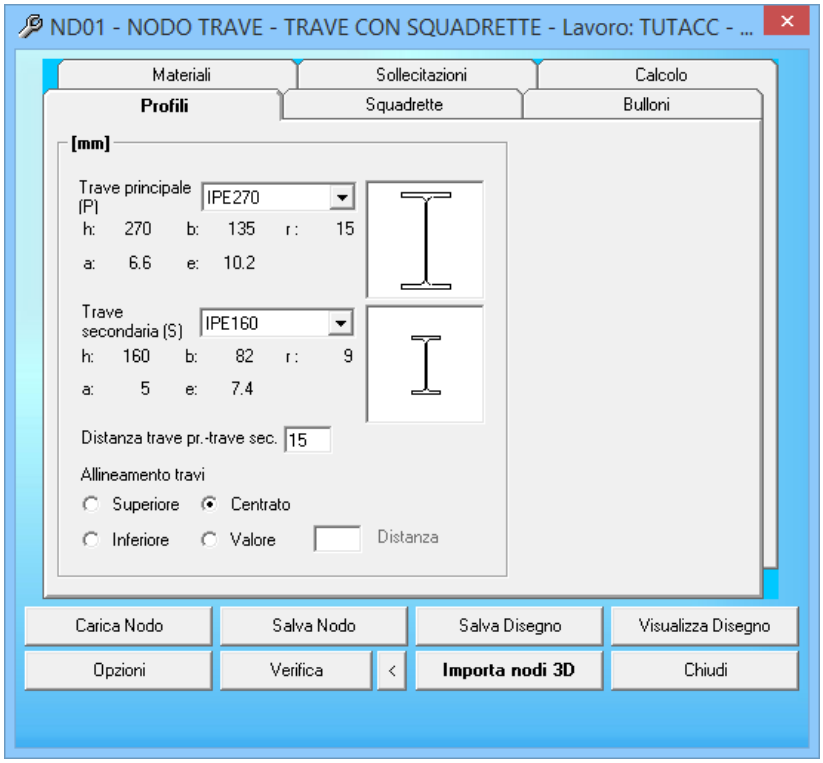
NODO TRAVE-TRAVE CON SQUADRETTE D'ANIMA (ND01)



La tipologia di nodo analizzata da questo programma è l'unione trave-trave con squadrette d'anima. L'unione prevede la presenza di una trave, detta principale, sulla quale si innesta la trave secondaria. La connessione fra le due travi è assicurata dalla presenza di due squadrette a L, identiche tra loro, bullonate alle anime delle due travi. Il tipo di nodo in esame è individuato dall'estensione *nd1*, staticamente schematizzabile con un appoggio, è capace di resistere a taglio verticale e a una bassissima quota di sforzo normale.

Il programma si apre con una finestra nella quale sono individuabili sei linguette:

- Profili;
- Squadrette;
- Bulloni;
- Sollecitazioni;
- Materiali;
- Calcolo.



Vediamo ora il dettaglio delle singole linguette.

Profili

In questa zona è possibile scegliere i due profili che costituiscono la trave principale e la trave secondaria. La scelta può avvenire attraverso una definizione diretta (utilizzando *Definizione trave principale* o *Definizione trave secondaria*) o attraverso il tasto Importa nodi 3D che si trova nella parte bassa del pannello. Per quanto riguarda la definizione diretta, è sufficiente scegliere i profili dall'elenco proposto accanto alle scritte *"Trave principale"* e *"Trave secondaria"*; non appena operata la scelta verranno immediatamente visualizzati i dati relativi alla sezione della trave interessata ed inoltre verrà proposto un disegno schematico della sezione. I disegni schematici delle sezioni relative

alle travi principale e secondaria verranno realizzati rispettando le proporzioni fra le due sezioni e massimizzando le dimensioni della sezione più grande al fine di adattarla alla zona disponibile per il disegno.
L'importazione delle sezioni dalla struttura generale avviene, invece, attraverso il pulsante **"Importa nodi 3D"**, il quale provoca l'apertura della funzione Cerca Nodi (vedi 4.3.1).

Definizione distanza travi

È possibile definire la distanza fra la trave secondaria e l'anima della trave principale (figura pagina seguente, distanza $\mathbf{d_3}$) inserendo il valore desiderato nella casella accompagnata dalla scritta *Distanza trave pr.-trave sec.* Come default si attribuisce a $\mathbf{d_3}$ un valore pari al raggio della trave principale, valore riproposto ogni volta in cui la sezione della suddetta trave viene cambiata.

Definizione allineamento travi

È possibile definire l'allineamento verticale fra le due travi (figura pagina seguente, distanza $\mathbf{d_1}$), le opzioni possibili sono quattro:

- *allineamento superiore:* il lembo superiore dell'ala superiore della trave secondaria coincide con il lembo inferiore dell'ala superiore della trave principale ($\mathbf{d_1}$=0);



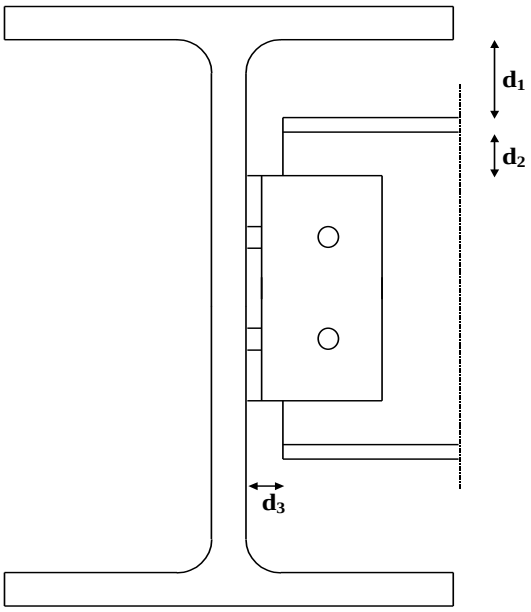
- *allineamento inferiore:* il lembo inferiore dell'ala inferiore della trave secondaria coincide con il lembo superiore dell'ala inferiore della trave principale;



- *allineamento centrato;*



- *valore*: $\mathbf{d_1}$ può assumere un valore qualsiasi (negativo per considerare la distanza diretta verso l'alto).



Squadrette

In questa zona è possibile dimensionare le squadrette e definire la loro posizione rispetto alle travi.

Definizione squadrette

Per definire geometricamente le squadrette è necessario inserire:

- lunghezza del lato squadretta adiacente alla trave principale;
- lunghezza del lato squadretta adiacente alla trave secondaria;
- altezza della squadretta;
- spessore della squadretta.

Per inserire queste dimensioni è sufficiente digitare il valore nell'apposita casella; per far sì che il disegno schematico della squadretta venga aggiornato con le nuove dimensioni premere <INVIO> oppure passare ad un'altra casella.

Allineamento squadrette

È possibile definire l'allineamento verticale fra la squadretta e la trave secondaria (distanza $\mathbf{d_2}$), le opzioni possibili sono quattro:



- *allineamento superiore:* la squadretta dista dal lembo inferiore dell'ala superiore della trave secondaria una distanza pari al raggio della trave secondaria ($\mathbf{d_2} = r_{sec}$);



- *allineamento inferiore:* la squadretta dista dal lembo superiore dell'ala inferiore della trave secondaria una distanza pari al raggio della trave secondaria;



- *allineamento centrato*

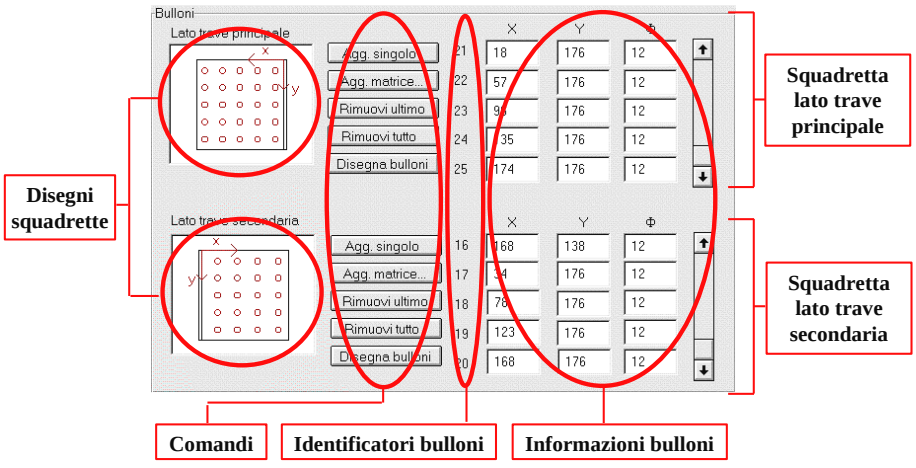
- *valore*: $\mathbf{d_2}$ può assumere un valore qualsiasi purché positivo e maggiore del raggio della trave secondaria.

Proponi: Questa funzione attribuisce alla squadretta la massima altezza compatibile con la trave secondaria, imposta le lunghezze dei due lati pari all'altezza e lo spessore pari a quello dell'anima della trave secondaria, approssimato per eccesso. Può essere un aiuto per operare un dimensionamento geometricamente compatibile con le travi.

Bulloni

In questa zona è possibile inserire, rimuovere, spostare i bulloni che collegano le squadrette alla trave principale e a quella secondaria.

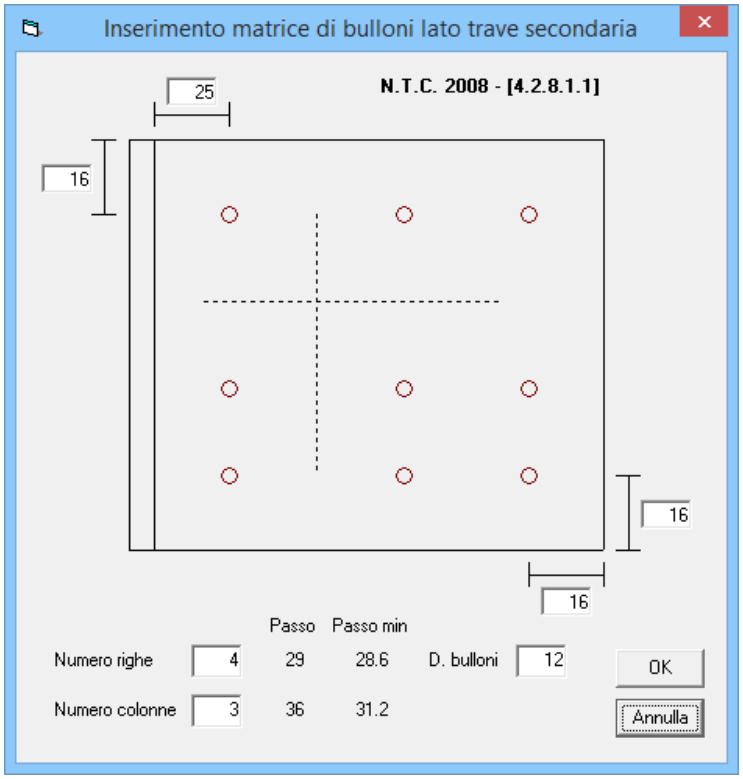
Disegni squadrette: Rappresentano le viste laterali di una delle due squadrette e più precisamente la vista relativa al lato adiacente alla trave principale e quella relativa al lato adiacente alla trave secondaria. Vengono aggiornati in contemporanea alle due viste presenti nella zona squadrette (relativamente alle dimensioni delle squadrette), all'inserimento di nuove matrici di bulloni o alla pressione del tasto **"Disegna bulloni"** (relativamente ai bulloni assegnati). Le due viste mantengono le proporzioni reali fra i lati delle squadrette.



Comandi: Sono composti da cinque pulsanti relativi al *lato trave principale* e da cinque relativi al *lato trave secondaria*.

Agg. Singolo: Effettua l'aggiunta di un singolo bullone.

Agg. Matrice: Permette l'aggiunta di una matrice di bulloni. Provoca l'apertura di una finestra che permette di impostare i parametri necessari per l'inserimento: è prevista una finestra per il *lato trave principale* e una per il *lato trave secondaria*.



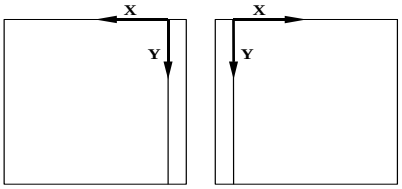
I dati richiesti sono:

- distanze della matrice dai bordi della squadretta (misurate dal centro del foro della bullonatura di estremità);
- numero di righe della matrice;
- numero di colonne della matrice;
- diametro dei bulloni inseriti.

Il programma fornisce immediatamente il passo fra le righe, il passo fra le colonne e, come raffronto, il valore indicato dalla normativa come il limite minimo dell'interasse fra i bulloni. Il valore del passo così fornito è ottenuto arrotondando per difetto il passo reale. Per inserire i dati è sufficiente digitare i valori nelle apposite caselle. Per aggiornare i passi visualizzati premere <INVIO> oppure passare ad un'altra casella.

In questo pannello, il tasto Annulla chiude la finestra senza inserire alcun bullone; il tasto Ok utilizza i dati visualizzati per calcolare le coordinate dei bulloni da inserire. Gli assi di riferimento secondo i quali sono date le coordinate sono indicati nei disegni delle squadrette e sono per comodità riportati nelle figure sottostanti . Le coordinate sono calcolate attribuendo fra bullone e bullone un passo verticale e orizzontale pari all'intero che meglio approssima per difetto il passo reale, e aggiungendo all'interasse dei bulloni 1 mm fino all'esaurimento del resto. Ogni bullone viene fornito di un *Identificatore*, un numero progressivo che servirà come riferimento per individuare quello specifico bullone. La chiusura della finestra con **"OK"** provoca automaticamente il disegno dei bulloni sul *Disegno squadretta* del lato interessato.

Convenzioni delle coordinate dei bulloni:



lato trave principale *lato trave secondaria*

Rimuovi ultimo: Rimuove l'ultimo bullone inserito, cioè quello con l'*Identificatore* più alto.

Rimuovi tutto: Rimuove tutti i bulloni presenti sul lato interessato. È preceduto da un messaggio di avviso che chiede conferma dell'operazione.

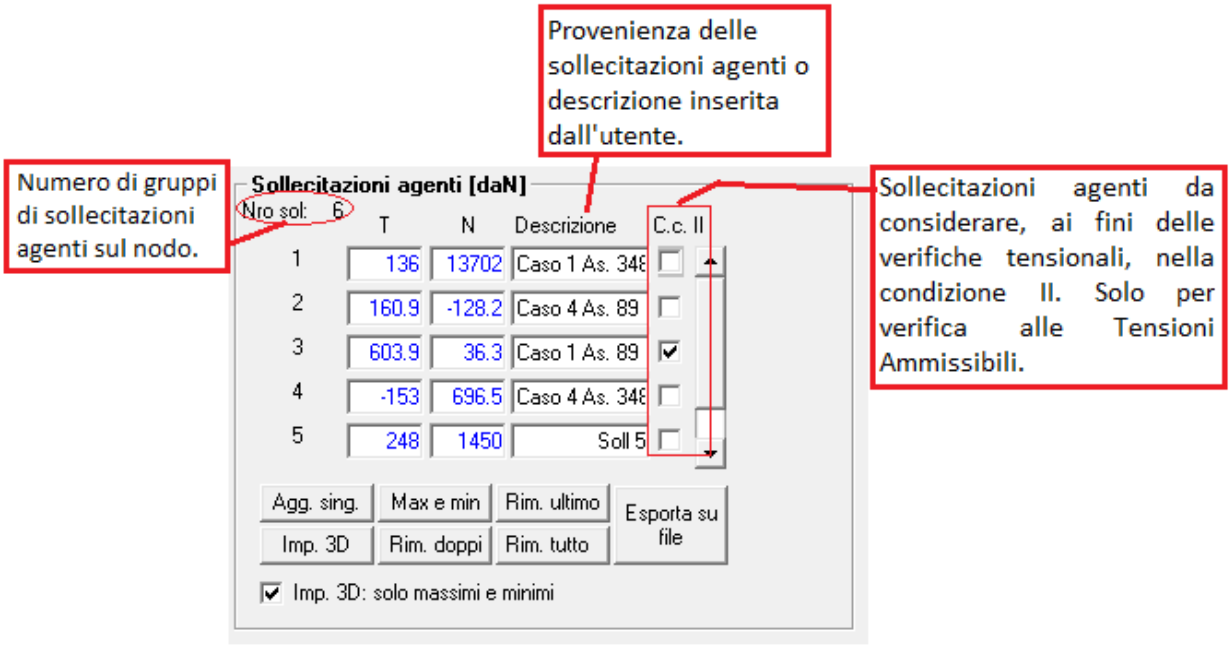
Disegna bulloni: Provoca la visualizzazione in *Disegni squadrette* tutti i bulloni presenti sul lato interessato. Risulta utile per visualizzare i bulloni inseriti con "*Agg. singolo*", in quanto l'inserimento di una matrice è visualizzato automaticamente.

Identificatori bulloni: Sono dei numeri progressivi, attribuiti ai bulloni secondo l'ordine di inserimento, utili per identificarli. Per operare la rimozione di un bullone qualsiasi è sufficiente cliccare due volte sul suo *identificatore*.

Informazioni bulloni: Per ogni bullone inserito, sono visualizzate le coordinate e il diametro dello stesso; tutti i dati visualizzati sono modificabili semplicemente digitando i nuovi valori nelle relative caselle. Per scorrere l'elenco dei bulloni utilizzare le barre di scorrimento verticali.

Sollecitazioni

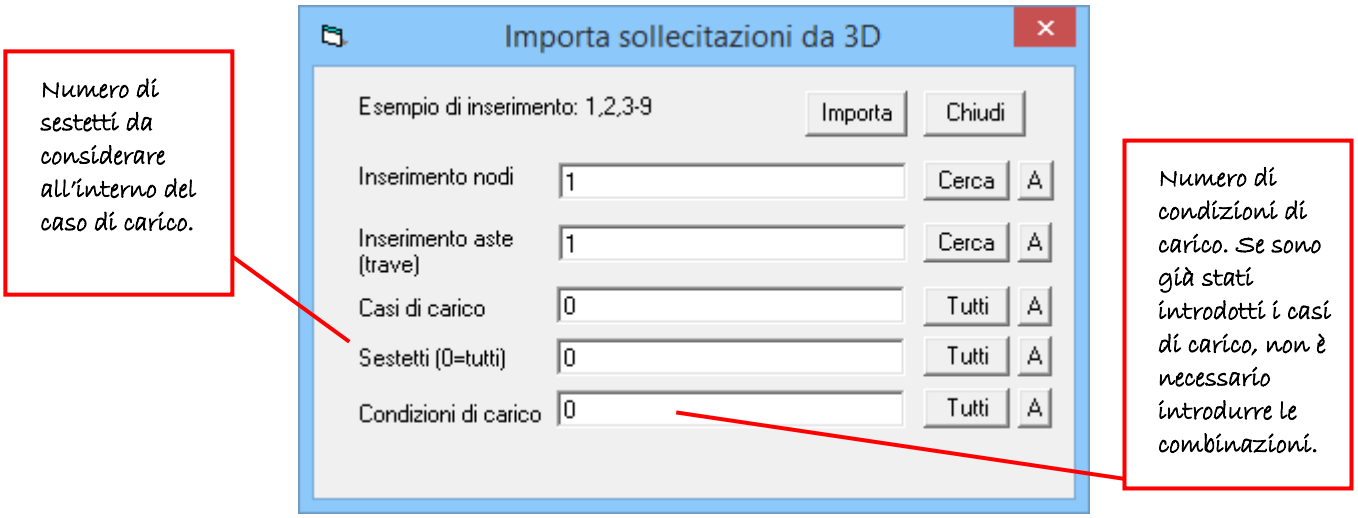
In questa zona è possibile stabilire con quali sollecitazioni operare la verifica del nodo. Le sollecitazioni possono essere inserite direttamente dall'utente (seguendo le convenzioni di segno illustrate nell'introduzione), oppure importate dalla fase di calcolo.



Imp. 3D

Permette di importare dalla struttura le sollecitazioni agenti sul tipo di nodo in fase di dimensionamento e verifica. Provoca l'apertura della finestra riportata nella figura seguente, che risulta già compilata se i dati del nodo sono stati importati tramite il tasto Importa nodi 3D.
Si descrivono brevemente le parti della finestra:

- **Inserimento nodi, Inserimento aste:** al fine di permettere l'importazione delle sollecitazioni è necessario indicare a quali nodi della struttura fare riferimento e, relativamente a ciascun nodo, da quale delle aste convergenti prelevare le sollecitazioni. È possibile inserire queste informazioni indicando i singoli nodi (o aste) con i loro nomi separati da una virgola e/o indicando intervalli di nodi (o aste) separando due nomi con un tratto (Es. 1,2,3-5 significa dall'uno al cinque). È necessario che fra i nodi e le aste inseriti vi sia una assoluta corrispondenza, cioè che l'asta corrispondente al nodo converga effettivamente nel nodo stesso.



- **Inserimento casi di carico:** è necessario indicare quali casi di carico considerare nell'importazione delle sollecitazioni. La modalità di inserimento risulta identica a quella illustrata per l'inserimento dei nodi e delle aste (par. 5.1.1). Premendo il tasto **"***Tutti***"** si effettua l'inserimento di tutti i casi di carico esistenti nel lavoro corrente.

- **Importa:** opera l'importazione delle sollecitazioni agenti nelle aste inserite, nelle sezioni corrispondenti ai nodi inseriti, relativamente ai casi di carico inseriti. Le sollecitazioni agenti così importate verranno aggiunte a quelle eventualmente già presenti. Poiché la tipologia di nodo analizzata è in grado di assorbire solamente taglio verticale (T_y) e sforzo normale (in ridottissima quantità). Queste saranno le uniche sollecitazioni agenti importate.

- **Chiudi:** Chiude la finestra *Importa sollecitazioni da 3D*.

Max e min

Riduce l'elenco di sollecitazioni agenti ai gruppi comprendenti T_{max}, T_{min}, N_{max} e N_{min}. Per ogni sollecitazione massima o minima è conservato un solo gruppo di sollecitazioni ad essa collegato. Qualora esistessero più gruppi comprendenti la sollecitazione massima o minima verrà conservato quello che presenta la restante sollecitazione con il massimo valore assoluto.

Descrizione

Serve per identificare il gruppo di sollecitazioni agenti. Se il gruppo è stato importato dalla struttura, *Descrizione* indica nell'ordine il caso, l'asta e il nodo di provenienza. Se il gruppo è stato inserito dall'utente, *Descrizione* si compone di un prefisso *Soll* e di un numero che indica l'ordine di inserimento del gruppo. Le descrizioni sono modificabili dall'utente, semplicemente sostituendo all'esistente la dizione desiderata. Per operare la rimozione di un gruppo di sollecitazioni qualsiasi è sufficiente cliccare due volte sul numero presente nella prima colonna della tabella.

Valori

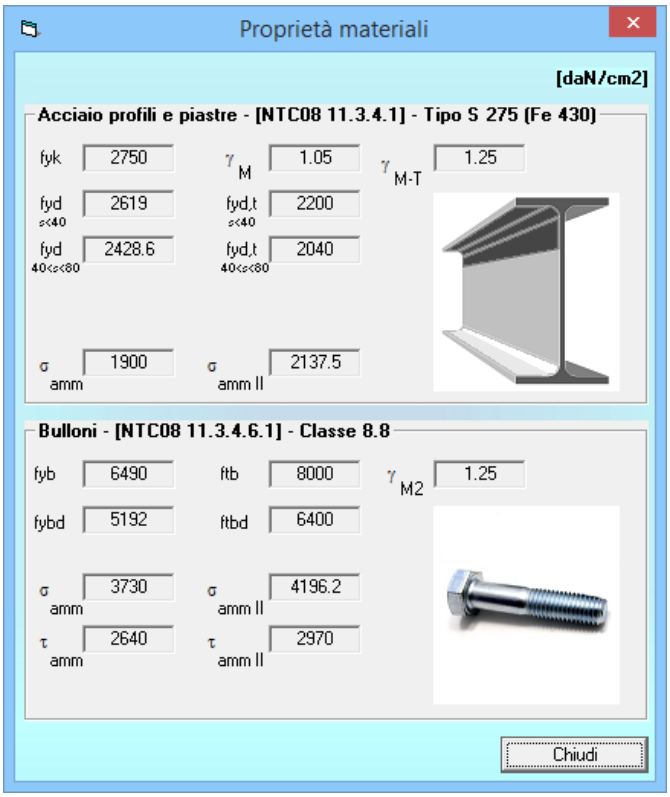
In questa porzione di finestra sono visualizzati i valori (modificabili) delle sollecitazioni inserite. L'unità di misura utilizzata è il daN; per scorrere l'elenco di sollecitazioni utilizzare la barra di scorrimento verticale.

Tipi di casi di carico

È possibile selezionare, per ogni gruppo di sollecitazioni, il tipo di caso di carico al quale appartiene. La casella abilitata indica che è il caso di carico di origine del gruppo è di tipo II, la casella disabilitata indica un caso di carico di tipo I.

Materiali

Portando in primo piano la linguetta dei materiali, è possibile scegliere i materiali che costituiscono il nodo. I materiali da scegliere sono: l'acciaio che costituisce i profili e le squadrette e la classe di appartenenza delle viti. Le categorie disponibili sono quelle indicate dalle *NTC 2008* e i dettagli possono essere visualizzati premendo sul tasto "*Proprietà*" e aprendo la finestra riportata di seguito.
È inoltre possibile definire manualmente materiali diversi da quelli previsti modificando il file "materialintc08.tx1". Per ulteriori dettagli a riguardo chiamare l'assistenza tecnica al numero 0114470707.



Verifica Geometrica

Come già illustrato nell'introduzione, premendo il tasto "Verifica" la verifica tensionale viene preceduta da una verifica sulla compatibilità geometrica dei vari elementi costituenti il nodo. Quando viene riscontrata un'incongruenza l'utente viene avvertito con un messaggio d'avviso; i messaggi previsti per questa tipologia di nodo sono illustrati qui di seguito.

- *Incompatibilità geometrica fra squadretta e trave principale*: la squadretta è troppo alta in rapporto alla trave principale;
- *Incompatibilità geometrica fra la posizione della squadretta e la trave principale*: la squadretta occupa una porzione di spazio occupata anche dalla trave principale. Agire sull'allineamento squadretta-trave secondaria, sull'allineamento trave principale - trave secondaria o sull'altezza degli elementi interessati;
- *Incompatibilità geometrica fra squadretta e trave secondaria*: la squadretta è troppo alta in rapporto alla trave secondaria;
- *Incompatibilità geometrica fra la posizione della squadretta e la trave secondaria*: la squadretta occupa una porzione di spazio occupata anche dalla trave secondaria. Agire sull'allineamento squadretta - trave secondaria o sull'altezza degli elementi interessati;
- *Incompatibilità geometrica fra la posizione della trave secondaria e la trave principale*: viene effettuata una verifica sulla compatibilità della posizione della trave secondaria con la presenza dell'arrotondamento all'attacco della anima sulla trave principale. Qualora la configurazione del nodo abbia reso necessario operare un taglio della trave secondaria la distanza d_v viene posta pari a metà del raggio della trave principale;
- *Dimensioni della squadretta negative o nulle*;
- *Spessore squadretta troppo elevato*: lo spessore della squadretta è superiore alle dimensioni di uno dei due lati della squadretta stessa.

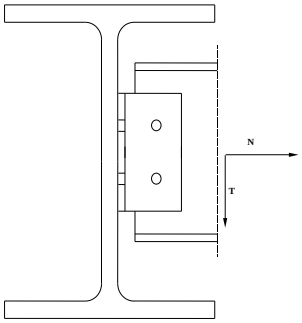
Vengono anche effettuati dei controlli sulla posizione dei bulloni:

- *Bulloni fuori dalla squadretta lato trave principale;*
- *Bulloni fuori dalla squadretta lato trave secondaria;*

- *Rispetto delle distanze dai bordi e degli interassi minimi e massimi tra i bulloni (NTC 2008 – Tabella 4.2.XIII).*

Verifica Sollecitazioni

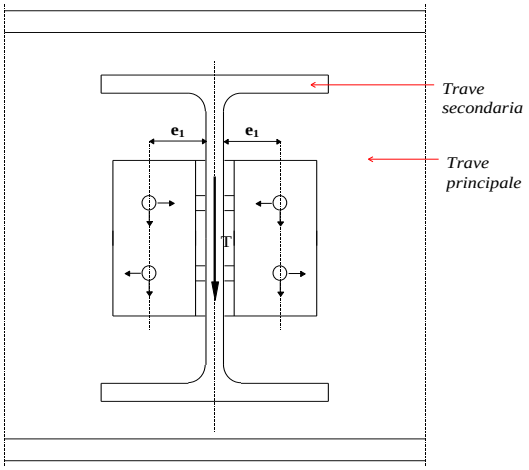
La tipologia di nodo *nd1* è schematizzabile con una cerniera in grado di trasferire lo sforzo di taglio dall'anima della trave secondaria all'anima della trave principale.



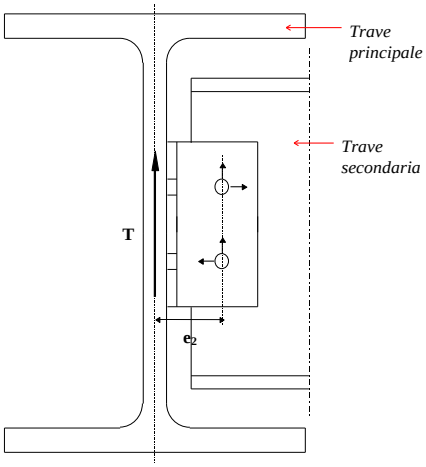
Il nodo è verificato anche per sforzi normali agenti sulla trave secondaria, pur mostrando una resistenza quasi nulla di fronte a sollecitazioni del genere. Questa scelta è stata fatta per rendere possibile l'utilizzo di questo tipo di nodo in una struttura tridimensionale ad elementi finiti, nella quale è frequente osservare nelle aste la presenza di sforzi normali molto bassi, ma non nulli. La verifica viene condotta sulla base della seguente ipotesi semplificatrice: *si assume uguale a zero la rigidezza torsionale della trave principale.*

Si trascurano pertanto i momenti torcenti agenti sulle ali delle squadrette ed i conseguenti tiri nei bulloni. In realtà insorgono comunque nella squadretta effetti parassiti dovuti all'eccentricità del piano medio della trave rispetto alla squadretta stessa. Per questa ragione è consigliabile seguire la regola di non utilizzare mai squadrette di spessore inferiore a metà del diametro dei bulloni. Le convenzioni per l'inserimento delle sollecitazioni sono in accordo con quelle illustrate nell'introduzione, in particolare si immagina di inserire le sollecitazioni sulla trave secondaria, sulla faccia (*ritenuta positiva*) opposta alla trave principale. Gli elementi verificati sono: bulloni, squadrette a rifollamento, squadrette forate a taglio e presso-flessione, profilo forato e/o tagliato a taglio e presso-flessione.
I bulloni sono verificati a taglio e trazione secondo le indicazioni delle *NTC 2008 § 4.2.8.1.1* oppure secondo le *CNR 10011 § 5.3* a seconda che si scelga di svolgere la verifica secondo SLU o secondo tensioni ammissibili.

Taglio



squadrette lato trave principale



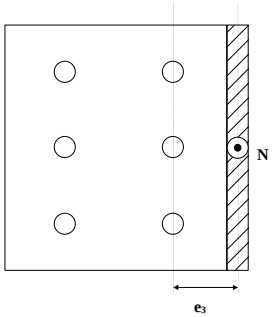
squadrette lato trave secondaria

Squadrette e bulloni vengono verificati a taglio secondo gli schemi in figura.
L'insieme dei bulloni risulta sollecitato a taglio e torsione, le squadrette a taglio e flessione. La verifica delle squadrette è convenzionale, esse sono considerate come mensole incastrate in corrispondenza della sezione bullonata. Entrambe le squadrette sono verificate in corrispondenza della sezione forata più vicina al baricentro dei bulloni, le sezioni considerate sono depurate dai fori.

Sforzo normale

Squadretta lato trave principale: lo sforzo normale agente sulla trave secondaria viene distribuito in quote uguali a ciascuno dei bulloni. La squadretta viene verificata a flessione, considerando come

sezione reagente quella forata più vicina al bordo irrigidito. Se lo sforzo normale risulta essere di compressione viene trascurato.
Squadretta lato trave secondaria: lo sforzo normale viene considerato applicato nel baricentro dei bulloni inseriti, la squadretta e i bulloni sono pertanto sollecitati senza eccentricità parassite.



Profilo

La trave secondaria viene verificata a rifollamento, a taglio e a presso flessione. Le verifiche di taglio e presso flessione sono condotte nella sezione bullonata più vicina al baricentro dei bulloni. Qualora la trave secondaria abbia subito dei tagli per inserirla nella trave principale, queste riduzioni di sezione sono sommate ai fori prodotti dai bulloni.

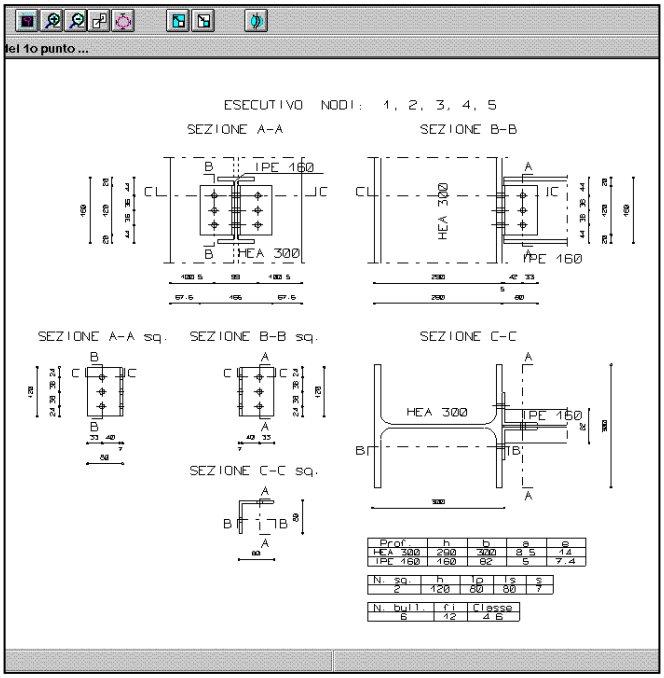
Stampa

Nella stampa della relazione di calcolo sono usate alcune abbreviazioni, i significati sono indicati nella legenda che viene visualizzata cliccando sul tastino accanto a "*Verifica*". Per maggior chiarezza, si riportano di seguito gli stessi significati.

BULLONI
$F_{v,Ed}$: taglio agente
$F_{v,Rd}$: taglio resistente di calcolo
$F_{b,Rd}$: resistenza a rifollamento
$F_{t,Ed}$: trazione agente
$F_{t,Rd}$: resistenza a trazione
$B_{p,Rd}$: resistenza a punzonamento
Coeff-1: interazione lineare trazione – taglio (*NTC 2008 formula 4.2.65*)
Coeff-2: limitazione relativa al coeff-1
Ver: esito della verifica

SQUADRETTE E PROFILI
$S_{id,max}$: tensione ideale massima
f_d: tensione limite di calcolo

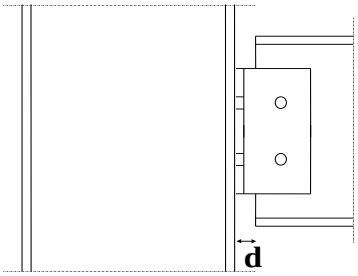
NODO COLONNA-TRAVE CON SQUADRETTE D'ANIMA (ND02)



La tipologia di nodo analizzata da questo modulo è l'unione colonna-trave con squadrette d'anima. L'unione fra la trave e la colonna avviene attraverso due squadrette bullonate che collegano l'anima della trave all'ala (*attacco all'ala*) oppure all'anima (*attacco all'anima*) della colonna. Questo tipo di nodo presenta molte analogie con il nodo trave-trave con squadrette d'anima (ND1 – par. 4.3.2) nell'inserimento dei dati e nelle verifiche. Pertanto nelle pagine seguenti verranno illustrati solo gli elementi di novità che ND2 presenta, rimandando al capitolo relativo a ND1 per le rimanenti spiegazioni.

Profili

Definizione distanza



È possibile definire la distanza fra l'ala (o l'anima) della colonna e la trave (vedi figura). Viene di default posta uguale allo spessore della squadretta e variata in automatico ogni qualvolta viene variato quest'ultimo.

La trave può innestarsi sull'ala o sull'anima della colonna. Per scegliere è sufficiente selezionare il tipo di attacco desiderato.

Squadrette

Proponi

Ridefinisce le dimensioni delle squadrette adattandole alla geometria del nodo. Imposta l'altezza della squadrette in base all'altezza della trave, la larghezza lato colonna in base al tipo di attacco e alle dimensioni della colonna. La larghezza lato trave viene posta pari all'altezza e lo spessore pari allo spessore dell'anima della trave approssimato per eccesso.

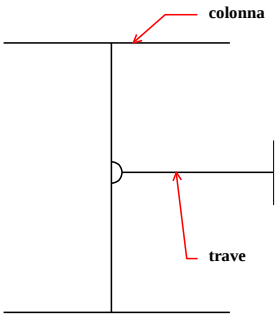
Verifica Geometrica

I messaggi di avviso tipici di questo modulo sono esposti qui di seguito (per i mancanti vedere 4.3.2):

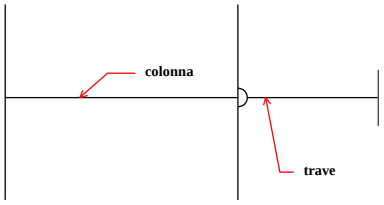
- *Incompatibilità geometrica fra squadretta e colonna*: il lato colonna della squadretta è troppo lungo.
- *Incompatibilità geometrica fra squadretta e trave*: la squadretta è troppo alta in rapporto alla trave.
- *Raggio colonna interferisce con bulloni lato colonna*: in caso di attacco all'ala è possibile che i bulloni risultino inseriti in una posizione incompatibile con il raggio della colonna, rendendo impossibile la realizzazione pratica del nodo.

Verifica Sollecitazioni

La tipologia di nodo in questione è staticamente schematizzabile con una cerniera. I giunti a squadretta, infatti, sono inadatti a sopportare un momento flettente, che si tradurrebbe in un momento torcente sulla ali delle squadrette, e permettono la rotazione della trave collegata. Lo schema statico adottato prevede una cerniera sull'asse dell'anima della colonna, nel caso di attacco all'anima, e sull'asse dell'ala della colonna nel caso di attacco all'ala (vedi figure sottostanti).



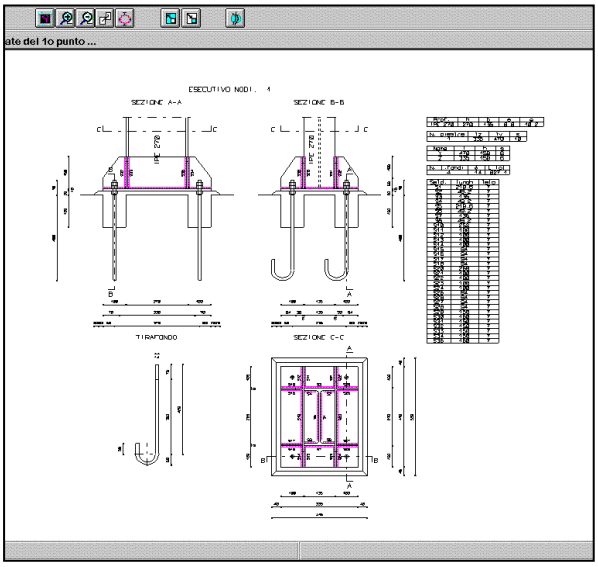
schema statico dell'attacco all'anima



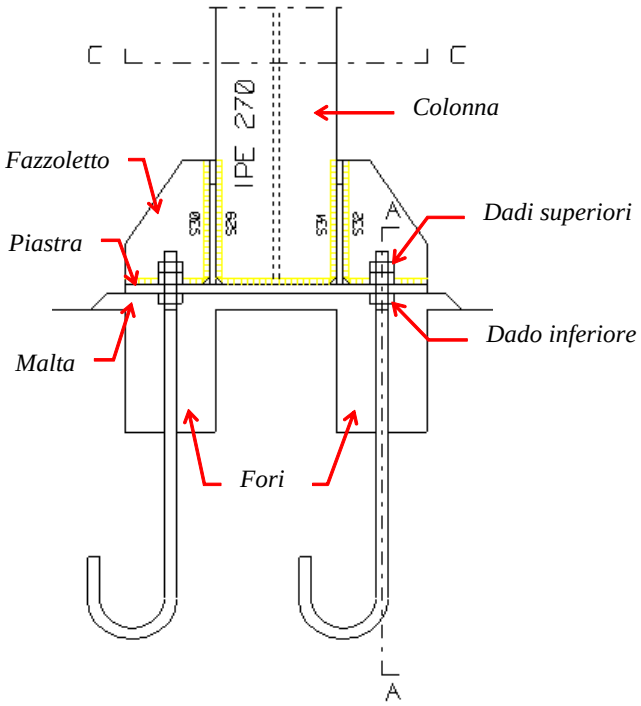
schema statico dell'attacco all'ala

Le convenzioni riguardo le sollecitazioni agenti e i metodi di verifica adottati sono identici a quelli illustrati nel capitolo 4.3.2

NODO COLONNA – PLINTO (ND03)



La tipologia di nodo analizzata da questo modulo è l'unione di una colonna in acciaio con un plinto in c.a., realizzata tramite una piastra collegata al plinto attraverso tirafondi; lo schema statico con il quale si approssima il nodo è l'incastro. È data all'utente la possibilità di scegliere l'utilizzo di un rinforzo tramite fazzoletti saldati alla colonna. È prevista la presenza di fori praticati nel plinto al fine di facilitare il posizionamento della piastra; le loro dimensioni sono totalmente definibili dall'utente (per non prevederli porre la loro altezza pari a zero). Fanno inoltre parte del nodo un dado inferiore e due superiori che permettono la rettifica del piano d'appoggio della piastra.



Il modulo propone una finestra divisa in due zone: a destra viene visualizzato un disegno schematico della pianta, a sinistra ci sono sette linguette che indicano vari temi:

1. Profilo;
2. Nervature;
3. Piastra;
4. Tirafondi e saldature;
5. Materiali;
6. Sollecitazioni;
7. Calcolo.

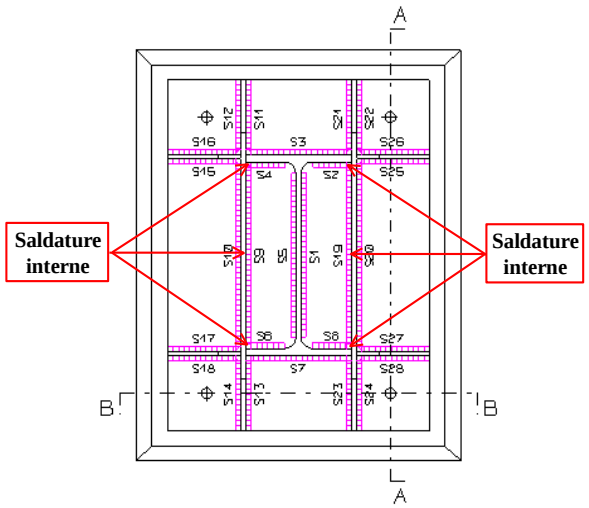
Profilo

In questa zona è possibile scegliere la sezione relativa alla colonna. Le modalità di utilizzo delle funzioni disponibili sono analoghe a quelle illustrate in precedenza.

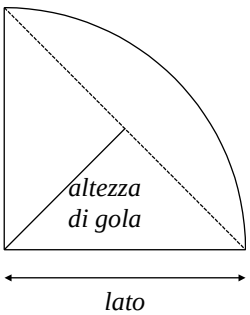
Nervature

Sono previste due tipologie di attacco fra colonna e plinto: con e senza nervature. Se la colonna è unita alla piastra senza l'utilizzo di fazzoletti il nodo avrà una ridotta capacità di resistenza nei confronti dei momenti agenti e la verifica a flessione della piastra risulterà fortemente penalizzante. Qualora gli spessori di piastra richiesti da questa tipologia di nodo risultino eccessivi è possibile nervare la piastra attraverso fazzoletti opportunamente disposti. Attraverso questo accorgimento l'unione approssima meglio lo schema statico di incastro con il quale è calcolata.
Per scegliere un nodo senza nervature è sufficiente selezionare la *tipologia n° 1*, per scegliere un nodo con nervature la *tipologia n° 2*. Scelta la tipologia, viene immediatamente aggiornato il *Disegno schematico pianta*.
Qualora si sia scelta la *tipologia n° 2*, vengono abilitate le caselle per la definizione geometrica dei fazzoletti. È possibile inserire l'altezza e lo spessore, attribuiti a tutti i fazzoletti. Per aggiornare il *Disegno schematico pianta* con le nuove misure inserite è sufficiente selezionare un'altra casella oppure premere <INVIO>.

Saldature



Qualora si sia scelta la *tipologia n° 2*, viene abilitata la possibilità di prevedere le saldature interne (vedi figura). È infatti possibile che la geometria del nodo permetta l'esecuzione anche di quelle saldature che si trovano fra i fazzoletti e la colonna e che collegano il fazzoletto con la piastra e il fazzoletto con la colonna. La verifica, l'esecutivo e le tabelle riassuntive che lo accompagnano terranno conto della scelta operata dall'utente.



In questa zona è possibile dimensionare opportunamente le saldature che saranno realizzate nel nodo. L'utente può inserire nell'apposita casella il lato della saldatura (figura a lato).

Piastra

In questa zona è possibile definire le dimensioni della piastra. Per definire i lati è possibile utilizzare due funzioni: *Definizione lati* e *Definizione margini*.

Definizione lati: per utilizzare questa funzione è necessario abilitarla e inserire le misure dei lati della piastra. Gli assi di riferimento (X e Y) sono quelli indicati nel *Disegno schematico pianta*, e coincidono con le convenzioni indicate nell'introduzione considerando la faccia della colonna opposta alla piastra

come positiva. Per aggiornare con i nuovi valori il *Disegno schematico pianta* e i margini, selezionare un'altra casella o premere <INVIO>.

Definizione margini: questa funzione può essere utilizzata in alternativa a *Definizione lati* fornendo al programma, invece delle misure dei lati, il valore dei margini della piastra rispetto al profilo in quel momento inserito. Nel caso in cui si voglia modificare il profilo dopo aver utilizzato *Definizione margini*, per riproporre i margini e adeguare le dimensioni della piastra è sufficiente posizionarsi su una delle due caselle di *Definizione margini* e selezionare un'altra casella o premere <INVIO>.

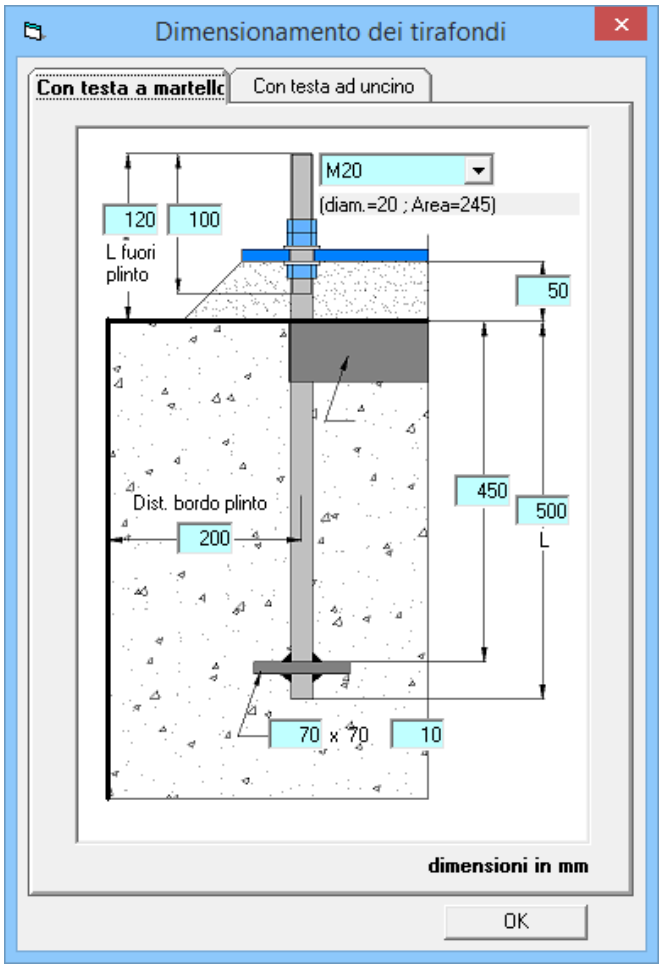
Definizione spessore: per definire lo spessore della piastra inserire il valore desiderato nella casella.

Tirafondi

Per definire la posizione dei tirafondi è sufficiente inserire la loro distanza dai bordi della piastra secondo lo *Schema posizione tirafondi*, il quale indica il significato dei simboli Dz_1, Dz_2, Dy_1, Dy_2 richiamati in *Posizione tirafondi*. Per aggiornare il *Disegno schematico pianta* premere <INVIO> o selezionare un'altra casella.

Dimensionamento tirafondi

Attraverso la pressione del tasto "*Dim. tirafondi*" viene visualizzata una finestra che consente di variare tutte le dimensioni relative ai tirafondi utilizzati digitando la dimensione voluta nell'apposita casella. Sono predisposte due schede differenti per il dimensionamento: *con testa a martello* e *con testa ad uncino.*



Sollecitazioni

Le funzioni utilizzabili in questa zona sono le stesse già illustrate in precedenza. Al contrario del nodo ND1, però, l'unione fra colonna e plinto è schematizzabile con un incastro (soprattutto la tipologia n° 2) e pertanto le sollecitazioni agenti potranno comprendere sforzo normale, tagli e momenti flettenti nelle direzioni Y e Z, e momento torcente. Le convenzioni di inserimento delle sollecitazioni sono quelle illustrate nell'introduzione, considerando la faccia della colonna opposta alla piastra come positiva. Il tasto "Max e min" seleziona i gruppi di sollecitazioni comprendenti le sollecitazioni massime e minime per ogni categoria. Qualora esistano più gruppi comprendenti al loro interno la stessa sollecitazione massima o minima, verrà conservato solamente il primo gruppo trovato.

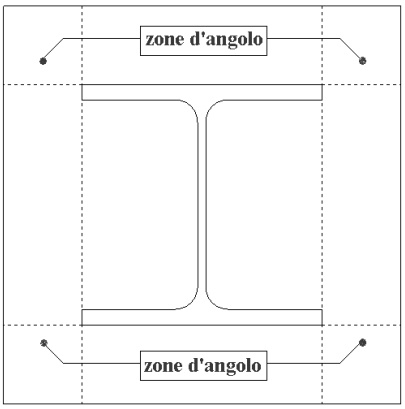
Materiali

In questa zona è possibile selezionare i materiali utilizzati per realizzare il nodo e cioè calcestruzzo e acciaio. L'acciaio è utilizzato per la colonna, la piastra, i tirafondi e le saldature (per la selezione vedi nodo ND1), il calcestruzzo per il plinto.

Verifica Geometrica

Premendo il tasto **"***Verifica***"** prima della verifica tensionale viene effettuata una verifica sulla compatibilità geometrica degli elementi costituenti il nodo. I messaggi di avviso lanciati dal programma sono i seguenti:

- *Incompatibilità geometrica fra piastra e colonna*: la colonna è di dimensioni maggiori della piastra;
- *Dimensioni della piastra negative o nulle*;
- *Dimensioni del tirafondo negative o nulle*;
- *Sovrapposizione fori nel plinto*: i fori praticati nel plinto hanno un diametro eccessivo rispetto alla distanza reciproca pertanto si sovrappongono;
- *Lunghezza fuori terra del tirafondo insufficiente*: la lunghezza fuori terra del tirafondo risulta minore della somma fra altezza di malta, spessore di piastra ed altezza dei due dadi previsti sopra la piastra (l'altezza di un dado è stata considerata pari al diametro del tirafondo).
- *Lunghezza di filettatura del tirafondo insufficiente*: la lunghezza di filettatura non riesce a coprire le zone dove sono previsti i dadi, aumentarla o diminuire la lunghezza fuori terra.
- *Diametro fori insufficiente*: diametro fori minore del diametro tirafondi.
- *Altezza di malta sotto la piastra insufficiente*: altezza di malta inferiore all'altezza di un dado (pari al diametro del tirafondo). Un dimensionamento del genere rende difficile ogni intervento sui dadi sotto la piastra.
- *Tirafondi fuori dalla piastra*.
- *Tirafondi previsti nelle zone d'angolo della piastra*: i tirafondi sono previsti esclusivamente nelle zone d'angolo della piastra, evidenziate nella figura sottostante.
-



- *Rispetto delle distanze dai bordi (NTC 2008 – Tabella 4.2.XIII).*

Verifica Sollecitazioni

Vengono verificati calcestruzzo del plinto, tirafondi, piastra, saldature e fazzoletti.

Calcestruzzo: La piastra di collegamento fra colonna e plinto viene calcolata come una sezione presso-inflessa sottoposta a sforzo normale (N) e a due momenti flettenti (M_x e M_y). La piastra è equiparata ad una sezione in c.a. armata con i tirafondi. Da questa analisi si ottengono la massima tensione di compressione del calcestruzzo (in seguito chiamata *p*) e i tiri sollecitanti i tirafondi.

Tirafondi: I tirafondi vengono sollecitati assialmente dai momenti flettenti e dallo sforzo normale e a taglio dalle azioni di taglio e dal momento torcente. Nel caso di calcolo condotto allo SLU, le verifiche sui tirafondi fanno riferimento alle *NTC 2008 § 4.2.8.1.1*.
Inoltre, il tirafondo è sottoposto ad una verifica di aderenza, per appurare che sia sufficientemente ancorato al plinto. Le formule utilizzate dipendono dal tipo di tirafondo inserito (annegato, ad uncino, a martello) e sono riportate nel testo "Strutture in acciaio" di Ballio e Mazzolani.

La relazione a lato illustra come ricavare la tensione di aderenza dei tirafondi ad uncino.
Per il significato dei simboli si rimanda al testo precedentemente citato.

$$\tau_{ad} = N_{tf} \cdot \frac{(1+\frac{\phi}{H_3})^2}{\pi\phi\cdot(L+6.4\cdot R+3.5\cdot L_1)}$$

Piastra e nervature

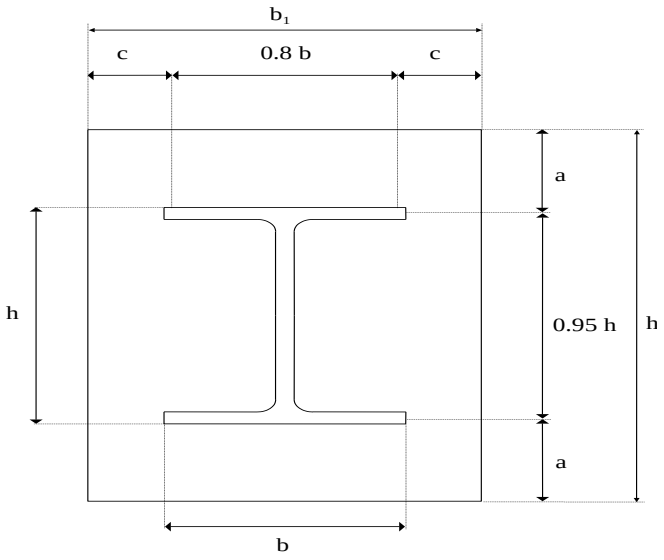
Verifiche globali: Le verifiche globali sono verifiche estese a tutta la sezione resistente; l'analisi della diffusione degli sforzi concentrati è trattata nelle verifiche locali.

Tipologia n° 1

Lo spessore della piastra viene verificato considerando due mensole ortogonali:

- la prima di luce $a = \frac{(h_1 - 0.95h)}{2}$ e larghezza b_1;
- la seconda di luce $c = \frac{(b_1 - 0.80b)}{2}$ e larghezza h_1;

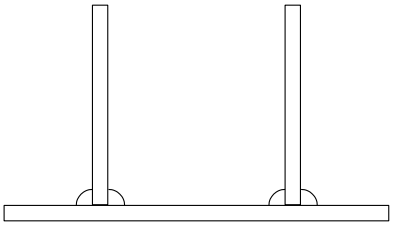
caricate con *p* ritenuta costante su tutta la loro area.

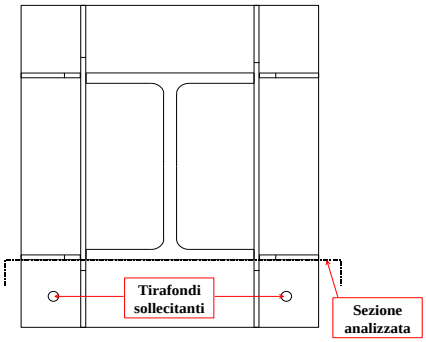


In caso di colonna eccentrica, i valori di a e c sono quelli inseriti come margini nelle apposite caselle del programma.

Tipologia n° 2

La sezione resistente (vedi figura) in questo caso comprende le nervature, solidarizzate alla piastra grazie alle saldature.





Le sollecitazioni agenti sulla sezione derivano dalle pressioni di contatto e dalle forze concentrate. Per quanto riguarda le pressioni di contatto si considerano due mensole ortogonali:

- la prima di luce a=(h1-h)/2 e larghezza b1;
- la seconda di luce c=(b1-b)/2 e larghezza h1.

Entrambe sono caricate con la pressione *p* ritenuta costante sulla loro area. La sezione è verificata anche a taglio. Per quanto riguarda le forze concentrate, si considerano il momento e il taglio risultante che i tiri dei due tirafondi posizionati lungo il lato di piastra analizzato esercitano sulla sezione di attacco dei fazzoletti al profilo (vedi figura).

Verifiche locali: i tirafondi sollecitano la piastra con forze concentrate, è pertanto necessario verificare che la piastra sia in grado di diffonderle correttamente.

Rifollamento**:**

Se il tipo di verifica è impostato su “Stati limite”, viene calcolata la resistenza a rifollamento della piastra $F_{b,Rd}$ secondo la formula 4.2.61 delle NTC 2008.

Se il tipo di verifica è stato impostato su “Tensioni ammissibili”, la verifica a rifollamento viene eseguita secondo la norma CNR-UNI 10011/88 §5.3.6. La piastra viene verificata a rifollamento, in base alle risultanti di taglio *R* che sollecitano i tirafondi. Il valore di R deriva dalla composizione vettoriale degli sforzi sui singoli bulloni derivanti da tagli nelle due direzioni e momento torcente.

In questo contesto, la tensione di rifollamento si ottiene con la formula seguente. Detto *s* lo spessore della piastra si ha:

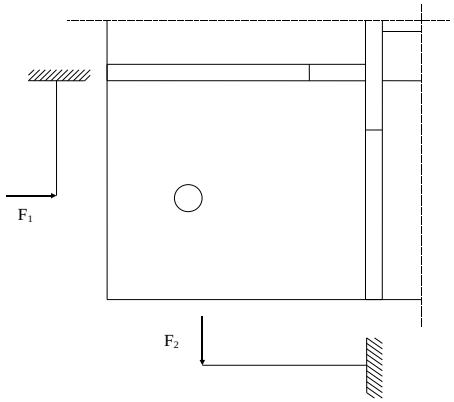
$$\sigma_{rif} = \frac{R}{s \cdot d}$$

Tipologia n° 1

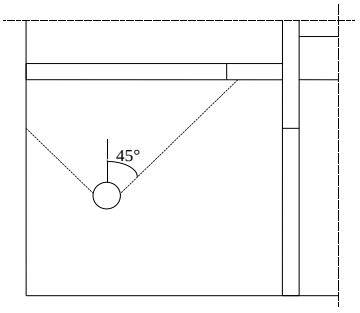
Viene verificata la sezione della piastra all’attacco del profilo sollecitata a flessione dai tiri dei tirafondi relativi. Non si tratta di una vera e propria verifica locale, ma questa tipologia di nodo non fornisce riferimenti verso i quali operare una verifica alla diffusione degli sforzi. In realtà in assenza di fazzoletti risulta molto più significativa e penalizzante la verifica globale.

Tipologia n° 2

La verifica locale viene effettuata considerando la porzione di piastra interessata come due mensole in parallelo.



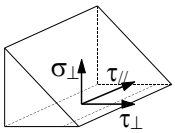
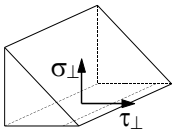
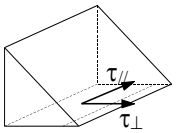
Ripartizione dei tiri dei tirafondi

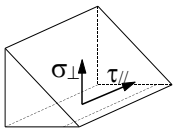
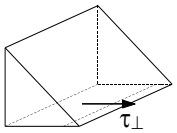
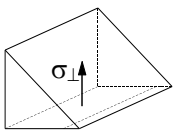
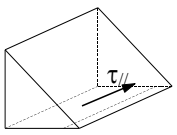


Esempio di diffusione di una forza concentrata

La forza totale viene ripartita in base alla rigidezza di ciascuna mensola, essendo comune a entrambe lo spostamento in testa: F = F1 + F2. La sezione resistente viene calcolata diffondendo la forza a 45° fino alla nervatura.

Saldature: le saldature possono essere sollecitate da tre tipi di tensioni: $\sigma_\perp, \tau_\perp e\ \tau_{//}$. L'ammissibilità delle combinazioni di tensioni è verificata secondo gli schemi esposti in tabella i quali fanno riferimento alle formule *4.2.78* e *4.2.79* delle *NTC 2008*. La verifica viene eseguita considerando la sezione di gola in posizione ribaltata.

Condizioni di sollecitazione	**Limitazioni**	
	$\sqrt{\tau_\perp^2 + \sigma_\perp^2 + \tau_{//}^2} \le$ $\lvert\tau_\perp\rvert + \lvert\sigma_\perp\rvert \le$	$\beta_1 \cdot f_{yk}$ $\beta_2 \cdot f_{yk}$
	$\lvert\tau_\perp\rvert + \lvert\sigma_\perp\rvert \le$ $\lvert\tau_\perp\rvert \le$ $\lvert\sigma_\perp\rvert \le$	$\beta_2 \cdot f_{yk}$ $\beta_1 \cdot f_{yk}$ $\beta_1 \cdot f_{yk}$
	$\sqrt{\tau_\perp^2 + \tau_{//}^2} \le$	$\beta_1 \cdot f_{yk}$

	$\sqrt{\sigma_\perp^2 + \tau_{//}^2} \le$	$\beta_1 \cdot f_{yk}$
	$\lvert\tau_\perp\rvert \le$	$\beta_1 \cdot f_{yk}$
	$\lvert\sigma_\perp\rvert \le$	$\beta_1 \cdot f_{yk}$
	$\lvert\tau_{//}\rvert \le$	$\beta_1 \cdot f_{yk}$

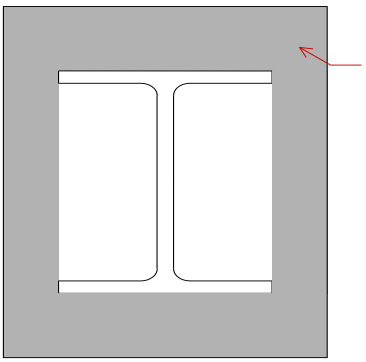
La singola saldatura viene verificata dal programma in tre punti: i due estremi e il punto centrale.
Per i valori dei coefficienti β_1 e β_2 si veda la *tabella 4.2.XIV delle NTC 2008*.

Orizzontali

Le saldature orizzontali vengono verificate con tutte le sollecitazioni agenti, considerando come sezione reagente la sezione ottenuta ribaltando le sezioni di gola delle saldature sul piano della piastra.
La quota di sforzo normale assorbita dalla singola saldatura risulta proporzionale alla sua area reagente.
T_y viene assorbito esclusivamente dalle saldature orientate lungo y.
T_z viene assorbito esclusivamente dalle saldature orientate lungo z.
Le sollecitazioni causate dai momenti flettenti sono calcolate attraverso i momenti d'inerzia della sezione reagente.
Le sollecitazioni causate dal momento torcente sono calcolate attraverso il metodo del *momento polare*. Questo metodo estende al caso dei cordoni d'angolo i principi della teoria della resistenza dei materiali validi a rigore soltanto per le sezioni circolari. Si adotta come centro di rotazione il *baricentro* delle sezioni resistenti e si calcola il momento polare d'inerzia I_0 delle sezioni di gola ribaltate riferito a questo punto. Si suppone poi che le tensioni *s* agiscano sul cordone in direzione perpendicolare al raggio *r* che unisce il punto analizzato con il baricentro e che valga la relazione:

$$s = M_t * r / I_0$$

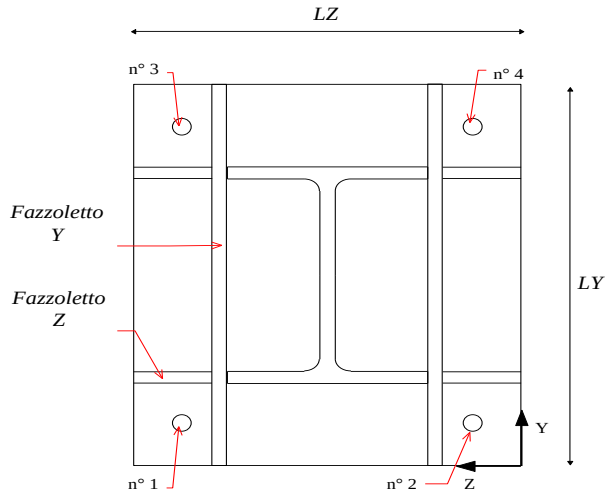
Verticali



Le saldature verticali vengono verificate con uno sforzo di taglio pari al massimo, in valore assoluto, fra lo sforzo normale agente e la risultante ottenuta applicando *p* alla zona di piastra esterna al profilo.

Stampa

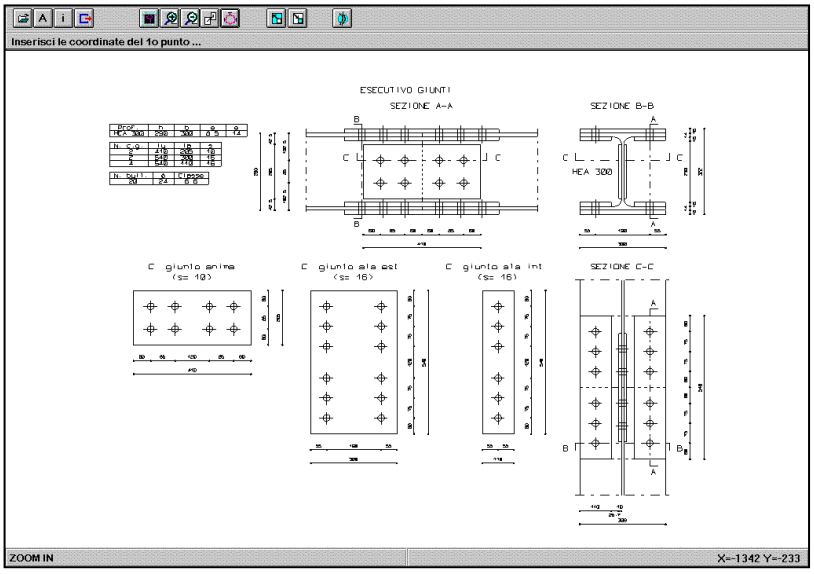
La relazione di calcolo fornisce alcune indicazioni sulla geometria del nodo (figura sottostante). In particolare sono descritte le principali misure del profilo utilizzato, della piastra (Lz, Ly, s), dei tirafondi, dei fazzoletti e delle saldature.



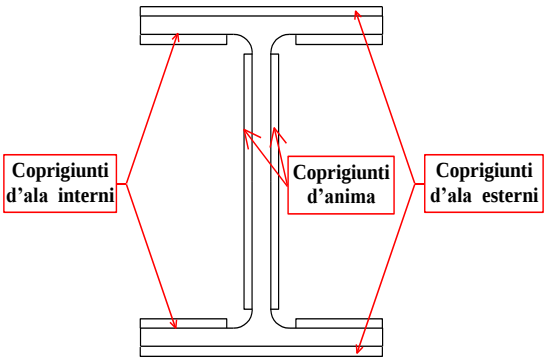
Per ogni saldatura sono indicati: nome, lunghezza e lato.
Alcune delle abbreviazioni utilizzate nella relazione di calcolo sono elencate qui di seguito, per le altre si rimanda ai capitoli precedenti.

S_prp: $\sigma_{\perp}$ saldature;
Tau_pe: $\tau_{\perp}$ saldature.
Tau_pa: $\tau_{//}$ saldature;

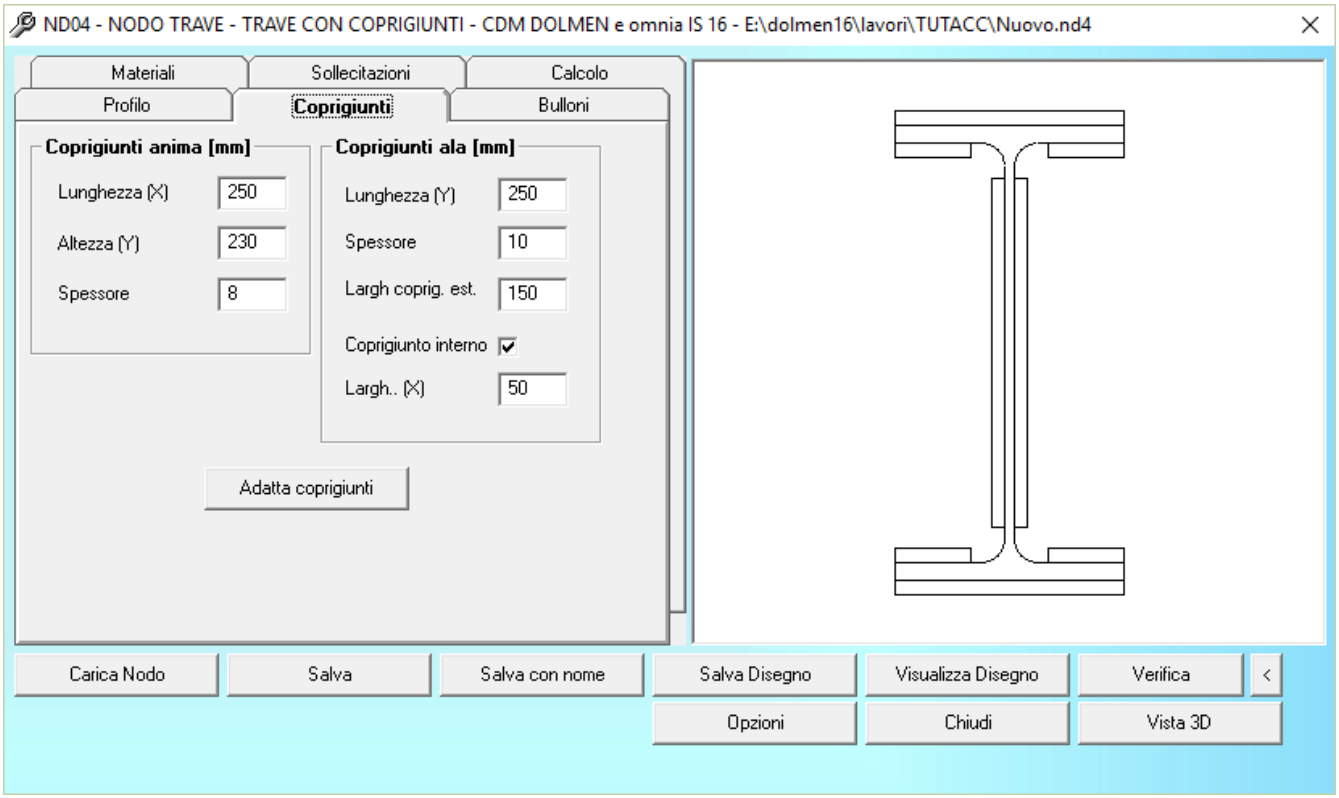
GIUNTO TESTA-TESTA BULLONATO (ND04)



Il modulo ND4 analizza un'unione testa-testa fra due profili a doppia T (trave-trave o colonna-colonna), identici tra loro, collegati con coprigiunti d'ala e d'anima bullonati.



È data all'utente la possibilità di prevedere un solo tipo di coprigiunti, applicati esternamente alle ali e perciò detti *esterni*, oppure applicati sia esternamente che internamente (*esterni* ed *interni*, vedi figura). La tipologia di nodo in questione permette il completo ripristino della sezione, pur rappresentando comunque un punto di minor resistenza a causa dei fori praticati. Pertanto l'unione viene verificata con tutti i tipi di sollecitazione interessanti la sezione; le convenzioni utilizzate sono quelle descritte nell'introduzione. Il modulo si presenta con l'interfaccia riportata nell'immagine seguente.

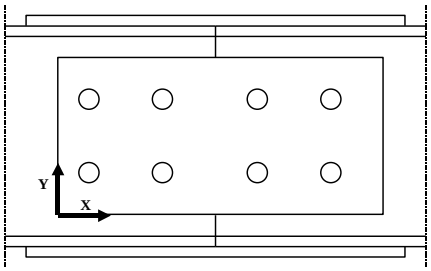


La finestra è divisa in due zone: a destra viene visualizzato un disegno schematico della sezione, a sinistra sono presenti sei linguette che indicano vari temi:

1. Profilo;
2. Coprigiunti;
3. Bulloni;
4. Materiali;
5. Sollecitazioni;
6. Calcolo.

Coprigiunti

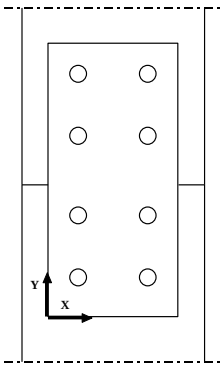
Coprigiunti d'Anima



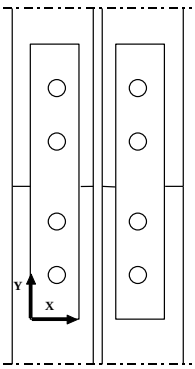
In questa zona è possibile definire geometricamente il coprigiunto d'anima, inserendo i valori di spessore, altezza (Y) e lunghezza (X). Gli assi ai quali fanno riferimento l'altezza e la lunghezza sono quelli indicati nella zona bulloni sul disegno relativo al coprigiunto d'anima e illustrati nella figura.

Coprigiunti d'Ala

In questa zona è possibile inserire le dimensioni dei coprigiunti d'ala. La lunghezza e lo spessore sono comuni ai coprigiunti interni ed esterni, la larghezza va invece inserita separatamente. L'utente ha la possibilità di inserire o meno i coprigiunti interni. Gli assi di riferimento locali sono quelli indicati nella zona bulloni sul disegno relativo al coprigiunto d'ala e illustrati nelle due figure seguenti.
Si ammette che i coprigiunti esterni ed interni siano allineati, pertanto il c.g. esterno viene centrato rispetto al profilo e il c.g. interno viene posizionato riferendosi al bordo del c.g. esterno.



Assi locali coprigiunto d'ala esterno



Assi locali coprigiunto d'ala interno

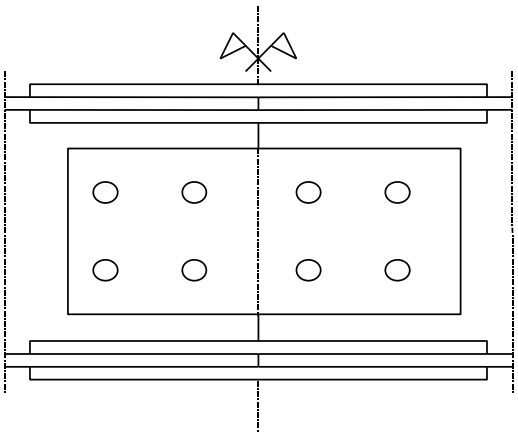
Premendo il tasto "*Adatta Coprigiunti*" il programma propone le massime misure geometricamente ammissibili elencate di seguito:

- Coprigiunti d'anima:
  Lunghezza: pari all'altezza del profilo.
  Altezza: ottenuta come altezza del profilo - (spessore delle ali + raggi di curvatura).
  Spessore: viene arrotondato al valore intero più prossimo.

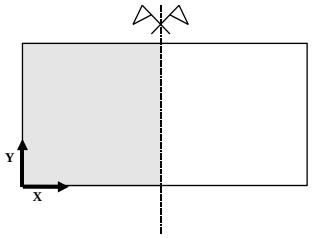
- Coprigiunti d'ala:
  Lunghezza: viene posta pari all'altezza del profilo.
  Larghezza c.g. esterno: viene posta pari alla larghezza del profilo.
  Larghezza c.g. interno: viene posta pari a (b - a - 2r) / 2.
  Spessore: nel caso siano previsti solo c.g. esterni viene posto pari allo spessore dell'ala (se intero) o all'intero immediatamente superiore. Nel caso siano previsti anche i c.g. interni lo spessore viene posto pari all'intero approssimante per eccesso la metà dello spessore d'ala.

Bulloni

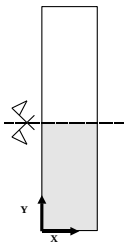
In questa zona è possibile inserire numero e posizione dei bulloni previsti nei coprigiunti di ala e di anima, le modalità di gestione e di inserimento sono analoghe a quelle descritte in precedenza, al quale si rimanda. Il giunto analizzato è considerato simmetrico rispetto alla zona di congiunzione dei profili (vedi figura), pertanto l'inserimento dei bulloni sarà effettuato solamente per metà dei coprigiunti, venendo automaticamente esteso alla parte mancante. Nel caso dei coprigiunti d'ala si aggiunge poi un'ulteriore simmetria rispetto all'anima della trave.



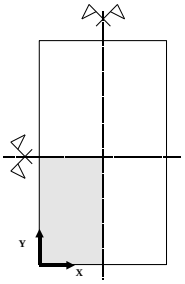
Zona di inserimento bulloni:



c.g. d'anima



c.g. interno d'ala



c.g. esterno d'ala

Qualora siano previsti i c.g. interni, sarà sufficiente inserire i bulloni in metà di un c.g. interno, qualora viceversa esistano solamente i c.g. esterni la parte di c.g. interessata dall'inserimento si ridurrà ad un quarto.

Disegno Schematico Sezione

In questa zona viene visualizzato un disegno schematico (privo dei fori dei bulloni) della sezione che l'utente sta dimensionando. Il disegno segue l'evoluzione del dimensionamento adattando, di volta in volta, la rappresentazione dell'elemento modificato. Qualora si modifichi una dimensione di un elemento, per aggiornare il disegno passare ad un'altra casella o premere <INVIO>.

Sollecitazioni

Le modalità di gestione e di inserimento delle sollecitazioni sono analoghe a quelle descritte in precedenza. Il tasto "*Max e min*" seleziona i gruppi di sollecitazioni comprendenti le sollecitazioni massime e minime per ogni categoria. Qualora esistano più gruppi comprendenti al loro interno la stessa sollecitazione massima o minima, verrà conservato solamente il primo gruppo trovato.

Imp. 3d

L'importazione delle sollecitazioni presenta una lieve differenza rispetto al modulo ND1: la prima casella della finestra di importazione richiede l'inserimento della distanza che separa il giunto dal nodo iniziale dell'asta. Qualora l'utente inserisca un solo valore di distanza, questo verrà attribuito a tutte le aste selezionate; se invece i valori inseriti sono più di uno, sarà necessario specificarne un numero pari a quello delle aste selezionate. Le distanze sono inserite in metri, per inserire un numero non intero usare come separatore decimale il punto, per separare una distanza dalla successiva utilizzare esclusivamente la virgola.

Verifica Geometrica

Premendo il tasto "*Verifica*", oltre alla verifica tensionale viene svolta una verifica sulla compatibilità geometrica degli elementi costituenti il nodo. I messaggi di avviso sono elencati qui di seguito:

- *Incompatibilità geometrica fra l'altezza del coprigiunto d'anima e la trave*: il coprigiunto d'anima è troppo alto e interferisce con il raggio di curvatura o con le ali della trave;
- *Incompatibilità geometrica fra la larghezza del coprigiunto interno d'ala e la trave*: il coprigiunto interno d'ala è troppo largo e interferisce con il raggio di curvatura o con l'anima della trave;
- *Incompatibilità geometrica fra la larghezza del coprigiunto esterno d'ala e la trave*: il coprigiunto esterno d'ala è più largo del profilo;
- *Dimensioni dei coprigiunti negative o nulle;*
- *Bulloni fuori dal coprigiunto d'anima;*
- *Bulloni fuori dal coprigiunto d'ala;*
- *Mancato rispetto delle distanze dai bordi e degli interassi minimi e massimi tra i bulloni (NTC 2008 – Tabella 4.2.XIII);*
- *Bulloni coincidenti sul coprigiunto d'anima.*

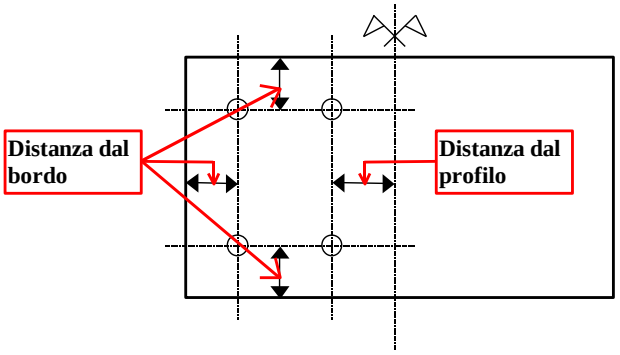
Messaggi equivalenti sono riferiti anche ai coprigiunti d'ala.

Verifica Sollecitazioni

Il nodo analizzato può resistere a tutte le sollecitazioni agenti: N, Ty, Tz, My, Mz, Mt. Gli elementi analizzati sono i seguenti: profili collegati, coprigiunti, bulloni.

Profili

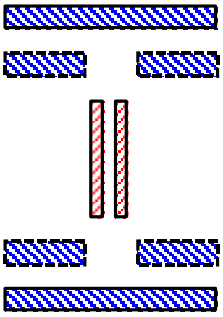
I profili collegati sono verificati considerando le loro caratteristiche meccaniche depurate dei fori. Le verifiche condotte sono a pressoflessione deviata, a torsione e a taglio, nella relazione di calcolo viene riportata la sigma ideale più alta riscontrata. Viene svolta inoltre una verifica a rifollamento, per ogni bullone passante per il profilo.



Distanze dei bulloni

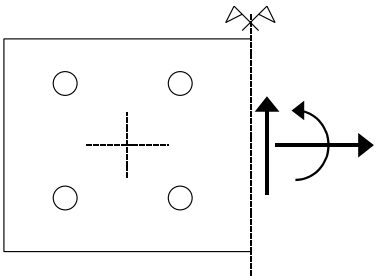
Coprigiunti

La filosofia che deve guidare la realizzazione di un nodo come quello analizzato è quella di far sì che l'inserimento dei coprigiunti devi il meno possibile il flusso delle tensioni che si registrava nel profilo. La sezione composta dai soli coprigiunti deve pertanto ricopiare la sezione dell'elemento non solo in caratteristiche meccaniche e di resistenza ma anche nella distribuzione delle aree resistenti. La verifica dei c.g. viene pertanto eseguita attribuendo ai c.g. d'anima le sollecitazioni sopportate dall'anima dell'elemento e ai c.g. d'ala le sollecitazioni sopportate dalle ali.



Ogni verifica dei c.g. è effettuata depurando le sezioni dai fori dei bulloni. Viene effettuata anche la verifica a rifollamento.

Bulloni



I bulloni vengono verificati attribuendo loro le sollecitazioni derivanti dai c.g. relativi, applicate nella sezione di giunzione tra i profili e trasportate nel baricentro della distribuzione di bulloni. Operando in questo modo si tiene conto dell'effetto torcente che il taglio agente sui coprigiunti provoca sui bulloni.

Stampa

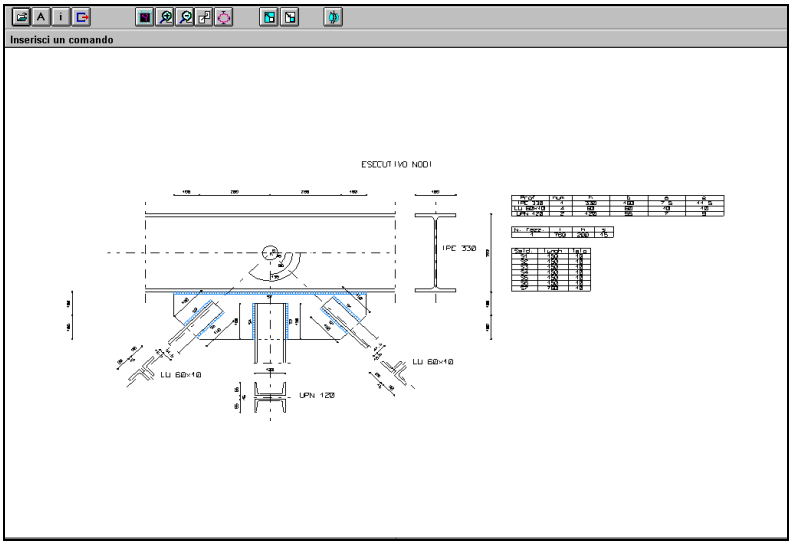
Nella relazione di calcolo sono utilizzate le seguenti sigle:

lu: lunghezza del coprigiunto, è la misura parallela all'asse della trave (o colonna);
la: larghezza del coprigiunto (altezza nel caso di c.g. d'anima);
sp: spessore del coprigiunto;

Sono riportati la posizione geometrica e le sollecitazioni dei bulloni inseriti. Nel caso di c.g. d'anima si fa riferimento ai bulloni d'anima direttamente inseriti, e quindi alla metà del totale dei bulloni d'anima; nel caso di c.g. d'ala si fa riferimento alla metà del totale dei bulloni d'ala, i quali corrispondono al doppio dei bulloni d'ala inseriti.

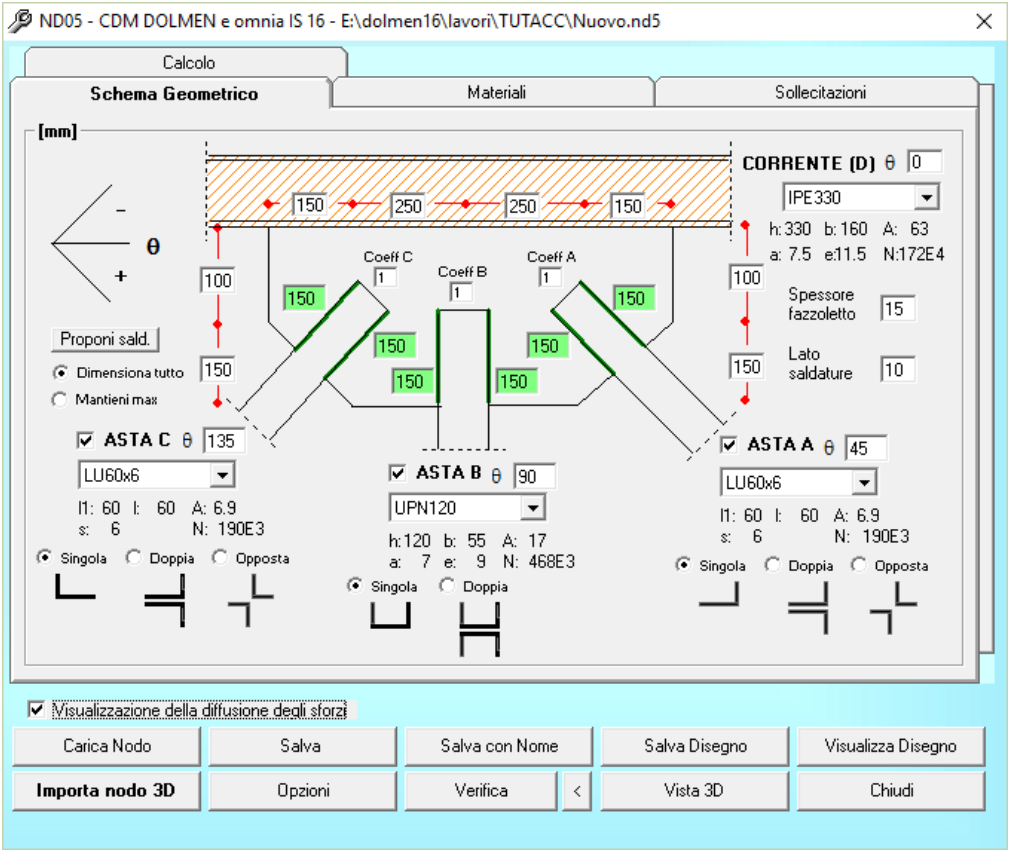
NODO DI TRAVATURA RETICOLARE SALDATO (ND05)

La tipologia analizzata da questo modulo (Figura sottostante) è un nodo di travatura reticolare realizzato con un corrente superiore continuo a doppia T comunque inclinato, al quale è possibile collegare fino a tre aste attraverso un fazzoletto.



Nd5, connessione fra corrente e aste: esecutivo quotato

Il fazzoletto può assumere una forma qualsiasi ed è connesso alle aste ed al corrente tramite saldature. Alle aste possono essere attribuite sezioni a L o ad U singole, doppie od opposte, orientate a scelta dell'utente. L'utente può definire, oltre al numero ed alla tipologia delle aste collegate, anche la loro inclinazione e le dimensioni delle saldature impiegate, aiutato da funzioni che permettono di importare i dati necessari dall'esterno o che agevolano i principali dimensionamenti. Il modulo propone una finestra di *Inserimento dati* (vedi figura seguente) che permette la definizione geometrica del nodo.

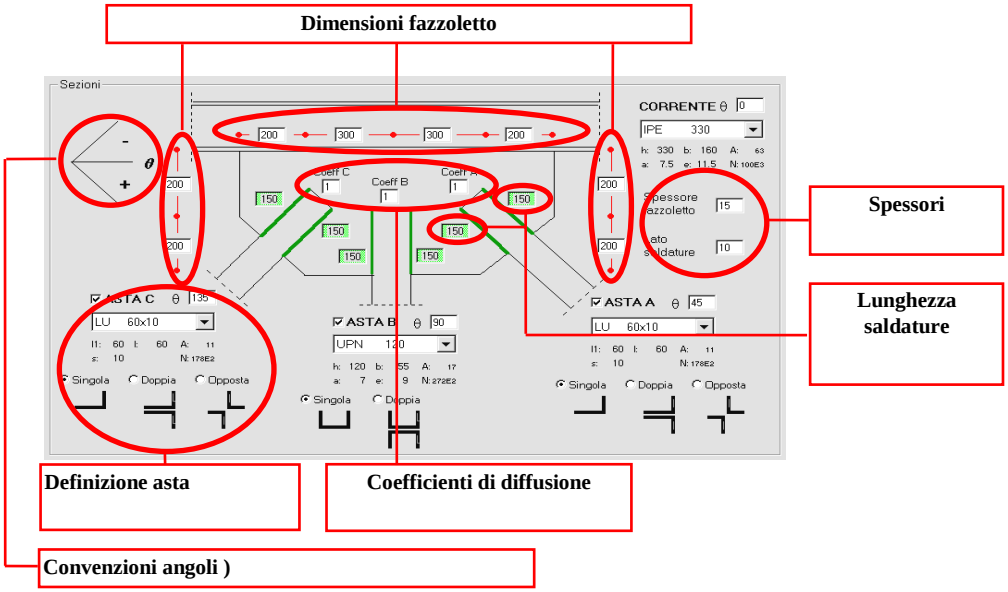


Le quattro linguette disponibili, permettono la visualizzazione dei seguenti parametri:

- Schema geometrico;
- Materiali;
- Sollecitazioni;
- Calcolo.

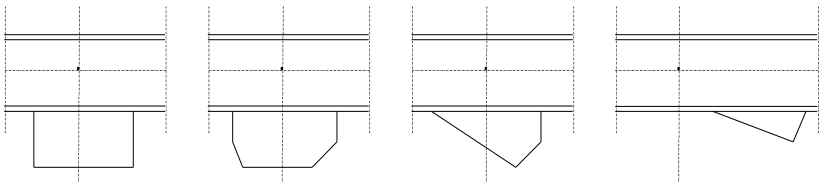
Schema geometrico

Questa finestra consente di definire totalmente la geometria del nodo, dimensionando corrente, aste, fazzoletto e saldature in ogni loro parte.



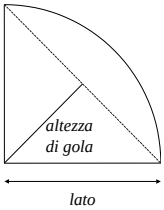
Dimensioni fazzoletto

Inserendo i valori desiderati (espressi in millimetri) nelle apposite celle è possibile definire le dimensioni geometriche del fazzoletto. Il fazzoletto ha un lato coincidente con il corrente, due lati ortogonali a quest'ultimo e tre lati comunque inclinati. Qualora si desideri eliminare uno o più lati è sufficiente porre a zero le dimensioni ad essi relative. Il fazzoletto può essere anche traslato lungo il corrente attribuendo valori negativi alle opportune dimensioni. La posizione del fazzoletto (sopra o sotto il corrente) è valutata in base alla posizione dell'ultima asta attivata.



Alcuni esempi di fazzoletto realizzabili

Spessori



In questa zona è possibile indicare lo spessore del fazzoletto e il lato delle saldature che si intendono realizzare. Il lato delle saldature si intende unico per tutte le saldature del nodo.

Lunghezza saldature

Per ogni asta è possibile indicare la lunghezza in millimetri delle saldature che la uniscono al fazzoletto; le celle relative alle saldature sono quelle caratterizzate dallo sfondo di colore verde. Per facilitare l'inserimento delle saldature sono disponibili alcune funzioni descritte nel capitolo *Utilità*.

Coefficienti di diffusione

Il programma verifica ogni asta attiva alla diffusione degli sforzi, utilizzando una larghezza di diffusione *beff* (vedi *Verifica*). Il calcolo di *beff* tiene conto delle reali dimensioni del fazzoletto che potrebbero limitarne l'effettiva estensione, senza rilevare però le eventuali zone di diffusione comuni a più aste. Gli effetti di questa sovrapposizione possono essere inseriti dall'utente nella verifica attraverso il *coefficiente di diffusione* il quale viene moltiplicato alla *beff* calcolata dal programma. Per una corretta valutazione del coefficiente può essere utile l'opzione *Visualizzazione della diffusione degli sforzi*.

Definizione asta

In questa zona è possibile definire la sezione dell'asta e la sua inclinazione rispetto all'orizzontale.

Attivazione

Questa opzione permette di attivare e disattivare l'asta. Se un'asta è disattivata non viene visualizzata nell'esecutivo, viene disabilitata nella definizione delle sollecitazioni agenti e non viene considerata nella verifica. Inoltre viene impedito all'utente di intervenire sul *tipo di profilo* e sul *tipo di sezione*.

Angolo di incidenza

Ad ogni asta ed al corrente deve essere attribuito un angolo di incidenza espresso in gradi e misurato rispetto all'orizzontale (vedere convenzioni angoli). La differenza di angolazione fra l'ultima asta attivata e il corrente determina la posizione del fazzoletto rispetto a quest'ultimo (sopra o sotto).

Tipo profilo

In questa zona si definisce il profilo utilizzato per realizzare l'asta. I profili disponibili sono a *doppia T* per quanto riguarda il corrente e a *L ed a U* per quanto riguarda le aste. L'elenco dei profili è contenuto in un file apposito che, all'occorrenza, può essere modificato dall'utente per inserire sezioni personalizzate. Per svolgere tale operazione potete contattare l'assistenza telefonica.

Informazioni

Per una più semplice valutazione del profilo selezionato sono disponibili alcune informazioni su di esso. In particolare nel caso di profili a doppia T ed a U vengono fornite:

- **h**: altezza del profilo;
- **b**: larghezza del profilo;
- **a**: spessore dell'anima;
- **e**: spessore delle ali.

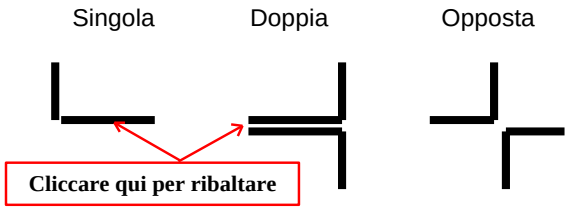
Nel caso di profili a L invece si avrà:

- **l1**: lato di dimensioni maggiori;
- **l**: lato di dimensioni minori;
- **s**: spessore.

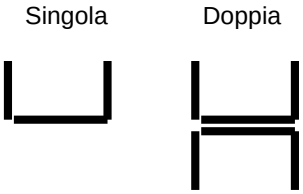
Completano le informazioni il valore **A** dell'area fornito in cm^2 e il valore **N** del massimo sforzo normale di trazione sopportabile dal profilo, fornito in daN.

Tipo sezione

Stabilito il tipo di profilo da utilizzare il programma fornisce diverse opzioni di assemblaggio (Figure sottostanti); il lato di maggiori dimensioni del profilo (l'anima nei profili a U) viene sempre posto sul fazzoletto. Esiste poi la possibilità nel caso di profili ad L di determinare da quale parte si voglia posizionare il lato di dimensioni inferiori semplicemente cliccando sul lato orizzontale del profilo.



Tipi di sezione ammessi per profili a L

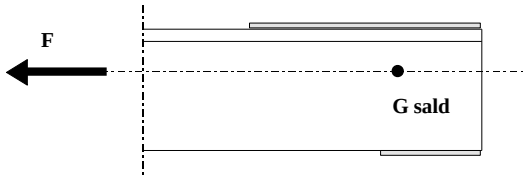


Tipi di sezione ammessi per profili a U

Questa opzione è attiva solo sul tipo di sezione selezionato in quell'istante.

Proponi sald.

È buona norma progettuale realizzare unioni saldate nelle quali il baricentro delle saldature sia allineato con il baricentro della sezione del profilo, al fine di sfruttare in uguale misura le saldature e di evitare flessioni parassite. La funzione "*Proponi sald.*" permette di automatizzare l'inserimento delle lunghezze di saldatura rispettando questo principio, relativamente alle sole aste attivate. Le lunghezze così calcolate sono approssimate ai 10 mm.



La funzione è disponibile con due opzioni: "*Dimensiona tutto*" e "*Mantieni max*".

Dimensiona tutto

Le saldature vengono dimensionate entrambe, assoggettandole ad uno sforzo pari all'80% dello sforzo di trazione massimo sopportabile dal profilo (area x S_{adm}).

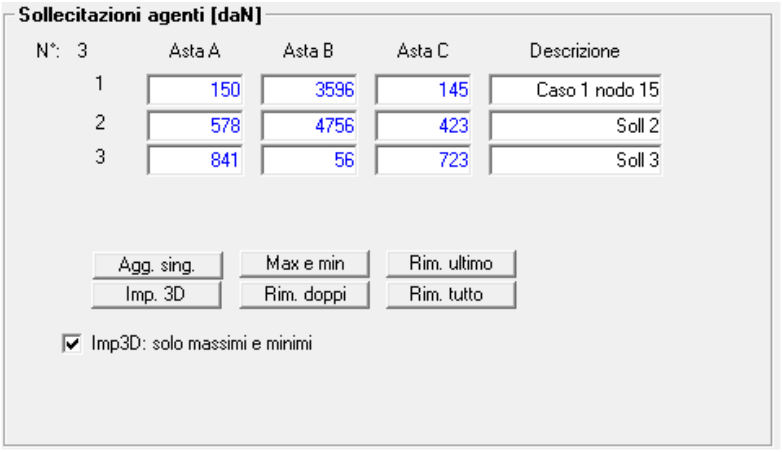
Mantieni max

Viene mantenuta fissa la saldatura di lunghezza massima presente sull'asta, mentre la rimanente saldatura è dimensionata in modo da centrare le saldature sul baricentro della sezione.

Convenzione angoli

Gli angoli di incidenza delle aste e del corrente si intendono misurati rispetto all'orizzontale, positivi se in senso orario.

Sollecitazioni



In questa zona è possibile stabilire con quali sollecitazioni operare la verifica del nodo, l'unica tipologia di sollecitazione prevista per le aste è quella di sforzo normale. Le sollecitazioni possono essere inserite direttamente dall'utente (seguendo le convenzioni di segno illustrate nell'introduzione), oppure importate dall'analisi della struttura generale.

Agg. singolo

Consente l'inserimento di un nuovo gruppo di sollecitazioni che viene inserito in coda ai gruppi preesistenti.

Imp. 3D

Permette di importare dalla struttura generale le sollecitazioni agenti sul tipo di nodo che si sta trattando

Inserimento nodi, Inserimento Asta A, Asta B, Asta C

Al fine di permettere l'importazione delle sollecitazioni è necessario indicare a quali nodi della struttura fare riferimento e, relativamente a ciascun nodo, da quale delle aste convergenti prelevare le sollecitazioni. È possibile inserire queste informazioni indicando i singoli nodi (o aste) con i loro nomi separati da una virgola e/o indicando intervalli di nodi (o aste) separando due nomi con un tratto (Es. 1,2,3-5 significa dall'uno al cinque). È necessario che fra i nodi e le aste inseriti vi sia una assoluta corrispondenza, cioè che l'asta corrispondente al nodo converga effettivamente nel nodo stesso. Il procedimento deve essere effettuato per tutte le aste attive in quell'istante, se un'asta è disattivata risulta disabilitata la casella di inserimento relativa ad essa.

Casi di carico

È necessario indicare quali casi di carico considerare nell'importazione delle sollecitazioni. La modalità di inserimento risulta identica a quella illustrata per l'inserimento dei nodi e delle aste (par. 0). Premendo il tasto **"*Tutti*"** si effettua l'inserimento di tutti i casi di carico esistenti nel lavoro corrente, premendo il tasto **"*A*"** si cancella la digitazione eseguita.

Sestetti

La modalità di inserimento risulta identica a quella illustrata per l'inserimento dei casi di carico. Se nella casella dei sestetti compare solo il numero "0" il programma importerà tutti i sestetti esistenti.

Condizioni di carico

La modalità di inserimento risulta identica a quella illustrata per l'inserimento dei casi di carico.

Importa

Opera l'importazione delle sollecitazioni agenti nelle aste inserite, relativamente all'asta (A, B o C) ad esse associata, nelle sezioni corrispondenti ai nodi inseriti, relativamente ai casi, sestetti o condizioni inseriti. Le sollecitazioni agenti così importate verranno aggiunte a quelle eventualmente già presenti. Poiché le aste di una trave reticolare si intendono sollecitate solamente da sforzo normale, questo tipo di sollecitazione sarà l'unica ad essere importata.

Chiudi
Chiude la finestra *Importa sollecitazioni da 3D*.

Max e min: Riduce l'elenco di sollecitazioni agenti a tutti i gruppi comprendenti N_{max} e N_{min} per ogni tipo di asta (A, B, C).

Rim. Doppi: Consente di eliminare i gruppi di sollecitazioni agenti ripetuti più volte.

Rim. Ultimo: Permette di eliminare l'ultimo gruppo di sollecitazioni della lista.

Rim. Tutto: Consente di eliminare contemporaneamente tutti i gruppi di sollecitazioni inseriti. Prima di effettuare l'eliminazione l'utente dovrà inserire una conferma.

Descrizione
Serve per identificare il gruppo di sollecitazioni agenti. Se il gruppo è stato importato dalla struttura generale, *Descrizione* indicherà il caso (o la condizione) e il nodo di provenienza. Se il gruppo è stato inserito dall'utente, *Descrizione* si compone di un prefisso *Soll* e di un numero che indica l'ordine di inserimento del gruppo. Le descrizioni sono modificabili dall'utente, semplicemente sostituendo all'esistente la dizione desiderata. Nella relazione di calcolo il programma, per identificare la combinazione di sollecitazioni con la quale è stata effettuata la verifica, farà riferimento all'origine della combinazione. Per operare la rimozione di un gruppo di sollecitazioni qualsiasi è sufficiente cliccare due volte sul numero che lo identifica.

Valori
In questa porzione di finestra sono visualizzati i valori (modificabili) delle sollecitazioni inserite. L'unità di misura utilizzata è il daN; per scorrere l'elenco di sollecitazioni utilizzare la barra di scorrimento verticale.

Tipi di casi di carico
È possibile selezionare, per ogni gruppo di sollecitazioni, il tipo di caso di carico al quale appartiene. La casella abilitata indica che è il caso di carico di origine del gruppo è di tipo II, la casella disabilitata indica un caso di carico di tipo I.

Materiali
In questa zona è possibile scegliere il tipo di acciaio da utilizzare. Le tipologie a disposizione dell'utente sono quelle elencate dalle *NTC 2008 § 11.3.4.1*. Nella parte inferiore del pannello sono riportate le tensioni ammissibili per il tipo di materiale selezionato, per i 2 tipi di casi di carico.

Comandi generici
Importa nodo 3D
È data all'utente la possibilità di importare *le sezioni delle aste e le loro inclinazioni* dalla struttura generale. Premendo "*Importa Nodo 3D*" viene lanciata la funzione "Cerca nodi" (vedi 4.3.1)
Il programma interrompe l'importazione con un messaggio d'avviso qualora si tenti di importare un profilo inadeguato al tipo di asta selezionato (ad esempio un profilo ad L per il corrente).

Visualizzazione della diffusione degli sforzi
Attivando questa opzione nell'esecutivo del nodo viene visualizzata la diffusione degli sforzi, assunta a 30°, dalle saldature al fazzoletto. In questo modo risulta più agevole valutare il valore da assegnare ai coefficienti di diffusione.

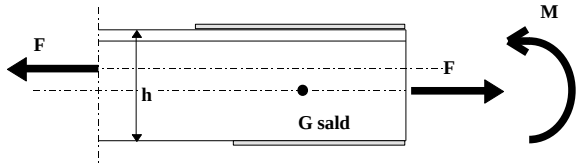
Verifica Sollecitazioni
Le verifiche effettuate dal programma sono le seguenti:
- Verifica saldature - Verifica diffusione sforzi - Verifica fazzoletto.

Verifica saldature

Le saldature possono essere sollecitate da tre tipi di tensioni: $\sigma_{\perp}$, $\tau_{//}$ e $\tau_{\perp}$. I criteri per valutare l'ammissibilità delle combinazioni di quest'ultime sono quelli illustrati nel capitolo 4.3.4.

Verifica saldature aste

Le saldature delle aste sono sollecitate da uno sforzo normale agente sul baricentro della sezione. Detto sforzo può essere pensato come uno sforzo nomale agente nel baricentro delle saldature sommato ad un momento flettente sul profilo che si trasforma in torcente sulle saldature, come visualizzato nella figura seguente:



Sollecitazioni sulle saldature

Le saldature rispondono con $\tau_{//} = \tau_F + \tau_M$ somma delle sollecitazioni derivanti da F e da M e quindi $\tau_{//i} = \frac{F}{l_{tot} g} \pm \frac{M}{h l_i g}$ dove:

l_{tot} = lunghezza totale delle saldature dell'asta analizzata;
g = altezza di gola delle saldature;
l_i = lunghezza della saldatura analizzata;
h = altezza del profilo.

Nel caso in cui la saldatura sia una sola, risponderà con $\tau_{//}$ alla forza F e con $\tau_{\perp}$ al momento torcente M.

Verifica saldatura fazzoletto

La saldatura del fazzoletto è sottoposta a N, M e T dovuti alle azioni sulle aste e viene verificata a taglio e a pressoflessione.

Verifica diffusione sforzi

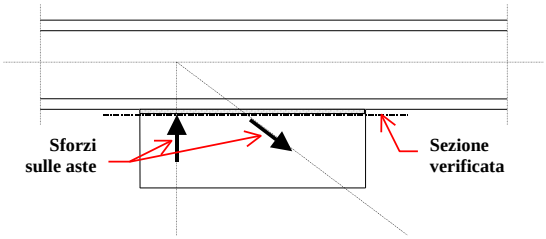
È necessario verificare che gli sforzi vengano diffusi dalle aste al fazzoletto. Convenzionalmente si impone che le linee di diffusione siano inclinate di 30° rispetto alle saldature e si verifica la sezione di fazzoletto di larghezza b_{eff}.

La larghezza b_{eff} viene calcolata tenendo conto delle reali dimensioni del fazzoletto, le eventuali sovrapposizioni delle zone di diffusione di aste diverse sono computate attraverso un coefficiente di diffusione $c \leq 1$ inserito dall'utente. Si avrà pertanto che la tensione sul fazzoletto sarà

$\sigma = \frac{N}{c b_{eff} s}$ dove s è lo spessore del fazzoletto.

Verifica fazzoletto

Il fazzoletto viene verificato nella sezione di attacco al corrente, che risulta sottoposta a taglio e pressoflessione.



Stampa

Nella stampa della relazione di calcolo sono riportati tutti i dati utili a ricostruire la geometria del nodo e a descrivere lo stato tensionale riscontrato in esso. I dati sono organizzati secondo le categorie descritte qui di seguito.

GEOMETRIA DEL NODO:

- Caratteristiche delle aste: vengono forniti i dati relativi a tutte le aste attive per quanto riguarda i profili utilizzati, gli angoli di incidenza e i coefficienti di diffusione.
- Fazzoletto: vengono forniti lo spessore e gli ingombri massimi in larghezza e in altezza.
- Saldature: ogni saldatura viene identificata con un nome e vengono forniti lunghezza e lato.

MATERIALI:

È indicato il tipo di acciaio utilizzato e le tensioni ammissibili ad esso relative, a seconda dei tipi di casi di carico e degli spessori dei profili.

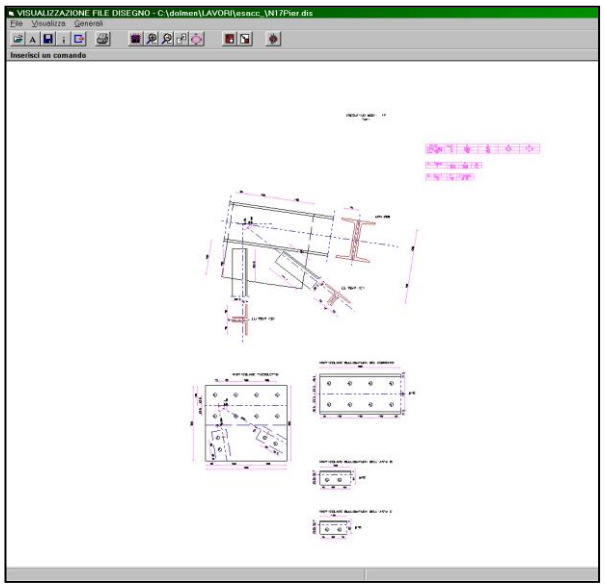
TENSIONI CALCOLATE:

- Diffusione: per ogni gruppo di sollecitazioni è fornito il valore della tensione riscontrata nel fazzoletto all'attacco di ogni asta.
- Saldature: per ogni gruppo di sollecitazioni e per ogni saldatura sono stampati i valori di $\sigma_{\perp}$, $\tau_{//}$ e $\tau_{\perp}$ calcolati e la percentuale che la peggior verifica da effettuare ha raggiunto rispetto alla sigma ammissibile.
- Attacco al corrente: viene stampato il valore della tensione massima riscontrata nel fazzoletto nella sezione di attacco al corrente.

Tutte le tensioni sono espresse in N/mm^2.

NODO DI TRAVATURA RETICOLARE BULLONATO (ND06)

La tipologia analizzata da questo modulo (Figura sottostante) è un nodo di travatura reticolare realizzato con un corrente superiore continuo con sezione a C doppia oppure U doppia comunque inclinato, al quale è possibile collegare fino a tre aste attraverso un fazzoletto.



Nd6, connessione fra corrente e aste: esecutivo quotato

Il fazzoletto può assumere una forma qualsiasi ed è connesso alle aste ed al corrente tramite bulloni. Alle aste possono essere attribuite sezioni a L o ad U singole, doppie od opposte, orientate a scelta dell'utente. L'utente può definire oltre al numero ed alla tipologia delle aste collegate, anche la loro inclinazione ed il tipo di bullonatura, aiutato da funzioni che permettono di importare i dati necessari dall'esterno.
Il modulo propone una finestra di *Inserimento dati* molto simile a quella del nodo 5, pertanto si rimanda al capitolo precedente per la descrizione delle varie sezioni. Vengono descritte solo le funzioni che presentano differenze rispetto al nodo 5.

Lunghezza della porzione di asta all'interno del fazzoletto

Per ogni asta è possibile indicare la lunghezza in millimetri della porzione all'interno del fazzoletto. La lunghezza è intesa come dimensione minima della zona bullonabile, calcolata sull'asse dell'asta. Se, per la conformazione del fazzoletto, la lunghezza dei lati dell'asta interni a quest'ultimo è insufficiente a garantire la dimensione precisata, il programma modificherà l'affondamento del profilo in fase di disegno.

Coefficienti di diffusione

Il programma esegue una verifica locale del fazzoletto in prossimità di ogni asta attiva calcolando le tensioni in una sezione determinata da una diffusione degli sforzi secondo un angolo di 30°(vedi *Verifica*). Il calcolo della larghezza effettiva di tale sezione non tiene conto delle reali dimensioni del fazzoletto che potrebbero limitarne l'estensione e non rileva le eventuali zone di diffusione comuni a più aste. Gli effetti di questa sovrapposizione possono essere inseriti dall'utente nella verifica attraverso il *coefficiente di diffusione* il quale viene moltiplicato alla *beff* calcolata dal programma.

Verifica Sollecitazioni

Le verifiche effettuate dal programma sono le seguenti:

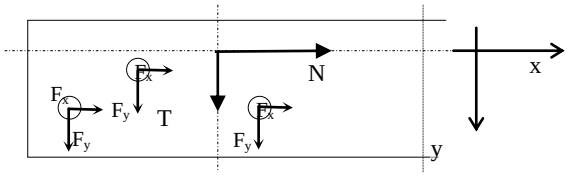
- Verifica a tranciamento dei bulloni;
- Verifica delle distanze tra i bulloni;
- Verifica a rifollamento della parti collegate;
- Verifica del fazzoletto con diffusione degli sforzi.

Verifica a tranciamento dei bulloni

Per la determinazione dell'azione sui bulloni sono prese in conto la sollecitazione di sforzo normale, la sollecitazione di taglio e l'eventuale presenza di eccentricità tra l'asse del profilo ed il baricentro dei bulloni stessi. In generale, i bulloni delle aste dovranno assorbire sforzo normale e momento torcente, mentre i bulloni del corrente sopportano uno sforzo normale, un taglio ed un momento torcente. Ogni bullone risulta comunque sollecitato solamente a taglio.

Per la distribuzione dello sforzo normale e del taglio si considera una quota di sforzo uguale per ogni bullone. Se *n* è il numero dei bulloni, mentre N e T sono rispettivamente lo sforzo normale ed il taglio agenti, lo sforzo su ogni bullone sarà dato dalla composizione vettoriale dei due valori:

$$F_x = \frac{N}{n} \qquad F_y = \frac{T}{n}$$

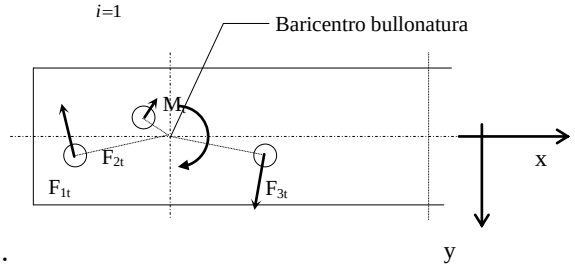


Schema della distribuzione delle azioni di sforzo normale e taglio sui bulloni

La distribuzione del momento torcente che nasce in seguito all'eccentricità esistente tra il baricentro dell'azione e quello della bullonatura è ottenuta ipotizzando che l'unione sia costituita da lamiere infinitamente rigide e da bulloni perfettamente elastici. Di conseguenza la rotazione dei centri dei fori è comune a ciascuno di questi e la forza agente sui bulloni è proporzionale alla distanza degli stessi dal centro di rotazione, coincidente con il baricentro della bullonatura. In formule:

$$F_{xit} = \frac{M_t}{\sum_{i=1}^{n}(x_i^2 + y_i^2)} x_i \qquad F_{yit} = \frac{M_t}{\sum_{i=1}^{n}(x_i^2 + y_i^2)} y_i \qquad F_{it} = \sqrt{(F_{xit}^2 + F_{yit}^2)}$$

Schema della distribuzione del momento torcente sui bulloni:



L'azione totale sui bulloni risulta quindi:

$$F_{xi} = \frac{N}{n} + \frac{M_t}{\sum_{i=1}^{n}(x_i^2 + y_i^2)} x_i \qquad F_{yi} = \frac{T}{n} + \frac{M_t}{\sum_{i=1}^{n}(x_i^2 + y_i^2)} y_i \qquad F_i = \sqrt{(F_{xi}^2 + F_{yi}^2)}$$

Le sollecitazioni così ottenute sono confrontate con i valori resistenti calcolati secondo quanto indicato dalle *NTC 2008 § 4.2.8.1.1*.

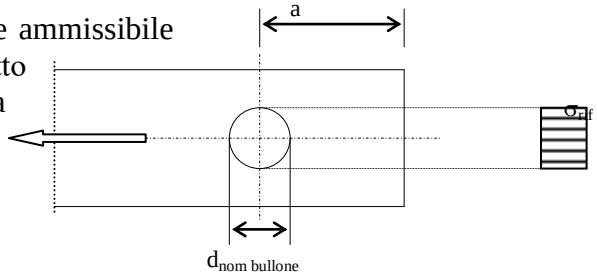
L'area resistente (A_{res}) è determinata sulla base del diametro nominale del bullone: attivata l'opzione "*Riduzione area bullone per filettatura*" nel pannello "Opzioni", verrà ridotta rispetto all'area nominale per tenere conto della zona filettata.

Verifica delle distanze tra i bulloni

Vengono anche effettuati dei controlli sulla posizione dei bulloni per verificare che vengano rispettati le distanze dai bordi e gli interassi minimi e massimi tra i bulloni *(NTC 2008 – Tabella 4.2.XIII).* Nel caso di verifica condotta alle Tensioni Ammissibili, questi controlli fanno riferimento alle prescrizioni delle CNR 10011.

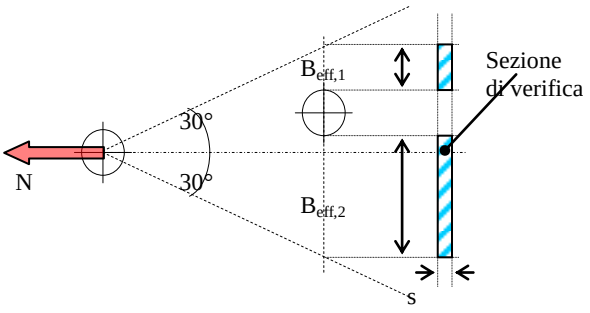
Verifica a rifollamento delle parti collegate

La verifica del collegamento agli Stati Limite, prevede l'utilizzo della formula *4.2.61* delle *NTC 2008* per quanto riguarda il rifollamento.
Se il calcolo viene svolto alle Tensioni Ammissibili, la verifica a rifollamento è fatta sulla base degli sforzi calcolati sui bulloni come descritto al punto precedente.
La pressione è determinata sulla sezione rettangolare che ha per altezza lo spessore del profilo o del fazzoletto e per base il diametro del bullone.
La tensione normale è confrontata con la pressione ammissibile dell'acciaio di cui è costituito il fazzoletto moltiplicata per un coefficiente che dipende dalla posizione del foro sul profilo o sul fazzoletto e più precisamente:



$$\sigma_{amm,rif} = \sigma_{amm} \cdot \alpha$$

con:
$\alpha = 3$ se i piatti lavorano a compressione;
$\alpha = \alpha(a)$ secondo tabella seguente, se i piatti lavorano a trazione (a: distanza dal bordo libero nella direzione della forza). Per ulteriori approfondimenti relativi a questo procedimento si veda "Strutture in acciaio"- G. Ballio, F. Mazzolani.



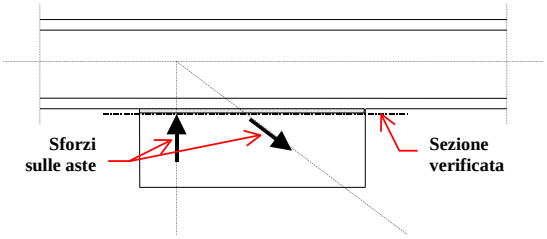
Condizione	α
a ≥ 3d	2.5
3d > a ≥ 2d	2.0
2d > a ≥ 1.5d	1.4
1.5d > a ≥ 1.2d	1.0

Verifica del fazzoletto

Il fazzoletto viene verificato in alcune sezioni in prossimità di ciascuna asta di parete e nella sezione rappresentata dal filo del corrente "interno" allo stesso. Lo sforzo che ogni bullone trasmette al fazzoletto viene diffuso nel fazzoletto con un angolo di 30°: la sezione di verifica è quindi rettangolare con altezza pari allo spessore del fazzoletto e base variabile in funzione della distanza del foro dalla sezione stessa. Il programma verifica la sezione determinata in corrispondenza di ogni bullone, depurando la sezione stessa dai fori che vengono interessati (vedi figura).
La larghezza b_{eff} viene calcolata senza tenere in conto le reali dimensioni del fazzoletto; le eventuali sovrapposizioni delle zone di diffusione di aste diverse possono essere computate attraverso un coefficiente di diffusione $c \le 1$ inserito dall'utente. Si avrà pertanto che la tensione sul fazzoletto sarà (s=spessore del fazzoletto):

$$\sigma = \frac{N}{c\sum_{i=1}^{n} b_{eff,i} s}$$

Il fazzoletto viene infine verificato nella sezione “sotto” (o “sopra”) il corrente, che risulta sottoposta a taglio e pressoflessione (vedi figura sottostante).



Sezione di sotto al corrente

Stampa

Nella stampa della relazione di calcolo sono riportati tutti i dati utili a ricostruire la geometria del nodo e a descrivere lo stato tensionale riscontrato in esso. I dati sono organizzati secondo le categorie descritte qui di seguito.

GEOMETRIA DEL NODO:

- Caratteristiche delle aste: per tutte le aste attive sono forniti i profili utilizzati, gli angoli di incidenza e i coefficienti di diffusione.
- Fazzoletto: vengono forniti lo spessore e gli ingombri in larghezza e in altezza.
- Saldature: vengono forniti sigla, lunghezza e lato di ogni saldatura.

MATERIALI:

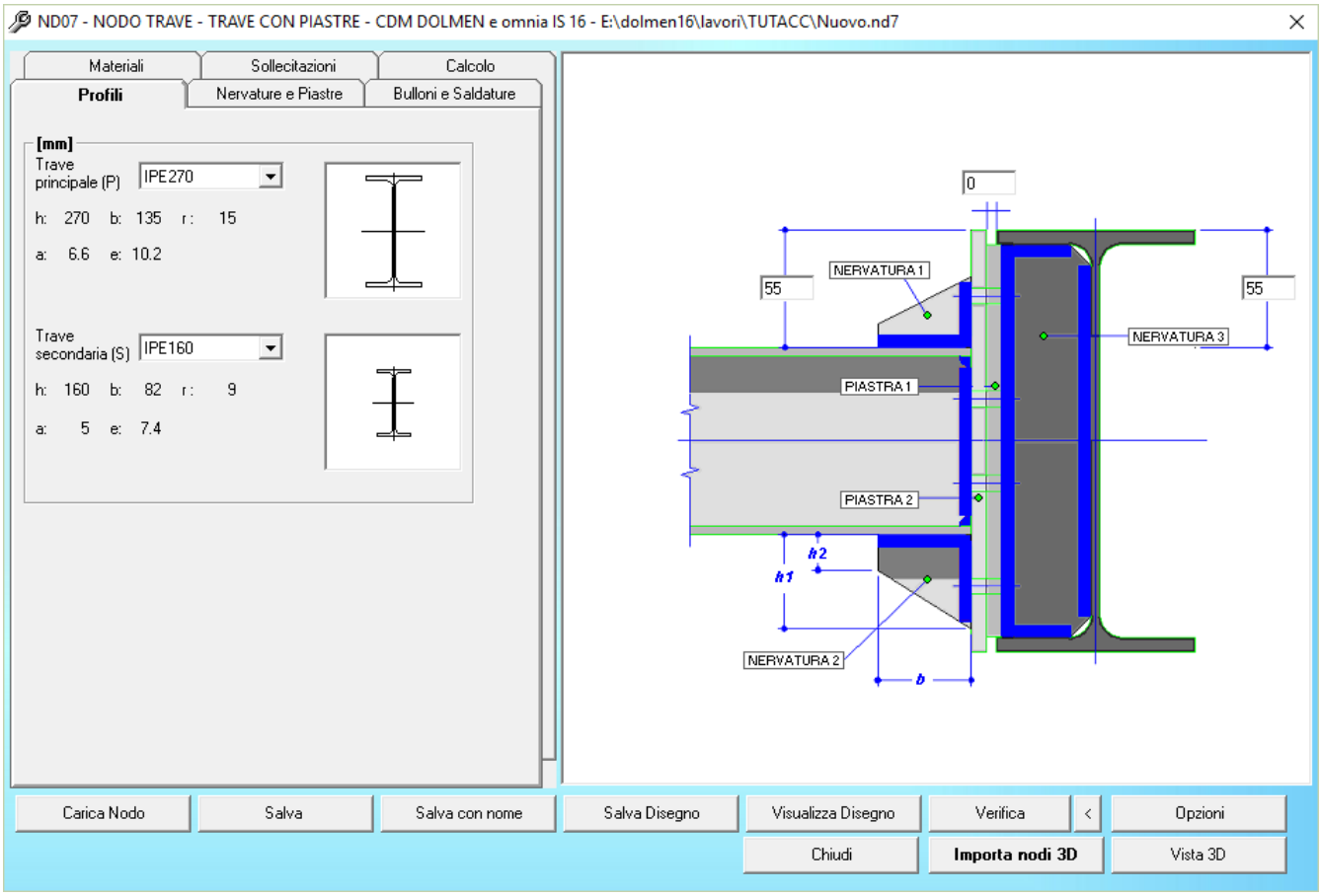
E’ indicato il tipo di acciaio utilizzato e la classe delle viti con le tensioni ammissibili relative, a seconda dei tipi di casi di carico e degli spessori dei profili.

TENSIONI CALCOLATE:

- Diffusione: per ogni gruppo di sollecitazioni è fornito il valore della tensione massima riscontrata nel fazzoletto in corrispondenza dell’attacco di ogni asta.
- Sezione sotto corrente: viene stampato il valore della tensione massima riscontrata nel fazzoletto nella sezione sotto o sopra il corrente
- Verifica a rifollamento**:** viene stampata, per ogni asta e per il corrente, la tensione di rifollamento massima riscontrata in corrispondenza di ogni bullone, sul profilo o sul fazzoletto.
- Verifica bulloni**:** Vengono stampati i valori della tensione di tranciamento per ogni bullone di ciascun collegamento.
- Verifica profili**:** Viene riportata, per ogni asta, la tensione massima riscontrata nelle diverse sezioni depurate dai fori.

Tutte le tensioni sono espresse in N/mm^2.

NODO TRAVE-TRAVE CON PIASTRE (ND07)



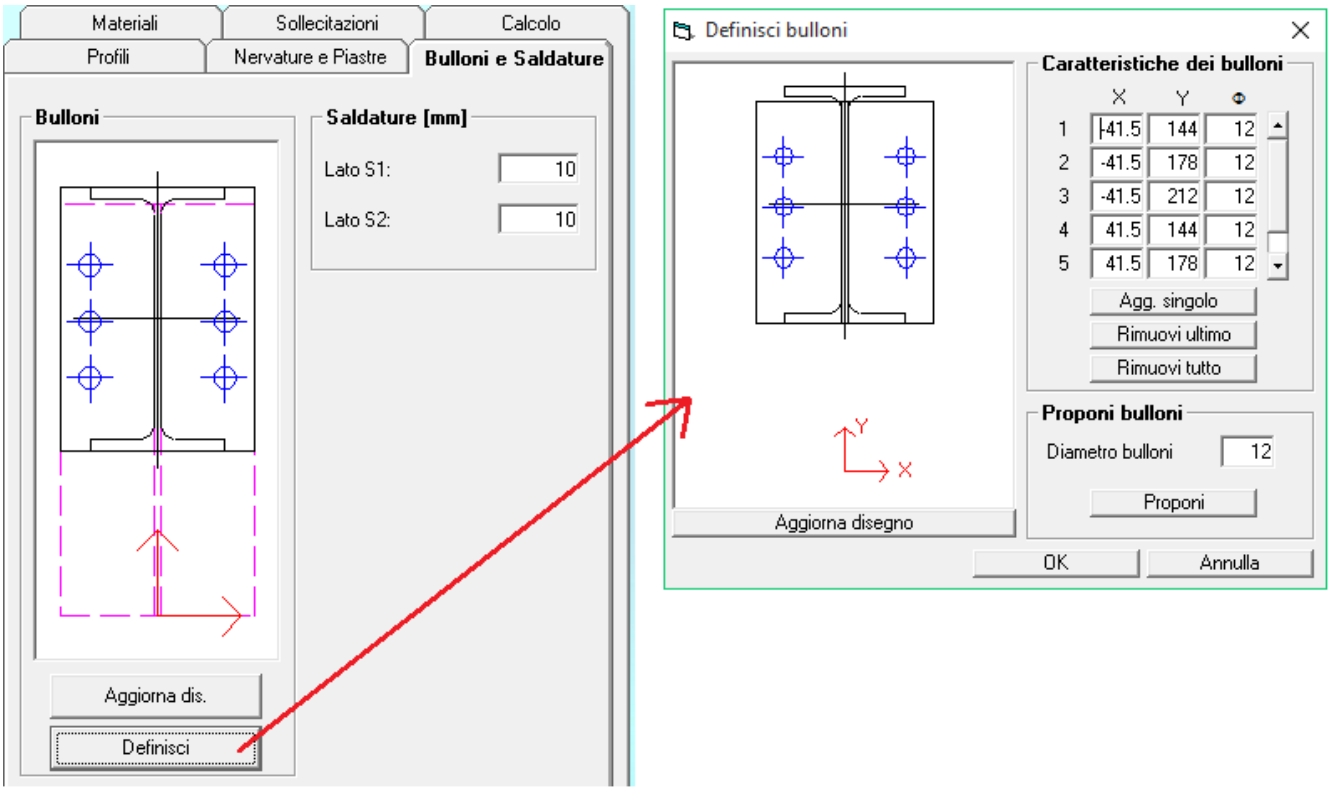
La tipologia di nodo analizzata da questo programma è l'unione trave-trave con piastre di collegamento. L'unione prevede la presenza di una trave, detta principale, sulla quale si innesta la trave secondaria. Il tipo di nodo in esame è individuato dall'estensione *nd7*, staticamente schematizzabile con un incastro, ed è in grado di sostenere tutte le sei componenti di sollecitazione (taglio, torsione e flessione).

Molte delle caratteristiche e dei dati richiesti sono i medesimi dei nodi precedenti, specialmente del nodo trave-trave con squadrette. Si rimanda inoltre ai capitoli precedenti per le seguenti funzioni:

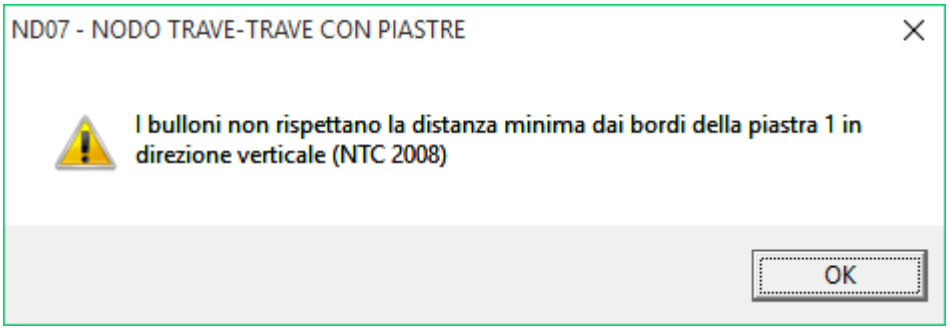
- Importa nodi da 3D
- Sollecitazioni
- Tipi di casi di carico
- Materiali

Bulloni

Una piccola differenza rispetto ai nodi precedenti è rappresentata dalla modalità di inserimento bulloni. Nel caso del nodo 7 e di altri nodi successivi, la linguetta "Bulloni e saldature" riporta il tasto "Definisci" il quale causa l'apertura di un'apposita finestra di definizione della geometria dei bulloni (vedi immagine seguente). Tale finestra è dotata della funzione "Proponi" che, a partire dal diametro scelto, definisce una configurazione coerente con i limiti di normativa. Un altro parametro che influenza questo inserimento semi-automatico è lo "Spazio minimo disponibile intorno al foro" che viene definito aprendo la finestra di Opzioni del nodo e scegliendo la voce "Geometria nodo e calcolo".

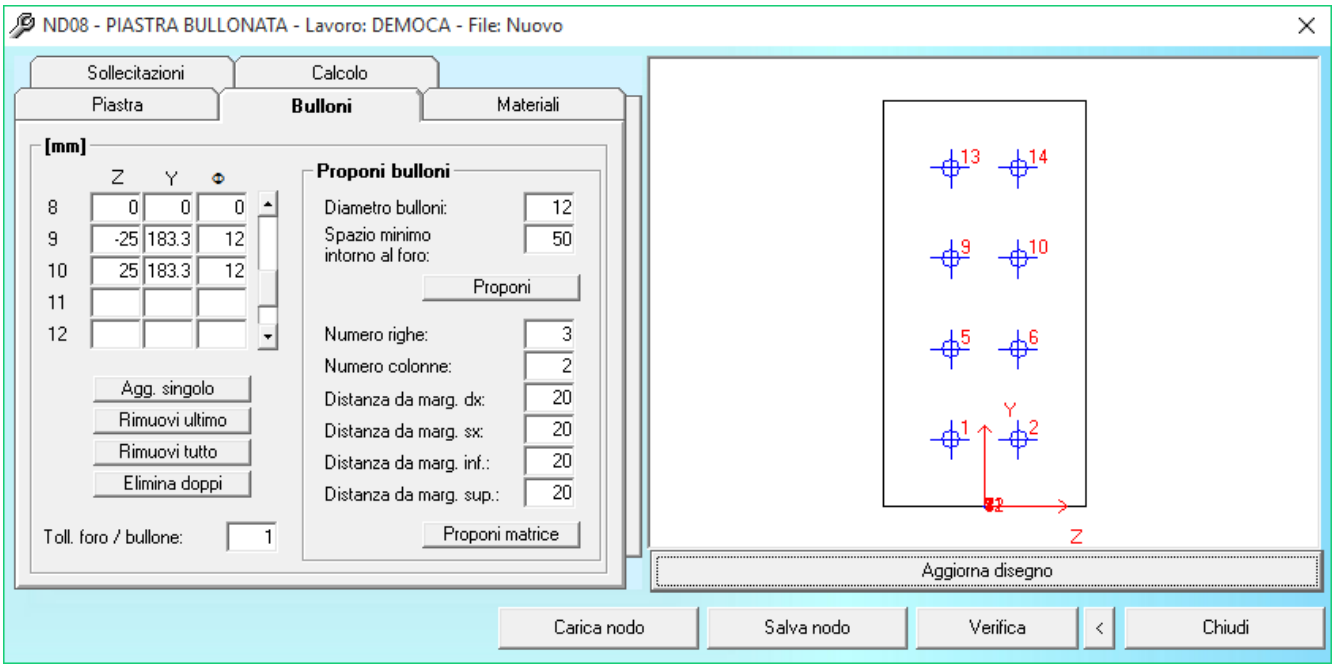


In accordo con quanto indicato nelle NTC 2008, i bulloni devono rispettare limiti inferiori e superiori di distanza tra loro e dai bordi della piastra secondo la tabella 4.2.XIII.
Nel caso in cui tali limiti non siano rispettati il programma permette comunque l'inserimento, ma al momento dell'esecuzione delle verifiche fornisce messaggi d'errore simili a quello riportato di seguito.



Per poter proseguire con la verifica del nodo è necessario modificare la geometria di piastre o bulloni per soddisfare i requisiti di normativa.

NODO PIASTRA BULLONATA (ND08)



La tipologia di nodo analizzata da questo programma è una generica unione bullonata, su piastra di collegamento. I dati di input sono:

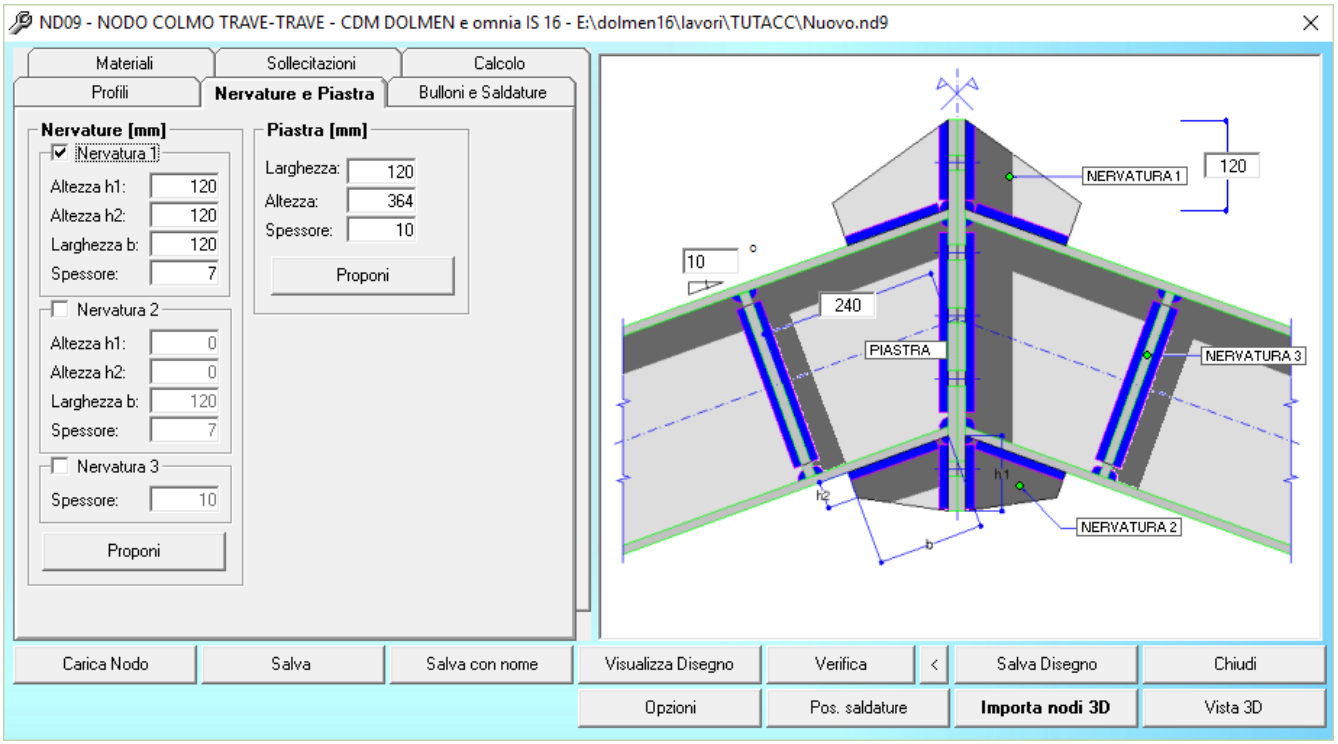
- disposizione dei bulloni e dimensioni della piastra;
- caratteristiche del materiale;
- sei valori di sollecitazione con relativo punto di applicazione sulla piastra.

La disposizione dei bulloni può essere indicata tramite il riquadro "Proponi Bulloni" oppure utilizzando la tabella di coordinate e il pannello grafico a sinistra (fermando il mouse in un punto della finestra vengono evidenziate le coordinate corrispondenti).

NB: se vengono effettuate "prove" di inserimento, ricordarsi di cancellare le precedenti disposizioni col tasto Rimuovi tutto.

La restituzione avviene con un tabulato di verifica della bullonatura e della piastra di base.

NODO DI COLMO TRAVE-TRAVE (ND09)



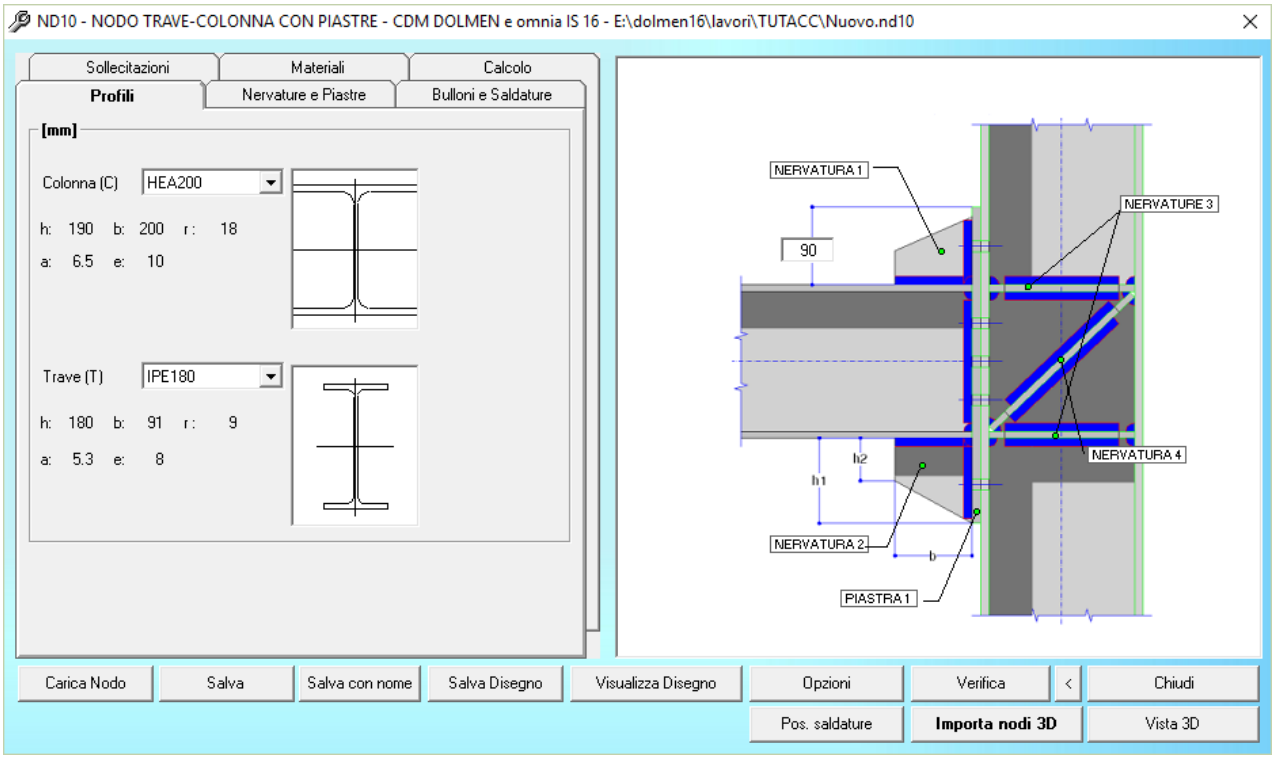
La tipologia di nodo analizzata da questo programma è l'unione di colmo tra due travi costituenti una copertura e aventi un'inclinazione data.
L'unione prevede la presenza di un profilo a I identico per entrambi i lati. Il tipo di nodo in esame è individuato dall'estensione *nd9*, staticamente schematizzabile con un incastro, ed è in grado di sostenere tutte le sei componenti di sollecitazione (taglio, torsione e flessione).
Per l'operatività di questo nodo si rimanda alle definizioni ed alle procedure già descritte per i nodi precedenti.

Verifica Sollecitazioni

Le verifiche effettuate dal programma sono le seguenti:

- Verifica a tranciamento dei bulloni;
- Verifica delle distanze tra i bulloni;
- Verifica a rifollamento della parti collegate;
- Verifica a flessione delle piastre di collegamento;
- Verifica delle saldature.

NODO COLONNA TRAVE CON PIASTRA (ND10)



La tipologia di nodo analizzata da questo programma è l'unione trave su pilastro con piastre di collegamento. Il tipo di nodo in esame è individuato dall'estensione *nd10,* ed è staticamente schematizzabile con un incastro: è in grado perciò di sostenere tutte le sei componenti di sollecitazione (taglio, torsione e flessione).

Le ipotesi di base nell'uso di questo nodo sono le seguenti:

- la "Nervatura 3" è utile per evitare l'instabilità dell'anima della colonna in zona compressa o il distacco dall'ala in zona tesa;
- la "Nervatura 4" incrementa la resistenza a taglio dell'anima della colonna;
- premendo due volte il tasto "Proponi piastra" si otterrà la prima volta una larghezza pari alla larghezza della trave, e la seconda volta pari alla larghezza della colonna.

Sul lato trave sono eseguite le seguenti verifiche:

- bullonatura per T, Mt, Mz, My su sezione parzializzata;
- rifollamento sulla piastra e sull'ala;
- pressione sull'ala della colonna;
- saldature.

Per le verifiche lato colonna si può scegliere se eseguire le verifiche di completo ripristino (considerando la trave completamente snervata) oppure considerare le sollecitazioni realmente agenti. In entrambi i casi le verifiche effettuate sono:

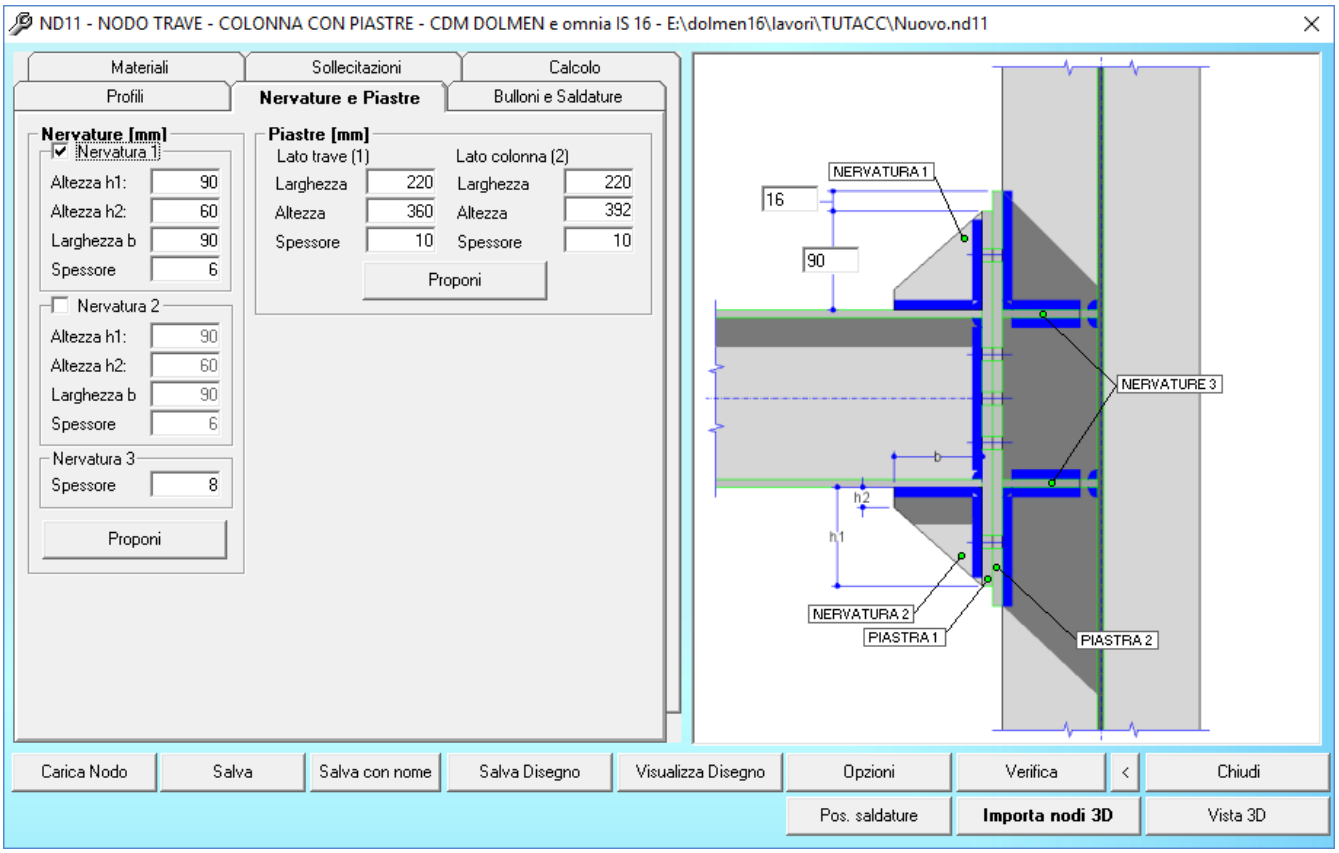
- resistenza ala e anima zona compressa;
- instabilità anima zona compressa;
- resistenza ala e anima zona tesa;
- resistenza a taglio anima;
- saldature.

Le verifiche sulla colonna sono riassunte all'inizio della relazione di calcolo e riportano un SI o NO con un eventuale suggerimento oppure la percentuale di sigma limite raggiunta (la verifica è superata se la percentuale è minore del 100%). Se la verifica è di tipo geometrico, viene riportato una sorta di coefficiente di sicurezza (verifica superata se coefficiente maggiore di 1).

Per ulteriori dettagli si rimanda al testo "Strutture in acciaio"- G. Ballio, F. Mazzolani.

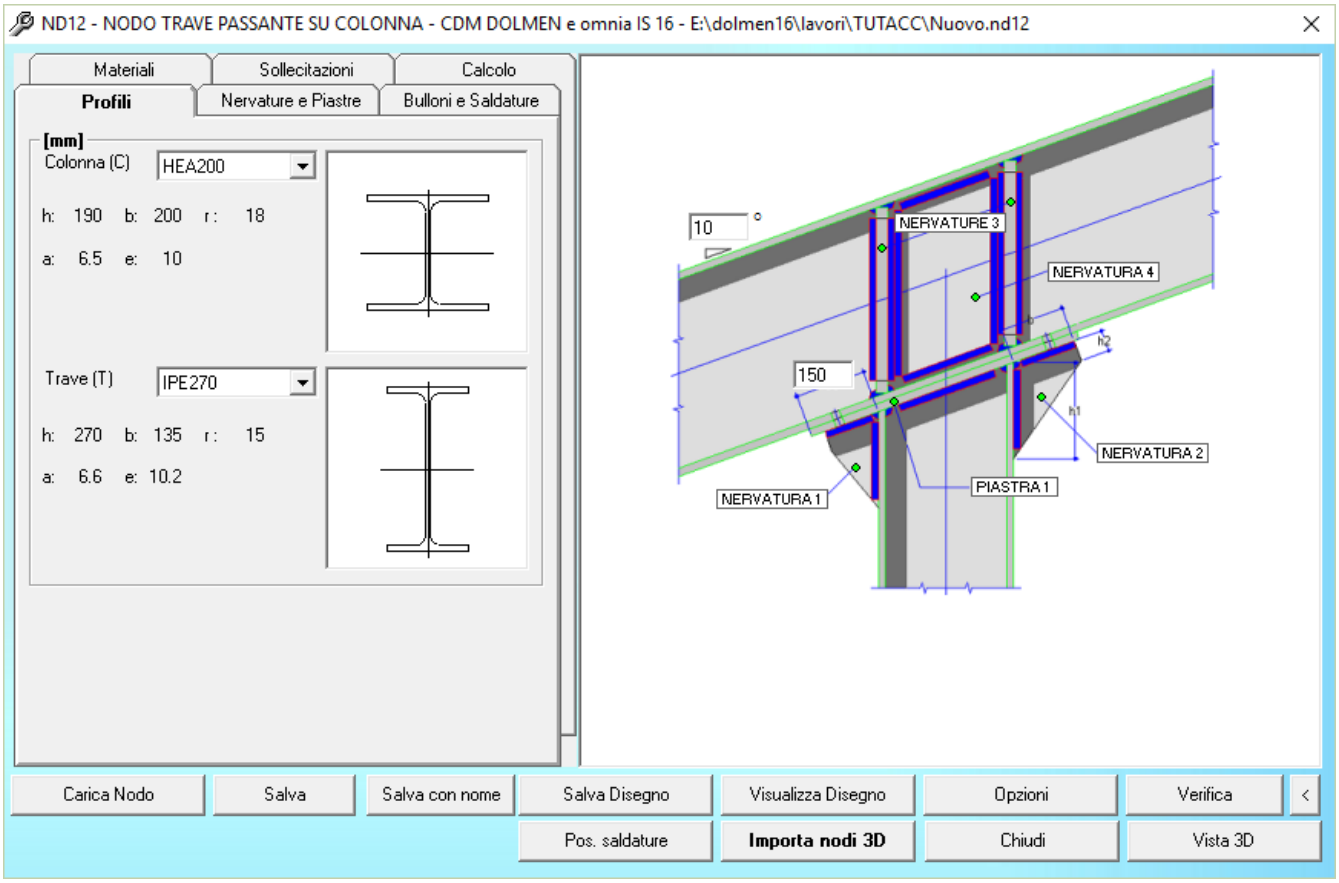
Si rimanda inoltre ai capitoli precedenti per le seguenti funzioni: Importa nodi da 3D, Bulloni, Sollecitazioni, Materiali.

NODO COLONNA TRAVE CON PIASTRA – ATTACCO SULL'ANIMA (ND11)



La tipologia di nodo analizzata da questo programma è l'unione trave su pilastro con piastre di collegamento. Il tipo di nodo in esame è individuato dall'estensione *nd11*, ed è staticamente schematizzabile con un incastro: è in grado perciò di sostenere tutte le sei componenti di sollecitazione (taglio, torsione e flessione).
A causa della difficoltà di esecuzione pratica del nodo a incastro con attacco sull'anima del pilastro, le viti posizionate tra le ali del profilo trave vanno saldate alla piastra lato colonna *prima* di fissare quest'ultima, lasciando la testa "all'interno".
Molte delle caratteristiche e dei dati richiesti sono i medesimi dei nodi precedenti, in particolare si può fare riferimento al nodo 10.
Si rimanda inoltre ai capitoli precedenti per le seguenti funzioni: Importa nodi da 3D, Bulloni, Sollecitazioni, Materiali.

NODO TRAVE PASSANTE SU COLONNA (ND12)



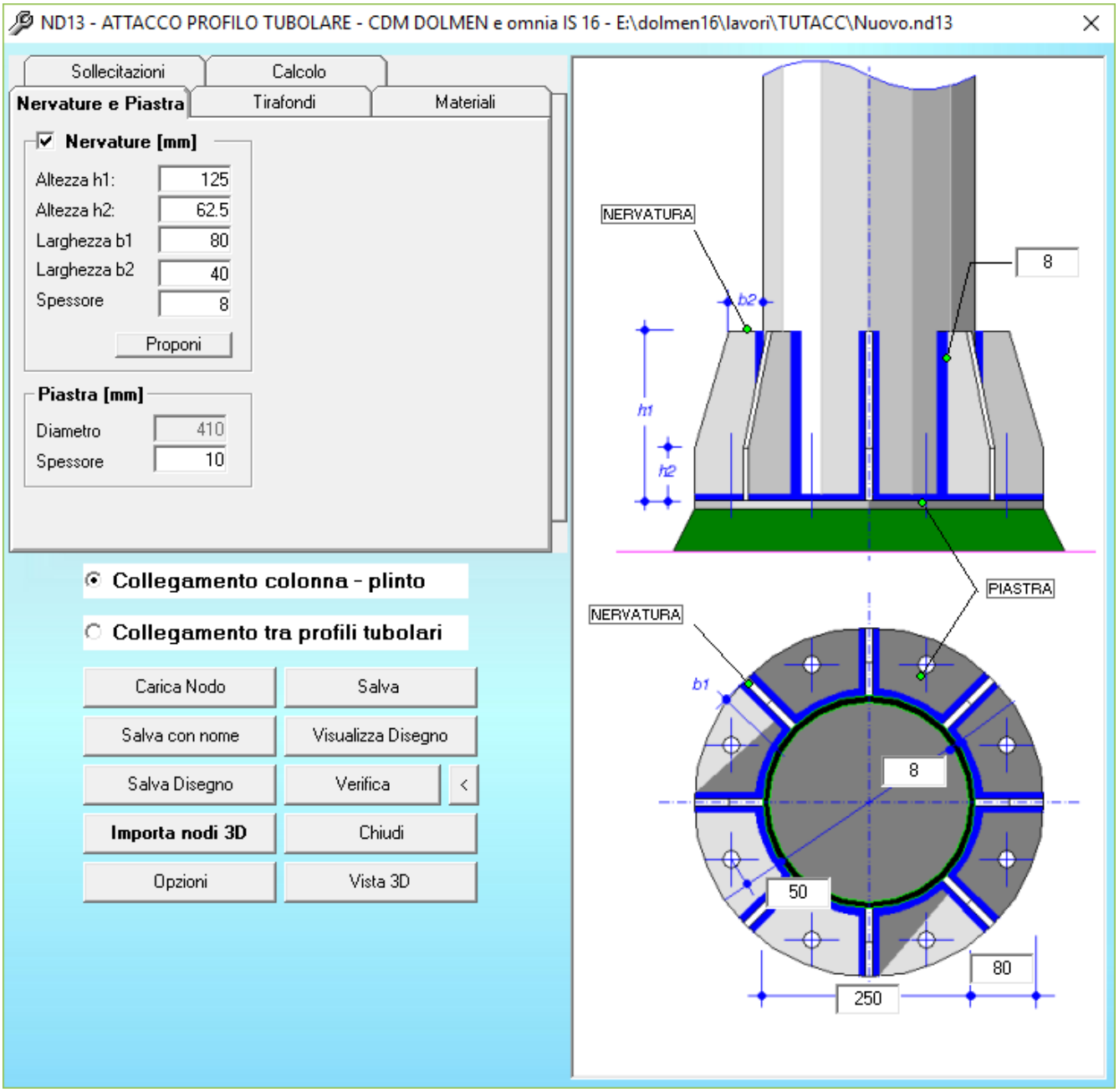
Per l'operatività di questo nodo si rimanda alle definizioni ed alle procedure già descritte per i nodi precedenti.

Per quanto riguarda l'inserimento dei bulloni, si precisa che l'area disponibile per la bullonatura è definita dal contatto tra la piastra di collegamento e la flangia inferiore della trave. In caso di difficoltà nella definizione della bullonatura, cliccare sul tasto "Opzioni" presente nella zona inferiore del pannello e verificare il valore inserito alla voce "Geometria nodo e calcolo" – "Spazio minimo disponibile intorno al foro".

È possibile effettuare la verifica del nodo imponendo le regole di gerarchia delle resistenze e quindi controllando che si tratti di un nodo a completo ripristino. Per attivare questa funzionalità bisogna cliccare sul tasto "Opzioni", poi "Geometria nodo e calcolo" e selezionare la voce "Attiva verifiche di completo ripristino". Il software controllerà che il momento resistente di progetto del nodo sia maggiore del massimo momento resistente della colonna e anche del doppio del massimo momento resistente della trave, secondo quanto indicato dall'*EC3-1-8 par 5.2.3.3*. Nel dettaglio, il software controlla:

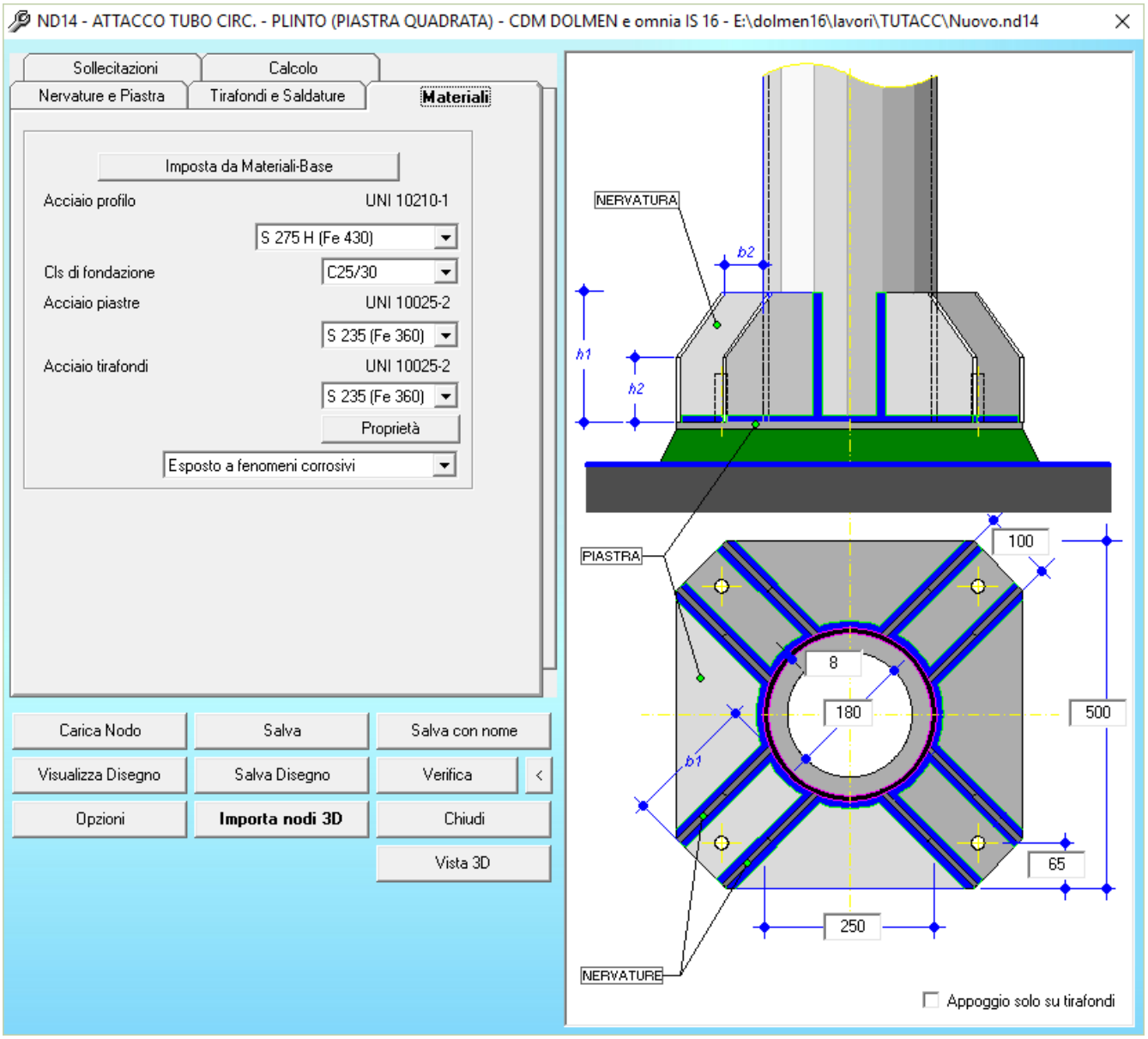
- la resistenza dell'anima della trave (in modo diverso a seconda che siano presenti le nervature 3 e 4 oppure no);
- la resistenza all'imbozzamento dell'anima della trave;
- la resistenza della flangia della trave soggetta agli sforzi che derivano dal massimo momento resistente della colonna trasmessi tramite i bulloni.

NODO COLONNA TUBOLARE – PLINTO o TUBO –TUBO (ND13)



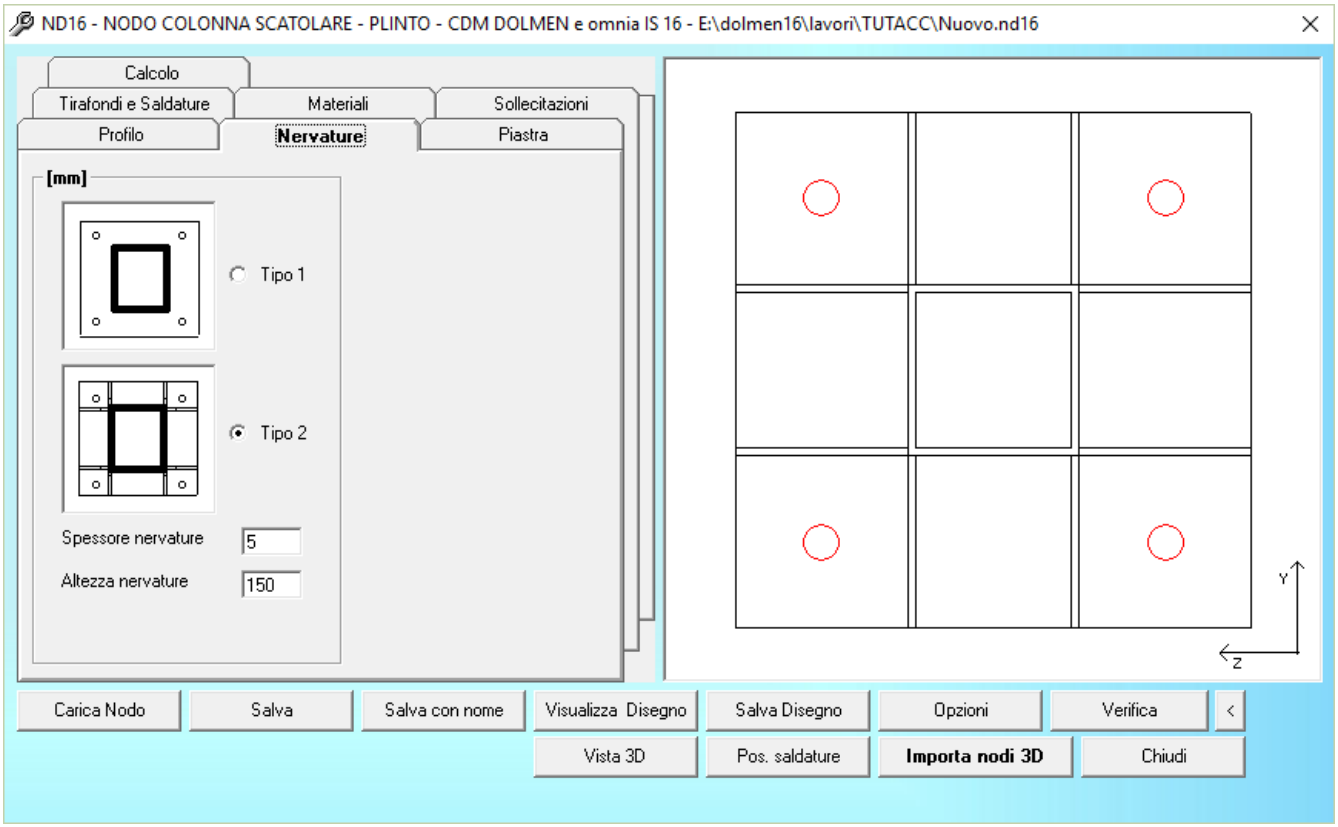
Questo nodo prevede che all'avvio del programma si scelga tra due tipi di collegamento: colonna tubolare con plinto di fondazione oppure due profili tubolari collegati tra loro con piastre circolari e bulloni.
In funzione della tipologia scelta, il software guida l'impostazione dei materiali e il dimensionamento dei bulloni o dei tirafondi. In particolare, scegliendo "Collegamento tra profili tubolari" il tasto per il dimensionamento dei tirafondi viene disattivato e si attiva la casella per l'inserimento manuale del diametro.
Per quanto riguarda l'importazione delle sollecitazioni, a prescindere dalla tipologia scelta è sufficiente indicare un'asta dalla quale importare. Ad esempio, per il caso di collegamento tra due tubolari è sufficiente selezionare l'asta superiore. In automatico verranno importate le sollecitazioni agenti calcolate con il CAD 3D struttura di Dolmen.
Al termine della fase di input dei dati, si preme il tasto verifica per ottenere la relazione di calcolo. Anch'essa viene personalizzata a seconda del tipo di nodo impostato, così come il disegno esecutivo che può essere visualizzato con il tasto Visualizza disegno e salvato in formato .dxf oppure in .grb.

COLLEGAMENTI CON PROFILI TUBOLARI (ND14-15)



Per l'operatività di questi nodi si rimanda alle definizioni ed alle procedure già descritte per i nodi precedenti.
Il nodo 14 prevede la presenza di una piastra di collegamento quadrata che presenta un foro in corrispondenza del profilo. L'impiego di questo tipo di collegamento è legato, in particolare, alle strutture in acciaio utilizzate nei piazzali in alta tensione che si trovano in prossimità delle sottostazioni elettriche.
Il nodo 15 permette la verifica dell'attacco di un profilo tubolare con una piastra a quattro ali.

NODO COLONNA SCATOLARE – PLINTO (ND16)



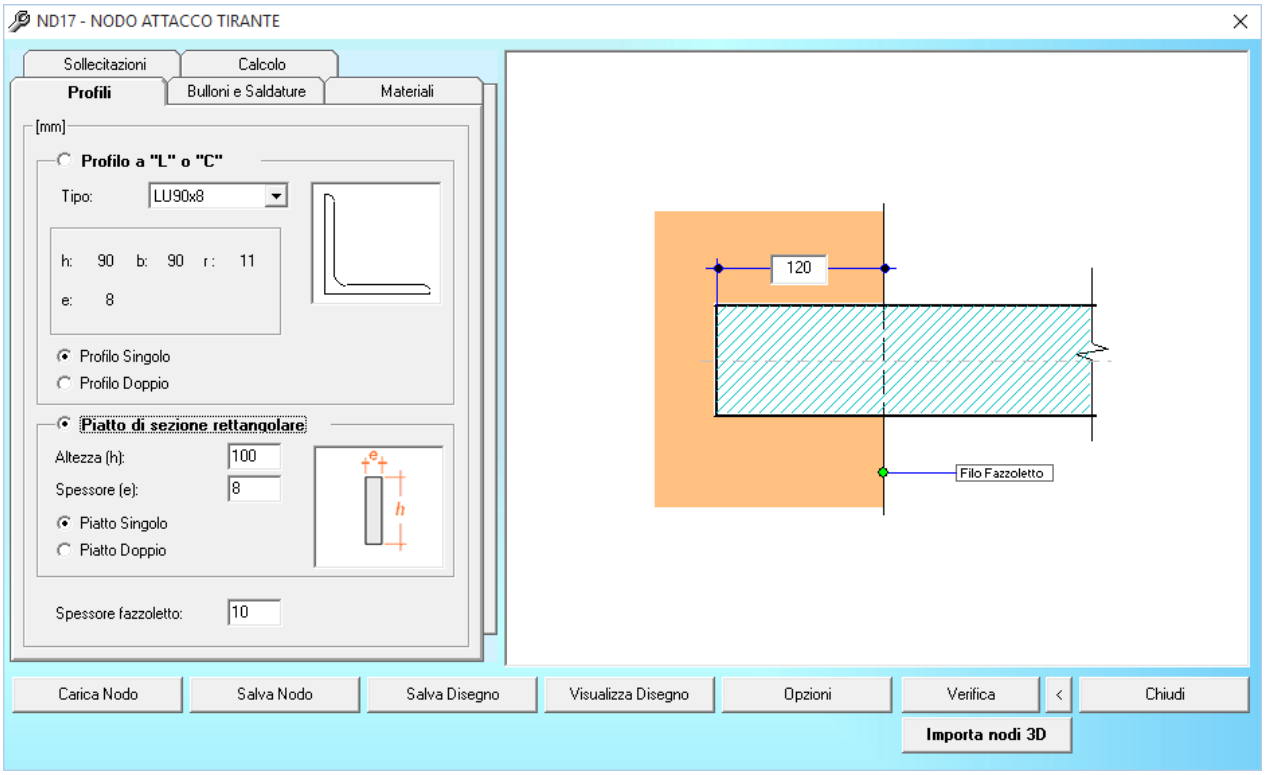
Questo nodo verifica il collegamento di un profilo scatolare ad una piastra quadrata con o senza nervature di irrigidimento. La maggior parte delle funzioni di questo nodo sono analoghe a quelle descritte per il nodo 3, pertanto si rimanda a tale capitolo.

Verifica Sollecitazioni

Le verifiche effettuate dal programma sono le seguenti:

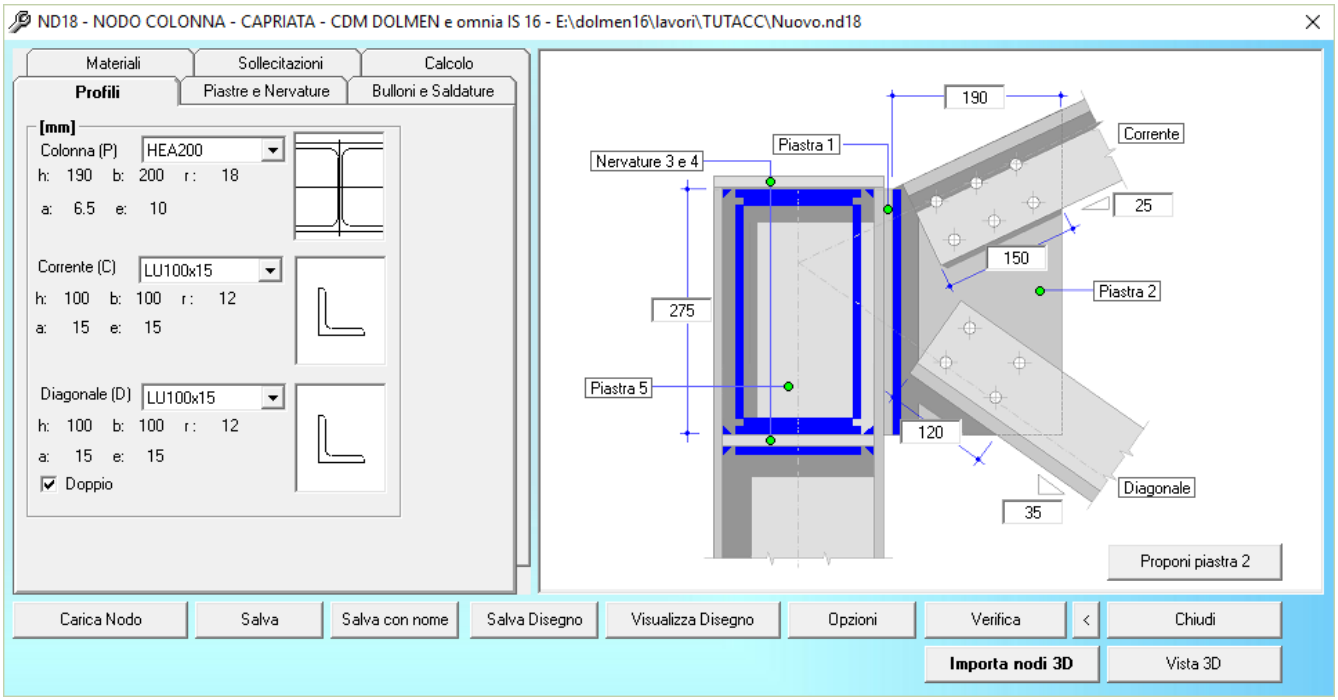
- Verifica della piastra di base (con o senza nervature);
- Verifica dei tirafondi;
- Verifica del calcestruzzo del plinto;
- Verifica delle nervature di irrigidimento (se presenti);
- Verifica delle saldature.

NODO DI ATTACCO DI UN TIRANTE (ND17)



Questo modulo è pensato per verificare l'attacco di un tirante costituito da un profilo a L o C oppure da un piatto di sezione rettangolare.
La sollecitazione di sforzo normale si considera applicata nel baricentro del tirante, che naturalmente dipende dalla sezione dello stesso. Pertanto se tale punto d'applicazione non coincide con il baricentro della bullonatura o delle saldature, su questi elementi nascono delle sollecitazioni dovute ai momenti di trasporto. Inoltre, se il tirante è costituito da un profilo singolo anche il fazzoletto di collegamento è soggetto ad una sollecitazione di compressione oltre che di trazione.
Per l'operatività del programma si rimanda alle definizioni ed alle procedure già descritte per i nodi precedenti.

NODO COLONNA-CAPRIATA (ND18)



Questo modulo è pensato per verificare l'attacco di una capriata ad una colonna. Nella sezione *Piastre e Nervature* è possibile scegliere se inserire le nervature 3 e 4 e la piastra 5. Il software assume che il corrente sia sempre formato da due profili accoppiati, mentre il diagonale può essere costituito da un profilo singolo oppure da due accoppiati a seconda della scelta indicata con il checkbox "Doppio" presente nell'area relativa alla scelta del diagonale.

Verifica Sollecitazioni

È possibile effettuare la verifica del nodo imponendo le regole di gerarchia delle resistenze e quindi controllando che si tratti di un nodo a completo ripristino. Per attivare questa funzionalità bisogna cliccare sul tasto "Opzioni", poi "Geometria nodo e calcolo" e spuntare la voce "Attiva verifiche di completo ripristino". Il software controllerà che la colonna sia in grado di resistere agli sforzi agenti su di essa che derivano dal massimo sforzo normale di compressione del corrente e dal massimo sforzo normale di trazione del diagonale. In particolare, si assume che il taglio sulla colonna sia assorbito dall'anima (eventualmente rafforzata dalla piastra 5); mentre il momento flettente è assorbito dalla flangia e dalle nervature 3 e 4 (se presenti).

Per l'operatività del programma si rimanda alle definizioni ed alle procedure già descritte per i nodi precedenti.