

EasySteel

Questa guida

Questa guida si riferisce al programma EasySteel della Softing srl e ne descrive le funzioni principali. Tutti i diritti su questo manuale sono di proprietà della Softing srl.

© 2004-2020 Softing srl. Tutti i diritti riservati.

Ultima revisione: 26 giugno 2020.

Accordo di licenza d'uso del software Softing

- 1. Licenza.** A fronte del pagamento del corrispettivo della licenza, compreso nel prezzo di acquisto di questo prodotto, e all'osservanza dei termini e delle condizioni di questa licenza la Softing s.r.l., nel seguito Softing, cede all'acquirente, nel seguito Licenziatario, un diritto non esclusivo e non trasferibile di utilizzo di questa copia di programma software, nel seguito Software.
- 2. Proprietà del software.** La Softing mantiene la piena proprietà di questa copia di programma Software e della documentazione ad essa allegata. Pertanto la Softing non vende alcun diritto sul Software sul quale mantiene ogni diritto.
- 3. Utilizzo del software.** Questo Software contiene segreti commerciali. È espressamente proibito effettuare copie o modifiche o reingegnerizzazioni, sotto qualsiasi forma e con qualsiasi mezzo, anche parziali, del Software e della documentazione a esso allegata. Il Licenziatario è responsabile a tutti i fini legali per qualunque infrazione causata o incoraggiata dalla non osservanza dei termini di questa licenza. È consentito effettuare una sola copia del Software esclusivamente per installazione su un solo disco rigido.
- 4. Cessione del software.** Il software viene ceduto in licenza unicamente al Licenziatario e non può essere ceduto a terzi. In nessun caso è consentito cedere, assegnare, affidare, affittare o disporre in altro modo del Software se non nei termini qui espressamente specificati.
- 5. Cessazione.** Questa licenza ha la durata di anni dieci. Il Licenziatario può porvi termine in ogni momento con la completa distruzione del Software. Questa licenza si intende cessata, senza onere di comunicazione da parte di Softing, qualora vi sia inadempienza da parte del Licenziatario delle condizioni della licenza.
- 6. Esonero della garanzia del software.** Il Licenziatario si fa carico di ogni rischio derivante, dipendente e connesso all'uso del Software. Il Software e la relativa documentazione vengono forniti nello stato in cui si trovano. Softing si esonera espressamente da ogni garanzia espressa o implicita ivi inclusa, ma senza limitazioni, la garanzia implicita di commerciabilità e di idoneità del prodotto a soddisfare particolari scopi. Softing non garantisce che le funzioni contenute nel Software siano idonee a soddisfare le esigenze del Licenziatario né garantisce una operatività ininterrotta o immune da difetti del Software né che i difetti riscontrati nel software vengano corretti. Softing non garantisce l'uso o i risultati derivanti dall'uso del Software e della documentazione né la loro correttezza, affidabilità e accuratezza. Le eventuali informazioni orali o scritte di esponenti o incaricati di Softing non inficiano questo esonero di garanzia.
- 7. Limitazioni di responsabilità.** Softing è espressamente sollevata da ogni responsabilità per qualsiasi danno, diretto o indiretto, di ogni genere e specie, derivante dall'uso o dal non uso del Software e della relativa documentazione. In ogni caso i limiti di responsabilità di Softing nei confronti del Licenziatario per il complesso dei danni, delle perdite, e per ogni altra causa, sarà rappresentato dall'importo dal Licenziatario corrisposto a Softing per il relativo Software.
- 8. Foro esclusivo.** In caso di controversie relative a questo accordo, sarà esclusivamente competente a decidere l'Autorità Giudiziaria di Roma.

9. Obbligatorietà ed interezza dell'Accordo. Il Licenziatario, avendo letto il testo che precede ed avendo riscontrato che questa Licenza e la Garanzia Limitata che contiene sono accettabili, le accetta senza condizioni e conferma, con l'atto di accettare l'installazione del Software, la sua volontà di vincolarsi alla scrupolosa osservanza di questo Accordo. Il Licenziatario dà altresì atto che quanto precede costituisce la totalità delle intese intercorse e che pertanto esso annulla e sostituisce ogni eventuale precedente accordo o comunicazione tra le parti.

SOFTING NON GARANTISCE CHE LE FUNZIONI CONTENUTE NEL SOFTWARE SIANO IDONEE A SODDISFARE LE ESIGENZE DEL LICENZIATARIO NÉ GARANTISCE UNA OPERATIVITÀ ININTERROTTA O IMMUNE DA DIFETTI DEL SOFTWARE NÉ CHE I DIFETTI RICONTRATI VENGANO CORRETTI. SOFTING NON GARANTISCE L'USO O I RISULTATI DERIVANTI DALL'USO DEL SOFTWARE E DELLA DOCUMENTAZIONE NÉ LA LORO CORRETTEZZA, AFFIDABILITÀ E ACCURATEZZA.

Le informazioni contenute in questo documento sono soggette a cambiamento senza preavviso e non costituiscono impegno alcuno da parte della Softing s.r.l. Nessuna parte di questo manuale e per nessun motivo può essere utilizzata se non come aiuto all'uso del programma.

Nòlian è registrato presso il Registro Pubblico Speciale per i programmi per Elaboratore in data 14/07/2000 al progressivo 001629, ordinativo D002017; EasyBeam in data 14/05/96 al progressivo 000348, ordinativo D000409; EasySteel in data 14/05/96 al progressivo 000346, ordinativo D000407; EasyWall in data 14/05/96 al progressivo 000347, ordinativo D000408; MacSap in data 23/11/97 al progressivo 000222, ordinativo D000264, ArchiLink in data 14/07/2000 al progressivo 001630, ordinativo D002018.

Softing®, il logo Softing, Nòlian®, il logo Nòlian®, Mac-Sap®, MacBeam®, CADSap®, EasyWall®, EasySteel®, EasyBeam®, EasyFrame®, EasyWorld®, HyperGuide®, Sap-Script®, FreeLite®, inMod® sono marchi registrati di Softing s.r.l.

Novità

Le novità qui riportate sono quelle disponibili alla data della ultimazione di questa Guida rispetto alla precedente edizione relativa a EWS 41.

- Riorganizzata la palette per un accesso più razionale ad alcuni comandi
- Supporto delle sezioni poligonali affidate al sagomario (si veda anche il manuale di Nòlian)
- Possibilità di assegnazione diretta di alcuni parametri avanzati per la verifica delle membrature
- Possibilità di assegnare metamateriali diversi ai singoli elementi.

Presentazione di EasySteel

EasySteel è un post-processore di Nòlian. EasySteel consente di leggere direttamente un documento di Nòlian per trovarsi nello stesso ambiente tridimensionale di Nòlian ma avendo a disposizione tutti i metodi per la verifica degli elementi in acciaio. EasySteel consente di effettuare le verifiche di resistenza e di stabilità delle membrature di strutture in acciaio, di ottimizzare i profili, di verificare i giunti, di eseguire i disegni di insieme ed esecutivi dei giunti. EasySteel opera secondo le indicazioni del DM 17 gennaio 2018. I risultati delle verifiche vengono rappresentati in forma sia numerica che grafica. È possibile anche redigere i disegni della struttura sia sotto forma di unifilari che di disegni esecutivi dei giunti. I disegni vengono gestiti da un sistema CAD interno, il "BIC", che consente di operare a qualsiasi scala e con fogli di qualsiasi formato. Qui di seguito si riporta una panoramica sul modo di operare di EasySteel.

Cenni sull'uso di EasySteel

Una volta generata ed analizzata la struttura con Nòlian, si devono salvare in Nòlian i dati. Avviare quindi EasySteel e leggere il documento così generato. Si possono leggere ed eventualmente modificare i profili associati agli elementi, i dati così modificati possono essere registrati in modo da rileggerli immediatamente in Nòlian per una nuova analisi. I tipi di carico, se non precedentemente assegnati, possono essere assegnati tramite il menu "Carichi" in modo da ottenere le combinazioni di carico automatiche volute. È possibile controllare, ed eventualmente modificare, gli sforzi agenti alle estremità degli elementi per ogni condizione di carico. Il modello solido della struttura e dei profili può essere rappresentato anche con ombreggiatura e rimozione delle linee nascoste: ciò rende immediato il controllo del tipo e dell'orientamento dei profili. Le verifiche di resistenza e di stabilità vengono effettuate contemporaneamente per tutti i tipi di comportamento statico (tenso-presso-flessione, instabilità flessione-torsione, taglio, instabilità a taglio etc.) ed espresse in tempo reale in un dialogo tramite i criteri di resistenza che consentono un'immediata valutazione del comportamento dell'elemento. Anche i giunti possono essere immediatamente verificati e quindi rappresentati. I giunti vengono descritti parametricamente in modo da consentirne un'agevole progettazione. Un potente editor dei giunti consente una facile personalizzazione della maggior parte dei giunti normalmente impiegati. Le rappresentazioni dei giunti avviene sia come rappresentazione solida che come disegno esecutivo sul sistema CAD interno, il "BIC", a qualsiasi scala e con quotatura automatica. La stampa sia dei dati che dei risultati delle verifiche è tematica e può essere eseguita per qualsiasi elemento.

Gli strumenti

In questa sezione vengono illustrati gli strumenti disponibili in EasyBeam, tra cui [la palette](#), [la toolbar](#), [il navigatore](#) e [la barra di stato](#). Viene inoltre descritto come modificare il [colore di sfondo](#), come accedere a [manualistica](#) e [guida in linea](#).

La palette

La maggior parte delle funzioni di EasySteel viene controllata tramite una tavolozza (palette) di simboli (icone). Le icone hanno l'aspetto ed il funzionamento di "pulsanti" che si premono e si rilasciano tramite il mouse. I pulsanti "premuti" cambiano colore ad indicare che la funzione corrispondente è attiva. Alcune posizioni della palette consentono di selezionare tra più pulsanti (icone) per attivare differenti funzioni tra loro logicamente collegate (icona gerarchica). La selezione dell'icona voluta avviene tenendo premuto il pulsante sulla posizione voluta fino a che non appaia una lista di icone dalla quale è possibile scegliere quella voluta. Alcune icone consentono di accedere ad un dialogo per il trattamento di informazioni ausiliarie, logicamente connesse alle funzioni di icona, tramite un doppio clic sull'icona. Tramite la palette si attivano anche le funzioni di evidenziamento delle assegnazioni. Tali funzioni si attivano facendo clic su un'icona di assegnazione attiva, tenendo premuto il tasto delle maiuscole <shift>. Le funzioni associate alle icone della palette sono illustrate dal sistema di aiuto contestuale "tooltips".

La toolbar

La barra degli strumenti è un insieme di pulsanti ed altri controlli personalizzabili che aumenta l'accessibilità alle funzioni più usate e comuni del programma. La barra degli strumenti è anche personalizzabile in modo da rendere disponibili con immediatezza i comandi più usati secondo le proprie esigenze personali. È normalmente posizionata sotto la barra dei menu ma può essere resa "volante" e cioè trasformata in una finestra posizionabile a piacere sempre visibile. Cliccando col tasto destro in un qualunque punto della barra degli strumenti appare un menu contenente i comandi per personalizzarla. Attivando o meno le voci del menu vengono inseriti, o rimossi, i gruppi di icone relativi a insiemi di comandi. Lo stesso menu è accessibile dal menu "Visualizza" alla voce "Barra degli strumenti". Tutte le modifiche di personalizzazione vengono memorizzate in modo da essere disponibili anche per le successive esecuzioni dell'applicazione.

Colore di sfondo

Questa funzione consente di assegnare allo sfondo della finestra di Nòlian un colore a scelta dell'operatore. Si attiva questa funzione dalla voce "Colore sfondo" del menu "Funzioni". Per la migliore visibilità della mesh, qualora il colore assegnato alla mesh sia molto vicino a quello dello sfondo, la mesh viene disegnata nel colore complementare. Se, ad esempio, si attiva uno sfondo di colore nero, la mesh disegnata in nero apparirà in colore bianco. Questa modifica dei colori però non altera il valore originale dei colori impiegato nella selezione.

Il navigatore

Il navigatore è una finestra tramite la quale è possibile, utilizzando il mouse, controllare la visualizzazione del modello nella finestra principale.

Tenendo premuto il tasto sinistro del mouse e spostando il cursore, è possibile muovere il riquadro che rappresenta l'area visibile nella finestra principale, sia che la visualizzazione sia tridimensionale, sia che essa sia in sezione su un piano. Tenendo premuto il tasto destro del mouse e spostando il cursore, si agisce sugli angoli di rotazione della vista: un movimento lungo l'asse orizzontale dello schermo ruota la vista intorno all'asse verticale, e viceversa. Se la finestra principale sta mostrando una vista in sezione, la rotazione non influenza la vista della finestra principale, ma solo quella della finestra di posizione. Agendo sulla rotella del mouse, quando disponibile, si aumenta o si diminuisce la dimensione dell'area visibile nella finestra principale, ottenendo una riduzione o un aumento, rispettivamente, del fattore di zoom. Utilizzando il doppio clic del tasto sinistro del mouse si effettua l'operazione di "Zoom All", ovvero i parametri di visualizzazione vengono cambiati affinché l'intero modello sia visibile, senza però modificare gli angoli di rotazione della vista. Nei recenti mouse con cinque o più pulsanti, è possibile utilizzare il quarto ed il quinto bottone per tornare indietro o andare avanti nelle viste utilizzate: se a esempio si sta osservando un particolare e si effettua l'operazione di "Zoom All", è possibile tornare ad osservare il particolare, e quindi tornare nuovamente alla vista panoramica. Utilizzando il tasto destro del mouse, senza alcun trascinamento, si fa apparire un menu a tendina in cui sono presenti le seguenti voci:

- "Vista precedente" e "Vista successiva", per navigare tra le viste già utilizzate;
- Sei impostazioni predefinite di visualizzazione;
- "Mostra quota" che abilita o meno la presentazione della quota del piano di lavoro quando si è in sezione;
- "Colore di sfondo..." che permette la scelta del colore di sfondo della finestra di posizione.

Alcune caratteristiche della finestra di posizione vengono salvate nelle preferenze del programma e recuperate al nuovo avvio: la posizione e la dimensione della finestra; il colore di sfondo; l'opzione per la stampa della quota in sezione; la presenza o meno della finestra alla chiusura del programma.

La barra di stato

Nella parte inferiore della finestra del documento vengono riportate alcune informazioni relative alla funzione in atto.

Manualistica e guida in linea

La manualistica di EasySteel è disponibile solo in forma elettronica. È disponibile una Guida in formato ipertestuale standard degli "help" di Windows. A tale guida si acceda dal menu "?" tramite il comando "Apri guida in linea...". Affinché la guida venga individuata automaticamente dal programma, deve trovarsi nella directory "Help" posta nella stessa directory del programma. Le guide in linea, come qualsiasi altro documento, possono anche essere cercate e aperte tramite la voce "Apri Manuale".

Inoltre EasySteel ha una documentazione complementare in formato PDF. La documentazione in formato PDF attiene a informazioni su argomenti complementari. Si può accedere a tale documentazione elettronica, anche durante l'uso di Nòlian tramite il menu "Aiuto" alla voce "Apri Manuale".

Visualizzazione

In questa sezione si descrive come controllare la visualizzazione. Più precisamente: [il controllo del punto di vista](#), come [attivare e disattivare la rappresentazione della sezione](#), come [gestire il piano di sezione](#), come [definire il piano di sezione generico](#), come [visualizzare gli assi coordinati](#) e [l'uso del colore](#).

Il controllo del punto di vista

La vista della finestra principale può essere controllata tramite il mouse o tramite i tasti freccia, interagendo con la finestra stessa o con la finestra di posizione associata.

Per controllare la vista dalla finestra principale, scegliere la funzione di trasformazione dalla palette o dalla toolbar e muovere il mouse mentre si tiene premuto il bottone destro, oppure utilizzare uno dei tasti freccia. Alternativamente può essere scelta nella palette la funzione di trasformazione e muovere il mouse mentre si tiene premuto il bottone sinistro, come per una normale operazione di disegno. Le funzioni di trasformazione disponibili sono così strutturate:

- **Traslazione:** il punto di vista si muove coerentemente col mouse;
- **Rotazione:** il punto di vista ruota intorno all'origine; un movimento lungo l'asse orizzontale dello schermo genera una rotazione intorno all'asse verticale, e viceversa;
- **Zoom:** il fattore di zoom viene cambiato in base al verso del movimento del mouse: un movimento verso l'alto o verso destra aumenta lo zoom, mentre un movimento verso il basso o verso sinistra lo diminuisce; il punto di vista rimane fisso sul primo punto del movimento del mouse.

Per attivare una diversa funzione di trasformazione in modo temporaneo possono essere premuti i seguenti tasti durante il movimento del mouse:

- **Shift:** finché viene tenuto premuto, il movimento del mouse avrà come effetto uno spostamento del punto di vista;
- **Control:** finché viene tenuto premuto, il movimento del mouse avrà come effetto la rotazione del punto di vista intorno all'origine;
- **Shift+Control:** mentre i due tasti sono premuti, il movimento del mouse avrà come effetto una modifica del fattore di zoom.

Per modificare la funzione di trasferimento in modo permanente può essere utilizzata la barra spaziatrice. Utilizzandola ripetutamente, la funzione passa da traslazione a rotazione a zoom e di nuovo a traslazione. Si ricorda che in ogni caso la funzione di rotazione non è disponibile se si è in sezione. Se oltre a cambiare la funzione di trasferimento, si vuole anche attivare la funzione della palette, si può premere "D" anziché spazio. Il fattore di zoom della vista può essere cambiato, oltre che con la relativa funzione di trasformazione, anche con la rotella del mouse: un movimento verso l'alto della rotella aumenta il fattore di zoom, mentre un movimento verso il basso lo diminuisce. Il punto di vista rimane fisso sul punto del mouse corrente. Per i mouse forniti di quarto e quinto bottone, chiamati nella nomenclatura Windows tasto "X1" e tasto "X2" rispettivamente, è possibile anche passare alle viste precedenti e successive con un click di ognuno dei due rispettivamente. Ad esempio è possibile visualizzare un particolare, passare allo zoom panoramico, e successivamente tornare alla vista del particolare semplicemente premendo il tasto X1; sarà poi possibile tornare ancora allo zoom panoramico con il tasto X2.

Attivare e disattivare la rappresentazione della sezione

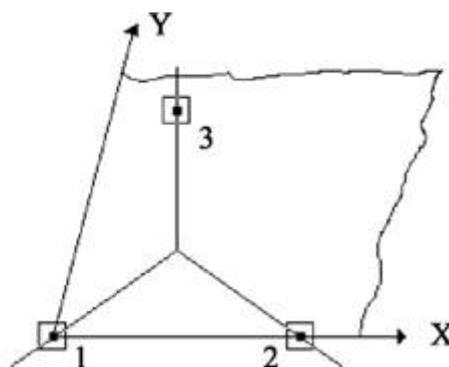
Si può attivare una visualizzazione di una sezione dello spazio tridimensionale condotta sul piano di sezione. Selezionare dalla palette l'icona della sezione e attivarla. Per disattivare la rappresentazione della sezione, disattivare semplicemente l'icona. La sezione si può anche visualizzare in proiezione assonometrica. La "sezione in proiezione assonometrica" è una sezione condotta secondo il piano di lavoro attivo sulla mesh della struttura ma restando sempre in proiezione assonometrica. Per attivarla, selezionare dalla palette l'icona della sezione in proiezione ed attivarla. La sezione è sempre condotta sul piano di lavoro attivo. Per cambiare il piano di sezione, cambiare il piano di lavoro (vedi).

Gestire il piano di sezione



EasySteel consente di definire liberamente dei piani di sezione. Il piano di sezione voluto può essere attivato scegliendolo dalla icona gerarchica della palette. Oltre ai piani paralleli ai piani coordinati, di uso più comune, è disponibile anche un piano di sezione generico (vedi). I piani di sezione, quando vengono attivati, sono posizionati nello spazio tridimensionale a seconda della quota per ciascuno di essi assegnata (vedi) o, per il piano generico, nella posizione per esso già definita (vedi). La posizione di default è in coincidenza con i piani coordinati. I piani di sezione paralleli ai piani coordinati si posizionano nello spazio tridimensionale assegnando loro la quota intesa come distanza dall'origine. Per assegnare la quota, attivare il piano voluto e fare un doppio clic sull'icona della sezione. Si accede ad un dialogo in cui è riportata la quota attuale del piano di lavoro attivo. La nuova quota può essere assegnata numericamente oppure scegliendola dal menu pop-up che riporta le quote dei nodi prossimi alla quota del piano di lavoro. Nel caso del piano di sezione generico la quota non è la distanza dall'origine ma la distanza dal piano di lavoro generico attivo. Per posizionare il piano di lavoro su un nodo voluto, selezionare tale nodo mentre il dialogo è aperto.

Definire il piano di sezione generico



Il piano di sezione generico viene definito tramite la selezione di tre nodi per i quali si vuole far passare il piano. Per attivare la funzione di selezione dei nodi, attivare il piano di lavoro generico tramite l'icona della palette e fare un doppio clic sull'icona, quindi selezionare i nodi come indicato. Un dialogo consente di selezionare due soli nodi, se lo si desidera, intendendosi il terzo nodo ortogonale al piano di lavoro (opzione "2 punti, Z direzione vista") per il primo nodo. Questo dialogo consente anche di generare un piano di lavoro ortogonale al piano di lavoro attivo, passante per i due punti selezionati (opzione "2 punti, Y direzione vista").

Visualizzare gli assi coordinati

Attivare o disattivare la rappresentazione degli assi coordinati agendo dal menu Visualizza.

Uso del colore



Agli elementi è possibile associare un colore. Tale colore può anche essere usato come filtro per la selezione degli elementi. Tramite un doppio clic sull'icona della gestione dei colori, si accede ad un dialogo. Tale dialogo consente di definire il colore di assegnazione ed il colore di selezione. Attivando l'icona della gestione del colore della palette e selezionando gli elementi voluti, a tali elementi viene associato il colore di assegnazione prescelto nel dialogo. Il colore di selezione invece, se attivato, consente di limitare le selezioni, anche totali, ai soli elementi il cui colore è quello prescelto. I menu dei colori sia di assegnazione che di selezione possono anche essere installati nella toolbar. I colori possono essere anche personalizzati e se ne possono formare di nuovi fino ad un massimo di 36. Cioè, è possibile accedendo alla voce "Personalizza..." dal menu della scelta ei colori.

La selezione

La selezione consente di indicare al programma gli oggetti ai quali si vuole applicare una funzione precedentemente attivata. Quindi prima si deve attivare la funzione voluta e quindi si indicano gli oggetti ai quali si vuole applicare tale funzione "selezionandoli". Pertanto la selezione si applica solo agli oggetti ai quali la funzione attiva può essere effettivamente applicata mentre gli altri oggetti non vengono selezionati.

Selezionare un elemento

Deve essere già attiva una funzione che prevede la selezione di elementi. Per selezionare, portare il cursore in corrispondenza del segmento che rappresenta l'elemento voluto, se a due nodi, o all'interno del poligono, se a più di due nodi, e quindi premere e rilasciare il tasto del mouse. Gli elementi selezionati vengono contrassegnati da una freccia. Nel caso di elementi a due nodi la freccia indica il verso di tracciamento dell'elemento e quindi l'asse x del riferimento locale. Ne caso di elementi a più di due nodi il contrassegno è costituito da una semifreccia tracciata sul primo lato e dalla parte interna dell'elemento. Noto il primo lato, è possibile dedurre l'orientamento del sistema locale di riferimento dell'elemento. Vedere anche le altre funzioni di selezione.

Selezionare più oggetti

Per selezionare più oggetti, tenere premuto il tasto delle maiuscole (tasto <shift>) durante la selezione. Ciò consente di accumulare più oggetti nella selezione prima di mandare in esecuzione la funzione attiva. La funzione attiva viene eseguita quando, rilasciato il tasto <shift>, si selezionerà un ultimo oggetto o si farà un clic "a vuoto".

Selezionare gli oggetti in una regione

È possibile selezionare più oggetti racchiudendoli in una regione delimitata da una curva tracciata con il mouse (lazo). Per tracciare la curva che delimita la regione che racchiude gli oggetti da selezionare, posizionare il cursore all'inizio della curva (facendo attenzione che nel punto non vi sia un oggetto che altrimenti verrebbe selezionato), premere il tasto del mouse e tracciare la curva, quindi rilasciare il tasto del mouse. Per tracciare invece un rettangolo che racchiude gli oggetti da selezionare, tenere premuto il tasto <alt>, durante il tracciamento.

Selezionare per colore

È possibile limitare la selezione ad oggetti di un determinato colore. In tale caso qualsiasi funzione di selezione verrà applicata solo agli oggetti di quel determinato colore. Per assegnare il colore di selezione, accedere al dialogo dell'assegnazione dei colori tramite un doppio clic sull'icona del colore e quindi attivare il colore di selezione voluto. Il colore di selezione resta attivo finché non viene cambiato. Se si seleziona il colore nero la selezione avviene per tutti gli oggetti indipendentemente dal loro colore. L'attivazione del colore nero come colore di selezione equivale alla disabilitazione della selezione per colore. Si faccia attenzione a non dimenticare un colore di selezione attivo in quanto questa evenienza non viene segnalata.

Selezionare tutti gli oggetti

La selezione di tutti gli oggetti si ottiene tramite il comando "Seleziona tutto" del menu "Edit". La selezione totale tiene conto del colore degli oggetti e della loro visibilità nel senso che vengono selezionati solo oggetti del colore di selezione e che sono visibili.

Selezione in sezione

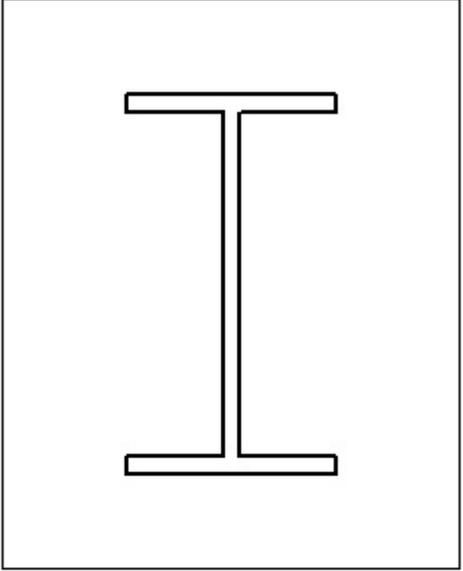
Se è attiva la rappresentazione in sezione, qualsiasi funzione di selezione agirà solo sugli oggetti che si trovano sul piano di sezione.

Dati degli elementi

Dati elemento

Dati elemento | Dati profilo | Dati avanzati

Sagomario	Nuovo Sagomario.xml
Nome profilo	Poli100
Lunghezza	500.00000
Lunghezza Torsionale	500.00000
Lunghezza libera Y	500.00000
Lunghezza libera Z	500.00000
Coeff. Tors. C1	0.00000000
Coeff. Tors. C2	0.00000000
Coeff. Tors. C3	0.00000000
Distanza collegamenti	500.00000
<input type="checkbox"/> Trave dissipativa	
Snellezza	404.37734



OK

È possibile consultare ed eventualmente modificare i dati degli elementi. Si accede ai dati degli elementi attivando le icone relative e quindi selezionando l'elemento voluto. I dati relativi agli elementi sono i seguenti:

- Profilo associato all'elemento
- Lunghezze di calcolo
- Etichette
- Offset
- Sforzi

Profilo

Dati elemento

Dati elemento | **Dati profilo** | Dati avanzati

Poli100 Unità: mm

Geometria

Tipo profilo	Poligonale	Spessore anima	0.00000000
Base	100.000000	Spessore ala	0.00000000
Altezza	55.000000	Raggio raccordo	0.00000000

Parametri statici

Area	910.000000
Jx	12301.100
Jy	139125.83
Jz	1485083.3

Moduli elastici e plastici

We y	5059.1210
We z	29701.667
Wp y	7922.5000
Wp z	34225.000

Parametri imbozzamento

Jw	2.45e+008	Centro tors. y	0.00086000
		Centro tors. z	-0.00008000

Profili accoppiati

c1	0	c2	0	dy	0.00000000	dz	0.00000000
----	---	----	---	----	------------	----	------------

OK

Ad ogni elemento è associato un profilo definito tramite un nome. La descrizione del profilo risiede sul file Sagomario. I dati del profilo vengono letti dal file Sagomario ed associati all'elemento all'atto della lettura del documento che descrive la struttura. È anche possibile che all'elemento non sia stato associato alcun profilo. Il dialogo consente di vedere ed eventualmente associare o modificare il profilo dell'elemento. Un menu pop-up riporta il nome del profilo associato all'elemento. Se il pop-up non riporta alcun nome, vuol dire che all'elemento non è stato associato alcun profilo. Per cambiare o associare all'elemento il profilo, agire sul menu pop-up. Il menu pop-up contiene la lista dei profili presenti sul Sagomario attivo e consente di scegliere il profilo voluto tra i profili disponibili sul file Sagomario. Si ricorda che il file Sagomario può essere cambiato tramite la funzione "Apri Sagomario" del menu "Archivio". Qualora non sia attivo un file Sagomario, al posto del menu pop-up apparirà solo il nome del profilo, se esiste, associato all'elemento e tale nome non potrà essere modificato. Per modificarlo occorrerà attivare un file Sagomario tramite il comando "Apri Sagomario". I profili disponibili sono, si ripete, solo quelli residenti sul file Sagomario attivo. Il bottone "Dati profilo" consente di leggere le caratteristiche statiche e geometriche del profilo. Tali caratteristiche non possono essere modificate.

Nel caso di sezioni pligonali, i dati relativi alla geometria sono nulli. Nelle verifiche verrà impiegata la geometria del poligono

Le unità di misura impiegate sono quelle correnti, attivate dal dialogo delle caratteristiche dei materiali. Il significato delle abbreviazioni del dialogo è il seguente:

Area Area della sezione

Jx, Jy, Jz Momenti di inerzia, con il pedice ad indicare l'asse locale cui il momento si riferisce

We	Moduli di resistenza elastici
Wp	Moduli di resistenza plastici
Tipo	Tipo del profilo secondo la classificazione usata nel formato del Sagomario
B	Larghezza della sezione
H	Altezza della sezione
Wt	Spessore dell'anima
Ft	Spessore dell'ala
r	Raggio di curvatura dei raccordi

I simboli relativi alla geometria sono spiegati con riferimento a sezioni a doppio T. Per gli altri tipi di sezione si veda il significato nel capitolo del Formato del Sagomario.

I seguenti parametri riguardano solo i profili accoppiati.

C1	Codice di orientamento del primo profilo
C2	Codice di orientamento del secondo profilo
dy	Distanza, in direzione locale Y, fra i baricentri dei profili
dz	Distanza, in direzione locale Z, fra i baricentri dei profili

I significati di questi parametri sono meglio illustrati nella descrizione del formato del file Sagomario disponibile nel manuale di Nòlian.

Assegnazioni avanzate

Dati elemento

Dati elemento | Dati profilo | **Dati avanzati**

Classificazione profilo		Imbozzamento			
Classe profilo	<input type="text" value="1"/>	<input type="checkbox"/>	Coefficiente imbozzamento	<input type="text" value="0.00000000"/>	<input type="checkbox"/>
Area ridotta	<input type="text" value="0.00000000"/>	<input type="checkbox"/>	Centro di taglio z	<input type="text" value="0.00000000"/>	
Modulo plastico ridotto W_y	<input type="text" value="0.00000000"/>		Centro di taglio y	<input type="text" value="0.00000000"/>	
Modulo plastico ridotto W_z	<input type="text" value="0.00000000"/>				
Curva di instabilità		Instabilità a taglio			
Coefficiente z	<input type="text" value="0.00000000"/>	<input type="checkbox"/>	Altezza anima	<input type="text" value="0.00000000"/>	<input type="checkbox"/>
Coefficiente y	<input type="text" value="0.00000000"/>		Spessore anima	<input type="text" value="0.00000000"/>	

OK

Nel caso di profili non standard i valori soprattutto relativi a fenomeni di instabilità non sono previsti da espressioni simboliche di normativa e pertanto nel caso di tali profili non standard il calcolo di questi parametri viene effettuato in base al poligono che descrive la sezione. Il progettista può voler modificare tali parametri o assegnarli se non sono stati preventivamente calcolati. Questa pagina di dialogo consente di farlo.

Tali parametri si riferiscono ai seguenti argomenti:

- Coefficienti di imperfezione
- Dimensioni dell'anima per la instabilità a taglio
- Classificazione della sezione e moduli di resistenza efficaci relativi
- Aree resistenti a taglio
- Coefficienti di imbozzamento

I coefficienti di imperfezione sono definiti da normativa per i profili standard. Nel caso di sezione generica si assume per default la curva più penalizzante in quanto non può essere calcolata. Per i profili standard ciò non è necessario perché vengono calcolati secondo normativa.

Le dimensioni per l'instabilità a taglio vengono valutate nella funzione di verifica di EasySteel tramite un'analisi geometrica del poligono individuando l'area a taglio e lo spessore della membratura.

La classificazione della sezione poligonale è effettuata individuando lo "scheletro" degli assi delle parti costituenti il profilo.

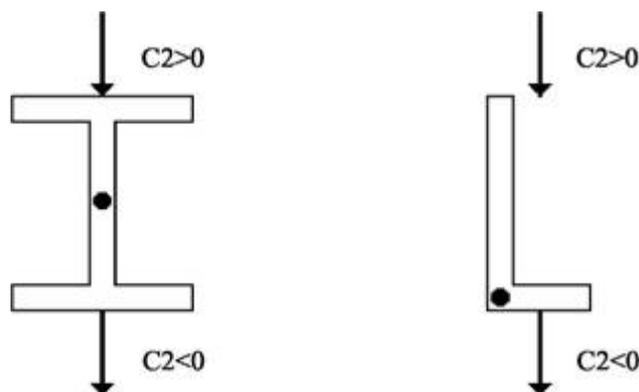
Se la "scheletrizzazione" è eseguita in modo valido (la si può controllare visivamente sia in via preliminare che di verifica) la classificazione è attendibile e vengono gestiti anche profili in classe 4 tramite il metodo delle aree ridotte. Altrimenti è possibile assegnare i moduli plastici efficaci in EasySteel nei Dati Avanzati.

L'area a taglio non viene calcolata per le sezioni poligonali in via preliminare, ma viene eseguita una verifica a taglio con il metodo di Jourawsky in corrispondenza dell'asse neutro. Il risultato è esposto comunque come taglio resistente assumendo la proporzionalità delle tensioni.

I coefficienti torsionali possono essere calcolati ed assegnati al sagomario insieme al poligono che descrive la sezione. Se ciò non viene fatto, è possibile assegnare questi valori nei Dati Avanzati di EasySteel oppure si può assumere nullo il coefficiente di imbozzamento con le sottovalutazioni della instabilità flessione-torsionale che ne derivano.

Lunghezze libere e coefficienti di calcolo

L'elemento è caratterizzato da una lunghezza di calcolo che equivale a quella per la quale agiscono gli sforzi di estremità. Nel caso di impiego del programma come post-processore questa lunghezza è quella dell'elemento finito. Le lunghezze libere di inflessione sono relative alla torsione ed ai due piani di inflessione. I valori delle lunghezze libere di inflessione vengono assunti per default pari alla lunghezza di calcolo. L'operatore può comunque intervenire su questi valori se è il caso. Assumere le lunghezze libere di inflessione pari a quelle di calcolo è comunque sempre una scelta conservativa qualora entrambe le estremità dell'elemento siano efficacemente mantenute in posizione rispetto agli spostamenti laterali. Si raccomanda a tale scopo di fare attenzione alla differenza tra telai "a nodi spostabili" ed "a nodi fissi". Si ricorda che l'analisi non lineare del secondo ordine per effetti geometrici riconduce un qualsiasi telaio ai valori finali di spostamento tali da poterlo considerare, ai fini delle verifiche di instabilità, un telaio "a nodi fissi". L'instabilità torsionale dell'elemento è valutata tramite tre coefficienti (C_1 , C_2 e C_3) per il cui significato si veda "Teoria e metodi". Il programma valuta C_1 in caso di assenza di carichi sull'elemento ed assume $C_1=1$, che è un valore conservativo, in caso di carichi in campata. Assegnando un valore non nullo a C_1 tale valore viene assunto nel calcolo in luogo della valutazione automatica per tutte le combinazioni di carico. Il coefficiente C_2 consente di tenere conto degli effetti dell'applicazione del carico fuori del centro di taglio della sezione. Il programma assume per default $C_2=0$. Qualora venga assegnato dall'operatore un valore non nullo per C_2 , tale valore viene assunto nel calcolo per tutte le combinazioni di carico. In assenza di carichi sull'elemento è corretto assumere $C_2=0$. In caso di assegnazione $C_2=0$, si assume che il carico sia applicato sull'ala. Per $C_2>0$ il carico agisce verso il centro di taglio, per $C_2<0$ nel verso opposto.



Il verso di azione del carico in relazione al segno di C_2

Se si assegnano valori diversi da zero per C_1 o C_2 , tali valori vengono considerati per tutte le combinazioni di carico. Il coefficiente C_3 è un moltiplicatore della distanza secondo Z tra centro di torsione e centro di taglio. Tale distanza è nulla per profili simmetrici nel piano XY e pertanto il coefficiente C_3 non è rilevante nel caso si usino tali profili. Nei profili ad U e ad L, per esempio, ciò non avviene per cui è necessario valutare il coefficiente C_3 . Il valore di tale coefficiente dipende dall'andamento del momento flettente lungo l'elemento. Il valore di C_3 , se non assegnato dall'utente, viene calcolato

automaticamente dal programma nel caso di variazione lineare del momento. Viene assunto invece $C3=0$ nel caso di carichi presenti in campata. Se l'operatore assegna un valore non nullo a $C3$, viene assunto questo valore per tutte le condizioni di carico.

Avvertenza

Per una trave completamente controventata non è necessaria la verifica per l'instabilità flessio-torsionale. In tale caso si può porre eguale a zero la lunghezza libera torsionale.

Distanza collegamento

La distanza collegamento è la distanza dei collegamenti dei profili accoppiati. Tale distanza non viene utilizzata se il profilo non è accoppiato. Il valore di default è pari alla lunghezza fisica dell'elemento (nessun collegamento). Si veda, per la descrizione di questo parametro, la descrizione teorica della verifica dei profili accoppiati.

Snellezza

Viene calcolata la snellezza massima in rapporto alle due lunghezze libere Y e Z. Il valore viene aggiornato ad ogni modifica dei dati. Nel caso di Windows il valore è aggiornato dopo aver lasciato il campo appena modificato.

Classificazione di elemento dissipativo

Ai fini della verifica della "gerarchia delle resistenze" è necessario calcolare il "fattore ω ". Pertanto è necessario preventivamente considerare quali elementi sono dissipativi. Nel dialogo è possibile assegnare per le travi tale condizione. Il programma considera come default dissipative le travi che concorrono, per entrambi gli estremi, nella ala di una colonna.

Denominazioni

Offset elemento						
Estremo i		14	Estremo j		13	
Lunghezza		400.00000				
Nome		i				
Offset						
	x	y	z			
i	0.00000000	0.00000000	0.00000000	ri		
j	0.00000000	0.00000000	0.00000000	rj		

Si hanno le denominazioni che riguardano:

- gli estremi dell'elemento

- l'elemento

Tali dati possono essere consultati e modificati tramite un dialogo cui si accede selezionando l'icona della palette dei dati dell'elemento e quindi l'elemento voluto. Gli estremi dell'elemento sono stringhe di 12 caratteri ciascuna. Inizialmente riportano il numero del nodo cui è connesso l'estremo dell'elemento nel modello ad elementi finiti. Si può assegnare qualsiasi identificatore a tali denominazioni. Le denominazioni degli estremi vengono impiegate per identificare gli estremi degli elementi nei disegni esecutivi e per identificare i giunti. Se si modifica la denominazione di un estremo essa viene modificata per tutti gli elementi concorrenti in tale nodo in modo da costituire una denominazione univoca nel nodo. Le denominazioni dei nodi possono essere visualizzate tramite l'opzione di visibilità "Denominazione nodi" accessibile dalla palette. La denominazione dell'elemento è una stringa di 32 caratteri che identifica l'elemento. Inizialmente riporta il numero dell'elemento nel modello ad elementi finiti.

Offset

Gli offset degli estremi sono la posizione dell'estremo dell'elemento rispetto al riferimento locale dell'elemento nel modello originale. Gli elementi Rigel del modello ad elementi finiti vengono trasformati in offset dell'estremo cui il Rigel è connesso. Gli sforzi nella componente di offset parallelo all'asse dell'elemento sono costanti. Gli offset sono utili per tenere conto dei disassamenti degli elementi. Gli offset assegnati non modificano il modello ad elementi finiti per cui non vengono considerati quando il documento formato in EasySteel viene riletto in Nòlian. Sono considerati, e si possono assegnare, solo offset secondo l'asse y locale e solo a profili diversi da quelli angolari. Gli offset hanno solo effetto sulle rappresentazioni grafiche ed esecutive, non sulle verifiche dei giunti e delle membrature. Anche se assegnati, gli offset x tramite elementi Rigel in Nòlian di essi si tiene conto solo nella valutazione degli sforzi nelle verifiche ma i giunti ove vi siano offset x, non vengono rappresentati.

NOTA BENE

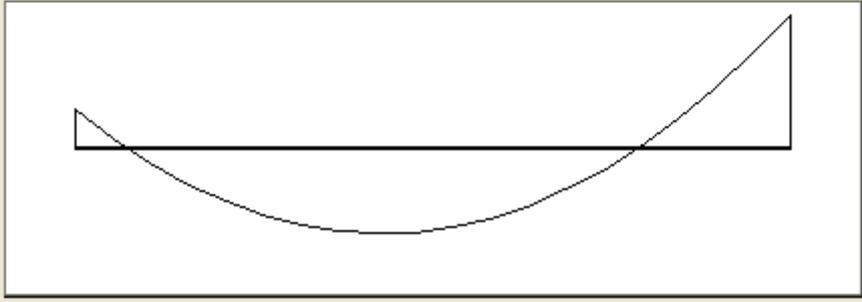
Gli offset, anche se assegnati, non vengono mai considerati nelle verifiche dei giunti e delle membrature.

Sforzi negli elementi

Sforzi

Condizione: [1] Live Load Continua

Nxi	500.71408	Nxj	500.71408	<input type="radio"/> Assiale
Tyi	-3864.8066	Tyj	5135.1934	<input type="radio"/> Taglio Y
Tzi	-1.3769562	Tzj	-1.3769562	<input type="radio"/> Taglio Z
Mxi	-1.2097629	Mxj	-1.2097629	<input type="radio"/> Torsione
Myi	173.41811	Myj	-239.66876	<input type="radio"/> Momento Y
Mzi	79192.431	Mzj	269750.44	<input checked="" type="radio"/> Momento Z



Si accede al dialogo per la lettura e la modifica degli sforzi negli elementi attivando l'icona degli sforzi e quindi selezionando l'elemento voluto. Il dialogo mostra, per ogni condizione di carico selezionabile da un menu pop-up, gli sforzi negli estremi degli elementi. Gli sforzi si riferiscono all'estremo nell'origine del sistema locale di riferimento (estremo i) ed a quello opposto (estremo j).

Vengono usati i seguenti simboli:

N forza assiale

T taglio

M momento

I suffissi y e z indicano, nel caso del taglio, l'asse locale secondo il quale agisce, nel caso del momento, l'asse locale intorno al quale agisce la coppia. È possibile esaminare i diagrammi degli sforzi scegliendo il diagramma voluto. Nel caso di elementi

raggruppati, il dialogo degli sforzi non è disponibile. Qualora si voglia annullare una condizione di carico, piuttosto che mettere a zero i valori degli sforzi, è più opportuno dichiararla nulla nella definizione dei tipi di carico. I segni degli sforzi sono, a differenza di Nòlian, resi qui congruenti con le convenzioni della tecnica delle costruzioni.

Avvertenza

Nel dialogo per motivi di completezza viene riportato anche lo sforzo torsionale. Tale valore non viene però usato nelle verifiche in quanto EasySteel non effettua la verifica a torsione degli elementi.

Diagramma degli sforzi



Attivando l'icona della palette e selezionando gli elementi voluti, si ottiene il diagramma dell'involuppo delle sollecitazioni flessionali, di taglio, assiali. Lo sforzo viene proiettato sul piano di lavoro attivo. Per scegliere la sollecitazione da rappresentare e la scala di amplificazione, eseguire un doppio clic sull'icona.

Raggruppare gli elementi



Il metodo degli elementi finiti consente di inserire dei nodi ausiliari per applicare delle forze, dei vincoli o per altri scopi. EasySteel verifica gli elementi considerandoli tecnicamente individuati dai loro estremi. Pertanto l'uso di nodi ausiliari può condurre ad elementi che sono tecnicamente unici ma di fatto spezzettati nel modello matematico ad elementi finiti. EasySteel consente di raggruppare più elementi in modo che la verifica avvenga per un unico elemento. Gli sforzi vengono però sempre interpolati sui tratti definiti dai singoli elementi consentendo un'interpolazione corretta dell'andamento anche complesso degli sforzi. Le lunghezze libere di inflessione dell'elemento risultante dal raggruppamento vengono assegnate pari alla lunghezza fisica dell'elemento raggruppato. Gli elementi vengono raggruppati solo se sono presenti le seguenti condizioni:

- Gli elementi sono connessi
- Gli elementi sono allineati ($\pm 5^\circ$)
- Gli elementi hanno la stessa sezione
- Non vi sono più di due elementi connessi nello stesso nodo

Per raggruppare gli elementi, attivare l'icona della palette e quindi selezionare gli elementi da raggruppare.

Per sciogliere il gruppo, attivare l'icona della palette e quindi selezionare gli elementi voluti.

Caratteristiche dei materiali

Unità di misura	
Unità di lunghezza	cm
Unità di forza	kg
Unità di pressione	N:mmq

Caratteristiche acciaio	
Classe acciaio	275
Resistenza snervamento	275.00000
Resistenza rottura	429.99999

Coefficienti sicurezza parziale	
Coeff. Sic. Parziale	1.0500000
Coeff. Sic. Parziale Instabilità	1.0500000
Coeff. Sic. Parziale Forati	1.2500000

Continua

Si accede al dialogo per l'assegnazione delle caratteristiche dei materiali tramite un doppio clic sull'icona della sezione. Nel dialogo si possono assegnare le caratteristiche in figura.

Queste caratteristiche sono comuni a tutti gli elementi a meno che non si assegni all'elemento un metamateriale Acciaio con caratteristiche specifiche.

Se si è assegnato un metamateriale, il nome del metamateriale associato può essere controllato ed eventualmente modificato dal dialogo delle caratteristiche dell'elemento

Per visualizzare le caratteristiche di resistenza associate al metamateriale si deve accedere al dialogo delle proprietà dell'elemento, al tab "Materiali".

Unità di misura

Le unità di misura sono quelle di lunghezza (mm, cm, m), di forza (kg, N, kN) e di pressione (kg/cmq, N/mm²). Tali unità di misura sono quelle di riferimento per ogni assegnazione o rappresentazione dei dati, comprese le stampe. Le unità di misura possono essere variate in qualsiasi momento.

Resistenza acciaio

Viene assegnata nelle unità di misura correnti. Si assegnano la resistenza di snervamento e di rottura dell'acciaio. Scegliendo la classe dell'acciaio, questi valori vengono assegnati secondo le specifiche del DM 17 gennaio 2018.

Coefficienti di sicurezza parziale

Sono i coefficienti di sicurezza da applicarsi al valore di resistenza dell'acciaio. Vi sono tre coefficienti, il primo è usato per le verifiche di resistenza il secondo per quelle di stabilità e il terzo per gli elementi indeboliti dai fori.

Verifiche degli elementi



In questa sezione si descrivono i metodi per il controllo e la gestione delle verifiche degli elementi.

I risultati delle verifiche possono essere esposti a dialogo, e quindi con i valori numerici, oppure in una scala di colori.

Ovviamente i valori delle verifiche possono essere riportati nei tabulati di stampa.

Qui si descrivono le modalità di verifica a dialogo e a colori. La scelta tra le due possibilità avviene selezionando le relative icone dalla palette.

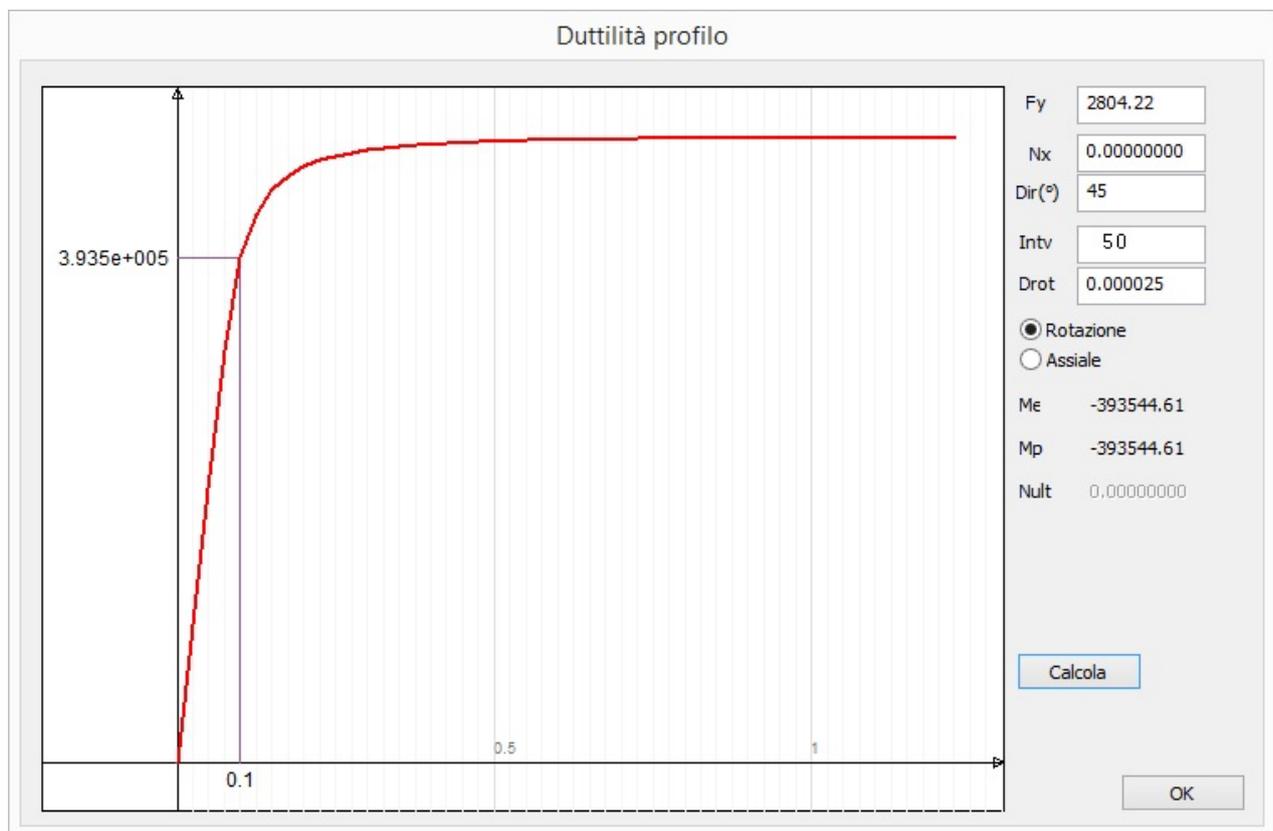
Classificazione delle sezioni

La classificazione delle sezioni è necessaria per tenere conto dei fenomeni di instabilità locale. Le norme riportano dei valori tabellari che sono soluzioni delle condizioni di stabilità. Tali valori sono funzione dello stato di sollecitazione degli elementi componenti la sezione (anima, ali etc.). Infatti al norma fa riferimento allo stato tensionale di piastre vincolate al bordo per valutare tali fenomeni.

Poiché, come si è detto, la classe del profilo dipende dalla distribuzione delle tensioni, EasySteel esegue una completa analisi non lineare della sezione soggetta a tenso-presso-flessione deviata per ogni combinazione di carico la quale consente di determinare lo stato tensionale al limite elastico delle parti componenti della sezione. Ciò consente quindi di definire la classe prima della successiva verifica con i metodi prescritti dalla normativa. Ciò per ogni combinazione dei carichi. I limiti tra le classi sono dalla normativa riportati al rapporto larghezza/spessore di ogni elemento della sezione in funzione, come si è detto, della distribuzione delle tensioni su di essi. In ottemperanza a tale criterio, la classificazione in EasyBeam viene eseguita con questa modalità;

Per le sezioni in classe 4, viene impiegato il metodo delle aree ridotte. Tale metodo è molto noto, ma riportiamo nell'appendice teorica le indicazioni teoriche su come esso è stato implementato in EasySteel. La sezione con le aree ridotte viene quindi utilizzata per il calcolo dei parametri di resistenza tenendo anche conto dell'eventuale variazione del baricentro della sezione che dà luogo a momenti di trasporto della forza assiale.

Diagramma momento-curvatura



Questo diagramma è una funzione accessoria di EasySteel che consente di tracciare un diagramma momento curvatura. Il diagramma è ottenuto tramite un'analisi non lineare della sezione incrementando gradualmente la curvatura. Per il legame costitutivo dell'acciaio si impiega una bilatera senza incrudimento. È possibile assegnare i passi di incremento della rotazione Drot e il numero di tali passi Intv. Si può assegnare la resistenza di snervamento dell'acciaio fy (il valore impiegato è quello assegnato, eventuali coefficienti di sicurezza devono essere previsti nel valore assegnato). E possibile assegnare una forza assiale Nx, positiva se di compressione. Infine si può assegnare una direzione in gradi, Rot (°), della direzione di sollecitazione a partire dall'asse locale y: la rotazione avverrà intorno alla retta coniugata di tale direzione.

Oltre al grafico, questo dialogo fornisce: il momento limite elastico Me e il momento di completa plasticizzazione Mp. Qualora tali valori cadano nello stesso intervallo di calcolo o il valore di plasticizzazione non si è potuto valutare, si ha un solo valore. Il momento di completa plasticizzazione è caratterizzato dallo snervamento in tutti i vertici della sezione. I vertici considerati sono quelli geometrici e quindi non vengono eseguite valutazioni in punti intermedi per cui il momento di completa plasticizzazione può non essere rilevato. In caso si assegni una forza assiale superiore a quella massima ammissibile, non vengono forniti i valori dei momenti ma il valore della forza assiale ultima Nult. È possibile avere un diagramma momento curvatura o forza-deformazione agendo sui radio-button Rotazione/Assiale.

Verifica a dialogo

Verifica elemento ? x

Verifica membratura | Verifica Taglio | Verifica Assial-Flessionale | Classe profilo

Unità: cm, kg, kg/cm2 Combinazione Più gravosa

	RESISTENZA				INSTABILITA'		
	Taglio y	Taglio z	Presso-flessione	Assiale	Taglio	Flessionale	Flesso-torsionale
Combinazione	1	1	1	1	1	1	1
Ascissa	400.00000	400.00000	300.00000	400.00000	400.00000	300.00000	300.00000
Azioni							
Nx	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
My	-3000000.0	-3000000.0	-3000000.0	-3000000.0	-3000000.0	-3000000.0	-3000000.0
Mz	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
Ty	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
Tz	40000.000	40000.000	20000.000	40000.000	40000.000	20000.000	20000.000
Resistenze							
Nx	73302.572	73302.572	73302.572	73302.572	73302.572	14499.584	14499.584
My	374151.41	374151.41	374151.41	374151.41	374151.41	374151.41	176881.33
Mz	114712.09	114712.09	114712.09	114712.09	114712.09	114712.09	114712.09
Ty	29099.207	29099.207	29099.207	29099.207	155069.73	29099.207	29099.207
Tz	20813.150	20813.150	20813.150	20813.150	155069.73	20813.150	20813.150
Taglio sismico	42829.222	573.56047					
Coef. sicurezza	0.67942413	0.52032875	0.12471714	>10.0	>10.0	0.12471714	0.05896044
Limite normativa	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	6.6

Classe massima profilo 1 NON verificato

OK

Per verificare un elemento, attivare l'icona della verifica a dialogo e selezionare l'elemento voluto. Le verifiche vengono condotte per più criteri di resistenza contemporaneamente ed i risultati vengono riportati in un dialogo. La verifica avviene per più sezioni dell'elemento e per tutte le combinazioni di carico. Per ogni criterio vengono riportati nel dialogo i valori massimi ottenuti per tutte le sezioni e per tutte le combinazioni di carico. I risultati sono espressi sempre in termini di criteri di verifica e cioè come numeri positivi che esprimono il rapporto tra resistenza ed azione. Sono cioè **fattori di sicurezza** e devono essere sempre superiori all'unità salvo nelle verifiche sismiche dove tali valori devono essere talvolta maggiori dell'unità come nel dialogo viene specificato. Un valore inferiore all'unità o ai limiti maggiorati imposti dalla normativa, indicano che l'azione supera la capacità di resistenza.

Le verifiche possono essere eseguite per ogni combinazione dei carichi o per la combinazione più gravosa, intesa come la combinazione che comporta il minor fattore di sicurezza. In questo caso, per ogni tipo di verifica viene riportata la combinazione che si è rivelata più gravosa. La verifica, ove necessario, viene eseguita su 12 sezioni della membratura. Vengono esposti i valori relativi alla verifica con fattore di sicurezza minore e viene riportata l'ascissa dove tale situazione si è verificata.

Le verifiche che vengono eseguite sono le seguenti:

- resistenza a taglio
- resistenza a tenso presso flessione biassiale
- Resistenza assiale

- instabilità a taglio
- instabilità flessionale
- instabilità flesso-torsionale

Resistenza a taglio

Viene calcolato il fattore di sicurezza, per i due assi principali della sezione y e z, inteso come $V_{c,Rd}/V_{Ed}$ come da formula 4.2.17 del DM18. In caso di verifica per effetti sismici oltre a questa verifica, per le travi, il taglio è incrementato della forza di taglio dovuta all'applicazione di momenti plastici equivalenti $M_{pl,Rd}$ nelle sezioni in cui è attesa la formazione delle cerniere plastiche. e nel caso delle colonne, le azioni non sismiche sono incrementate del fattore $1,1 v_{Rd} \omega$. Questo criterio per le travi per azioni sismiche deve essere maggiore di 2.0 (cfr. formula 7.5.5) altrimenti deve essere maggiore di 1.0.

Resistenza a tenso presso flessione biassiale

Nel dialogo è definita per brevità "Resistenza presso-flessionale". Viene valutata secondo la formula 4.2.40 del DM18 assumendo cautelativamente il fattore α della formula 4.2.38 pari a zero. Anche qui si espone a dialogo il reciproco del criterio di sfruttamento della norma per uniformarlo a fattore di sicurezza. Questo criterio deve in ogni caso essere maggiore di 1.0. In caso di verifica per azioni sismiche viene adottata la maggiorazione delle azioni non sismiche come da formula 7.5.7 del DM18.

Resistenza assiale

La resistenza assiale è di fatto insita nella verifica presso flessionale ma nel caso di verifica per azioni sismiche è prevista una specifica restrizione dettata dalla formula 7.5.4 del DM18 per le travi e 7.5.6 per le colonne. Nel caso delle travi è previsto un fattore massimo di sfruttamento pari a 0.15 che corrisponde ad un fattore di sicurezza minimo di 6.66.

Instabilità a taglio

Viene verificata la instabilità a taglio come da criteri esposti nella Circolare al paragrafo C4.2.4.1.3.4.1 "Stabilità dei pannelli soggetti a taglio". Questa verifica viene effettuata solo se sussistono le condizioni per cui si possa verificare l'instabilità, in caso contrario il valore viene simbolicamente assunto pari a >10 . Il valore ammissibile deve essere in ogni caso superiore all'unità.

Questa verifica è effettuata solo se sussistono le condizioni per cui si possa verificare l'instabilità, in caso contrario il valore relativo può essere anche nullo se tali condizioni non sussistono.

Instabilità flessionale

Viene verificata la instabilità flessionale come da criteri esposti nel paragrafo 4.2.4.1.3.2 del DM18 "Travi inflesse". Il valore deve essere in ogni caso superiore all'unità.

Instabilità flesso torsionale

Viene verificata la instabilità flesso torsionale come da criteri esposti nel paragrafo 4.2.4.1.3.2 del DM18 "Travi inflesse" dove per il calcolo del momento critico elastico M_{Cr} si è impiegata la formulazione generale esposta nell'appendice F dell'Eurocodice 3. Il valore deve essere in ogni caso superiore all'unità.

Omega

Il simbolo ω è definito dalla normativa (paragrafo 7.5.4.2) come *il minimo valore tra gli $\omega_i = M_{pl,Rd,i} / M_{Ed,i}$ di tutte le travi in cui si attende la formazione di cerniere plastiche, essendo $M_{Ed,i}$ il momento flettente di progetto della i-esima trave in condizioni sismiche e $M_{pl,Rd,i}$ il corrispondente momento plastico.* A dialogo viene esposto il valore di omega già moltiplicato per $1,1 v_{Rd}$.

Questo fattore non è esposto in caso di verifica delle travi.

Il bottone "Ricalcola omega" consente di ricalcolare il fattore omega in caso di cambiamenti che non siano stati intercettati dal programma.

Nota

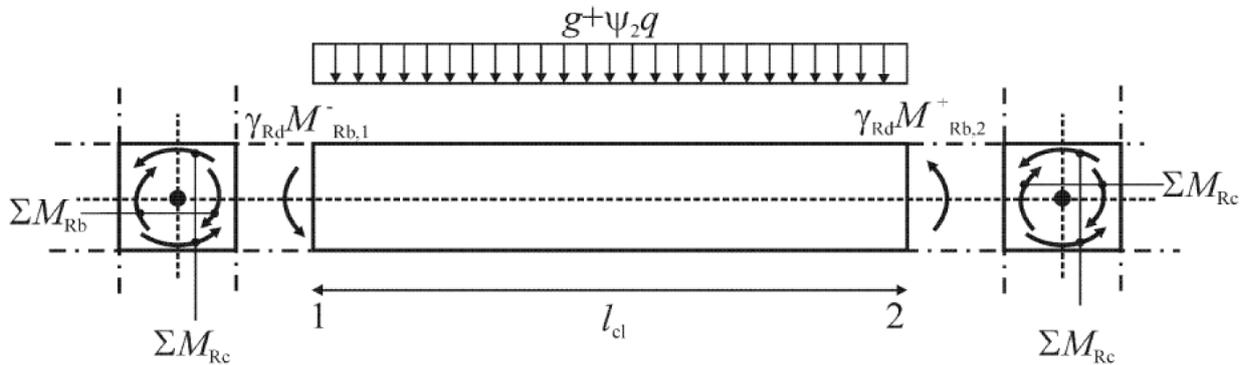
I metodi adottati nel programma per effettuare le verifiche sono dettagliatamente descritti nella sezione teorica.

Qualora nella verifica si sia verificato un errore di accesso ai dati, nel dialogo se ne dà avviso tramite un opportuno messaggio. In tal caso, legato quasi esclusivamente all'indisponibilità del file Sagomario, i valori esposti non sono in tal caso significativi.

Taglio sismico

Con il termine sintetico di taglio sismico si intende il taglio V_{Ed} illustrato dalla Circolare al DM 2018 al punto C.7.2.1 come segue. *Nei casi in cui le cerniere siano di tipo flessionale, nel rispetto dei criteri di gerarchia delle resistenze, le sollecitazioni di taglio V_{Ed} da utilizzare all'atto della verifica di resistenza, si ottengono garantendo l'equilibrio dell'intero elemento strutturale o della sua porzione alle cui estremità si ammette la formazione di cerniere plastiche. Esso è dunque soggetto ai carichi gravitazionali valutati nella condizione sismica e, nelle sezioni di estremità, ai momenti resistenti $M_{Rb,i}$ delle sezioni plasticizzate amplificate del fattore di sovraresistenza γ_{Rd}*

Il taglio sismico è nullo nella verifica dei pilastri.
 Vedere la figura sottostante tratta dalla citata Circolare.



In una seconda pagina del dialogo, per le verifiche di resistenza ed instabilità a taglio, vengono riportati i valori intermedi calcolati per tali verifiche.

Verifica elemento ? x

Verifica membratura | **Verifica Taglio** | Verifica Assial-Flessionale | Classe profilo

Resistenza

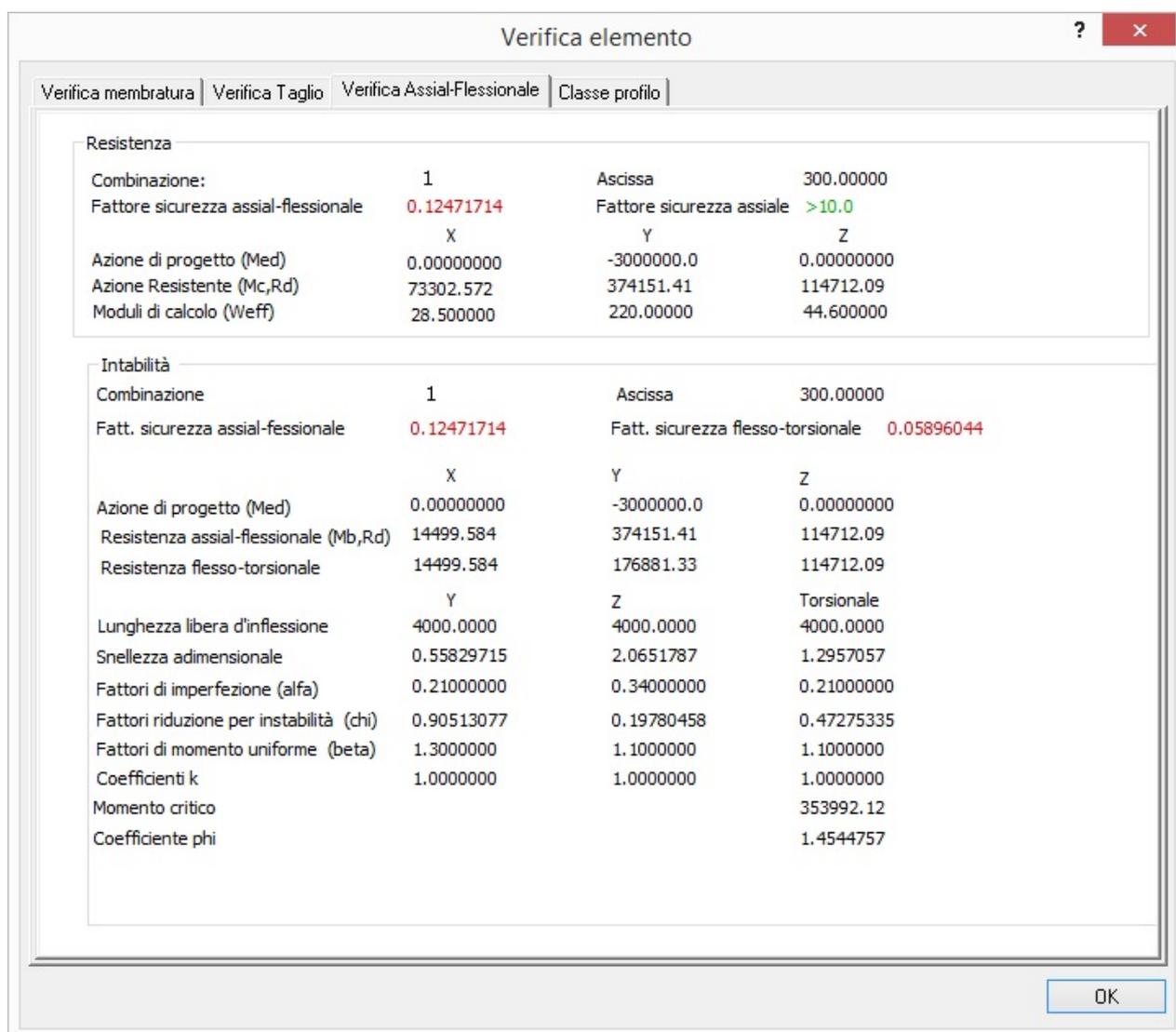
Combinazione	1		
Ascissa	400.000		
	Y	Z	
Azione di progetto	0.00000000	40000.000	
Azione sismica	42829.222	573.56047	Determinante per il fattore di sicurezza
Azione Resistente	29099.207	20813.150	
Coefficiente di sicurezza	0.67942413	0.52032875	
Area taglio	19.596000	14.016000	
Fattore riduzione resistenza	1.0000000	1.0000000	Unitari se $T_d < 0.5 T_r$

Instabilità dell'anima

Combinazione:	1		
Ascissa	400.00000		
Azione di progetto (Ved)	0.00000000	40000.000	
Azione Resistente (Vb,Rd)	155069.73	155069.73	
Coefficiente di sicurezza	>10.0		
Tensione tangenziale critica (tcr)	158.88292		
Coefficiente di snellezza (lw)	0.40917192		
Coefficiente instabilità a taglio (kt)	5.3400000		

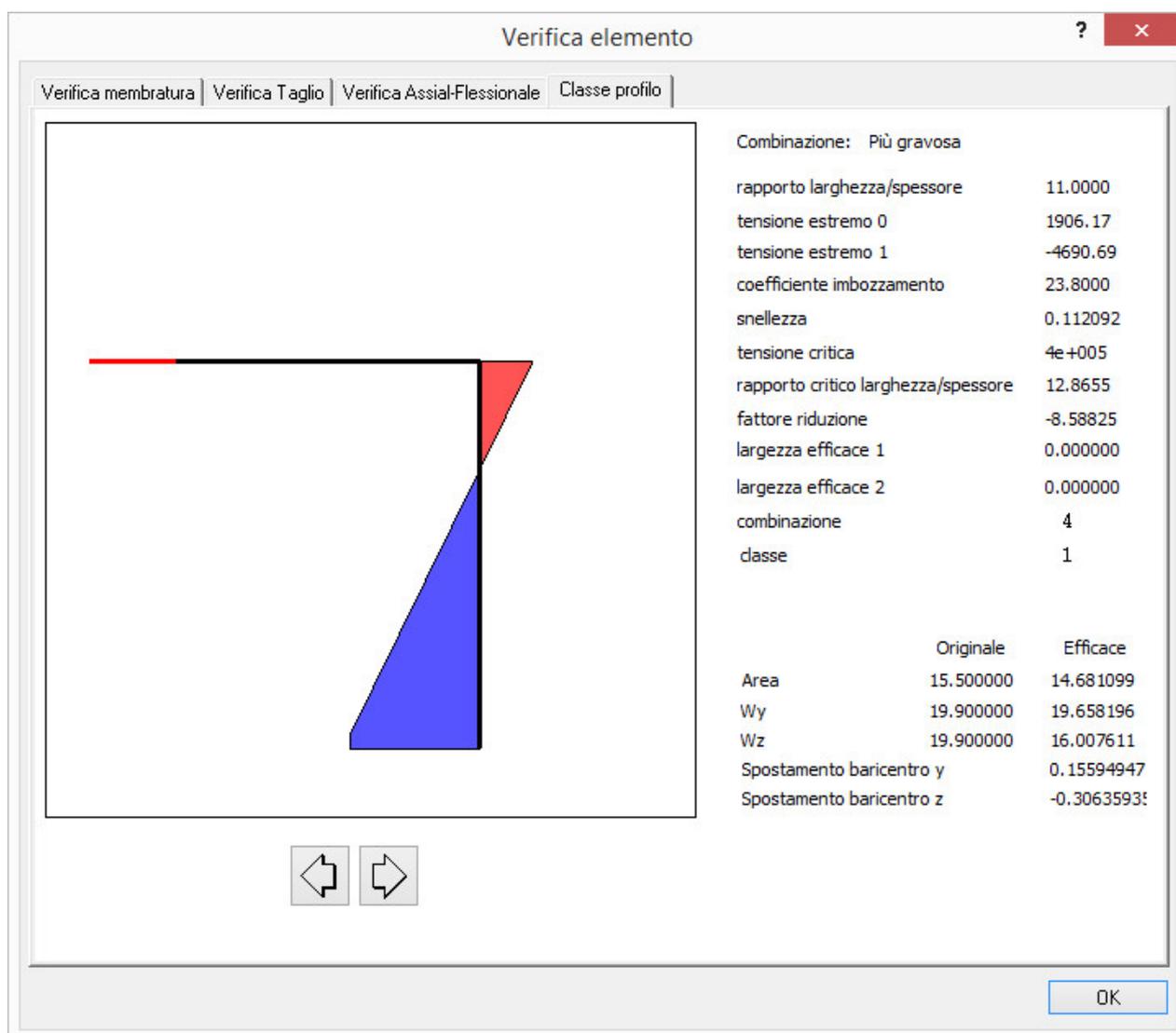
OK

In una terza pagina del dialogo, per le verifiche di resistenza ed instabilità assiale e flessionale, vengono riportati i valori intermedi calcolati per tali verifiche.



Dialogo classificazione della sezione

In una quarta pagina del dialogo, per la combinazione delle azioni selezionata nella prima pagina del dialogo, vengono mostrati gli stati tensionali ed i parametri di calcolo per ogni elemento della sezione. Per scegliere l'elemento voluto, agire su bottoni a freccia. L'immagine riporta l'andamento delle tensioni e mostra con delle zone rosse le eventuali aree ridotte se la sezione è in classe 4. I parametri riportati sono autoesplicativi in quanto non si sono impiegate abbreviazioni. Per le modalità di classificazione della sezione vedere la sezione teorica.



Rappresentazione a colori dei criteri

Opzioni verifica membrature

- Resistenza a taglio Y
- Resistenza a taglio Z
- Instabilità a taglio
- Instabilità presso-flessionale
- Instabilità flesso-torsionale
- Resistenza assiale-flessionale
- Resistenza assiale

Continua

I criteri di verifica possono essere rappresentati tramite colori assegnati agli elementi da rappresentare. Per ottenere questo tipo di rappresentazione dei risultati della verifica, selezionare l'icona della rappresentazione e quindi selezionare gli elementi voluti. Il colore attribuito a ciascun elemento selezionato sarà relativo al valore massimo tra tutti i criteri di verifica.

Mentre è attiva questa rappresentazione è possibile cliccare sugli elementi voluti per verificare a dialogo i valori numerici delle verifiche.

È anche possibile rappresentare il massimo valore tra alcuni criteri voluti e, tramite un doppio clic sull'icona della palette, dove è anche possibile attivare i soli criteri di verifica desiderati.

I colori usati per il valore V da rappresentare sono i seguenti:

0.0	$\leq V <$	0.2	grigio
0.2	$\leq V <$	0.4	ciano
0.4	$\leq V <$	0.6	verde
0.6	$\leq V <$	0.8	giallo
0.8	$\leq V <$	1.0	magenta
1.0	$\leq V$		rosso

Verifica dei profili accoppiati

I profili accoppiati devono essere definiti nel file sagomario come specificato nel capitolo relativo al formato dei dati del sagomario. Il metodo di verifica adottato è specificato nel manuale teorico. È possibile questa verifica solo con il metodo di calcolo degli Euro Codici. Deve essere specificata, nel dialogo dei dati dell'elemento, la distanza tra i collegamenti dei profili. valore di default di questo dato è pari alla lunghezza fisica dell'elemento. Un valore nullo non è accettato in verifica. I dati della rotazione dei profili e delle distanze di accoppiamento vengono sia riportate nei dialoghi che stampate.

Come più dettagliatamente specificato nel manuale teorico, è opportuno qui ricordare alcuni aspetti della verifica dei profili accoppiati. La verifica viene effettuata per sola forza assiale e per il taglio derivante da essa. Si assume quindi che l'elemento non sia sollecitato flessionalmente, torsionalmente o da forze di taglio. Il programma non effettua verifiche su questa eventualità per cui è cura dell'operatore procedere alle verifiche necessarie in caso le sollecitazioni siano diverse da quelle contemplate.

- Si assume che i collegamenti siano adeguati per la validità del metodo adottato.
- Non vengono verificati collegamenti.
- La verifica viene effettuata secondo quanto previsto dagli Eurocodici nel piano di disassamento dei profili. Nel piano in cui il disassamento sia nullo viene effettuata la verifica prevista dagli Eurocodici per instabilità a sola compressione assiale. Il massimo valore del criterio di resistenza tra i due piani viene riportato come risultato. Il risultato è esposto nei dialoghi e stampato come criterio di "Instabilità presso flessionale"
- Viene effettuata la verifica del singolo profilo alla presso-flessione derivante dalle forze di taglio dovute all'azione dei collegamenti. Il valore di questo criterio viene adottato come risultato se maggiore del precedente.
- Viene effettuata la verifica alle forze di taglio alle estremità che derivano dall'azione dei collegamenti, il criterio risultante viene riportato nei dialoghi come criterio di "Instabilità al taglio".

Avvertenza importante

Ai fini dell'analisi, i momenti di inerzia flessionali J_{eff} del sistema di profili accoppiati, considerato come unico elemento, vengono calcolati come segue: $J_{eff} = 2 J + d 2 A/2$ con simboli facilmente intuibili. Ai fini dell'analisi non lineare, assimilare ad un unico elemento una coppia di profili non è sempre corretto. Se ne tenga conto nell'uso di questa assegnazione in questo tipo di analisi. In EasySteel, per l'uso dei valori statici e per il metodo di verifica adottato, si faccia riferimento alla sezione teorica del manuale. Si ripete che le verifiche vengono effettuate SOLO per forze assiali. Le verifiche a taglio e a flessione NON vengono effettuate ed i relativi criteri vengono riportati con valori nulli.

Rappresentazioni della struttura



In questa sezione si descrivono i metodi per la rappresentazione della struttura.

Wireframe

La struttura viene rappresentata normalmente come mesh di elementi finiti (wireframe).

Sulla rappresentazione, sia wireframe che renderizzata, possono essere visualizzati gli indici dei nodi e degli elementi e i nomi (tipicamente i profili) degli elementi. Le opzioni di tali rappresentazioni sono nelle "Opzioni" del menu "Rappresentazioni".

Rendering

Si può avere una rappresentazione renderizzata (solida) attivando tale rappresentazione dal menu "Rappresentazioni". Questa rappresentazione comprende anche la rappresentazione solida dei giunti. Per maggiori dettagli su questa rappresentazione si veda in seguito. Questa rappresentazione può essere anche importata nel BIC tramite il comando di Copia Immagine. La rappresentazione esecutiva dei giunti, esportata nel BIC, viene descritta nel seguito dove si tratta dei giunti. La rappresentazione può essere personalizzata tramite molte opzioni cui si accede alla voce Opzioni sempre del menu Rappresentazioni.

Le caratteristiche dei giunti

In questa sezione si descrivono le caratteristiche generali dei giunti e i tipi di giunto disponibili, che comprendono;

il [giunto trave-colonna](#),

il [giunto trave-trave in asse](#),

il [giunto trave-trave non in asse](#),

il [giunto di base](#),

il [giunto tra profili angolari](#)

i [controventi di piano](#).

La parametrizzazione

I giunti vengono definiti tramite parametri assegnati per ogni tipo di giunto. I parametri con i quali i giunti vengono disegnati o verificati sono quelli assegnati al momento del disegno o della verifica. Non è possibile assegnare dei parametri diversi per ogni giunto della struttura. I parametri vengono usati sia nelle verifiche che nel disegno. Alcuni parametri, non strettamente necessari per le verifiche, sono usati solo per il disegno.

Nota

Unità di misura

Tutte le misure, salvo diversa espressa indicazione nei dialoghi, sono nelle unità di misura attive nel dialogo delle caratteristiche dei materiali. Alcuni parametri sono moltiplicatori del diametro dei bulloni.

Limiti sui profili trattati

Vengono considerati sia per la formazione del disegno del nodo che per la verifica solo profili di codice 1, 2 (IPE ed HEA) ed 8 (angolari). Gli altri profili NON vengono considerati. Pertanto, allo stato attuale, controventi fatti con profili, ad esempio, ad U, non vengono trattati.

Limiti di uso dei codici di rotazione

I codici di rotazione che possono essere inseriti nel sagomario (normalmente indicati con c1 e c2) non possono essere assegnati a travi o colonne per le quali si voglia verificare o disegnare il giunto. Questi codici sono supportati solo per i profili angolari accoppiati. Nel caso di rotazione degli elementi, si ricorda che il metodo standard, e per altro anche più semplice, è quello di impiegare il nodo k in Nòlian.

Materiali dei giunti

Parametro	Valore
Classe	4.6
Resistenza di calcolo	2050.0000
Fattore sicurezza	1.2500000
Gola saldatura	0.80000000
Resistenza acciaio tirafondi	2500.0000
Resistenza calcestruzzo foindazioni	350.00000

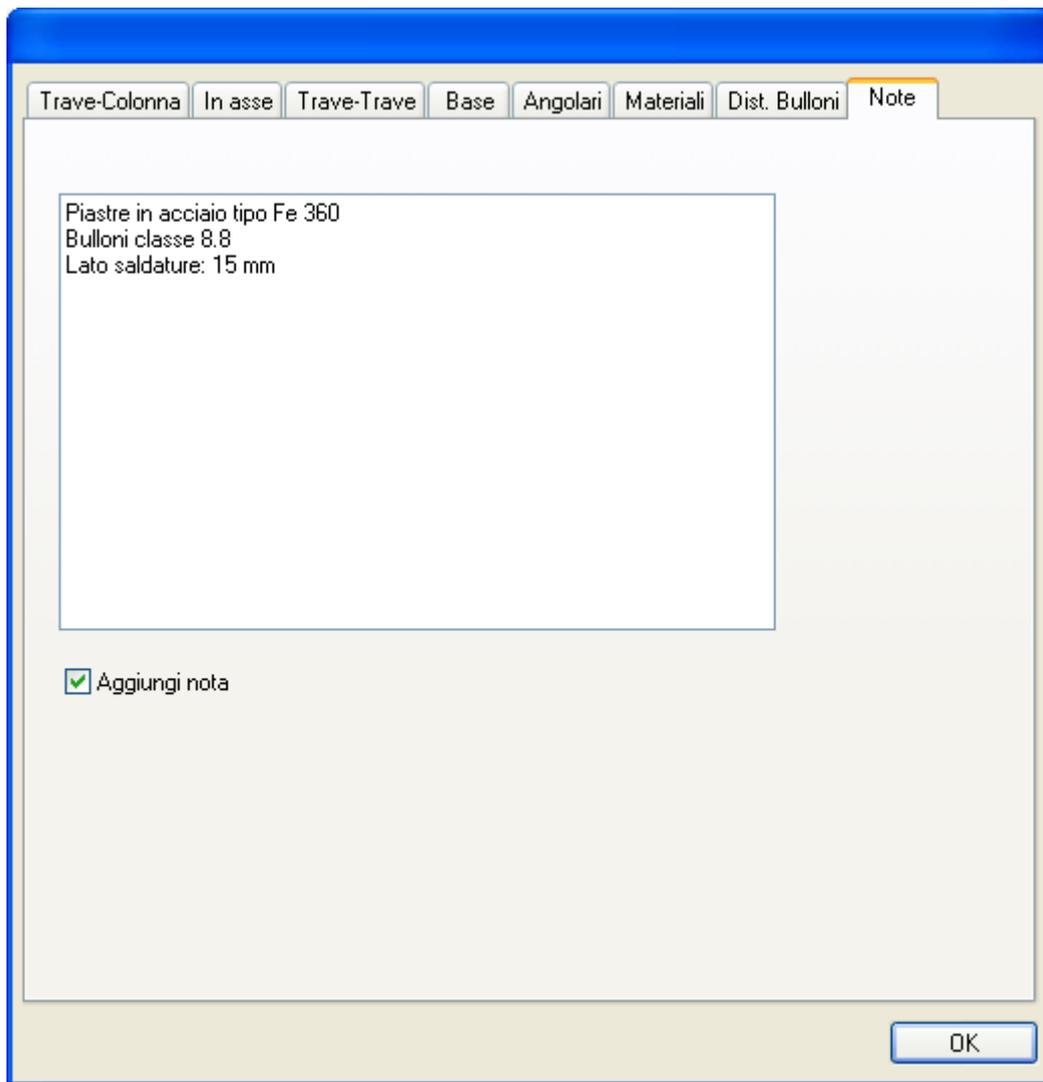
La resistenza dei bulloni viene assegnata nel dialogo dei Materiali ed è comune a tutti i tipi di giunto. La resistenza è la "tensione massima di rottura a trazione". La resistenza delle piastre e delle squadrette è invece quella assegnata per la resistenza dell'acciaio nel dialogo delle caratteristiche dei materiali della struttura.

Trave-Colonna	In asse	Trave-Trave	Base	Angolari	Materiali	Dist. Bulloni	Note
Profili angolari							
dal bordo		<input type="text" value="3.00000"/>					
tra i bulloni		<input type="text" value="3.00000"/>					
Piastra d'anima giunto in asse							
dal bordo		<input type="text" value="2.00000"/>					
tra i bulloni		<input type="text" value="3.00000"/>					
Giunto flangiato							
dal bordo laterale		<input type="text" value="1.50000"/>					
dal bordo sup. inf.		<input type="text" value="1.50000"/>					
dall'ala		<input type="text" value="1.50000"/>					
dall'anima		<input type="text" value="2.00000"/>					
tra i bulloni		<input type="text" value="3.00000"/>					
Squadrette							
dal bordo superiore		<input type="text" value="2.00000"/>					
tra i bulloni		<input type="text" value="3.00000"/>					
Base							
dal bordo		<input type="text" value="2.00000"/>					
ATTENZIONE: Tutti i valori sono espressi in DIAMETRI DI BULLONE							
							<input type="button" value="OK"/>

Distanze bulloni

La distanza tra bulloni e dei bulloni dal lato della piastra, può essere assegnato. L'assegnazione è in diametri del bullone e pertanto è parametrica. Questi valori vengono assegnati in un'unica pagina del dialogo per i vari tipi di bullonatura.

Annotazione sugli esecutivi



È possibile aggiungere automaticamente una nota con le caratteristiche dei materiali o altre istruzioni sugli esecutivi dei giunti. Inserire il testo della nota ed abilitarne l'impiego.

Giunto trave-colonna

Trave-Colonna In asse Trave-Trave Base Angolari Materiali Dist. Bulloni Note

Tipo giunto **Giunto trave-colonna flangiato**

Irrigidimenti

Giunto flangiato

Spessore flangia 1.80000

Diametro bulloni 1.20000

Bulloni superiori 1

Bulloni inferiori 0

Mensola

Giunto a squadretta

Profilo L80x8

Diametro bulloni 1.2000000

Numero bulloni 2

Squadrette copri ala

Profilo L80x8

Diametro bulloni 1.2000000

Numero bulloni 2

OK

Il giunto trave colonna può essere in anima o in ala della colonna. Se in ala, può essere flangiato, a squadrette o saldato. Se in anima, non può essere flangiato. Se il giunto è in ala, la colonna può avere irrigidimenti di anima in corrispondenza delle ali della trave. Non viene assegnato lo spessore di questi irrigidimenti per cui nella verifica si assume che la realizzazione e lo spessore siano adeguati. Nel disegno invece si assume uno spessore nominale. Se le altezze delle travi connesse alla colonna sono diverse, gli irrigidimenti vengono opportunamente disposti in modo da raccordare le ali delle travi.

Se il giunto è flangiato, si devono assegnare:

- spessore della piastra
- diametro dei bulloni
- eventuale fila aggiuntiva di bulloni superiori
- eventuale fila aggiuntiva di bulloni inferiori
- eventuale presenza di mensola

Se il giunto è a squadrette, si devono assegnare:

- il profilo a L con cui si realizza la squadretta
- numero di bulloni
- diametro bulloni

Nel caso di questi tipi di giunto, si possono avere squadrette copri ala, in questo caso si devono assegnare i parametri di queste squadrette con le modalità delle squadrette d'anima già descritte.

I profili delle squadrette DEVONO essere presenti sul sagomario attivo durante sia la verifica che il progetto del giunto.

Giunto trave-trave in asse

The image shows a software dialog box titled 'Giunto trave-trave in asse'. The dialog has a blue border and a light beige background. At the top, there is a tabbed interface with the following tabs: 'Trave-Colonna', 'In asse' (which is selected and highlighted in orange), 'Trave-Trave', 'Base', 'Angolari', 'Materiali', 'Dist. Bulloni', and 'Note'. The main area of the dialog contains several input fields and checkboxes:

- 'Spessore piastra d'anima': A text box containing the value '1.2000000'.
- 'Diametro bulloni': A text box containing the value '1.2000000'.
- 'Numero bulloni': A text box containing the value '4'.
- Two checkboxes: 'Copri-ala superiore' and 'Copri-ala inferiore', both of which are currently unchecked.
- 'Spessore copri-ala': A text box containing the value '1.2000000'.

At the bottom right corner of the dialog, there is an 'OK' button.

Il giunto trave-trave in asse è realizzato con piastra d'anima e copri ali opzionali. La piastra ha due file di bulloni di diametro e numero, per ogni fila, assegnabili. Le dimensioni della piastra sono determinate automaticamente in base al numero dei bulloni e alla altezza del profilo. Il dialogo consente l'assegnazione dello spessore della piastra, del numero e del diametro dei bulloni e la presenza e lo spessore delle piastre copri ala.

Giunto trave-trave non in asse

The image shows a software dialog box with a blue border and a light beige background. At the top, there is a horizontal menu with several tabs: 'Trave-Colonna', 'In asse', 'Trave-Trave' (which is highlighted with an orange underline), 'Base', 'Angolari', 'Materiali', 'Dist. Bulloni', and 'Note'. Below the menu, there are three input fields: 'Profilo' with a dropdown menu showing 'L80x8', 'Diametro bulloni' with a text box containing '1.2000000', and 'Numero bulloni' with a text box containing '2'. At the bottom right corner, there is an 'OK' button.

Il giunto trave-trave non in asse è realizzato tramite due squadrette poste a collegare l'anima della trave portata con quella della trave portante. In caso sia necessario, il profilo della trave portata viene rastremato. Di tale rastremazione si tiene conto anche nella verifica del giunto. La squadretta è sempre realizzata tramite un profilo ad L assegnabile. L'altezza della squadretta è determinata automaticamente in base al numero di bulloni richiesti e alla altezza dell'anima della trave portante. I profili delle squadrette DEVONO essere presenti sul sagomario attivo durante sia la verifica che il progetto del giunto.

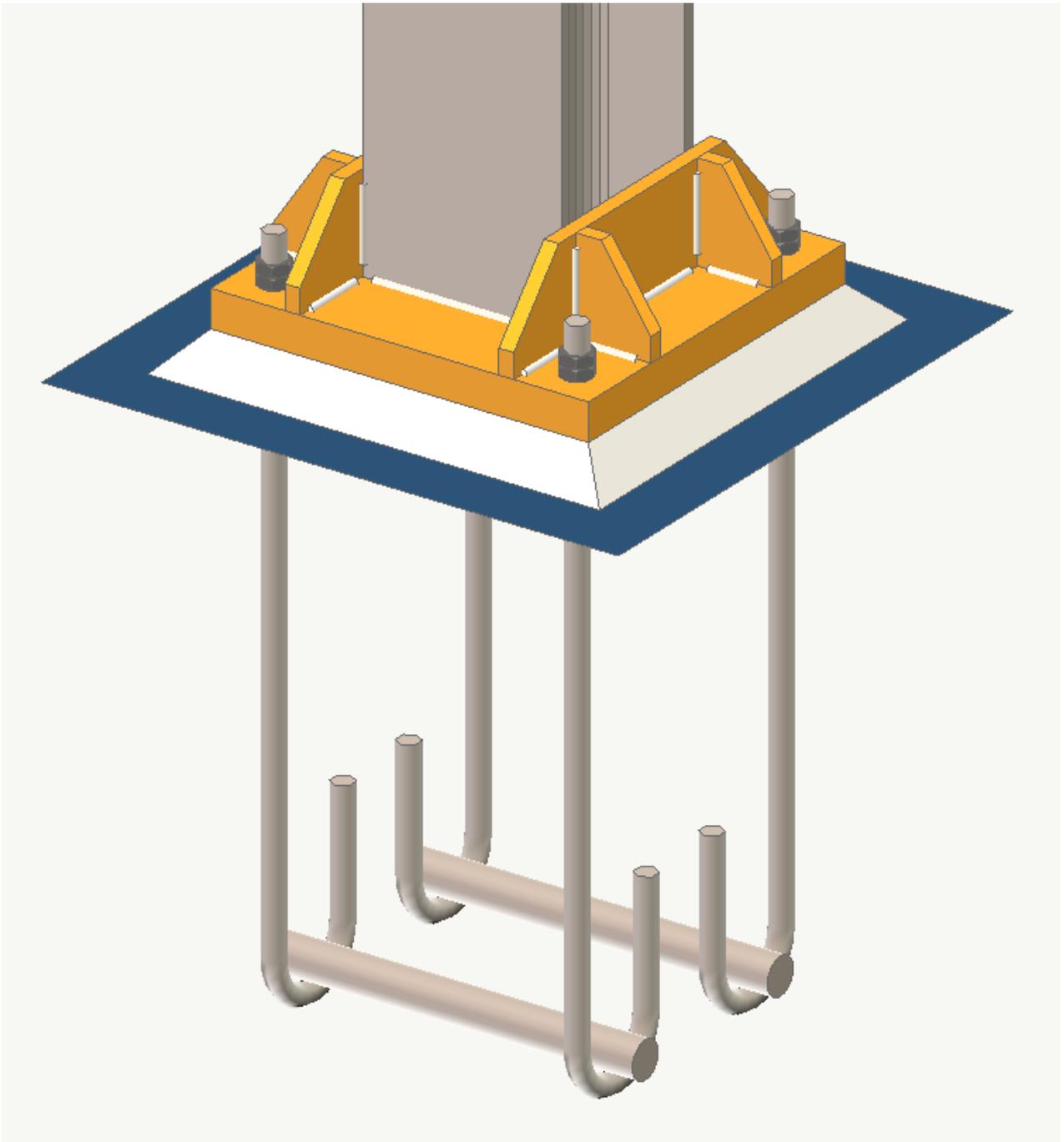
Nota

Nel caso del giunto trave secondaria - trave principale, invece di costringere l'operatore a definire la gerarchia dei collegamenti, si è assunto che se la geometria del profilo è a T, la trave passante è la primaria, se è a croce, la trave passante di maggiore altezza è la primaria. Ciò è generalmente vero. Se non lo fosse, la verifica deve essere fatta altrimenti.

Giunto di base

The image shows a software dialog box titled 'Giunto di base' (Base Joint). The dialog has a blue title bar and a light gray background. At the top, there is a horizontal menu with several tabs: 'Trave-Colonna', 'In asse', 'Trave-Trave', 'Base' (which is highlighted with an orange underline), 'Angolari', 'Materiali', 'Dist. Bulloni', and 'Note'. Below the menu, the main area contains several input fields and checkboxes. The first field is 'Spessore piastra' (Plate thickness) with a value of '3.0000000'. Below this is a section titled 'Irrigidimenti' (Stiffeners) which contains a checkbox labeled 'Irrigidimenti' that is currently unchecked. Underneath the checkbox are two more input fields: 'Spessore' (Thickness) with a value of '1.2000000' and 'Altezza' (Height) with a value of '8.0000000'. The next section is titled 'Tirafondi' (Anchor bolts) and contains four input fields: 'Diametro' (Diameter) with a value of '1.8000000', 'Lunghezza' (Length) with a value of '50.0000000', 'Distanza tirafondo aggiuntivo' (Additional anchor bolt distance) with a value of '0.0000000', and 'Diametro rosetta' (Rosette diameter) with a value of '8.0000000'. Below these fields are two radio buttons: 'Uncino' (Hook) which is selected with a green dot, and 'Rosetta' (Rosette) which is unselected. At the bottom right corner of the dialog box, there is an 'OK' button.

Si tratta del giunto tra la base della colonna e la fondazione in calcestruzzo. Le dimensioni della piastra vengono determinate automaticamente tramite la distanza assegnata dei bulloni dal filo della piastra. . La piastra può essere irrigidita tramite fazzoletti di spessore assegnabile. I tirafondi sono sempre quattro. La resistenza dell'acciaio dei tirafondi è assegnabile nelle caratteristiche dei materiali in quanto è generalmente diversa da quella dei bulloni standard. La lunghezza è assegnabile. Vi sono due tipi di ancoraggio: ad uncino ed a rosetta. Nel caso dell'uncino si intende un uncino standard con raggio di 3 diametri e lunghezza di 5 diametri. Nel caso della rosetta si può assegnare il diametro della rosetta. La resistenza della piastra della rosetta non viene verificata così come il suo spessore non è impiegato e nel disegno la rosetta è solo indicata con un simbolo.



Giunto tra profili angolari

Trave-Colonna In asse Trave-Trave Base **Angolari** Materiali Dist. Bulloni Note

Spessore piastra 1.5000000
Diametro bulloni angolare 1.2000000
Numero bulloni angolare 3
Distanza tra i profili 1.2000000 Piastra rettangolarizzata

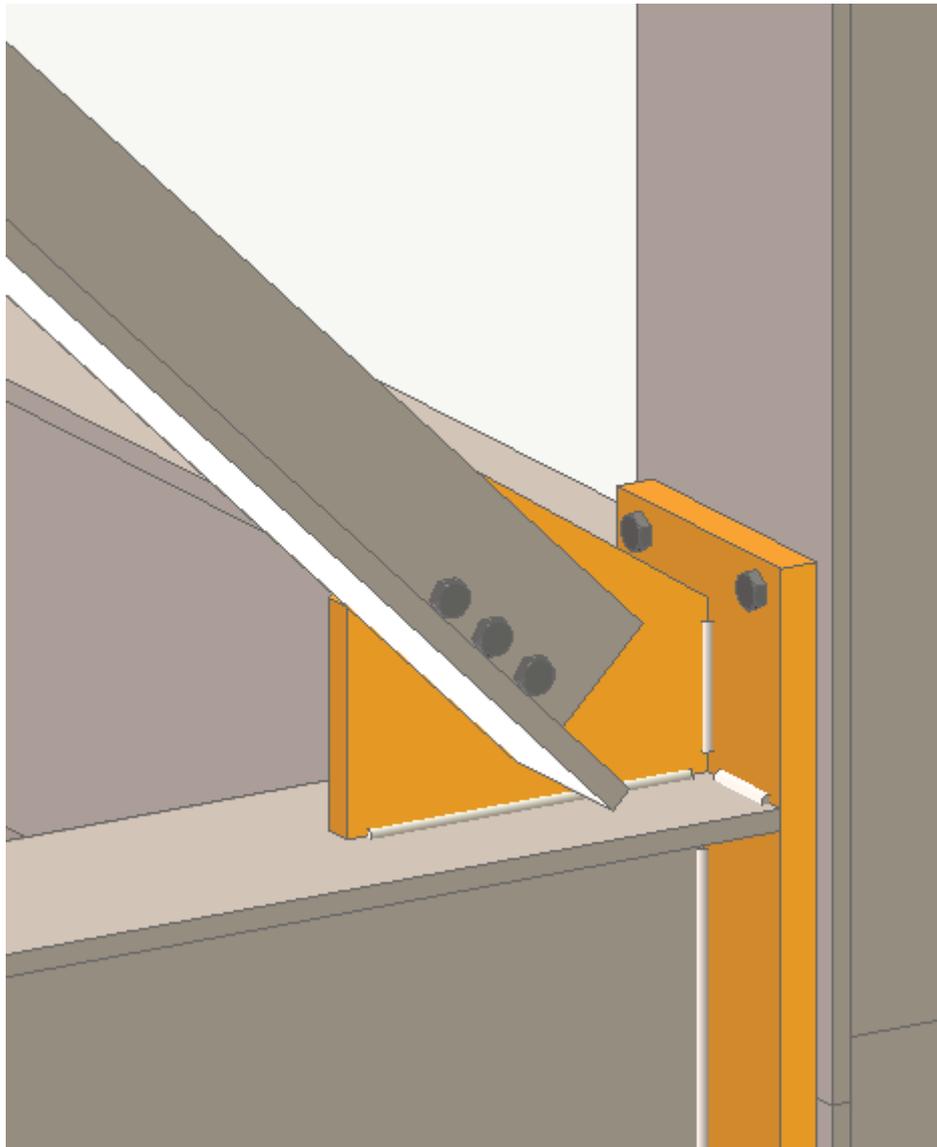
Giunto flangiato
 Fazzoletti controvento saldati alla flangia

Controventi di piano
Profilo connessione IPE 220
 Sostituzione automatica profilo
Diametro bulloni connessione 1.2000000
Numero bulloni connessione 2

OK

Questo tipo di giunto si riferisce alla connessione di profili angolari su piastra sia nel caso di capriate (tutti angolari connessi tramite una piastra) sia di controventi connessi ad altri elementi tramite una piastra. Si assegna:

- il numero dei bulloni
- il diametro dei bulloni
- lo spessore della piastra di collegamento



Il parametro "distanza tra i profili" indica la distanza minima tra profili adiacenti e, in caso di controventi, la distanza minima di taglio del controvento rispetto alle travi e alla colonna. La piastra può essere resa rettangolare, se richiesto. Nel caso dei soli controventi di parete connessi a giunti trave-colonna, si può considerare la piastra di collegamento del controvento saldata alla trave e alla flangia nel caso di giunto flangiato. Ciò comporta un prolungamento della flangia del giunto flangiato trave-colonna. I bulloni vengono, se possibile, posti nell'asse baricentrico del profilo, se tale asse è troppo vicino all'anima del profilo, vengono opportunamente distanziati. Di tale maggiore distanza si tiene conto nelle verifiche.

Nota

I controventi possono essere costituiti solo da profili angolari eventualmente accoppiati. Se sono accoppiati, lo devono essere in modo che la piastra di ancoraggio sia contenuta tra i due profili. Generalmente il codice di profilo è "0 4 0 dz" e cioè di posizione: _|_|. I controventi vengono disegnati in tutti i tipi di giunto. Viene disegnata la piastra di ancoraggio come appresso specificato. Nel disegno, il controvento viene tagliato in modo tale che non interferisca con gli elementi strutturali adiacenti. Non viene considerata la possibilità che il controvento entri tra le ali di un eventuale elemento adiacente ma la verifica di interferenza sul contorno viene fatta sempre sull'ingombro massimo degli elementi adiacenti. La distanza tra elementi può essere assegnata dall'operatore. Nel disegno, non viene sempre assicurato nel disegno della piastra che sia adottata una forma tale da consentire la diffusione dello sforzo assiale a 60° come nelle ipotesi di verifica della piastra. Tale accertamento sulla opportunità di forma deve essere fatto dall'operatore.

Controventi di piano

Si tratta di una particolare casistica di giunti di profili angolari. I controventi di piano vengono connessi alle travi (con o senza pilastro nella connessione) tramite fazzoletti modellati in modo da consentire il passaggio delle travi o delle colonne. Ove possibile, al posto dei fazzoletti si usano dei profili a T tagliati. Nel dialogo delle impostazioni delle opzioni dei giunti "Angolari" è possibile definire il profilo da adottare, il diametro e il numero dei bulloni di connessione con la trave ed è possibile attivare anche la sostituzione automatica del profilo con un elemento saldato T ove il profilo non sia adatto alla geometria del giunto. Allo stato attuale, nel disegno del giunto vengono considerati solo profili accoppiati "a cavallo" della piastra e non giustapposti dallo stesso lato della piastra o a farfalla".

Nota sulla verifica

In questo tipo di giunto viene verificato l'angolare e la sua bullonatura sulla piastra. Non viene verificata la bullonatura o saldatura della piastra sulla trave assumendo, per la piastra, una resistenza almeno analoga a quella del profilo e per la connessione alla trave, che la lunghezza di connessione (determinata nei disegni in modo da consentire una distribuzione almeno a 60° delle tensioni) assicuri un'adeguata continuità.

Verifica dei giunti

Le verifiche vengono eseguite selezionando un elemento dalla parte della estremità del giunto da verificare. Pertanto il TIPO di giunzione viene determinato automaticamente e viene attivata la verifica relativa.

In ogni caso, nel dialogo che espone i risultati della verifica, viene indicato quale tipo di verifica si sta applicando.

Si sottolinea che la verifica del giunto è intesa per il profilo connesso ad altro profilo, non per il giunto nel suo insieme e le verifiche vengono estese alle parti dei profili interessate dalla verifica specifica.

Quindi è l'estremo dell'elemento che si vuole verificare come connesso tramite giunto a un altro elemento, che determina il tipo di giunto e il tipo di verifica. Per alcuni tipi di giunto, ad esempio i giunti dei profili angolari di controvento, viene eseguita la verifica solo del controvento stesso e non di tutte le parti del giunto. Così, ove alcuni accessori o saldature del giunto non ne facessero parte integrante, esse non fanno parte della verifica.

Tipi di giunzioni verificate:

- Giunto trave-colonna

Si assume che il giunto sia un giunto trave-colonna se l'elemento selezionato ha le seguenti caratteristiche:

- Sia un elemento non subparallelo all'asse Z (che verrebbe assunto come una colonna)
- Abbia un profilo a doppio T
- Sia connesso a una colonna costituita da un profilo a doppio T.

Tale giunto può essere: a squadrette, saldato o flangiato. Si applica il tipo di giunto prescelto nelle opzioni o assegnato all'elemento. In caso di giunzione in anima, si considera sempre un giunto a squadrette.

Per la descrizione dettagliata dei valori riportati a dialogo, vedere [Dialogo di verifica del giunto trave-colonna](#)

- Giunto trave-trave in asse

Se si seleziona l'estremo di una trave (secondo la definizione già data) e tale estremo è connesso in asse ad un altro elemento trave e i profili di entrambi sono sezioni a doppio T, viene eseguita la verifica di un giunto con piastra bullonata in anima e eventuali coprigiunti se assegnato dalle opzioni dei giunti.

- Giunto colonna-colonna

Non viene verificato

- Giunto trave-trave non in asse

Se l'estremo di un elemento trave è connesso a una trave passante non in asse, viene verificato un giunto a squadretta in anima dalla trave passante.

- Giunto di fondazione

Se si seleziona l'estremo inferiore di una colonna che sia libero (non connesso ad altre travi) si assume che sia un giunto di fondazione e lo si verifica come tale.

- Angolare

Se si seleziona un profilo a L, anche accoppiato, la verifica viene fatta per il profilo, la bullonatura e la piastra impiegando le opzioni indicate nelle opzioni dei giunti. Non viene verificato l'attacco della piastra (saldata o imbullonata nel caso dei controventi di piano) al giunto.

Nota importante sugli offset Gli offset degli elementi non vengono considerati nelle verifiche che assumono gli elementi sempre in asse e con eventuale inclinazione pari a quella del modello di calcolo.

Attivazione della verifica

Attivare l'icona della palette della verifica e selezionare l'estremo dell'elemento dalla parte del quale si trova il giunto che si desidera verificare.

La verifica si può avere con valori numerici a dialogo oppure con una scala di colori.

In questo ultimo caso si possono selezionare più elementi o effettuare una selezione globale.

La scelta del tipo di rappresentazione si effettua dal dialogo cui si accede con un doppio clic sull'icona di verifica.

Verifica di resistenza ultima del giunto

Viene verificata la connessione tra un elemento strutturale e un altro. Pertanto per indicare al programma la connessione da verificare, occorre selezionare l'elemento dalla parte prossima alla connessione da verificare.

Il tipo di connessione è determinato automaticamente secondo criteri geometrici esposti in seguito.

I risultati della verifica vengono esposti secondo modalità standard per tutti i tipi di giunto.

Viene cioè esposto il valore di resistenza limite ed il criterio di sfruttamento (che può intendersi l'inverso del fattore di sicurezza) inteso come rapporto tra l'azione e la resistenza. Pertanto un valore superiore all'unità indica che è stata superata la resistenza limite.

Rappresentazioni a colori dei criteri di resistenza ultima del giunto

Vengono verificate le connessioni degli elementi selezionati ed il valore del criterio viene rappresentato in una scala di colori. I valori uguali o superiori a 1.0 vengono rappresentati in colore rosso.

Questa funzione si attiva come quella della verifica del singolo giunto a dialogo, ma dopo aver attivato la verifica a colori dal dialogo delle informazioni Generali.

Stampa delle verifiche

La stampa dei risultati delle verifiche delle connessioni è governata dal dialogo delle opzioni di stampa.

In caso si attivi la stampa della verifica dei giunti, verranno verificati entrambi i giunti di estremità dell'elemento in stampa

adottando i parametri correnti ed il tipo di giunto determinato dai criteri geometrici.

Modalità di verifica

La verifica si intende quella della connessione tra un elemento strutturale ed un altro.

Il tipo di connessione è determinato automaticamente secondo criteri precedentemente esposti.

I risultati della verifica vengono esposti secondo modalità standard per tutti i tipi di giunto.

Viene cioè esposto il valore di resistenza limite ed il criterio di sfruttamento (che è l'inverso del fattore di sicurezza) e cioè rapporto tra l'azione e la resistenza per cui un valore superiore all'unità indica che è stata superata la resistenza limite.

Oltre a tale criterio viene indicata la "zona critica" intendendo con questa il meccanismo che ha determinato il minore valore di resistenza.

Questa indicazione è importante per attuare un progetto interattivo del giunto operando sugli elementi di effettiva minor resistenza.

Ove vi siano giunti non simmetrici, vengono esposti i criteri di verifica nei due sensi della coppia.

I risultati della verifica si intendono sintetici e non analitici per cui il massimo sforzo è stato fatto per determinare un criterio unico di resistenza che sia quello relativo alla minor resistenza tra tutti i meccanismi limite esistenti.

Come esempio di quanto detto, si consideri il giunto di base delle colonne. In questo caso si ha una azione combinata assiale e flessionale che non possono avere criteri di resistenza distinti. La verifica allora avviene per tutte le combinazioni di carico determinando l'eccentricità dell'azione per ognuna di esse e, per ogni eccentricità, determinando il valore limite sul dominio di rottura M-N.

In questo modo si ottiene un criterio unico che descrive e sintetizza la resistenza del giunto. Nel seguito si daranno i limiti e le assunzioni di massima per ciascuna verifica. Si ricorda che un tipo di giunto è accettato solo se ricorrono assunzioni geometriche e presenza di profili predefinite. In mancanza di tali condizioni, il giunto non viene considerato.

Avvertenze importanti

Le azioni considerate sono sempre nel piano della connessione ovvero nel sistema locale più significativo dell'elemento.

Non vengono mai considerate azioni deviate. Ove non esplicitamente esposto (giunto di base, controventi) lo sforzo assiale non viene considerato nella verifica del giunto.

Le azioni trasmesse dalla piastra di ancoraggio dei controventi agli elementi del giunto non vengono considerate nella verifica di tali elementi del giunto.

Note sulle principali verifiche dei giunti

Sono qui raccolte alcune convenzioni di progetto usate nella verifica di giunti e alcuni limiti. Nonostante la cura impiegata nell'elencarli e con cura desumerli dalle specifiche di progetto del software, non si esclude che i limiti possano non essere completi. Si invita l'utilizzatore a sincerarsi della effettiva applicabilità delle verifiche ai problemi specifici.

Giunto flangiato trave-colonna

Si faccia riferimento al manuale teorico.

Giunto a squadrette trave-colonna

Le sollecitazioni di cui si tiene conto sono quelle nel piano formato da trave e colonna. Non si tiene in conto la forza assiale nella trave.

In caso NON siano presenti i coprigiunti di anima:

- si assume che la squadretta d'anima abbia resistenza per il momento.
- non si verifica la colonna (resistenza e stabilità) in quanto si assume che la squadretta a flessione sia l'elemento

critico.

- si verifica la squadretta per resistenza al taglio.

In caso siano presenti i coprigiunti di anima:

- si assume che la resistenza al momento sia fornita solo da essi e che la squadretta d'anima non dia alcun contributo per la flessione.
- viene verificata la colonna assumendo tutte le forze trasmesse da tali coprigiunti. Si verifica la squadretta d'anima solo per il taglio.

I bulloni della squadretta d'anima, ai fini della valutazione dell'eccentricità del taglio, vengono assunti posizionati nella mezzzeria della squadretta. La distanza dei bulloni dai bordi della squadretta si assumono come quelli minimi per evitare problemi di rifollamento.

ATTENZIONE

La verifica NON viene eseguita per eventuali forze assiali.

Giunto profili angolari

Assunzioni

Si assume che la piastra sia dimensionata correttamente per supportare la diffusione (a 60°) dello sforzo.

Nella verifica, si assume che il profilo sia appoggiato alla piastra secondo l'asse locale Y.

La piastra si assume nel piano del nodo del modello. Non si considerano momenti parassiti dovuti alla eccentricità tra piastra e asse baricentrico del profilo.

Si considera l'eventuale eccentricità della bullonatura rispetto all'asse dell'elemento.

Profili angolari accoppiati vengono accettati ma solo se del tipo "0 4 0 dz" (schematicamente: _|_|) e cioè con i profili a cavallo della piastra.

Non viene verificata la connessione della piastra agli altri profili del giunto.

Giunto di continuità bullonato

Avvertenze

Viene verificato solo a flessione e taglio, NON per la forza assiale. Pertanto tale verifica non è valida per le colonne. Questo ultimo caso non viene filtrato e pertanto la verifica, anche se probabilmente NON è significativa, può essere effettuata anche in questo caso.

Se non vi sono entrambi i coprigiunti d'ala la verifica è solo a taglio della piastra d'anima. In questo caso la resistenza a flessione è solo NOMINALE per aver un valore numerico di confronto.

Se sono presenti i coprigiunti, il momento resistente è ottenuto come somma dei contributi delle piastre di anima e dei coprigiunti. Il contributo di resistenza a taglio dei coprigiunti è trascurato.

Resistenza a flessione delle squadrette

Avvertenze

Si assume che nei giunti a squadretta non vi sia flessione per cui NON vengono verificati a flessione.

Una condizione (messaggio) di errore in presenza di momento flettente potrebbe attivarsi anche in presenza di flessione

parassita o di arrotondamenti numerici, cioè valori ingegneristicamente non significativi.

Pertanto si assume una resistenza nominale a flessione della squadretta assunta come resistenza del singolo bullone per il braccio dei bulloni più distanti. Questo criterio è solo significativo per far scattare un messaggio di errore e NON ha significato per quanto riguarda le condizioni di verifica.

Base colonna

Avvertenze

Non viene verificato per trazione. Non viene verificato per taglio. Come tutti gli altri giunti, non viene verificata a flessione deviata ma solo nel piano locale xy.

Assunzioni

La resistenza del calcestruzzo a compressione viene assunta 0.55 rottura cubica. Nel caso di tirafondi ad uncino l'uncino è assunto di raggio 3 ϕ e lunghezza 5 ϕ . Nel caso di tirafondi a rosetta, la piastra della rosetta non viene verificata.

Dialogo di verifica del giunto trave-colonna

Selezionando un elemento dalla parte della giunzione da verificare, si apre un dialogo con il sommario dei dati di verifica.

The screenshot shows a software dialog box titled "Verifica giunto". It has a tabbed interface with the following tabs: "Verifica", "Dati verifica flangia", "Dati verifica anima colonna", "Dati verifica instabilità anima colonna", and "Dati verifica azione sismica". The "Verifica" tab is active. The dialog displays the following information:

- Connessione trave HEA200 a colonna HEA200
- Unità: cm, kg, kg/cm²
- Combinazione: Più gravosa (dropdown menu)
- Combinazione: 262
- Momento agente: 540190.69
- Taglio agente: 6198.4562
- Momento resistente: 100298.67
- Taglio resistente: 564982.94
- Fattore di sicurezza: >10.0
- Criterio meno sicuro: Taglio anima

Below this, there is a section titled "Verifiche per azione sismica" containing:

- Rapporto sovrarresistenza: 0.04857026
- Fatt. sicurezza pannelli d'anima: 3.5834735

At the bottom of the dialog, the text "NON verificato" is displayed in red. An "OK" button is located at the bottom right corner.

Scelta la combinazione dei carichi desiderata (o la "Più gravosa", ricercata automaticamente) vengono riportati momento e taglio sia resistente che agente ed il relativo fattore di sicurezza minore. Viene indicato come "criterio meno sicuro" il criterio di verifica che ha comportato il coefficiente di sicurezza minore.

Nel caso di verifiche sismiche, viene riportato il criterio di sovrarresistenza inteso come rapporto tra momento resistente della trave e minimo momento resistente del giunto, rapporto amplificato del fattore di sovrarresistenza di normativa in modo che un valore inferiore all'unità indichi che il criterio non è soddisfatto.

Inoltre, sempre come verifica sismica, viene riportato il rapporto tra taglio "sismico", inteso come taglio massimo nell'ipotesi di plasticizzazione degli estremi della membratura, e resistenza a taglio del pannello d'anima del giunto.

Le successive pagine del dialogo forniscono i dettagli delle singole verifiche.

Dati verifica flangia

?
×

Verifica
Dati verifica flangia
Dati verifica anima colonna
Dati verifica instabilità anima colonna
Dati verifica azione sismica

Ala colonna		
Lunghezza equivalente	116.46875	(unità: mm, N)
Distanza bullone dal raccordo d'anima	9.6000000	
Distanza di calcolo bullone dal bordo	12.0000000	
Spessore ala	10.0000000	
Diametro bullone	12.0000000	
Resistenza singolo bullone	62670.699	
Momento snervamento piastra	762853.51	
Limite per snervamento piastra	317855.63	
Limite snervamento e bulloni	105451.64	
Limite bulloni	62670.699	
Forza	62670.699	
Braccio	157.00000	
Momento resistente	2.26e+007	

flangia		
Lunghezza equivalente	74.5000000	(unità: mm, N)
Distanza bullone dal raccordo d'anima	21.4000000	
Distanza di calcolo bullone dal bordo	26.7500000	
Spessore flangia	18.0000000	
Diametro bullone	12.0000000	
Resistenza singolo bullone	62670.699	
Momento snervamento piastra	1581004.2	
Limite per snervamento piastra	295514.80	
Limite snervamento e bulloni	100487.01	
Limite bulloni	62670.699	
Forza	62670.699	
Braccio	157.00000	
Momento resistente	2.26e+007	

Fila bulloni 1

Anima irgidita NO

Mensola inferiore NO

OK

La flangia viene verificata secondo il metodo dei T equivalenti. Viene riportata, per ogni fila di bulloni, la lunghezza equivalente del T e i valori di resistenza. Tali valori determinano la forza massima del T a trazione. Tale forza, riportata nel dialogo, insieme con il braccio con il quale agisce rispetto al baricentro della flangia, determina il contributo di resistenza flessionale del singolo T equivalente che viene riportato come "Momento resistente" sotto il gruppo di dati di ogni T equivalente.

Si noti che i dati esposti riguardano il lato teso della flangia relativamente alla verifica effettuata nella prima pagina del dialogo.

Vengono valutati tre criteri di snervamento: snervamento completo della flangia, resistenza a snervamento dei bulloni, cedimento dei bulloni e della flangia. Vengono riportati i fattori relativi ai tre criteri oltre agli altri valori considerati nel calcolo.

Dati verifica anima colonna

Verifica giunto

Verifica | Dati verifica flangia | **Dati verifica anima colonna** | Dati verifica instabilità anima colonna | Dati verifica azione sismica

Anima colonna in trazione (unità: mm, N)

Lunghezza equivalente	250.46875
Spessore anima	10.000000
Resistenza trazione	656213.67
Braccio	203.00000
Momento resistente	1.33e+008

Anima colonna in compressione

Lunghezza equivalente	197.31371
Resistenza compressione	336017.85
Braccio	203.00000
Momento resistente	6.82e+007

Taglio nell'anima della colonna

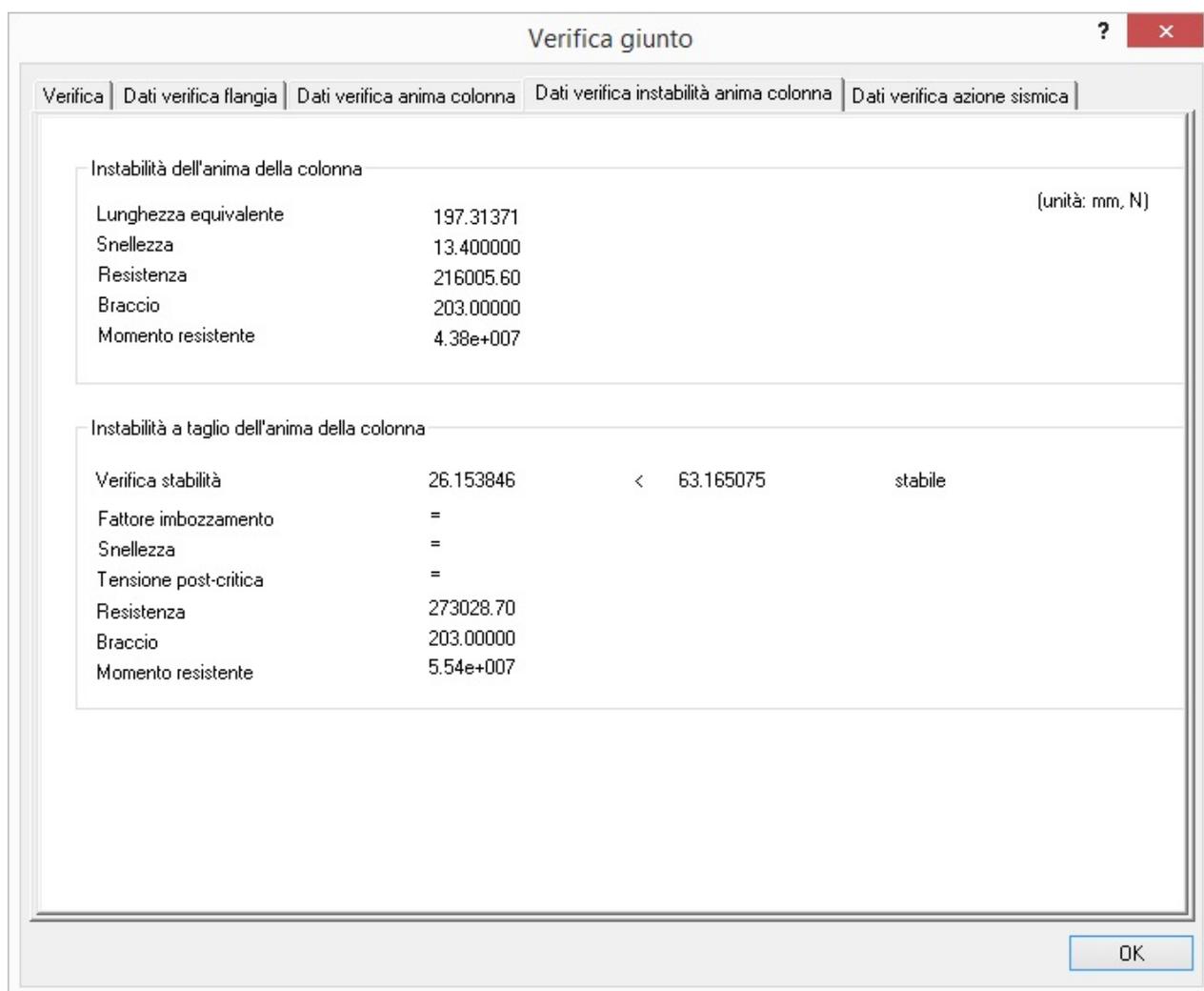
Area a taglio	1805.0000
Resistenza a taglio	273028.70
Braccio	203.00000
Momento resistente	5.54e+007

OK

Nella verifica dell'anima si opera su una porzione di altezza equivalente eseguendo le verifiche a compressione, trazione e taglio. Il significato dei dati è quello illustrato per la precedente pagina di dialogo.

In figura si vede un simbolo rosso. Esso indica il criterio di verifica per il quale si è ottenuto il coefficiente di sicurezza più basso. Questa indicazione è molto utile per eventuali interventi di modifica.

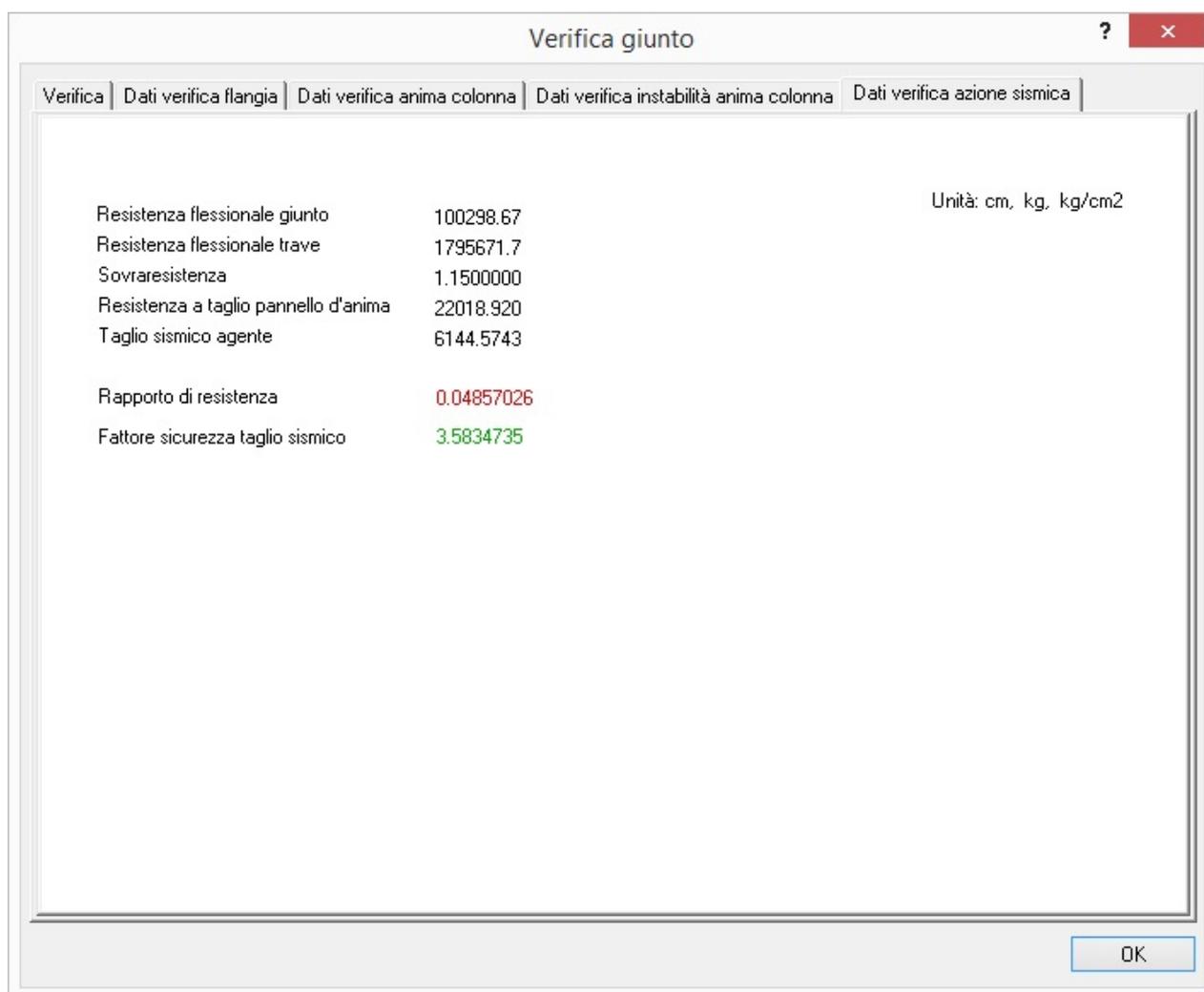
Dati verifica instabilità anima colonna



Viene eseguita la verifica di instabilità del pannello d'anima. Anche qui la resistenza del pannello d'anima opera ad una certa distanza (braccio) dal baricentro del giunto e pertanto si ottiene un momento resistente.

Nella verifica di instabilità a taglio, se la snellezza del pannello è minore dei valori di normativa (come riportato nella prima riga), si verifica l'anima solo a taglio e i dati relativi alla instabilità non vengono riportati, ma viene riportata la dicitura "Stabile".

Dati verifica azione sismica



I dati riportati sono autoesplicativi, sul criterio di verifica si è detto parlando dei dati generali di verifica.

Verifiche sismiche

In questa sezione del manuale si sono volute raccogliere tutte le informazioni sulle verifiche sismiche effettuate da EasySteel riferendosi al DM 17 gennaio 2018, nel seguito DM18.

Le verifiche sismiche si affiancano alle verifiche di resistenza e stabilità previste per le strutture in acciaio in generale e si effettuano con analoghe modalità di interfaccia.

Queste modalità sono le seguenti:

- Risultati numerici a dialogo
- Risultati rappresentati graficamente con livelli di colore che indicano il fattore di sicurezza o di sfruttamento
- Stampa, dove vi sono uno o più temi di stampa dedicati a queste verifiche.

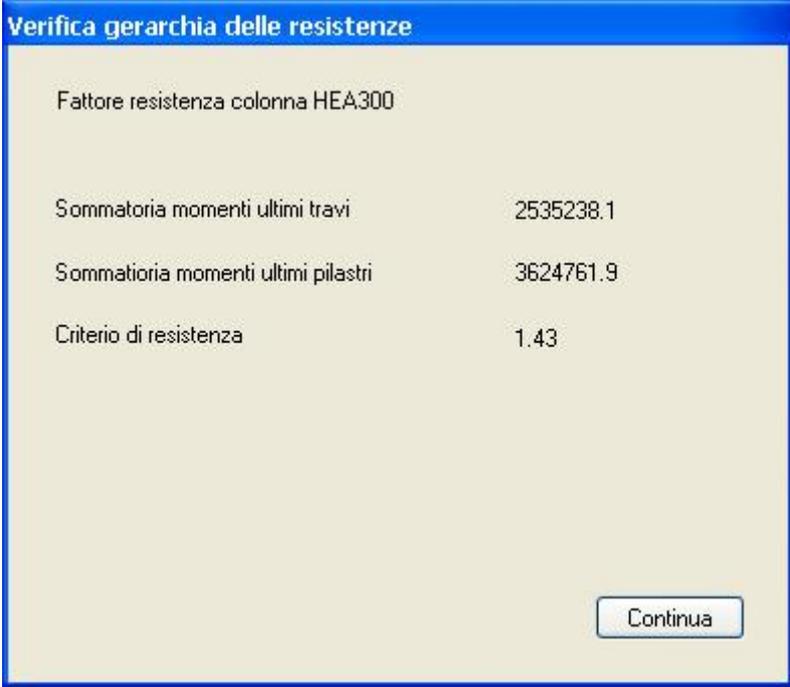
Dopo questo capitolo vi è un testo **EasySteel e DM18** che indica per ogni paragrafo della normativa se tale verifica è effettuata e se vi sono particolari modalità di attuare la verifica, quelli adottati in EasySteel. **Non tutte le verifiche proposte dalla normativa sono supportate.**

Le verifiche minori o che attengono a procedure particolari possono non essere state supportate.

Verificare attentamente che i servizi offerti da EasySteel soddisfino le proprie specifiche esigenze o le esigenze del progetto che si sta verificando.

Sostanzialmente le verifiche sismiche comportano una fattorizzazione delle sollecitazioni e delle verifiche in più rispetto a

quelle non sismiche. L'unica verifica che non ha una corrispondenza con quelle non sismiche è la verifica della gerarchia delle resistenze.



The screenshot shows a dialog box with a blue title bar containing the text "Verifica gerarchia delle resistenze". The main area has a light beige background and contains a table of values. At the bottom right, there is a button labeled "Continua".

Fattore resistenza colonna HEA300	
Sommatoria momenti ultimi travi	2535238.1
Sommatoria momenti ultimi pilastri	3624761.9
Criterio di resistenza	1.43

Pertanto le verifiche sismiche sono attivate e gestite come le verifiche non sismiche e il programma, a seconda della classe di duttilità, configura i metodi, i dialoghi e le stampe nel modo opportuno. Il modo di operare del progettista non cambia. Nella verifica delle membrature vengono aggiunte le valutazioni del "taglio sismico" e cioè il taglio indotto dalla plasticizzazione delle estremità e le sollecitazioni sismiche vengono amplificate come da normativa. Questa verifica viene effettuata solo per elementi dissipativi.

NOTA BENE: una dettagliata descrizione dei valori riportati nel dialogo è riportata in [Verifiche degli elementi](#).

Verifica membratura	
Resistenza taglio y	35442.676
Resistenza taglio y	5.2196425
Instabilità a taglio	1000000.0
Instabilità flessionale	3.6685338
Instabilità flesso torsionale	2.7581199
Resistenza presso-flessionale	3.6685338
Verificato	
<input type="button" value="Continua"/>	

Verifica sismica membratura	
Resistenza taglio y	35442.676
Resistenza taglio y	5.2196425
Instabilità a taglio	1000000.0
Instabilità flessionale	3.6685338
Instabilità flesso torsionale	2.7581199
Resistenza presso-flessionale	3.6685338
Resistenza assiale	747.80285
Fattore Omega	1.0000000
Resistenza a taglio da plasticizzazione	1000000.0
Verificato	
<input type="button" value="Continua"/>	

In figura si può vedere come il dialogo di verifica delle membrature venga automaticamente configurato nei casi di verifica non sismica (sinistra) e sismica.

Nella verifica dei giunti si ha sostanzialmente l'esigenza di verificare la sovraresistenza del giunto. Questo è quindi uno dei parametri in più che vengono valutati ed esposti in questo caso.

In EasySteel le verifiche del giunto tra due elementi viene effettuata selezionando la parte dell'elemento vicina alla giunzione da verificare. Nel caso della gerarchia delle resistenze, viene coinvolto il giunto nel suo insieme ma la verifica attiene alla colonna e quindi in questo caso si seleziona la parte della colonna interessata da questa verifica.

Sono soggetti a verifica sismica solo i giunti dissipativi. Questa caratteristica è per default ` attribuita alle travi connesse all'ala di una colonna. L'operatore può modificare a dialogo questa attribuzione.

Nota sui moltiplicatori di sovrarresistenza

Tipicamente la norma richiede che sia verificato che $A_r > c A_a$, cioè che l'azione resistente sia maggiore di quella agente amplificata di un coefficiente c ovvero, nel caso della sovrarresistenza di un giunto, che $A_g > c A_b$, cioè che la resistenza del giunto sia maggiore, a meno di un coefficiente c , di quella dell'elemento connesso. Nei dialoghi e nelle stampe si è usato il criterio di riportare il valore A_r/A_a , che deve risultare ovviamente maggiore di c .

Questo perché sia correttamente evidenziato il significato fisico senza quindi normalizzare il rapporto. Pertanto nei dialoghi e nelle stampe si deve ricordare che tale valore deve essere maggiore dei livelli indicati dalla normativa. Nel caso dei dialoghi, viene fatto un anche controllo su tali valori limite e viene esposta l'informazione se il giunto è verificato o meno

Verifica di contenimento del danno

La verifica in termini di contenimento del danno è una verifica sugli spostamenti differenziali degli elementi verticali della struttura. Si richiede sostanzialmente che la "inclinazione" acquisita da tali elementi sotto una azione sismica non superi certi valori assegnati per i quali si assume che non si verifichino dei danni significativi nella struttura. Le azioni che devono essere prese in considerazione per questo tipo di verifica sono quelle che derivano da una analisi spettrale impiegando gli spettri predisposti appunto per la verifica allo stato limite voluto. Tali azioni vanno combinate tra loro come previsto dalla normativa, sostanzialmente, nel modo consueto di combinazione delle azioni.

Come eseguire la verifica



Assegnare i tipi di carico alle azioni come per le combinazioni di progetto. (Si veda anche il capitolo sulle Combinazioni). Con questa operazione, le combinazioni specifiche per questo tipo di verifica si formeranno automaticamente. Se si vuole intervenire su queste combinazioni, si può farlo dal dialogo cui si accede dal menu Carichi->Combinazioni->Danno oppure Carichi->Combinazioni->Operatività.

Si ricorda infatti che questa verifica va eseguita con le combinazioni per gli stati limite ultimi in caso di martellamento, di danno in caso di strutture di classe d'uso I o II, di operatività in caso di strutture di classe d'uso III o IV.

Se necessario, configurare i parametri di verifica tramite le opzioni alle quali si accede con un doppio clic sull'icona della palette corrispondente.

Opzioni contenimento del danno

Modalità rappresentazione

Rappresentazione grafica

Valori numerici

Stato limite

SLV

SLD

SLO

Moltiplicatore

Valore riferimento per rappresentazione grafica

Valore di riferimento

In questo dialogo è possibile:

Scegliere se avere una rappresentazione grafica o numerica dei risultati.

Scegliere se la verifica deve essere fatta sulle azioni per lo SLD, lo SLV o lo SLO.

Si può assegnare un moltiplicatore degli spostamenti, richiesto dalla norma (§ 7.3.3.3) nel caso di SLV.

Si può assegnare un valore limite per identificare con facilità l'eventuale superamento.

I bottoni relativi alle tamponature impostano come valore di riferimento quello di normativa. Se attivo lo SLO, vengono moltiplicati per 2/3 tali valori come richiesto da normativa.

Per attivare la funzione, attivare dall'icona della palette, selezionare quindi l'elemento (o gli elementi) verticali che si desidera verificare.

Si può fare anche una selezione globale. In questo caso gli elementi verticali vengono ordinati per quota usando una lista di piani.

Quota	Spostamento	Spost./Altezza
320	0.83662	0.0026144

Massimo spostamento relativo 382.491

Continua

I dati ottenuti sono una lista di quote di impalcato per ognuna delle quali vi è il valore di spostamento (relativo) e cioè la differenza di spostamenti di estremità, e spostamento d_r rispetto all'interpiano (Spost./Altezza).

Rappresentazione dei risultati

Si può avere una rappresentazione a mappa di colori dei valori di verifica. Per attivarla, eseguire un doppio clic sull'icona della palette e selezionare questo tipo di rappresentazione. Se si assegna un valore di riferimento diverso da zero, il fondo scala (colore rosso) sarà rappresentato da questo valore per cui sarà agevole identificare gli elementi che superano il valore di riferimento regolamentare.

Stampa dei risultati

Il capitolo di stampa di questa verifica di contenimento del danno è unico. Viene stampata la verifica con le scelte attive nel momento della stampa. Allo stato attuale, se si desidera stampare i risultati di più verifiche con parametri diversi, occorre riassegnarli e quindi eseguire la stampa.

EasySteel e DM18

In questo capitolo riportiamo i paragrafi della normativa relativa alle verifiche in zona sismica (capitolo 7.5) e per ognuno il modo in cui è, o non è, implementato in questa versione di EasySteel.

In corsivo è riportato, con eventuali omissis per rendere più concisa l'esposizione, il testo pertinente della normativa, e in blu il nostro testo.

7.5.3 REGOLE DI PROGETTO GENERALI PER ELEMENTI STRUTTURALI DISSIPATIVI

Le regole di progetto seguenti si applicano alle parti delle strutture sismo-resistenti progettate per avere un comportamento strutturale dissipativo. Le zone dissipative devono avere un'adeguata duttilità ed una sufficiente resistenza, determinata come precisato nel § 4.2.2.2.

7.5.3.1 Parti compresse e/o inflesse delle zone dissipative

Si deve garantire una duttilità locale sufficiente degli elementi che dissipano energia in compressione e/o flessione limitando rapporto larghezza-spessore b/t secondo le classi di sezioni trasversali specificate nel § 4.2.2.1. delle presenti norme.

Questo è un semplice requisito progettuale sull'uso di adeguate classi di membrature e pertanto non verificato da EasySteel.

7.5.3.2 Parti tese delle zone dissipative

Nel caso di membrature tese con collegamenti bullonati, la resistenza plastica di progetto deve risultare inferiore alla resistenza ultima di progetto della sezione netta in corrispondenza dei fori per i dispositivi di collegamento. Pertanto si deve verificare che [il rapporto tra area resistente ad area lorda]: $A_{res}/A > 1.1 \gamma_{M2}/\gamma_{M0} * f_{yk}/f_{tk}$

Questa prescrizione è sempre verificata ove ne occorra la necessità essendo previsto in EasySteel che si assegnino il coefficiente di sicurezza parziale anche per elementi forati.

7.5.3.3 Collegamenti in zone dissipative

I collegamenti in zone dissipative devono avere sufficiente sovrarresistenza per consentire la plasticizzazione delle parti collegate. [...] nel caso di collegamenti bullonati il seguente requisito deve essere soddisfatto:

$$R_{j,d} \geq \gamma_{Rd} \times 1.1 \times R_{pl,Rd}$$

dove: $R_{j,d}$ è la resistenza di progetto del collegamento;

$R_{pl,Rd}$ è la resistenza plastica di progetto della membratura collegata

Cioè, più semplicemente, il collegamento deve avere una resistenza pari a quella della membratura, opportunamente maggiorata.

Viene calcolato in EasyBeam, per ogni collegamento salvo ove dichiarato diversamente, il criterio di sovrarresistenza come rapporto $R_{d} \times 1.1 \times R_{pl,Rd} / R_{j,d}$ che, nel caso delle rappresentazioni a livelli di colore, deve risultare minore o eguale ad 1.0 congruentemente con gli altri criteri, adottati in EasySteel, mentre nelle stampe e a dialogo viene riportato il valore a meno di tale coefficiente di sovrarresistenza per dare una più chiara informazione. Nei dialoghi viene effettuato un controllo che tiene invece conto del livello di normativa e viene esposta in modo sintetico l'informazione se il giunto è verificato o meno. In caso di giunti saldati, si assume saldatura a completa penetrazione e quindi non è necessaria la verifica.

7.5.4 REGOLE DI PROGETTO SPECIFICHE PER STRUTTURE INTELAIATE

7.5.4.1 Travi Nelle sezioni in cui [...] devono essere verificate le seguenti relazioni: $M_{Ed}/M_{pl,Rd} > 1$ $N_{Ed}/N_{pl,Rd} > 0,15$ ($V_{Ed,G}$ / $V_{Ed,M}$) / $V_{pl,Rd} > 0,50$ dove: [...] $V_{Ed,G}$ è la sollecitazione di taglio di progetto dovuta alle azioni non-sismiche; $V_{Ed,M}$ è la forza di taglio dovuta all'applicazione di momenti plastici equiversi $M_{pl,Rd}$

Per il criterio flessionale e assiale, viene sempre calcolato il rapporto tra azione di progetto e valori plastici.

Nella verifica per azioni assiali il valore plastico si ricorda che deve essere maggiore di 0.15.

Per la verifica a taglio, in condizioni non sismiche si ha: $V_{Ed,M} / V_{pl,Rd} \geq 1.0$.

Analogamente il valore $V_{Ed,M}$ è quello che in EasyBeam è stato definito "taglio sismico" e cioè indotto dai momenti limite dovuti allo sbandamento sotto azione sismica e ipotizzano anche agenti contemporaneamente i soli carichi gravitazionali.

7.5.4.2 Colonne

Le colonne devono essere verificate in compressione considerando la più sfavorevole combinazione di sollecitazioni assiali e flessionali. Le sollecitazioni di progetto sono determinate come segue:

$$N_{Ed} = N_{Ed,G} + 1,1 \gamma_{Rd} \Omega N_{Ed,E}$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,G} + 1,1 \gamma_{Rd} \Omega M_{Ed,E}$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,G} + 1,1 \gamma_{Rd} \Omega V_{Ed,E}$$

In cui:

$N_{Ed,G}$, $M_{Ed,G}$, $V_{Ed,G}$ sono le sollecitazioni di compressione, flessione e taglio dovute alle azioni non sismiche;

$N_{Ed,E}$, $M_{Ed,E}$, $V_{Ed,E}$ sono le sollecitazioni dovute alle azioni non sismiche;

γ_{Rd} è il fattore di sovreresistenza;

Ω è il minimo valore tra gli $\Omega_i = M_{pl,Rd,i} / M_{Ed,i}$ di tutte le travi in cui si attende la formazione di cerniere plastiche, essendo $M_{Ed,i}$ il momento flettente di progetto della i -esima trave in condizioni sismiche e $M_{pl,Rd,i}$ il corrispondente momento plastico.

Nelle colonne in cui si attende la formazione di cerniere plastiche, le sollecitazioni devono essere calcolate nell'ipotesi che nelle cerniere plastiche il momento flettente sia pari a $M_{pl,Rd}$

Il taglio di progetto deve rispettare la seguente limitazione:

$$V_{Ed} / V_{pl,Rd} \geq 0,50$$

I pannelli nodali dei collegamenti trave-colonna devono essere progettati in modo tale da escludere la loro plasticizzazione e instabilizzazione a taglio. Tale requisito si può ritenere soddisfatto quando:

$$V_{vp,Ed} = \min(V_{vp,Rd}, V_{vb,Rd}) < 1$$

essendo $V_{vp,Ed}$, $V_{vp,Rd}$ e $V_{vb,Rd}$ rispettivamente la forza di progetto e la resistenza a taglio per plasticizzazione e la resistenza a taglio per instabilità del pannello, queste ultime valutate come in 4.2.4.1.2 e 4.2.4.1.3.

Per le colonne si opera essenzialmente come per le travi ma applicando un'amplificazione pari ad γ_{RD} delle sollecitazioni dovute al sisma. Il fattore γ_{RD} viene calcolato su tutte le travi che abbiano giunti dissipativi ovvero saldati o flangiati.

7.5.4.3 Gerarchia delle resistenze trave-colonna

Per assicurare lo sviluppo del meccanismo globale dissipativo è necessario rispettare la seguente gerarchia delle resistenze tra la trave e la colonna dove, oltre ad aver rispettato tutte le regole di dettaglio previste nella presente norma, si assicuri per ogni nodo trave-colonna del telaio che $\Sigma M_{C,pl,Rd} > \gamma_{RD} \times \Sigma M_{b,pl,Rd}$

dove:

$\gamma_{RD} = 1,3$ per strutture in classe CD "A" e 1,1 per CD "B"

$M_{C,pl,Rd}$ è il momento resistente della colonna calcolato per i livelli di sollecitazione assiale presenti nella colonna nelle combinazioni sismiche delle azioni

$M_{b,pl,Rd}$ è il momento resistente delle travi che convergono nel nodo trave-colonna.

Viene eseguita la verifica in caso di travi connesse tramite giunti flangiati o saldati. Il valore delle sommatorie e del rapporto sono esposti a dialogo.

Verifica gerarchia delle resistenze	
Fattore resistenza colonna HEA300	
Sommatoria momenti ultimi travi	2535238.1
Sommatoria momenti ultimi pilastri	3624761.9
Criterio di resistenza	1.43

7.5.4.4 Collegamenti trave-colonna

Si veda quanto già detto al § 7.5.3.3 Collegamenti in zone dissipative.

7.5.4.5 Pannelli nodali

Nei nodi trave-colonna, i pannelli d'anima delle colonne devono possedere una resistenza sufficiente e consentire lo sviluppo del meccanismo dissipativo della struttura a telaio, e cioè la plasticizzazione delle sezioni delle travi convergenti nel nodo trave-colonna. La forza di taglio agente sul pannello d'anima del nodo trave-colonna deve essere determinata assumendo la completa plasticizzazione delle travi in esso convergenti secondo lo schema e le modalità previste in fase di progetto.

In sede di verifica occorre che il taglio come sopra definito sia inferiore alla resistenza a taglio dell'anima e di instabilizzazione del pannello. Viene calcolata la resistenza a taglio e instabilità dell'anima e quindi la forza di taglio, per ogni combinazione di carico, nell'ipotesi di cerniere plastiche agli estremi. Viene esposto anche questo specifico criterio, come di consueto a dialogo, nella verifica del giunto.

7.5.4.6 Collegamenti colonna-fondazione

Il collegamento colonna-fondazione deve essere progettato in modo tale da risultare sovra-resistente rispetto alla colonna ac esso collegata. In particolare, il momento resistente plastico del collegamento deve rispettare la seguente disuguaglianza:

$$M_{C,Rd} \geq 1,1 \times \gamma_{Rd} \times M_{c,pl,Rd} > (N_{Ed})$$

dove $M_{c,pl,Rd}$ è il momento resistente plastico di progetto della colonna, calcolato per lo sforzo normale di progetto N_{Ed} che fornisce la condizione più gravosa per il collegamento di base. Il coefficiente γ_{Rd} è fornito nel §7.5.1.

Il criterio è lo stesso già detto al § 7.5.3.3 Collegamenti in zone dissipative.
L'unica differenza è nel fatto che la resistenza plastica $R_{pl,Rd}$ è in questo caso valutata in funzione anche dello sforzo assiale.

Rappresentazioni grafiche dei giunti

In questa sezione vengono descritte le modalità di rappresentazione grafica dei giunti.

Tipi di giunto supportati

I tipi di giunti rappresentati da EasySteel sono qui elencati. Si tratta di giunti standard di cui sono consolidati i metodi di calcolo e di disegno.

Trave-colonna

- flangiati sull'ala
- saldati sull'ala
- squadrette sull'ala
- squadrette sull'ala con squadrette copri ali
- squadrette sull'anima
- irrigidimenti dell'anima della colonna opzionali

Base

- con tirafondi
- con o senza fazzoletti di irrigidimento

Trave-Trave in asse

- con piatto d'anima imbullonato - coprigiunto d'ala opzionale

Trave-Trave non in asse

- a squadretta
- eventuale sciancratura automatica, se occorre

Colonna-colonna

- piastra d'anima imbullonata con eventuali imbottiture

Controventi

- limitatamente a profili angolari, anche accoppiati, ma limitatamente ad accoppiamento dai due lati della piastra.
- con fazzoletti, per giunti trave-colonna
- con elementi a T, anche ricavati da profili tagliati, per i collegare i controventi di piano

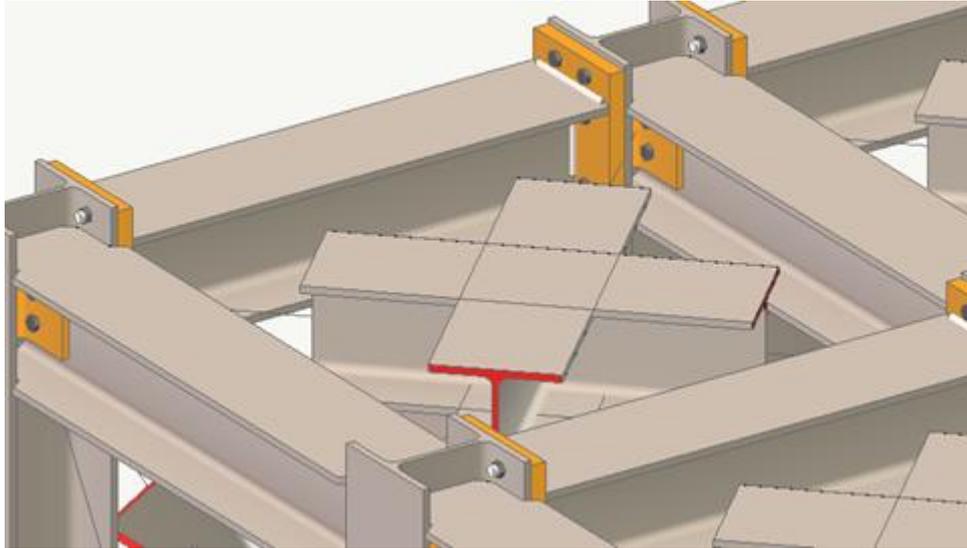
Strutture reticolari di angolari

- giunto su piastra tra profili angolari

Rappresentazione solida del giunto

Questa rappresentazione si ottiene quando si attiva la rappresentazione renderizzata dell'intera struttura. Le opzioni di rappresentazione consentono di escludere la renderizzazione di alcune caratteristiche dei giunti (o di escludere la rappresentazione dei giunti del tutto) per rendere più veloce, se necessario, il disegno della struttura. Questa rappresentazione può essere anche "incollata", in tutto o in parte, nel foglio del BIC tramite la funzione "Copia Immagine".

Rappresentazione di giunti non supportati



I giunti per i quali non è supporta la tipologia, vengono rappresentati tagliando il profilo in prossimità del giunto e mostrando solo l'asse dell'elemento. Ciò per indicare chiaramente che il programma ha individuato la giunzione ma non ne supporta la tipologia. Ciò serve anche ad avere un'immagine immediata dei giunti da personalizzare.

NOTA SUGLI OFFSET

Sono supportati solo gli offset in direzione locale y. Se vi sono offset in altre direzioni dovuti a elementi Rigel dal modello di Nòlian, i giunti in presenza di tali componenti di offset, non vengono rappresentati.

Disegni esecutivi

Possono essere esportati nel BIC sia i disegni esecutivi dei giunti che quelli degli assemblaggi piani di elementi.

Disegno esecutivo di assemblaggi piani di elementi

Si intende per assemblaggio piano un insieme di elementi giacenti su un piano. Tale insieme può essere esportato sul BIC come disegno esecutivo. Nel disegno vengono riportati anche i particolari dei giunti e la lunghezza netta dei profili è riportata su ciascun profilo.

Per l'esportazione degli esecutivi di un insieme piano attivare la funzione: Esecutivi->Esporta insieme piano.

Rappresentazione esecutiva dei giunti



È possibile esportare sul foglio del BIC la rappresentazione esecutiva dei giunti. Selezionare l'icona di rappresentazione e quindi il giunto voluto. Quindi aprire un nuovo foglio del BIC oppure attivare un foglio già aperto e quindi "incollare" il disegno nella posizione voluta. La scala di esportazione è quella assegnata nel dialogo dei parametri di esportazione.

Si può inoltre di avere una nota a corredo del disegno di ogni giunto, assegnandone il testo nel dialogo delle caratteristiche del giunto. Le interferenze palesi vengono disegnate egualmente ma in colore rosso in modo che l'operatore ne sia informato.

Importare nel BIC



Il BIC (Built-In CAD system) è un CAD bidimensionale integrato in EasySteel che consente di gestire tutte le rappresentazioni grafiche esecutive. Il BIC è comune a tutti i programmi di EasyWorld che necessitano dell'elaborazione grafica dei risultati.

Le istruzioni per l'uso del BIC sono descritte nell'apposita guida. La fase di progetto e la fase di rappresentazione grafica sono nettamente distinte in EasySteel.

Per rendere più intuitiva la generazione delle rappresentazioni grafiche, qualsiasi rappresentazione a schermo può essere "esportata" su foglio da disegno e in qualsiasi scala grafica.

Per esportare qualsiasi rappresentazione su foglio di disegno, selezionare l'icona di esportazione. Il disegno verrà generato in memoria per consentire di scegliere il foglio e la posizione sul foglio dove riprodurlo. È quindi possibile scegliere il foglio da disegno voluto e trasferire il disegno.

Se non si è già aperta una finestra con un foglio, si può generare un nuovo foglio dalla voce "Nuovo" del menu "Esecutivi".

Il formato del foglio può essere definito dalla voce di menu "Formato iniziale", sempre del menu "Esecutivi".

La scala di riproduzione viene assegnata tramite un doppio clic sull'icona della palette di trasferimento.

Una volta caricato in memoria il disegno e attivato il foglio voluto, il cursore indica l'angolo in alto a sinistra del disegno. Ciò consente di posizionare il disegno sul foglio nel modo voluto. Facendo clic su tale punto, il disegno verrà riprodotto sul foglio.

Il sistema CAD associato al foglio consentirà di apportare tutte le modifiche grafiche volute.

Nel caso della rappresentazione esecutiva dei giunto (vedi) e dell'insieme piano (vedi), non occorre attivare l'icona di esportazione ma è sufficiente la selezione del giunto.

Nel caso di rappresentazione renderizzata (solida) non si deve usare l'icona di esportazione ma le funzioni Copia e Incolla Immagini.

Archiviazione

EasySteel non è un programma autonomo in quanto deve ricevere i dati da elaborare da Nòlian. EasySteel è quindi in grado di leggere direttamente i documenti formati con il programma Nòlian. Nòlian consente di formare documenti contenenti tutti i dati necessari ai suoi post-processor tra i quali, appunto, EasySteel. Nel dialogo di registrazione dei dati di Nòlian occorre specificare le unità di misura usate nell'immettere i dati in Nòlian.

Registrazione un documento

Nòlian e i suoi post-processor condividono lo stesso documento. Ogni post-processore modifica i dati comuni ed aggiunge i dati propri al documento. I file salvati in EasySteel possono essere rilette in Nòlian.

Il dato comune che viene modificato da EasySteel è la sezione degli elementi che è disponibile quindi anche in Nòlian dopo la modifica. I file registrati in EasySteel annullano i dati dell'analisi che quindi non sono più disponibili in Nòlian.

Se si modifica la posizione o si cancella il documento da cui si sono letti i dati, la registrazione non può essere effettuata.

Uso del Sagomario

I dati geometrici dei profili vengono registrati nel documento di Nòlian unitamente a tutti gli altri dati impiegati in Nòlian per l'analisi. Pertanto l'uso di un file sagomario in EasySteel è necessario solo per la lettura degli accessori dei giunti formati da elementi tratti da profili standard che vengono, appunto letti, al momento dell'uso, dal file sagomario.

Il formato del file sagomario è descritto nel manuale di Nòlian.

Stampa



La stampa è "tematica" nel senso che si possono stampare gli argomenti desiderati scegliendoli dal dialogo di configurazione delle stampe. La configurazione delle stampe avviene tramite un dialogo cui si accede tramite un doppio clic sull'icona delle stampe. La stampa avviene selezionando l'icona e quindi gli elementi i cui dati si desidera vengano stampati. Alcuni dati sono di carattere generale (materiali, condizioni di carico etc.) e vengono riportati una sola volta nelle stampe anche se si selezionano più elementi. Per stampare i dati di carattere generale è comunque necessario selezionare almeno un elemento. Nel caso della stampa dei dati di più sezioni di un singolo elemento, è possibile selezionare più punti di tale elemento.

File di testo o stampante

Il dialogo per la configurazione delle stampe consente anche di indirizzare le stampe su file di testo oppure su stampante. Se si indirizza la stampa su file di testo, un dialogo standard consente di assegnare il nome del file sul quale inviare i dati. Da tale dialogo è possibile attivare l'opzione "Appendi" che consente di aggiungere i nuovi dati ad un file già esistente anziché sostituirlo. La stampa su file di testo consente di utilizzare il file prodotto in un editor di testo e di modificarlo come si ritiene opportuno. Se i dati vengono invece inviati su stampante, un dialogo standard consente di configurare la stampante nel modo voluto.

Materiali

Vengono indicate le caratteristiche dei materiali ed i coefficienti di sicurezza parziale dei materiali.

Tipi delle condizioni di carico

Per ogni condizione di carico viene indicato il tipo di carico assegnato dall'operatore.

Coefficienti delle combinazioni automatiche

Vengono indicati i valori assegnati dall'operatore per la formazione delle combinazioni di carico in automatico.

Combinazioni di carico

Vengono riportate in forma simbolica tutte le combinazioni di carico impiegate nel progetto. Per ogni combinazione vengono riportati, concatenati dal segno <+>, i nomi delle condizioni di carico base ed il moltiplicatore, con segno algebrico, impiegati per la formazione di tali condizioni base. Le combinazioni sono identificate da un indice.

Sollecitazioni agli estremi dell'elemento

Vengono riportate, per ciascun elemento e per ciascuna condizione di carico, le sollecitazioni di progetto agli estremi dell'elemento. I valori di sollecitazione vengono riportati, in colonna, per i due estremi e vengono identificati dalle abbreviazioni seguenti:

Nx	Forza assiale
Ty	Taglio in direzione dell'asse locale y
Tz	Taglio in direzione dell'asse locale z
Mx	Momento torcente
My	Momento flettente intorno all'asse locale y
Mz	Momento flettente intorno all'asse locale z

Dati statici profili

Vengono riportate le caratteristiche statiche dei profili associati agli elementi della struttura. Le unità di misura sono quelle attive. I simboli usati sono gli stessi impiegati nel dialogo dei dati dell'elemento.

Geometria profili

Vengono riportate le caratteristiche geometriche dei profili associati agli elementi della struttura. Le unità di misura sono quelle attive. I simboli usati sono gli stessi impiegati nel dialogo dei dati dell'elemento.

Dati elemento

Vengono riportati i dati identificativi dell'elemento, il nome del profilo associato all'elemento, la lunghezza fisica dell'elemento e le lunghezze libere di inflessione. In caso di stampa completa, vengono riportati anche gli offset dell'elemento.

Verifiche elemento

Vengono riportati i coefficienti di calcolo per l'instabilità torsionale (c_1 , c_2 , c_3) ed i criteri risultanti dalle verifiche. Nel caso di stampa ridotta, i criteri vengono riportati su una sola linea di stampa e sono identificati dai seguenti simboli:

f1	Resistenza assiale-flessionale
f2	Instabilità presso-flessionale
f3	Instabilità flesso-torsionale

f4 Resistenza a taglio Y

f5 Resistenza a taglio Z

f6 Instabilità a taglio

Per il significato dei coefficienti di calcolo per l'instabilità torsionale si veda la sezione "Teoria e Metodi". Nel caso di stampa completa, ogni valore è seguito dal numero di riferimento della combinazione di carico che ha determinato tale valore massimo.

Verifica giunto

Vengono verificati i giunti di entrambe le estremità dell'elemento secondo i criteri di individuazione automatica della connessione esposta nella sezione relativa ai giunti.

EasySteel Manuale Teorico

Metodi e limiti

In seguito viene specificato il modo di operare del programma ed i limiti di applicabilità.

Le membrature sono a sezione trasversale costante.

Le sezioni sono laminate a caldo di tipo ad I, H, U, L, T e tubolari di classe non superiore a 2. EasySteel provvede a verificare la classe della sezione.

Non vengono considerate eventuali forature.

Vengono considerate 5 sezioni della membratura per le quali vengono eseguite tutte le verifiche.

I risultati relativi a tutta la membratura sono quelli relativi alla sezione rivelatasi più critica.

Le verifiche vengono effettuate per tutte le combinazioni di carico previste.

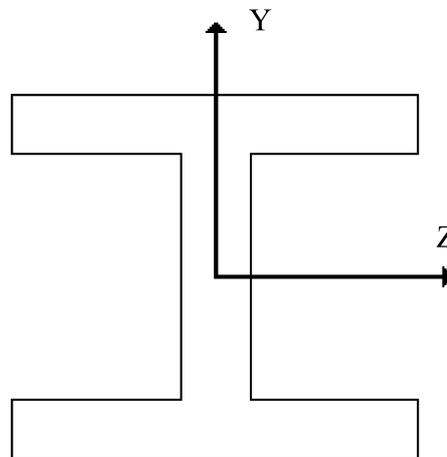
I risultati sono sempre espressi tramite il valore del rapporto tra azione agente di progetto e azione resistente.

Un valore maggiore di 1 indica quindi che la verifica non è soddisfatta.

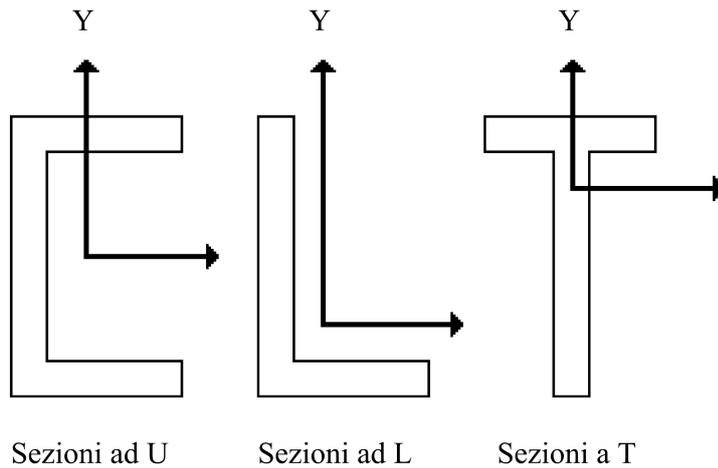
Attenzione

Vengono riportati i metodi relativi alle verifiche più significative e non a tutte le verifiche eseguite da EasySteel.

Il sistema di riferimento per le sezioni è il seguente.



Sezioni ad I e H



La resistenza allo snervamento f_y è assegnato dall'operatore.

I coefficienti parziali di sicurezza per le verifiche di resistenza γ_{M0} e di stabilità γ_{M1} sono assegnati dall'operatore.

Il modulo d'elasticità dell'acciaio è assunto $E=210000 \text{ N/mm}^2$

Il coefficiente di Poisson $\nu=0.3$

Per l'uso e l'assegnazione delle lunghezze libere di inflessione e dei coefficienti per l'instabilità torsionale, vedere il capitolo "Dati degli elementi".

Metodo di classificazione delle sezioni

Un profilo strutturale in acciaio può essere assimilato ad un assemblaggio di elementi piani i quali hanno condizioni di vincoli e di sollecitazioni diverse. Le condizioni di vincolo dipendono essenzialmente dall'essere questi elementi piani vincolati da una sola parte (flange) o da due parti (anime).

Ricorrendo alla teoria della piastra sollecitata nel piano si determina una tensione critica σ_{cr} funzione del coefficiente di imbozzamento k_σ che appunto tiene conto della distribuzione delle tensioni e del vincolo. I valori di k_σ sono in funzione del parametro ψ il quale è dato dal rapporto della tensione maggiore all'estremo dell'elemento rispetto a quella minore. La compressione si intende positiva e la classe si assume 1 se l'elemento non ha tensioni di compressione. Poiché ψ è dato dal rapporto del valore maggiore per il minore, non può superare in valore assoluto 1. Pertanto la tabella di normativa, eliminando i casi impliciti, diviene semplicemente:

k_σ	$\psi > 0$	$\psi < 0$
Esterno	$8.2/(1.05+\psi)$	$7.81-6.29\psi+9.87\psi^2$
Interno con tensione minore verso l'anima	$0.57-0.21\psi+0.07\psi^2$	
Interno con tensione maggiore verso l'anima	$0.578/(\psi+0.34)$	$1.7-5\psi+17.1\psi^2$

Il fattore di imbozzamento ci consente di calcolare la tensione critica:

$$\sigma_{cr} = k_{\sigma} \pi^2 E / (12(1-u^2))(t/b)^2$$

Dove t/b è il rapporto spessore/larghezza dell'elemento. Dividendo ambo i membri per f_y , con f_y la tensione di snervamento del materiale, si ottiene, dopo qualche passaggio ed assumendo $u=0.3$:

$$b/t = 0.95 \lambda (k_{\sigma} E / f_y)^{0.5}$$

dove λ è la snellezza data da $(f_y / \sigma_{cr})^{0.5}$.

Assumendo ora $E=210000.0$ MPa, si potrebbe semplicemente avere un coefficiente numerico dato da $0.95 * 210000^{0.5} = 435.34$. Si è preferito, nella normativa, riferire però ingegneristicamente dare un significato immediato all'espressione per cui si è diviso E per il valore arbitrario di 235 in modo tale che per $f_y=235$ il valore b/t si riferisca ad un materiale con tensione di snervamento pari a 235. Ma 235 non è un coefficiente di normativa, ma un valore di comodo. Infatti la formulazione, fino a qui è basata sui modelli matematici della meccanica. Si definisce per comodità $\epsilon=(235/f_y)^{0.5}$. L'espressione precedente diviene allora:

$$b/t = 28.4 \lambda k_{\sigma}^{0.5} \epsilon$$

Una proposta, che però non ci pare recepita nella NTC, è la logica divisione in classi in funzione di λ come segue:

Classe 1		$\lambda < 0.5$
Classe 2		$\lambda < 0.6$
Classe 3	(distribuzione non costante delle tensioni)	$\lambda < 0.9$
	(distribuzione costante delle tensioni)	$\lambda < 0.74$

I valori di b/t che si ottengono però sono leggermente più conservativi di quelli proposti dalla normativa come ci si può facilmente rendere conto usando la semplice espressione precedente. Infatti per un elemento interno compresso $k_{\sigma}=4$. Con $\lambda=0.5$ e $\epsilon=1$, si ottiene $b/t = 28.4$ invece di 33 come normativa.

Per ottenere i dati necessari, il metodo adottato è il seguente.

Si considera la forza assiale e la direzione e il verso delle sollecitazioni flessionali in più sezioni. Si fa crescere monotonamente la rotazione nella direzione della sollecitazione monitorando l'andamento delle tensioni negli elementi che compongono la sezione fino allo snervamento dei componenti. Si ottiene così per ognuno di tali elementi, e per ogni sezione considerata, il valore della σ_{cr} e, da questa, la classe del componente elementare della sezione.

La classe maggiore tra i vari componenti, determina la classe del profilo.

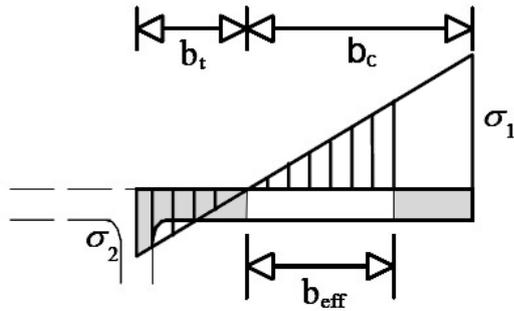
Sezioni di classe 4

Qualora la sezione sia di classe 4, ciò indica che in alcuni elementi della sezione la tensione ha superato quella critica. Un metodo per superare questa difficoltà è quello di considerare non operanti (inefficaci) tali porzioni dell'elemento. Si tratta del metodo della "area ridotta". Le modalità di ridurre l'area sono piuttosto semplici.

Calcolato il fattore:

$$\rho = (\lambda - 0.22) / \lambda$$

In funzione dell'andamento delle tensioni si hanno vari casi ben esposti nella normativa. Ad esempio per l'ala sollecitata come in figura si ha: $b_{eff} = \rho b (1 - \psi)$.



Considerando le aree inefficaci, si calcolano i moduli resistenti e l'area tenendo conto dello spostamento del baricentro. Si tiene conto dello spostamento del baricentro anche per il trasporto del punto di applicazione e della forza assiale.

Sezioni tubolari chiuse

Nel caso delle sezioni tubolari chiuse, non essendovi indicazioni nella normativa italiana o europea, si è adottato il metodo della AISI (American Iron and Steel Institute) riportato nelle specifiche AISI S100-2007.

Detto ϵ l'inverso della deformazione a snervamento, ed α il rapporto tra diametro del tubolare e lo spessore della parete, si hanno due campi per i quali si suggeriscono due rapporti di riduzione ρ dell'area:

per $\alpha > 0.441 \epsilon$ $\rho = 0.33 \epsilon / \alpha$

per $0.441 \epsilon > \alpha > 0.112 \epsilon$ $\rho = 0.037 \epsilon / \alpha + 0.667$;

L'area ridotta è quindi ρ area

Dall'area ridotta, a parità di diametro, si ottiene lo spessore ridotto e quindi il modulo di resistenza ridotto.

Verifiche delle membrature

Per le membrature vengono eseguite le seguenti verifiche:

- Instabilità al taglio
- Instabilità a flessione e compressione
- Presso-flessione deviata
- Trazione e flessione
- Instabilità flessio-torsionale
- Instabilità flessio-torsionale per flessione e trazione
- Instabilità flessio-torsionale secondo Eurocodice 3

Instabilità al taglio

Viene in ogni caso verificata l'eventualità di instabilità dell'anima per il taglio.

L'anima non è considerata irrigidita.

Si considera l'instabilità qualora risulti:

$$d/t_w > 69 (235/f_y)^{1/2}$$

dove d e t_w sono l'altezza dell'anima ed il suo spessore.

Qualora sia necessario considerare l'instabilità dell'anima, si calcola la resistenza di progetto all'instabilità $V_{ba.Rd}$ con il metodo post-critico semplificato.

Si assume che l'anima sia munita di irrigidimenti trasversali agli appoggi ma non intermedi per cui il fattore di imbozzamento risulta:

$$k_T = 5,34$$

Viene verificato che sia:

$$V_{sd}/V_{ba.Rd} \leq 1$$

Qualora il rapporto precedente sia maggiore di 0.5 si tiene in considerazione l'interazione con il momento flettente riducendo i moduli di resistenza plastici come già detto per l'azione tagliante.

I moduli di resistenza ridotti saranno impiegati nelle successive verifiche per l'instabilità.

Instabilità a flessione e compressione

Viene valutata la relazione:

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{MIN} A f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_y M_{y.sd}}{W_{ply} f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_z M_{z.sd}}{W_{plz} f_y / \gamma_{M1}} \leq 1$$

dove:

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y N_{sd}}{\chi_y A f_y}$$

$$\mu_y = \lambda_y (2\beta_{My} - 4) + \frac{W_{pl.y} - W_{el.y}}{W_{el.y}}$$

analogamente per k_z

$\bar{\lambda}$ è la snellezza adimensionale

$$\bar{\lambda} = \lambda / \lambda_1$$

dove λ è la snellezza per la modalità di instabilità pertinente e

$$\lambda_1 = \pi (E / f_y)^{1/2}$$

χ è un coefficiente di riduzione dato da:

$$\chi = \frac{1}{\varphi + (\varphi^2 - \lambda^2)^{1/2}}$$

$$\text{con } \varphi = 0.5 (1 + \alpha (\lambda - 0.2) + \lambda^2)$$

α è un coefficiente di imperfezione che assume i seguenti valori in relazione alla curva di instabilità:

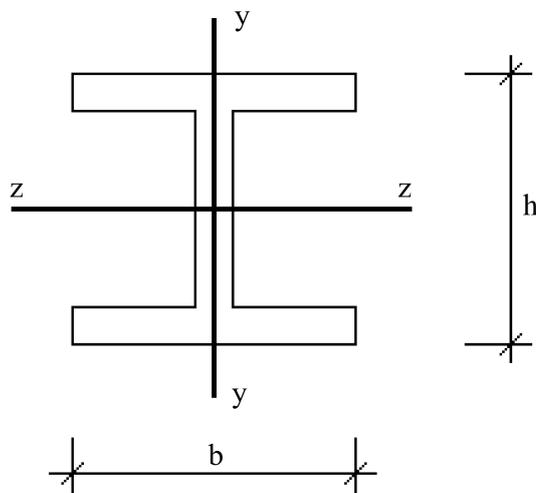
- a $\alpha = 0.21$
- b $\alpha = 0.34$
- c $\alpha = 0.49$
- d $\alpha = 0.76$

La curva di instabilità è scelta come segue:

Per i profili ad I ed a H laminati a caldo:

Per $h/b > 1.2$ curva a per instabilità intorno all'asse y, curva b per instabilità intorno all'asse z.

Per $h/b \leq 1.2$ curva b per instabilità intorno all'asse y, curva c per instabilità intorno all'asse z.



Per i profili a U, L, T curva c per entrambi gli assi.

β_M è il coefficiente di momento uniforme equivalente.

I moduli resistenti plastici sono quelli eventualmente ridotti per tenere in considerazione l'interazione con il taglio.

Presso-flessione deviata

Un'approssimazione conservativa per tenere in conto la sovrapposizione degli effetti è la seguente:

$$\frac{N_{sd}}{N_{pl.Rd}} + \frac{M_{y.sd}}{M_{pl.y.Rd}} + \frac{M_{z.sd}}{M_{pl.z.Rd}} \leq 1$$

Il momento resistente plastico di progetto della sezione lorda è:

$$M_{pl.Rd} = W_{pl} f_y / \gamma_{M0}$$

Pertanto l'espressione precedente è identica a quella impiegata per l'instabilità qualora si assuma $k_y = k_z = \chi_{M,N} = 1$ e $\gamma_{M0} = \gamma_{M1}$

Pertanto, assicurando che $k_y \geq 1$, $k_z \geq 1$, ed essendo sempre $\chi_{M,N} \leq 1$, si è certi che la verifica per l'instabilità assicura che anche la resistenza sia verificata.

Trazione e flessione

Per tenere conto dell'interazione tra forza di trazione e flessione si impiega la stessa relazione usata per la presso-flessione.

Instabilità flessio-torsionale

Il momento critico elastico per instabilità flessio torsionale è dato da:

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 E J_z}{L^2} \left[\left(\frac{J_w}{J_z} + \frac{L^2 G J_t}{\pi^2 E J_z} + (C_2 z_g - C_3 z_j)^2 \right)^{\frac{1}{2}} - (C_2 z_g - C_3 z_j) \right]$$

dove si è assunto che gli estremi della membratura siano liberi di ruotare nel piano e che l'imbozzamento sia impedito.

Per le costanti C_1, C_2, C_3 si danno le seguenti indicazioni generali:

C_1 deve essere valutato in ogni caso in quanto costituisce un moltiplicatore del momento critico in funzione dell'andamento del momento flettente lungo l'elemento.

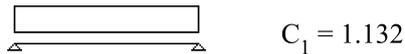
Per variazioni lineari del momento (assenza di carichi in campata) C_1 viene valutato in modo automatico tramite la relazione:

$$C_1 = 1.88 - 1.40 \psi + 0.52 \psi^2 \quad (C_1 < 2.70)$$

dove ψ è il rapporto tra i momenti agli estremi.

Se vi è un carico in campata la valutazione non può essere fatta automaticamente. Il programma assume per default il valore conservativo $C_1=1$ che l'operatore può però modificare.

L'Eurocodice fornisce i seguenti valori per i casi più comuni:



C_2 è un coefficiente che consente di tenere in considerazione il punto di applicazione dei carichi rispetto alla sezione.

In assenza di carichi in campata $C_2 = 0$.

Qualora vi siano dei carichi in campata ma siano applicati nel centro di taglio, si ha di nuovo $C_2 = 0$.

Il programma assume per default $C_2 = 0$.

Nel caso si voglia tenere conto di questo effetto, il coefficiente C_2 deve essere assegnato dall'operatore.

L'Eurocodice riporta i seguenti valori per i casi più comuni:



Per le costanti C_1, C_2, C_3 si danno le seguenti indicazioni generali:

C_1 deve essere valutato in ogni caso in quanto costituisce un moltiplicatore del momento critico in funzione dell'andamento del momento flettente lungo l'elemento.

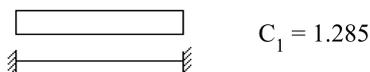
Per variazioni lineari del momento (assenza di carichi in campata) C_1 viene valutato in modo automatico tramite la relazione:

$$C_1 = 1.88 - 1.40 \psi + 0.52 \psi^2 \quad (C_1 < 2.70)$$

dove ψ è il rapporto tra i momenti agli estremi.

Se vi è un carico in campata la valutazione non può essere fatta automaticamente. Il programma assume per default il valore conservativo $C_1=1$ che l'operatore può però modificare.

L'Eurocodice fornisce i seguenti valori per i casi più comuni:



C_2 è un coefficiente che consente di tenere in considerazione il punto di applicazione dei carichi rispetto alla sezione.

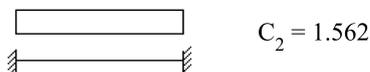
In assenza di carichi in campata $C_2 = 0$.

Qualora vi siano dei carichi in campata ma siano applicati nel centro di taglio, si ha di nuovo $C_2 = 0$.

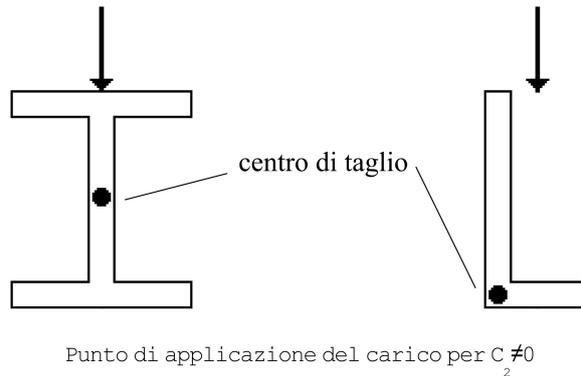
Il programma assume per default $C_2 = 0$.

Nel caso si voglia tenere conto di questo effetto, il coefficiente C_2 deve essere assegnato dall'operatore.

L'Eurocodice riporta i seguenti valori per i casi più comuni:



Si assume che il carico sia applicato all'ala superiore della sezione ed agisca verso il centro di taglio, per cui la distanza z_g del carico dal centro di taglio è calcolata automaticamente dal programma.



Il coefficiente C_3 consente di tenere conto della distanza z_j tra centro di taglio e centro di torsione.

Questi due punti non coincidono per sezioni che non siano simmetriche secondo il piano XY. E' cioè il caso di sezioni ad L o a T.

La distanza tra centro di taglio e centro di torsione è calcolata dal programma:

$$z_j = z_c - (\int_A zy^2 + z^3 dA) / 2J_j$$

dove z_c è l'ordinata del centro di taglio.

Anche l'ordinata del centro di taglio è calcolata dal programma.

Nel caso più comune di profili simmetrici secondo il piano XY, si ha $z_j = 0$ per cui il coefficiente C_3 non deve essere considerato.

Per profili non simmetrici C_3 deve invece essere valutato.

Il programma valuta C_3 per andamenti lineari del momento flettente interpolando linearmente

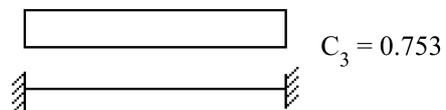
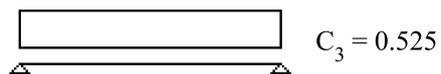
tra i seguenti valori dati dell'Eurocodice.

ψ	C_3
+1.00	1.000
+0.75	0.998
+0.50	0.992
+0.25	0.977
+0.00	0.939
-0.25	0.855
-0.50	0.676
-0.75	0.366
-1.00	0.000

dove ψ è il rapporto tra i momenti flettenti di estremità.

Ove siano presenti carichi in campata la valutazione non può essere automatizzata ed il programma assume $C_3 = 0$.

In questo caso il valore C_3 deve essere assegnato dall'utente. L'Eurocodice fornisce i seguenti valori per i casi più comuni:



Dal momento critico si ottiene la snellezza geometrica λ_{LT}

$$\lambda_{LT} = (\pi^2 E W_{pl,y} / M_{cr})^{1/2}$$

e quindi la snellezza adimensionale $\bar{\lambda}_{LT}$:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \lambda_{LT} / \lambda_1$$

$$\text{dove } \lambda_1 = 93.9 (235/f_y)^{1/2}$$

La verifica per instabilità flessio-torsionale è effettuata tramite la relazione:

$$\frac{N_{sd}}{\chi_z A f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_{LT} M_{y,sd}}{\chi_{LT} W_{pl,y} f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_z M_{z,sd}}{W_{pl,z} f_y / \gamma_{M1}} \leq 1$$

dove:

$$k_{LT} = 1 - \frac{\mu_{LT} N_{sd}}{\chi_z A f_y}$$

$$\mu_{LT} = 0.15 \bar{\lambda}_z \beta_{M,LT} - 0.15$$

λ_{LT} è il fattore di riduzione calcolato, analogamente a quello per instabilità flessionale, in funzione di λ_{LT} .

$\beta_{M,LT}$ è il coefficiente di momento equivalente uniforme per l'instabilità flessio-torsionale.

Instabilità flessio-torsionale per flessione e trazione

Nel caso di trazione e flessione, l'instabilità flessio torsionale viene verificata trattando la forza assiale ed il momento flettente come un effetto vettoriale per cui la trazione assiale viene ridotta tramite il coefficiente di riduzione per effetto vettoriale:

$$\psi_{vec} = 0.8$$

I momenti di progetto vengono ridotti come segue:

$$M_{eff,sd} = M_{sd} - \psi_{vec} W_1 N_{t,sd} / A$$

Si impiega la relazione già vista per l'instabilità flessio-torsionale per compressione e flessione ponendo: $N_d = 0$, $k_z = k_{LT} = 1$ per cui si ottiene:

$$\frac{M_{eff,sd}}{\chi_{LT} W_{pl,y} f_y / \gamma_{M1}} + \frac{M_{eff,sd}}{W_{pl,z} f_y / \gamma_{M1}} \leq 1$$

Instabilità flessio-torsionale secondo Eurocodice 3

Per rendere più completa per l'operatore la comprensione delle modalità operative del programma si riporta la appendice F dell'Eurocodice 3 relativa alla instabilità flessio-torsionale. Si fa presente che EasySteel impiega la formulazione generale (F.1.2) come esposto in dettaglio nelle precedenti appendici di questo manuale.

F.1 Momento critico elastico

F.1.1 Generalità

(1) Il momento critico elastico per instabilità flesso torsionale di una trave a sezione costante con ali eguali sotto condizioni normali di vincolo alle estremità, caricata nel centro di taglio e soggetta a momento uniforme è data da:

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{L^2} \left[\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 GI_t}{\pi^2 EI_z} \right]^{\frac{1}{2}}$$

dove $G = E / 2 (1+\nu)$

I_t = momento di inerzia torsionale

I_w = momento di inerzia settoriale

I_z = momento di inerzia intorno all'asse minore

L = lunghezza della trave tra punti che abbiano ritegni laterali

(2) Le condizioni normali di vincolo ad ogni estremità sono le seguenti:

- ritegni per gli spostamenti laterali
- ritegni per la rotazione assiale
- libertà di rotazione nel piano

F.1.2 Formula generale

(1) Per una trave a sezione costante il momento critico elastico per instabilità flessione torsionale è dato dalla relazione generale:

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{(kL)^2} \left\{ \left[\left(\frac{k}{k_w} \right)^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{(kL)^2 GI_t}{\pi^2 EI_z} + (C_2 z_g - C_3 z_j)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - (C_2 z_g - C_3 z_j) \right\}$$

dove C_1, C_2 e C_3 sono fattori dipendenti dalle condizioni di carico e di vincolo delle estremità.

k e k_w sono fattori di lunghezza efficace

$$z_g = z_a - z_s$$

$$z_j = z_s - \left(\int_A zy^2 + z^3 dA \right) / 2 I_y$$

z_a = coordinata del punto di applicazione del carico

z_s = coordinata del centro di taglio

(2) I fattori di lunghezza efficace k e k_w variano da 0.5 per incastro perfetto ad 1.0 per estremo libero con 0.7 per un estremo libero ed uno incastrato.

(3) Il fattore k si riferisce alla rotazione nel piano dell'estremo. E' analogo al rapporto l/L per membrature in compressione.

(4) Il fattore k_w si riferisce all'imbozzamento delle estremità. A meno di speciali accorgimenti per l'imbozzamento, k_w deve essere assunto pari ad 1.0.

(5) I valori di C_1, C_2 e C_3 sono dati nella tabella F.1.1 ed F.1.2 per differenti condizioni di carico come indicato dai diagrammi dei momenti sulla lunghezza L tra i ritegni laterali. I valori vengono dati per diversi valori di k .

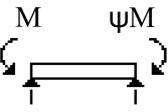
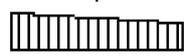
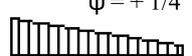
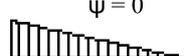
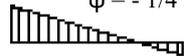
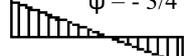
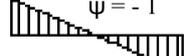
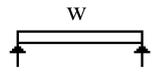
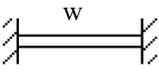
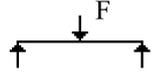
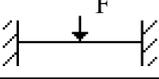
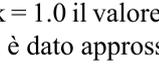
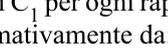
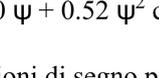
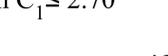
Tabella F.1.1 Valori dei coefficienti C_1, C_2 e C_3 per diversi valori di k : Momenti di estremità.					
Condizione di carico e di vincolo	Diagramma del momento flettente	Valore di k	Valori dei coefficienti		
			C_1	C_2	C_3
	$\psi = +1$ 	1.0 0.71 0.51	1.000 .000 .000	1	1.000 .113 .144
	$\psi = +3/4$ 	1.01 0.71 0.51	.410 .270 .305	1	.998 .565 .283
	$\psi = +1/2$ 	1.01 0.71 0.51	.330 .473 .514	1	.992 .566 .271
	$\psi = +1/4$ 	1.01 0.71 0.51	.530 .739 .788	1	.977 .531 .255
	$\psi = 0$ 	1.01 0.72 0.52	.879 .902 .150	1	.989 .473 .150
	$\psi = -1/4$ 	1.02 0.72 0.52	.281 .538 .609	1	.855 .340 .957
	$\psi = -1/2$ 	1.02 0.73 0.53	.704 .909 .993	1	.676 .659 .546
	$\psi = -3/4$ 	1.02 0.73 0.53	.927 .258 .348	0	.366 .573 .887
	$\psi = -1$ 	1.02 0.73 0.53	.752 .663 .449	0	.000 .000 .000

Tabella F.1.2 Valori dei coefficienti C_1 , C_2 e C_3 per diversi valori di k : Carico trasversale.					
Condizione di carico e di vincolo	Diagramma del momento flettente	Valore di k	Valori dei coefficienti		
			C_1	C_2	C_3
		1.0	1.132	0.459	1.000
		1.01	1.285	1.362	0.753
		0.5	0.972	0.304	0.980
		0.51	0.700	0.482	1.050
		0.51	0.988	0.715	4.800
		0.51	0.006	0.480	1.120
		0.51	0.000	0.400	1.890

(6) Nel caso di $k = 1.0$ il valore di C_1 per ogni rapporto dei momenti di estremità, come indicato in tabella F.1.1, è dato approssimativamente da:

$$C_1 = 1.88 - 1.40 \psi + 0.52 \psi^2 \text{ con } C_1 \leq 2.70$$

(7) Le convenzioni di segno per z_j sono, con riferimento alla figura F.1.1, le seguenti:

— z è positivo in direzione dell'ala compressa

— z_j è positivo quando la flangia con maggiore valore di I_z è compressa nel punto di massimo del momento flettente.

(8) Le convenzioni di segno per z_g sono come segue:

— Per carichi da gravità z_g è positivo per i carichi applicati sopra il centro di taglio

- in generale z_g è positivo per carichi agenti verso il centro di taglio dal loro punto di applicazione.

F.1.3 Travi a sezione doppiamente simmetrica

(1) Per sezioni a doppia simmetria $z_j = 0$ e quindi:

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 E I_z}{(kL)^2} \left\{ \left[\left(\frac{k}{k_w} \right) \frac{I_w}{I_z} + \frac{(kL)^2 G I_t}{\pi^2 E I_z} + (C_2 z_g)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - C_2 z_g \right\}$$

(2) Per carichi di solo momento di estremità $C_2=0$ e per carichi applicati nel centro di taglio $z_g = 0$. In questi casi si ha:

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 E I_z}{(kL)^2} \left[\left(\frac{k}{k_w} \right)^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{(kL)^2 G I_t}{\pi^2 E I_z} \right]^{\frac{1}{2}}$$

(3) Se $k = k_w = 1.0$ si ha:

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 E I_z}{L^2} \left[\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 G I_t}{\pi^2 E I_z} \right]^{\frac{1}{2}}$$

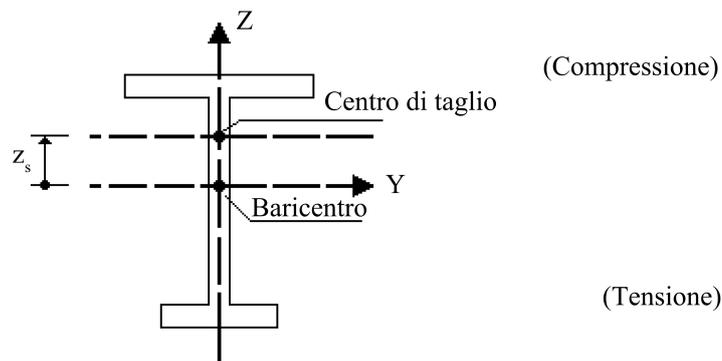


Figura F 1.1 - Convenzione dei segni per la determinazione di z_j

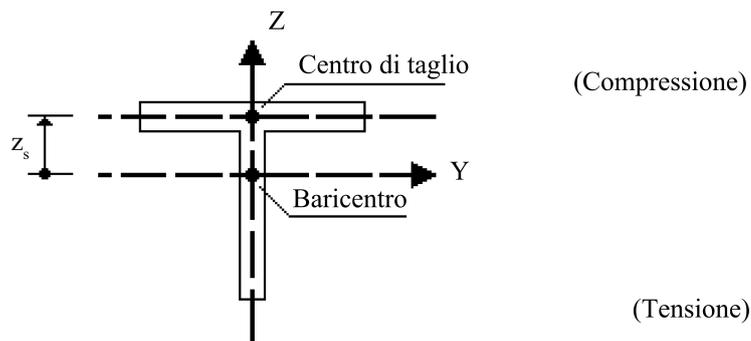


Figura F 1.1 - Convenzione dei segni per la determinazione di z_j

F.1.4 Travi a sezione a semplice simmetria ad ali diseguali

(1) Per sezioni ad I con ali diseguali:

$$I_w = \beta_f (1 - \beta_f) I_z h_s^2$$

dove $\beta_f = I_{fc} / (I_{fc} + I_{ft})$

I_{fc} = momento di inerzia dell'ala compressa rispetto all'asse minore della sezione

I_{ft} = momento di inerzia dell'ala tesa rispetto all'asse minore della sezione

h_s = distanza tra i centri di taglio delle ali

(2) Possono impiegarsi le seguenti approssimazioni per z_j :

$$z_j = 0.8 (2\beta_f - 1) h_s / 2 \quad \text{per } \beta_f > 0.5$$

$$z_j = 1.0 (2\beta_f - 1) h_s / 2 \quad \text{per } \beta_f < 0.5$$

F.2 Snellezza

F.2.2 Generalità

(1) Il rapporto di snellezza $\bar{\lambda}_{LT}$ per instabilità flessa torsionale è dato da:

$$M_{cr} C_1 \frac{\pi^2 E I_z}{L^2} \left[\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 G I_t}{\pi^2 E I_z} \right]^{\frac{1}{2}}$$

dove: $\lambda_1 = \pi \left[E/f_y \right]^{\frac{1}{2}} = 93.9 \varepsilon$

$$\varepsilon = (235/f_y)^{1/2}$$

$b_w = 1.0$ per sezioni di classe 1 o 2

$b_w = W_y/W_{pl,y}$ per sezioni di classe 3

$b_w = W_{eff,y}/W_{pl,y}$ per sezioni di classe 4

(2) Il rapporto di snellezza geometrica λ_{LT} per instabilità flessa torsionale è dato, per tutte le classi delle sezioni, da:

$$\lambda_{LT} = \left[\pi^2 E W_{pl,y}/M_{cr} \right]^{\frac{1}{2}}$$

F.2.2 Travi a sezione doppiamente simmetrica

(1) Nei casi in cui sia $z_g = 0$ (solo momenti di estremità o carico trasversale applicato nel centro di taglio) e sia $k = k_w = 1.0$, il valore di λ_{LT} può essere calcolato come segue:

$$\lambda_{LT} = \frac{\left[\frac{W_{pl,y}^2}{I_z I_w} \right]^{\frac{1}{4}}}{\left[C_1 \right]^{\frac{1}{2}} \left[1 + \frac{L^2 G I_t}{\pi^2 E I_w} \right]^{\frac{1}{4}}}$$

che può anche scriversi:

$$\lambda_{LT} = \frac{L/i_{LT}}{[C_1]^{1/2} \left[1 + \frac{(L/a_{LT})^2}{25.66} \right]^{1/4}}$$

dove $a_{LT} = (I_w / I_z)^{1/2}$

(2) Per sezioni ad I o ad H:

$$I_w = I_z h_s^2 / 4$$

dove $h_s = h - t_f$

(3) Per sezioni a doppia simmetria, il valore di i_{LT} è dato da:

$$i_{LT} = (I_z I_w / W_{pl,y}^2)^{1/4}$$

oppure, con leggera approssimazione:

$$i_{LT} = (I_z / (A - t_w h_s / 2))^{1/2}$$

(4) Per sezioni laminate ad I o ad H conformi al Reference Standard 2, si può usare la seguente approssimazione conservativa:

$$\lambda_{LT} = \frac{L/i_{LT}}{[C_1]^{1/2} \left[1 + \frac{1}{20} \left[\frac{L/i_{LT}}{h/t_f} \right]^2 \right]^{1/4}}$$

oppure

$$\lambda_{LT} = \frac{0.9 L/i_z}{[C_1]^{1/2} \left[1 + \frac{1}{20} \left[\frac{L/i_z}{h/t_f} \right]^2 \right]^{1/4}}$$

(5) Per le sezioni ad I o ad H ad ali eguali, si può usare la seguente approssimazione conservativa:

$$\lambda_{LT} = \frac{L/i_z}{[C_1]^{1/2} \left[1 + \frac{1}{20} \left[\frac{L/i_z}{h/t_f} \right]^2 \right]^{1/4}}$$

(6) I casi per i quali si abbia $k < 1.0$ e/o $k_w < 1.0$ possono essere trattati come segue:

$$\lambda_{LT} = \frac{kL \left[\frac{W_{p1,y}^2}{I_z I_w} \right]^{1/4}}{[C_1]^{1/2} \left[\left[\frac{k}{k_w} \right]^2 \frac{(kL)^2 G I_t}{\pi^2 E I_w} \right]^{1/4}}$$

oppure

$$\lambda_{LT} = \frac{kL/i_{LT}}{[C_1]^{1/2} \left[\left[\frac{k}{k_w} \right]^2 + \frac{(kL/a_{LT})^2}{25.66} \right]^{1/4}}$$

o, per sezioni laminate ad I o ad H:

$$\lambda_{LT} = \frac{kL/i_{LT}}{[C_1]^{1/2} \left[\left[\frac{k}{k_w} \right]^2 + \frac{1}{20} \left[\frac{kL/i_{LT}}{h/t_f} \right]^2 \right]^{1/4}}$$

oppure

$$\lambda_{LT} = \frac{0.9 kL/i_z}{[C_1]^{1/2} \left[\left(\frac{k}{k_w} \right)^2 + \frac{1}{20} \left(\frac{kL/i_z}{h/t_f} \right)^2 \right]^{1/4}}$$

oppure, per sezioni ad I o ad H ad ali eguali:

$$\lambda_{LT} = \frac{kL/i_z}{[C_1]^{1/2} \left[\left(\frac{k}{k_w} \right)^2 + \frac{1}{20} \left(\frac{kL/i_z}{h/t_f} \right)^2 \right]^{1/4}}$$

(7) Qualora non siano adottati particolari accorgimenti per l'imbozzamento, si può assumere $k_w = 1.0$.

(8) I casi nei quali il carico trasversale sia applicato sopra il centro di taglio ($z_g > 0.0$) o sotto il centro di taglio ($z_g < 0.0$) possono essere trattati come segue:

$$\lambda_{LT} = \frac{kL \left[\frac{W_{pl,y}^2}{I_z I_w} \right]^{1/4}}{[C_1]^{1/2} \left\{ \left[\left(\frac{k}{k_w} \right)^2 + \frac{(kl)^2 G I_t}{\pi^2 E I_w} + (C_2 z_g)^2 \frac{I_z}{I_w} \right]^{1/2} - C_2 z_g \left[\frac{I_z}{I_w} \right]^{1/2} \right\}^{1/2}}$$

oppure

$$\lambda_{LT} = \frac{kL/i_{LT}}{[C_1]^{1/2} \left\{ \left[\left(\frac{k}{k_w} \right)^2 + \frac{(kL/a_{LT})^2}{25.66} + \left(\frac{2C_2 z_g}{h_s} \right)^2 \right]^{1/2} - \frac{2C_2 z_g}{h_s} \right\}^{1/2}}$$

oppure per sezioni laminate ad I o ad H:

$$\lambda_{LT} = \frac{kL/i_{LT}}{[C_1]^{1/2} \left\{ \left[\left(\frac{k}{k_w} \right)^2 + \frac{1}{20} \left(\frac{kL/i_{LT}}{h/t_f} \right)^2 + \left(\frac{2C_2 z_g}{h_s} \right)^2 - \frac{2C_2 z_g}{h_s} \right]^{1/2} \right\}^{1/2}}$$

oppure

$$\lambda_{LT} = \frac{0.9 kL/i_z}{[C_1]^{1/2} \left\{ \left[\left(\frac{k}{k_w} \right)^2 + \frac{1}{20} \left(\frac{kL/i_z}{h/t_f} \right)^2 + \frac{(2C_2 z_g)^2}{h_s^2} \right]^{1/2} - \frac{2C_2 z_g}{h_s} \right\}^{1/2}}$$

oppure per sezioni ad I o ad H ad ali eguali:

$$\lambda_{LT} = \frac{kL/i_z}{[C_1]^{1/2} \left\{ \left[\left(\frac{k}{k_w} \right)^2 + \frac{1}{20} \left(\frac{kL/i_z}{h/t_f} \right)^2 + \frac{(2C_2 z_g)^2}{h_s^2} \right]^{1/2} - \frac{2C_2 z_g}{h_s} \right\}^{1/2}}$$

Metodi di verifica dei giunti flangiati

La verifica dei giunti flangiati comprende i seguenti capitoli:

- [Geometria della connessione](#)
- [Generalità](#)
- [Resistenza dell'insieme piastra-bullone](#)
- [Resistenza del T equivalente](#)
- [Resistenza a trazione delle ali della colonna](#)
- [Resistenza della flangia di estremità della trave](#)
- [Calcolo di \$\alpha\$](#)
- [Parametrizzazione della flangia](#)
- [Resistenza a trazione dell'anima della colonna](#)
- [Resistenza a compressione dell'anima della colonna](#)
- [Instabilità dell'anima della colonna](#)
- [Resistenza a taglio dell'anima della colonna](#)
- [Resistenza totale a flessione del giunto](#)

Geometria della connessione

La verifica si riferisce ad una giunzione trave-colonna tramite flangia di testa bullonata sull'ala della colonna. Entrambi gli elementi connessi devono avere una sezione a doppio T.

La flangia di testa è rettangolare di larghezza pari alla dimensione minima tra le ali dei due elementi connessi e prevede due file verticali di bulloni con due bulloni per fila interni al profilo della trave e due opzionali nelle estensioni della flangia. Le estensioni della flangia non si suppongono irrigidite.

La colonna può avere irrigidimenti dell'anima.

Generalità

Si verifica la resistenza flessionale della giunzione nel piano dell'anima della trave.

Il metodo adottato è quello esposto nell'Eurocodice n° 3.

Vengono verificate:

Resistenza dell'ala della colonna
Resistenza della flangia di testa
Resistenza dell'anima della colonna nella zona compressa
Stabilità dell'anima della colonna
Resistenza dell'anima della colonna nella zona tesa
Resistenza dell'anima della colonna al taglio
Stabilità dell'anima della colonna al taglio

Resistenza dell'insieme piastra-bullone

Si assume il valore minore tra i due seguenti:

— Resistenza a tensione:

dove:

A_s = Area a tensione del bullone
 f_{ub} = Tensione ultima a tensione dell'acciaio del bullone
 γ_{Mb} = Coefficiente di sicurezza parziale della resistenza dell'acciaio del bullone

— Resistenza a punzonamento

$$B_{p,Rd} = 0.6 * \pi * d_m * t_p * f_u / \gamma_{Mb}$$

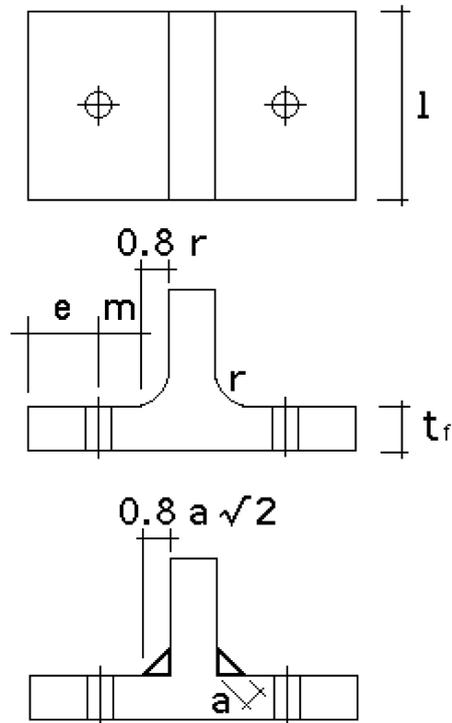
dove:

t_p = Spessore della piastra
 f_u = Resistenza ultima a trazione dell'acciaio della piastra
 γ_{Mb} = Coefficiente di sicurezza parziale della resistenza dell'acciaio del bullone
 d_m = Il minore tra i diametri medi del dado e della testa del bullone

Il programma assume $d_m = 1.6 * d_b$ con d_b diametro nominale del bullone. Ciò per evitare all'operatore un appesantimento dei dati da immettere senza con questo allontanarsi significativamente dalla misura media reale (errore <3% per la serie M).

Resistenza del T equivalente

La resistenza a tensione dell'ala della colonna e della flangia viene ricondotta alla resistenza di un insieme di T equivalenti.



La resistenza del T è legata ai tre possibili modi di rottura ed è data dal minore dei seguenti valori:

— Completo snervamento della flangia

$$F_{t,Rd} = 4 M_{pl,Rd} / m$$

— Cedimento dei bulloni e snervamento della flangia

$$F_{t,Rd} = (2 M_{pl,Rd} + n \sum B_{t,Rd}) / (m + n)$$

— Cedimento dei bulloni

$$F_{t,Rd} = \Sigma B_{t,Rd}$$

dove:

$$M_{pl,Rd} = 0.25 * 1 * t_f^2 * f_y / \gamma_{Mb}$$

$B_{t,Rd}$ = resistenza a trazione dell'insieme bullone-piastra, calcolato come al paragrafo precedente

$\Sigma B_{t,Rd}$ = valore totale per tutti i bulloni

$n = e$ ma $n \leq 1.25 m$

f_y = resistenza dell'acciaio della piastra

γ_{Mb} = coefficiente di sicurezza parziale dell'acciaio della piastra

Il programma assume a $\sqrt{2} = t_w/2$ con t_w spessore dell'anima del T. Ciò per evitare all'operatore un non indispensabile appesantimento dei dati da immettere senza con questo allontanarsi significativamente dal valore reale.

Resistenza a trazione delle ali della colonna

La zona tesa dell'ala della colonna priva di irrigidimenti viene considerata equivalente ad una serie di T elementari di lunghezza equivalente l_{eff} , per ogni fila di bulloni, di valore scelto tra i minori dei seguenti:

Per i bulloni esterni:

$$l_{eff} = 0.5 p + 2 m + 0.625 e$$

$$l_{eff} = 4 m + 1.25 e$$

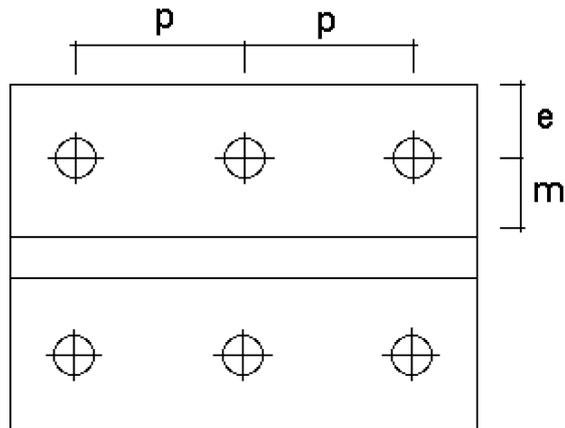
$$l_{eff} = 2 \pi m$$

Per i bulloni interni:

$$l_{\text{eff}} = p$$

$$l_{\text{eff}} = 4 m + 1.25 e$$

$$l_{\text{eff}} = 2 \pi m$$



In caso la colonna sia dotata di irrigidimenti, si assume il minore dei due valori:

$$l_{\text{eff}} = 2 \pi m$$

$$l_{\text{eff}} = \alpha m$$

dove α definito nel paragrafo “Calcolo di α ”.

Gli irrigidimenti si intendono sempre efficaci e di spessore almeno pari a quello dell'ala della trave.

Resistenza della flangia di estremità della trave

La zona tesa della flangia di estremità della trave viene considerata equivalente ad una serie di T elementari di lunghezza equivalente l_{eff} , per ogni fila di bulloni, di valore scelto tra i minori dei seguenti:

Per i bulloni esterni all'ala tesa della trave:

$$l_{eff} = 0.5 b_p$$

$$l_{eff} = 0.5 w + 2m_x + 0.6 e_x$$

$$l_{eff} = 4 m_x + 1.25 e_x$$

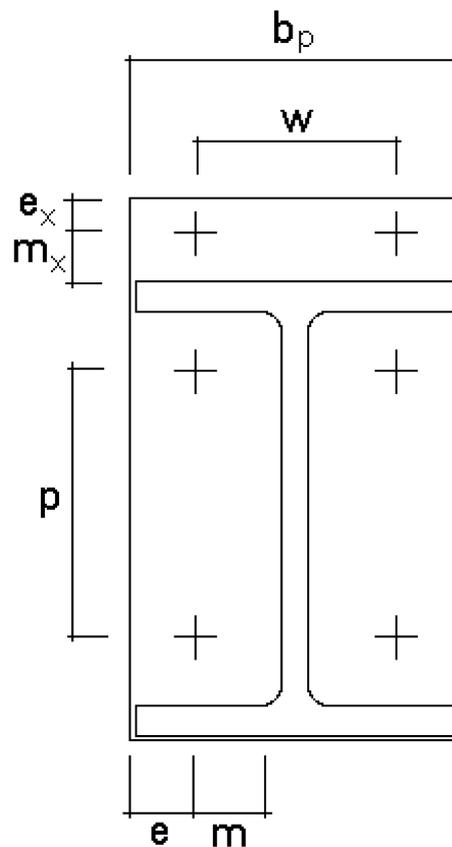
$$l_{eff} = 2 \pi m_x$$

Per i bulloni immediatamente sotto l'ala tesa della trave:

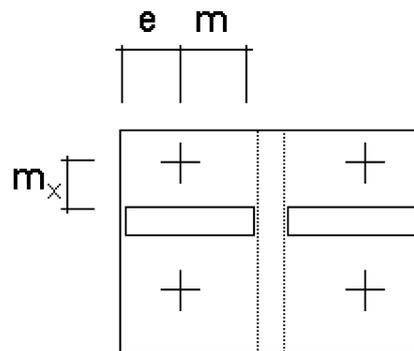
$$l_{eff} = \alpha m$$

$$l_{eff} = 2 \pi m$$

La valutazione di α è trattato nel successivo paragrafo "Calcolo di α ".



Calcolo di α



Detti:

$$\lambda_1 = m / (m+e)$$

$$\lambda_2 = m_x / (m+e)$$

Si assume che sia sempre, per motivi costruttivi, $\lambda_2 > 0.7$. Sotto tale ipotesi, si assume valida la seguente linearizzazione della funzione $\alpha(\lambda_1, \lambda_2)$ data dagli Eurocodici:

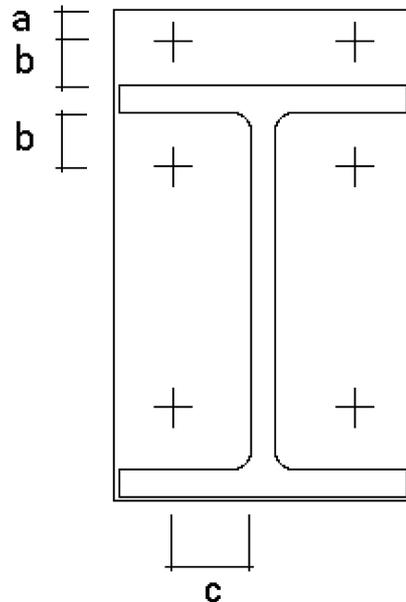
$$\text{per } \lambda_1 < 0.35 \alpha = 2 \pi$$

$$\text{per } \lambda_1 > 0.80 \alpha = 4$$

$$\text{per } 0.35 < \lambda_1 < 0.75 \quad \alpha = 2 \pi + 1.75 - 5 \lambda_1$$

Parametrizzazione della flangia

Le dimensioni della flangia vengono definite dall'operatore tramite solo 3 parametri che sono indicati nella figura seguente. I parametri sono definiti come moltiplicatori del diametro del bullone impiegato.



Detti t_w e t_f rispettivamente gli spessori dell'anima e dell'ala della trave ed r il raggio di raccordo del profilo, il dimensionamento per la verifica si ottiene dei parametri come segue:

b_p = larghezza minima tra la larghezza dell'ala della colonna e dell'ala della trave.

$$w = 2 c + t_w$$

$$m = c - 0.8 r$$

$$e = (b_p - w) / 2$$

$$e_x = a$$

$$m_x = b$$

Inoltre la distanza p tra i bulloni per la verifica dell'ala della colonna vengono assunti:

$$p_e = 2 m_x + t_f \quad \text{per i bulloni esterni}$$

$$p_i = h - 2 (t_f - m_x) \quad \text{per i bulloni interni}$$

dove h è l'altezza totale del profilo della trave.

Resistenza a trazione dell'anima della colonna

La resistenza di progetto è data da:

$$F_{t,Rd} = t_{wc} * b_{eff} * f_y / \gamma_{M0}$$

dove:

- f_y = resistenza dell'acciaio
- γ_{M0} = coefficiente di sicurezza parziale per l'acciaio
- t_{wc} = spessore dell'anima della colonna
- b_{eff} = lunghezza della bullonatura, come nel calcolo della resistenza dell'ala

Viene considerata anche l'instabilità dell'anima come al paragrafo successivo.

Nel caso la colonna sia irrigidita, si assume come resistenza minima quella dell'ala della trave.

Resistenza a compressione dell'anima della colonna

La resistenza di progetto è data da:

$$F_{c,Rd} = t_{wc} b_{eff} f_{yc} / \gamma_{M0}$$

dove si assume

$$b_{eff} = t_{fb} + 2\sqrt{2} a_p + 2t_p + 5(t_{fc} + r_c)$$

dove:

- t_{fb} = spessore dell'ala della trave
- a_p = profondità della saldatura trave-flangia
- t_p = spessore della flangia
- t_{fc} = spessore dell'ala della colonna
- r_c = raggio di raccordo del profilo della colonna

Il programma assume $\sqrt{2} = t_w/2$ con t_w spessore dell'anima della trave. Ciò per evitare all'operatore un non indispensabile appesantimento dei dati da immettere senza con questo allontanarsi significativamente dal valore reale.

Il valore di resistenza qui considerato è quello più conservativo previsto dall'Eurocodice 3, Appendice J. Non viene considerato il valore più favorevole dovuto all'eventuale azione assiale sulla colonna.

Instabilità dell'anima della colonna

Si considera l'instabilità dell'anima della colonna a carico di punta.

La resistenza relativa viene valutata considerando l'anima come una membratura virtuale in compressione di lunghezza $b_{eff} = (h^2 + s^2)^{1/2}$.

La resistenza è data da:

$$N_{b,Rd} = c b_A A f_y / \gamma_{M1}$$

Si assume $b_A = 1$.

Il valore di c è calcolato come descritto nel paragrafo "Instabilità a flessione e compressione" assumendo la curva di instabilità c .

Si assume il coefficiente di sicurezza parziale $\gamma_{M1} = \gamma_{M0}$.

Resistenza a taglio dell'anima della colonna

Si assume la resistenza a taglio plastico del pannello non irrigidito dell'anima:

$$V_{Rd} = A_v * \sqrt{3} f_y / \gamma_{M0}$$

dove A_v è l'area al taglio che per le sezioni qui considerate (profili ad I ed H non saldati) vale:

$$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f$$

Inoltre viene considerata la resistenza ad imbozzamento del pannello con il metodo post-critico semplificato assumendo un fattore di imbozzamento $k_t = 5.34$.

Resistenza totale a flessione del giunto

Si assume una distribuzione plastica delle forze.

Si assume il valore minore di resistenza dei singoli gruppo bulloni-lamiera per
— l'ala della colonna
— la flangia di testa.

Si calcola il valore di resistenza a trazione dell'anima della colonna.

Si assume il valore minore di resistenza a compressione dell'anima della colonna per:
— compressione
— instabilità

Si assume il valore minore di resistenza dell'anima della colonna per:
— taglio
— instabilità a taglio

Il valore minore di quanti sopra esposti determina il valore minimo di resistenza. Il momento relativo viene calcolato rispetto al centro di compressione.

La procedura esposta deriva da quanto prescritto dagli Eurocodici semplificandola in alcuni punti dove è consentito dalla geometria del giunto imposta nel programma (massimo due file di bulloni simmetriche rispetto all'ala della trave).

Inoltre non vengono effettuati i seguenti controlli:

Non viene effettuato il controllo sulla resistenza a trazione nell'anima della trave.

Non viene effettuata la riduzione di momento se la compressione sulla flangia eccede 180 N/mm².

Non vengono verificate le saldature.

Metodo di verifica delle aste composte

Con aste composte si intendono gli elementi formati da due profili eguali affiancati e collegati mediante piastre saldate o bullonate. I correnti devono essere ravvicinati.

La verifica viene effettuata solo per forza assiale di compressione o di trazione.

Qui di seguito viene descritto il metodo di verifica a compressione.

La verifica viene effettuata nella sezione mediana del corrente per il valore della forza assiale $N_{f,sd}$ così determinata:

$$N_{f,sd} = 0.5 (N_{sd} + m_s h_0 A_f / J_{eff})$$

dove:

$$m_s = N_{sd} e_0 (1 - N_{sd} / N_{cr} - N_{sd} / S_v)$$

$$e_0 = L / 500$$

$$N_{cr} = \pi^2 E J_{eff} / L^2$$

$$S_v = 2 \pi^2 E J / a^2$$

con:

N_{sd} = forza assiale di progetto

J = momento di inerzia del corrente

a = distanza tra baricentri dei collegamenti

L = lunghezza di libera inflessione del profilo

Per la validità del valore di S_v si assume che i collegamenti soddisfino la relazione:

$$n J_b / h_0 \geq 10 J_{eff} / a$$

dove:

J_b = momento di inerzia del collegamento

h_0 = distanza tra i baricentri dei correnti

n = numero dei collegamenti

Il valore di J_{eff} viene determinato come segue:

$$J_{\text{eff}} = 0.5 h_0^2 A + 2 \mu J$$

con:

$$\mu = 1 \text{ per } \lambda \leq 75$$

$$\mu = 2 - \lambda / 75 \text{ per } 75 < \lambda < 150$$

$$\mu = 0 \text{ per } \lambda \geq 150$$

dove:

$$\lambda = L / i_0$$

A = area del corrente

$$i_0 = (0.5 J_1 / A)^{1/2}$$

J_1 = valore di J_{eff} per $\mu = 1$

Con il valore di $N_{\text{f.sd}}$ così ottenuto si procede alla verifica per compressione:

$$N_{\text{f.sd}} \leq N_{\text{c.Rd}}$$

dove, per sezioni di classe 1, 2 o 3, $N_{\text{c.Rd}} = A f_y / \gamma_{M0}$

con:

F_y = resistenza dell'acciaio

γ_{M0} = coefficiente di sicurezza parziale

Si esegue inoltre la verifica per le forze di taglio generate dai collegamenti alle estremità dell'elemento. La forza di taglio considerata è la seguente:

$$V_s = \pi m_s / L$$

dove m_s è già stato in precedenza definito.

Viene anche verificato il profilo per l'azione del momento flettente m_s nel singolo corrente soggetto contemporaneamente alla forza assiale N_{sd} .

Si osserva inoltre quanto segue:

— Si assume che la snellezza locale sia maggiore di quella globale per cui non viene verificata l'instabilità del tratto tra i collegamenti.

— Se agiscono forze diverse da quella assiale, la verifica non è valida. Il programma non effettua controlli sull'evenienza di tale situazione.

— Le verifiche vengono effettuate per il piano sul quale giace il disassamento tra i profili. Per il piano per cui tale disassamento non si verifica, vengono eseguite le verifiche del singolo profilo.