

EasyBeam

Questa guida

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

© 2004-2018 Softing srl. Tutti i diritti riservati.

Ultima revisione: 16 Maggio 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 re-ingegnerizzazioni, 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 RISCONTRATI 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

- Aggiunto dialogo verifica duttilità
- Aggiunta possibilità di assegnare diametri staffe per zone critiche e nodi

Presentazione di EasyBeam

Con la sigla **DM18** si indicherà in questo manuale il Decreto Legge 17 gennaio 2018 e successiva Circolare di attuazione.

EasyBeam è un post-processore di Nòlian. È possibile leggere direttamente un documento di Nòlian per trovarsi nello stesso spazio tridimensionale di Nòlian ma con a disposizione tutti i metodi per progettare le armature. Dopo aver progettato le armature, si può verificare il progetto ed eventualmente modificare le armature e controllare il progetto in tutti i suoi aspetti. Si possono rappresentare le armature in molti modi diversi e quindi si possono esportare le rappresentazioni su fogli di qualsiasi formato gestiti da un sistema CAD (il "BIC") che consente la produzione dei disegni esecutivi.

Mini guida all'uso

EasyBeam è un programma molto potente che consente di eseguire il progetto delle armature con la cura e con l'approfondimento voluto. Esistono quindi molti "percorsi" d'uso. Non vi è un solo percorso che dalla lettura del file di Nòlian conduce al disegno esecutivo. Ciò perché la progettazione strutturale richiede attenzioni e approfondimenti diversi secondo il tipo di struttura che si sta progettando. Qui di seguito indichiamo dei "percorsi" progettuali tipici che naturalmente sono solo un'indicazione restando il progettista libero di seguire il percorso che preferisce.

Progetto tipico

EasyBeam conserva le preferenze indicate dal progettista e le attiva all'apertura del programma. Se il progettista progetta quindi strutture simili tra loro, non deve fare altro che "personalizzare" una volta per tutte il programma per poi operare senza più preoccuparsi di configurare le preferenze di progetto. Il programma si può personalizzare tramite i dialoghi di assegnazione delle opzioni di progetto. Una volta letto il file di Nòlian è quindi necessario solo definire, per ogni condizione di carico, il tipo di condizione (permanente, accidentale, etc.). Se è necessario, si possono anche allineare gli elementi nel modo voluto in quanto per l'analisi può non essere necessario allineare le facce degli elementi e quindi lo si può fare in EasyBeam. EasyBeam ha vari metodi sia automatici che "manuali" per fare tali allineamenti. Esiste anche un sistema di "fili fissi" per allineare gli elementi in modo molto semplice. Quindi si attiva l'icona di progetto e si selezionano tutti gli elementi. Naturalmente si possono selezionare anche solo parte degli elementi. Se si verifica un errore di progetto, il programma espone una tabella con l'elenco degli errori che si sono verificati.

In genere l'errore denuncia una carenza progettuale (sezione insufficiente, nodo troppo complesso etc.). Si possono cambiare le sezioni anche senza uscire da EasyBeam o si possono modificare i parametri di progetto e quindi progettare di nuovo SOLO gli elementi dove si era verificato l'errore. Terminato il progetto con successo, si possono visualizzare le armature in esploso sul piano e, dopo averle controllate, si possono esportare e incollare su un foglio CAD (accedendo al "BIC", un CAD integrato in EasyBeam) per impaginare la propria tavola. Altrimenti si possono usare le funzioni di esportazione e impaginazione in automatico di tutta la struttura. A questo punto si possono controllare le tavole ed eventualmente personalizzarle con l'uso del metodo CAD del BIC. Dal BIC è possibile stampare su plotter o su stampante le tavole definitive. A questo punto si possono usare i vari metodi di stampa disponibili e produrre la documentazione di stampa. I metodi di stampa sono essenzialmente tre e il progettista può scegliere a sua discrezione una stampa completa, una più sintetica, una descrittiva e una in cui vengono selezionati automaticamente gli elementi più sollecitati per una documentazione "intelligente".

Le possibilità con il merge delle armature

Il merge delle armature è utile se ci viene richiesto di fare delle modifiche di parti della struttura. In questo caso possiamo modificare il modello della struttura, analizzarlo con Nòlian e quindi importare (merge) le armature dal vecchio file. Verranno importate le armature solo negli elementi non modificati. Dovremo a questo punto riprogettare solo gli elementi modificati. Questa possibilità è utilissima perché il progettista evoluto cura la disposizione delle armature tarando bene i parametri di progetto e effettuando le eventuali personalizzazioni. Queste attenzioni sarebbero perdute se si dovesse eseguire di nuovo tutto il progetto. Oltre tutto, eventuali cambiamenti di parametri potrebbero portare a differenze tra i disegni esecutivi già consegnati e quelli nuovi.

La verifica di strutture esistenti

EasyBeam, come si è detto, non è un programma "procedurale" che cioè ha un percorso unico tra l'ingresso dei dati e la produzione dei risultati. Quindi rende possibili molte operazioni sulla struttura. Ad esempio, EasyBeam consente di immettere le armature volute in un modello eseguito con Nòlian e di verificarle. Ciò consente la verifica di strutture esistenti. Segnaliamo la funzione d'immissione di armature predefinite tramite dialogo, la funzione di ancoraggio "a mano" delle armature immesse, la funzione di taglio e sovrapposizione delle barre, di editing delle barre. Tutte operazioni che si possono fare su armature immesse dall'operatore e non necessariamente risultato di un procedimento "chiuso" di progettazione.

Le verifiche avanzate

Non sempre e non tutti i progettisti vogliono avere un progetto "chiuso" del quale non conoscono le modalità di esecuzione e le prestazioni. EasyBeam affianca alle verifiche standard una serie di verifiche molto sofisticate che integrano i requisiti di normativa e consentono di rispondere in modo esauriente a qualsiasi necessità di conferme e di approfondimento. Tutte le verifiche sono molto semplici e spesso in forma grafica. Tra queste segnaliamo il diagramma di interazione momento-forza assiale, il diagramma momento-curvatura con la valutazione della duttilità, i coefficienti di sicurezza, la verifica a fessurazione così via.

La relazione di calcolo

EasyBeam stampa gli allegati per la relazione di calcolo. EasyBeam ha varie opzioni di stampa. Le stampe sono "tematiche" in quanto è possibile scegliere cosa stampare e per quali elementi strutturali. Si hanno poi tre possibilità di stampa. Un tipo è "completo" in quanto riporta tutti i dati geometrici, di sollecitazioni e tutti i risultati delle verifiche. Un tipo è ridotto in quanto riporta solo i dati essenziali e in forma più concisa, una terza possibilità infine consente una selezione automatica degli elementi più significativi. A esempio si possono stampare le verifiche flessionali solo degli elementi ove vi siano maggiori sollecitazioni o risultino le massime tensioni di verifica. Si ricorda, a questo proposito, che la relazione di calcolo è la giustificazione che il progettista dà delle proprie scelte progettuali e quindi NON può essere fatta da un programma. Il progettista poi allega o riporta i risultati delle sue valutazioni numeriche al fine di giustificare le proprie scelte. Si ricorda che EasyQuill consente di redigere relazioni di calcolo, su un proprio schema personale riunendo le relazioni standard del progettista.

Gli strumenti

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

La palette



La maggior parte delle funzioni di EasyBeam 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 menu contestuale

Il tasto destro del mouse consente di attivare il cosiddetto "menu contestuale" che è associato ad un nodo o un elemento selezionato. Il menu contestuale consente di accedere ad alcune funzioni di assegnazione e di lettura dei risultati relative all'elemento o al nodo selezionato.

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 ad 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 delle informazioni relative alla funzione in atto.

Manualistica e guida in linea

La manualistica di EasyBeam 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".

Nota bene: Gli argomenti della guida, pertinenti ai dialoghi, se presenti, sono anche accessibili dall'icona "?" di ogni dialogo secondo lo standard Windows.

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 [posizionare il piano su un elemento](#), come [visualizzare gli assi coordinati](#), [l'uso dei layer](#) 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. 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

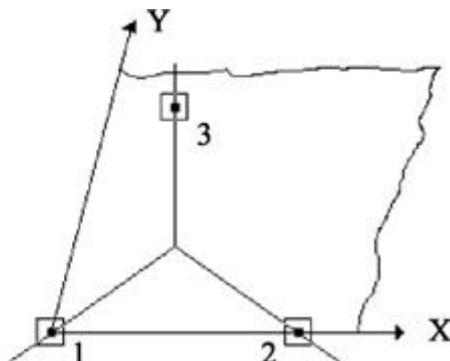
Si può attivare una visualizzazione di una sezione dello spazio tridimensionale condotta sul piano di sezione. Selezionare dalla palette l'icona della sezione e attivarla. Per disattivare la rappresentazione della sezione, disattivare semplicemente l'icona. La sezione si può anche visualizzare in proiezione assonometria. 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



EasyBeam 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").

Posizionare il piano su un elemento

È possibile attivare automaticamente il piano di sezione passante per l'asse di un elemento selezionato. Nel caso di elementi subparalleli al piano globale XY (travi) il piano è "verticale" (perpendicolare al piano globale XY), nel caso dei pilastri, il piano quello locale XY. Tale piano è quello generalmente più usato per l'esplosivo piano delle armature. Con questa funzione è quindi possibile passare immediatamente da una vista assonometrica od in pianta ad una vista sul piano usuale di visualizzazione delle armature. La funzione si attiva dalla voce Attiva piano trave dal menu Funzioni.

Visualizzare gli assi coordinati



Attivare o disattivare la rappresentazione degli assi coordinati agendo sul corrispondente pulsante della palette.

Uso dei layer



EasyBeam gestisce i layer assegnati in Nòlian. La visibilità dei layer si assegna dal dialogo cui si accede dal menu Visualizza o dalla Tool Bar. Fare riferimento alla documentazione di Nòlian per l'uso dei layer.

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 dei 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 e quindi premere e rilasciare il tasto del mouse. Gli elementi selezionati vengono contrassegnati da una freccia che indica il verso di tracciamento dell'elemento e quindi l'asse x del riferimento locale.

NOTA BENE: Se si tiene premuto il tasto CTRL si seleziona tutta la pilastrata o la travata di appartenenza.

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.

Tasti modificatori nella selezione

Alcuni tasti modificatori consentono delle funzioni particolari nella selezione:

Tasto modificatore	Funzione
shift	Selezione multipla
shift	Quando si usa il lazo, consente di NON selezionare le travi ortogonali al piano di sezione, se presenti.
alt	Tenendolo premuto PRIMA di attivare l'icona di visualizzazione, consente di non cancellare il disegno precedente (ad esempio delle armature) in modo da agevolare la selezione dei punti di sezione. Si può lasciare il tasto <alt>, dopo aver selezionato l'icona, e si può usare il tasto <shift> per le selezioni multiple.
ctrl	Consente di selezionare tutta la travata o la pilastrata di appartenenza

La personalizzazione del programma

Il progetto delle armature è fatto secondo determinate esigenze che sono tipiche del progetto, dei materiali impiegati, delle abitudini del progettista. EasyBeam ha una vastissima possibilità di definire le modalità con le quali si desidera che il progetto sia effettuato. Si ricordi inoltre che anche le scelte personali influiscono molto ed EasyBeam non fa scelte al posto del progettista rispettando anche il fatto che in certi aspetti, il progetto è eseguito in modi diversi e dipendenti dai gusti personali, da quelli del committente, da abitudini locali. Inoltre, non esistono degli "standard" nazionali né sul disegno delle armature né sulla disposizione delle barre, per questo molto è lasciato al singolo.

In questo manuale la personalizzazione del programma è descritta nelle seguenti sezioni che individuano dei gruppi di operazioni:

Operazioni sulla geometria

Tutte quelle operazioni di controllo e modifica della geometria della struttura: sezioni degli elementi, allineamenti, raggruppamenti.

Denominazione degli elementi strutturali

Le denominazioni degli elementi vengono assegnate in automatico con i seguenti criteri. Vengono identificati i "gruppi strutturali" ovvero quelle che vengono comunemente chiamate "travate" o "pilastrate" e cioè elementi continui posti sullo stesso asse che costituiscono in genere un elemento costruttivo unico. Tali gruppi strutturali ricevono un nome comune formato concatenando i nomi dei pilastri che vengono connessi dalla travata. Ad esempio: Trave 4-7-12. Qualora non vi siano pilastri al termine di un elemento, ad esempio come in una mensola, sarà usato l'indice del nodo del modello di calcolo. Inoltre i singoli elementi hanno un nome formato dalle dimensioni della sezione. Queste due denominazioni possono essere cambiate tramite il dialogo dei dati dell'elemento e vengono registrate su file. Nel caso di documenti prodotti con inMod, verrà usata l'assegnazione dei nomi effettuata in inMod in automatico e con le eventuali modifiche apportate dall'operatore. In questo caso si ha congruenza tra le denominazioni nelle carpenterie prodotte da inMod e negli esecutivi di EasyBeam. Nel caso degli esecutivi delle travi, vengono riportati i nomi dei pilastri che la travata connette. Questi vengono ricavati dai nomi di estremità di ogni singola trave. I nomi degli estremi delle travi che non siano connesse a pilastri non vengono rappresentati.

Inoltre è possibile generare delle [denominazioni personalizzate](#) per travi e pilastri.

Operazioni sugli sforzi degli elementi

Gli sforzi negli elementi vengono calcolati in Nòlian ma in EasyBeam possono essere consultati ed eventualmente modificati sia singolarmente che con metodi automatici. Il regime di sforzo può anche essere diagrammato sia a dialogo per il singolo elemento che sulla struttura tramite un'apposita funzione.

Opzioni di disposizione delle barre

Queste opzioni consentono di definire come si desidera in ciascun elemento che le barre longitudinali vengano disposte. A esempio, se si desidera nei pilastri interrompere le barre all'interpiano o al solaio, se si desidera avere barre non interrotte o dove si preferisce interromperle.

Opzioni di progetto

Le opzioni di progetto consentono di definire ogni aspetto del progetto dal nome da attribuire alle barre di armatura (non sempre, e soprattutto non dovunque in Europa, la consuetudine del "Ø" è accettata), le caratteristiche dei materiali, le percentuali di armatura massima e minima e così via. I gruppi principali di queste opzioni sono i seguenti:

- Normativa di riferimento
- Caratteristiche dei materiali
- Caratteristiche speciali dei materiali
- Opzioni per le armature longitudinali
- Opzioni per le armature trasversali

Controllo sulle assegnazioni

EasyBeam ha un sistema automatico di controllo dei valori assegnati. Se si assegna per distrazione un valore fuori dei limiti dei valori normalmente impiegati, EasyBeam lo segnala evitando così la perdita di tempo derivante dalla ricerca dei motivi che hanno prodotto un progetto poco convincente.

Opzioni di default e metamateriali

Le opzioni e i valori assegnati ai metamateriali **NON vengono modificati dalle assegnazioni in questi dialoghi** che vanno, in questo caso, intese come valori di default impiegati dal programma qualora non siano state assegnate nei metamateriali. Se nel modello sono assegnati dei metamateriali agli elementi e si modifica uno dei campi di valori in questi dialoghi, invece affidati ai metamateriali, viene dato avviso che i valori assegnati NON influiranno né modificheranno quelli dei metamateriali. Se si desidera modificare tali valori occorre agire sul metamateriale relativo e NON su queste assegnazioni.

Nota sulle strutture miste

Le sezioni che EasyBeam accetta in lettura, sono la sezione a doppio T, la sezione poligonale e le travi Winkler. Le sezioni generiche da da sagomario non vengono recepite benché il modello e gli sforzi vengano comunque recepiti.

I metamateriali eventualmente assegnati agli elementi vengono letti.

Se un elemento non ha la sezione assegnata o ha associato un metamateriale che non sia del tipo Calcestruzzo, EasyBeam si comporta come segue:

Nel progetto, segnala l'errore perché il progettista possa controllare se il problema non sia accidentale, evidenzia in colore rosso gli elementi, ma non inficia il progetto degli elementi validi.

Nelle verifiche a dialogo, EasyBeam mostra un dialogo vuoto o avvisa dell'impossibilità di eseguire la verifica.

Nelle rappresentazioni, l'elemento viene disegnato in colore grigio, non partecipa alla verifica, lo stato di errore non influenza il fattore di sicurezza minimo esposto nella toolbar.

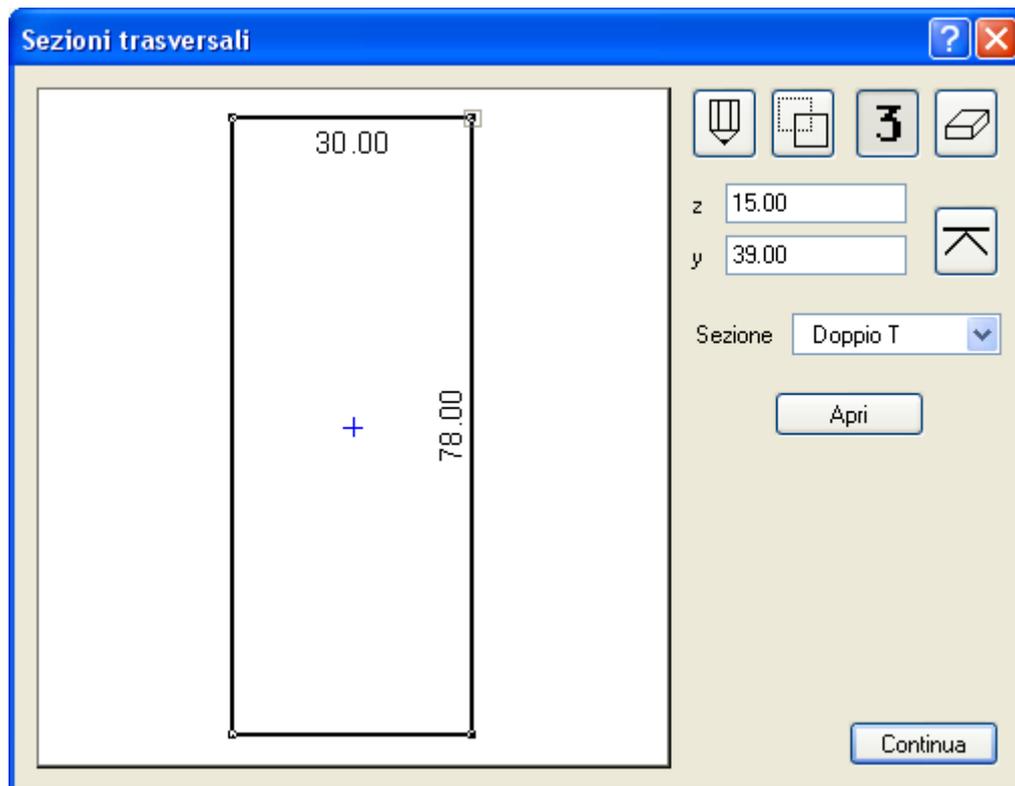
L'operatore può cambiare l'eventuale metamateriale dal dialogo dell'elemento.

In caso non siano assegnati metamateriali, EasyBeam non ha informazioni per distinguere gli elementi che non siano in calcestruzzo, a meno che la sezione non sia valida, e pertanto li tratta come elementi in calcestruzzo.

Operazioni sulla geometria

In questa sezione del manuale si descrivono le operazioni sulla geometria effettuabili in EasyBeam. Più precisamente come [operare sulla sezione trasversale degli elementi](#), [allineare gli elementi tramite gli offset](#) e [raggruppare gli elementi](#).

Operare sulla sezione trasversale degli elementi



La sezione trasversale degli elementi è definita come una poligonale chiusa monoconnessa. Il massimo numero di vertici per definire la sezione è limitato a 50. La sezione può anche essere cava o con più cavità: ciò si ottiene definendo la sezione, sempre come una poligonale chiusa monoconnessa. Alcune sezioni vengono riconosciute dal programma che consente in questi casi un trattamento più immediato di tali sezioni.

Le sezioni riconosciute dal programma per la assegnazione diretta dei parametri sono le seguenti:

- Rettangolare
- a T
- a T rovescia
- a doppio T
- ad L
- Circolare (poligono regolare)
- Anulare (poligoni regolari concentrici connessi)

Per accedere al dialogo di gestione della sezione attivare l'icona della sezione della palette e quindi selezionare l'elemento voluto. Il dialogo mostra la sezione come poligonale i cui vertici sono evidenziati da piccoli quadrati. Se la sezione appartiene ad una di quelle riconosciute dal programma, un menu pop-up evidenzia il tipo di sezione, altrimenti tale menu pop-up definisce la sezione come "Generica". La modifica o il controllo delle dimensioni della sezione può avvenire numericamente o geometricamente tramite le seguenti operazioni:

- Spostare i vertici della sezione
- Aggiungere vertici alla sezione
- Levare vertici alla sezione
- Editare le coordinate dei vertici della sezione

Se la sezione non è stata assegnata in Nòlian o è di tipo "Sezione Generica", è possibile assegnare una nuova sezione. In questo caso, il documento eventualmente riletto in Nòlian conterrà la descrizione della sezione ma non le caratteristiche del materiale che dovranno essere assegnate in Nòlian. Le travi Winkler possono avere solo sezione a T rovescio o rettangolare. Se si assegna una sezione diversa da queste due, esse vengono viste da Nòlian come travi normali e non di tipo Winkler.

Spostare i vertici della sezione

- Attivare l'icona dello spostamento
- Selezionare il vertice voluto
- Spostare il vertice selezionato nella posizione voluta
- Rilasciare il tasto del mouse

Aggiungere vertici alla sezione

- Attivare l'icona del tracciamento
- Cliccare sul punto del poligono dove si vuole aggiungere il vertice.

Una volta inserito il nuovo vertice si può spostare nella posizione voluta usando il metodo per spostare i vertici della sezione o tramite le coordinate dei vertici della sezione. Se la sezione era di tipo definito, l'inserimento di un nuovo vertice rende la sezione di tipo "generico".

Levare vertici alla sezione

- Attivare l'icona della cancellazione
- Selezionare il vertice voluto.

Non è possibile eliminare tutti i vertici della sezione che deve restare un poligono definito e pertanto devono restare almeno tre vertici.

Editare le coordinate dei vertici della sezione

È possibile leggere e modificare le coordinate dei vertici della sezione.

- Attivare l'icona della gestione numerica
- Selezionare il vertice voluto: le coordinate del vertice selezionato appariranno nei campi del dialogo.
- Assegnare, se necessario, il nuovo valore delle coordinate e quindi cliccare l'icona dell'acquisizione dei dati.

Le coordinate sono espresse nelle unità di misura attive nel dialogo delle caratteristiche dei materiali.

Gestione delle sezioni a Doppio T

Se la sezione è stata riconosciuta dal programma come una sezione a doppio T o derivata dalla sezione a doppio T (rettangolare, a T, a T rovescia), il menu pop-up del tipo di sezione indicherà tale evenienza. La selezione del tipo di sezione dal menu pop-up consente di accedere ad un dialogo specializzato per il trattamento numerico di tale tipo di sezione. Anche se la sezione non è a doppio T, è sempre possibile accedere, tramite il menu pop-up, al dialogo specializzato per la gestione di tale tipo di sezione. Se la sezione era stata riconosciuta dal programma come una sezione a doppio T, nel dialogo verranno

riportate le dimensioni della sezione, altrimenti tutti i campi del dialogo riporteranno il valore zero. È possibile assegnare il valore zero ad alcuni campi del dialogo in modo da definire sezioni derivate dalla sezione a doppio T. Assegnando solo una coppia di valori diversi da zero, ad esempio, si definirà una sezione rettangolare. Le dimensioni sono espresse nelle unità di misura attive nel dialogo delle caratteristiche dei materiali.

Gestione della sezione Circolare

Se la sezione è stata riconosciuta dal programma come un poligono regolare (assimilabile alla rettificazione di una sezione circolare o anulare), il menu pop-up del tipo di sezione indicherà tale evenienza. La selezione del tipo di sezione dal menu pop-up consente di accedere a un dialogo specializzato per il trattamento numerico di tale tipo di sezione. Anche se la sezione non è poligonale regolare, è sempre possibile accedere, tramite il menu pop-up, al dialogo specializzato per la gestione di tale tipo di sezione. Se la sezione è un poligono regolare, nel dialogo vengono riportate le dimensioni della sezione altrimenti tutti i campi del dialogo riporteranno il valore zero. La sezione circolare viene approssimata da una sezione poligonale a numero variabile di lati. Nel dialogo vengono assegnati il numero dei vertici del poligono e i raggi della circonferenza esterna e interna, se cava. Assegnando il valore zero al raggio interno, la sezione è piena. I raggi assegnati sono in effetti i raggi dei poligoni inscritti nella circonferenza che approssimano la circonferenza stessa. Le dimensioni sono espresse nelle unità di misura attive nel dialogo delle caratteristiche dei materiali. Maggiore è il numero dei vertici, migliore l'approssimazione alla circonferenza. Si deve però ricordare che sia le barre reggistaffe che le staffe stesse vengono costruite sul poligono e quindi la disposizione delle armature è condizionata dal numero dei vertici con i quali si descrive il poligono che approssima la circonferenza. Per semplicità tale sezione è detta circolare ma più propriamente è un poligono regolare di un numero di lati definibile. La buona approssimazione, per i fini del progetto delle armature, alla circonferenza, giustifica l'uso di tale denominazione. Va notato che se la sezione non è cava e il numero di lati del poligono è maggiore o eguale a 12, la sezione viene progettata e verificata nella sua esatta rappresentazione poligonale ma le funzioni di disposizione delle barre e di disegno la trattano effettivamente come una sezione circolare.

Gestire la sezione ad L

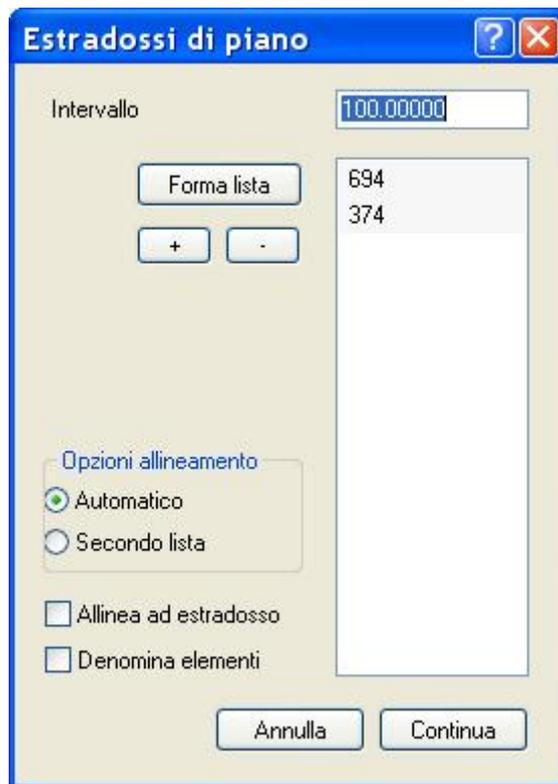
Se la sezione è stata riconosciuta dal programma come una sezione a L, il menu pop-up del tipo di sezione indicherà tale evenienza. La selezione del tipo di sezione dal menu pop-up consente di accedere ad un dialogo specializzato per il trattamento numerico di tale tipo di sezione. Anche se la sezione non è a L, è sempre possibile accedere, tramite il menu pop-up, al dialogo specializzato per la gestione di tale tipo di sezione. Se la sezione era stata riconosciuta dal programma come una sezione a L, nel dialogo verranno riportate le dimensioni della sezione, altrimenti tutti i campi del dialogo riporteranno il valore zero. Poiché la sezione a L non è simmetrica, occorre definire la posizione della sezione rispetto al sistema di riferimento dell'elemento. Il dialogo consente di definire tale posizione tramite le icone. Si può definire anche la posizione della sezione rispetto all'origine del sistema di riferimento dell'elemento intesa come posizione del vertice convesso della sezione rispetto all'origine. Se si desidera posizionare il baricentro della sezione nell'origine del sistema di riferimento dell'elemento, con il bottone "Baricentro" si effettua tale calcolo ed i valori di traslazione sono riportati nel dialogo. Le dimensioni sono espresse nelle unità di misura attive nel dialogo delle caratteristiche dei materiali.

Estradossi di piano

Questa funzione consente di generare in automatico e, se desiderato, modificare o assegnare le quote degli estradossi delle travi di impalcato accumulando le quote che si trovano all'interno di un intervallo assegnato.

Ciò consente di avere delle quote di impalcato di riferimento anche ove non vi siano modelli strutturali dichiaratamente senza predefinitura di "piani" e quindi è una funzione del tutto generale.

Scegliendo dal menu "Funzioni" la voce "Estradossi di piano" si apre un dialogo.



Il comando "Forma lista", consente di generare automaticamente la lista. I bottoni contrassegnati con i segni + e - consentono rispettivamente di aggiungere o eliminare una quota di impalcato.

Inoltre è possibile da questo dialogo:

- Allineare le travi all'estradosso
- Denominare gli elementi con la quota dell'impalcato di appartenenza

Per l'allineamento delle travi, scegliendo l'opzione "Automatica", la funzione procederà come il metodo "Automatico" di allineamento.

Se si sceglie invece un posizionamento per "Lista", nel dialogo si devono assegnare le quote di estradosso dei piani facendo attenzione che i valori non utilizzati siano eliminati dalla lista. È quindi necessario assegnare un intervallo di ricerca. Se a esempio abbiamo una quota di impalcato di 600 e abbiamo gli estradossi delle travi di tale livello a quota 560 e 640, un intervallo di ricerca di 100 consentirà di includerle entrambe. Uscendo dal dialogo, la funzione prescelta sarà eseguita. Vedere anche [Allineare gli elementi](#).

ATTENZIONE: i dati della lista di livelli è usata anche ove è necessario disporre di quote identificative di impalcato. Questa evenienza è indicata nel manuale lì ove occorra.

Allineare gli elementi tramite gli offset

Nel modello di calcolo (usato in Nòlian) non è sempre necessario posizionare i fili degli involucri degli elementi con estrema precisione, infatti tale posizionamento non ha spesso rilevanza ai fini della analisi. Nella disposizione delle armature invece tali posizioni esatte possono essere rilevanti. EasyBeam consente quindi di spostare gli elementi tramite dei "distanziamenti" (offset) agli estremi. Tramite tali offset si possono allineare gli elementi nel modo voluto con estrema precisione. I valori di offset possono essere assegnati nel dialogo dei dati dell'elemento oppure generati in modo automatico da diverse funzioni.

NOTA BENE

- I Rigel usati eventualmente in Nòlian vengono automaticamente trasformati in offset. **In tal caso non è possibile modificare numericamente o automaticamente gli offset.**
- Gli offset "geometrici" (quindi non di calcolo) eventualmente assegnati in Nòlian o ereditati dal modello di inMod, vengono importati come offset e sono modificabili.
- Gli sforzi nella componente di offset (rigel) parallelo all'asse dell'elemento, sono considerati costanti.

Allineamento automatico tramite degli offset

Si ricorda che questa funzione agisce solo sugli offset modificabili degli elementi (vedi sopra) e quindi non sugli offset generati da elementi Rigel

Nel caso si vogliano allineare le facce di più elementi contemporaneamente, è possibile generare gli offset automaticamente

L'allineamento automatico avviene per tre posizioni:

- Filo superiore
- Centro
- Filo inferiore

dove le posizioni superiore ed inferiore si intendono relative al piano di lavoro attivo. I tipi di allineamento automatico sono seguenti:

- Rispetto al primo elemento selezionato
- Rispetto al piano di lavoro

L'allineamento al primo elemento selezionato ha effetto solo se tale elemento è parallelo al piano di lavoro in quanto, in caso diverso, l'allineamento sarebbe indefinito. Si consideri, come esempio, di voler allineare tutte le facce superiori delle travi di un piano. È infatti pratica comune considerare in un modello ad elementi finiti tutte le travi allineate sullo stesso asse. Ciò però comporta delle incongruenze nella disposizione e nel disegno delle armature in quanto generalmente le travi sono invece realizzate allineando le facce superiori (intradossate). In questo caso si utilizzerà l'allineamento del Filo Superiore. Si attiverà poi il piano di lavoro parallelo al piano delle travi (ad esempio il piano "orizzontale" ovvero parallelo al piano coordinato XY) in quanto il Filo Superiore sarà inteso relativamente a tale piano. Si potranno poi allineare tutte le travi del piano ad una trave di riferimento. In questo caso si selezionerà prima la trave di riferimento e poi tutte le altre, tenendo premuto il tasto <shift> per consentire una selezione multipla. Si potrà, in alternativa, posizionare il piano di lavoro alla quot. voluta e quindi selezionare tutte le travi del piano: il filo superiore di tali travi verrà posizionato in modo da giacere sul piano di lavoro. I valori numerici degli offset così generati possono essere controllati ed eventualmente modificati nel dialogo per modificare i dati degli elementi. Per scegliere il metodo di allineamento voluto fare doppio clic sull'icona della palette della generazione degli offset. Per generare gli offset, attivare l'icona della palette della generazione degli offset e quindi selezionare gli elementi voluti.

Il programma costruisce automaticamente l'involucro degli elementi con il quale verificare le interferenze delle barre e generare le sagomature necessarie agli ancoraggi. Tale involucro viene generato a partire dalle informazioni su elementi prismatici e pertanto le informazioni relative alla connessione tra gli elementi può essere insufficiente. Tale evenienza si verifica particolarmente nel caso di offset molto grandi. In tale caso non è possibile un ancoraggio automatico sul contorno. possibile in questo caso disattivare la generazione dell'involucro tramite l'opzione relativa del dialogo delle opzioni di progetto.

Allineamento di piano all'estradosso

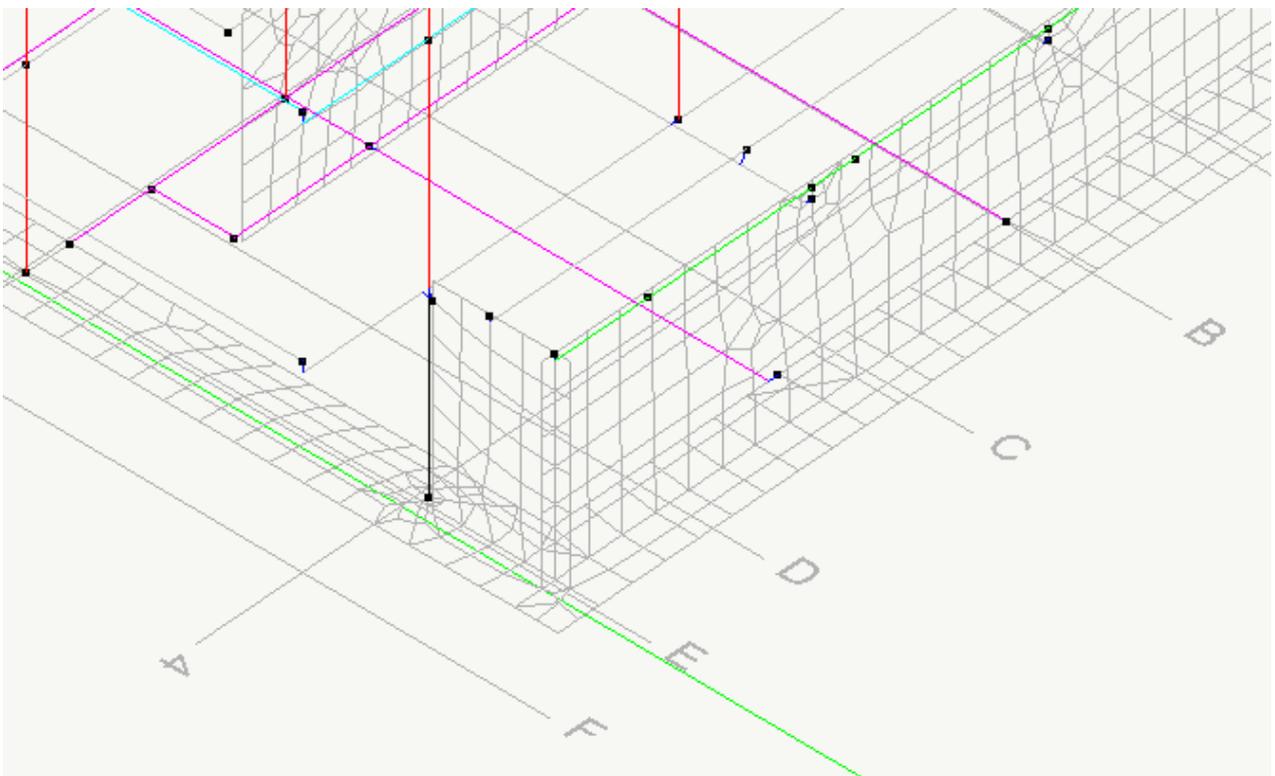
Questa funzione consente di allineare in "altezza" (cioè secondo l'asse z globale) gli estradossi delle travi di impalcato a una

medesima "quota". Vi sono due metodi, quello definito "Automatico" e quello per "Lista di livelli".

Il metodo "Automatico" allinea gli estradossi di tutte le travi suborizzontali (subparallele al piano XY) connesse tra loro, all'estradosso maggiore tra tutte. Sostanzialmente all'estradosso della trave con sezione di maggiore altezza. Questo metodo è molto immediato e consente una corretta gestione dell'allineamento delle travature (se sono allineate all'estradosso, altrimenti bisognerà operare in altro modo). Questo metodo però non consente di formare interpiani esatti se le travi non sono state preventivamente posizionate nel modo opportuno.

Il metodo per "Lista di livelli" consente di assegnare una lista di "quote" di estradosso e di allineare gli estradossi di tutte le travi al valore presente nella lista, prossimo (a meno di un intervallo assegnato) a tale valore. Sostanzialmente si assegnano le quote di solaio e un intervallo ragionevole per includere le travi il cui estradosso si vuole portare al medesimo livello ma che sono attualmente posizionate diversamente. Vedere [Estradossi di piano](#)

Fili fissi



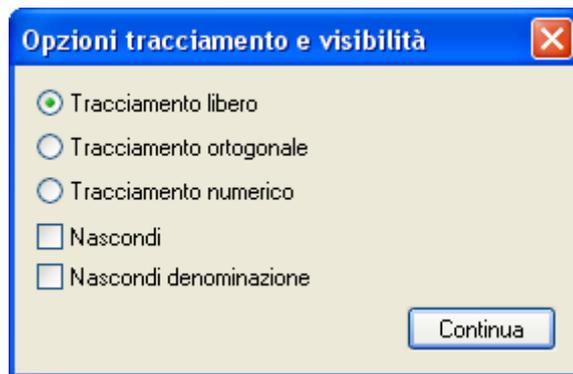
Con questo termine qui indichiamo delle linee di costruzione, giacenti sul piano XY a quota zero, impiegabili per l'allineamento automatico dei lati, o dell'asse, delle travi. I fili fissi si gestiscono da un apposito gruppo di icone della palette.

Le icone della palette relative ai fili fissi attivano le funzioni indicate. Le modalità di esecuzione di tali funzioni viene scelta da una dialogo che per ciascuna icona si apre con un doppio clic sull'icona della palette.

Tutte le operazioni sui fili fissi possono essere eseguite esclusivamente in sezione sul piano XY a quota 0.0.



L'icona di tracciamento consente di attivare le funzioni di tracciamento secondo le modalità selezionate nel dialogo accessibile con un doppio clic sull'icona stessa. Le modalità sono intuitive. In questo dialogo vi è anche un check-box che consente di selezionare l'opzione per rendere visibili o invisibili le linee dei fili fissi. Il tracciamento può essere effettuato solo se si è in sezione sul piano XY a quota 0.0.



L'icona di modifica consente di spostare, riposizionare, cancellare le linee anche qui secondo modalità selezionabili dal dialogo che si apre con un doppio clic sull'icona stessa. Le linee si possono spostare anche usando i tasti freccia a passo definibile nel dialogo. La modifica consente anche di assegnare ai fili fissi una denominazione. Quando viene richiesta la visualizzazione della denominazione dei fili fissi, le denominazioni non assegnate vengono assegnate automaticamente.

Allineamento tramite Fili fissi



L'icona di spostamento consente di selezionare, tenendo il tasto shift abbassato, gli elementi che si vogliono allineare a una determinata linea e la linea stessa. Anche la linea deve essere selezionata, come in una selezione multipla, tenendo il tasto shift abbassato fino a selezione completata. Questa operazione non deve avvenire necessariamente in sezione XY ma può avvenire anche in proiezione assonometrica. Si ricorda che si può visualizzare l'involucro dell'elemento come guida allo spostamento. Ciò sia in sezione che in assonometria. Si nota però che normalmente quando si visualizza l'involucro, esso viene "esploso" con un fattore di ingrandimento che consente un'agevole visione delle barre. In questo caso ciò è scomodo. Pertanto dal dialogo di visibilità è opportuno disabilitare l'opzione "Esploso" e, se si desidera, anche l'opzione "armatura". L'allineamento, ovviamente, opera sia sulle travi che sui pilastri. I pilastri in pianta vengono agevolmente selezionati, cliccando sul loro asse, se sono sezionati. Quindi può essere comodo, in alcuni casi, spostare il piano di sezione di poco affinché esso sezioni i pilastri voluti.

Il lato dell'elemento da allineare è determinato secondo un'opzione selezionabile con un doppio clic sull'icona dell'allineamento:

Automatico

Lo spostamento avviene allineando alla linea il lato o l'asse dell'elemento ad essa più vicino. Si noti che viene considerato anche l'asse dell'elemento. Quindi se l'asse giace sulla linea di riferimento, si conferma l'allineamento in centro. In tal caso non è possibile allineare altrimenti l'elemento e si deve ricorrere a una delle opzioni seguenti.

Interno

Si allinea il lato "interno" dell'elemento in modo tale che risulti "interno" alla linea di riferimento. La posizione "interno" o "esterno" è anche evidenziata dal rettangolino di selezione della linea di riferimento.

Esterno

Come "interno" ma dal lato opposto.

I dati degli elementi



Attivando l'apposita icona della palette e selezionando quindi un elemento, è possibile avere un dialogo che riassume le caratteristiche geometriche dell'elemento.

Nota bene

È possibile gestire l'assegnazione dei metamateriali a più elementi eseguendo una selezione multipla. Con la selezione singola si accede invece a tutti i dati del singolo elemento selezionato. Pertanto se si desidera accedere ai tutti i dati, selezionare un solo elemento.

Dati elemento [?] [X]

Denominazione

Nome elemento:

Nome insieme:

Quota riferimento:

Offset

	x	y	z
i	<input type="text" value="0.00000000"/>	<input type="text" value="0.00000000"/>	<input type="text" value="-5.00000000"/>
i	<input type="text" value="0.00000000"/>	<input type="text" value="0.00000000"/>	<input type="text" value="-5.00000000"/>

Metamateriale

Metamateriale:

Dati modello

Indice elemento	1	Indice estremi	(9-3) [92-51]
Nomi estremi	(-)	Lunghezza	310.00000
(xi,yi,zi)	[-49.290627; 255.000000; 670.000000]		
(xi,yi,zi)	[-49.290627; 255.000000; 360.000000]		

Trave Winkler

Denominazioni

Le denominazioni degli elementi vengono assegnate in automatico con i seguenti criteri. Vengono identificati i "gruppi strutturali" ovvero quelle che vengono comunemente chiamate "travate" o "pilastrate" e cioè elementi continui posti sullo

stesso asse che costituiscono in genere un elemento costruttivo unico. Tali gruppi strutturali ricevono un nome comune formato concatenando i nomi dei pilastri che vengono connessi dalla travata. Ad esempio: Trave 4-7-12. Qualora non vi siano pilastri al termine di un elemento, ad esempio come in una mensola, sarà usato l'indice del nodo del modello di calcolo. Inoltre i singoli elementi hanno un nome formato dalle dimensioni della sezione. Queste due denominazioni possono essere cambiate tramite questo dialogo e vengono mantenute e registrate su file.

In caso di documenti prodotti con inMod, verrà usata l'assegnazione dei nomi effettuata in inMod sia in automatico che con le eventuali modifiche apportate dall'operatore. In questo caso si ha congruenza tra le denominazioni nelle carpenterie prodotte da inMod e negli esecutivi di EasyBeam. Nel caso degli esecutivi delle travi, vengono riportati i nomi dei pilastri che la travata connette. Questi vengono ricavati dai nomi di estremità di ogni singola trave. I nomi degli estremi delle travi che non siano connesse a pilastri non vengono rappresentati. I nomi di estremità di ogni singolo elemento sono riportati tra i Dati in questo dialogo.

Si può personalizzare la denominazione dei singoli elementi attraverso la [apposita funzione](#) attivabile dalla palette.

Quota riferimento

La quota di appartenenza dell'elemento a un impalcato è opzionale e può essere impiegata nelle stampe per meglio identificare gli elementi.

Se non si assegna un valore, manualmente o in automatico, si avrà nel campo la dicitura "Non assegnata" e il programma non farà uso di questo valore identificativo. Altrimenti si può assegnare manualmente oppure con l'apposita funzione automatica dal dialogo di [gestione delle quote di piano](#) attivabile anche da questo stesso dialogo.

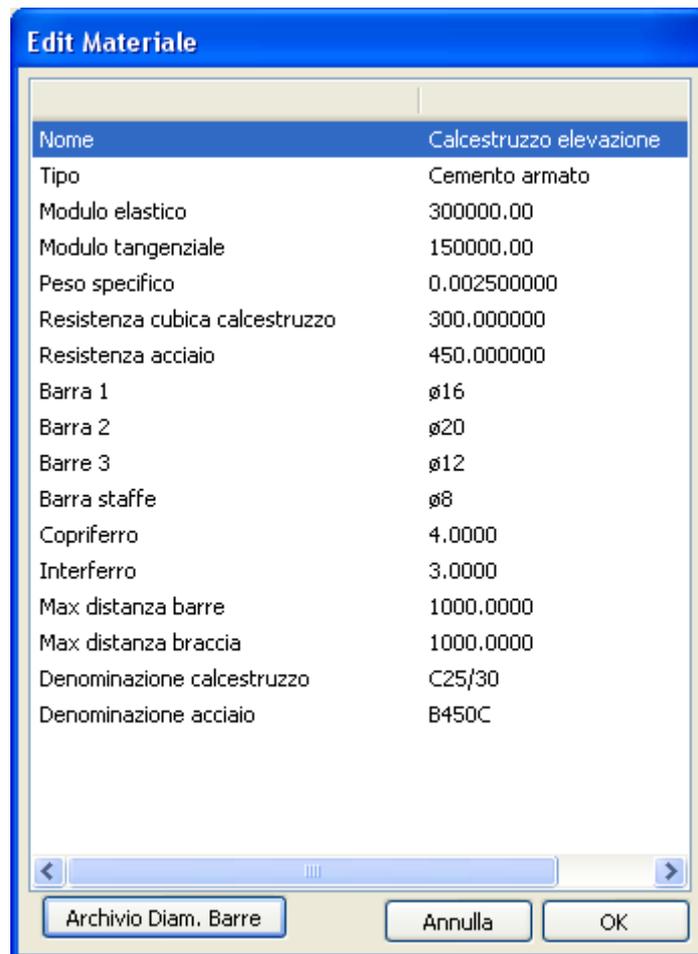
Offset

Gli offset vengono importati dal modello di Nòlian sia se derivano da elementi Rigel sia se sono in Nòlian (o in inMod) assegnati come offset "geometrici" (e cioè ininfluenti sul modello di calcolo). Gli offset possono essere modificati sia assegnandoli in questo dialogo, sia tramite le funzioni di allineamento automatico.

Metamateriale

Il termine "metamateriale" è adottato da Softing per definire un insieme di specifiche che oltre alle caratteristiche puramente fisiche di un materiale, contengono anche informazioni più generali che riguardano anche le modalità di "confezionamento" di tale materiale. Nel caso di EasyBeam, è impiegabile il metamateriale Cemento Armato. Ogni elemento può avere un metamateriale diverso. Ciò consente di avere in una stessa struttura elementi con caratteristiche diverse. Il metamateriale, tipicamente, è assegnato in inMod per cui EasyBeam, se impiegato dopo inMod, può operare in cascata senza che sia necessario assegnare tali caratteristiche. Da questo dialogo è possibile sia scegliere il metamateriale o cambiarlo, sia editarne i parametri tramite l'accesso all'Archivio dei metamateriali. Le caratteristiche del metamateriale sovrascrivono quelle di default assegnate tramite i dialoghi di configurazione generale. Ciò consente, oltre tutto, di progettare elementi con caratteristiche dei materiali del tutto diversi.

Il metamateriale "Cemento armato", unico compatibile con EasyBeam, ha i parametri riportati nel dialogo seguente il cui significato è chiarito dalla definizione dei campi.



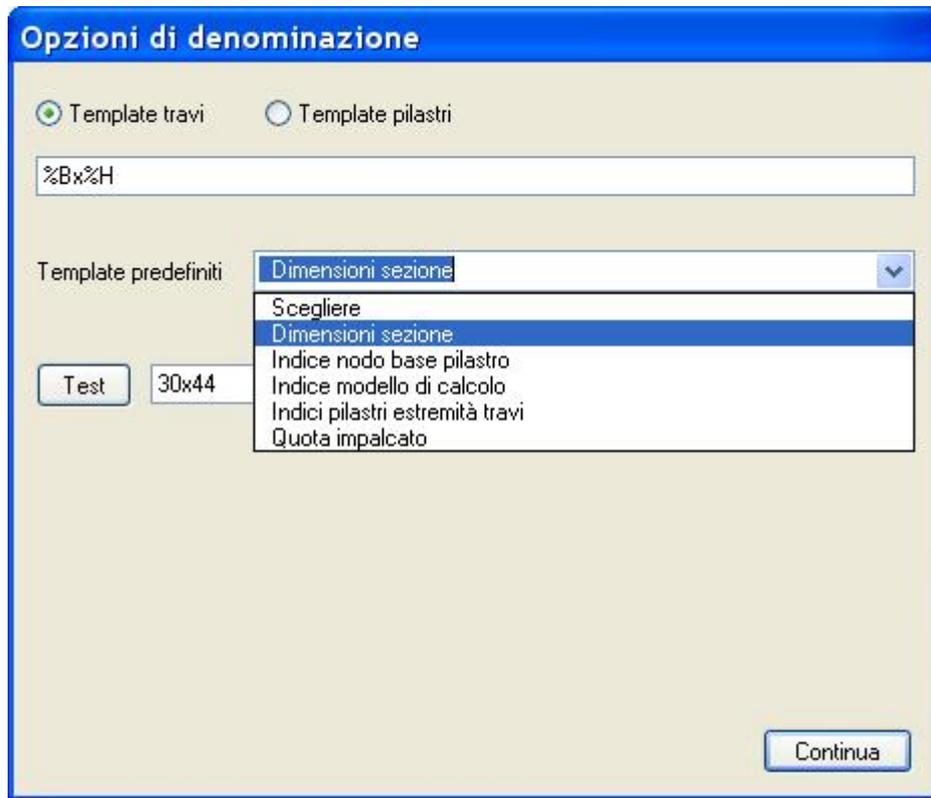
Nota bene

È possibile gestire l'assegnazione dei metamateriali a più elementi eseguendo una selezione multipla. Con la selezione singola si accede invece a tutti i dati del singolo elemento selezionato.

Dati del modello

I dati del modello di calcolo riportano gli indici e le coordinate di estremità dell'elemento nel modello di calcolo per una completa informazione.

Denominare gli elementi



Questa funzione consente di generare la denominazione dei singoli elementi (che si differenzia da quella della intera pilastrata o della intera travata) in modo personalizzato. Inserendo in una stringa contenente i termini e i caratteri voluti delle variabili, è possibile personalizzare la denominazione. Con un doppio clic sull'icona della palette della denominazione, si apre questo dialogo. Assegnate le stringhe volute, si procede come di consueto selezionando gli elementi voluti in modo da denominarli.

Vi è una stringa per le travi ed un'altra per i pilastri in modo da poter avere denominazioni differenziate. Dal menu di questo dialogo è possibile scegliere delle denominazioni predefinite.

Per controllare la propria assegnazione, selezionare una trave o un pilastro facendo un clic fuori del dialogo e premere il bottone Test. Nel campo accanto comparirà la denominazione ottenuta che non verrà assegnata all'oggetto selezionato.

I nomi delle variabili devono essere precedute dal carattere %.

Le variabili disponibili sono le seguenti:

- %I indice del modello di calcolo
- %B ingombro massimo in direzione y locale della sezione (base)
- %H ingombro massimo in direzione x locale della sezione (altezza)
- %Q quota di riferimento dell'impalcato (se assegnata all'elemento)
- %E indice del nodo di base del pilastro sinistro (solo travi)
- %F indice del nodo di base del pilastro destro (solo travi)
- %N indice del nodo di base del pilastro (solo pilastri)

- %M nome assegnato in inMod all'elemento (trave o pilastro)
- %S nome assegnato in inMod all'insieme di elementi (trave o pilastrata)

Con un esempio: la stringa: %B x %H produce una denominazione del tipo: 40 x 60.
Una stringa Pilastro %N produce una denominazione del tipo Pilastro 37

Raggruppare gli elementi

Il metodo degli elementi finiti consente di inserire dei nodi ausiliari per applicare delle forze, dei vincoli o per altri scopi. EasyBeam progetta 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. EasyBeam consente di raggruppare più elementi in modo che il progetto delle armature avvenga per un unico elemento. Gli sforzi vengono però sempre interpolati sui tratti definiti dai singoli elementi componenti consentendo un'interpolazione corretta dell'andamento anche complesso degli sforzi. Gli elementi vengono raggruppati solo se sono verificate 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. Quest'ultimo controllo può essere omissso. Vedere le opzioni sotto.



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.

In alcuni casi (si pensi ad esempio agli elementi boundary nel modello di una palancola), è troppo restrittiva l'impossibilità di unificare elementi cui siano connessi altri elementi trasversalmente. Tale condizione può essere quindi disattivata dal dialogo delle opzioni cui si accede con un doppio clic sull'icona della palette.

Le opzioni consentono di:

- Non effettuare alcun controllo sulle eventuali altre connessioni non in asse
- Di escludere solo quelle "miste" cioè una trave, a esempio, connessa ad un pilastro
- Escludere tutte le connessioni ove vi siano altri elementi non in asse

Si ricordi che il risultato può condurre ad un modello geometrico delle armature incongruente se l'unificazione dell'elemento non sia condotta, evitando i controlli, quando ciò non ha significato.

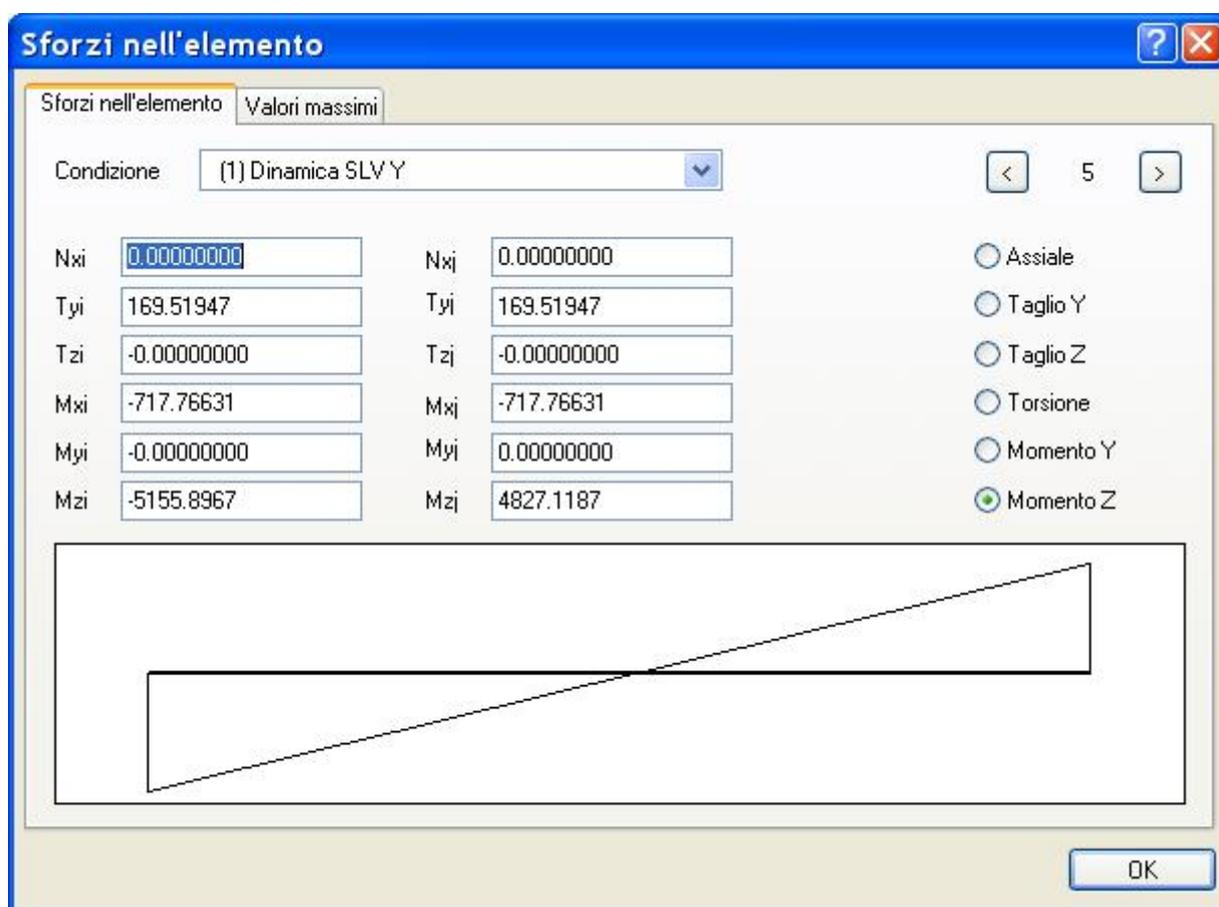
Nota

Per formare tutti i gruppi possibili, impiegare la funzione "Formazione automatica gruppi" del menu Funzioni.

Operazioni sugli sforzi negli elementi

Gli sforzi

Gli sforzi negli elementi sono calcolati con Nòlian. In EasyBeam è possibile controllarli e eventualmente modificarli. 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 possono essere modificati ed i valori modificati possono essere registrati per essere disponibili in eventuali successive utilizzazioni tramite EasyBeam. 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. Qualora si sia effettuato un merge degli sforzi si leggeranno anche gli sforzi aggiunti.

In caso di elementi raggruppati si può agire sui tasti-freccia per accedere ai dati dell'elemento voluto del gruppo.

Gestione dei blocchi

Per la gestione degli sforzi (blocchi) tramite il Catalogo, i Gruppi e le Combinazioni, vedere il manuale di Nòlian.

Visibilità dei blocchi

Nel catalogo dei blocchi, se si disabilita la visibilità di un blocco di sforzi, esso non sarà più presentato nei dialoghi e nelle combinazioni ma NON sarà eliminato dal documento: questa funzione serve solo a un più agevole e chiaro uso dei menu e delle tabelle consentendo di rendere invisibili i blocchi di sforzi che non si intendono trattare.

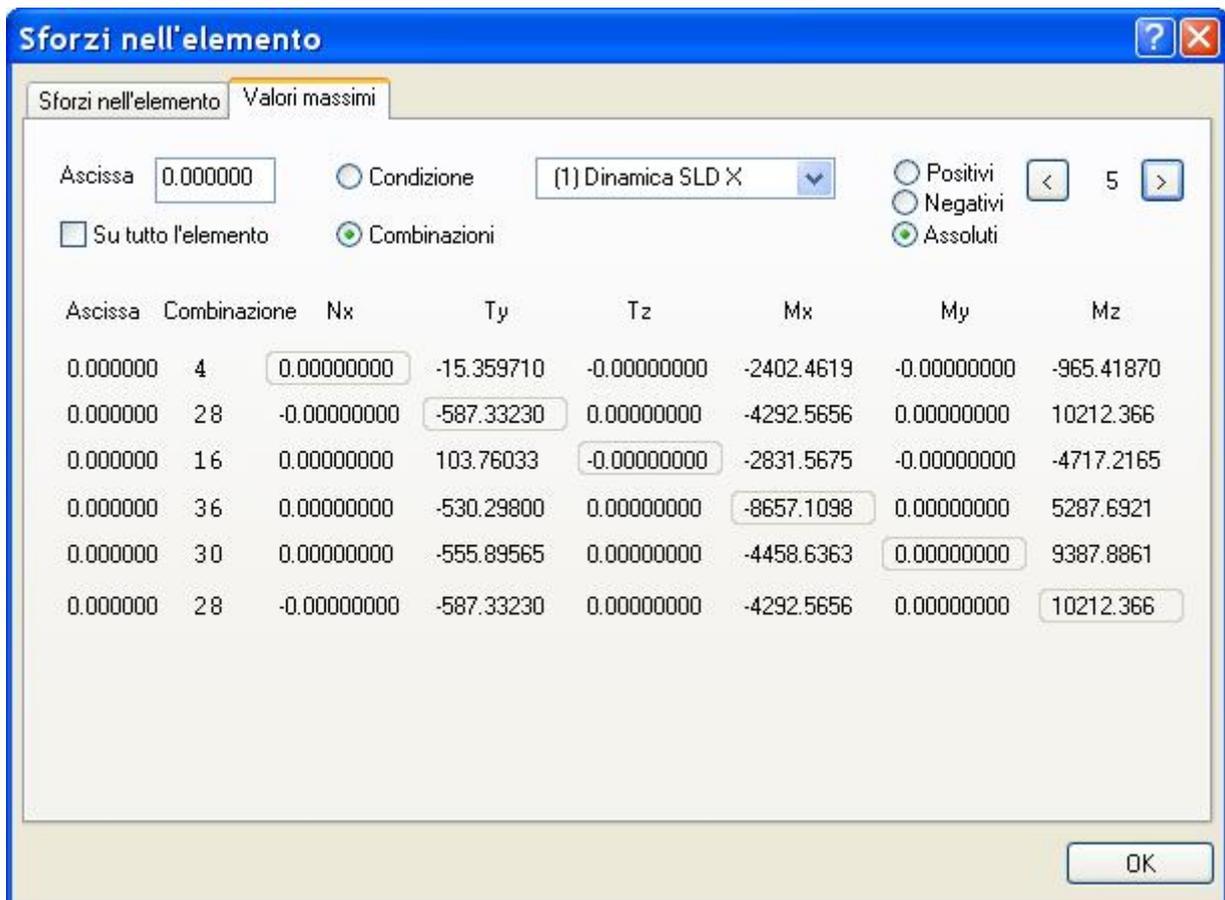
Combinazioni dei blocchi e di progetto

Riguardo le combinazioni, è utile specificare che le Combinazioni di Progetto (o di Esercizio) sono combinazioni "volatili" usate solo per il progetto delle armature e eseguite, se in automatico, secondo i requisiti di normativa, le funzioni invece di combinazione dei blocchi generano dei NUOVI blocchi di risultati assolutamente paritetici con quelli generanti e come questi "permanenti" nel senso che (a meno di una cancellazione volontaria) restano archiviati sul documento al contrario delle combinazioni di Progetto che vengono invece generate solo all'atto del progetto.

Gestione delle fasi

Si ricorda che nel documento sono presenti tutti i blocchi di sforzo calcolati in Nòlian, anche se derivanti da combinazioni in esso generate e anche di eventuali fasi diverse. Si deve però ricordare che i DATI (geometria, sezioni etc.) sono relative a UN. SOLA FASE, quella attiva al momento del salvataggio.

Valori massimi di sforzo



Questo dialogo non ha funzioni progettuali e non contiene assegnazioni da usarsi per il funzionamento automatico del programma. Consente solo di conoscere i massimi delle azioni negli elementi al fine puramente conoscitivo o per effettuare controlli personali o per eseguire progettazioni o modifiche personali con l'ausilio dei valori massimi qui calcolati automaticamente. Quindi chi faccia un uso automatico del programma, non ha bisogno di usare o conoscere questo dialogo.

Questo dialogo consente di ottenere i valori massimi di sforzo involupando le combinazioni generate per il progetto, cioè quelle formate in modo automatico o manuale a seconda delle modalità di combinazione e di progetto e dei moltiplicatori assegnati. I valori vengono calcolati relativamente a una ascissa assegnata.

In una sezione a ascissa determinata, si hanno sei componenti di sforzo: assiale (N), taglio y e z (Ty, Tz), momento torcente (Mx) e i momenti y e z (My e Mz).

Quando si parla di involuppi, si vuole il valore massimo di uno di questi sei valori. A esempio si vuole conoscere il momento massimo secondo y tra tutte le combinazioni. Ma se disponessimo solo dei valori massimi di ogni sollecitazione, non potremmo effettuare correlazioni tra di esse. A esempio la condizione A potrebbe dare il massimo momento ma una forza assiale nulla mentre al contrario la condizione B potrebbe dare momento nullo e forza assiale massima. Se volessimo utilizzare questi dati con funzione progettuale, non potremmo considerare contemporaneamente agenti i valori massimi. Dovremo invece considerare i valori correlati a ogni massimo. Pertanto per ogni massimo di una azione, vi sono altri cinque valori correlati. Si forma quindi una tabella 6x6 dove sulla diagonale vi sono i valori massimi dell'azione e sulla riga corrispondente i valori delle altre azioni correlate a tale massimo.

Ora si tenga presente che i valori massimi hanno segno algebrico e pertanto avremo dei valori massimi positivi ben distinti da quelli massimi negativi per cui avremo due gruppi di 6x6 valori come involuppo completo delle sollecitazioni della sezione. In questo dialogo, tre radio button consentono di scegliere i valori che si desidera vengano visualizzati. È possibile anche visualizzare i valori massimi in valore assoluto.

Come abbiamo detto, questo dialogo ha come funzione principale la generazione dei valori massimi di involuppo. Però può essere usato anche per conoscere il valore di una sola condizione di carico in una sezione voluta. È sufficiente attivare il radio

button “Condizione” anziché “Combinazione” e scegliere la condizione voluta dal menu.

Inoltre vi è la possibilità di conoscere i valori massimi su tutto l'elemento. In questo caso, attivando il check box “Tutto l'elemento” il programma esamina un certo numero di sezioni ed espone i valori massimi, per ogni sollecitazione, trovato su tutte le sezioni esaminate e riporta la ascissa della sezione dove tale massimo è stato individuato.

Modifica degli sforzi negli elementi

È possibile modificare le singole componenti di sforzo tramite moltiplicazione per un fattore assegnato. Questa funzione si applica agli sforzi di tutti gli elementi selezionati per cui è possibile incrementare, annullare o comunque modificare di un fattore opportuno i valori di sforzo in funzione dei requisiti di normativa o di progetto. Si accede a questa funzione tramite il comando Modifica condizioni del menu Carichi. Si selezionano quindi gli elementi voluti. Appare un dialogo nel quale si sceglie la condizione di carico che si vuole modificare e si assegnano i moltiplicatori. Chiudendo il dialogo con il bottone Continua viene effettuata la fattorizzazione.

Attenzione

La modifica non è ripristinabile con il comando Undo.

Diagramma degli sforzi



È possibile rappresentare i diagrammi di involuppo delle sollecitazioni per tutte le combinazioni di carico attive. I diagrammi si riferiscono alle sollecitazioni di momento, taglio e forza assiale agenti sugli elementi. Si possono rappresentare anche più elementi contemporaneamente. La rappresentazione avviene per proiezione delle sollecitazioni sul piano di lavoro attivo e, in caso di rappresentazione in sezione, sul piano stesso di sezione. Si raccomanda quindi di scegliere opportunamente il piano di lavoro per ottenere la rappresentazione delle componenti di sollecitazione volute. Nella rappresentazione vengono considerate tutte le combinazioni di carico attive (le stesse che verrebbero usate se in quel momento si effettuasse il progetto) e vengono disegnate le due curve di involuppo delle sollecitazioni massime: una dei massimi positivi ed una dei minimi negativi. Nella barra di stato viene riportato il valore massimo assoluto. Cliccando sull'asse dell'elemento durante la rappresentazione, si legge il valore massimo assoluto di sforzo nel punto. Per attivare questa funzione, selezionare l'icona della palette e quindi gli elementi voluti. La scelta del tipo di sollecitazione da rappresentare e del fattore di amplificazione dei diagrammi si effettua dal dialogo cui si accede con un doppio clic su tale icona.

Opzioni di disposizione delle barre

In questa sezione della guida vengono descritte le opzioni di disposizione delle barre, tra cui l'interruzione automatica delle barre lunghe e le interruzioni delle barre di armatura.

Interruzione automatica delle barre lunghe



Qualora si assegni nel dialogo delle preferenze di progetto, la lunghezza massima delle barre, la tipologia di taglio di tali barre, qualora superino la lunghezza assegnata, avviene secondo lo schema assegnato nelle preferenze del taglio delle barre. Tale dialogo si apre con un doppio clic sull'icona della palette di taglio manuale delle barre, a forma di forbice. L'interruzione avviene automaticamente durante il progetto. In questo caso però, se è attiva l'opzione di controllo barre tese, non viene effettuata l'interruzione ma non ne viene dato avviso all'operatore. Attenzione: se non è attiva nessuna scelta di posizione di taglio di barre in questo dialogo, il taglio automatico ovviamente non ha luogo. Se è attiva l'opzione di riconoscimento automatico delle travi Winkler, lo schema di interruzione assegnato viene automaticamente invertito in caso si applichi ad una trave Winkler.

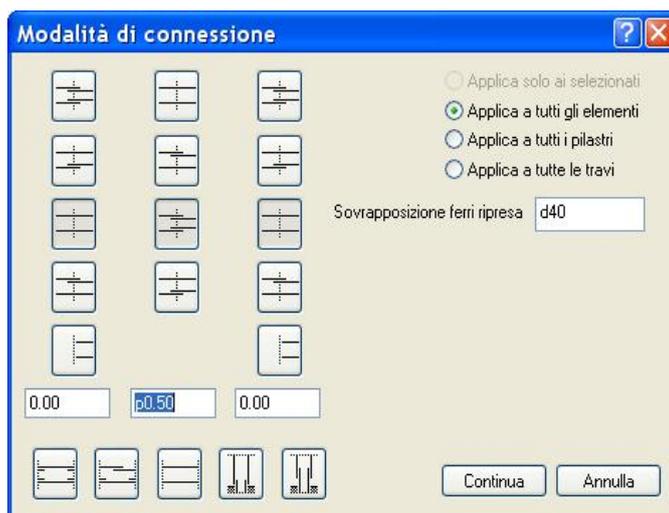
Attenzione

Questa funzione è applicata solo alle travi di sezione rettangolare o a T, non alle travi di sezione poligonale, comprese le sezioni ad L.

Interruzioni delle barre di armatura

EasyBeam progetta le armature separatamente per ciascun elemento provvedendo ad ancorare adeguatamente gli estremi delle barre. La disposizione che ne deriva è quella simbolicamente illustrata nella figura del dialogo. Al dialogo si accede con

un doppio clic sull'icona della palette .



L'operatore può decidere, per ogni elemento:

- se interrompere le barre in mezzzeria
- se connettere (proseguire) le barre alle estremità dell'elemento

Ciò può essere fatto per:

- tutte le barre
- le barre esclusivamente tese
- le barre esclusivamente compresse

Il metodo di disposizione delle barre può essere assegnato ad ogni singolo elemento consentendo così di avere uno schema dispositivo per ogni elemento. Ciò si ottiene attivando l'icona dell'assegnazione del metodo di disposizione e selezionando quindi gli elementi voluti.

Il dialogo di assegnazione riporta lo schema assegnato all'elemento selezionato. Nel caso di selezione multipla di elementi con schemi differenti, viene riportata la selezione relativa alla disposizione standard.

Il dialogo riporta tre colonne di icone relative all'estremo sinistro dell'elemento (relativamente al riferimento locale dell'elemento), la mezzeria dell'elemento e l'estremo destro.

La prima riga si riferisce allo schema standard. La terza riga si riferisce a tutte le barre (sia tese che compresse). La seconda e la quarta riga si riferiscono invece alle barre tese o compresse. Le icone sono dei simboli che non si riferiscono alla posizione della barre, come raffigurate nelle icone, ma a barre tese o compresse qualunque sia la posizione delle barre nella sezione. Nelle icone relative agli estremi si sono raffigurate le barre tese come barre "superiori" mentre per la mezzeria si sono raffigurate le barre tese come barre inferiori. Tale scelta è stata dettata dalla disposizione consueta di barre tese superiori agli incastri e inferiori in mezzeria. Si torna però a precisare che tale rappresentazione è solo una simbologia che in ogni caso serve a distinguere le operazioni da fare su barre tese o compresse e non sulla loro posizione.

Le icone più in basso nel dialogo sono relative alle condizioni di estremità e consentono di interrompere, senza ancoraggio, le barre nel punto voluto. Ciò può essere utile nel caso, ad esempio, di ripresa di getto dei pilastri.

I campi editabili per ciascuna colonna consentono di indicare l'ascissa della sezione dove si vuole che l'operazione sulle barre venga eseguita. Il valore assegnato deve intendersi la distanza, con segno, dall'estremo indicato.

Il valore relativo all'estremità di destra è importante per gestire la ripresa di getto al solaio. Assegnando il valore desiderato di prolungamento della barra, essa viene prolungata di tale valore oltre l'estremo del pilastro in modo da assicurare la voluta lunghezza di sovrapposizione. Se tale valore è preceduto da asterisco, la lunghezza viene calcolata dall'estradosso superiore, se esiste un pilastro sovrastante. Tale possibilità serve per avere una lunghezza dei ferri di ripresa a partire dal solaio e non dall'estremo del pilastro. Se cambia la sezione del pilastro superiore per cui la barra non può passare, la barra viene piegata e viene aggiunto ferro di ripresa di getto.

Nell'assegnazione del valore si può assegnare anche d o D (esempio $*d40$) per assegnare la lunghezza in diametri della barra. Quest'ultima opzione viene attivata automaticamente dalla configurazione guidata se si richiede l'interruzione delle barre al solaio. Questa opzione viene anche attivata automaticamente attivando l'icona in basso relativa alla interruzione dei pilastri.

Nel caso delle operazioni in mezzeria, il valore viene impiegato per assegnare l'ascissa di interruzione della barra. Per evitare assegnazioni accidentali che possono causare disposizioni del tutto inattendibili delle armature, i valori di ascissa sono limitati ai campi definiti da un terzo della luce dagli estremi.

I valori di ascissa sono normalmente indicati come misure di lunghezza, nelle unità di misura correnti, a partire dall'origine dell'elemento. Possono però anche essere indicati come coordinata parametrica (quindi con valori da 0 ad 1) sempre a partire dall'origine dell'elemento. In caso la coordinata indicata sia parametrica, il valore indicato deve essere preceduto dal carattere 'P' o 'p'. Ad esempio p0.5 indica la mezzeria della trave, p1.0 indica l'estremo destro e così via.

Il simbolo "*" (jolly) comporta il calcolo dell'estradosso massimo delle travi connesse all'estremo inferiore dei pilastri e l'interruzione delle barre a tale livello. Per questa opzione si impiega la classificazione di "trave" e "pilastro" secondo la loro appartenenza ad un sistema globale dove il piano XY è il "piano di terra".

Il campo "Sovrapposizione ferri di ripresa" consente di assegnare la lunghezza della parte emergente dei ferri di ripresa sia delle fondazioni che di piano. Anche qui, il valore è normalmente in unità di lunghezza ma se il valore è preceduto dalla lettera 'd' è inteso come lunghezza in diametri della barra.

È possibile spostare l'interruzione delle barre dal nodo. I valori numerici sotto le colonne delle icone di modalità di connessione, qualora si scelgano sconnessioni nel nodo, possono rappresentare la distanza dal nodo dove spostare la giunzione, ciò per evitare la sovrapposizione nel nodo. Si tenga presente che l'estremo destro e sinistro in travi contigue si scambiano di significato e quindi conviene assegnare valori eguali a destra e a sinistra. In caso contrario, lo spostamento della connessione è determinato dall'ordine (non definibile dall'utente) secondo il quale si svolge il processo. I campi ammettono l'uso della "d" per numero di diametri della barra di minor diametro oppure "p" per un valore parametrico, ove cioè si assume il valore unitario per la lunghezza dell'elemento. Lo spostamento non può essere maggiore della metà della lunghezza della trave. Si invita comunque ad evitare lo spostamento in presenza di elementi corti.

Gli short-cuts nel dialogo

I bottoni sulla parte inferiore del dialogo consentono una selezione rapida ed intuitiva delle modalità di connessione delle barre.



Barre sovrapposte all'estremità dell'elemento.



Barre tese continue, barre compresse sovrapposte.

Si ricorda che, simbolicamente, l'icona rappresenta le barre tese in campata nella parte inferiore dell'icona ma che il comportamento del programma prescinde dalla posizione e tiene conto delle effettive sollecitazioni.



Sia barre tese che compresse continue all'inter-elemento.

Si ricorda che il programma non sconnette le barre anche se la loro lunghezza supera quella di fabbricazione: ciò per impedire sconnessioni in punti non corretti.



Inizio delle barre "inferiori" (solo se pilastri) all'estradosso massimo delle travi concorrenti nell'estremo inferiore del pilastro.



Interruzione di tutte le barre (sia tese che compresse) in mezzeria (o dove parametricamente indicato poi dall'utente) e

continuità nel nodo. È una disposizione classica per i pilastri in zona sismica.

Assegnazione a tutti gli elementi

I valori inseriti nel dialogo vengono in genere assegnati agli elementi selezionati. Tale assegnazione può essere estesa a tutti gli elementi usando i bottoni di selezione del dialogo. La discriminazione tra travi e pilastri è di carattere geometrico. Questo dialogo può essere aperto anche tramite un doppio clic sull'icona della palette. I valori assegnati ad ogni elemento vengono registrati e sono utilizzabili ad ogni nuova lettura del file.

Note

Si ricorda che perché le barre possano essere connesse agli estremi a quelle di altre campate, tali barre devono essere già presenti nell'elemento attiguo per un precedente progetto o, meglio, devono essere contemporaneamente progettati gli elementi attigui. La rappresentazione in esplosivo piano di barre connesse di più elementi avviene in un ordine che può non tenere conto della disposizione nella rappresentazione delle barre di elementi attigui. Ciò può causare la sovrapposizione di barre di diversi elementi. In questo caso si deve intervenire con l'editor grafico per ridisporre opportunamente le barre nel disegno.

Ferri di ripresa in fondazione

In caso sia attiva l'opzione di interruzione barre all'estremità sinistra (inferiore) del pilastro, vengono predisposti i ferri di ripresa in fondazione se sotto al pilastro esiste una trave Winkler, un plinto (gestito dall'apposita funzione ausiliaria) o una piastra Winkler. I ferri di ripresa in fondazione sono raffigurati sia in esplosivo che se si esegue una rappresentazione a livello fondazioni attivando l'opzione "Solo carpenteria" (esclusi i ferri di ripresa nelle piastre). Tali barre di ripresa hanno un prolungamento di lunghezza fissa di 40 diametri con 20 diametri di tratto orizzontale di ancoraggio.

ATTENZIONE

Poiché vengono comunemente impiegati entrambi i tipi di rappresentazione (in sezione e in pianta), non potendo privilegiarne una a discapito dell'altra, si ha in tal modo una DOPPIA rappresentazione delle armature in elaborati grafici diversi. Tenerne conto ai fini dei computi e della predisposizione dei materiali.

Opzioni di progetto

In questa sezione del manuale vengono illustrati i metodi per la gestione delle opzioni di progetto. Più precisamente si definiscono i metodi per definire e gestire le [caratteristiche dei materiali](#), i [fattori di sicurezza parziali dei materiali](#), i [legami costitutivi dei materiali](#), le [opzioni per il progetto](#), i [minimi di armatura longitudinale](#), le [opzioni per il progetto delle armature trasversali](#).

Assegnazioni algebriche

Nei campi di dialogo che lo consentono, è possibile inserire un testo - di struttura algebrica - con dei simboli che verranno elaborati durante il progetto della sezione sostituendoli con i valori attuali. Questo metodo consente di assegnare molto liberamente le prescrizioni di normativa anche se più complesse di un semplice valore numerico.

La struttura del testo prevede che più espressioni elementari (condizioni) possono essere assegnate nello stesso testo separate da un virgola. Verrà preso il valore minimo o massimo, secondo i casi, tra tutti quelli inseriti.

Si possono anche usare più variabili nella stessa assegnazione. In tal caso si assume che i valori vengano moltiplicati tra loro.

Un esempio: N12.0F,25

Verrà calcolata l'azione assiale N nell'elemento al momento della richiesta, verrà calcolato il valore $1.0/f_y$ relativo al metamateriale dell'elemento. Quindi si procederà come segue: $\min(N*12.0*F, 25)$

I simboli impiegabili sono i seguenti:

Dn	n volte il diametro minimo dell'armatura disponibile
Fn	n diviso la resistenza dell'acciaio f_{yk} cioè n/f_{yk} (con f_y sempre in MPa).
Jn	n volte il rapporto f_y/f_{cd}
Hn	n volte l'altezza della sezione. Intesa come segmento tagliato dall'asse locale y.
Ln	n che moltiplica la lunghezza della trave. L0.25, ad esempio, è un quarto della luce della
Mn	M (maiuscolo) è la dimensione massima della sezione
mn	m (minuscolo) è la dimensione minima della sezione
Nn	n volte la forza assiale se di compressione (limitatamente all'armatura minima longitudir
Pn	P (maiuscolo) è il rapporto tra l'area totale della staffa e la larghezza della sezione sulla c
pn	p (minuscolo) è il rapporto tra l'area totale della staffa e la larghezza della staffa: A_{st}/b_{st}
Sn	n volte il diametro della staffa
Tn	n volte il rapporto f_{ctm}/f_{yk}
Yn	n volte il rapporto f_{cd}/f_{yd}
n	valore numerico

Opzioni di progetto

Normativa | **Materiali** | Progetto | Minimi | Staffe

Materiali

- F inverso resistenza calcolo acciaio (MPa)
- Y rapporto resistenze di calcolo calcestruzzo
- J rapporto resistenze di calcolo acciaio/calcestruzzo
- T rapporto resistenze di calcolo trazione calcestruzzo

Elemento

- H altezza sezione (asse locale z)
- h (minuscolo) altezza utile sezione (asse locale z)
- M (maiuscolo) massima dimensione sezione
- m (minuscolo) minima dimensione sezione
- L lunghezza
- N forza assiale

Staffe

- S diametro staffa
- A inverso area della staffa
- P area della staffa diviso larghezza della sezione
- p area della staffa diviso larghezza della staffa
- D diametro minimo barre armatura disponibili

Massimo

Minimo

Il dialogo "Elenco variabili", nel dialogo multiplo delle assegnazioni, contiene una breve descrizione delle variabili sopra descritte per consentire una rapida guida all'uso.

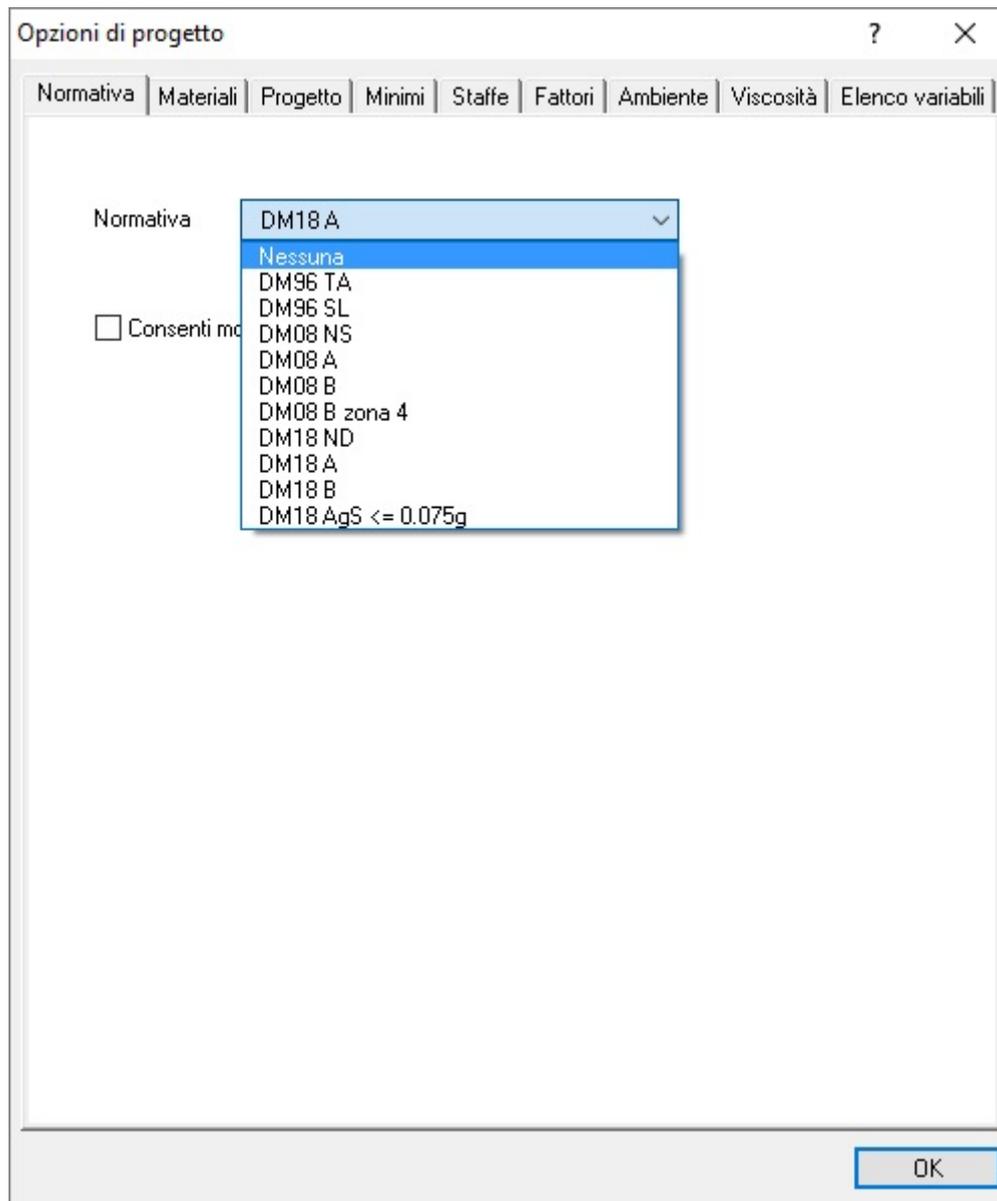
Questo dialogo consente anche di provare delle stringhe di assegnazione inserendole nel campo editabile in basso.

Se le variabili si riferiscono a un elemento, si può selezionare tale elemento con un clic esterno al dialogo e senza necessità di chiuderlo.

Con il bottone "Calcola" viene calcolato il massimo o il minimo di eventuali più espressioni concatenate dalla virgola.

Premendo il bottone a fianco della descrizione di ogni variabile, se ne trasferisce il simbolo nel campo editabile. La variabile viene valutata in sede di progetto per ogni combinazione di carico e quindi non viene valutata in questo dialogo.

Normative



Questo dialogo consente di selezionare una normativa di riferimento.

Tutti i parametri significativi per EasyBeam della normativa prescelta, verranno settati per configurare EasyBeam a operare con tale normativa.

Questo pannello consente una configurazione rapida.

Se il checkbox "Consenti modifica parametri normativa" è contrassegnato, è possibile modificare i parametri di normativa senza che la normativa prescelta venga deselezionata. In caso contrario i campi dei parametri legati alla normativa vengono dimmati e quindi non sono modificabili.

Qualora si assegni "Nessuna" i parametri assegnati determinano il comportamento del programma specificando che in caso di progetto agli stati limite NON viene impiegato il metodo del traliccio ad inclinazione variabile che viene considerato sempre a 45°.

Caratteristiche dei materiali

The screenshot shows the 'Opzioni di progetto' dialog box with the 'Materiali' tab selected. The dialog is organized into several sections:

- Unità di misura:** Lunghezza (cm), Forza (kg), Pressione (kg/cmq).
- Resistenza materiali:** Resist. cubica calcestruzzo (300.000), Resistenza acciaio (4400.00), Ammissibile calcestruzzo (97.0000), Ammissibile acciaio (2600.00).
- Barre armatura longitudinale:** Barra 1 (ø18), Barra 2 (ø14), Barra 3 (ø20). Activation checkboxes for Travi and Pilastrì are shown.
- Disposizione:** Copriferro (4.00000), Interferro (2.00000), Massima lunghezza (1200.00).

An 'OK' button is located at the bottom right of the dialog.

Si accede al dialogo per l'assegnazione delle caratteristiche dei materiali tramite un doppio clic sull'icona del progetto o dei dati degli elementi. Nel dialogo si possono assegnare le seguenti caratteristiche.

Unità di misura

Le unità di misura di lunghezza (mm, cm, m), di forza (kg, N, kN), di pressione (kg/cmq, N/mm²). Tali unità di misura saranno quelle di riferimento per ogni assegnazione ed ogni presentazione dei dati. Le unità di misura possono essere modificate in qualsiasi momento.

Caratteristiche di resistenza

Vengono assegnate nelle unità di misura correnti.

La Resistenza cubica del calcestruzzo viene impiegata sia per il metodo delle tensioni ammissibili che degli stati limite in quanto, nel caso delle tensioni ammissibili, serve a calcolare le tensioni tangenziali di progetto. La resistenza da assegnare è quella cubica (R_{ck}).

La resistenza a snervamento dell'acciaio non viene utilizzata per il metodo delle tensioni ammissibili. La tensione ammissibile

nel calcestruzzo non viene utilizzata per il metodo degli stati limite. La tensione ammissibile nell'acciaio non viene utilizzata per il metodo degli stati limite.

Barre di armatura longitudinale

Per il progetto sono disponibili tre diametri di barre. Le barre sono identificate da un nome. L'area della barra del nome prescelto è associata a tale nome in un data base delle barre di armatura. Pertanto sono disponibili nel menu solo le barre presenti in tale data base. Se si vogliono aggiungere o modificare i dati delle barre, accedere alla gestione del data base tramite il bottone "Archivio barre" (per la descrizione vedi in seguito).

Le barre assegnate possono essere impiegate o meno nel progetto delle travi e dei pilastri semplicemente contrassegnandone o meno l'attivazione. In tal modo, tra l'altro, si può ottenere che nei pilastri, a esempio, venga usato un solo diametro di barra.

Archivio barre

EasyBeam dispone di un archivio che registra l'associazione tra un nome di libera assegnazione, che identifica un tipo di barra, con la relativa area di sezione ed il colore opzionalmente utilizzato nell'esportazione in formato IFC. Si possono impiegare in EasyBeam solo barre i cui nomi e le cui aree siano presenti in tale archivio.

La libreria comprende inizialmente i seguenti diametri standard: $\Phi 6$, $\Phi 8$, $\Phi 10$, $\Phi 12$, $\Phi 14$, $\Phi 16$, $\Phi 18$, $\Phi 20$, $\Phi 22$, $\Phi 24$, $\Phi 25$, $\Phi 26$, $\Phi 28$, $\Phi 30$, $\Phi 32$.

L'archivio è condiviso da tutti gli ambienti e viene salvato nella cartella delle preferenze globali del rilascio nel file "BarTypesLibV2.txt".

Archivio barre

pos	Nome	Area [cm2]	% diff	Colore IFC
LOC	barra tipo	3.800000	user	
LOC	d14	1.540000	user	
G+L	ø10	0.785000	- 0.0507 %	
G+L	ø12	1.130973		
G+L	ø14	1.539380		
G+L	ø16	2.010619		
GLO	ø18	2.540000	- 0.1843 %	
G+L	ø20	3.141593		
GLO	ø22	3.801327		
GLO	ø24	4.523893		
GLO	ø25	4.908739		
GLO	ø26	5.309292		
GLO	ø28	6.157522		
GLO	ø30	7.068583		
GLO	ø32	8.042477		
GLO	ø6	0.280000	- 0.9701 %	
G+L	ø8	0.502655		

L'archivio è estendibile con diametri creati dall'utente tramite il pulsante "Aggiungi". Tali diametri possono essere rimossi con il pulsante "Elimina". Il pulsante "Factory..." elimina tutte le definizioni correnti e ripristina quelle iniziali.

La colonna "pos" indica la collocazione di ciascuna definizione. "GLO" indica una definizione presente nelle preferenze globali, "LOC" indica una definizione presente soltanto nel modello corrente, mentre "G+L" indica che una definizione global appare anche nel modello corrente. La dicitura "LsG" indica che esiste una definizione con lo stesso nome sia nelle preferenze globali che nel modello corrente, ma sono differenti. In questo caso la definizione del modello corrente sostituisce quella globale.

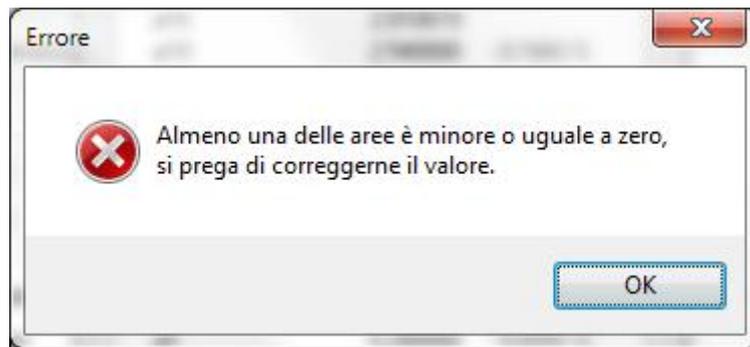
Il pulsante "Carica default..." elimina tutte le definizioni correnti e ricarica le definizioni presenti nel file "BarTypesLibV2.txt" mentre il pulsante "Salva default..." salva tutte le definizioni correnti nel file "BarTypesLibV2.txt", di fatto trasformando eventuali definizioni "LOC" in "GLO".

I diametri standard non sono eliminabili né rinominabili, ma le loro aree di sezione sono modificabili. Questo può risultare utile dovendo analizzare strutture esistenti con barre corrose che richiedano una riduzione dell'area effettiva rispetto a quella nominale.

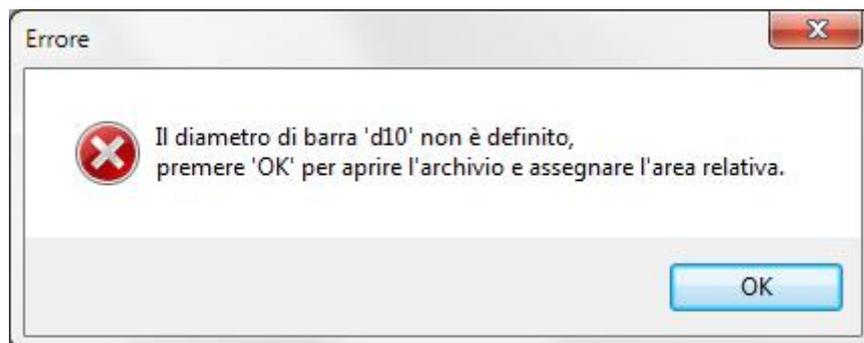
La colonna "% diff" riporta la dicitura "user" se il diametro è stato definito dall'utente, oppure la percentuale di scostamento dall'area nominale se si tratta di un diametro standard che è stato modificato.

Nel caso si desideri ripristinare il valore dell'area nominale di una barra standard è sufficiente selezionarla e quindi premere pulsante "Reset standard".

Il programma non consente la definizione di barre con area nulla o negativa e non permetterà in tali casi l'uscita dal dialogo di gestione dell'archivio, segnalando l'errore.



Se durante il caricamento di una struttura o lo svolgimento di altre operazioni che comportino l'utilizzo delle definizioni di barre viene riscontrata l'assenza di una definizione utilizzata da un elemento, verrà prima presentato un avviso.



Quindi verrà creata automaticamente una definizione per il diametro mancante ed infine aperto il dialogo dell'archivio per consentire l'inserimento del valore dell'area corrispondente.

Copriferro

La misura, nelle unità di misura correnti, tra la faccia dell'elemento in calcestruzzo e l'asse della barra. Si faccia attenzione perché nella terminologia corrente per copriferro si intende la misura tra la superficie della barra (e non l'asse) e la faccia dell'elemento in calcestruzzo.

Per assicurare un corretto funzionamento, se si assegna un copriferro maggiore di 1/5 della dimensione minima della sezione, esso viene automaticamente portato a tale valore.

Interferro

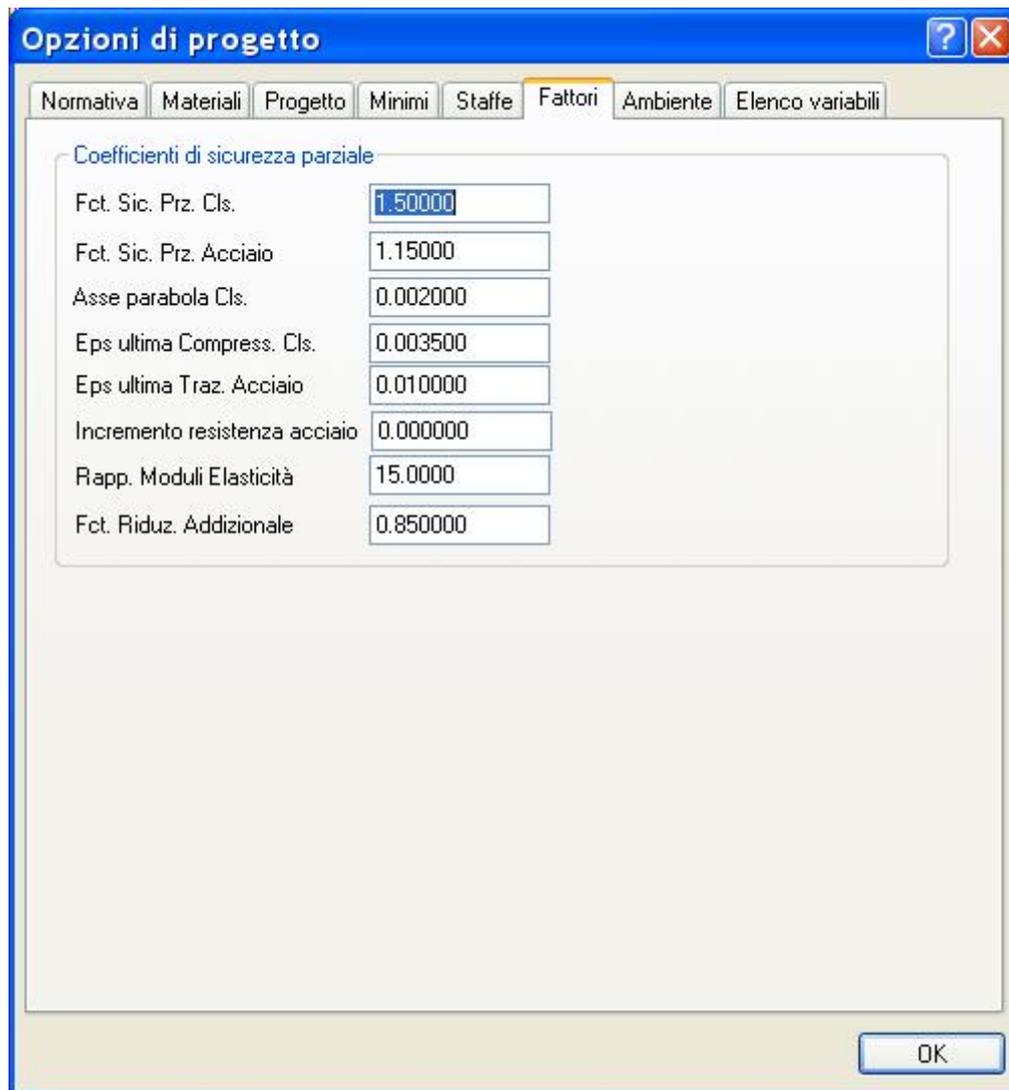
Questo valore viene usato nel progetto per il controllo della distanza tra le barre. Con interferro si intende la distanza tra gli assi delle barre.

Lunghezza massima

Se le barre, durante il progetto, superano la lunghezza assegnata, vengono automaticamente interrotte nella campata mediana secondo le modalità dell'interruzione delle barre (vedi).

Fattori di sicurezza parziali dei materiali

In questo dialogo sono raccolti soprattutto i coefficienti di sicurezza parziale dei materiali ma vi sono anche altri parametri di base che caratterizzano i materiali.



Coefficienti di sicurezza parziale

In questo dialogo vengono assegnati i coefficienti che servono a determinare i legami costitutivi dei materiali ed i coefficienti di sicurezza parziale. Consente di assegnare i seguenti parametri.

- Coefficiente di sicurezza parziale del calcestruzzo (tipicamente 1.6).
- Coefficiente di sicurezza parziale dell'acciaio (tipicamente 1.15).
- Deformazione ultima del calcestruzzo in compressione (tipicamente 0.0035). Viene impiegato come limite massimo ammissibile di deformazione nel progetto agli stati limite. Tale limite è automaticamente progressivamente ridotto al valore 0.0020 progredendo l'asse neutro verso l'infinito.
- Asse della parabola del legame costitutivo del calcestruzzo (tipicamente 0.002).
- L'incremento resistenza acciaio k consente di considerare il fenomeno dell'incrudimento (hardening) nel legame costitutivo dell'acciaio. Esso è il moltiplicatore delle tensioni di snervamento che si ha alla deformazione ultima.
- Deformazione ultima dell'acciaio in trazione (tipicamente 0.01). Viene impiegato come limite massimo ammissibile di deformazione nel progetto agli stati limite.
- Rapporto tra i moduli elastici (tipicamente 15). Si tratta del rapporto tra i moduli elastici dell'acciaio e del calcestruzzo. È necessario per definire il diagramma sforzi-deformazioni del calcestruzzo nel caso del metodo delle

tensioni ammissibili. Non è utilizzato nel metodo degli stati limite.

- Fattore riduzione addizionale (tipicamente 0.85). Impiegato per definire il valore massimo di resistenza nel diagramma sforzi-deformazioni del calcestruzzo impiegato nel metodo degli stati limite.

Legami costitutivi dei materiali

Il progetto delle sezioni effettuato da EasyBeam viene eseguito impiegando una analisi non lineare delle sezioni per cui sono utilizzati i legami costitutivi non-lineari dei materiali. EasyBeam usa un diverso diagramma sforzi-deformazioni del calcestruzzo nel caso del metodo degli stati limite (non lineare) e delle tensioni ammissibili (lineare). I parametri per definire il diagramma sforzi deformazioni vengono assegnati nel dialogo delle caratteristiche dei materiali. Nel caso delle tensioni ammissibili si adotta una funzione lineare con inclinazione pari al modulo di elasticità del calcestruzzo assunto $2.100.000/n$ kg/cm_2 , dove n è il rapporto tra i moduli elastici. Nel caso degli stati limite si assume un tratto di parabola ad asse verticale per $\varepsilon = -0.002$ dove il vertice ha ordinata pari al valore massimo di resistenza del calcestruzzo. Per il tratto per cui $\varepsilon < -0.002$, la funzione è rettilinea. Per $\varepsilon > 0$ (trazione) la funzione è una retta coincidente con l'asse delle ascisse. Il valore di resistenza del calcestruzzo si assume $\alpha_c * R_{bk} / \gamma_c$ dove R_{bk} è la resistenza cilindrica caratteristica del calcestruzzo, γ_c è il coefficiente di sicurezza parziale del calcestruzzo (tipicamente 1.5) ed α_c è il fattore riduzione addizionale (tipicamente 0.85). Nel progetto viene assunto un diverso diagramma sforzi-deformazioni dell'acciaio nel caso del metodo degli stati limite (non lineare) e delle tensioni ammissibili (lineare). Nel caso delle tensioni ammissibili si adotta una funzione lineare con inclinazione pari al modulo di elasticità dell'acciaio assunto pari a $2.100.000$ kg/cm_2 . Nel caso degli stati limite si assume un tratto lineare con inclinazione pari al modulo di elasticità dell'acciaio E_s , assunto pari a $2.100.000$ kg/cm_2 , per valori di deformazione inferiori, in valore assoluto, a quelli corrispondenti alla tensione di riferimento dell'acciaio assunta pari a f_y / γ_s dove f_y è la resistenza caratteristica dell'acciaio e γ_s è il coefficiente di sicurezza parziale dell'acciaio (tipicamente 1.15). Per valori di deformazione superiori, in valore assoluto, a tale limite, si assume una funzione rettilinea, parallela all'asse delle ascisse.

Fattori dei materiali

Parametro	Valore
Fct. Sic. Prz. Cls.	1.50000
Fct. Sic. Prz. Acciaio	1.15000
Asse parabola Cls.	0.002000
Eps ultima Compress. Cls.	0.003500
Eps ultima Traz. Acciaio	0.010000
Incremento resistenza acciaio	0.000000
Rapp. Moduli Elasticità	15.0000
Fct. Riduz. Addizionale	0.850000

Calcestruzzo confinato

Factory

OK

E' possibile assegnare i valori tipici di comportamento dei materiali.

Nota: qualora la normativa sia la DM18ND i valori di deformazione ultima del calcestruzzo in compressione e dell'acciaio in trazione vengono opportunamente assegnati in automatico in modo che le analisi si mantengano in campo elastico. Fare attenzione che tale assegnazione viene osservata sia per combinazioni con azioni sismiche che non sismiche. Ciò è cautelativo, ma se si desidera operare altrimenti, tali fattori possono essere modificati come si desidera. Se si modifica la tensione di snervamento dell'acciaio, questi valori vengono ricalcolati automaticamente sovrascrivendo eventualmente quelli assegnati manualmente.

Opzioni per il progetto

Opzioni di progetto

Normativa | Materiali | **Progetto** | Minimi | Staffe | Fattori | Ambiente | Viscosità | Elenco variabili

Metodo: Stati limite

Opzioni Ancoraggio

Lunghezza ancoraggio (a): 20.0000 Ancoraggio maggiorato 25%

Lunghezza piegatura (a): 10.0000 Ancoraggio singola piegatura

Opzioni regolarizzazione lunghezze

Fattore normalizzazione: 0.600000 Lunghezza unificazione: 100.000

Armatura diffusa

Massima distanza barre: 1000.00

Continuità barre pilastri

Massimo spostamento: 0.00000000

Opzioni di disposizione

Gruppo barre angolo pilastri Simmetria armature Verifica instabilità pilastri

Opzioni speciali di progetto

Eccentricità Traslazione Verifica resistenza anche con SLD

Controllo duttilità

Taglio sismico Gerarchia resistenze Gestione pilastri-parete

Fattori sovraresistenza Gamma_{rd}

Pilastri peso-flessione: 1.300 Taglio travi: 1.200 Taglio pilastri: 1.300

Taglio pareti: 1.200 Nodi: 1.200

OK

Si accede al dialogo per l'assegnazione delle opzioni di progetto tramite un doppio clic sull'icona di progetto. Nel dialogo si possono assegnare le caratteristiche qui di seguito descritte.

Nei campi di dialogo che lo consentono, è possibile inserire un testo - di struttura algebrica - con dei simboli che verranno elaborati durante il progetto della sezione sostituendoli con i valori attuali. Questo metodo consente di assegnare molto liberamente le prescrizioni di normativa anche se più complesse di un semplice valore numerico. Si veda il capitolo delle [Assegnazioni algebriche](#).

Metodo di progetto

È possibile scegliere tra il metodo degli stati limite ed il metodo delle tensioni ammissibili.

Opzioni di ancoraggio

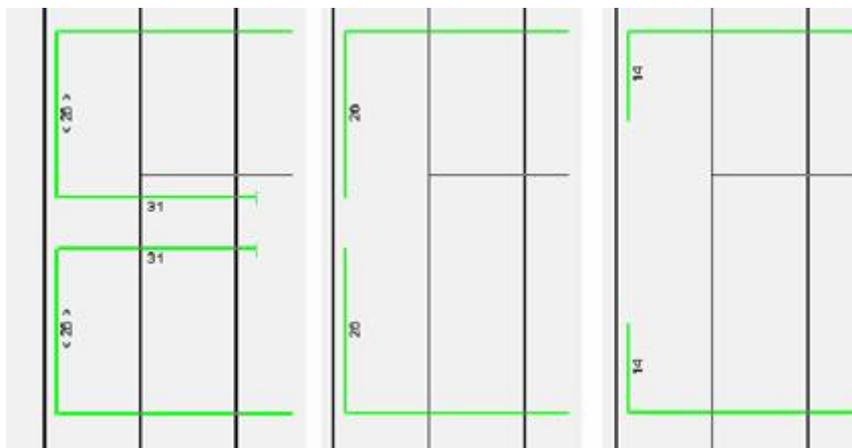
Opzioni Ancoraggio

Lunghezza ancoraggio (\emptyset) Ancoraggio maggiorato 25%
Lunghezza piegatura (\emptyset) Ancoraggio singola piegatura

La "Lunghezza di ancoraggio" è la lunghezza di ancoraggio minima, in diametri delle barre di armatura. Tale lunghezza viene considerata solo se maggiore di quella regolamentare. Questo parametro serve per imporre una lunghezza di ancoraggio maggiore di quella regolamentare. Se si attiva l'opzione "Ancoraggio maggiorato 25%" la lunghezza d'ancoraggio, calcolata sulla base delle resistenze dell'acciaio, è aumentata del 25%.

Nel caso l'ancoraggio della barra venga effettuato ripiegando la barra, la normale lunghezza di ancoraggio risulta in genere sovradimensionata. Assegnando il valore in diametri al parametro "Lunghezza piegatura" si assegna la lunghezza che si desidera venga impiegata dopo la piegatura. Assegnando il valore zero, questa opzione viene disattivata.

Se si attiva l'opzione "Ancoraggio singola piegatura", la barra non viene mai piegata più di una volta anche se la lunghezza di ancoraggio lo richiedesse ma la lunghezza è la massima tra quella consentita dalla geometria della trave e quella di calcolo.



Tre lunghezze di ancoraggio. Da sinistra: senza opzioni, ancoraggio singola piegatura, lunghezza piegatura assegnata

Massima distanza barre

La distanza massima, nelle unità di misura correnti assegnate nel dialogo delle caratteristiche dei materiali, tra le barre di armatura. Le barre vengono disposte ad una distanza non superiore a quella assegnata anche se non strettamente necessari alla resistenza.

Massimo spostamento



Con questa dizione, in effetti poco intuitiva, si intende la quantità massima della quale si accetta che le barre possano essere sagomate formando uno spostamento laterale dell'asse, per creare una continuità con le barre del pilastro superiore qualora tale pilastro, risegando, abbia barre non in asse con quelle del pilastro sottostante. Infatti questa opzione è applicabile solo a pilastri.

Il programma, cioè, in genere, tenta di connettere le barre all'interfaccia tra pilastro inferiore e superiore. Se le barre non sono allineate, le barre inferiori vengono prolungate al fine di assicurarne l'ancoraggio nel getto del piano superiore, mentre per quelle del pilastro superiore vengono previste delle barre di ripresa di getto annegate nel getto sottostante.

Se si assegna però una lunghezza diversa da zero alla possibilità di deviare le barre inferiori, le barre che cadono in tale intervallo vengono piegate in modo da agire come barre di ripresa di getto per le barre del pilastro superiore. Ciò è importante soprattutto se i pilastri superiori hanno una sezione più piccola rispetto a quella del pilastro sottostante.

Vi è però una differenza sostanziale tra le due possibilità di continuità nel nodo o di ripresa di getto. Nel primo caso si può avere una deviazione della barra sottostante per connettersi con quella superiore solo se la piegatura può avvenire nel piano di ancoraggio della barra. Ciò perché tale piano può non essere comune a tutti i ripiegamenti e una barra con piegature sghembe, benché possibile in EasyBeam, costruttivamente non è consigliabile. Pertanto può avvenire che la barra non venga deviata e si adotti un ferro di ripresa. Nel caso invece di opzione di ripresa di getto, poiché ogni barra è indipendente per ogni piano, può ruotare per raggiungere, piegandosi nel proprio piano, la barra del pilastro superiore.

Simmetrie di armatura

Le barre possono essere disposte secondo una simmetria verticale (rispetto cioè al piano locale XY), orizzontale (rispetto cioè al piano locale XZ) oppure radiale. Perché tale disposizione sia possibile, è necessario che anche la sezione possieda la simmetria relativa. La simmetria si intende rispetto al riferimento locale dell'elemento; quindi una sezione simmetrica ma traslata rispetto all'origine locale, non è ritenuta simmetrica. Leggere asimmetrie possono comunque essere presenti per rispettare la distanza tra le barre. Se si attiva l'opzione "Simmetria armature" viene scelta la simmetria consentita dalla sezione. La scelta è condizionata dalla definizione geometrica di trave e pilastro (sub-parallelo all'asse globale Z). Se la sezione è simmetrica secondo l'asse locale Y, anche l'armatura è disposta secondo tale simmetria. Nel caso dei pilastri, se si ha anche doppia simmetria di sezione (sezione rettangolare a esempio) l'armatura è disposta in modo doppiamente simmetrico cioè sia secondo il piano locale XY che XZ.

Regolarizzazione delle lunghezze

Il parametro "Fattore di normalizzazione" consente di unificare la lunghezza di una barra o di tratti di barra rispetto alla lunghezza totale dell'elemento. La barra viene unificata se il rapporto tra la somma delle lunghezze dei tratti di interruzione e la lunghezza totale dell'elemento è inferiore al valore del parametro. Il valore 0 non comporta alcuna unificazione, il valore 1 comporta il prolungamento di tutte le barre per la lunghezza totale della trave. Il parametro può essere visto come la penalizzazione percentuale che si è disposti a sostenere per avere barre intere.

Il parametro "Lunghezza di unificazione" consente di unificare le barre di armatura la cui differenza di lunghezza totale sia uguale o inferiore al valore del parametro. Questa opzione consente di uniformare le armature nei limiti di una tolleranza assegnata. Il parametro è una lunghezza ed è espresso nelle unità di misura correnti.

Eccentricità addizionale

Attivando l'opzione "Eccentricità addizionale" i momenti di progetto vengono incrementati in modo da tenere conto della incertezza del punto di applicazione della forza assiale. L'eccentricità è assunta $h/30$ e comunque non meno di 2.0 cm. Con h la dimensione della sezione nel piano di azione del momento e dalla parte dove il momento viene incrementato in valore assoluto.

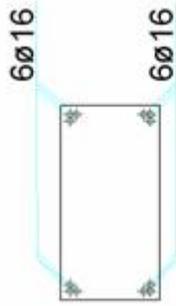
Traslazione del momento

Attivando l'opzione "Traslazione" il momento di progetto viene incrementato della quantità: $V_{sdu} * a_1$ dove $a_1 = 0.9 d$, con d altezza utile della sezione e V_{sdu} taglio di calcolo. Tale incremento viene considerato nel dimensionamento a flessione, nella verifica a taglio delle armature longitudinali e nell'ancoraggio.

Verifica resistenza anche con SLD

Se si attiva questa opzione, le combinazioni di progetto impiegate per progetto e verifica, vengono formate con le azioni derivanti da analisi simiche SLV ed aggiungendo a queste le combinazioni derivanti da azioni simiche SLD. Ciò è richiesto per edifici di classe 3 e 4.

Barre d'angolo pilastri



In caso di forti tensioni di compressione, soprattutto se concentrate su un vertice della sezione, o nel caso di sezioni molto allungate, è possibile che l'algoritmo di progetto non individui un percorso equilibrato iniziale possibile. Questo aspetto di calcolo in genere riflette comunque una situazione progettuale molto "impegnativa". EasyBeam può affrontare anche questi casi predisponendo delle barre d'angolo "raggruppate". In genere questa disposizione è anche costruttivamente molto efficace, e preferita da molti, nel caso siano presenti significative sollecitazioni deviate. Per attivare questa opzione, contrassegnare l'opzione "Gruppo barre angolo pilastri" nel dialogo delle opzioni di progetto. Questa opzione agisce solo nel progetto dei pilastri dove più frequentemente si verifica quanto sopra descritto e solo se si verificano le condizioni già dette. Questa opzione è consigliata anche qualora si abbia un errore di progetto segnalato come "Non raggiunta convergenza". In tal caso attivare questa opzione e riprogettare gli elementi precedentemente non progettati con successo.

Il campo "Continuità barre pilastri" consente di avere delle barre che all'interfaccia tra due pilastri si raccordano eventualmente alle barre dell'elemento contiguo anche se la posizione relativa - valutata nel piano di ancoraggio - differisce di una quantità inferiore a quella indicata. Assegnando un valore nullo, ovviamente la continuità tramite piegatura non ha luogo. Questa opzione consente di avere barre leggermente piegate ma che hanno continuità con la barra nell'elemento contiguo. Questa opzione si applica solo ai pilastri.

Verifica instabilità pilastri

La verifica di instabilità dei pilastri secondo DM08 viene effettuata solo se è attiva questa opzione.

Opzioni di duttilità

Per la descrizione dei metodi usati per queste procedure di progetto e di verifica, vedere [Metodi di progetto e di verifica sismici](#).

L'opzione "Taglio sismico" genera le azioni aggiuntive per controllare il cedimento anelastico di travi e pilastri a taglio. Questa procedura richiede che vengano considerate solo le condizioni di carico che diano luogo a carichi di gravità. Poiché questa informazione non è legata al tipo di carico assegnato a ogni condizione per effettuare la combinazione di progetto, va indicata appositamente. L'assegnazione si effettua nello stesso dialogo con il quale si assegnano i tipi di carico. Vedi "Carichi gravitazionali".

L'opzione "Gerarchia delle resistenze" esegue il progetto secondo tale metodo per assicurare che il pilastro abbia un momento ultimo superiore a quello delle travi concorrenti nel nodo a meno di un fattore di maggiorazione della resistenza assegnabile nel campo editabile sottostante questo check-box.

È possibile assegnare i valori γ_{Rd} come da normativa sia per le valutazioni della gerarchia delle resistenze che per il calcolo di taglio dovuto alla plasticizzazione degli estremi.

In quest'ultimo caso, il valore di γ_{Rd} è assegnabile per le travi, per i pilastri e per le pareti separatamente e separatamente dall'altro valore impiegato sia per la gerarchia delle resistenze (che la normativa definisce "per pilastri a presso flessione"). Viene assegnato anche il valore γ_{Rd} per la verifica dei nodi.

L'opzione "Gestione pilastri-parete" fa sì che le pareti colonna vengano individuate automaticamente se hanno le caratteristiche previste dalla normativa e a esse viene applicata la traslazione del momento e l'amplificazione del taglio.

Inoltre viene predisposta l'armatura confinata ai lati della sezione nella quantità minima prevista dalla normativa. Questa procedura è prevista dal progetto sismico in alta duttilità.

Minimi di armatura longitudinale

Opzioni di progetto

Normativa | Materiali | Progetto | **Minimi** | Staffe | Fattori | Ambiente

Minimi di armatura longitudinale

Travi

	Minima	Massima
Tesa	0.0	F3.50000
Totale	F1.40000	

Considera compressa

Applica ai due lati

Pilastrì

	Minima	Massima
Totale	0.01	0.04

Continuità armatura superiore travi

Moltiplicatore armatura zona critica: 0.000000

Bilanciamento armatura travi

Rapporto: 0.250000 Lunghezza tratto critico: H1.5

OK

Questi minimi si riferiscono esclusivamente alle armature longitudinali. Sono espressi come rapporti e non come percentuali. Se non si desidera che un valore sia operante, basta assegnare 0 ai minimi a 1 ai massimi. Vi sono minimi e massimi distinti riferiti sia alla armatura tesa che totale. Infatti le normative si riferiscono a l'una o all'altra con una certa varietà di casi.

L'opzione "Considera compressa" consente, solo nel caso delle travi, di riferire il massimo di armatura tesa a netto di quella compressa cioè.

Con un esempio dal DM08:

L'armatura tesa deve essere compresa tra:

$$1.4/f_{yk} < \rho < \rho_{comp} + 3.5 / f_{yk}$$

Nel caso in cui l'opzione non è attivata, si avrebbe invece:

$$1.4/f_{yk} < \rho < 3.5 / f_{yk}$$

Come si aveva, a esempio, nell'Ordinanza.

Queste prescrizioni operano come segue.

L'armatura tesa minima è il rapporto tra area di armatura tesa (in tutta la sezione o riferita al singolo lato) ed area della sezione trasversale dell'elemento. Si riferisce all'armatura tesa ed è attuata per tutte le combinazioni di carico. In assenza di

armatura tesa (elementi solo compressi) tale minimo non viene adottato. L'adozione del minimo di armatura avviene aggiungendo barre, ove necessario, in zona tesa. Ciò può causare disposizioni asimmetriche delle armature anche in condizioni di simmetria di carico e di geometria. Qualora non sia possibile disporre l'armatura tesa minima il programma ne dà avviso.

L'armatura minima totale indica il rapporto tra l'armatura totale, sia tesa che compressa (in tutta la sezione riferita al singolo lato) e l'area della sezione. La disposizione dell'armatura avviene curandone la massima distribuzione nella sezione. Qualora non sia possibile disporre l'armatura totale minima, ad esempio per violazione del copriferro, il programma ne dà avviso.

L'opzione "Applica i due lati" consente di applicare lo stesso rapporto di armatura totale minima a entrambi i lati della sezione anziché all'intera sezione. Viene applicata solo alle travi anche di fondazione (non i pilastri) con sezione a T o rettangolari. Il concetto di "superiore" e "inferiore" è riferito alla geometria della sezione e alla sua disposizione, la direzione dei lati superiore e inferiore si intendono riferiti all'asse locale Y. Se la trave è stata ruotata, questo riferimento può non essere più valido progettualmente.

L'Armatura massima tesa indica il rapporto tra l'armatura tesa (in tutta la sezione o riferita al singolo lato) e l'area della sezione. Il programma, effettuato il progetto, controlla se il rapporto è stato rispettato, in caso contrario ne dà avviso tramite un messaggio. Si ricorda che il valore 1.0 (massimo) indica una quantità di armatura pari all'area stessa della sezione. Assegnando quindi questo rapporto, il controllo sul massimo dell'armatura è in pratica non operante. Al contrario, assegnando il valore 0.0, il requisito non potrà mai essere soddisfatto in quanto prevede l'assenza totale di armatura.

L'Armatura massima totale indica il rapporto tra l'armatura totale (in tutta la sezione riferita al singolo lato) e l'area della sezione. Il programma, effettuato il progetto, controlla se il rapporto è stato rispettato, in caso contrario ne dà avviso tramite un messaggio. Si ricorda che il valore 1.0 (massimo) indica una quantità di armatura pari all'area stessa della sezione. Assegnando quindi questo rapporto, il controllo sul massimo dell'armatura è in pratica non operante. Al contrario, assegnando il valore 0.0, il requisito non potrà mai essere soddisfatto in quanto prevede l'assenza totale di armatura.

Questi rapporti di armatura sono, dalla normativa, assegnati non solo come valori numerici di rapporto con l'area della sezione, ma anche secondo criteri più complessi. Pertanto si è impiegato anche qui, come in altre assegnazioni, la possibilità di inserire dei simboli seguiti dal valore moltiplicativo. A esempio la prescrizione normativa: $0.10 N / f_y$ viene assegnata come segue:

N0.10F

Il simbolo N indica lo sforzo assiale e il simbolo F l'inverso di f_y . Pertanto all'atto della richiesta di minimo durante il progetto della sezione, i valori N e f_y vengono calcolati e sono relativi al materiale dell'elemento e da questi si ottiene il minimo richiesto.

Continuità armatura superiore travi

Questa funzione determina il calcolo dell'armatura superiore necessaria agli estremi delle travi, dette anche zone critiche, in elevazione e quindi assicura che almeno la parte indicata dall'assegnazione sia presente superiormente per tutta la lunghezza della trave. Viene adottato il valore massimo tra quelli previsti ai due estremi. Questa funzione opera solo su sezioni rettangolari o a doppio T.

Bilanciamento

Questo parametro consente di predisporre l'armatura compressa in quantità non inferiore a una certa proporzione di quella tesa presente nella stessa sezione. Si applica esclusivamente alle travi in elevazione. Se, a esempio, si assegna 0.5 a questo parametro, verrà predisposta nel progetto un'armatura compressa non inferiore alla metà di quella tesa. Questa prescrizione può essere applicata sia su tutta la lunghezza della trave che su tratti (zone critiche), a partire dagli estremi, di lunghezza assegnata. La lunghezza del tratto - o zona critica - è definita parametricamente in modo simbolico assegnando nel campo "Lunghezza tratto critico" un testo come "H" che indica che il tratto deve essere lungo quanto l'altezza della sezione. Se la normativa scelta è il DM08 per classe di duttilità A o B, la metà di questo rapporto viene conservato per il resto della trave.

Travi di fondazione

L'armatura minima totale, per i lati sia superiore che inferiore, è sempre lo 0.2% dell'area della sezione. Le travi di fondazione sono progettate sempre in regime elastico se è attiva la normativa DM08.

Concatenazione delle variabili

Si possono concatenare, separandole con una virgola, più assegnazioni. Verrà preso il valore maggiore tra tutte. A esempio, l'assegnazione H2, 58 indica il massimo tra 2 volte l'altezza e 58 unità di lunghezza. I simboli che si possono impiegare sono elencati in una tabella nel seguito.

Opzioni per il progetto delle armature trasversali

The image shows a software dialog box titled "Opzioni di progetto" (Project Options). It has a tabbed interface with tabs for "Normativa", "Materiali", "Progetto", "Minimi", "Staffe", "Fattori", "Ambiente", "Viscosità", and "Elenco v.". The "Staffe" tab is active. The dialog contains several input fields and checkboxes for configuring reinforcement options. At the bottom right, there is an "OK" button.

Nome barra (*)	Value	Archivio barre
Disposizione		
Passo massimo travi	33.000,h0.8,P666.666	
Passo massimo pilastri	25.000,D12	
Arrotondamento	1.00000	<input type="checkbox"/> Passo di montaggio
Ancoraggio (ø)	15.00	
Staffe composte		Speciali
Massima distanza braccia	1e+005	Tensione minima 0.000000
Massima dist. legature pilastri	1e+038	
I parametri contrassegnati da un asterisco (*) si applicano soltanto agli elementi cui sia stato assegnato un metamateriale generico o nessun metamateriale.		
Zona critica travi		
Lunghezza tratto	H	
Passo	h0.25,D8,22.500,S24	<input checked="" type="checkbox"/> Staffe filo pilastro
Zona critica pilastri		
Lunghezza tratto	M,L0.167,45.000	
Passo	>8,17.500,m0.5,p12.50000J	<input checked="" type="checkbox"/> Progetto Nodo
Nome staffa nei giunti	ø8	Nome staffa zone critiche ø8

A questo dialogo per l'assegnazione delle caratteristiche per il progetto delle staffe, si accede in modo diretto tramite un doppio clic sull'icona delle staffe. Oppure come tab del dialogo di assegnazione delle opzioni di progetto. Il dialogo consente di assegnare i valori descritti qui di seguito.

Diametro della staffa

Si seleziona il nome della barra che verrà adottata nel progetto delle staffe così come per l'assegnazione delle barre di armatura longitudinale nel dialogo delle [caratteristiche dei materiali](#) al quale capitolo si rimanda per maggiori informazioni.

E' possibile assegnare i nomi delle barre delle staffe da adottare nelle zone critiche e nei nodi per aumentare il passo della staffatura se necessario.

Disposizione

Il Passo massimo consente di assegnare un limite superiore al passo delle staffe che viene adottato nel progetto. L'unità di misura è quella corrente assegnata nel dialogo delle caratteristiche dei materiali. Si può usare anche un'assegnazione parametrica dove verrà scelto, per il passo, il minimo valore tra i parametri assegnati e, per il tratto, il massimo di tali valori. Se vi sono più condizioni, si devono assegnare i parametri separandoli con una virgola. Per i simboli che si possono impiegare vedere più sotto "Infittimento estremi". Una assegnazione tipica può essere, a esempio, 33.0,H0.8. Cioè il minimo tra 33 cm 0.8 volte l'altezza della sezione. Il passo minimo può essere assegnato separatamente per travi e pilastri.

L'Arrotondamento passo consente di assegnare un valore al cui multiplo intero inferiore sarà arrotondato il passo delle staffe. Se, a esempio, il passo di calcolo adottato deve essere di 33 cm e si è assegnato un valore di arrotondamento pari a 5 cm il passo adottato sarà di 30 cm. L'arrotondamento non ha luogo se il maggior utilizzo di materiale supera il 30%. Ad esempio, passare dal passo 6 al passo 5 comporta un impiego del 25% in più di materiale, passare da passo 26 a passo 25 solo del 5%.

L'opzione "Passo di montaggio" consente di imporre un passo che sia divisore intero del singolo tratto di staffatura in modo che il numero delle staffe sugli esecutivi non differisca dal passo ivi riportato. Tale passo può quindi essere inferiore a quello di calcolo ed è comunque arrotondato al centimetro. Non si aggiunge una staffa in più, pur di avere divisori interi, se il passo da modificare è inferiore ad un centimetro ritenendo che questo comporterebbe un'inutile aumento di materiale.

L'Ancoraggio è la lunghezza di ancoraggio minima, in diametri delle barre di armatura. Tale lunghezza viene considerata solo se maggiore di quella regolamentare. Questo parametro serve per imporre una lunghezza di ancoraggio maggiore di quella regolamentare.

Tensione minima

Questo parametro è usato solo per finalità specifiche e per consentire un uso più flessibile del programma. Nell'uso comune può essere lasciato al valore zero. Esso indica la tensione tangenziale minima comunque assunta come tensione di riferimento nel progetto dell'armatura trasversale. Questo valore di tensione tangenziale minima consente di interpretare i requisiti di armatura minima a taglio di molte normative. Le norme ACI prescrivono per la tensione tangenziale minima il valore di $t_{c0}/2$. Alcune normative, come quella italiana del recente DM 14 settembre 2005, prescrivono un'armatura minima nella forma αb , dove b è la larghezza della sezione per la quale si effettua il progetto (generalmente la larghezza minima). In questo caso, nell'ipotesi consueta del traliccio di Mörsch, si ha la nota relazione: $\tau b/\sigma_{st} = A_{st}$ dove A_{st} è la superficie della sezione delle staffe per unità di lunghezza. Se si desidera che il minimo di A_{st} sia a esempio $A_{st} > 0.0015 b \text{ cm}^2/\text{cm}$, si ha che $A_{st} = \tau b/\sigma_s > 0.0015 b$ da cui si ha immediatamente che $\tau > 0.0015 \sigma_s$. Assumendo $\sigma_{st} = 3800 \text{ kg/cm}^2$ la tensione tangenziale minima deve essere 5.7 kg/cm^2 .

Staffe composte

La massima distanza braccia è un valore che viene applicato limitatamente alle sezioni rettangolari e per la loro "larghezza", cioè la dimensione secondo l'asse locale Z. Se la larghezza della sezione supera il valore assegnato in questa opzione, vengono predisposte nel progetto più staffe affiancate (staffa a più braccia) in modo tale che gli elementi verticali (braccia) delle staffe siano ad una distanza inferiore a quella del parametro assegnato.

La Massima distanza legature pilastri si applica solo alle sezioni rettangolari dei pilastri e viene impiegata solo se il suo valore è minore di quello della distanza tra le braccia massima. Consente di mettere automaticamente delle legature ("spilli") che collegano le armature di entrambi i lati di un pilastro a sezione rettangolare.

Infittimento zone critiche

Questi parametri risentono di infittire, con assegnazioni distinte per travi e pilastri, le staffe per una distanza assegnata dagli estremi dell'elemento e per un passo non inferiore a quello assegnato. Sia per il passo che per la lunghezza del tratto si usa una assegnazione parametrica dove verrà scelto, per il passo, il minimo valore tra i parametri assegnati e, per il tratto, il massimo di tali valori.

Nei campi si devono assegnare i parametri separandoli con una virgola se più di uno. A esempio l'assegnazione H0.25, D6, 15 assegnazione tipica dell'alta duttilità indica il massimo tra 0.25 volte l'altezza, 6 volte il diametro della barra minima disponibile e 15 unità di lunghezza.

Si possono usare anche i simboli M e m, generalmente al posto di H, che indicano rispettivamente il segmento di lunghezza massima e minima tra i due, tagliati dagli assi y e z locali. Si usa questa definizione esatta che, nel caso di sezioni rettangolari indica esattamente lato massimo (M) e minimo (m) della sezione. Si può usare anche la variabile A (oppure 'a') che indica l'inverso dell'area di una staffa con numero di braccia calcolate sul lato minimo della sezione e sulla massima distanza bracci assegnata dall'operatore nelle opzioni di progetto. A esempio, nel caso di un staffa a due braccia di diametro mm 8 per A si ha il valore $1/(2 * 0.502) = 0.99$.

Una prescrizione di normativa quale la 7.4.28 del DM08 può essere esplicitata per il passo s:

$$s = A_{st} f_{yd} / 0.08 f_{cd} b_{st}$$

Usando le variabili di queste assegnazioni si usa:

$$P \text{ per } A_{st} / b_{st} \text{ e } J \text{ per } f_{yd} / f_{cd}$$

er cui si ha:

$$s = P12.5J$$

Si è usato l'inverso di 0.08 perché il sistema di assegnazione non consente divisioni.

Per le travi a mensola, l'estremo libero non viene assoggettato alle prescrizioni per zona critica.

Staffe a filo pilastro

Se attiva, le staffe vengono disposte a partire dal filo del pilastro. Tale disposizione viene effettuata per le travi considerando il filo dei pilastri concorrenti nel nodo. Si intende con pilastro un elemento subparallelo all'asse globale Z. Nei tratti tra l'estremo della trave ed il filo del pilastro vengono predisposti dei tratti di staffatura a passo nullo che non vengono rappresentati nell'esplosivo piano (disegno esecutivo).

Progetto nodo

Questa opzione attiva la funzione di progetto delle staffe nel nodo in funzione delle forze in esso agenti a causa delle armature delle travi in esso concorrenti ed opera secondo i dettami del DM18 par. 7.4.4.31 in funzione del confinamento del nodo. Ed è necessaria solo in caso di alta duttilità.

I minimi di armatura e la continuità della armatura nel nodo, ove prevista, sono comunque assicurati indipendentemente dall'attivazione di questa opzione.

Travi di fondazione

Se è attiva la normativa DM08 le staffe vengono progettate in regime elastico e senza applicare le prescrizioni relative al progetto duttile.

Viscosità

The screenshot shows a software dialog box titled "Opzioni di progetto" with a "Viscosità" tab selected. The dialog contains several input fields and a "Calcola" button. The parameters and their values are as follows:

Parametro	Valore
Età al momento del carico (gg)	7.0000000
Età al momento considerato (gg)	10000.000
Dimensione fittizia dell'elemento (h0)	30
Temperatura durante maturazione (C°)	25.000000
Classe cemento (S, N, R)	N
Umidità (%)	75.000000
Coefficiente di viscosità	2.5712557
Modulo elastico	92624.771

There is a checked checkbox labeled "Usa effetti viscosità" and an "OK" button at the bottom right.

La viscosità, calcolata secondo i parametri inseriti in questo dialogo, viene considerata **UNICAMENTE** nel calcolo della deflessione nello stato limite di esercizio e pertanto questo dialogo può essere ignorato qualora non si desideri tenerne conto in tale verifica o non si effettui la verifica di deformabilità.

Il metodo è quello descritto nell'Appendice B dell'EC2 e recepito dalla normativa italiana.

Si rimanda a tale normativa per la descrizione dei parametri di questo dialogo per la formulazione.

Si ricorda solo che il parametro di "lunghezza fittizia" (h_0) è dato da $2A/u$, dove A è l'area della sezione ed u il perimetro. Nel calcolo della deflessione questo parametro viene ricalcolato per ogni verifica e non è necessario assegnarlo: viene impiegato solo per la visualizzazione del coefficiente di viscosità in questo dialogo.

L'effetto della flessione sulla deflessione viene calcolato adeguando il legame sforzo-deformazione traslando le deformazioni del valore del coefficiente di viscosità incrementato di una unità.

Progetto delle armature

In questa sezione si descrivono [le fasi del progetto](#) delle armature e gli eventuali segnalati tramite [messaggi di errore](#).

Le fasi del progetto



Per progettare le armature attivare l'icona del progetto della palette e quindi selezionare gli elementi che si vogliono progettare. Tenendo premuto il tasto <shift> è possibile selezionare più elementi. Il comando "Seleziona tutti" del menu Edit consente di selezionare tutti gli elementi.

In caso si siano verificati degli errori nel progetto, alla fine della operazione, viene esposta una tabella che consente la visualizzazione e la [Gestione degli errori](#) di tutti gli errori verificatisi.

Il progetto avviene secondo i passi seguenti.

- Vengono generate le combinazioni di carico.
- Le armature esistenti nell'elemento vengono cancellate, a meno che non dichiarate fisse nel dialogo per modificare le armature longitudinali nel quale è possibile definire una barra fissa.
- Vengono generate le barre reggistaffe e le staffe di default a meno che non vi siano staffe e reggistaffe dichiarati fissi nel dialogo per modificare le armature trasversali.
- Vengono valutati gli incrementi di tensione (o di deformazione nel caso del metodo degli stati limite) nelle barre e nel calcestruzzo per effetto della torsione. (Si veda "Metodi e limiti").
- Vengono generate delle disposizioni ottimali delle barre che vengono successivamente verificate a presso-tenso-flessione deviata fino a raggiungere una soluzione equilibrata per la quale le tensioni (o le deformazioni in caso del metodo degli stati limite) siano inferiori a quelle ammissibili. In tale disposizione si tiene conto anche dell'incremento di tensione (o di deformazione) dovuta alla torsione.
- Vengono generate le barre secondo le simmetrie richieste nel dialogo delle opzioni di progetto.
- Vengono unificati tratti di barra secondo il fattore di normalizzazione nel dialogo delle opzioni di progetto.
- Se attiva l'opzione "Continuità nel nodo" del dialogo delle opzioni di progetto, vengono connesse, se possibile, le barre di elementi contigui.
- Vengono calcolate le lunghezze di ancoraggio e ancorate le barre eventualmente sagomandole tenendo conto delle interferenze con il contorno. Il contorno viene generato solo se attiva l'opzione "Controllo sul contorno" del menu delle opzioni di progetto.
- Viene calcolata la tensione tangenziale in corde parallele all'asse neutro per individuare la tensione tangenziale massima (o "indicatore di sollecitazione", nella terminologia del metodo degli stati limite).
- Viene calcolato l'incremento della tensione dovuta alla torsione.
- Tramite la tensione progetto (sia per taglio che per torsione) viene determinato il passo delle staffe (di forma di default o assegnata) e con diametro e passo massimo assegnati nel dialogo delle caratteristiche delle staffe. Qualora il passo sia costruttivamente troppo stretto (inferiore cioè alla misura assegnata del copriferro) verrà impiegata la barra di area immediatamente superiore a quella della staffa, scelta tra le barre disponibili per l'armatura longitudinale dell'elemento.

Si vedano anche le informazioni teoriche sui metodi impiegati da EasyBeam.

Gestione degli errori

Alcune procedure possono fallire per il determinarsi di una o più condizioni di errore. In questo caso verrà mostrata una finestra contenente l'elenco degli errori che si sono verificati. Ciascun errore è identificato da un codice univoco e riporta una descrizione sintetica. Ove pertinente, gli errori sono corredati da un riferimento all'oggetto in cui si sono verificati e consentono, se selezionati, di evidenziare quest'ultimo nel modello. Per taluni errori può anche risultare visibile la dicitura "Modifica...", che consente l'accesso diretto ad un dialogo per la soluzione del problema.

Se il pulsante "Help" è abilitato, ciò significa che è possibile utilizzarlo per accedere alla specifica documentazione relativa all'errore.

Attivando l'opzione "Evidenzia nel modello", tutti gli oggetti correlati agli errori verranno evidenziati in rosso.

È possibile aprire l'elenco degli errori, se ve ne sono, mediante il comando "Errori..." del menu "Visualizza". L'elenco degli errori viene azzerato ogni volta che si avvia una nuova procedura potenzialmente in grado di produrne di nuovi.

Messaggi di errore

Warning ed errori

Alcuni messaggi non si riferiscono a errori, cioè ad accadimenti irreversibili o comunque che non abbiano portato ai risultati attesi, ma sono degli "avvisi" (warning) che qualcosa non è stato gestito o non era previsto fosse gestito o infine non è ammesso dalle norme. I warning permettono di intervenire sui risultati, anche parziali, ottenuti e comunque di individuare meglio le cause dell'avviso.

Errori di controllo interno

Si tratta di messaggi di errore generati dall'individuazione di un'anomalia a "basso livello" e cioè dovuta a raggiunti limiti dell'hardware, da un concatenarsi inaspettato di situazioni che portano a una eventualità che viene individuata come non gestibile, e così via. Si tratta di situazioni piuttosto rare che comunque il programma deve individuare per non condurre a risultati incerti e a crash del sistema.

Errore di memoria

La memoria RAM disponibile è insufficiente. Oppure si è verificato un errore nella allocazione della memoria.

Area non positiva

Il poligono della sezione deve essere definito in senso antiorario, se invece è stata definita in senso orario, l'area risulta negativa.

Questa eventualità non dovrebbe verificarsi, perché esiste un controllo a monte sul verso di assegnazione del poligono.

Troppe barre

Il progetto consente, per motivi di gestione interna, l'impiego di un numero massimo predefinito di barre di armatura (attualmente 250). Questo messaggio indica che il numero di barre da impiegare supera quello massimo consentito.

Errore integrazione

Problemi numerici nell'integrazione numerica per la determinazione della tensione tangenziale. Si può verificare in sezioni molto allungate o di forma complessa.

Errori nel progetto a flessione

Terminate iterazioni

Il progetto avviene per verifiche iterative di una soluzione di progetto. La verifica è a sua volta una procedura iterativa che può non convergere nel numero di iterazioni massime consentite. In questo caso viene presentato questo messaggio. Non indica in genere una sezione inadeguata da un punto di vista ingegneristico, ma solo che l'algoritmo non ha trovato una soluzione equilibrata iniziale di innesco del procedimento. Si verifica più spesso per sezioni allungate.

Attivare la disposizione di barre diffuse (assegnando una distanza massima tra le barre opportuna) o di barre d'angolo raggruppate può aiutare la convergenza e condurre ad una soluzione anche progettualmente più corretta.

Terminate iterazioni di progetto

Il progetto è un procedimento iterativo. Se nel numero massimo di iterazioni consentite per il progetto non è stata trovata una soluzione, viene presentato questo messaggio.

Vedere anche il precedente "Terminate iterazioni".

Barre non assegnate

Nessuna barra assegnata nel dialogo delle caratteristiche dei materiali possiede un'area maggiore di zero.

Controllare che le barre siano assegnate e attivate e, se l'elemento ha un metamateriale associato, che in esso le barre siano assegnate.

Violato interfero

Le barre richiedono una disposizione troppo ravvicinata, che viola l'interfero assegnato.

In genere la sezione è insufficiente o un minimo di armatura da regolamento richiede una quantità di armatura che non può essere adottata.

Sezione insufficiente

Questo messaggio è analogo a quello precedente di "violato interfero" ma indica con più precisione che per requisiti di normativa non è possibile aggiungere barre in compressione e in trazione nella misura richiesta.

Nessuna combinazione attiva

Non vi è nessuna combinazione di carico.

Le condizioni di carico sono tutte nulle, accade se la struttura non è stata analizzata oppure non è stata attivata l'opzione di generazione automatica delle condizioni di carico".

Sezione non definita

Si sta tentando il progetto di un elemento al quale non è stata assegnata alcuna sezione.

Assegnare la sezione nel dialogo di gestione della sezione dell'elemento.

Difficoltà in ancoraggio (warning)

La procedura di ancoraggio automatico non è in grado di trovare una sagomatura adeguata dell'armatura che consenta l'ancoraggio. Generalmente accade per travi molto corte o di sezione complessa o con offset che rendono complessa la connessione con elementi attigui. Questo non è un messaggio di errore ma più propriamente è un "warning". Il programma cioè NON sagoma gli ancoraggi che non riesce gestire e lascia le barre non sagomate. Si potrà così procedere "manualmente" a sagomare l'ancoraggio.

Impossibile adottare armatura minima tesa

Superata armatura massima tesa

Superata armatura massima totale

Impossibile adottare armatura minima totale

Impossibile aggiungere armatura superiore o inferiore

Armatura bilanciata impossibile

Si tratta di messaggi tutti relativi all'adozione delle quantità regolamentari di armatura (assegnate dall'utente negli apposti dialoghi o automaticamente alla scelta della normativa).

L'errore non è eliminabile se non modificando i valori assegnati e verificando che siano congruenti con lo stato dell'elemento.

Si veda anche [EasyBeam](#) e [la normativa](#)

Superata forza assiale massima

Nel progetto viene verificato, per ogni combinazione di carico, che non venga superata la forza assiale massima secondo normativa.

Questa verifica non è soggetta a opzioni da dialogo e viene sempre effettuata. Vengono impiegati i valori del DM08 considerando le differenze tra pilastri e colonne-parete.

Impossibile adottare armatura in compressione

Qualora non sia possibile adottare un'armatura in cui le barre resistenti siano solo tese, il programma tenta una soluzione adottando anche armature in compressione. Se anche con tale accorgimento non si riesce a ottenere una soluzione, si ha questo messaggio.

Generalmente la sezione è insufficiente

Pilastro instabile

Ogni volta che viene progettato un pilastro viene eseguita la verifica che la snellezza sia inferiore a quella limite. Qualora ciò accada, viene emesso un messaggio di avviso (warning).

Errori nel progetto a taglio

Tensione tangenziale non ammessa

La tensione tangenziale supera quella ammessa per regolamento in base alla resistenza caratteristica del calcestruzzo assegnata dal dialogo delle caratteristiche dei materiali.

Anche nel caso del calcolo del taglio resistente, viene effettuato questo controllo per completezza di informazione, in quanto comporterebbe sicuramente un taglio resistente inferiore a quello di progetto.

Ciò si può verificare anche se l'armatura longitudinale non è sufficientemente diffusa.

Passo staffe troppo stretto

Il passo delle staffe è inferiore al minimo ammesso, assunto pari al copriferro assegnato nelle caratteristiche dei materiali. Si è tentato senza successo di aumentare il numero di braccia. Vedi più sotto il warning relativo.

Passo staffe per taglio sismico troppo stretto

Il passo delle staffe specifico per assicurare la resistenza a taglio per azione sismica è risultato inferiore al minimo ammesso assunto pari al copriferro assegnato nelle caratteristiche dei materiali. Si è tentato senza successo di aumentare il numero di braccia. Vedi più sotto il warning relativo.

Aumentato numero di braccia (warning)

Si è verificata l'impossibilità di inserire staffe con il numero di braccia assegnato in quanto il passo è risultato troppo stretto (vedi messaggi di errore precedenti) si è quindi proceduto ad aumentare il numero di braccia. Si tratta di un warning che avvisa il progettista di questo provvedimento adottato dal programma.

Richiesta armatura a taglio diagonale (warning)

È un warning. Il valore di taglio come da DM08 7.4.4.6. richiede un'armatura a taglio aggiuntiva costituita da barre ad X oltre alle staffe.

Si veda anche [EasyBeam e la normativa](#)

Errori nel disegno esecutivo

Alcune barre non saranno rappresentate

L'algoritmo di disegno ha individuato una situazione che non può essere gestita correttamente. Ne dà avviso perché non interrompe l'esecuzione ma indica che il disegno non sarà probabilmente completo.

I motivi sono in genere di natura geometrica, ma sono molteplici per cui non vi è una motivazione specifica. La situazione non è aggirabile se non modificando le disposizioni delle barre.

Visualizzazione delle armature



Per rappresentare le armature, attivare l'icona di visibilità e quindi selezionare gli elementi voluti. La selezione di più elementi può avvenire anche per lazo o per rettangolo e anche per selezione multipla (tasto <shift>) o totale. Le modalità di rappresentazione sia degli elementi che delle armature possono venire assegnate nel dialogo cui si accede tramite un doppio clic sull'icona della visibilità.

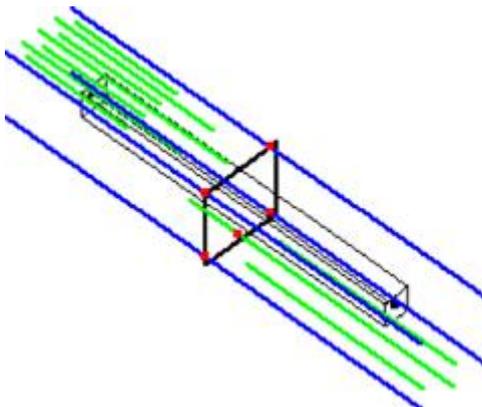
Sono possibili le seguenti opzioni:

- Rappresentare l'asse degli elementi
- Rappresentare il solido degli elementi selezionati
- Rappresentare o meno le armature degli elementi selezionati

Le armature possono essere rappresentate per esploso. In questo caso, si hanno tre tipi diversi di rappresentazione che dipendono dalla rappresentazione attiva (per sezione o in assonometria) e dalla posizione della trave rispetto al piano di sezione.

- Rappresentazione in assonometria
- Rappresentazione in sezione dell'elemento sul piano di sezione
- Rappresentazione in sezione dell'elemento ortogonale al piano di sezione

La rappresentazione in assonometria consente di vedere le armature da qualsiasi punto di vista in esploso rispetto al baricentro delle armature. Qualora si selezionino elementi contigui che non abbiano assi baricentrici coincidenti la rappresentazione non verrà amplificata (esplosa). Nella rappresentazione in assonometria non vengono rappresentate le barre connesse e le barre possono risultare sovrapposte anche se non sono connesse. I diametri delle barre non vengono riportati. È possibile selezionare una barra di armatura, durante la rappresentazione, per ottenere che si apra automaticamente il dialogo per modificare le armature longitudinali.



La rappresentazione in sezione genera una disposizione ordinata delle armature, raggruppate se di forma eguale, che procede dall'alto verso il basso per gli elementi suborizzontali, e da destra verso sinistra per gli altri elementi. I diametri ed il numero delle barre viene riportato. Le barre connesse vengono rappresentate come tali. Le barre possono risultare sovrapposte anche se non connesse. Questa rappresentazione per esploso piano viene arricchita nella esportazione sul foglio in modo che possa costituire un disegno esecutivo delle armature. Vengono rappresentate le armature di elementi che siano sezionati dal piano di sezione e che siano subparalleli al piano ($\pm 10^\circ$). Per la selezione, poiché in sezione sul piano sono rappresentate solo gli elementi con asse giacente sul piano stesso, selezionare gli elementi fuori piano in assonometria e quindi attivare la sezione. La rappresentazione in sezione ortogonale viene corredata del diametro di ciascuna barra. Tutte le rappresentazioni si possono esportare sul foglio alla scala voluta. Dal dialogo del controllo di visibilità è possibile abilitare la rappresentazione a schermo dei nomi degli elementi e degli indici degli elementi attribuiti nella mesh ad elementi finiti.

Verifica dei risultati

EasyBeam mette a disposizione del progettista alcune procedure di verifica. Tali procedure consentono di avere un controllo completo sia sulla qualità del progetto sia su eventuali modifiche al progetto che vengano effettuate dal progettista. I risultati delle verifiche possono essere esposti a dialogo tramite i valori numerici, o tramite rappresentazioni a colori.

La verifica si attiva dall'icona relativa della palette e poi scegliendo dal dialogo che si presenta la verifica voluta.

Per ogni verifica vi possono essere varie opzioni che sono illustrate nella descrizione delle singole verifiche.

La verifica viene quindi effettuata per l'elemento o per gli elementi selezionati dopo aver scelto la verifica voluta.

NOTA BENE

Lo scopo della rappresentazione grafica a schermo dei risultati è quello di dare un'immagine DI MASSIMA del comportamento della struttura. Le sezioni scelte per la verifica sono in numero limitato per evitare lunghi tempi di calcolo. Inoltre la determinazione dell'ascissa delle sezioni di estremità è attuata in modo automatico per evitare di incappare in sezioni oltre il copriferro dove l'armatura può essere assente o significativamente diminuita. La presenza di disassamenti complessi nel nodo non aiuta certo questo discernimento geometrico. Infatti, per consentire di verificare elementi strutturali anche modificati dall'utente, la ricerca delle armature nel solido geometrico avviene appunto per via geometrica ed è una operazione molto delicata.

Pertanto possono esserci delle discrepanze tra le verifiche a video e quelle a dialogo o in stampa dove la ricerca delle sezioni è determinata dall'utente.

Ripetiamo: le rappresentazioni a video servono solo per dare una rapida veduta d'insieme. Pertanto eventuali discrepanze tra i vari metodi di verifica NON indicano carenze del programma, ma bensì differenti metodologie di reperimento dei dati più opportuni per la specifica finalità della verifica.

- Verifica rapida
- Involuppo a colori delle tensioni (o delle deformazioni) nel calcestruzzo
- Involuppo a colori delle tensioni (o delle deformazioni) nell'acciaio
- Dialogo di verifica delle tensioni (o delle deformazioni) nella sezione pressoinflessa
- Dialogo di verifica delle tensioni tangenziali
- Diagramma di interazione flessionale
- Diagramma di interazione del taglio
- Diagramma a colori delle verifiche a taglio
- Diagramma a colori delle verifiche a fessurazione
- Verifica a dialogo per fessurazione
- Diagramma a colori dei valori di fessurazione
- Verifica di contenimento del danno
- Verifica di duttilità
- Verifica a torsione
- Verifiche geotecniche

Per le verifiche per azioni sismiche, si veda anche [Metodi di progetto e di verifica sismici](#)

Scelta rappresentazioni verifiche

Rappresentazione Dialogo

Deformazioni acc. o dis.		Verifica flessionale sezione
Fattore sfruttamento a taglio		Verifica a taglio sezione
Fattore sfruttamento flessionale		Diagramma interazione
Stato limite esercizio		Stato limite esercizio
Verifica del nodo		Verifica del nodo
Fattore duttilità		Verifica duttilità
Esito verifica rapida		Verifica rapida
Fattore stato limite danno		Stato limite danno
Fattori verifica torsione		Verifica torsione
Fattori verifica geotecnica		Verifica geotecnica

Mostra questo dialogo solo con un doppio clic sull'icona

Opzioni rappresentazioni

Facce visibili Facce nascoste

Calcestruzzo Acciaio

Mostra valore massimo

Solo condizioni sismiche

Valore numerico massimo

Considera ancoraggio

Valore numerico limite ultimo

Tensioni tangenziali

Fondo scala

Rapp. taglio

Rapp geotec.

Gerarchia resistenze Taglio

Fessurazione Tensioni

Anche durante l'esecuzione delle stampe vengono effettuate le verifiche delle sezioni. Le note qui di seguito riportate sui criteri di verifica riguardano quindi anche le stampe.

Il ruolo dell'ancoraggio nelle verifiche

In tutte le verifiche (sia in stampa che in rappresentazione a schermo) EasyBeam considera PRESENTE una barra di armatura nella sezione considerata per la verifica solo se essa è adeguatamente ancorata da entrambi i lati della sezione. Esistono esigenze costruttive (ad esempio il rastremarsi della sezione in due travi concorrenti con un'inclinazione non ortogonale, come capita nelle travi di falda dei tetti, oppure nel caso di pilastri con ferri di ripresa interrotti a livello del solaio per esigenze costruttive) per le quali le esigenze costruttive e di rappresentazione esecutiva NON CORRISPONDONO al modello matematico di verifica della trave. La carenza di ancoraggio, così come rigidamente interpretata dal programma per ovvia necessità di coerenza, non è quindi SEMPRE una carenza progettuale ma può essere una circostanza voluta dal progettista o necessaria. Pertanto, ferma restando l'opportunità di verificare se la carenza di ancoraggio non sia un effettivo errore di scelta del progettista, la rigorosa esigenza di un ancoraggio efficace (che si verifica soprattutto nelle sezioni di estremità) può dare luogo alla dichiarazione di sezioni come non verificate quando sono invece del tutto accettabili. Si ricorda anche che il solido prismatico della trave è in effetti basato sulla lunghezza di "calcolo" dell'elemento e una verifica corretta dovrebbe avvenire anche nelle sezioni di estremità di tale lunghezza di calcolo. Ma ciò non sempre corrisponde ad esigenze costruttive dove il rispetto del copriferro richiede che le barre vengano "piegate" PRIMA dell'estremo di calcolo dell'elemento che abbia tale estremo libero. Come si vede, esistono condizioni che NON SONO ERRORI né del programma né del progettista ma ovvia necessità di far confluire esigenze costruttive con modelli di calcolo. La carenza però di armatura per ancoraggio non individuato nella misura prevista dal modello matematico, conduce a sezioni non verificate che invece, come dicevamo, possono essere accettabili sotto le precisazioni fatte. Tale evenienza può essere fuorviante in molti casi come negli stampati di verifica per esigenze amministrative. Quindi, salve tutte le precauzioni e le cautele del caso, è opportuno valutare se

l'ancoraggio ha o meno significato nei casi specifici. Nel caso si accerti che la soluzione costruttiva è adeguata e sicura, si può evitare nelle verifiche la restrittiva condizione di verifica dell'adeguatezza dell'ancoraggio. Ciò viene fatto tramite un dialogo cui si accede con un doppio clic dall'icona della verifica.

Le armature usate nella verifica

Nella verifica di una sezione, oltre ai criteri relativi all'ancoraggio già esposti in precedenza, vi sono altre situazioni in cui l'armatura presente nella sezione di verifica può non essere quella che ci si aspetta o può essere del tutto assente. Tali situazioni nascono quasi esclusivamente dall'uso di barre di ripresa di getto e cioè quando una barra non copre parte della estremità di un elemento perché il fabbisogno di armatura è coperto dalle barre provenienti dall'elemento attiguo o da barre di ripresa in fondazione. Quando si richiede una verifica in una sezione in cui ciò accade, EasyBeam cerca nell'elemento attiguo se vi sono barre che si prolungano fino alla sezione di verifica e, se le trova, le considera come barre efficacemente presenti nella sezione. Se invece non trova tali barre e nella sezione l'armatura è nulla, sposta la sezione di verifica fino a trovare l'armatura. Naturalmente in questo secondo caso, nelle stampe, viene riportata la nuova ascissa della sezione di verifica. La situazione per cui nella sezione richiesta non vi sia armatura può derivare anche da una scelta del progettista, ma ciò avviene raramente. Questo metodo di ricerca di un sezione di verifica valida è stata attuata per evitare che il progettista debba scegliere le sezioni di verifica opportune caso per caso. Quindi tende a velocizzare le verifiche. Occorre però fare attenzione al caso in cui l'armatura sia assente per motivi non voluti (un'errata modifica delle barre effettuata dall'utente, ad esempio) perché questo caso non viene denunciato in quanto la sezione di verifica viene spostata. La ricerca automatica dell'elemento armato è utile soprattutto nel caso di barre di ripresa in fondazione in quanto tali barre non sono associate all'elemento che si sta verificando e pertanto sono di fatto ignorate nella verifica.

Verifica del calcestruzzo



Attivare l'icona della verifica del calcestruzzo e quindi selezionare l'elemento voluto. La verifica flessionale viene effettuata per tutte le combinazioni di carico relative al metodo di progetto attivo e con i parametri attivi nel momento della verifica. Pertanto questa verifica può anche essere effettuata variando le caratteristiche dei materiali, le opzioni di progetto e le armature stesse. La rappresentazione avviene assegnando a ogni punto dell'involucro visibile dell'elemento un colore relativo alla massima tensione (o deformazione nel caso del metodo degli stati limite) tra quelle verificate nel punto per tutte le combinazioni di carico. I colori impiegati sono 8 dal ciano all'arancio. Il colore rosso indica invece le zone in cui si è superata la tensione (o la deformazione) massima ammissibile. Nella barra di stato viene riportata la tensione (o deformazione) massima. L'elemento viene rappresentato con la eliminazione delle facce nascoste per rendere facilmente comprensibile la distribuzione delle tensioni (o delle deformazioni). Qualora si voglia effettuare il controllo sulle facce nascoste, si può scegliere la rappresentazione delle facce visibili oppure nascoste tramite il dialogo cui si accede con un doppio clic sull'icona della verifica del calcestruzzo. Questa verifica, essendo condotta per tutte le combinazioni di carico, dà una immagine rapida sintetica e completa dello stato globale del progetto. La verifica viene effettuata per azioni combinate assiali e flessionali, non tiene conto delle tensioni conseguenti ad azioni torsionali o di taglio. La rappresentazione viene effettuata per tutti gli elementi selezionati.

Verifica dell'acciaio



Attivare l'icona della verifica dell'acciaio e quindi selezionare l'elemento voluto. La verifica a flessione viene effettuata per tutte le combinazioni di carico relative al metodo di progetto attivo e con i parametri attivi nel momento della verifica. Pertanto questa verifica può anche essere effettuata variando le caratteristiche dei materiali, le opzioni di progetto e le

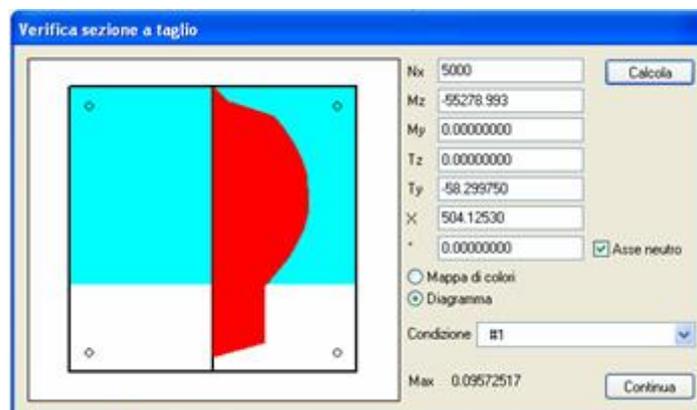
armature stesse. La rappresentazione avviene assegnando ad ogni punto di ogni barra un colore relativo alla massima tensione (o deformazione nel caso del metodo degli stati limite) tra quelle verificatesi nel punto per tutte le combinazioni di carico. I colori impiegati sono 8 dal ciano all'arancio. Il colore rosso indica le zone in cui si è superata la tensione (o la deformazione) massima ammissibile. Nella barra di stato viene riportata la tensione (o deformazione) massima. Questa verifica, essendo condotta per tutte le combinazioni di carico, dà una immagine rapida, sintetica e completa dello stato globale del progetto. La verifica viene effettuata per azioni combinate assiali e flessionali, non tiene conto delle tensioni conseguenti ad azioni di taglio. La rappresentazione viene effettuata per tutti gli elementi selezionati. Se è attiva la sezione, viene rappresentato il valore massimo tra quelli di eventuali barre sovrapposte.

Verifica della sezione



Attivare l'icona della verifica della sezione e quindi selezionare l'elemento voluto. Il dialogo consente di verificare, o progettare, la sezione soggetta a presso-tenso-flessione deviata sia con il metodo delle tensioni ammissibili che con il metodo degli stati limite. Nel dialogo si possono assegnare i momenti flettenti e la forza assiale agenti sulla sezione. I dati della sezione e delle armature vengono invece trasferiti automaticamente al dialogo dall'elemento. L'ascissa cui si riferisce la sezione è indicata nel dialogo e può essere assegnata. All'apertura del dialogo l'ascissa è quella di selezione dell'elemento e pertanto si può scegliere la sezione da verificare semplicemente selezionando l'elemento nel punto voluto. Selezionando una barra di armatura viene riportata nel dialogo l'area della barra che può essere modificata. Le sollecitazioni possono anche essere trasferite automaticamente al dialogo scegliendo la condizione o la combinazione di carico voluta. Esse si riferiscono all'ascissa della sezione in esame. Assegnando una nuova ascissa vengono trasferite automaticamente nel dialogo le sollecitazioni relative alla condizione di carico prescelta. Si possono attivare la verifica o il progetto della sezione. Effettuata la verifica, si possono leggere, cliccando le barre o i vertici della sezione, le tensioni (o le deformazioni) rispettivamente nell'acciaio e nel calcestruzzo. Il progetto mostra le barre di armatura progettate. I dati del progetto non vengono trasferiti all'elemento ma servono solo come indicazione per il progettista. Cambiando l'ascissa della sezione vengono lette le barre presenti nell'elemento cancellando le barre di progetto.

Verifica delle tensioni tangenziali



Attivare l'icona della verifica delle tensioni tangenziali dal dialogo di scelta delle rappresentazioni, scegliere la rappresentazione a dialogo, deselezionare, se attiva, la rappresentazione del valore numerico ultimo e quindi selezionare

l'opzione "Tensioni tangenziali". Quindi selezionare l'elemento voluto.

Il dialogo consente di calcolare le tensioni tangenziali medie lungo corde della sezione rettilinee, parallele, comunque inclinate. Nel dialogo si possono assegnare i momenti flettenti, la forza assiale e le forze di taglio agenti sulla sezione. I dati della sezione e delle armature vengono invece trasferiti automaticamente al dialogo dai dati dall'elemento. Si può indicare l'inclinazione della corda lungo la quale si desiderano calcolare le tensioni. L'ascissa cui si riferisce la sezione è indicata nel dialogo e può essere assegnata. Attivando invece il check-box "Asse neutro", l'inclinazione della corda viene automaticamente presa parallela all'asse neutro.

All'apertura del dialogo l'ascissa è quella di selezione dell'elemento e pertanto si può scegliere la sezione da verificare semplicemente selezionando l'elemento nel punto voluto. Le sollecitazioni possono anche essere trasferite automaticamente al dialogo scegliendo la condizione di carico voluta. Esse si riferiscono all'ascissa della sezione in esame. Assegnando una nuova ascissa vengono trasferite automaticamente nel dialogo le sollecitazioni relative alla condizione di carico prescelta.

Il bottone Calcola attiva il calcolo delle tensioni tangenziali medie lungo le corde, di inclinazione assegnata, che vengono rappresentate per fasce di colori o per diagramma. La modalità di rappresentazione può essere scelta tramite i due bottoni scelta: "Mappa di colori" oppure "Diagramma". Il valore massimo viene riportato numericamente.

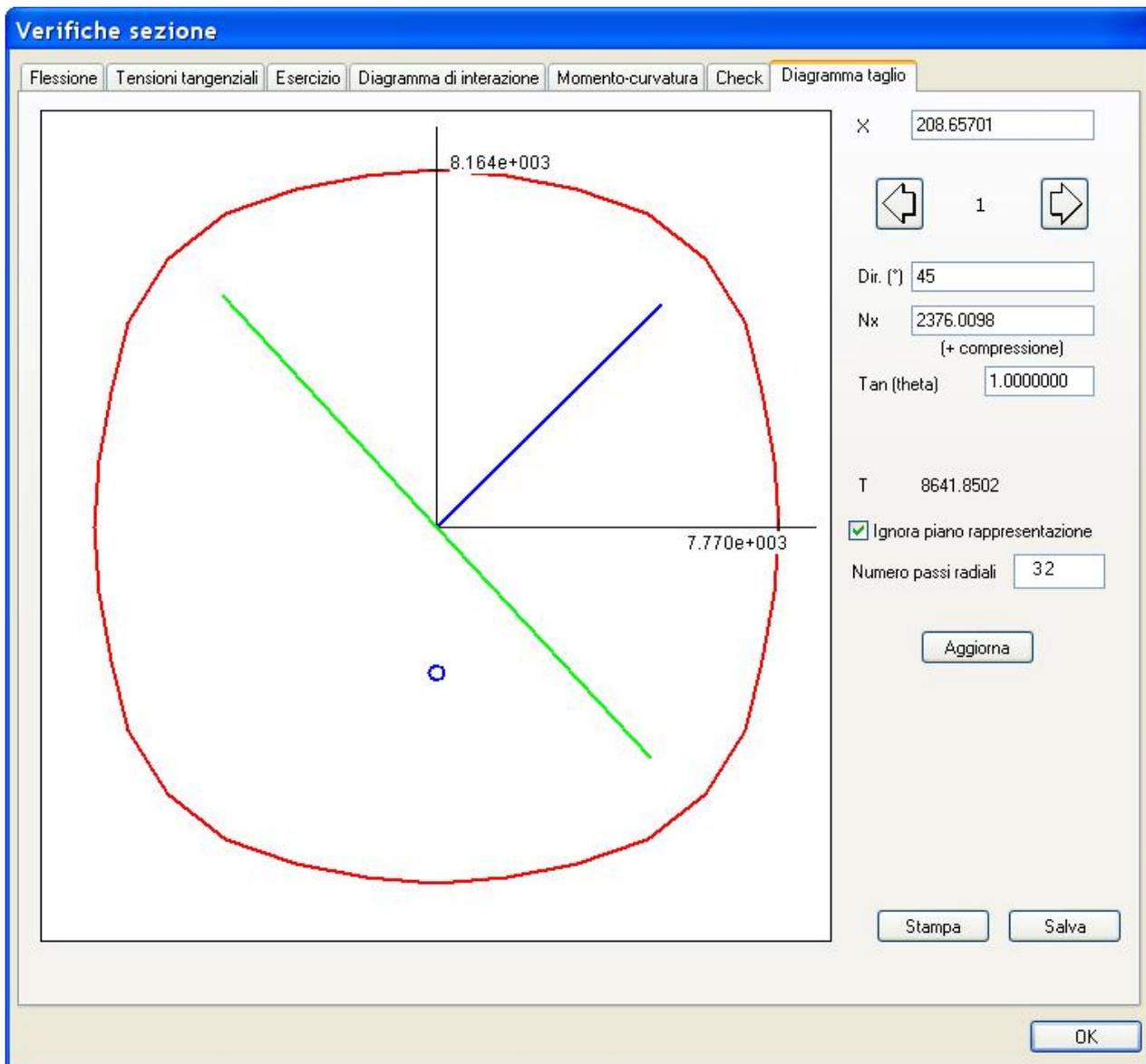
Il calcolo avviene per integrazione numerica delle equazioni differenziali di equilibrio (vedi [Metodi teorici](#)).

La tensione tangenziale è quella media lungo la corda. Questo procedimento rigoroso assicura la validità del calcolo in qualsiasi condizione di sollecitazione di armatura e per qualsiasi direzione. Il calcolo, basato su criteri di equilibrio tiene conto delle armature presenti nella sezione (senza le armature l'equilibrio sarebbe impossibile) e quindi è opportuno che la sezione sia correttamente progettata perché si possano correttamente valutare le tensioni tangenziali.

Si fa notare che la sezione non è di materiale omogeneo e quindi le equazioni di equilibrio mettono correttamente in luce forti tensioni tangenziali in casi particolari di armatura non diffusa che nella realtà vengono moderati dalla diffusione delle tensioni nel materiale. Inoltre si possono verificare rapide rotazioni dell'asse neutro tra sezioni adiacenti per cui il calcolo della variazione delle tensioni normali alla sezione possono presentare delle discontinuità che incrementano le tensioni tangenziali. Si tratta in entrambi i casi di risposte prevedibili del modello matematico adottato nelle cosiddette "zone perturbate di de Saint Venant".

Diagramma di interazione del taglio





Attivare l'icona della verifica delle tensioni tangenziali dal dialogo di scelta delle rappresentazioni, scegliere la rappresentazione a dialogo, deselegionare, se attiva, la rappresentazione del valore numerico ultimo e quindi se attiva, deselegionare l'opzione "Tensioni tangenziali". Quindi selezionare l'elemento voluto.

Questa funzione consente di tracciare il dominio di rottura per taglio. Si tratta di una funzione molto sofisticata che consente una verifica rapida e visuale della resistenza a taglio. Per ottenere il dominio di rottura, è necessario un calcolo corretto del taglio biassiale e ciò è ottenuto con un metodo di integrazione numerica sulla sezione per ottenere lo scorrimento agente da rapportare allo scorrimento resistente previsto dalla normativa. Tale metodo è illustrato nei cenni teorici di questo manuale.

Il metodo impiegato consente di tenere conto anche dell'effetto dell'azione assiale e dei momenti agenti, sollecitazioni che influiscono significativamente sul valore del taglio ultimo. Poiché, però, la normativa tiene conto dello sforzo assiale solo per incrementare la tensione tangenziale resistente, in questa funzione non si tiene conto dell'effetto degli sforzi assiale e flessionale per poter avere risultati in accordo con la normativa.

L'uso della funzione è molto semplice, selezionato l'elemento alla ascissa voluta, si può scegliere una combinazione per assegnare l'azione assiale di tale combinazione benché, come detto, essa viene impiegata solo per quanto previsto dalla normativa.

Assegnando una direzione, in gradi sessadecimali, è possibile avere il valore numerico del taglio ultimo in tale direzione. La direzione assegnata viene tracciata in colore blu sul diagramma, mentre la inclinazione dell'asse neutro è rappresentata da

un segmento di colore verde.

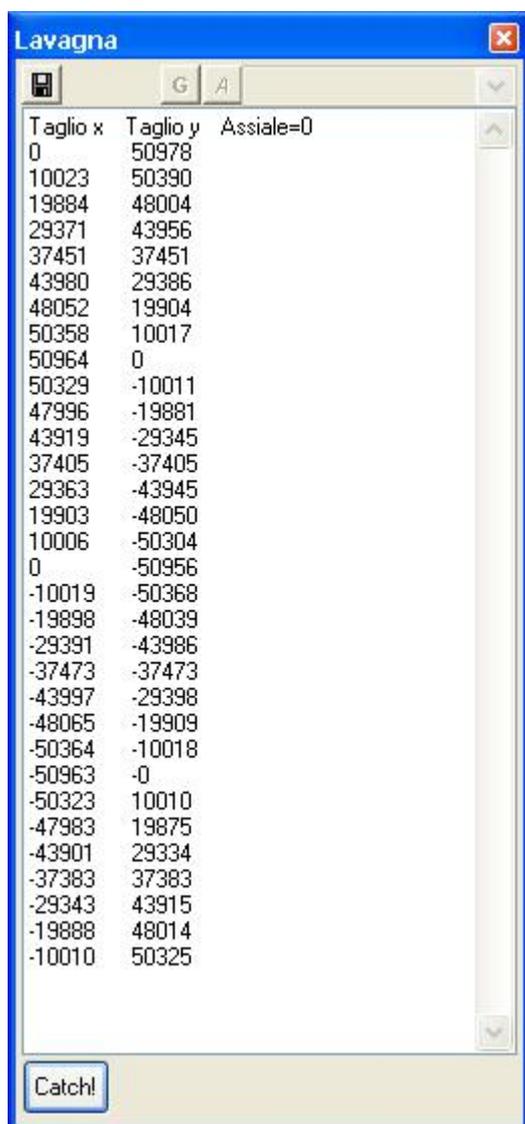
È possibile assegnare il valore della tangente dell'angolo di inclinazione del traliccio (del piano di fessurazione) il cui valore deve essere compreso, come da normativa, tra 1 e 2.5. Nel dialogo tale valore è contrassegnato come $\text{Tan}(\theta)$.

I punti che rappresentano i valori di taglio delle combinazioni vengono riportati sul diagramma. Se si attiva la possibilità di ignorare il piano di sforzo assiale di appartenenza, vengono rappresentati tutti i punti di taglio indipendentemente dalla forza assiale.

Il diagramma può essere stampato oppure l'immagine può essere salvata su file.

Il metodo è in uso in EasyBeam dalla sua prima formulazione nel 1996 ed è stato validato con una serie di risultati sperimentali.

Uso della lavagna



È possibile salvare i valori del diagramma in formato CSV per impiegarli in un foglio elettronico.

Visualizzare la lavagna dal menu Visualizza (ctrl+B). Attivare il dialogo di interazione, formare l'immagine che si desidera e quindi cliccare Catch sulla finestra della lavagna e quindi selezionare il dialogo per trasferire i dati.

Questa funzionalità è attiva per molti altri dialoghi.

Verifica rapida



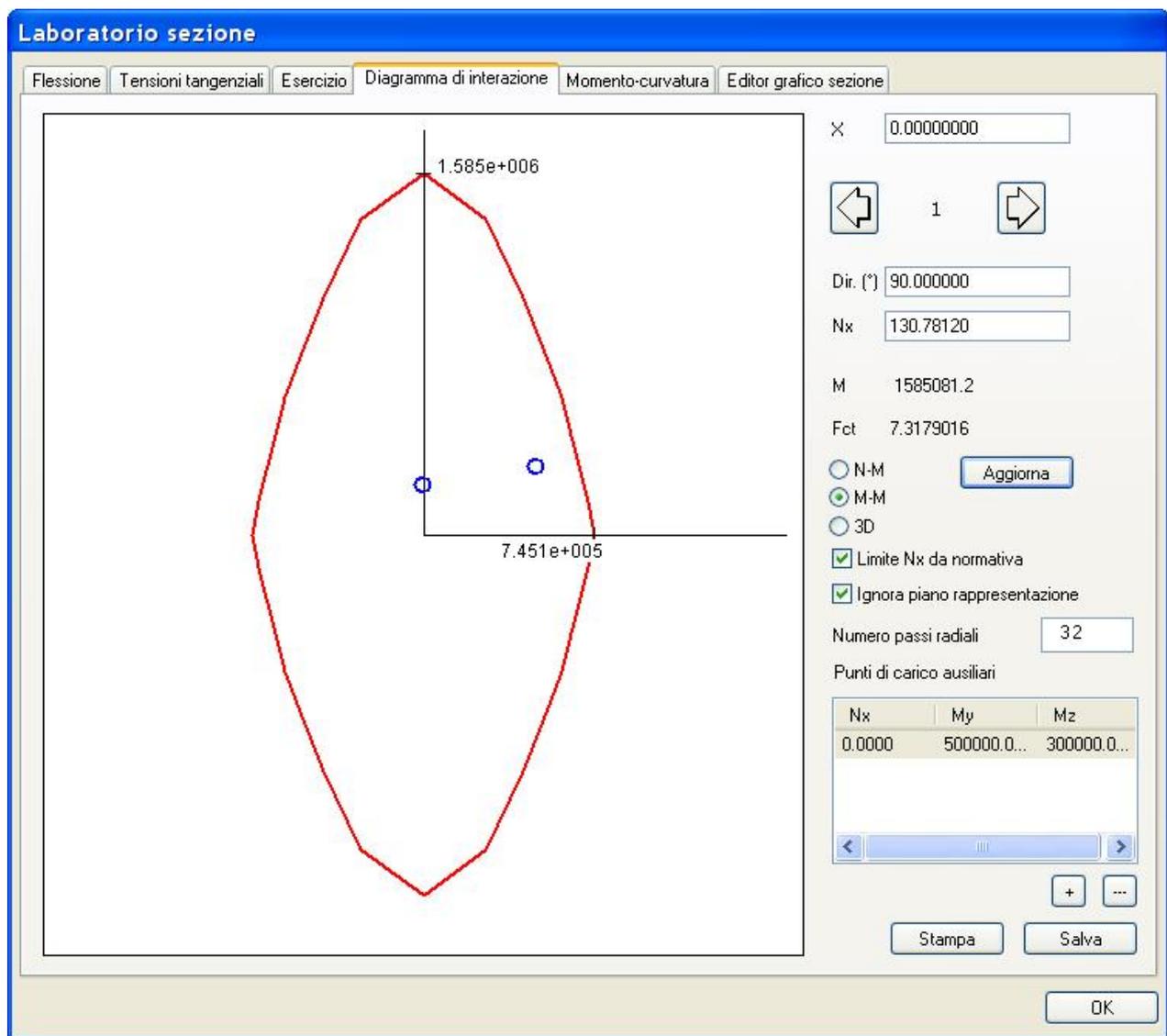
La verifica rapida si effettua selezionando l'icona dalla palette e selezionando gli elementi da verificare. La verifica è per **flessione e taglio** in 5 sezioni. È molto utile anche prima delle stampe per assicurarsi che non vi siano verifiche non soddisfatte. Come risultato la verifica riporta il numero degli elementi nei quali la verifica non è stata soddisfatta. Gli elementi per i quali la verifica è fallita sono anche contrassegnati con lo stesso criterio usato per il progetto e quindi possono essere individuati tramite l'attivazione dell'icona per l'evidenziazione degli errori di progetto. Vi possono essere delle discrepanze occasionali tra i risultati di questa verifica rapida e altre verifiche, ciò in genere è dovuto a situazioni particolari per le quali la scelta automatica delle sezioni di verifica può essere significativa. Si veda anche [Verifica dei risultati](#).

ATTENZIONE La verifica rapida, per il suo scopo di verifica agevole e di massima, presuppone di operare su un progetto eseguito correttamente. Pertanto le sezioni di verifica vengono automaticamente spostate fino a trovare, se esiste, una sezione con armatura correttamente ancorata. Ciò per evitare che la verifica rapida fallisca a solo perché viene eseguita in una sezione ove le armature siano assenti (a esempio nell'intervallo di copriferro). Questo accorgimento, che automatizza la scelta della sezione per comodità d'uso, può però, in caso di travi corte e con armature poco ancorate, spostare la sezione di verifica in modo sensibile dalle 5 sezioni standard e quindi essere effettuata in sezioni meno sollecitate (più interne). Questo accade raramente e solo su travi e corte e non accuratamente progettate e cioè, spesso, quando si arma la trave "a mano" e non si ancorano opportunamente le armature. In questo caso non usare la verifica rapida, che ha scopi diversi, ma le altre modalità di verifica.

Diagramma di interazione



A questo dialogo si accede attivando la relativa funzione dalla palette e quindi selezionando l'elemento voluto. Il dialogo consente di visualizzare i diagrammi di interazione momento-forza assiale e di calcolare il momento ultimo della sezione prescelta per una data direzione e una data forza assiale.



Il diagramma di interazione è un diagramma tridimensionale nelle variabili N, My e Mz. La rappresentazione avviene per sezioni del diagramma tridimensionale nel piano My-Mz oppure N-M a scelta dell'operatore.

La scelta del piano di sezione avviene assegnando il valore di forza assiale per le sezioni My-Mz e della direzione per sezioni N-M.

Viene anche riportato nel dialogo il valore del momento ultimo (M) per la coppia di valori forza-direzione assegnati nel dialogo.

Nel dialogo viene anche riportato il valore del fattore di sicurezza (Fct) relativo alla combinazione di carico prescelta. Tale fattore è inteso come rapporto tra distanza del punto di intersezione della retta passante per l'origine ed il punto di carico con il confine del dominio tridimensionale di interazione la distanza del punto di carico dall'origine. Valori maggiori di 10.0 non vengono calcolati ed il valore 10.0 viene, in questo caso, esposto nel dialogo.

La direzione si intende misurata dall'asse positivo locale delle z in senso antiorario in gradi sessadecimali. La direzione, per motivi di chiarezza, è quella della forza che, se applicata all'elemento, genererebbe il momento. L'inclinazione di -90° è, ad esempio, quella del momento relativo ad una forza che agisse "verso il basso" e cioè secondo la direzione negativa dell'asse locale y.

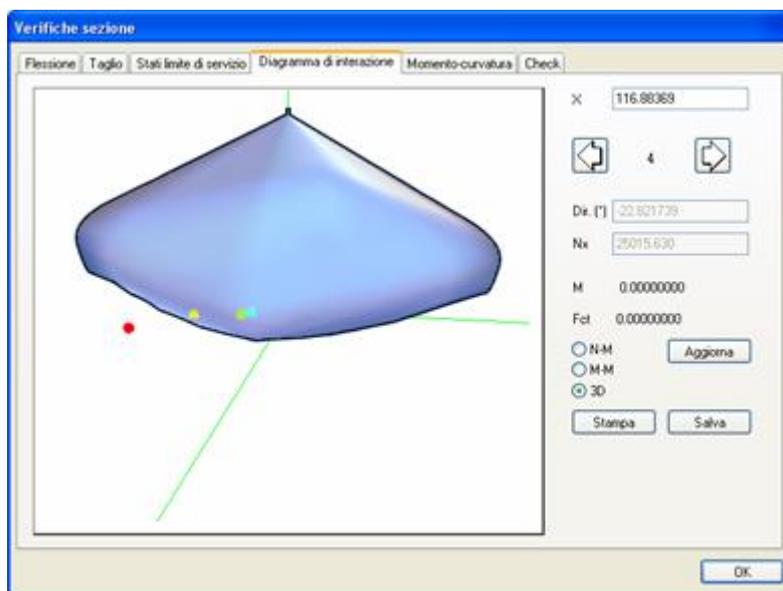
Le armature considerate nel calcolo sono quelle esistenti nell'elemento all'ascissa della sezione indicata nel dialogo. Tale ascissa, all'apertura del dialogo, è quella del punto di selezione dell'elemento. Selezionando la combinazione di carico voluta è anche possibile riportare nel dialogo automaticamente la forza assiale e la direzione del momento agente per tale combinazione.

Qualora il punto di sollecitazione N, My, Mz della combinazione prescelta giaccia sul piano di sezione rappresentato, tale punto viene riportato sul diagramma con un cerchietto di colore blu. È possibile ignorare, nella rappresentazione l'appartenenza del punto (Nx,My,Mz) al piano e rappresentarne la proiezione su piano del diagramma, attivando il check-bo

"Ignora piano".

Il metodo di calcolo adottato è quello attivo (tensioni ammissibili o stati limite). Nel caso del metodo delle tensioni ammissibili il valore calcolato può essere visto come quello di un "momento ammissibile".

Nella tabella in basso a destra è possibile assegnare dei punti (Nx, My, Mz) arbitrari che rappresentano sollecitazioni arbitrariamente assegnate in modo da poter controllare graficamente la loro posizione rispetto al dominio. Questi punti vengono rappresentati in colore verde.



Questo dialogo consente anche la rappresentazione nello spazio tridimensionale delle tre sollecitazioni attuando una rappresentazione assonometrica della superficie limite. Questa rappresentazione si attiva tramite la modalità "3D" del dialogo. Le combinazioni dei carichi sono rappresentate come sferette il cui colore è funzione della distanza dalla superficie limite. Le sferette in colore rosso sono esterne al dominio limite. È possibile ruotare l'immagine premendo il tasto sinistro e spostandolo nel riquadro della immagine.

Diagramma momento-curvatura



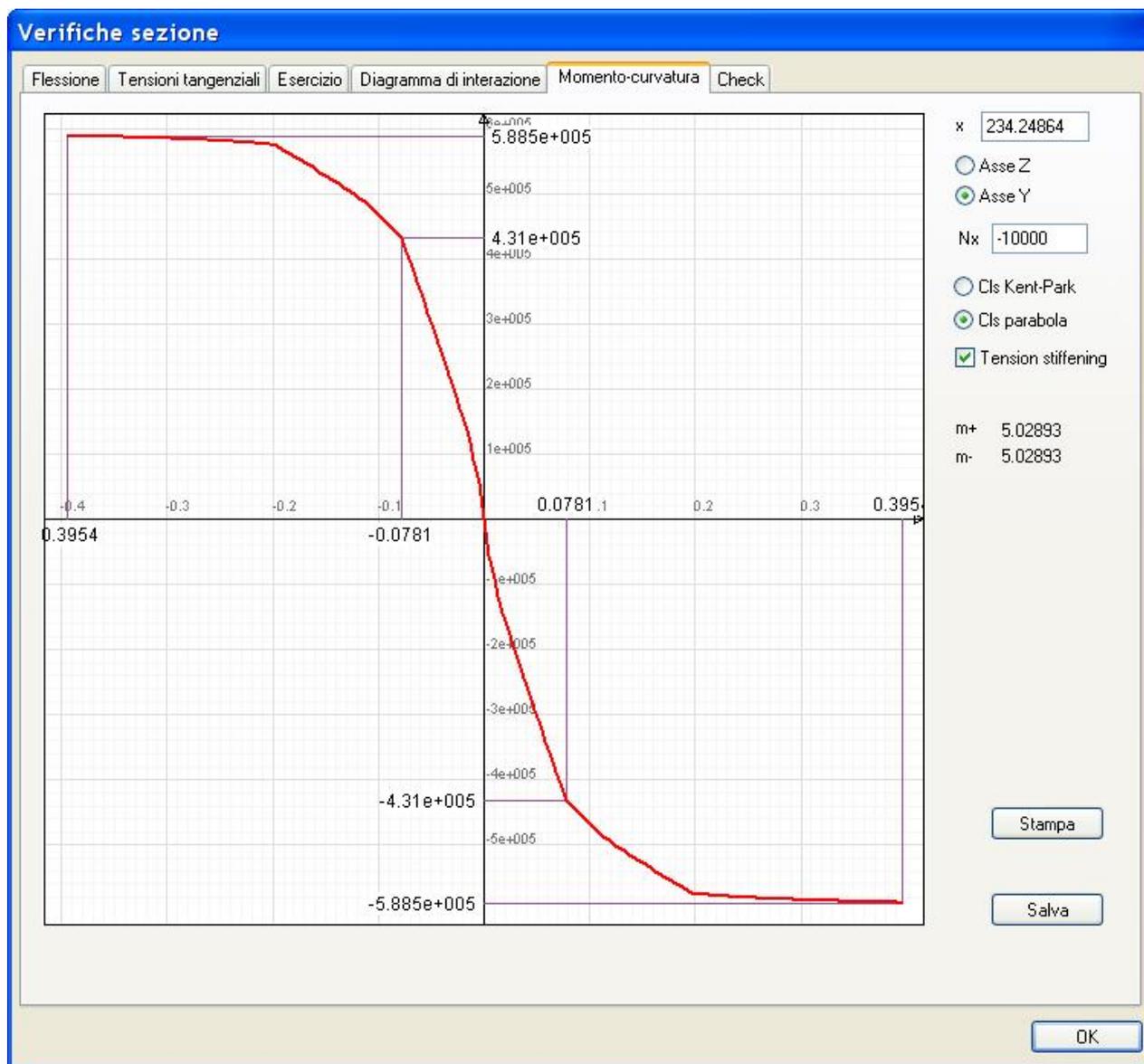
Nell'analisi elasto-plastica delle travi è necessario conoscere le caratteristiche della sezione in termini di funzione momento-curvatura. Tale funzione esprime in modo completo ogni informazione sulla duttilità della sezione. Poiché EasyBeam esegue normalmente un'analisi non lineare della sezione, il valore della rotazione della sezione per un dato momento è sempre ed esattamente calcolato.

In EasyBeam è disponibile un dialogo che consente di visualizzare il diagramma momento-curvatura di qualsiasi sezione della struttura. Più esattamente, questo diagramma viene calcolato tramite la matrice di flessibilità della sezione che mette in relazione diretta le curvature con le azioni.

Lo sforzo assiale considerato è quello assegnato a dialogo.

Al dialogo per la visualizzazione del diagramma, si accede selezionando l'icona della palette.

Il diagramma viene tracciato per molti valori di curvatura per ottenere un diagramma continuo e completo. Il diagramma viene interrotto per il valore di rotazione cui corrisponde la resistenza limite per rottura dell'acciaio per trazione o del calcestruzzo per compressione.



I valori di curvatura riportati nel dialogo sono moltiplicati per un fattore 1000.

Nel dialogo vengono evidenziati i punti di primo snervamento dell'acciaio o di rottura del calcestruzzo ed il punto terminale che si riferisce alla resistenza ultima della sezione per rottura del calcestruzzo per compressione o dell'acciaio per trazione.

Nel dialogo viene riportato il fattore di duttilità per curvatura positiva o negativa.

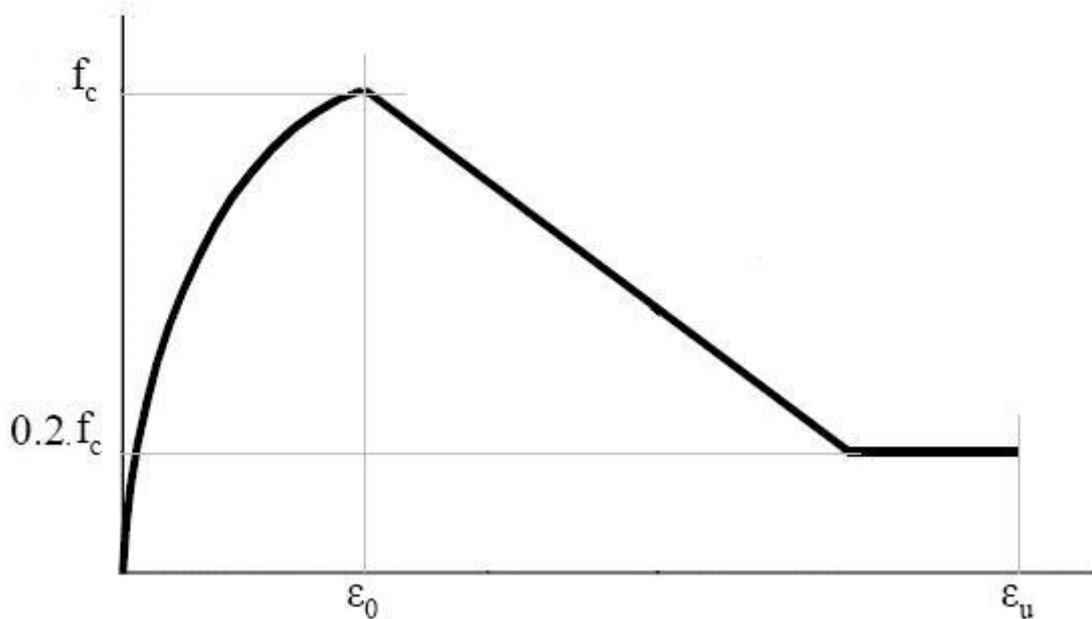
Nel dialogo è possibile scegliere i piani nel riferimento locale secondo i quali tracciare il diagramma.

È inoltre possibile scegliere tra due diversi legami costitutivi per il calcestruzzo: quello ben noto parabola-rettangolo o quello dovuto a Kent e Park nel quale si tiene conto dell'effetto di confinamento dovuto alla staffatura. I due legami costitutivi portano a valori momento-curvatura sensibilmente diversi. Quello di Kent e Park è sicuramente più sofisticato ma il parabola-rettangolo è maggiormente conservativo.

Attivando il check-box "Tension stiffening" il diagramma verrà tracciato tenendo conto di tale fenomeno. Il tension stiffening viene considerato esclusivamente nel calcolo delle deflessioni per la verifica allo stato limite ultimo di deformabilità. In questo dialogo è possibile rappresentarne l'effetto solo a fini di documentazione avanzata.

È possibile zoomare il grafico, traslarlo o rappresentarlo a dimensione massima usando rispettivamente: la rotella del mouse, il tasto destro, il doppio clic con il tasto sinistro.

Legame costitutivi di Kent e Park



Il legame costitutivo per il calcestruzzo dovuto a Kent e Park (1973) tiene conto dell'aumento di resistenza nel calcestruzzo dovuto al confinamento delle staffe.

In EasyBeam questo legame costitutivo è impiegabile nella valutazione della duttilità.

Definito:

$$K = 1 + \rho_s f_{ys} / f_k \text{ (fattore di confinamento)}$$

dove:

ρ_s rapporto volumetrico di staffatura

f_{ys} tensione di snervamento delle staffe

f_k resistenza cilindrica del calcestruzzo (MPa)

si ha:

$$f_c = K f_k$$

$$\epsilon_0 = 0.002 K$$

dove ϵ_0 è la deformazione corrispondente alla resistenza massima del calcestruzzo incrementata del fattore di confinamento

Il valore 0.002 è tipico ma in EasyBeam è assegnabile.

Per $\epsilon < \epsilon_0$

$$\sigma_c = f_c (2 \epsilon / \epsilon_0 - (\epsilon / \epsilon_0)^2)$$

Per $\epsilon_0 \leq \epsilon \leq \epsilon_u$

$$\sigma_c = f_c (1 - Z (\epsilon - \epsilon_0)) > 0.2 f_c$$

Dove:

$$Z = 0.5 / (\epsilon_1 + \epsilon_2 - \epsilon_0)$$

$$\epsilon_1 = (3 + 0.29 f_c) / (145 f_c - 1000)$$

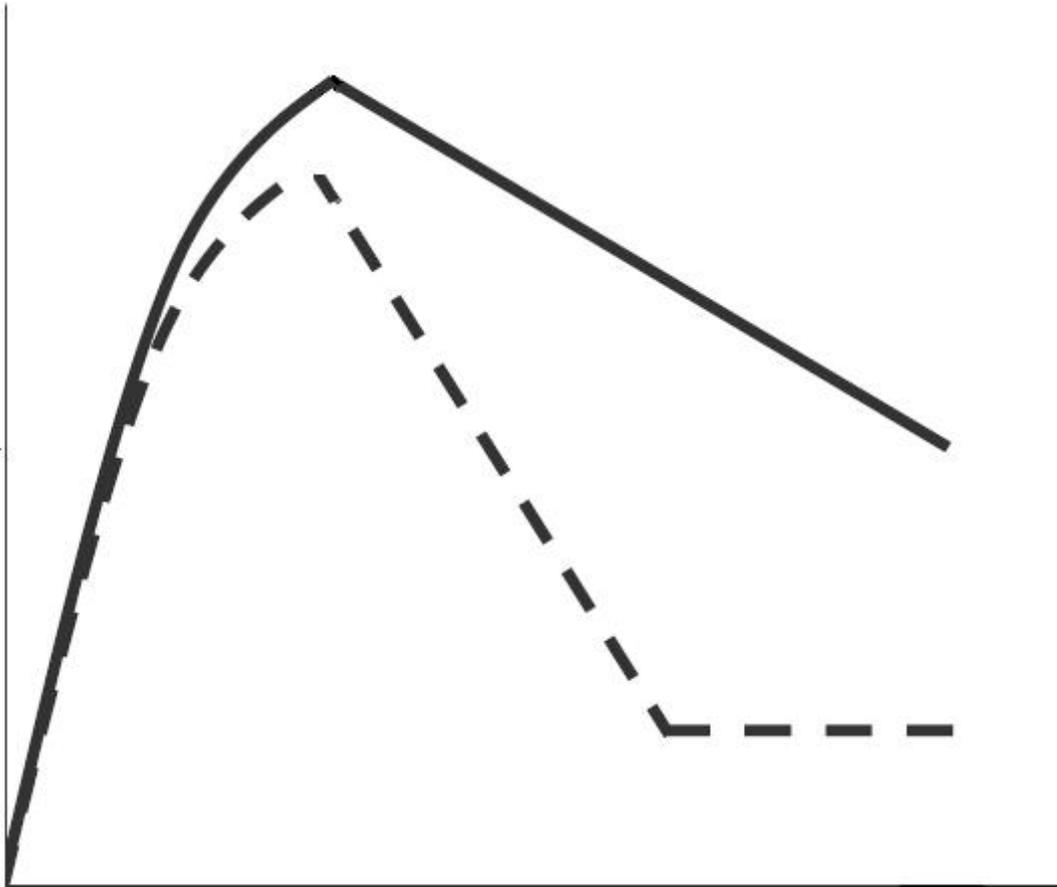
$$\epsilon_2 = 0.75 \rho_s (b / \rho)^{1/2}$$

con b larghezza confinata e p passo delle staffe.

Come deformazione ultima del calcestruzzo si assume:

$$\epsilon_u = 0.0035 + 0.9 \rho_s (f_{ys}/300) \quad (\text{Scott, 1982})$$

Il valore 0.0035 è tipico ma in EasyBeam è assegnabile.



In figura, il diagramma tensione-deformazione del legame di Kent e Park. La resistenza massima è dipendente dal fattore di confinamento e si ha un "softening" mentre nel più noto diagramma usato per la verifica delle sezioni la resistenza del calcestruzzo resta costante fino a rottura. Tratteggiato indicativamente l'andamento privo di staffatura e in linea solida l'andamento dovuto al confinamento ottenuto dalla staffatura.

Verifica stati limite di esercizio



Le verifiche per gli stati limite di esercizio consistono nella verifica a fessurazione e delle tensioni con le combinazioni specifiche per questo tipo di verifica. I risultati delle verifiche sono disponibili a dialogo, nella rappresentazione a colori e nelle stampe. Nelle stampe vengono riportati i valori massimi su tutte le combinazioni.

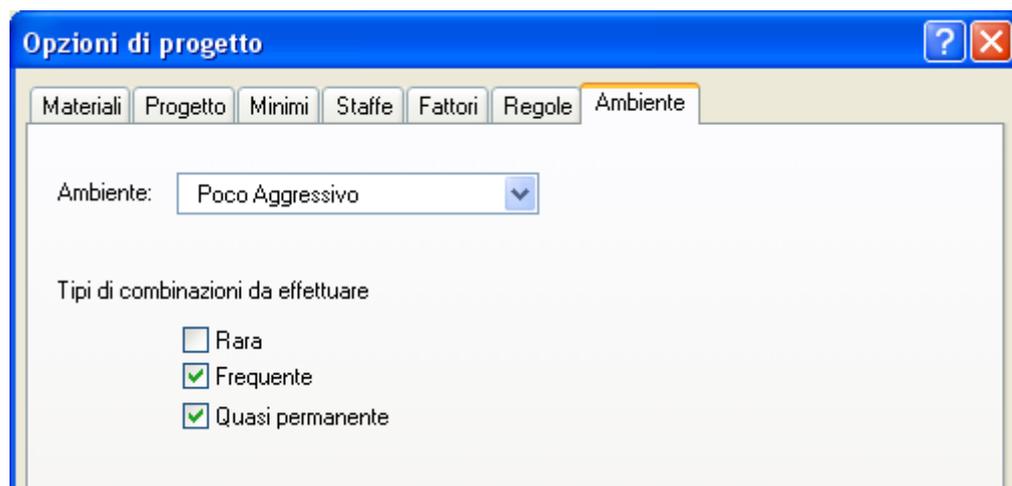
Si ha anche, solo a dialogo, la deflessione massima. Questa viene ottenuta per integrazione della curvatura e pertanto tiene conto delle armature e della parzializzazione della sezione.

Queste verifiche vengono effettuate tramite delle combinazioni di carico diverse da quelle di progetto in quanto sia il metod

di combinazione sia i coefficienti sono diversi. Le combinazioni usano però la stessa tipologia di carico (permanente, eccezionale etc.) già assegnata per le combinazioni di progetto. Le condizioni eccezionali non partecipano a questo tipo di combinazioni. Per le modalità di formazione e gestione delle combinazioni di carico, vedere sopra il capitolo "Combinazioni c esercizio con il metodo degli stati limite".

La normativa prevede tre tipologie di combinazioni per azioni di tipo: Rara, Frequente, Quasi permanente. Le verifiche per questi tipi di combinazioni dipendono dalle "condizione di ambiente" La verifica delle tensioni non è mai necessaria per le combinazioni Frequenti. Scelto il tipo di condizione ambientale, a esempio "Moderatamente aggressivo", dovremo formare le combinazioni Frequente e Quasi Permanente. Questo il programma lo fa in automatico quando si contrassegnano i tipi di combinazioni voluti.

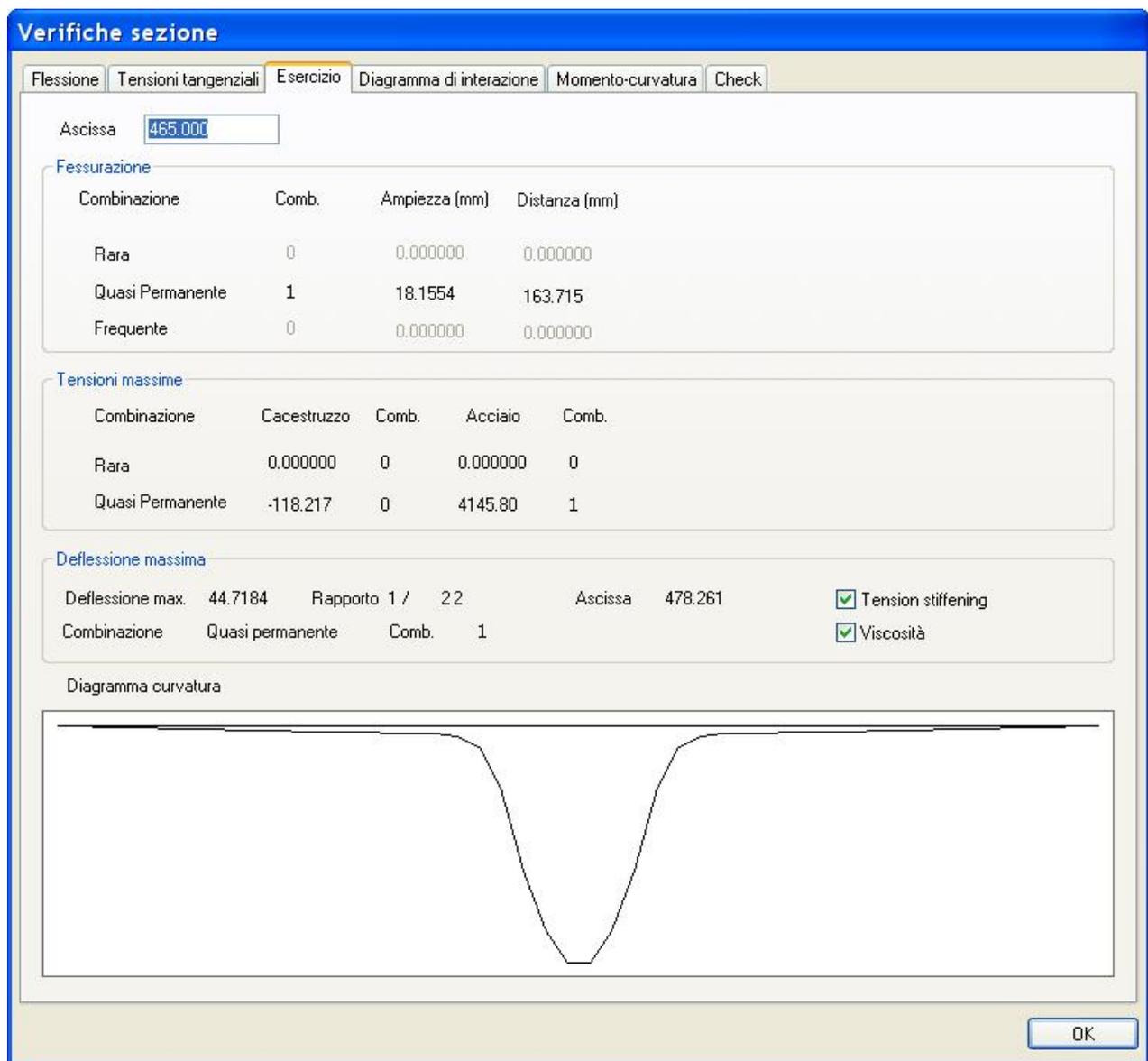
Le caratteristiche di ambiente si assegnano dall'apposito dialogo delle opzioni di progetto.



Per semplificare l'assegnazione dei tipi di verifiche richieste dalla normativa, e più esattamente con riferimento al DM 9 gennaio 1996, un menu nel dialogo consente di scegliere il tipo di aggressività ambientale che determina sia le combinazioni richieste che i valori massimi ammissibili. Tali valori vengono impiegati esclusivamente per la visualizzazione del quadro fessurativo.

Risultati a dialogo

Attivando la verifica dalla palette e selezionando l'elemento voluto, si ottengono l'ampiezza e la distanza delle fessure che si possono confrontare con i valori massimi di normativa.



Sia per le fessure che per le tensioni si hanno i limiti previsti dalla normativa per la tipologia di esposizione voluta. I limiti per le tensioni sono ameno delle resistenze caratteristiche dei materiali e quindi nel dialogo va assegnato solo il moltiplicatore di tale tensione (sempre positivo!) e non il valore di tensione di confronto. A esempio, dove la normativa pone come limite di tensione per il calcestruzzo, a esempio, $0.60 f_{ck}$ si deve assegnare solo 0.6.

Per l'ampiezza delle fessure si hanno tre diversi limiti in quanto la normativa richiede questa differenziazione. I limiti vengono impiegati nella rappresentazione in quanto i colori sono riferiti al massimo rapporto tra ampiezza delle fessure e valore limite calcolati per ogni combinazione e viene esposto il valore massimo. Pertanto il valore massimo di scala rappresentato è unitario in quanto rappresenta il raggiungimento o il superamento del valore massimo. Questi valori limite possono essere assegnati dal dialogo delle combinazioni di esercizio tramite un apposito menu che li assegna secondo quanto previsto dal DM 9 gennaio 1996 con riferimento alla armatura poco sensibile

Viene calcolata la deflessione massima per la verifica di deformabilità.

Il calcolo viene effettuato per integrazione delle curvatures e pertanto tiene conto anche degli effetti della parzializzazione della sezione.

Come costanti di integrazione si impiegano gli spostamenti di estremità ottenute dall'analisi e pertanto nelle estremità la deflessione non è calcolata tramite integrazione delle curvatures. Quindi, in caso di mensole o di nodi intermedi, i valori agli estremi restano quelli dell'analisi.

È possibile tenere in conto il fenomeno del Tension Stiffening e della Viscosità. Per quest'ultima, i parametri necessari sono assegnati nel dialogo delle caratteristiche dei materiali. Per la condizione più gravosa individuata in questa verifica, viene rappresentato anche il diagramma delle curvature.

Scelta del tipo di rappresentazione dei risultati

Per una verifica grafica, occorre attivare questo tipo di rappresentazione e assegnare i limiti di confronto che determineranno la scala dei colori della rappresentazione. Questa assegnazione si esegue nel dialogo al quale si accede con un doppio clic sull'icona di verifica per gli stati limite di esercizio. Inseriti tali limiti, i colori andranno verso il rosso avvicinandosi ai valori limite. Il dialogo consente anche di definire il valore massimo che viene impiegato come "fondo scala" nella ripartizione dei colori. Se si è assegnato, a esempio, il valore di mm 0.1 per l'ampiezza delle fessure, tutti i valori di ampiezza delle fessure che superino tale valore saranno rappresentati in rosso, i valori inferiori invece tramite una scala di colori linearmente distribuita. Dopo aver attivato il modo di rappresentazione voluto, attivare l'icona di verifica per gli stati limite di esercizio e quindi selezionare gli elementi voluti.



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 l'opzione "Maggiori opzioni" disponibile dal pannello di selezione delle verifiche..

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 le verifiche e scegliere tipo di verifica. 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 la lista di piani della funzione Estradosso di Piano accessibile dal menu Funzioni. Tale lista viene formata automaticamente ma, se lo si desidera, può essere assegnata con le quote di impalcato volute. Se però la lista non è "vuota", essa non si forma automaticamente.

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. Questa immagine può anche essere impaginata automaticamente in una relazione di EasyQuill appositamente programmata allo scopo.

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.

Informazioni avanzate

Nella verifica se i pilastri sono suddivisi in più elementi finiti, il programma cerca i nodi estremi connessi a delle travi oppure isolati. Questi due estremi (nodi) sono impiegati per il calcolo dello spostamento relativo.

Le combinazioni per questa verifica comprendono SOLO le azioni sismiche combinate con le altre azioni. Non contemplano le combinazioni di azioni non sismiche.

Il coefficiente di normativa ψ_2 (nella simbologia di EasyBeam definito PS2) viene sempre moltiplicato per il coefficiente di correlazione φ (PHI, nella simbologia di EasyBeam).

Consultare il capitolo delle combinazioni per assicurarsi che i parametri delle azioni sismiche siano correttamente configurati.

Verifiche geotecniche

EasyBeam consente la verifica della interazione tra suolo e sistema di travi di fondazione.

Vengono impiegate le combinazioni SLV con la possibilità di modificare i coefficienti γ_{G1} , γ_{G2} , γ_{Qi} come indicato della normativa.

Tali coefficienti (che per default hanno i valori indicati in normativa come A (GEO)) possono quindi essere cambiati a piacimento.

I coefficienti M di normativa, che attengono le caratteristiche de terreno, sono parimenti modificabili nello stesso dialogo.

Per il calcolo della deflessione viene interpolata la funzione trascendente di deflessione della trave elastica su suolo elastico. Viene considerato l'effetto della torsione.

Viene valutato il taglio parallelo al piano di posa trasmesso dai pilastri alla trave di fondazione in quanto, come è noto, nella analisi elastica lineare questo valore non può essere valutato con attendibilità se non con metodi non-lineari. Pertanto questo metodo è molto più attendibile.

Viene quindi calcolata la portanza del terreno sottoposto anche a forza parallela al piano di posa e pertanto si ha un unico valore di portanza che tiene conto anche di questo effetto, questo secondo la formulazione generale dovuta ad Hansen.

I valori vengono calcolati su una griglia di punti determinata dal rettangolo di piano di posa della trave.

I valori così individuati vengono rappresentati a mappa di colori oppure il valore massimo tra tutti viene esposto a dialogo.

La funzione è attivata da un'icona di verifica della palette.



Questa funzione è governata da due dialoghi. Al primo si accede con un doppio click sull'icona della palette e in tale dialogo : possono assegnare le caratteristiche del terreno e la modalità con la quale si desidera i risultati vengano esposti (numericamente o a mappe di colori per le differenti verifiche).

Verifiche geotecniche

Caratteristiche del terreno	Coefficienti M	Fondazione
Angolo attrito (°) <input type="text" value="36.0000"/>	<input type="text" value="1.00000"/>	Profondità piano di posa <input type="text" value="1.50000"/>
Coesione <input type="text" value="0.000000"/>	<input type="text" value="1.00000"/>	Stato limite di danno
Peso specifico umido <input type="text" value="19.0000"/>	<input type="text" value="1.00000"/>	Spostamento max. confronto <input type="text" value="0.000000"/>
Coefficienti gamma in combinazione A	Fattore sicurezza R	Settaggio autom. coeff. normativa
Permanente sfavorevole <input type="text" value="1.30000"/>	Portanza <input type="text" value="2.30000"/>	<input type="text" value="Approccio 1 : A2 + M2 + R2"/>
Variabile sfavorevole <input type="text" value="1.50000"/>	Scorrimento <input type="text" value="1.10000"/>	<input type="text" value="Approccio 2 : A1 + M1 + R3"/>
Falda	Peso specifico dei granuli <input type="text" value="25.4973"/>	Umidità (%) <input type="text" value="10.0000"/>
Profondità falda (positiva) <input type="text" value="1.00000"/>		
Tipo di rappresentazione		
<input checked="" type="radio"/> Numerica	<input type="radio"/> Deflessione mappa	
<input type="radio"/> Deflessione mappa	<input type="radio"/> Pressione mappa	
<input type="radio"/> Pressione mappa	<input type="radio"/> Sfruttamento portanza mappa	
<input type="radio"/> Sfruttamento portanza mappa		

Se si desiderano leggere i valori numerici, selezionare la trave di fondazione voluta.

Se invece si desidera una rappresentazione a mappa di colori, selezionare tutte le travi volute anche con una selezione globale.

Se si clicca su una trave già rappresentata a colori si potranno leggere i relativi valori a dialogo.

Si possono assegnare i coefficienti di sicurezza parziale γ_R , indicati come R nella normativa, sia per la portanza che per lo scorrimento.

Il fattore di sfruttamento ottenuto, sia numericamente che a mappa di colori, tiene conto di tali coefficienti per cui valori superiori all'unità indicano una soluzione non verificata.

Infine due bottoni consentono di configurare i coefficienti di sicurezza parziale secondo i due approcci previsti dal DM08, capitolo 6.

The screenshot shows a software dialog box titled "Verifiche geotecniche" with a blue header. It contains three sections of data:

- Deflessione**:
 - Massima deflessione: -0.18321152
- Resistenza**:
 - Massima pressione: 0.93411877
 - Portanza unitaria: 205.95800
 - Fattore sicurezza: >10.0
- Scorrimento**:
 - Scorrimento agente: 3325.2156
 - Scorrimento resistente: 6133.2767
 - Fattore sicurezza: 1.8444749

At the bottom right of the dialog, there are two buttons: "Calcola globale" and "Continua".

I valori calcolati sono i seguenti:

- Spostamento verticale
- Pressione sul terreno
- Portanza della fondazione secondo Hansen
- Fattore di sicurezza della portanza
- Scorrimento agente
- Scorrimento resistente
- Fattore di sicurezza allo scorrimento

Verifiche geotecniche

Deflessione	
Massima deflessione	-0.18321152

Resistenza	
Massima pressione	0.93411877
Portanza unitaria	205.95800
Fattore sicurezza	>10.0

Scorrimento	
Scorrimento agente	7513.4548
Scorrimento resistente	13781.226
Fattore sicurezza	1.8342062
Fattore sicurezza minimo	1.8260535

Calcola locale

Continua

Qualora si agisca sul bottone "Calcola globale" verranno riportati, negli stessi campi prima riferiti al singolo elemento, i valori riferiti però all'insieme delle travi di fondazione. Un campo aggiuntivo indicherà il fattore minimo di sicurezza tra tutti gli elementi esaminati: dato, questo, molto utile per controllare se una singola fondazione tende a scorrere in modo diverso dalla media per carenza di collegamento o insufficienza locale di resistenza allo scorrimento. Agendo di nuovo sul tasto che ora riporta la dicitura "Calcola locale", si otterranno nuovamente i valori della verifica dell'elemento.

Nota sul calcolo della portanza

La portanza è calcolata tramite l'equazione generale per la portanza del suolo, in particolare impiegando i coefficienti dovuti ad Hansen

[Hansen, J.B. (1970) A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity, *Danish Geotechnical Institute Bull.* 20, Copenhagen, 21 pp.]

Poiché il fattore N_v è rilevante ai fini della valutazione della portanza si sottolinea che qui si impiega la formula di Hansen e cioè:

$$N_v = 1.5 \cdot (N_q - 1.0) \cdot \tan(\phi);$$

Come è noto la formulazione generale tiene conto della forma, della profondità della fondazione e della inclinazione del carico. Tale modello cioè si basa sulla valutazione della superficie di scorrimento del terreno tenendo conto contemporaneamente di tutti questi fattori.

In particolare si tiene conto dell'effetto delle azioni orizzontali sulla portanza in presenza.

Quest'ultima sofisticata capacità del modello di Hansen viene sfruttata localmente da EasyBeam tramite la valutazione delle forze orizzontali agenti su ogni singola trave derivandole dalle forze di taglio agenti nei pilastri a esse collegati.

Pertanto il valore di portanza tiene conto della resistenza allo scorrimento e per di più localmente e non solo globalmente per cui si è in grado di valutare se la singola trave è soggetta a scorrimento.

Si veda anche: Bowles J.E (1977) *Foundation Analysis and Design*, International Student Edition.

Se la falda idrica si trova ad una profondità compresa nel bulbo di terreno interessato dalla fondazione, la portanza ne viene influenzata. Assegnando un valore molto elevato alla profondità della falda (che è positiva anche se diretta verso il basso) la falda ovviamente non influenza la portanza e quindi tale assegnazione è opportuna quando la falda non è presente.

La portanza viene modificata dalla diversa densità assunta dal terreno in presenza di acqua. Tale densità media efficace viene calcolata secondo la relazione:

$$\gamma_e = ((2 H - d_w) * d_w * \gamma_{wet} + \gamma' * (H - d_w)^2) / H^2$$

Dove H è la profondità del bulbo, γ' il peso specifico sommerso in falda, d_w la profondità della falda e γ_{wet} il peso specifico umido del terreno nel tratto superiore alla falda. Nel calcolo di γ' si impiega il peso specifico del terreno denominato in genere G_s . Tale valore, nel dialogo è assunto pari al peso specifico del terreno assegnata nel gruppo di assegnazioni delle caratteristiche del terreno.

Rappresentazioni grafiche dei risultati

In questa sezione vengono illustrate:

- [rappresentazione grafica della verifica a taglio](#)
- [rappresentazione grafica del fattore di sicurezza flessionale](#)
- [rappresentazione grafica del fattore di sicurezza per la duttilità](#)

Le altre verifiche grafiche sono descritte nelle relative sezioni:

- [Verifica stati limite di esercizio](#)
- [Verifica del nodo](#)
- [Progetto a taglio per azioni sismiche](#)
- [Gerarchia delle resistenze](#)
- [Progetto delle pareti-colonna](#)
- [Verifica a taglio del nodo.](#)

Inoltre si possono eseguire le verifiche a torsione e di duttilità [dlg_opzioni_rappresentazione.jpg](#)

Rappresentazione grafica della verifica a taglio



È possibile rappresentare il fattore di sfruttamento a taglio in scala di colori. Tale fattore va inteso come rapporto tra taglio agente e taglio ultimo ed è quindi l'inverso del coefficiente di sicurezza. Valori pertanto superiori ad 1 indicano che la sezione non è verificata. I valori superiori ad 1.0 sono sempre rappresentati in colore rosso. I fattori rappresentati sono quelli maggiori tra tutte le combinazioni di carico.



Per attivare la rappresentazione a colori della verifica a taglio, fare un doppio clic sull'icona della verifica a taglio e selezionare nel dialogo che si presenta il tipo di visualizzazione a Diagramma. Attivare quindi l'icona della palette della verifica a taglio e selezionare gli elementi voluti. Per tornare ad avere la rappresentazione a dialogo, usare nuovamente il dialogo di selezione della modalità di visualizzazione tramite il doppio clic sull'icona e selezionare la rappresentazione a Dialogo.

Attivando l'opzione "Mostra valore massimo" viene attribuito a tutto l'elemento il colore relativo al valore massimo incontrato nella verifica di tutte le sezioni; ciò consente un'immediata visione del livello di sicurezza dell'elemento.

Si può rappresentare il fattore di sfruttamento per il progetto o per il taglio necessario a evitare la formazione di meccanismi anelastici, detto brevemente "taglio sismico" scegliendo dal menu popup la componente voluta.

Per ottenere la rappresentazione del "taglio sismico" deve essere attiva l'opzione di progetto a taglio sismico.

Rappresentazione grafica del fattore di sicurezza flessionale



È possibile rappresentare il fattore di sfruttamento a tenso-presso flessione deviata in scala di colori. Tale fattore va inteso come rapporto tra azioni agenti (N_x , M_y , M_z) agente e resistenza ultima ed è quindi l'inverso del coefficiente di sicurezza. Valori pertanto superiori ad 1 indicano che la sezione non è verificata. I valori superiori ad 1 sono sempre rappresentati in colore rosso. Il colore rosso indica anche un eventuale errore nel calcolo. Il fattore di sicurezza viene valutato costruendo la funzione del dominio di rottura e verificando il fattore di sicurezza per tutte le combinazioni di carico di progetto. Il valore minimo del fattore di sicurezza (massimo del fattore di sfruttamento) viene espresso in colore. Il calcolo del fattore di sicurezza avviene considerando il punto di carico (N_x , M_y , M_z). La misura del fattore di sicurezza avviene lungo la retta che congiunge questo punto con l'origine nello spazio delle sollecitazioni. L'intersezione di tale retta con il confine del dominio di rottura determina il punto limite. Il rapporto tra la distanza di tale punto dall'origine e la distanza del punto di carico, determina il fattore di sicurezza. Questa verifica è la più sofisticata e accurata possibile in quanto fornisce in una visione sintetica della reale sicurezza dell'elemento. Infatti la verifica avviene sul dominio di rottura considerando tutte le componenti di sforzo. Ciò soprattutto se si impiega il metodo degli stati limite.

Per attivare questa rappresentazione, fare un doppio clic sull'icona del dominio di interazione e selezionare nel dialogo che si presenta il tipo di visualizzazione a Diagramma. Attivare quindi l'icona della palette del dominio di interazione e selezionare gli elementi voluti. Per avere la rappresentazione a dialogo, mentre è attiva questa rappresentazione, cliccare sul punto voluto di un elemento per il quale si era richiesta la rappresentazione a diagramma. Attivando l'opzione "Mostra valore massimo" viene attribuito a tutto l'elemento il colore relativo al valore massimo incontrato nella verifica di tutte le sezioni; ciò consente un'immediata visione del livello di sicurezza dell'elemento.

Rappresentazione grafica del fattore di duttilità



Il fattore di duttilità, inteso come rapporto tra la curvatura ultima e quella corrispondente al primo snervamento dell'acciaio, può essere rappresentato a colori sull'elemento come risultato del calcolo di tale fattore per molte sezioni dell'elemento.



Per ottenere tale rappresentazione, fare un doppio clic sull'icona della palette del diagramma momento-curvatura e scegliere la rappresentazione per diagramma e quindi selezionare gli elementi voluti.

Si usa un fondo scala assegnabile (default 20.0) invece che unitario per evitare che l'inverso del fattore di duttilità, che si dovrebbe usare in questo caso, possa confondere.

Il colore rosso indica il valore minimo di scala, differentemente dalle altre rappresentazioni, in quanto in questo caso sono i valori bassi a doversi segnalare maggiormente.

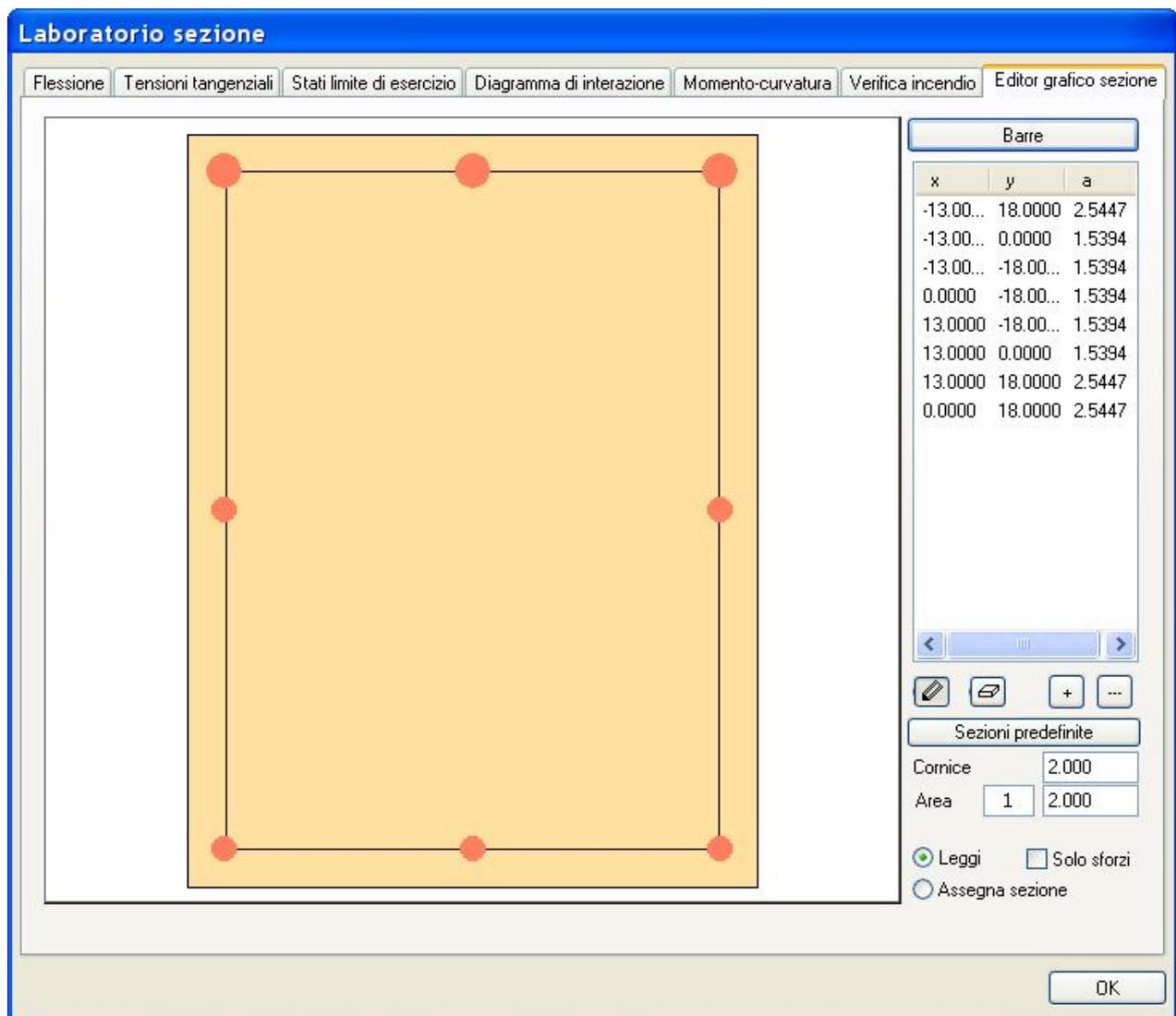
Il valore di duttilità della sezione dipende dal piano di sollecitazione considerato. Il valore rappresentato è quello per curvatura positiva delle travi (tensione delle fibre superiori) e dei due piani locali in entrambi i versi per i pilastri rappresentando in questo caso il valore minimo.

Il calcolo viene effettuato relativamente alla forza assiale minima tra tutte le combinazioni di progetto assumendo che tale condizione conduca alla minore duttilità.

Per valutazioni numeriche maggiormente accurate, si faccia ricorso alle verifiche numeriche a [dialogo](#).

Per ottenere il dialogo del diagramma momento-curvatura di un elemento di cui si sia già richiesto il diagramma a colori, è sufficiente cliccare sull'elemento voluto durante tale rappresentazione.

Laboratorio sezioni



Questa funzione rende disponibili le verifiche sezionali a sezioni qualsiasi liberamente assegnate e non necessariamente associate ad un elemento. Questa funzione pertanto può essere impiegata per eseguire verifiche e per documentare il comportamento di sezioni in modo del tutto libero. Questa funzione infatti è anche applicabile senza caricare alcun file.

Quando si richiama il dialogo multi pagina da menu, la prima pagina è sempre quella per l'editing della sezione. Come default viene presentata una sezione rettangolare 30x60. Questa sezione può essere modificata e riassegnata con vari strumenti:

- attivando la tabella Contorno ed editandone il contenuto che descrive i vertici del poligono
- accedendo ai dialoghi delle sezioni predefinite e assegnandone le dimensioni
- selezionando, con un clic esterno al dialogo, un elemento: ne saranno copiate tutte le caratteristiche

Le armature possono essere inserite:

- attivando la tabella Barre e editando la tabella con la coordinate della posizione della barra e l'area

- inserendo una barra attivando l'icona della matita e cliccando nel punto voluto
- inserendo un numero assegnato di barre sul lato di una cornice grafica posizionabile
- cliccando su un elemento come detto per le sezioni

Commutando il bottone "Assegna sezione" invece che "Leggi", cliccando su un elemento fuori del dialogo si assegnano sezione ed armature, le armature assegnate in questo modo sono "correnti" e cioè prolungate per tutto l'elemento. Dovranno essere ancorate ed eventualmente rifinite con gli altri strumenti di EasyBeam.

Si può eseguire uno zoom e una traslazione della immagine della sezione agendo sulla rotella del mouse per lo zoom oppure cliccando con il tasto destro del mouse su un punto dell'immagine e "trascinandola". Con un doppio clic si ha il ripristino dell'immagine a pieno contenimento nella finestra.

A questo punto, passando alle altre pagine del dialogo, si possono eseguire le verifiche volute. Gli sforzi possono essere assegnati numericamente in ogni dialogo o "letti" da un elemento cliccando sull'elemento voluto. Si faccia attenzione che in questo caso vengono copiati normalmente anche sezione ed armature dell'elemento a meno che non si vисти il checkbox "sol sforzi". Questa ultima possibilità consente di mettere a punto una sezione e verificarla con gli sforzi di vari elementi.

Metodi di progetto e di verifica sismici

In questa sezione vengono descritti i metodi di progetto e di verifica sismici speciali. Si illustrano i seguenti argomenti:

- [Verifica del nodo](#)
- [Progetto a taglio per azioni sismiche](#)
- [Gerarchia delle resistenze](#)
- [Progetto delle pareti-colonna.](#)
- [Verifica a taglio del nodo.](#)

Verifica del nodo

Questa funzione consente di effettuare due verifiche relative al progetto del nodo:

- Gerarchia delle resistenze
- Verifica a taglio nel nodo

La funzione si attiva selezionando l'icona delle verifiche, scegliendo la verifica del nodo e l'opzione della verifica che si desidera effettuare. Nel caso della verifica a dialogo, verrà presentato un dialogo multi-pagina dal quale si potrà scegliere la verifica desiderata.

Scelta rappresentazioni verifiche

Rappresentazione Dialogo

Deformazioni acc. o cls.		Verifica flessionale sezione
Fattore sfruttamento a taglio		Verifica a taglio sezione
Fattore sfruttamento flessionale		Diagramma interazione
Stato limite esercizio		Stato limite esercizio
Verifica del nodo		Verifica del nodo
Fattore duttilità		Diagramma momento curvatura
Esito verifica rapida		Verifica rapida
Fattore stato limite danno		Stato limite danno
Fattori verifica geotecnica		Verifica geotecnica

Mostra questo dialogo solo con un doppio clic sull'icona

Opzioni rappresentazioni

Facce visibili Facce nascoste

Calcestruzzo Acciaio

Mostra valore massimo

Solo condizioni sismiche

Valore numerico massimo

Considera ancoraggio

Valore numerico limite ultimo

Tensioni tangenziali

Fondo scala

Rapp. taglio

Rapp geotec.

Gerarchia resistenze Taglio

Fessurazione Tensioni

Nel caso di rappresentazione grafica della verifica si avrà un simbolo sul nodo con i seguenti colori:

- Verde: verifica effettuata con successo
- Blu: nodo non suscettibile di verifica
- Rosso: verifica non superata

Per le modalità delle verifiche si veda [Verifica a taglio del nodo](#) e [Gerarchia delle resistenze](#)

Nel caso della verifica a taglio del nodo, la dicitura "verifica non necessaria" è riportata nei casi in cui la verifica di resistenza non è richiesta come nel caso del nodo con travi di fondazione.

Progetto a taglio per azioni sismiche

In caso di azione sismica, è opportuno provvedere affinché non si verifichi una rottura per taglio prima che si siano formate delle cerniere plastiche agli estremi della trave. Pertanto il taglio di progetto deve essere valutato tenendo in conto la formazione di cerniere plastiche agli estremi della trave dovute agli effetti combinati dello spostamento laterale dovuto all'azione sismica e dei carichi.

Metodo di calcolo

I carichi che contribuiscono a formare le cerniere plastiche formano una speciale combinazione di carico che deve essere appositamente assegnata dall'operatore. Tale combinazione coinvolge solo i carichi "gravitazionali". Le condizioni di carico quindi che entrano a far parte di questa combinazione saranno solo quelle assegnate come "gravitazionali" insieme all'assegnazione dei tipi di carico.

Detti:

V_{left} taglio a sinistra per effetto della combinazione dei carichi assegnata

V_{right} taglio a destra per effetto della combinazione dei carichi assegnata

M_{left1} momento plastico all'estremità di sinistra per effetto di uno sbandamento a sinistra

M_{left2} momento plastico all'estremità di sinistra per effetto di uno sbandamento a destra

M_{right1} momento plastico all'estremità di destra per effetto di uno sbandamento a sinistra

M_{right2} momento plastico all'estremità di destra per effetto di uno sbandamento a destra

L lunghezza di calcolo dell'elemento

Per uno sbandamento a sinistra si avranno i seguenti valori di taglio ad entrambe le estremità:

$$V_1 = -\gamma (| M_{left1} | + | M_{right1} |) / L$$

Per uno sbandamento a destra si avranno i seguenti valori di taglio ad entrambe le estremità:

$$V_2 = \gamma (| M_{left2} | + | M_{right2} |) / L$$

Si avranno quindi i seguenti valori di taglio di progetto:

Alla sezione di sinistra:

$$V_{left1} = V_{left} + V_1$$

$$V_{left2} = V_{left} + V_2$$

Alla sezione di destra:

$$V_{right1} = V_{right} + V_1$$

$$V_{right2} = V_{right} + V_2$$

Questi valori, interpolati linearmente lungo l'elemento, vengono aggiunti al valore del taglio dovuto alle normali combinazioni di carico di progetto. Il coefficiente γ viene usato come moltiplicatore della resistenza ed è tipicamente $\gamma = 1.2$ e deve essere assegnato dall'operatore.

ATTENZIONE

Il momento ultimo viene calcolato tenendo conto della forza assiale agente sull'elemento per azione della speciale combinazione dei carichi assegnata per questa verifica.

Questa funzione è operante solo per sezioni rettangolari, a T, a doppio T, ad L. In caso di sezioni diverse da questa, l'incremento del taglio per azione sismica non viene considerato. Il piano di sbandamento per azione sismica è assunto automaticamente secondo le caratteristiche geometriche dell'elemento. Se l'elemento è subparallelo all'asse globale z (pilastro) le verifiche vengono effettuate per entrambi i piani e la forza assiale viene considerata. Se l'elemento non è un "pilastro", la verifica avviene solo per il piano locale xy e la forza assiale viene ignorata.

Gerarchia delle resistenze

Per il progetto delle armature dei pilastri secondo la "gerarchia delle resistenze") devono essere state prima progettate le armature delle travi concorrenti nei nodi di estremità dei pilastri in quanti i momenti ultimi di quest'ultime determinano il momento ultimo che il pilastro deve sviluppare. Se si effettua una selezione di tutti gli elementi interessati (quindi con una selezione multipla o totale) EasyBeam ordina automaticamente la GERARCHIA di progetto e progetta prima le travi e poi i pilastri ottenendo quanto necessario automaticamente. Quando si progetta il pilastro, la funzione di progetto opera come segue:

- Calcola i momenti ultimi di tutte le travi concorrenti negli estremi del pilastro.
- Per ogni piano del pilastro, somma i momenti ultimo delle travi considerando i due versi di rotazione ed assume il massimo dei due valori.
- Amplifica le somme dei momenti così calcolati del fattore di sicurezza previsto dalla norma (tipicamente 1.1 o 1.3)
- Ripartisce tali momenti tra eventuali pilastri sovrapposti in funzione del modulo di resistenza dei pilastri.
- Per i pilastri che non hanno altri pilastri sovrastanti (di sommità) considera nulli i momenti delle travi
- per i pilastri che non hanno altri pilastri sottostanti (di base) considera i momenti di base eguali a quelli di sommità

Le travi a mensola, ovvero con un estremo non connesso ad altri elementi Trave, non concorrono alla determinazione del momento resistente delle travi concorrenti nel nodo.

il pilastro viene progettato per tutte le combinazioni di carico e quindi per DUE ulteriori condizioni che prevedono l'azione dei momenti sopra descritti. Tali momenti di estremità vengono interpolati linearmente lungo il pilastro.

In tale modo la gerarchia delle resistenze viene rispettata in fase PROGETTUALE.

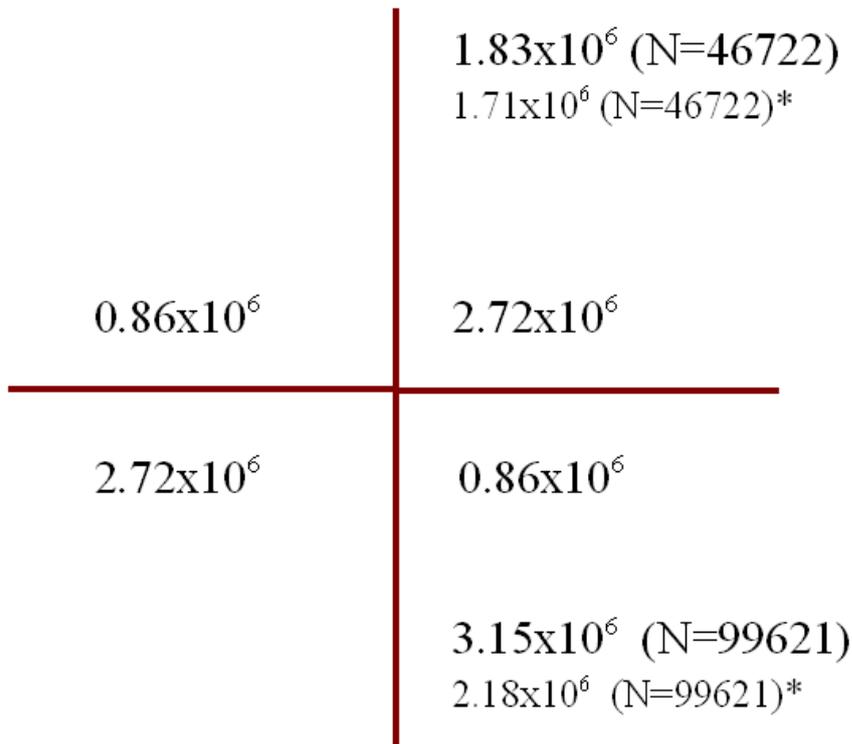
Le travi di fondazione vengono progettate restando in limite elastico e cioè imponendo che non vengano superate nei materiali le deformazioni del limite elastico. Inoltre le sollecitazioni di progetto sono assunte pari a quelle del momento ultimo del pilastro sovrastante ma non superiori a quelle di calcolo amplificate dal fattore previsto dalla normativa.

Nota

Si assume che le azioni nelle due direzioni (cioè i momenti agenti secondo i due assi del pilastro) NON siano contemporanee ma vengano considerate agenti separatamente dando quindi luogo a DUE condizioni di calcolo aggiuntive come sopra descritto e non a una onerosa flessione deviata.

Per la verifica vengono calcolati i momenti ultimi e sommati con i criteri sovraesposti e quindi viene esposto nel dialogo il rapporto tra la sommatoria dei momenti ultimi delle travi e delle colonne secondo i due piani di giacitura rispetto al pilastro.

Esempio di risultati della verifica.



$$\Sigma_b = 3.58 \times 10^6$$

$$(*) \underline{S_c} = 3.89 \times 10^6 \quad \rightarrow \quad \underline{g_{RD}} = 1.08 \text{ (senza gerarchia resistenze)}$$

$$\Sigma_c = 4.98 \times 10^6 \quad \rightarrow \quad \underline{\gamma_{RD}} = 1.39 > 1.2$$

In figura un caso prova. I valori accanto agli elementi sono i momenti ultimi calcolati con la funzione apposita di EasyBeam. Il momento ultimo dei pilastri aumenta a causa della maggiorazione dell'armatura ottenuta con il progetto con la gerarchia delle resistenze. Notare che i momenti ultimi sono calcolati tenendo anche conto degli sforzi assiali

	piano	verso	somma colonne kgxcm	somma travi kgxcm	rapporto
xy	+	4.98e6	3.58e6	1.39	
xy	-	4.98e6	3.58e6	1.39	
xz	+	1278428.11	0.00	0.00	
xz	-	1278428.11	0.00	0.00	

Si noti che questo criterio è un criterio progettuale in quanto si può ricavare un fattore a di "amplificazione" del momento di progetto del pilastro M_{dp} inteso come $a = S_{Mut} / M_{dp}$ dove S_{Mut} è la somma dei momenti plastici delle travi. Ne risulta che il

momento ultimo del pilastro deve essere pertanto almeno pari a quello della somma dei momenti ultimi delle travi moltiplicato per a . Quindi questa verifica consente di valutare il valore del rapporto a .

Modalità di attivazione della verifica

La verifica consente di ottenere il rapporto di amplificazione α nella normativa. Tale verifica si può avere:

- a colori, selezionando i nodi voluti. Il colore rosso indica che nel nodo $\alpha < \max$, il colore blu indica che il nodo non è ammissibile per la verifica, il colore verde che $\alpha > \max$. Dove \max è il valore minimo di α previsto dalla normativa.
- a dialogo, selezionando il nodo voluto. Si avranno i valori di α nei vari casi, come riportato nella tabella precedente.

Nella verifica a colori si tiene contemporaneamente conto del risultato di entrambe le verifiche adottando sempre il concetto di coefficiente di sicurezza che in entrambi i casi deve essere inferiore ai valori previsti. Il valore invece massimo riportato a schermo nella verifica a colori, è un coefficiente di sfruttamento (deve quindi essere maggiore o eguale a uno) per uniformarlo ai coefficienti impiegati nelle altre rappresentazioni.

Stampa della verifica

La verifica viene stampata riportando i valori come nella figura precedente. La stampa viene eseguita per i nodi SUPERIORI dei pilastri selezionati per la stampa.

Criteri di valutazione dei momenti ultimi

Le sommatorie dei momenti ultimi vengono effettuate separatamente per colonne e per travi curando che i momenti nelle colonne siano di segno opposto a quelli delle travi. Le sommatorie vengono effettuate per i due versi di rotazione dei momenti. Vengono effettuate due distinte verifiche nei due piani locali xy e xz del sistema di riferimento di verifica. Nel caso delle colonne viene considerata la forza assiale per tutte le combinazioni di carico di progetto e viene considerato il momento ultimo minimo tra tutte le combinazioni. Nel caso delle travi la forza assiale non viene considerata. I momenti ultimi si calcolano con i valori di resistenza di progetto e cioè con i valori di resistenza nominali ridotti dei coefficienti di sicurezza parziale o dei fattori di riduzione di resistenza.

Alle verifiche del nodo, sia per la gerarchia delle resistenze che per il taglio, si accede da un dialogo multi pagina ove si può scegliere quale delle due verifiche visualizzare.

Verifica a taglio del nodo

Le staffe nel nodo atte ad evitare la rottura del nodo prima delle travi e dei pilastri in esso concorrenti, vengono determinate nella fase di progetto delle armature se è stata attivata la apposita opzione nei parametri di progetto.

La stessa procedura viene impiegata nella verifica sia numerica che a colori con la differenza che nella verifica viene esposto rapporto tra taglio resistente e taglio di progetto, entrambi valutati secondo le prescrizioni di normativa.

Il taglio di progetto agente nel nucleo di calcestruzzo viene calcolato per ciascuna direzione dell'azione sismica in funzione del confinamento del nodo, delle armature presenti e della forza assiale nel nodo.

Esistono quindi due condizioni da soddisfare:

- La compressione diagonale non deve eccedere la resistenza compressione nel calcestruzzo
- Il confinamento deve essere atto ad impedire che la massima trazione diagonale ecceda la resistenza f_{ctd}

La prima è in ogni caso una condizione di verifica, la seconda mette in relazione la quantità di armatura trasversale con il taglio resistente. Questa seconda relazione viene impiegata nella fase di progetto per determinare la quantità di armatura trasversale, nella fase di verifica per determinare il taglio resistente da rapportare a quello di progetto per fornire il fattore d

sfruttamento.

Per quanto riguarda il coefficiente parziale di sicurezza γ_R , si assume il valore di normativa, assegnabile anche dall'operatore. Nella fase di verifica a colori si tiene conto di tale coefficiente per determinare il successo o meno della verifica.

Nota

Le formule per il dimensionamento del passo delle staffe avviene secondo il dettato di normativa.

Si assume che gli elementi siano in posizioni "standard" e cioè le colonne sovrastanti non abbiano asse ruotato tra loro, che le travi siano orientate con l'asse y locale equiverso e parallelo all'asse Z globale.

Sono supportate solo le norme DM08 e DM18 sia in classe A che B. Per le altre norme, viene emesso il messaggio di verifica non effettuabile.

Vengono esposti a dialogo, e nelle stampe, i principali valori numerici che determinano la verifica e il passo delle staffe assegnato, in caso di verifica, ed il passo necessario per superare la verifica. Oltre ai dati analitici, viene esposto sinteticamente l'esito della verifica.

Alle verifiche del nodo, sia per la gerarchia delle resistenze che per il taglio, si accede da un dialogo multi pagina ove si può scegliere quale delle due verifiche visualizzare.

Si veda anche [EasyBeam e normativa](#)

Nota: verifica e progetto del nodo secondo NTC2018

Riportiamo le assunzioni adottate in EasyBeam per la verifica e il progetto del nodo.

Vengono progettate le staffe nel nodo per tutti i nodi se la struttura è in classe A e per i nodi non confinati se è in classe B. Le formule impiegate per determinare il passo delle staffe sono la 7.4.11 e la 7.4.12 o la 7.4.10 della NTC18.

Le formule 7.4.11 e 7.4.12 differiscono solo per la armatura delle travi da considerare in funzione della posizione del nodo. La formula 7.4.10 viene impiegata in concomitanza alle precedenti e viene scelto il passo maggiore tra le due soluzioni. Sul dialogo dei risultati viene riportata la formula adottata.

Vengono eseguite le verifiche sia a trazione che a compressione.

Si assume, prescindendo dalla definizione di nodo "interno" o "esterno" che se vi è continuità delle travi passanti nel nodo si considerano come "interne" e cioè considerando il contributo di entrambe le armature superiore ed inferiore e la forza assiale agente nel pilastro superiore. Se non vi è continuità si considererà solo l'armatura superiore e la forza assiale del pilastro inferiore.

Non vengono progettati e verificati i nodi di fondazione.

Per la distribuzione delle staffe viene considerata l'altezza maggiore delle due travi (se presenti) opposte concorrenti nel nodo.

Vengono verificati e progettati anche i nodi di sommità assumendo, come per i nodi inferiori, la formazione di cerniere plastiche nelle travi. Si nota che per i nodi di copertura si può scegliere progettualmente anche la formazione di cerniere plastiche nel nodo (cioè non vi è gerarchia delle resistenze) e in questo caso il progetto suddetto non è congruente.

Avvertenza. In EasyBeam le staffe sono definite sull'asse dell'elemento solido derivato dall'elemento finito impiegato nell'analisi. Pertanto non vi è un oggetto "nodo". Le staffe del nodo sono posizionate nella parte dell'elemento che confluisce nel nodo. Poiché in genere sono due i pilastri che condividono il nodo, le staffe nel nodo sono suddivise tra due elementi. Ciò non influisce su nessuna operazione effettuata dal programma. Va tenuto però conto che nel progetto viene progettato l'elemento e quindi l'infittimento delle staffe nella parte di nodo che gli compete è associato all'elemento. È pertanto opportuno progettare entrambi i pilastri che concorrono nel nodo, ciò per evitare ambiguità nella verifica e nelle rappresentazioni. Nella verifica, è il programma che individua le porzioni di staffatura che competono al nodo.

Progetto delle pareti-colonna

È una opzione di progetto e si attiva dal dialogo delle opzioni di progetto. È denominata "Gestione pilastri-parete". Opera secondo quanto previsto dalla normativa (DM08) ove vi siano dei pilastri che per il rapporto dei lati della sezione siano configurabili come "pareti". Se l'opzione è attiva, questo procedimento si applica automaticamente solo agli elementi con caratteristiche tali da poter essere considerati "pareti" secondo la suddetta normativa e solo alle condizioni di carico definite "eccezionali".

Sotto il profilo teorico-operativo, questa funzione opera come segue. Viene individuato il pilastro-parete di base. Vengono calcolate le sollecitazioni di estremità del pilastro e anche la sollecitazione all'altezza nominale prevista dalla norma interpolando i valori di estremo in valore assoluto. La differenza tra questo valore e quello di base (se maggiore di zero) viene impiegata come momento addizionale in tutte le sezioni. Si aggiunge questo valore con lo stesso segno del momento di calcolo nella sezione quindi sempre amplificando il momento. Questo metodo garantisce che in pareti con andamento irregolare del momento (a "farfalla") non vi siano incongruenze derivanti dal metodo semplificato della linearizzazione del momento tra base e sommità. Quindi la traslazione non è lineare su tutto l'elemento (che presupporrebbe un andamento lineare in tutta la parete) ma è una traslazione con preservazione di segno. Come altezza nominale di verifica si assume quella pari a due volte il lato maggiore della sezione che però non sia maggiore dell'altezza del pilastro di base.

Per le prescrizioni relative al taglio il taglio viene incrementato del fattore:

$\gamma_{Rd} M_{Rd} / M_{Ed}$ assumendo un minimo di 1.5 in caso di pareti snelle.

In caso sia attiva la normativa DM18A, l'angolo dei puntoni compressi si assume a 45°.

Editing piano delle barre

Questa funzione consente di aggiungere, eliminare e modificare (editing) le barre longitudinali e trasversali di armatura in una rappresentazione esplosa nel piano. Tale rappresentazione è molto simile, quindi, a quella abitualmente adottata per i disegni esecutivi. EasyBeam gestisce la disposizione delle barre nel volume dell'elemento. Per il posizionamento nella sezione usare la finestra della sezione trasversale per posizionare le armature nelle tre dimensioni.

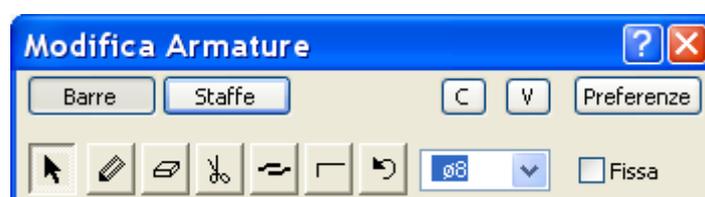
Concetti base utili

Le barre connesse tra elementi attigui

In EasyBeam ogni elemento ha associate le proprie barre di armatura. In tal modo ogni elemento è armato "indipendentemente" dagli altri e può essere quindi trattato indipendentemente per le verifiche, il progetto etc. Ciò rispecchia anche il concetto organizzativo (non certo matematico!) degli elementi finiti e quello della programmazione ad oggetti che consente una maggiore efficienza informatica. Inoltre tale criterio consente una gestione più appropriata della disposizione delle barre nel solido dell'elemento invece del più diffuso modello semplificato di "armatura superiore e inferiore". Esigenze costruttive ovviamente richiedono che le barre siano continue su più elementi. Tale esigenza viene soddisfatta in EasyBeam "connettendo" le barre alla "interfaccia" tra due elementi contigui. La connessione ovviamente è puramente informatica ed è solo una informazione conservata dal programma soprattutto per la correttezza del disegno esecutivo. Questo concetto però è utile sia noto anche all'operatore perché nell'editare le armature vi sono operazioni che sono più chiare se si tiene conto di questo concetto. Ad esempio, la connessione o sconnessione di un elemento all'interfaccia oppure le possibilità di modificare una barra che copra più elementi. La connessione all'interfaccia ha come simbolo grafico un cerchietto.

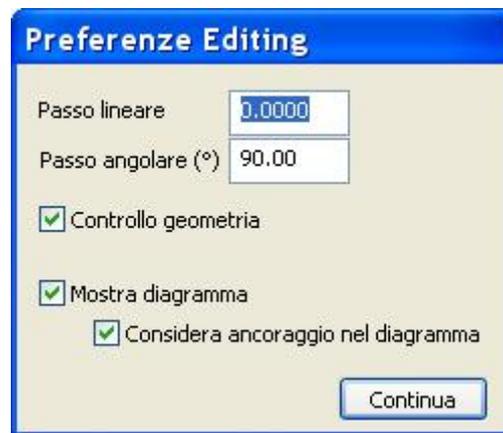
Attivazione della funzione

Per impiegare questa funzione, attivare l'icona di visibilità della palette, che raffigura un occhio, e selezionare l'elemento o gli elementi voluti. Si ricorda che tenendo premuto il tasto Ctrl, si seleziona un'intera travata o pilastrata. L'editing avviene sul piano di sezione voluto e quindi è opportuno precedentemente scegliere e attivare un piano di sezione. La selezione avviene comunque anche in 3D. Attivando la funzione si presenta il dialogo con le icone dei comandi applicabili alle armature.



Da questo dialogo è possibile selezionare la tipologia di armatura da editare: armatura longitudinale o trasversale. Per ogni tipologia sono disponibili dei comandi attivabili da icone a pulsante. Tali comandi sono descritti nel seguito.

Le preferenze di editing



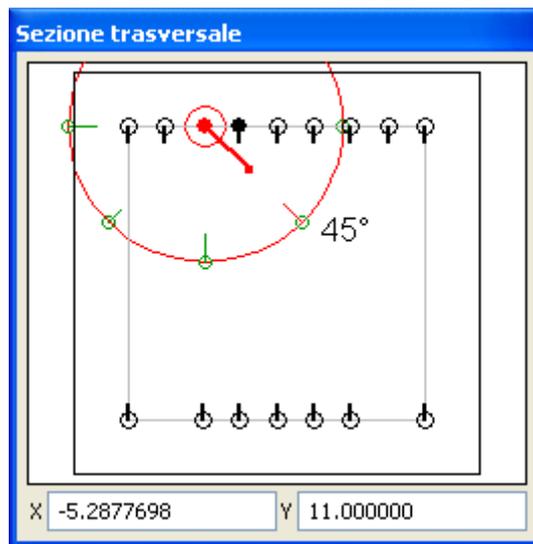
Dal bottone "Preferenze" del dialogo delle opzioni di editing, si accede ad un successivo dialogo che consente di attivare alcune preferenze operative. Si può attivare la funzione del diagramma del fattore di sicurezza. Si possono anche attivare i passi di spostamento sia lineare che angolare di tracciamento o di spostamento delle barre.

Il diagramma di controllo

È possibile attivare un grafico che consente di controllare l'idoneità statica dell'armatura adottata. Poiché, come si è spesso detto, EasyBeam ha una gestione tridimensionale del progetto delle armature, un semplice grafico che tenga conto solo delle sollecitazioni nel piano sarebbe del tutto insufficiente. Pertanto i grafici basati sul "momento resistente" o sul più completo concetto di "armatura necessaria" (MacBeam, 1985) non sarebbero sufficienti. Il metodo adottato è quindi estremamente sofisticato e consente di monitorare continuamente il coefficiente di sfruttamento sezione per sezione. Il coefficiente di sfruttamento è calcolato nel dominio di rottura completo (o di ammissibilità nel caso delle tensioni ammissibili). Viene calcolato per tutte le combinazioni di carico e tiene ovviamente conto della interazione momento-sforzo assiale oltre al fatto che la flessione è comunque orientata, non necessariamente nel piano in cui si opera. Quindi questo grafico costituisce un'immagine sofisticatissima della qualità della disposizione adottata. Una linea limite orizzontale indica il valore unitario oltre il quale il coefficiente di sfruttamento indica che la soluzione non è accettabile. Il valore unitario indica che le azioni agenti sono identiche a quelle resistenti, nel loro complesso tridimensionale e nella loro interazione completa. Il valore del coefficiente è "tagliato" al valore 2.0 per non avere grafici che vadano inutilmente troppo fuori del disegno. Quindi il "tetto" appiattito del diagramma oltre la linea del valore unitario è effetto di tale voluta limitazione. Ovviamente il coefficiente di sfruttamento non ha nulla a che vedere con i requisiti normativi che vengono rispettati da EasyBeam nel progetto ma devono essere adottati dall'operatore quando effettua egli stesso le modifiche. Poiché il calcolo delle condizioni limite per tutte le sezioni e per tutte le combinazioni di carico è molto oneroso, questa funzione può essere lenta soprattutto su calcolatori non molto veloci. La funzione si attiva e disattiva dal dialogo delle preferenze di editing della armatura.

L'opzione sugli ancoraggi consente di tenere in conto solo le barre sufficientemente ancorate. Poiché il calcolo della lunghezza di ancoraggio è effettuato in questa funzione, per motivi di rapidità, sulle tensioni di snervamento e sui minimi di normativa, l'ancoraggio può rivelarsi in alcuni casi penalizzante: escludendo questo controllo dal diagramma, si ha la percezione della risposta effettiva priva di questo controllo.

La sezione trasversale



Il dialogo fluttuante della sezione trasversale, rappresenta la sezione della trave o del pilastro il cui elemento di armatura è in quel momento selezionato. Il dialogo è ridimensionabile trascinando il vertice inferiore destro. Questo dialogo consente di effettuare operazioni sulle barre o sulle staffe in sezione. Per le staffe è anche possibile il disegno della staffa, per le armature longitudinali è possibile il controllo della posizione in sezione, l'inserimento di una nuova barra o la cancellazione, la determinazione del piano di ancoraggio. Si può anche assegnare o cambiare il diametro della singola barra: selezionare la barra voluta nella sezione e scegliere dal menu del dialogo il diametro voluto. Questa operazione si può anche eseguire editando la composizione del gruppo di barre riportato sulle barre stesse.

La funzione di undo

Tutte le funzioni di editing hanno un passo di undo che consente di ripristinare lo stato precedente l'ultima modifica. Il ripristino avviene agendo sull'icona con la immagine di freccia di ritorno, tipica di questo comando.

Gli strumenti di editing delle armature longitudinali

In questa sezione si descrivono le operazioni disponibili per l'editing piano delle barre, tra cui lo spostamento degli estremi, la modifica numerica della lunghezza, la generazione di nuove barre, la generazione di barre passanti, l'ancoraggio degli estremi, il taglio, la modifica del numero e del diametro di un gruppo di barre, la connessione, il disegno di nuovi segmenti, e la cancellazione di segmenti.

Spostamento degli estremi delle barre

Selezionare l'icona a freccia. Selezionare un estremo della barra, anche dotato di piegatura di ancoraggio, e spostarlo nella posizione voluta. Lo spostamento ha solo lo scopo di modificare la lunghezza di un segmento e pertanto avviene esclusivamente nella direzione del segmento il cui estremo è stato selezionato. Non è possibile "inclinare" un segmento. Attivando dalle preferenze lo snapping si possono effettuare spostamenti a passo di lunghezza voluto.

Se si sposta la barra oltre gli estremi dell'elemento di appartenenza di una quantità superiore alla lunghezza di ancoraggio, viene generata una nuova barra connessa nell'elemento adiacente.

Non è ammesso, perché non significativo, sovrapporre barre di elementi contigui di una quantità inferiore all'ancoraggio. In tal caso le barre vengono automaticamente connesse. Cioè se si sposta l'estremo di una barra nell'elemento adiacente di una quantità inferiore alla lunghezza di ancoraggio e in tale elemento esiste già una barra coincidente, le due barre vengono connesse e non sovrapposte. Perché avvenga la connessione, si deve portare una barra oltre l'interfaccia dell'elemento. La connessione non avviene se si sposta una barra nell'elemento verso l'interfaccia avvicinandola a una che "proviene" dall'elemento attiguo.

In caso lo spostamento avvenga oltre l'involucro dell'elemento (valutato nella sezione baricentrica) la barra si riposiziona automaticamente nell'involucro dell'elemento. Tale controllo avviene però solo per la fuoriuscita in lunghezza, non per le

piegature di ancoraggio che possono assumere anche una lunghezza che fuoriesce dall'involucro dell'elemento. In questo caso deve essere l'operatore a non prolungare eccessivamente le piegature di ancoraggio.

Modifica numerica della lunghezza delle barre

Attivare l'icona con la freccia, selezionare il testo con la lunghezza del segmento di barra che si vuole modificare. Modificare valore e premere il tasto di ritorno carrello. Lo spostamento avviene dalla parte libera del segmento. In caso di barre connesse ai due estremi ad altre barre poste negli elementi attigui, la lunghezza non può essere modificata.

Generazione nuove barre

La generazione o la cancellazione di nuove barre avviene agendo nel dialogo della sezione. Si seleziona l'icona a matita e si clicca nel punto della sezione dove si vuole posizionare la barra.

In questo dialogo si può far uso della griglia per un più agevole posizionamento delle barre. L'attivazione della griglia avviene dal dialogo delle Preferenze.

Generazione barre passanti

Per generare delle barre passanti, cioè a cavallo dell'interfaccia tra due elementi, generare la parte di barra nell'elemento voluto quindi attivare l'icona di ancoraggio e cliccare sull'estremo della barra da prolungare: la barra sarà prolungata, se possibile, nell'elemento adiacente e sarà connessa alla prima barra.

Ancoraggio degli estremi delle barre

Selezionare l'icona con il disegno di una barra con una piegatura di ancoraggio. Cliccare sull'estremo del segmento rettilineo che si desidera ancorare. L'ancoraggio avviene con le opzioni e le modalità assegnate nelle opzioni di progetto. Vengono ancorate solo barre rettilinee prive di piegature all'estremo da ancorare.

Taglio delle barre

Selezionare l'icona con il disegno delle forbici. Cliccare sul punto voluto. La barra, o il gruppo di barre, verrà interrotta in tale punto e verranno prolungate le barre in modo da assicurarne l'ancoraggio secondo le opzioni di progetto assegnate. Il taglio in prossimità di un'interfaccia tra elementi contigui genera la sconnessione della barra (vedi sopra "Concetti base utili") e il prolungamento per ancoraggio come detto.

Modifica del numero e del diametro di un gruppo di barre

La generazione, la modifica di posizione o il diametro di una singola barra possono essere eseguite agevolmente dal dialogo della sezione.

Connessione delle barre

Questa funzione consente di eliminare l'interruzione in una barra. Tale interruzione può essere "interna" e cioè di una barra appartenente ad un elemento oppure all'interfaccia tra elementi attigui. In questo caso le barre vengono connesse. La connessione all'interfaccia avviene solo se esiste già una barra nell'elemento adiacente alla quale la barra da connettere possa connettersi. Se le barre hanno posizioni diverse "in profondità", tale connessione non può avvenire. Anche se la distanza longitudinale tra la barra che si vuole connettere e quella alla quale si deve connettere è superiore, tipicamente, alla lunghezza di ancoraggio, la connessione non può avvenire. Per attivare questa funzione selezionare l'icona con il disegno di un manicotto di connessione e quindi l'estremo di un segmento che si desidera riconnettere.

Disegno di nuovi segmenti delle barre

Selezionare l'icona con il disegno della matita. Iniziare il tracciamento da un estremo libero della barra. Il tracciamento può avvenire secondo passi predefiniti sia di lunghezza che d'inclinazione. Si ricorda che nel caso di tracciamento di segmenti trasversali, non viene effettuato alcun controllo di interferenza sul contorno.

Cancellazione di segmenti delle barre

Selezionare l'icona con il disegno della gomma. Cliccare il segmento di barra da cancellare: vengono cancellati solo i segmenti di estremo, non quelli intermedi. Per interrompere una barra usare l'apposito comando. Se si cancellano tutti i segmenti di una barra si ottiene la cancellazione della barra. La barra o il gruppo di barre può anche essere totalmente eliminato assegnando alla denominazione un numero nullo di barre.

Gli strumenti di editing delle armature trasversali

Nel caso delle armature trasversali, sono attive solo le icone di selezione, tracciamento e cancellazione. L'icona di selezione consente di spostare i limiti dei tratti di staffatura trascinandoli. Il passo o la lunghezza di ogni tratto possono essere cambiati editando il testo. L'icona della matita consente di tracciare nella sezione la forma di una nuova staffa.

Le armature trasversali sono suddivise in tratti di passo definito. Ognuno di questi tratti può essere costituito da staffe di forma,, passo e diametro differenti. Per editare il singolo tratto, selezionarlo o con le due frecce nella finestra della sezione, oppure selezionarlo cliccandovi sopra dopo aver attivato l'icona di selezione. Il tratto selezionato viene rappresentato in colore rosso. I diametri assegnati riguarderanno il singolo tratto selezionato così come la forma della staffa. Il flag "Fissa" consente infine che, durante un eventuale successivo progetto, quel tratto non venga modificato nella forma della barra, nella lunghezza del tratto e nel diametro di barra, ma solo nel passo.

Le funzioni di copia incolla

Questa funzione consente di copiare le armature (longitudinali e trasversali) di un unico elemento e di incollarle su quanti elementi si desidera.

L'impiego è ristretto a travi a sezione rettangolare.

Questa funzione si differenzia dalla funzione di [copia-incolla armature](#) accessibile dal menu Modifica in quanto non agisce su insiemi di elementi contemporaneamente ma su singoli elementi.

Ciò serve soprattutto per estendere con facilità ad altri elementi degli schemi di armature predisposte oppure ad estenderle da una campata a tutta la travata.

L'uso è molto semplice. Si seleziona una barra di armatura della campata da copiare (questo per evitare incertezze qualora siano rappresentate più travi o pilastri contemporaneamente) e si preme il bottone C. Quindi si selezionano in modo consueto uno o più elementi strutturali e si preme il tasto V.

Suggerimenti sull'uso dell'editing piano

La funzione di editing delle armature consente anche di inserire nuove barre e quindi, se lo si desidera, di configurare un'armatura personalizzata. Si ricorda che per assegnare una serie di barre eguali lungo un lato è sufficiente cambiare il numero di barre del tipo voluto: il programma si occuperà di distribuirle in modo più uniforme possibile. Le barre inserite e dichiarate "fisse" non verranno modificate all'atto di un eventuale nuovo progetto. Usando la funzione parametrica di [copia-incolla armature](#) (limitatamente a sezioni rettangolari), è possibile, una volta definita una armatura tipica voluta, copiarla in elementi di eguale sezione e geometria. Si ricorda che la funzione copia incolla agisce a livello di gruppi strutturali (pilastrate, travate) quindi non è possibile definire l'armatura in una campata e poi copiarla nelle campate adiacenti dello stesso gruppo strutturale. Occorre prima definire l'armatura in tutto il gruppo. La principale applicazione del copia-incolla armature è infatti quella di poter ottenere degli insiemi unificati di armature. Ad esempio tutti i pilastri con eguale armatura. Cioè personalizzando con l'editing e poi copiando e effettuando un incolla su più gruppi strutturali contemporaneamente. Quindi l'uso di questa funzione si amplia a una flessibile gestione di armature personalizzate.

Funzioni ausiliarie sulle armature

In questa sezione vengono descritte le funzioni ausiliarie sulle armature, quali la cancellazione, il copia e incolla, l'interruzione delle barre su comando, l'assegnazione manuale di armatura fissa e l'ancoraggio su comando.

Cancellazione delle armature

È possibile cancellare tutte le armature eventualmente presenti in un elemento semplicemente selezionando l'elemento o gli elementi voluti. Si accede alla funzione tramite il menu Edit, selezionando la voce "Cancella armature". Attivata questa voce, è possibile selezionare l'elemento o gli elementi voluti. La funzione non è ripristinabile tramite il comando "Undo".

Copia e incolla delle armature

È possibile "incollare" in una pilastrata o in una travata tutte le armature presenti in altri elementi. Questa funzione consente di riportare in elementi di geometria simile le stesse armature "copiandole" da altri elementi. Lo scopo di questa funzione è quello di consentire di verificare un'armatura tipica in più elementi di eguale geometria al fine di ottenere un'unificazione delle armature da produrre per il cantiere. Vengono copiate e incollate sia le armature longitudinali che trasversali. Le funzioni di copia e di incolla si attivano dal menu Edit. Questa funzione si attua in due fasi: la prima consente di "copiare" le armature degli elementi voluti, la seconda consente di "incollare" in altri elementi l'armatura copiata. Poiché la funzione è utile per copiare ed incollare le armature di un unico elemento strutturale che può essere anche formato da più elementi finiti, è possibile copiare le armature di più elementi. È possibile, ad esempio, copiare le armature di una pilastrata costituita da più pilastri sovrapposti semplicemente selezionando, durante la funzione di copia, gli elementi costituenti la pilastrata. Per l'operazione di incolla si selezioneranno altrettanti elementi della pilastrata nella quale si vuole riportare l'armatura. La funzione di incolla avviene solo in elementi a sezione rettangolare e in insiemi di elementi costituiti dallo stesso numero di elementi. Si ricorda che tenendo premuto il tasto Ctrl durante la selezione, si seleziona automaticamente una intera pilastrata o travata.

ATTENZIONE: le armature vengono incollate negli elementi seguendo l'ordine con il quale questi sono ordinati e orientati tra loro. Quindi si consiglia di effettuare questa operazione solo su travate o pilastrate generate seguendo lo stesso ordine e verso.

Interruzione barre su comando



Questo comando consente di interrompere e sovrapporre le barre in una campata voluta secondo uno schema prescelto. La funzione si attiva dalla palette. Le modalità di interruzione si scelgono dal dialogo al quale si accede con un doppio clic sull'icona della palette. Le barre vengono interrotte in mezzeria o agli estremi dell'elemento selezionato. Vengono interrotte le barre superiori o inferiori. Tale posizione si intende riferita al piano locale Y ed è definita solo per sezioni regolari. Dal dialogo si può scegliere quali barre si vogliono interrompere e dove. Da dialogo si può attivare anche il controllo delle sollecitazioni di trazione nelle barre da tagliare. Se questa opzione è attiva, viene verificata la sezione di taglio e le tensioni nelle barre. Se si ha trazione, l'interruzione non avviene e si ha un avviso. La lunghezza di sovrapposizione è quella definita dalle opzioni di progetto. I bottoni nella parte inferiore del dialogo consentono una configurazione rapida per gli schemi usuali di trave in elevazione od in fondazione.

Questi parametri sono gli stessi usati nella interruzione automatica delle barre lunghe. Questa funzione consente di interrompere le barre della trave selezionandola, la funzione di interruzione automatica delle barre lunghe opera automaticamente durante il progetto. Questa funzione si applica solo alla travi di sezione rettangolare o a T.

Ancoraggio su comando



È possibile ancorare automaticamente barre rettilinee predisposte tramite le funzioni di editing. Questa funzione applica ogni volta la lunghezza di ancoraggio necessaria ad una barra supposta di lunghezza strettamente necessaria per cui, se viene attivata ripetutamente, continua ad allungare le barre. La funzione si attiva dalla palette e si applica selezionando gli elementi voluti.

Inserimento armature tramite dialogo



Inserimento armatura

Longitudinali

Reggistaffe: $\varnothing 12$

Filanti Sup: $\varnothing 12$ 0

Filanti Inf: $\varnothing 12$ 0

Parete: $\varnothing 12$ 0

Monconi Superiori

Sinistro: $\varnothing 12$ 0 0.0000000

Centrale: 0.0000000

Destro: 0.0000000

Monconi Inferiori

Sinistro: $\varnothing 12$ 0 0.0000000

Centrale: $\varnothing 12$ 0 0.0000000

Destro: $\varnothing 12$ 0 0.0000000

Trasversali

Tratto	Diametro	Staffa composta	Passo	Lunghezza
Costante	$\varnothing 8$	1	0.0000000	
Sinistro	$\varnothing 8$	1	0.0000000	0.0000000
Destro	$\varnothing 8$	1	0.0000000	0.0000000

Ancora

Continua Annulla

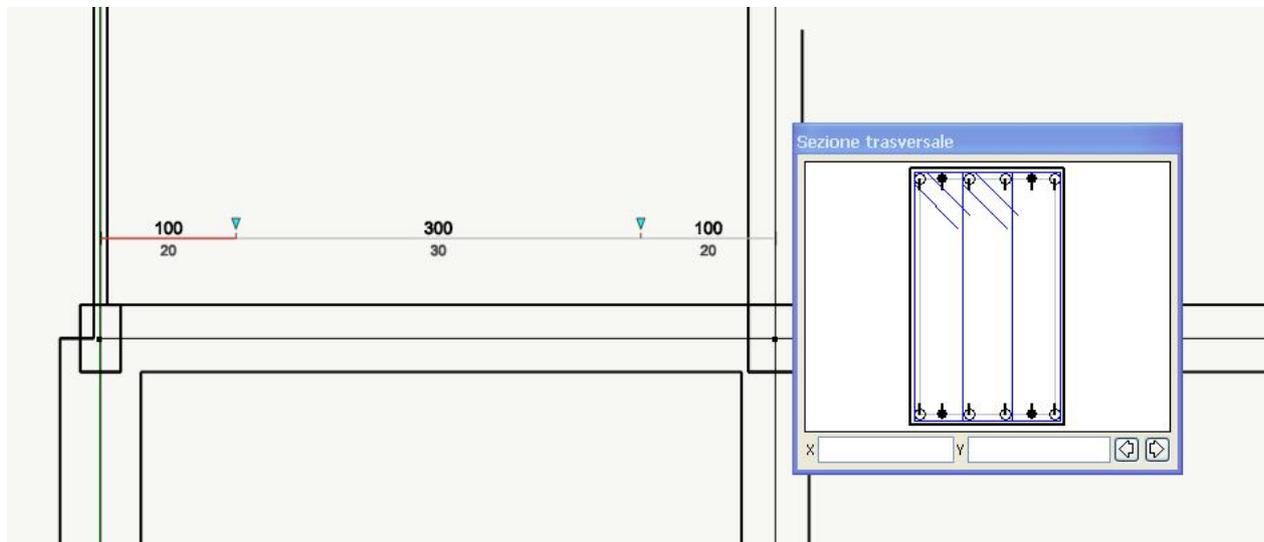
Questa funzione consente di inserire le armature volute in uno o più elementi. Attivare l'icona della palette sopra raffigurata selezionare gli elementi voluti, assegnare la disposizione delle armature e quindi premere il bottone "Continua". Se si sarà attivata l'opzione "Ancoraggio" l'armatura longitudinale verrà ancorata secondo le opzioni correnti.

Armature longitudinali È possibile assegnare un numero voluto di barre superiori o inferiori definite "Filanti" in quanto di lunghezza pari a quella dell'elemento. Per queste armature è sufficiente assegnare il numero di barre ed il diametro. Le barre con funzione di "reggistaffe" vengono generate automaticamente secondo la forma della sezione e il numero di braccia della staffa, occorre solo indicare il diametro di tali barre. Si osserva che il numero di barre filanti è al netto dei reggistaffe che quindi non vengono mai computati come ferri filanti. Nel caso non si desideri questa occorrenza, si assegni il numero di ferri filanti tenendo conto dei reggistaffe.

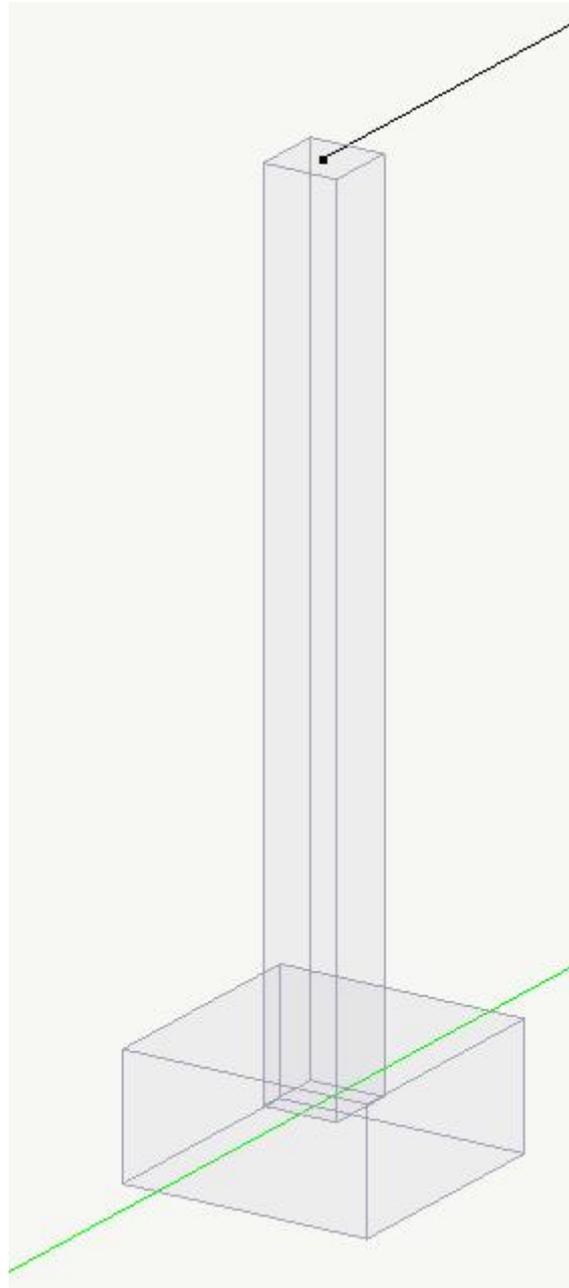
Armature longitudinali parziali Si possono poi assegnare delle barre interrotte (monconi) posti a sinistra, in centro simmetricamente rispetto alla mezzera, o a destra. Si devono in questo caso assegnare le eventuali lunghezze dei tre tratti. È anche possibile assegnare i tre tratti con numero di barre e diametri differenti. L'icona che rappresenta una maglia di catena, se disattivata, consente assegnazioni diverse per tratto, se invece attiva, si avranno le barre di numero indicato e diametro indicato eguali per ogni tratto.

Si ricorda che una barra in EasyBeam ha un unico diametro e pertanto se si hanno monconi, ad esempio a destra e a sinistra, di diverso diametro, essi apparterranno a due barre diverse che saranno quindi poste in sezione a distanza tale tra loro da rispettare l'interfero, anche se la sovrapposizione in lunghezza non si verificasse. Pertanto molte barre di diametri diversi possono causare una violazione di interfero "fittizia" che non si verificherebbe in caso di una barra con lo stesso diametro a destra come a sinistra.

Armature trasversali Si può assegnare una staffatura corrente definendo il diametro della barra, il numero di braccia ed il passo. Analogamente si possono definire due tratti di estremità con analoghe caratteristiche che possono essere del tutto diverse dalla staffatura corrente, assegnando in più la lunghezza del tratto. In figura si vedono tre tratti di staffatura nei quali quello centrale è a un braccio e quelli laterali a due braccia con passi e diametri diversi.



Plinti



EasyBeam consente di associare a elementi subverticali (pilastri) dei plinti rettangolari di fondazione. L'assegnazione avviene tramite un dialogo che si attiva dal menu Funzioni->Plinti->Dati...

Avvenuta l'assegnazione, nella visualizzazione del pilastro viene anche visualizzata la geometria del plinto. Non vengono visualizzate le armature.

Plinto

Classe	B
Lato X	80.0000
Lato Y	80.0000
Altezza	60.0000
Offset Verticale	0.000000
Carico superficie plinto	0.000
Diametro barra armatura	ø16
<input checked="" type="checkbox"/> Unificazione in classi	

Questo dialogo consente di assegnare le dimensioni del plinto, la profondità del piano di posa, l'eventuale carico sulla superficie del plinto nonché il nome della barra d'armatura che si desidera impiegare nel progetto del plinto. Questo dialogo può anche essere usato per modificare i dati del plinto già assegnati o per rimuovere il plinto. I plinti sono automaticamente raccolti in classi (vedi oltre) se è attiva l'opzione di unificazione presente in questo stesso dialogo. Se il plinto ha già una classe assegnata, essa verrà riportata in questo dialogo.

Accedendo al comando Funzioni->Plinti->Progetto e selezionando i pilastri ai quali sono associati i plinti che si vogliono progettare, si ottiene il progetto delle armature della e la verifica a punzonamento. I dati delle verifiche sono leggibili dal dialogo al quale si accede dal menu Funzioni->Plinti->Risultati... Il progetto avviene con il metodo degli stati limite, la verifica a punzonamento avviene secondo l'Eurocodice 2.

Nel progetto si possono verificare i seguenti errori segnalati da un messaggio:

- Sezione insufficiente
La sezione è insufficiente per le sollecitazioni flessionali
- Non esiste soluzione
Raro. Non esiste soluzione equilibrata flessionale. Generalmente la sezione è insufficiente.
- Soluzione non trovata
Raro. L'algoritmo iterativo di progetto non converge nel numero di passi massimo assegnato.
- Equilibrio impossibile
La risultante della forza assiale esce dalla impronta di appoggio
- Barra non assegnata
Non si è assegnato un nome valido di barra nel dialogo dei dati.

Verifica plinto

Classe A

Armature					
Barre X	6ø16	Barre Y	6ø16	Errore	0

Fattori sicurezza	
Flessione suola	41.28
Punzonamento	216.6

Pressione terreno	
Pressione media	0.763

I risultati si riferiscono al caso peggiore tra tutti i plinti della stessa tipologia

La stampa dei dati e dei risultati avviene in modo standard e cioè attivando negli item di stampa quello relativo ai plinti.

La funzione Esecutivi->Tabella plinti... consente di ottenere una o più tavole con il disegno della carpenteria e delle armature di tutti i plinti.

Il concetto di classe di plinti

Questa funzione opera secondo il criterio di tipizzare i plinti della stessa geometria formandone una "classe". Ciò in relazione alla pratica progettuale di non avere identiche geometrie di plinti con armature diverse per evitare pericolose e inutili confusioni e differenziazioni. Questa possibilità si può disattivare operando sul checkbox "" del dialogo dei dati a vale per tutte le classi dei plinti. Quindi ad una classe di plinti vengono assegnate le armature massime tra tutti i plinti di quella classe. In tal modo sia la tabella dei plinti che le stampe, documentano i plinti per classi e non singolarmente, consentendo la massima chiarezza progettuale.

Nelle verifiche, i risultati esposti sono i più gravosi tra le verifiche dei plinti della stessa classe. Pertanto, se è attiva la unificazione, cliccando su un elemento dotato di plinto, si hanno i risultati di quella classe di plinti e non dello specifico plinto selezionato.

Note sul progetto delle armature

Nella disposizione delle barre si seguono i seguenti criteri:

- Il diametro di barra usata per l'armatura dei plinto è una sola ed è quella assegnata nel dialogo dei dati del plinto.
- Il tratto di piegatura per ancoraggio è sempre di 10 diametri.
- Se la distanza media tra le barre è inferiore a 30 cm, vengono alternate staffe chiuse a barre dritte. Il passo medio minimo tra le barre è di 40 cm.

Vengono progettate le armature di tutti i plinti selezionati, quindi si individuano le armature e gli altri valori minimi di progetto (fattori di sicurezza) che vengono assegnati a tutti i plinti della stessa classe. Questa funzione provvede anche a denominare le classi con lettere maiuscole. Una volta effettuato il progetto, si può accedere al dialogo dei dati per controllare i risultati del progetto. In caso di modifica delle barre, la nuova assegnazione è estesa a tutta la classe.

Computo dei materiali



La funzione di calcolo delle quantità dei materiali si attiva selezionando l'icona corrispondente dalla palette. Attivata l'icona, si seleziona l'elemento, o gli elementi, dei quali si vogliono conoscere i dati. Selezionando più elementi o effettuando anche una selezione totale, si ottiene la somma delle quantità dei materiali di tutti gli elementi selezionati. Da questo dialogo è possibile anche registrare su file i risultati del computo.

Risultati su file

Dal dialogo che si apre contenente la sintesi del computo, è possibile attivare il check-box "Apri file". In tal caso, chiuso il dialogo con il bottone "Continua" si presenta un dialogo standard di apertura di file in cui si può assegnare il nome del file e i materiali per i quali si vuole eseguire ed inviare il computo su tale file (Calcestruzzo, Acciaio, Casseforme). Il computo, per il materiale prescelto, sarà eseguito ed inviato sul file e sarà relativo a tutti gli elementi selezionati. Qualora si faccia una nuova selezione dopo aver aperto il file, il dialogo presenterà il nome del file già prescelto e tuttora aperto per cui successive selezioni verranno automaticamente aggiunte allo stesso file. Qualora si voglia cambiare file aprendone un altro, sarà possibile attivare di nuovo il check-box "Apri file". Il file correntemente aperto verrà chiuso e, tramite il consueto dialogo standard di apertura del file sarà possibile indicare un nuovo nome di file da usare. Il bottone "Append", nel dialogo di apertura dei file, serve ad aprire un file esistente per aggiungere ad esso i dati del nuovo computo. Questa opportunità può servire anche per aggiungere computi di diversi materiali allo stesso file. Basterà indicare "Apri file" e, dal dialogo dei nomi dei file, scegliere "Append" e il nuovo materiale da computare. L'opzione "Chiudi file" serve a chiudere un file aperto e così non aggiungere altri dati a tale file. Anche i dati degli elementi selezionati, se si attiva tale opzione, non verranno inviati al file aperto.

Metodi e limiti

Poiché il calcolo dei volumi si basa sull'interpretazione delle connessioni tra elementi prismatici derivanti dal modello ad elementi finiti, qui di seguito si espone il metodo adottato.

Criteri di calcolo dei volumi di calcestruzzo

Nel modello di calcolo ad elementi finiti importato in EasyBeam, gli elementi sono dei prismi compresi tra i nodi. Non vi è quindi la definizione volumetrica del giunto. Per il computo è necessario calcolare il volume "reale" degli elementi connessi e quindi si deve usare un qualche criterio per costruire il solido che rappresenta il giunto. Poiché tale criterio è basato su delle regole e non su informazioni atte a definire le situazioni ambigue, vi possono essere degli errori nel calcolo del volume. Tali errori però restano strettamente confinati all'ambiguità di definizione del giunto e quindi, quantitativamente, alla possibile variazione (generalmente piccola) di volume del giunto stesso. I criteri adottati sono i seguenti. Il volume viene calcolato considerando gli elementi sempre prismatici di lunghezza pari alla lunghezza dell'elemento del modello di calcolo. Nel caso delle travi, invece, tale lunghezza viene ridefinita assumendo la lunghezza netta media. Con lunghezza netta si intende la lunghezza tra le facce interne dei pilastri agli estremi delle travi. La lunghezza è "media" perché può esservi una variazione delle dimensioni dei pilastri agli estremi della trave e pertanto la lunghezza considerata per il calcolo del volume è quella media considerando le eventuali differenze di dimensioni dei pilastri. Considerare la lunghezza netta della trave nel giunto. La lunghezza netta "media" minimizza l'errore di valutazione del volume del giunto. Per la definizione di "trave", si definiscono "travi" gli elementi non subparalleli all'asse globale Z. Questo metodo, in mancanza della definizione rigorosa del solido del giunto, consente un'approssimazione notevole. Ma non è rigorosamente "esatto". Esempi di possibili approssimazioni sono i seguenti:

- Se una trave è più larga del pilastro, la parte che "contorna" il pilastro non viene considerata.
- Quando un pilastro rastrema al piano, la quota di rastremazione (generalmente quota di impalcato) in genere non coincide con la quota del nodo di calcolo.

Criteri di calcolo del peso delle armature

Per le armature, si deve notare che vengono considerate nel calcolo le armature attribuite all'elemento selezionato. L'attribuzione di un'armatura ad un elemento non indica che essa sia necessariamente confinata nel suo involucro geometrico in quanto in EasyBeam, come è noto, le armature vengono attribuite ai singoli elementi ma per esigenze di ancoraggio o altre esigenze, possono estendersi negli elementi contigui. Quindi la selezione del singolo elemento non garantisce l'esatta valutazione delle armature geometricamente confinate in tale elemento. Le differenze sono in genere poco significative e con la selezione dell'intera travata il problema non sussiste. Il peso viene calcolato adottando un peso specifico fisso di 7.85 kg/dm³ ed un raggio di curvatura delle piegature pari a tre volte il diametro nominale della barra.

Criteri di calcolo delle casseforme

Per ogni elemento strutturale vengono considerate le singole facce che costituiscono di fatto la "superficie bagnata". Nel caso delle travi, le facce "superiori" non vengono considerate intendendo con "superiore" la faccia posta in direzione dell'asse y locale positivo, quindi si assume che le travi siano orientate in modo standard e non ruotate intorno al loro asse. Allo stato attuale non viene seguito alcun controllo su tale orientamento. Per determinare la lunghezza netta dei singoli pannelli componenti la cassaforma, si determina l'intersezione dell'asse baricentrico della trave con l'involucro degli elementi eventualmente connessi agli estremi dell'elemento. Ciò comporta che anche per travi connesse fuori asse o di sezione a T la lunghezza netta è unica per ogni faccia e quindi il computo può non essere accurato nei limiti di variazione della sezione della trave connessa. Attualmente sono supportati solo pilastri con sezione rettangolare e travi con sezione rettangolare e a T dritta o T rovescia. Altre sezioni non sono supportate e viene dato un messaggio di errore riportato anche tra le note del computo su file. Le travi perimetrali generalmente hanno una cassaforma esterna che comprende lo spessore del solaio. Poiché non esiste attualmente in EasyBeam la definizione di parte "esterna" ed "interna" dell'impalcato, tale parte della cassaforma non viene considerata.

Formato del file

I campi sono divisi da caratteri tab. I record (una linea per ogni record) sono divisi da carattere di nuova linea. I computi sono tre distinti e sono divisi per argomento: calcestruzzo, armature, casseforme. Possono trovarsi o meno sullo stesso file secondo le scelte dell'operatore. Ogni computo ha una linea di intestazione.

Campi comuni del record

Vi sono 4 campi comuni del record posti all'inizio del record, e sono i seguenti:

Codice:	non usato
Descrizione:	tipo di computo, può assumere i valori: Calcestruzzo, Acciaio, Casseforme
Tipo:	tipo di elemento strutturale: può assumere i valori: pilastro, trave, trave_fondazione
Identificatore:	la denominazione attribuita dall'operatore all'elemento strutturale

Record per il computo calcestruzzo

I campi che seguono quelli comuni sono i seguenti:

Base/Area_sezione:	base della sezione se rettangolare, area se diversa da rettangolare (metri)
Altezza_sezione:	altezza della sezione se rettangolare, altrimenti nullo
Lung_elemento:	lunghezza dell'elemento
Note_ed_errore:	eventuali errori durante il computo. Ad esempio elemento non ammissibile
Intestazione:	Codice Descrizione Tipo Identificatore Base/Area_sezione Altezza_sezione Lung_elemento Note_ed_errore

Esempio di record (i tabs sono rappresentati con il carattere |)

```
| Calcestruzzo | Pilastro | 1 | 0.60 | 0.30 | 3.00 |  
| Calcestruzzo | Trave | 5 | 0.80 | 0.40 | 4.30 |
```

Record per il computo dell'acciaio

I campi che seguono quelli comuni sono i seguenti:

Lunghezza: lunghezza della barra (m)

Seguono tanti campi quanti sono le denominazioni di diametro usati nella struttura. Riportano il numero delle barre di tale diametro.

Intestazione: Codice | Descrizione | Tipo | Identificatore | Lunghezza | $\emptyset 8$ | $\emptyset 12$ | $\emptyset 14$ | $\emptyset 16$

Esempio di record (i tabs sono rappresentati con il carattere |)

```
| Acciaio | Trave | 5 | 5.95 | 7 | | |  
| Acciaio | Pilastro | 2 | 3.92 | | | 14 |
```

Record per il computo delle casseforme

I campi che seguono quelli comuni sono i seguenti:

Parti_simili: numero di parti di tali misure

Larghezza: larghezza elemento di cassaforma. È sempre rettangolare (metri).

Lunghezza: lunghezza elemento di cassaforma (metri)

Note_ed_Errori: eventuali errori durante il computo. Ad esempio elemento non ammissibile

Intestazione: Codice | Descrizione | Tipo | Identificatore | Parti_simili | Larghezza | Lunghezza | Note_ed_Errori

```
| Casseforme | Trave | 5 | 1 | 0.40 | 4.30 |  
| Casseforme | Pilastro | 2 | 1 | 0.40 | 2.80 |
```

Metodi, limiti ed approssimazioni

In questa sezione si descrivono la nomenclatura utilizzata ed i criteri di computo per il calcestruzzo e le casseforme.

Nomenclatura

Il primo campo contiene un identificatore che può assumere i valori: TRAVE, PILASTRO, TRAVE FONDAZIONE (In seguito anche MURO, SOLETTA etc) e serve a classificare il tipo di costo del materiale. Il secondo campo contiene un identificatore univoco dell'elemento che può anche essere definito dall'operatore. L'ultimo campo contiene messaggi di errore. Tutti preceduti dalla parola ERRORE per renderli più facilmente rintracciabili in automatico. Un esempio di errore è "Sezione non supportata".

Calcestruzzo

Si considera la lunghezza di calcolo dei pilastri e quella netta delle travi. Ciò dà luogo a modeste, possibili approssimazioni nel caso di nodi di particolare configurazione.

Casseforme

Per ora, non vengono trattate sezioni diverse da quella rettangolare a T (dritta e rovescia). In caso si tenti il computo di elementi con tali sezioni, nel campo "Note ed errori" si ha un messaggio di errore "ERRORE: Sezione non supportata". Si considera la lunghezza "netta" misurata sull'asse dell'elemento. Quindi, in pratica, per ogni lato dell'elemento si ha un'unica lunghezza "netta" della cassaforma. Nel caso di intersezione di travi ad altezze diverse o di sezioni a T, ciò non è rigorosamente esatto.

Archiviazione

EasyBeam non è un programma autonomo in quanto deve ricevere i dati da elaborare da Nòlian. EasyBeam 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, EasyBeam. Nel dialogo di registrazione dei dati di Nòlian occorre specificare le unità di misura usate nell'immettere i dati in Nòlian.

Se si dispone della opzione MultiStage in Nòlian e si fa uso delle fasi in Nòlian, si deve ricordare che sono disponibili in EasyBeam SOLO i dati della fase attiva al momento della registrazione mentre sono sempre disponibili tutti i blocchi di sforzi calcolati in Nòlian.

In lettura si possono leggere le armature soltanto per importarle nel documento attualmente aperto, tramite l'opzione: merge delle armature

Merge delle armature

Il merge delle armature consente di importare in una struttura già letta in EasyBeam le armature di un altro file. Generalmente quest'ultimo file è della stessa struttura ma con delle variazioni. Questa funzione è utilissima quando vengono richieste delle modifiche ad una struttura le cui armature sono già state progettate e personalizzate. Questa funzione consente di inserire le armature registrate in un file, negli elementi corrispondenti di un file già letto in EasyBeam. L'inserimento avviene solo se la geometria dell'elemento non è cambiata. Vediamo i passi da seguire con un esempio.

Si è analizzata e si sono progettate e personalizzate le armature di una struttura e sono state registrate nel file A. È richiesta la modifica di alcune sezioni. Si procede allora come segue:

- Si legge il file A in Nòlian, si effettuano le modifiche, si esegue l'analisi, si salva il file con il nome B. Attenzione! Non si deve modificare o cancellare il file A!
- Si legge il file B in EasyBeam.
- Si legge il file A attivando l'opzione "Merge armature". Le armature degli elementi non modificati saranno riportate come erano state già progettate.
- Si verifica (ad esempio con la funzione di verifica rapida) che la nuova distribuzione degli sforzi conseguente alla modifica delle sezioni non renda necessaria una modifica delle armature precedenti.
- Si progettano e personalizzano le armature degli elementi modificati.

Letture delle preferenze

Tutte le preferenze (opzioni di progetto, materiali, etc.) vengono registrate nel programma e sono disponibili ogni volta che lo si avvia. Tali preferenze vengono anche registrate su ogni singolo documento della struttura. Tali valori non vengono però di norma letti per evitare che alterino le preferenze assegnate nel programma. Se si vuole invece usare tali preferenze registrate nel documento, attivare il check-box nel dialogo di apertura dei file.

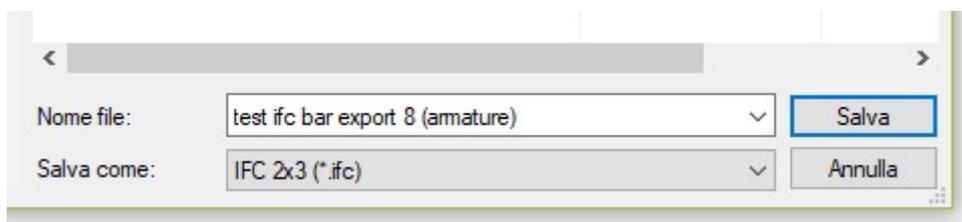
Registrare un documento

Nòlian e i suoi post-processor condividono lo stesso documento. Ogni post-processore modifica i dati comuni e aggiunge i dati propri al documento. I file salvati in EasyBeam possono essere riletti in Nòlian. In caso di rilettura in Nòlian e di modifica della topologia della struttura, i dati di EasyBeam vengono eliminati dal file per conservare la congruenza dati-risultati.

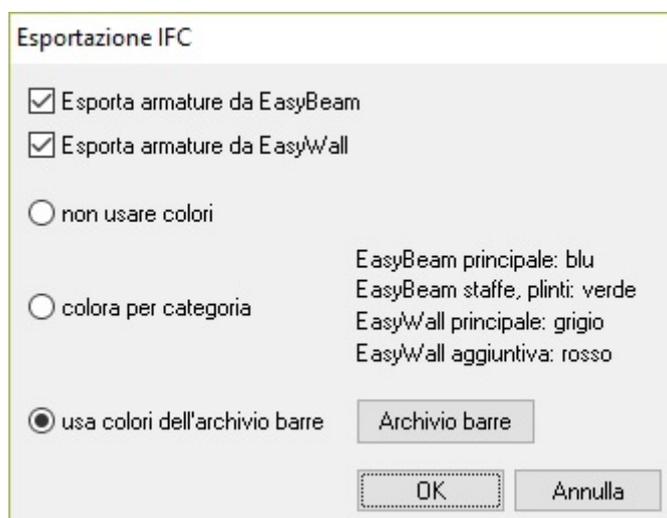
Esportazione in formato IFC

IFC (Industry Foundation Classes) è un formato pubblico e neutrale per l'interscambio di modelli nel settore delle costruzioni. Il suo scopo è di integrare tutte le informazioni utili a gestire il ciclo di vita del manufatto, dalla progettazione alla costruzione, dalla manutenzione alla demolizione. In tal senso costituisce il formato standard per l'interoperabilità nell'ambito della metodologia BIM.

EasyBeam è in grado di esportare file IFC nelle versioni **IFC2x3 TC1** e **IFC4 ADD2 TC1**. Le entità generate sono del tipo *IfcReinforcingBar*, appartenenti al gruppo *Structural Elements Domain*. Per iniziare la procedura, attivare il comando "Esport. IFC armature..." e scegliere nome, posizione e formato del file da esportare.



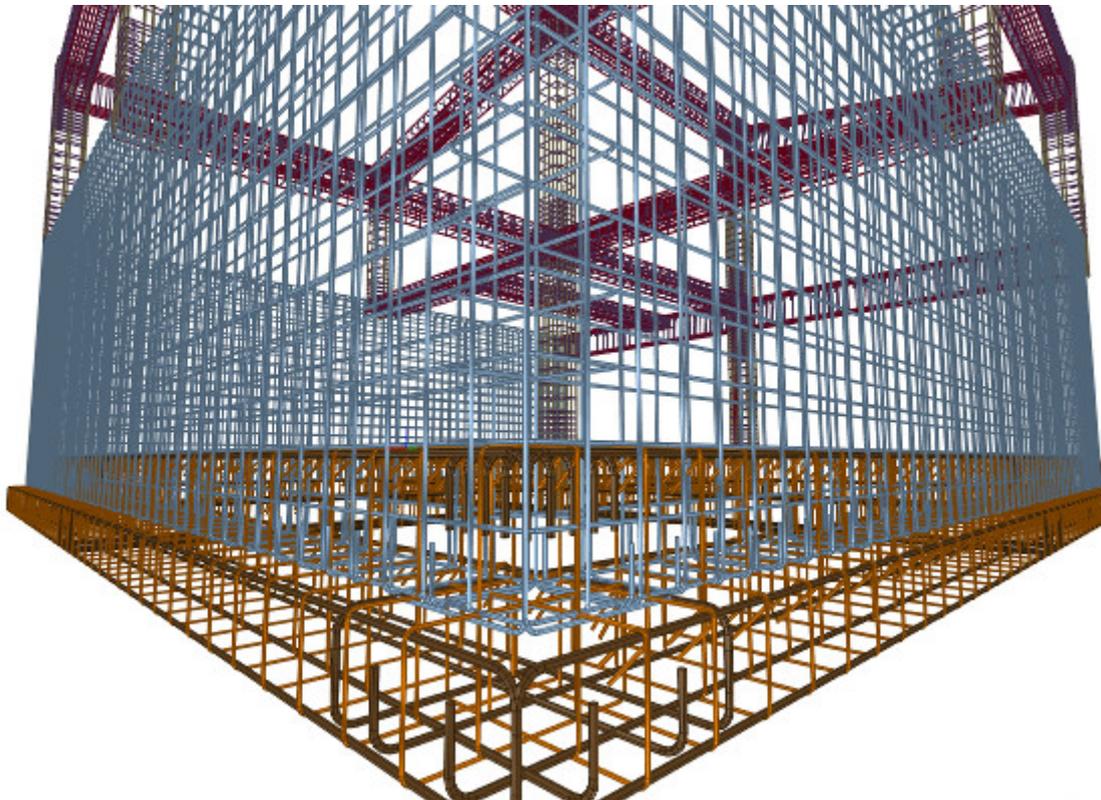
Dopo aver confermato le scelte, appare una finestra che consente di decidere separatamente se esportare le armature definite in EasyBeam e EasyWall (se presente) e quale colorazione assegnare alle barre.



Le opzioni possibili per la colorazione sono:

- omettere la specifica dei colori
- assegnare un colore in base all'impiego della barra:
 - blu per l'armatura principale in EasyBeam
 - verde per le staffe in EasyBeam
 - grigio per l'armatura principale in EasyWall
 - rosso per l'armatura aggiuntiva in EasyWall
- utilizzare i colori specificati nell'**Archivio barre** per ciascun tipo di barra

Qui sotto un esempio di modello IFC esportato da EasyBeam.



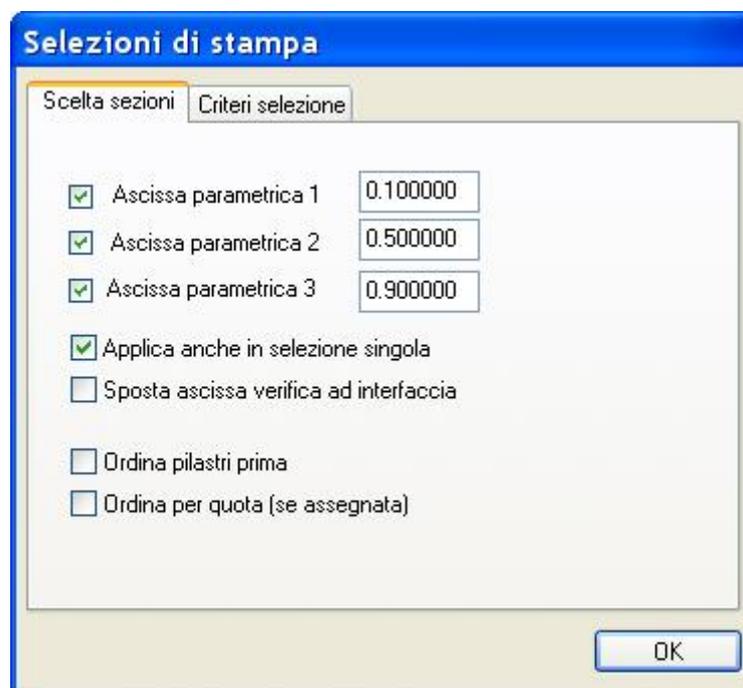
Stampa



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 si desideri la stampa dei dati di più sezioni di un singolo elemento, è possibile selezionare più punti di tale elemento.

Generalità



EasyBeam consente di stampare i dati e i risultati del progetto in vari formati e secondo criteri che rendono la stampa uno strumento molto flessibile e adattabile alle esigenze del singolo utente. Inoltre, si può avere una stampa "mirata" che riporta i dati in modo più "discorsivo" e più vicino allo stile di una relazione di calcolo che non al "tabulato" classico. La stampa può avvenire anche limitatamente agli elementi più significativi secondo criteri definiti dall'utente. (Elemento più sollecitato, con tensioni di verifica più elevate etc.). Ciò consente una documentazione più sintetica ed efficace del progetto qualora sia consentito riportare soltanto i dati più significativi come apparirebbe logico da ogni punto di vista. Inoltre si possono stampare solo gli elementi voluti, selezionando solo gli elementi che si desidera documentare, oppure tutti gli elementi tramite una selezione totale. Questi metodi vengono descritti in dettaglio nel seguito.

Selezione sezioni di verifica in stampa

La stampa avviene riportando i dati di una o più sezioni dell'elemento voluto. La posizione di tali sezioni è determinata dai punti di selezione scelti dall'operatore con il mouse. In caso di selezione totale i punti vengono scelti automaticamente secondo quanto assegnato in un apposito dialogo. A tale dialogo si accede dal dialogo delle opzioni di stampa, premendo il bottone "Punti selezione". È possibile assegnare fino a tre punti di scelta automatica definendo le ascisse parametriche delle sezioni da considerare. Si ricorda che l'ascissa parametrica varia da 0.0 (inizio elemento) ad 1.0 (fine elemento). Questi punti di selezione possono essere usati anche in caso di selezione "manuale", attivando l'opzione relativa dal dialogo. In questo caso la stampa avverrà per le sezioni indicate nel dialogo anche se il punto selezionato è diverso da tali punti. Se è attivo questo tipo di selezione su tre punti, esso viene impiegato anche nella scelta delle sezioni da esportare per gli esecutivi consentendo di avere in automatico tre sezioni anziché una sola. Se si attiva l'apposito checkbox, le sezioni di verifica si spostano automaticamente all'interfaccia tra elementi per evitare eventuali la verifica all'interno del nodo ove possono esservi dei provvedimenti esecutivi che possono rendere inopportuna la verifica in tale situazione (ancoraggi, rastremature, copriferro etc):

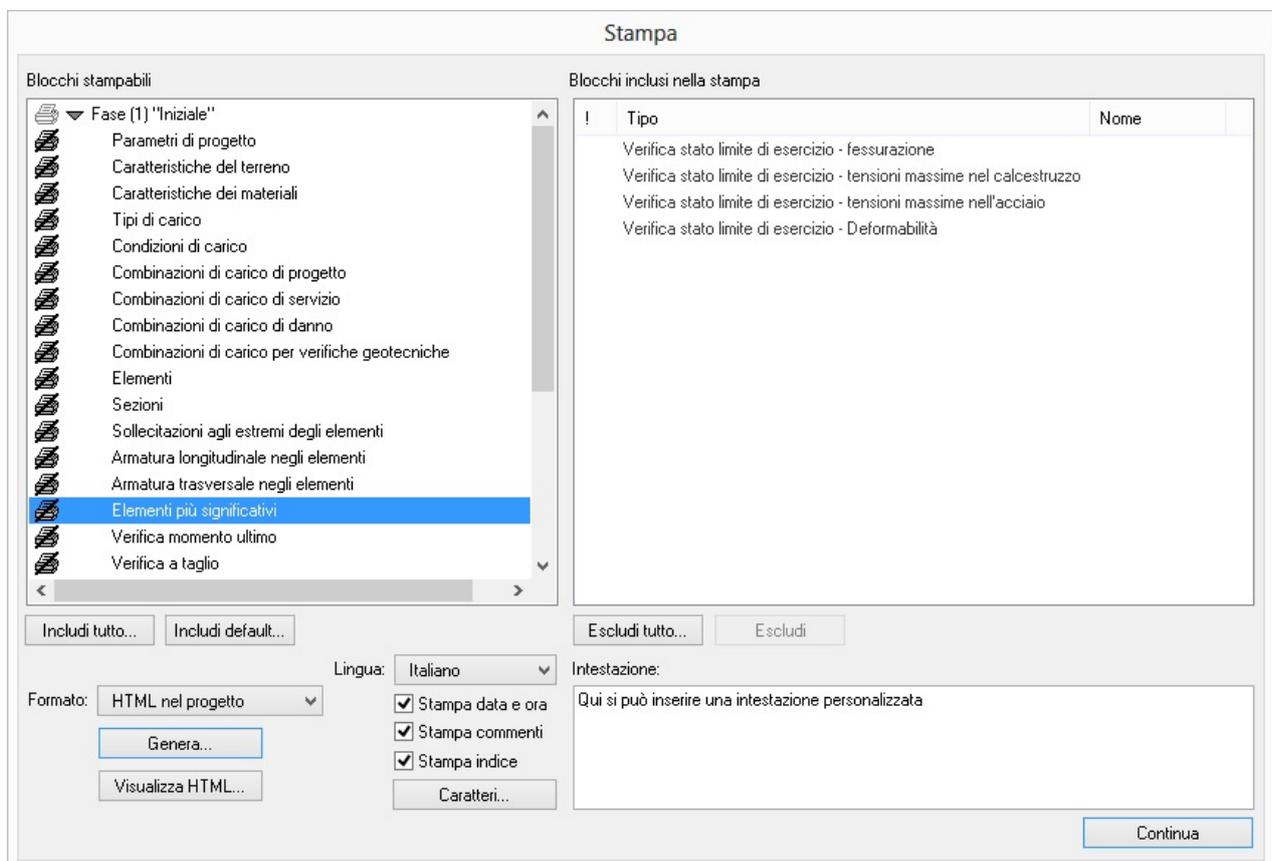
Ordinamento nelle stampe

L'ordine in cui vengono riportati i dati o i risultati delle verifiche degli elementi, è usualmente secondo l'indice del modello di calcolo. Selezionando uno o entrambi gli altri metodi di ordinamento si possono ordinare gli elementi anche riportando prima i pilastri e poi le travi e si possono ordinare anche secondo la quota di riferimento di impalcato, se è stata assegnata. Di seguito, in figura, un ordinamento completo nella verifica a flessione. Le prime tre colonne sono indice, tipo e quota.

776	P	631	16.75	44664.66	211.21	351106.65	5.64	2
			318.25	44664.66	-2430.74	-343051.90	5.70	2
777	P	631	16.75	37027.17	6253.55	-369205.25	6.31	2
			318.25	37027.17	-7858.91	341837.21	6.50	2
778	P	631	16.75	22894.58	7403.96	-56481.59	8.68	2
			318.25	22894.58	-7937.91	69503.41	8.42	2
908	P	352	15.25	48362.81	-24087.47	33402.45	3.39	2
			289.75	48362.81	-109340.99	-19874.45	3.08	2
909	P	352	15.25	48508.79	-23566.74	-33055.72	3.37	2
			289.75	48508.79	-108858.19	16283.98	3.08	2

Sposta ascissa verifica ad interfaccia

Se è attiva questa opzione la sezione di verifica all'estremità, se prescelta, viene automaticamente posizionata al filo dell'elemento connesso. Nel caso di progetto con staffe a filo pilastro, se non è attiva questa opzione, la verifica non avrà successo in quanto avverrà nel nodo dove non vi sono staffe. Il nodo inoltre può presentare disposizioni costruttive delle armature (rastremature, piegature sfalsate etc.) che possono rendere inefficace la verifica. Quindi si consiglia di effettuare le stampe a filo.



Supporto stampa multilingue

Dal dialogo di stampa è possibile scegliere se si desidera la stampa in lingua italiana o in lingua inglese. **Attenzione, questa stampa non è stata ancora aggiornata all'ultima versione del programma**

Selezione temi di stampa

Attivata l'icona di stampa e selezionati gli elementi voluti, si apre un dialogo che sulla sinistra riporta i temi di stampa che possono essere elencati sulla destra, e cioè prescelti per essere stampati, semplicemente agendo sull'icona che contrassegna i temi. L'ordine può anche essere cambiato con un semplice trascinamento nella lista.

Formati di stampa

La stampa, o più propriamente la formazione di un file, può avvenire in formato HTML o RTF o Excel 2003 XML. Nel caso di stampa in HTML, vi è un visore di tale formato che consente la visualizzazione e la eventuale stampa immediata del testo. I formati RTF e XML generano file esterni al documento del progetto, il formato HTML può generare sia file esterni che interni al progetto (salvati cioè con esso), scegliendo opportunamente dal menu a tendina dei formati.

Il formato RTF, soprattutto se vi sono tabelle, non ` letto correttamente da tutti i programmi di word processing. Si consiglia pertanto l'uso di Ms-Word o di MS-Word Viewer.

Il formato Excel 2003 XML

Tale formato può essere letto dal programma Microsoft Excel ed è utile anche per quelle tabelle che debbano essere inserite in sistemi automatici che supportino tale formato, come il SI-ERC.

Il formato PDF

Se si desidera avere le stampe in formato PDF, si deve installare una stampante virtuale PDF (ve ne sono molte free su internet ed un driver è anche sul nostro sito. Quindi in stampa da un browser (lo stesso integrato nei nostri programmi, se si vuole) si può scegliere tale stampante e si produrranno documenti in formato PDF. Lo stesso è possibile se si desidera modificarli o personalizzarli per poi salvarli in formato PDF.

Temi di stampa

I principali temi di stampa sono i seguenti.

Materiali

Vengono indicate caratteristiche dei materiali ed il metodo di calcolo (tensioni ammissibili o stati limite). Nel caso della stampa completa con il metodo degli stati limite, vengono riportati anche 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. Nel caso del metodo delle tensioni ammissibili, tali valori non vengono stampati in quanto sempre unitari.

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, impiegate per la formazione di tali condizioni base. Nel caso del metodo delle tensioni ammissibili, i moltiplicatori sono sempre unitari. 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 dell'elemento

Vengono riportati i dati degli elementi per la identificazione dell'elemento e dei suoi estremi e, nel caso di stampa completa, la lunghezza dell'elemento e gli offset.

Sezione dell'elemento

Vengono riportate le dimensioni della sezione. Se il tipo di sezione è definito (rettangolare, a T, a doppia T, poligonale regolare, poligonale anulare) vengono dati i parametri caratteristici di tali figure geometriche, altrimenti, nel caso di sezioni descritte da un poligono regolare, vengono date le coordinate dei vertici di tale poligono.

Verifica flessionale

La stampa delle verifiche a flessione si ottiene selezionando la funzione di stampa dalla palette e quindi i punti dell'asse degli elementi per tutte le sezioni delle quali si desidera ottenere la stampa delle verifiche. Tenendo premuto il tasto <shift> è possibile selezionare più sezioni anche in uno stesso elemento in modo da ottenere la stampa della verifica di più sezioni. La verifica viene effettuata al momento della stampa per tutte le combinazioni di carico e con i parametri dei materiali e di progetto attivi al momento della stampa. Nella stampa viene riportata l'ascissa della sezione nel riferimento dell'elemento. La stampa delle verifiche avviene riportando le tensioni (o le deformazioni nel caso del metodo degli stati limite) massime ottenute per tutte le verifiche effettuate per tutte le combinazioni di carico. Le tensioni (o le deformazioni) vengono riportate nei vertici della sezione, nel caso del calcestruzzo, e di tutte le barre di armatura, nel caso dell'acciaio. Di tali punti vengono riportate le coordinate. Vengono riportate anche le sollecitazioni della combinazione dei carichi che ha determinato il valore massimo. Tali valori sono seguiti da un indice, tra parentesi, che si riferisce alla combinazione di carico riportata nella stampa per esteso delle combinazioni di carico. Non vengono riportati i dati dei vertici della sezione dove il calcestruzzo risulti teso. Nel caso delle barre di armatura, qualora nessuna combinazione di carico abbia determinato trazioni nell'acciaio (valore

positivo) , viene riportato il massimo valore di compressione (valore negativo) . Vengono, cioè, riportati sempre i valori estremi con priorità però per la trazione. Nel caso del metodo degli stati limite, le deformazioni sono riportate moltiplicandole per il fattore 1000 per renderne più agevole la lettura. Nel caso della stampa ridotta, viene riportato solo il valore relativo al vertice della sezione dove si sia verificato il valore massimo assoluto di compressione ed il valore relativo alla barra di armatura dove si sia verificato il valore massimo assoluto di trazione.

Momento ultimo

Nel caso si impieghi il metodo degli stati limite, è possibile, in alternativa alla stampa della verifica a flessione, stampare il valore del fattore di sicurezza (rapporto tra momento di progetto e momento ultimo). Tale valore è ottenuto dalla funzione di interazione momenti-forza assiale calcolato per ogni combinazione di carico misurando la "distanza" del "punto" di carico (individuato dalle tre componenti M_y, M_z, N) con la superficie della funzione di interazione (inviluppo dello stato limite).

Verifica a taglio avanzata (tensioni ammissibili)

Questa verifica viene eseguita se è attivo il metodo delle tensioni ammissibili. La verifica viene effettuata al momento della stampa per tutte le combinazioni di carico e con i parametri dei materiali e di progetto attivi al momento della stampa. Nella stampa viene riportata l'ascissa della sezione nel riferimento dell'elemento. La verifica avviene relativamente a una corda, parallela all'asse neutro, valutato per ogni combinazione dei carichi, lungo la quale la tensione tangenziale risulta massima. In tale corda, nella stampa completa, vengono riportati inclinazione e distanza dal centroide della sezione. Il riferimento a tale corda libera la verifica dal problema della direzione qualsiasi del taglio rispetto agli assi principali della sezione. Una verifica indipendente per le due direzioni principali non ha infatti significato. Fare riferimento a: [Il progetto per il taglio](#) per le modalità di tali valutazioni. Nella terminologia del metodo degli stati limite, tale tensione è detta "indicatore di sollecitazione". Vengono riportati i valori del taglio per la combinazione che ha determinato il valore massimo e l'indice di tale combinazione che si riferisce alla stampa delle combinazioni dei carichi. Nel caso del metodo delle tensioni ammissibili, viene riportata la tensione nelle armature trasversali valutate secondo il modello del traliccio di Moersch. Nel caso del metodo degli stati limite, viene riportata la "tensione ultima" dovuta alle armature trasversali secondo il modello di Moersch considerando le staffe sollecitate alla tensione di snervamento. Tale tensione può essere vista come una "tensione ultima" il cui significato è più generale, benché analogo, al consueto concetto di "taglio ultimo" in quanto si riferisce a una direzione critica di verifica e quindi è significativa anche nel caso di sezioni di forma generica comunque sollecitate. La resistenza totale al taglio è data dai contributi V_s dell'armatura trasversale e V_c del calcestruzzo secondo la consueta relazione $V_p = V_c + V_s$. Tale relazione viene qui riferita alle tensioni sul piano di sollecitazione massima anziché alle azioni, come di consueto. Vengono riportate le tensioni "ultime" sia dell'armatura che la τ complessiva e cioè tenendo conto del contributo del calcestruzzo. Quest'ultima può essere confrontata immediatamente con l'indicatore di tensione.

Questa verifica non tiene conto dell'incremento di taglio dovuto ad azione sismica. La verifica per azioni sismiche viene infatti condotta separatamente. Questa verifica non esprime l'interazione con la torsione che, se significativa, va presa in considerazione altrimenti (vedere più sotto: Verifica a torsione).

Qualora si siano disposte le staffe a filo pilastro, la selezione totale, che provoca la selezione delle estremità di calcolo dell'elemento, non consente la verifica delle staffe di estremità in quanto non sono presenti e la verifica genera un messaggio di errore. Nel caso quindi si siano disposte le staffe a filo pilastro, scegliere opportunamente le sezioni da verificare.

Verifica a taglio (stati limite)

Questa verifica viene eseguita se è attivo il metodo degli stati limite. Per superare i grandi limiti delle formulazioni semplificate che si riferiscono in genere a sezioni rettangolari soggette a taglio retto, si impiega una integrazione numerica applicando il metodo di Jourawsky in modo da svincolarsi dal calcolo del braccio delle forze interne e della larghezza minima e poter operare in tutte le circostanze con la massima sicurezza. Infatti le sezioni circolari, ad esempio, non potrebbero essere verificate con formulazioni semplificate. Tramite il calcolo esatto della posizione dell'asse neutro, della larghezza del piano di taglio, del numero reale di staffe che tagliano il piano di verifica e infine dell'equivalente concettuale del "braccio delle forze interne", si calcola come da normativa il taglio resistente dovuto alle componenti di "compressione" e di "trazione" assumendo il taglio resistente minimo tra i due valori. Viene impiegato il metodo del traliccio a inclinazione variabile salvo ove la norma imponga il traliccio a 45°.

Questa metodologia accurata consente il calcolo del taglio resistente della RISULTANTE delle componenti di taglio di riferimento e quindi consente il calcolo accurato del fattore di sicurezza che è appunto unico e riferito alla direzione del piano di taglio.

Vengono quindi riportati i valori di taglio resistente (rif) e di taglio fattorizzato (fct) per le due direzioni locali di sollecitazione e del coefficiente (fct) di sicurezza. Con "fattorizzato" si intende il valore determinato dalla combinazione di progetto. I valori riportati si riferiscono alla combinazione che ha dato luogo al minor valore di sicurezza tra tutte le combinazioni di verifica. L'indice che identifica tale combinazione è pure riportato nelle stampe. Poiché la verifica è effettuata per taglio deviato, i due valori di taglio ultimo devono sempre essere intesi riferiti a una sollecitazione nella direzione del taglio agente e non possono essere visti come valori indipendenti di taglio ultimo nelle due direzioni di riferimento. Questa verifica non tiene conto dell'incremento di taglio dovuto ad azione sismica. Questa ultima verifica viene condotta separatamente.

Verifica a taglio per azione sismica

Elemento	Piano	Sway	T sx (kg)	T dx (kg)	Fattore sicurezza
34	xy	sx	-8864.20	-8864.20	1.10
	xy	dx	8864.20	8864.20	1.10
	xz	sx	-15624.50	-15624.50	1.10
	xz	dx	15624.50	15624.50	1.10

Nelle stampe vengono riportati i valori di taglio agli estremi sinistro e destro dell'elemento, per entrambi i versi di sbandamento (sway) e per i piani locali attivi di sbandamento (xy e xz). Questi valori sono quelli indicati con V_{left} e V_{right} nelle formule precedenti e quindi sono comprensivi dei tagli dovuti alla combinazione di carico agente per questa verifica. Viene riportato, per ogni piano di sbandamento il coefficiente di sicurezza inteso come rapporto tra taglio ultimo e taglio dovuto al sisma. Per le direzioni y e z locali si riporta il valore minimo.

Il valore del taglio ultimo di questa verifica viene calcolato con i metodi in forma chiusa per sezioni rettangolari (o a T) non sollecitate in modo deviato. Questo taglio NON È il "taglio di riferimento" calcolato per la verifica generale a taglio e per direzione della sollecitazione di riferimento. Quindi un confronto tra i due valori non è significativo. Inoltre vengono usati fattori di riduzione diversi per le due verifiche, come richiesto dalle due diverse circostanze di verifica.

La stampa non viene effettuata se non si sono scelti i piani di verifica e non è attiva l'opzione "Automatico" nel dialogo delle combinazioni dei carichi a cui si accede dal menu dei Carichi.

Verifica a torsione

Viene calcolato l'indicatore di torsione e cioè la tensione tangenziale media nella sezione cava equivalente, come illustrato nella sezione teorica. Questo valore consente, nel caso degli stati limite, di calcolare il momento torcente ultimo per il calcestruzzo. Nel caso del metodo delle tensioni ammissibili, viene riportata anche la tensione nelle armature trasversali. Nel caso del metodo degli stati limite viene calcolato il momento torsionale ultimo per calcestruzzo, armature longitudinali e trasversali.

La torsione genera, in generale, una diminuita resistenza a flessione e a taglio. Nel caso delle tensioni ammissibili, non vengono considerate le interazioni flessione-taglio-torsione. La torsione causa un incremento di tensione nelle armature e pertanto questa verifica consente di valutare le tensioni complessive confrontandole con quelle delle verifiche a flessione e a taglio.

Nel caso degli stati limite invece viene calcolato anche il fattore di sicurezza a taglio per poter considerare la **interazione tra taglio e torsione** e viene esposto l'inverso della somma dei due fattori di sfruttamento come fattore di sicurezza che tiene

conto di tale interazione.

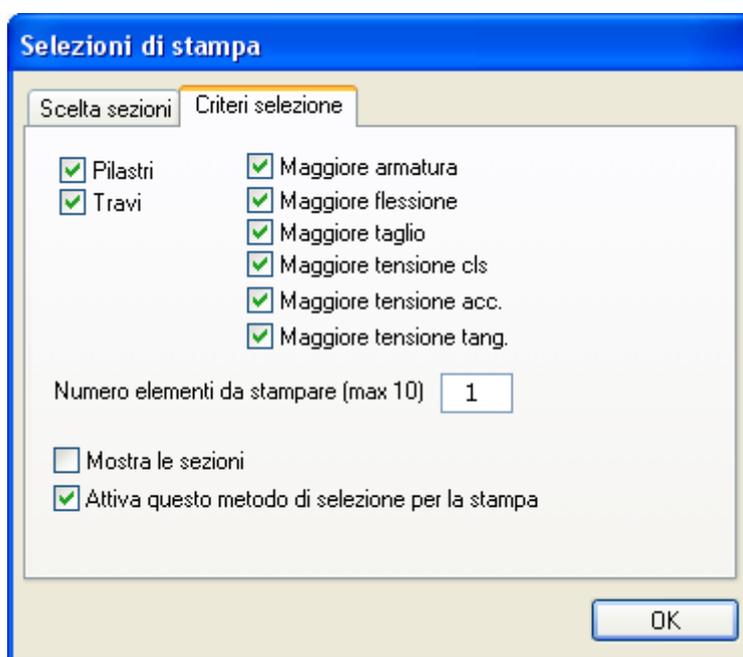
Vedere anche [il progetto a torsione](#).

Stampa a scheda per singolo elemento

Questo tema di stampa consente di avere, raccolti in un unica "scheda" i dati più significativi di un elemento accompagnati dai risultati delle principali verifiche. Le verifiche vengono condotte con i metodi già illustrati per i singoli temi di stampa ma risultati sono raccolti con riferimento al singolo elemento e non in forma tabellare e in più sono definiti in modo esplicito e accompagnati, ove necessario, da note di esplicative.

Questo tema di stampa impiega almeno due fogli per elemento e quindi va usato preferibilmente per gli elementi più rappresentativi.

Selezione elementi più significativi



La stampa avviene sempre su selezione degli elementi i cui dati si desidera vengano stampati. È possibile eseguire un "raffinamento" di tale selezione filtrando in automatico i soli elementi che corrispondano a requisiti richiesti. Attivando il check-box "Attiva questo metodo..." e facendo una selezione, anche totale, verranno selezionati automaticamente gli elementi che hanno le caratteristiche prescelte e nelle stampe verrà riportata un'introduzione che indica le caratteristiche degli elementi prescelti. Se si seleziona l'opzione "Mostra le sezioni", invece della stampa verranno rappresentate a schermo le sezioni, numerate, dove sono state eseguite le verifiche. Questa immagine può essere salvata per arricchire la relazione tecnica.

Tasti equivalenti

Comandi della Finestra Posizione

Comando	Funzione

Tasto sinistro + drag	Panning del riquadro
Tasto destro + drag	Rotazione della vista
Rotella	Zoom
Tasto destro (senza drag)	Menu contestuale
Doppio click sinistro	Zoom panoramico
Tasto "X1"	Vista precedente
Tasto "X2"	Vista successiva

Tasti equivalenti per l'attivazione delle funzioni della palette

Tasto	Funzione
A	Metodi di verifica
C	Operazioni sulla sezione
R	Editing armature in sezione
L	Sforzi sugli elementi
E	Dati degli elementi
S	Editing staffatura
O	Assegnazione colore
W	Memorizzazione punto di vista
Y	Layer
T	Progetto armature
I	Attivazione/Disattivazione Vista in sezione

P	Scelta piano di lavoro
V	Visualizzazione elementi
B	Esportazione nel BIC
Spazio	Cambia trasformazioni visive tramite tasto sinistro
Z	Zoomin a finestra o a lente
X	Zoomout a finestra o a lente

Il sistema CAD

In questa sezione della guida viene illustrato il sistema CAD necessario per la definizione degli esecutivi delle armature. Più precisamente si descrive come [esportare i disegni esecutivi nel sistema CAD](#), come eseguire l' [esportazione dell'esploso delle armature](#), quali siano [le opzioni di esportazione](#), come [esportare le carpenterie di piano](#), come gestire le [opzioni di esportazione automatica](#), come effettuare l'[esportazione automatica di travi](#), come effettuare l'[esportazione automatica di pilastri](#), come effettuare delle [operazioni nel sistema CAD](#) e come effettuare le [operazioni di computo nel sistema CAD](#).

Esportare i disegni esecutivi nel sistema CAD



I disegni esecutivi di EasyBeam vanno "esportati" in un sistema CAD integrato in EasyBeam. Il "BIC". Il BIC è un CAD bidimensionale integrato in EasyBeam che consente di gestire tutte le rappresentazioni grafiche esecutive. Il sistema CAD è comune a tutti i programmi di EasyWorld che necessitano dell'elaborazione grafica dei risultati. Le istruzioni per l'uso del sistema CAD sono descritte nell'apposito manuale.

La fase di progetto e la fase di rappresentazione grafica sono nettamente distinte in EasyBeam. Per rendere più potente la generazione delle rappresentazioni grafiche, qualsiasi rappresentazione a schermo può essere "esportata" su foglio da disegno ed in qualsiasi scala grafica. La rappresentazione delle armature in esploso piano viene poi arricchita, nella esportazione, di tutti quei dati necessari a formare un disegno esecutivo. 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 dal menu "Esecutivi". Il formato del foglio può essere definito dalla voce di menu "Formato iniziale" del menu "Esecutivi".

Esportazione dell'esploso delle armature

Con "esploso delle armature" si intende la rappresentazione "classica" nella quale viene rappresentata la carpenteria dell'elemento e, a fianco, in ordine, le barre di armatura o i gruppi di barre di armatura, che sono nella trave. La formazione di questo disegno può avvenire secondo molte opzioni che sono descritte tra le opzioni di esportazione. L'esportazione avviene nel piano di sezione attivo per cui si possono esportare ed esplodere le armature nel piano voluto. Ad esempio parallelamente alle piante di carpenteria, invece che in un piano verticale come di prassi. Questa esportazione si esegue nel modo seguente:

- si selezionano gli elementi da esportare tramite la funzione di "visibilità"
- si attiva la funzione di esportazione
- si apre un foglio del BIC esistente o nuovo
- si posiziona il mouse nel punto dove si vuole "incollare" il disegno esportato
- si fa clic con il mouse in tale punto.

L'esportazione può anche essere automatica, vedere [Esportazione automatica di travi](#) e [Esportazione automatica di pilastri](#).

Gestione di casi particolari

Se le travi esportate hanno tra loro una rotazione assiale diversa, non esiste un piano unico di rappresentazione. In questo caso, la carpenteria viene rappresentata in quanto è ottenuta per sezione del piano di proiezione comune adottato, mentre le barre di armatura longitudinale e le staffe non vengono rappresentate all'interno della carpenteria perché queste, anche se verrebbero correttamente proiettate sul piano comune, potrebbero essere di difficile o ambigua lettura. Poiché in effetti le barre rappresentate nella carpenteria non sono di fondamentale utilità in quanto la rappresentazione in esploso è sufficiente, questo espediente, obbligato da ovvi motivi geometrici, è una fattore di chiarezza indispensabile.

Il foglio

In questa sezione vengono descritti i comandi inerenti le impostazioni del foglio nel BIC.

Formato

Il formato del foglio può essere scelto tra i formati standard A0, A1, A2, A3, A4. È possibile anche assegnare un formato libero (in centimetri) selezionando il formato "custom". Il formato di un nuovo foglio è quello assegnato dal dialogo cui si accede con il comando di menu "Formato iniziale" del menu "Esecutivi". Il formato del foglio può essere modificato anche dopo aver generato il nuovo foglio tramite il comando di menu "Formato" del menu "File".

Scala grafica

Al foglio è associata una scala grafica. Tale scala grafica viene usata all'atto del tracciamento di un nuovo oggetto grafico ed è usata nel caso di registrazione in formato DXF che richiede la definizione delle coordinate degli oggetti in un'unica scala grafica. Ad ogni oggetto è associata la scala grafica con la quale è stato generato. L'associazione di un diverso rapporto di scala ad ogni oggetto consente di avere sullo stesso foglio oggetti rappresentati con rapporti di scala differenti. Il rapporto di scala grafica dell'oggetto può essere modificato tramite uno scalamento.

Unità di misura

Le unità di misura sono associate al foglio e consentono di esprimere automaticamente le quote nella unità di misura desiderata.

Squadratura

Assegnando margini orizzontali e verticali diversi da zero, si ottiene la squadratura automatica del foglio. La squadratura può essere modificata tramite dal menu di "File", alla voce "Formato".

Cartiglio

È possibile inserire automaticamente nell'angolo in basso a destra del foglio un cartiglio personalizzato.

Il cartiglio deve essere registrato su un documento nel formato BIC. Il documento va specificato dopo aver selezionato la

voce "Scegli...".

Se l'opzione "Aggiungi cartiglio" è attiva, appena si apre un nuovo foglio, il contenuto del file scelto come cartiglio verrà posizionato automaticamente in basso a destra del foglio.

Il cartiglio viene importato come gruppo ed è un oggetto grafico che quindi può essere modificato come il resto del disegno.

Note

Si tratta di un documento grafico identico, come funzionamento, al cartiglio. Serve qualora si vogliano raccogliere informazioni tecniche sul disegno in uno spazio predisposto. Viene sovrapposto al cartiglio, se presente, o posto immediatamente a sinistra se il cartiglio occupa tutta l'altezza del foglio.

Uso di variabili nel cartiglio

All'interno dei testi del cartiglio è possibile utilizzare delle variabili definibili dall'utente durante il processo di importazione del cartiglio.

Per utilizzare una variabile è sufficiente inserire, all'interno di un testo, un identificatore composto da lettere o cifre con prefisso un doppio simbolo di dollaro \$\$.

Durante il caricamento del cartiglio ogni variabile trovata viene sostituita col valore ad essa assegnato. Se non è mai stato definito un valore per quella variabile, il valore viene richiesto all'utente. Il valore indicato viene memorizzato nelle preferenze del programma e viene riutilizzato al successivo caricamento.

È anche possibile utilizzare variabili "temporanee", ovvero che non vengono salvate nelle preferenze e che vengono richieste ad ogni nuova tavola generata. Per utilizzare una variabile temporanea, utilizzare il prefisso \$# al posto del doppio dollaro.

Il programma mette a disposizione alcune variabili predefinite:

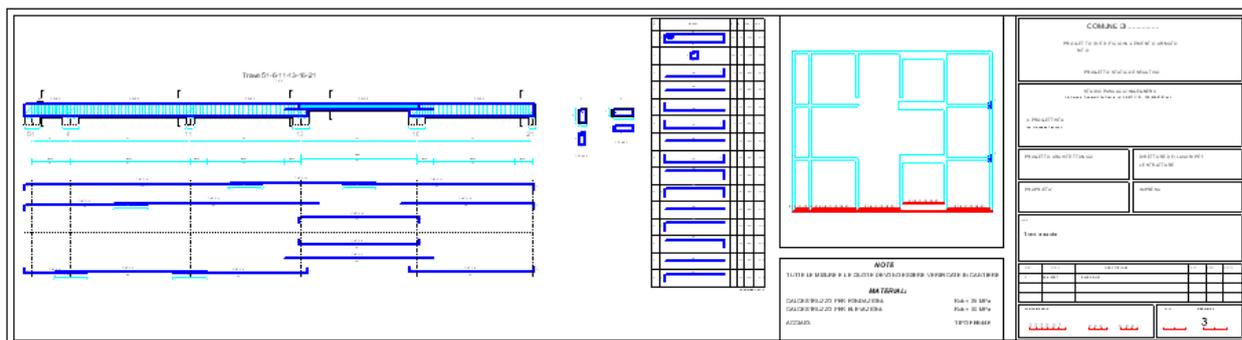
\$\$n il numero di tavola, a partire da 1, per esportazioni che generano più tavole.

\$\$d la data odierna, nel formato gg/mm/aaaa.

\$\$s scala di rappresentazione, ad es. "1:50".

Per ridefinire il valore di una variabile già definita, per aggiungere nuove definizioni e visualizzare quelle già effettuate, selezionare il bottone "**Variabili...**" dal dialogo del formato del foglio. Verrà aperto un dialogo che presenta una lista modificabile delle variabili già definite dall'utente.

Sul posizionamento automatico nel foglio di note, key plan e cartiglio

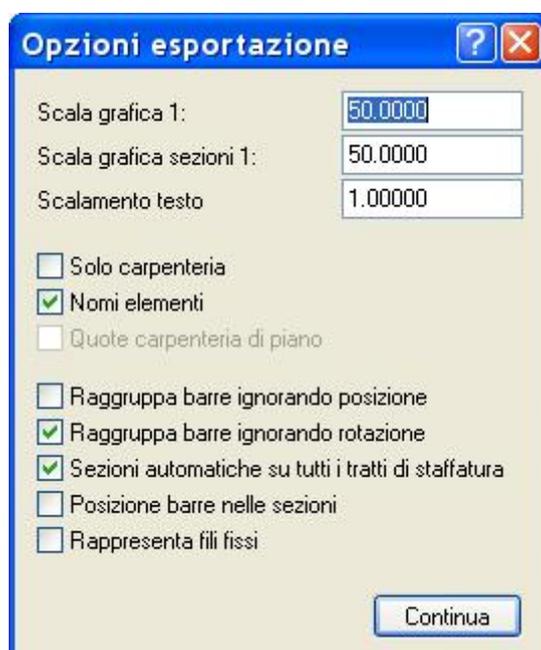


Disposizione tipica automatica di un foglio a lunghezza variabile

Il cartiglio, se presente, viene disposto nell'angolo in basso a destra. Se è più alto dell'altezza del foglio, viene scalato. Le note, se presenti, si tenta dapprima di sovrapporre al cartiglio, ma se lo spazio non è sufficiente, vengono poste a 1 cm di distanza a sinistra del cartiglio. La key plan, se richiesta, si tenta di posizionarla sopra le note o sopra al cartiglio, se le note non sono presenti. Se non sono presenti né le note né il cartiglio, la key plan viene posizionata immediatamente in basso a destra del foglio. Si invece sono presenti note o cartiglio, se vi sono almeno 5 cm di spazio sopra di essi, la key plan viene posizionata prendendo una larghezza pari alla larghezza della nota o del cartiglio. Se non vi è spazio, la key plan viene posizionata immediatamente a sinistra della nota o del cartiglio e acquisisce una larghezza di 21 cm.

Se si richiede anche il posizionamento automatico della distinta (ciò è possibile solo se il foglio è a lunghezza variabile) la distinta viene posta in alto anche su più colonne fino a che l'ultima colonna sia a 0.3 cm dal margine destro del foglio o dell'elemento grafico (nota, cartiglio, key plan) presente.

Le opzioni di esportazione



Le opzioni di esportazione attivano le modalità di esportazione desiderate e le caratteristiche con cui esse vengono effettuate. Questo dialogo si apre tramite un doppio clic sull'icona di esportazione della palette.

Scala di riproduzione

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

Solo carpenteria

L'esportazione di un disegno in sezione genera automaticamente le sezioni degli elementi ed il disegno in esploso piano delle armature. Qualora si voglia il disegno delle sole carpenterie, attivare il check-box "Solo carpenteria". Per le carpenterie di piano si veda il capitolo successivo.

Nome degli elementi

Nella esportazione dei disegni vengono riportati i nomi degli elementi. Ciò anche se l'esportazione avviene per le sole carpenterie (senza cioè le armature). Qualora si desideri che i nomi degli elementi non vengano riportati nel disegno disattivare il check-box.

Punti di sezione

Per ogni punto selezionato di ciascun elemento viene riprodotta la sezione in quel punto. Se è attiva l'opzione di selezione automatica per tre punti (attivabile dalla funzione di [Stampa](#)) vengono automaticamente selezionate le sezioni posizionate come nel dialogo di stampa relativo ai punti di selezione.

Scala delle sezioni

Le sezioni trasversali possono essere rappresentate ad una scala diversa da quella della carpenteria longitudinale.

Scalatura dei testi

Tutti i testi nell'esploso possono essere scalati rispetto all'altezza prevista usando il fattore di scalamento.

Sezioni automatiche su tutti i tratti di staffatura

Se non è attiva questa opzione, nell'esecutivo verranno disegnate le sezioni, con barre e staffe, nei punti di selezione voluti e il numero di staffe, per ogni sezione, sarà quello del tratto di staffatura selezionato. Questo metodo è utile quando si vogliono dare le rappresentazioni esatte di alcune sezioni particolari.

Attivando invece questa opzione, il programma predilige la rappresentazione completa della staffatura e quindi esegue in automatico le sezioni su tutti i tratti di staffatura in modo che siano tutti esattamente rappresentati e quindi unifica la denominazione ove le staffe (**non le armature!**) siano identiche. Il numero di staffe è quello totale per ogni tipo di staffa. Le prime due sezioni sono rappresentate con la lettera indicatrice seguita da un asterisco: queste, e solo queste, sono le sezioni per le quali vengono rappresentate anche le armature.

Nota bene

La unificazione delle sezioni avviene per sezioni che hanno la stessa forma delle staffe e non in base alle armature presenti. Pertanto si possono avere delle sezioni con la stessa nomenclatura - che denota tratti di staffe eguali - ma con contenuto di armature longitudinali diverso.

Rappresentazione delle barre indipendentemente dalla loro rotazione

Nella rappresentazione esecutiva le barre di armatura vengono rappresentate tenendo conto della loro posizione relativa al piano di proiezione prescelto (ad esempio: superiori, intermedie, inferiori). Attivando il check-box "Raggruppa barre

ignorando posizione" vengono raggruppate tutte le barre con lo stesso orientamento ma anche in diverse posizioni nella sezione. Attivando anche il check-box "Raggruppa barre ignorando rotazione" vengono raggruppate tutte le barre eguali indipendentemente da rotazione o posizione.

Rappresentazione delle "posizioni" nelle barre in sezione

Attivando l'opzione "Posizione barre nelle sezioni", nella sezione trasversale vengono riportate le posizioni (e non più i diametri) delle barre longitudinali. Le barre continue ma con giunzioni hanno stesso numero di posizione e le singole barre che formano l'insieme sono distinte da una lettera, ad esempio: 3a, 3b etc. Nelle sezioni viene riportato solo il numero principale di posizione. Le posizioni vengono riportate sulle barre longitudinali tra parentesi tonde. Tali posizioni si riferiscono alla singola travata e differiscono da quelle della distinta di armatura (che sono tra parentesi quadra) che si riferiscono invece a tutto il foglio. Questa opzione disabilita il raggruppamento delle sezioni.

Rappresentazione dei fili fissi

Questa opzione consente di riportare sia sulle carpenterie degli elementi strutturali dove vengono rappresentate le armature, sia sulle carpenterie di piano, i fili fissi, se assegnati, con la loro denominazione. Le travate che giacciono sul piano di un filo fisso, ricevono, nella denominazione il nome del filo fisso, tra parentesi tonde, concatenato al nome.

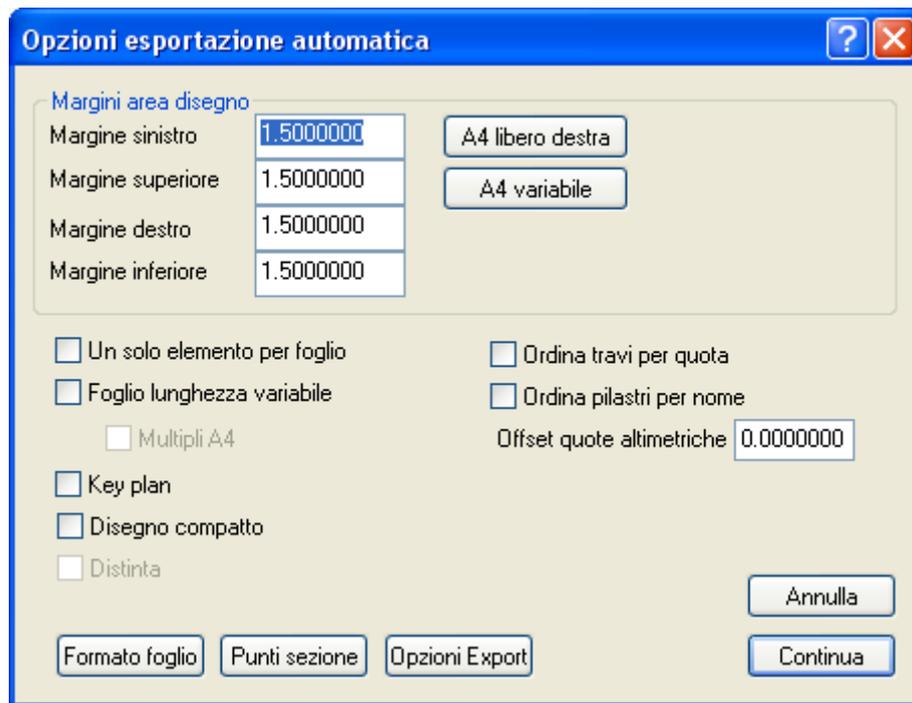
Esportare le carpenterie di piano

Se è attiva l'opzione di esportazione "solo carpenteria", attivando l'esportazione la selezione degli elementi che giacciono su piano di sezione e quelli ad essi connessi è automatica. Nel caso si vogliano rappresentare anche elementi non sul piano (ad esempio pilastri isolati) gli elementi voluti devono essere selezionati in proiezione assonometrica quindi, senza disattivare la selezione, si deve riattivare la sezione. Se questa opzione è attiva e se la sezione è parallela al piano XY la rappresentazione sarà quella di una "carpenteria di piano" eventualmente quotata. Per ottenere la quotatura, attivare il relativo check-box del dialogo. Questo check-box è attivo solo se è attiva l'opzione "solo carpenteria" in quanto la quotatura viene effettuata solo sulle carpenterie su piani paralleli al piano XY.

Nota bene. Per il disegno accurato delle carpenterie di piano si consiglia la loro esecuzione tramite inMod.

Opzioni di esportazione automatica

Si accede al dialogo per la gestione delle opzioni di esportazione automatica dal menu Esecutivi.



I margini consentono di posizionare l'area di lavoro sul foglio nel modo voluto. L'area cioè all'interno della quale viene effettuato il disegno consentendo di lasciare il margine bianco voluto. A esempio si può riservare una fascia libera sulla destra, agendo sul margine destro, larga come il cartiglio, per avere spazio per le note e affinché, a tavola piegata, si abbia la parte in vista bianca e non disegnata. Il bottone "A4 libero a destra" impone il margine destro in modo da riservare un'area libera sulla destra larga quanto un foglio di formato A4. Quest'area liberata potrà essere occupata dal cartiglio e dalle note.

L'opzione "Ordina pilastri per nome" fa sì che i pilastri vengano riprodotti in successione secondo l'ordinamento numerico del nome a essi assegnato. Il nome del pilastro è quello assegnato al pilastro inferiore della pilastrata. Si può assegnare automaticamente con la funzione "Designazione standard" che denomina il pilastro con il numero del nodo di base del modello a elementi finiti oppure si può facilmente assegnare il nome voluto dal dialogo dei dati dell'elemento. L'ordinamento avviene solo se i nomi dei pilastri rappresentano valori numerici. Ad esempio: 1, 6, 45 sono nomi validi mentre p56, p37, Angolo non lo sono.

L'opzione "Ordina travi per quota" consente di esportare le travi ordinandole per quote crescenti. Quando le travi di una quota sono terminate si inizia un nuovo foglio e pertanto su uno stesso foglio non vi sono mai travi appartenenti a quote diverse. Le quote sono quelle della lista di estradossi definibile dall'utente. Se l'utente non definisce tale lista di quote, esse vengono formate in automatico. Gli elementi non appartenenti alle quote o non orizzontali (ma non i pilastri) vengono esportati alla fine su altri fogli separati.

Il valore di offset delle quote altimetriche consente di definire il piano zero di quotatura in modo diverso da quello del modello in modo da avere le quote sugli esecutivi che rispecchino il piano zero effettivamente impiegato. Il valore di offset assegnato si aggiunge a quello della quota del modello. Se, a esempio, la quota del modello è 10.0 e invece il piano assunto come quota zero è inferiore di 1.0 a quello del modello, si dovrà assegnare un offset 1.0 in modo che la quota sul disegno risulti 11.0.

L'opzione "Un solo elemento per foglio" consente di avere un nuovo foglio per ogni elemento strutturale (travata o pilastrata).

L'opzione "Foglio lunghezza variabile" consente di determinare la lunghezza del disegno in base alle effettive esigenze di disegno. Se questa opzione è attiva, è possibile inserire in automatico anche la Distinta delle barre di armatura. La lunghezza del foglio può essere anche un multiplo del formato A4 (21 cm) per consentire una migliore piegatura a libretto del foglio. Se attiva questa opzione, i pilastri vengono disegnati ruotati, cioè per lungo. Questa opzione è destinata ad avere degli elaborati a "libretto" generalmente di formato A4. Molto pratici e maneggevoli per cui si raccomanda di selezionare il formato A4.

L'opzione "Key plan" consente di avere una pianta di riferimento in cui sono evidenziati i nomi e gli elementi strutturali riportati sul disegno. Se è attiva l'opzione "Disegna fili fissi" nel dialogo delle opzioni di esportazione, si avranno anche i fili fissi nella key plan. La key plan è disegnata da un livello medio tra tutti gli elementi riportati sul foglio. Pertanto se si disegnano elementi a quote diverse, la key plan è disegnata ad un livello medio che può anche non contenere gli elementi presenti sul foglio. Si consiglia di impiegare la key plan quando si esportano le travi ordinate per quota o, ancor meglio, un singolo elemento per foglio.

L'opzione disegno compatto consente di eseguire un disegno le cui distanze tra gli elementi del disegno sono molto ridotte. La riduzione di ingombro è di circa il 30%. Ciò consente di contenere travi con molte barre in uno spazio minore permettendo di usare in casi particolari anche fogli A4 a lunghezza variabile. Questa opzione può causare la sovrapposizione di alcune scritte ed elementi del disegno.

Il bottone "A4 variabile" assegna automaticamente le opzioni tipiche per un formato A4 a lunghezza variabile.

I bottoni in basso consentono di accedere direttamente ad altri dialoghi di configurazione per attivare altre opzioni volute. Ad esempio i punti di sezione che si consiglia di limitare a una sola sezione centrale per elemento se non si hanno esigenze particolari. Si accede ai dialoghi de [le opzioni di esportazione, il foglio](#), e per le sezioni, alla Selezione sezioni di stampa.

Esportazione automatica di travi

Questa funzione consente di esportare contemporaneamente il disegno di tutte le travi con impaginazione automatica. La rappresentazione avviene sul piano "verticale" passante per la trave (piano parallelo all'asse Z globale) e automaticamente rappresentando insieme tutte le travi complanari ed allineate ("travate"). La funzione agisce su tutte le travi e non richiede selezione. L'impaginazione avviene ottimizzando per quanto più possibile la disposizione sui fogli. Qualora sia attiva una sezione, verranno rappresentate solo le travi che giacciono su tale sezione: ciò consente di impaginare le travi per singoli impalcati o singoli telai. I fogli vengono automaticamente aperti con il formato, la squadratura e l'eventuale cartiglio prescelti nel dialogo del formato dei fogli. È possibile definire l'area del foglio da utilizzare per l'esportazione in modo da lasciare spazio per altri disegni o per il cartiglio. Ciò si ottiene assegnando i margini da lasciare liberi sul foglio. Per assegnare tali margini, accedere al dialogo delle opzioni di esportazione del menu Funzioni. L'esportazione automatica si attiva dal menu Funzioni. Si noti che nell'individuazione della "travata" (intesa come successione di travi connesse) possono esistere delle ambiguità quando vi siano più travi connesse allo stesso nodo con inclinazione diverse (ad esempio una trave di falda sovrapposta ad una trave orizzontale). Pertanto EasyBeam sceglie sempre la connessione con minore deviazione angolare. In tal caso gli elementi inclinati con connessioni ambigue (nel senso sopra detto) NON vengono esportati in automatico in quanto facenti parte di una travata che si potrebbe definire "anomala". In tali casi l'esportazione deve avvenire tramite selezione diretta degli elementi con connessione ambigua. In ogni caso la "travata" non può essere costituita da elementi con deviazione di asse maggiore di 30°.

Esportazione automatica di pilastri

Questa funzione consente di esportare contemporaneamente il disegno di tutti i pilastri con impaginazione automatica. Questa funzione si attiva dal menu Funzioni. La rappresentazione avviene su un piano "verticale" (piano parallelo all'asse Z globale passante per l'asse del pilastro) ruotato in modo da contenere l'asse locale Y del pilastro. La funzione agisce su tutti i pilastri e quindi non richiede selezione. Qualora sia attiva la rappresentazione in sezione, verranno rappresentati solo i pilastri che giacciono sul piano di tale sezione. Ciò consente l'impaginazione di pilastri per singoli telai. I pilastri possono anche essere ordinati non per ottimizzare l'ingombro sul foglio, ma per nome, vedere le opzioni di esportazione automatica. Per le modalità e le opzioni di impaginazione, si faccia riferimento all'esportazione automatica delle travi.

Operazioni nel sistema CAD

Formare una nuova barra

Ai fini della rappresentazione grafica non è necessario definire in modo specifico eventuali nuove barre che si volessero aggiungere al disegno. Se però si desidera che la nuova barra venga considerata nella distinta armature, la barra deve essere definita come segue. Una barra di armatura è un gruppo con tipo di gruppo 1 e con un nome del gruppo che contiene il numero di barre ed il nome delle barre separati da un simbolo, tipicamente il simbolo \emptyset . I segmenti che costituiscono il grafico della barra sono definiti come hotspot del gruppo. Per disegnare una nuova barra procedere come segue:

- Disegnare la barra tracciando i segmenti
- Generare un testo con il numero di ferri componenti la barra e il nome del tondino
- Selezionare i segmenti e il testo e formare un gruppo
- Selezionare i segmenti e definirli hotspot di gruppo
- Selezionare il testo e definirlo nome di gruppo
- Selezionare il gruppo e assegnargli il tipo di gruppo 1

Formare una staffa

Ai fini della rappresentazione grafica non è necessario definire in modo specifico eventuali nuove staffe che si volessero aggiungere al disegno. Se però si desidera che la nuova staffa venga considerata nella distinta armature, la barra deve essere definita come segue. Una staffa è un gruppo con tipo di gruppo 5 e con un nome del gruppo che contiene il numero di barre ed il nome delle barre separati da un simbolo, tipicamente il simbolo \emptyset . Questo gruppo racchiude a sua volta dei sotto-gruppi di tipo 3 che descrivono le staffe singole che formano la eventuale staffa composta. Anche se la staffa non è composta, il gruppo della staffa deve essere sempre di tipo 3 contenuto da un gruppo di tipo 5. I segmenti che costituiscono il grafico della staffa possono essere definiti come hotspot del gruppo. Per disegnare una nuova staffa procedere come segue:

- Disegnare la staffa tracciando i segmenti che la descrivono ed eventuali quotature
- Selezionare i segmenti e formare un gruppo
- Selezionare il gruppo ed assegnargli il tipo 3
- Procedere come sopra per tutte le staffe singole che eventualmente formino la staffa composta
- Generare un testo con il numero di staffe e il nome della barra (ad esempio 35 \emptyset 8)
- Selezionare i gruppi ed il testo e formare un gruppo
- Selezionare il gruppo ed assegnargli il tipo 5
- Selezionare il testo e definirlo nome di gruppo

È possibile modificare una barra o una staffa già esistente come segue.

Operazioni di computo nel sistema CAD

In questa sezione si descrive come ottenere la distinta e la codifica delle armature.

Distinta armature

La funzione "Distinta barre" del menu "Distinta" consente di formare una lista di tutte le barre e le staffe di armatura presenti sul foglio. La lista viene formata in memoria ed il cursore si trasforma in squadretta che indica l'angolo inferiore sinistro della lista. La lista può essere posizionata quindi nel punto voluto scegliendo anche un foglio diverso da quello del disegno. Tenendo premuto il tasto <alt> prima di selezionare la voce del menu, si presenta un dialogo in cui è possibile assegnare il numero massimo di righe della distinta che sarà spezzata in parti di tale lunghezza massima che potranno essere posizionate in vari punti del foglio. Le barre identificate come tali e riportate nella lista sono quelle che formano gruppi con tipo di gruppo 1 che contengono un nome di gruppo recante il numero di barre seguito da un carattere di separazione ed il diametro della barra in millimetri. Il carattere separatore, identificatore nel tipo di barra, può essere uno dei seguenti: \emptyset , \emptyset ,d,D,T,R. La barra deve essere quotata in centimetri. Le staffe identificate come tali sono quelle che formano gruppi con tipo di gruppo 5 che contengono un nome di gruppo recante il numero di barre seguito da un carattere di separazione ed il diametro della barra in millimetri, e uno o più gruppi con tipo di gruppo 3 che descrivono ciascuno una staffa singola che compone la staffa composta. Il carattere separatore, identificatore nel tipo di barra, può essere uno dei seguenti: \emptyset , \emptyset ,d,D,T,R. La barra deve essere quotata in centimetri. Ogni volta che si genera una nuova lista, ogni barra riceve un numero di posizione posto tra parentesi quadre. Tale numero viene aggiunto al nome di gruppo (cioè viene aggiunto al testo che contiene il numero ed il tipo di barra). I numeri di posizione tra parentesi quadre vengono aggiornati con i nuovi numeri ad ogni nuova generazione della lista. Se si levano o si modificano le parentesi, il programma non identifica l'indice di posizione e non lo sostituisce ma lo aggiunge. Il comando "Rimuovi posizioni" del menu "Distinta" leva gli indici di posizione di tutte le barre. Le lunghezze riportate nella lista sono in centimetri. La quotatura è in asse delle barre. La lunghezza dei segmenti è quello del disegno e non quello eventualmente assegnato come quotatura dei segmenti. La lunghezza totale riportata nella lista è formata dalla somma delle lunghezze dei singoli tratti, misurati in asse, dalla quale viene sottratta la quantità di $0.429 \cdot r$ per ogni curvatura (connessione di due tratti) dove r è il raggio di curvatura ed è assunto $r=3 \emptyset$. Tutte le piegature vengono quindi considerate come fossero ad angolo retto. Tale sottrazione è dovuta alla rettificazione della curva di piegatura nella rappresentazione a tratti rettilinei. La lunghezza riportata è quella di una sola barra mentre il peso si riferisce a tutte le barre. Se, ad esempio si hanno $2\emptyset 16$ (2 barre del diametro di 16 millimetri) di lunghezza 120 cm, la lunghezza riportata nella lista sarà 120 mentre il peso sarà $1.88 \cdot 2 = 3.76$ kg. Il peso specifico assunto per il calcolo del peso è 7.8 kg/dmc. L'unità di misura del peso è il chilogrammo. Il numero di barre ed il loro diametro vengono estratti dal testo che è il nome di gruppo quindi tale testo deve essere formato dal numero di barre seguito dal carattere separatore e dal diametro in millimetri della barra. Si possono indicare fino a tre diametri concatenandoli con il segno +. Il nome del gruppo può essere, ad esempio: $2\emptyset 12+1\emptyset 16$. La distinta delle armature viene disegnata assegnando agli oggetti grafici un rapporto di scala 1:1. Qualora si voglia scalare la distinta, assegnare un nuovo rapporto di scala adeguata. Ad esempio un rapporto 1:2 riduce a metà le dimensioni della distinta. Ricordare che la scala che si assegna nel dialogo per lo scalamento degli oggetti selezionati è la scala che si vuole ottenere e non il rapporto di scalamento.

Nota sulle posizioni

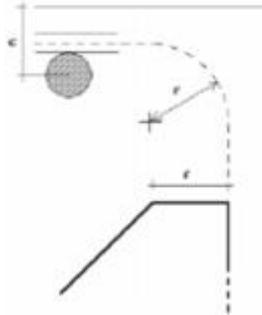
Le posizioni "locali", relative cioè alla singola travata, vengono riportate se è attiva l'opzione "posizioni barre nelle sezioni". Se una barra è formata da più elementi, la posizione ha un solo numero (numero di barra) seguito da una lettera che indica l'elemento della barra. Nella sezione viene riportata solo il numero di barra. Quando si esegue una distinta delle armature le posizioni locali, se presenti, vengono sostituite da una numerazione relativa all'intero foglio. In questo caso si conservano le lettere se era attiva la posizione "locale".

Quotatura della staffa

Le staffe vengono dimensionate in asse considerandole esterne alle barre longitudinali. Poiché il copriferro è riferito all'asse della barre longitudinali, le staffe vengono considerate esterne alla linea di copriferro di una quantità pari alla somma dei semidiametri della barra longitudinale e della staffa. Come diametro della barra longitudinale si assume quello minimo tra le barre disponibili all'atto del progetto anche quando tale diametro non viene realmente impiegato nel progetto della sezione

La staffa, come le altre barre di armatura, viene rappresentata tramite tratti rettilinei. Nel caso della piegatura di ancoraggio

della staffa, viene rappresentato anche il tratto rettilineo di rettificazione della curva di ancoraggio. Per tale rettificazione si considera il raggio di piegatura pari a 3 volte il diametro della barra. Le staffe, come del resto le barre longitudinali, sono quotate rispetto all'asse della barra.



In figura, la staffa viene dimensionata in asse sottraendo al copriferro c i semidiametri della barra longitudinale e della staffa. Il raggio di curvatura r è assunto pari a 3 volte il diametro della staffa. La parte inferiore della figura indica la rappresentazione rettificata della piegatura dell'ancoraggio.

Per evitare che le staffe siano troppo superficiali, assegnare un copriferro adeguato ricordando che il copriferro è assunto come distanza dal poligono della sezione all'asse delle barre longitudinali e non alla superficie di queste.

Codifica armature

Questa funzione consente di formare un file di testo con la codifica delle barre presenti sul foglio. Si accede dal menu Distint alla voce "Codifica barre" del BIC di EasyBeam. La codifica della forma delle barre avviene secondo il formato previsto dalla norma ISO 4066. Si precisano alcune convenzioni.

- Il numero di posizione è relativo al singolo elemento strutturale e non al foglio o alla struttura tutta.
- Si ricorda che nella descrizione delle barre viene riportata la posizione della barra nel singolo elemento strutturale solo se essa è stata esportata tramite l'opzione di esportazione "Posizione barre nelle sezioni", altrimenti il numero di posizione è zero.
- La denominazione dell'elemento di appartenenza della barra è quello assegnato dall'utente all'elemento. Se si ha una travata o una pilastrata (un elemento strutturale composto cioè da più elementi singoli) il nome di appartenenza è ottenuto per concatenazione dei nomi assegnati agli elementi strutturali che formano una singola travata o pilastrata separati da una barra inclinata /. Se, ad esempio, si ha una travata formata dalle travi identificate dai numeri 7, 9 e 31 il nome dell'elemento strutturale di appartenenza dell'armatura è definito: 7/9/31.
- Per quanto riguarda le dimensioni si deve fare una precisazione importante. Le dimensioni sono quelle del disegno e sono ricavate da esso. Quindi tengono conto delle eventuali modifiche effettuate dall'operatore. Sul disegno le dimensioni sono in asse. In genere tali dimensioni sul disegno sono arrotondate al centimetro. Le norme quotano invece le barre all'esterno. Ciò implicherebbe l'aggiunta di valori inferiori al centimetro al dimensionamento delle barre sul file. Allo stato attuale delle convenzioni d'uso e della diffusione di questo metodo, non riteniamo opportuno aggiungere questi piccoli valori. Quindi si prega di tenere conto che esiste questa piccola differenza tra metodo di quotatura previsto dalle norme e impiegato in questa funzione. Si ricorda anche che il copriferro assegnato in EasyBeam è anch'esso in asse per cui se si vuole tenere conto di un copriferro effettivo, tale valore va opportunamente modificato.

Si è adottato un formato di file di testo molto semplice supportato anche dai tabelloni elettronici. I campi sono divisi da un carattere tab e i record sono uno per riga.

La prima riga del file contiene un'intestazione assegnata dall'utente per distinguere i diversi file. I campi sono i seguenti (si segue la denominazione usata da ISO 4066):

- elemento
- marca delle barre (posizione)
- tipo di acciaio (sempre B)
- diametro (in mm)
- numero di elementi
- codice di forma

Seguono da 1 a un massimo di 5 campi per le dimensioni (in mm) delle barre secondo la norma. Si assumono piegature di raggio standard per cui non è mai riportato il raggio di piegatura.

Le forme supportate sono quelle contrassegnate nella ISO 4066 dai seguenti codici:

Codice	Forma
0	barra dritta
11	barra dritta con una piegatura retta
15	barra dritta con una piegatura non retta
21	barra dritta con due piegature rette
25	barra dritta con due piegature non rette
51	staffa

Le forme non supportate o non previste dalla norma sono contrassegnate solo dal codice 99 (forma generica).

EasyBeam e la normativa

Confronto analitico tra requisiti della normativa per le strutture in calcestruzzo e i provvedimenti messi in atto da Nòlian ed EasyBeam.

- [Adempimenti generali di verifica](#)
- [Verifica e progetto di elementi in calcestruzzo](#)
- [Verifiche geotecniche](#)

Adempimenti generali di verifica

SL	n	Prestazione	Rif. Norme	classe d'uso		Note
				I II	III IV	
SLO	1	Contenimento del danno degli elementi non strutturali	7.3.7.2	SI		Ottemperata in EasyBeam come specifica verifica sugli spostamenti.
	2	Funzionalità degli impianti		SI		Vedi nota 2.
SLD	3	Resistenza degli elementi strutturali	7.3.7.1	SI		Facoltativa, non specificatamente automatizzata
	4	Contenimento del danno degli elementi non strutturali	7.3.7.2	SI		Ottemperata in EasyBeam come specifica verifica sugli spostamenti.
	5	Contenimento delle deformazioni del sistema fondazione terreno	7.11.5.3	SI		Ottemperata in EasyBeam come verifica sugli spostamenti di
	6	Contenimento degli spostamenti permanenti nei muri di sostegno		SI		Vedi nota 1.
SLV	7	Assenza di martellamento tra strutture contigue	7.2.2 e 7.3.3.3	SI		Ottemperata in EasyBeam come specifica verifica sugli spostamenti.
	8	Resistenza delle strutture	7.3.6.1	SI		Ottemperata in EasyBeam in forma progettuale.
	9	Duttilità delle strutture		SI		Non necessaria se ottemperate le prescrizioni costruttive
	10	Assenza di collasso fragile... non strutturali		SI		Vedi nota 2.
	11	Resistenza dei sostegni... degli impianti		SI		Vedi nota 2.
	12	Stabilità sito		SI		Vedi nota 1.
	13	Stabilità dei fronti di scavo...		SI		Vedi nota 1.
	14	Resistenza del sistema fondazione-terreno	7.11.5.3	SI		Ottemperata in EasyBeam come verifica di resistenza di plinti o travi su suolo elastico.
	15	Stabilità dei muri di sostegno		SI		Vedi nota 1.
	16	Stabilità delle paratie		SI		Vedi nota 1
SLC	17	Resistenza e stabilità... e degli ancoraggi		SI		Vedi nota 1
	18	Resistenza dei dispositivi di vincolo temporanei...		SI		Non automatizzata
	19	Capacità di spostamento degli isolatori		SI		Non automatizzata

Note

- Le verifiche strettamente geotecniche e non attinenti al sistema strutturale o alla interazione suolo-struttura non sono trattate in modo automatico dai programmi di EasyWorld. Si rinvia a strumenti software specifici non di nostra produzione. Le verifiche di interazione struttura terreno sono trattate al capitolo [Verifiche geotecniche](#)
- Verifiche locali o attinenti a particolari elementi non strutturali non sono specificatamente supportate dal sistema di software di EasyWorld.

Verifica e progetto di elementi in calcestruzzo

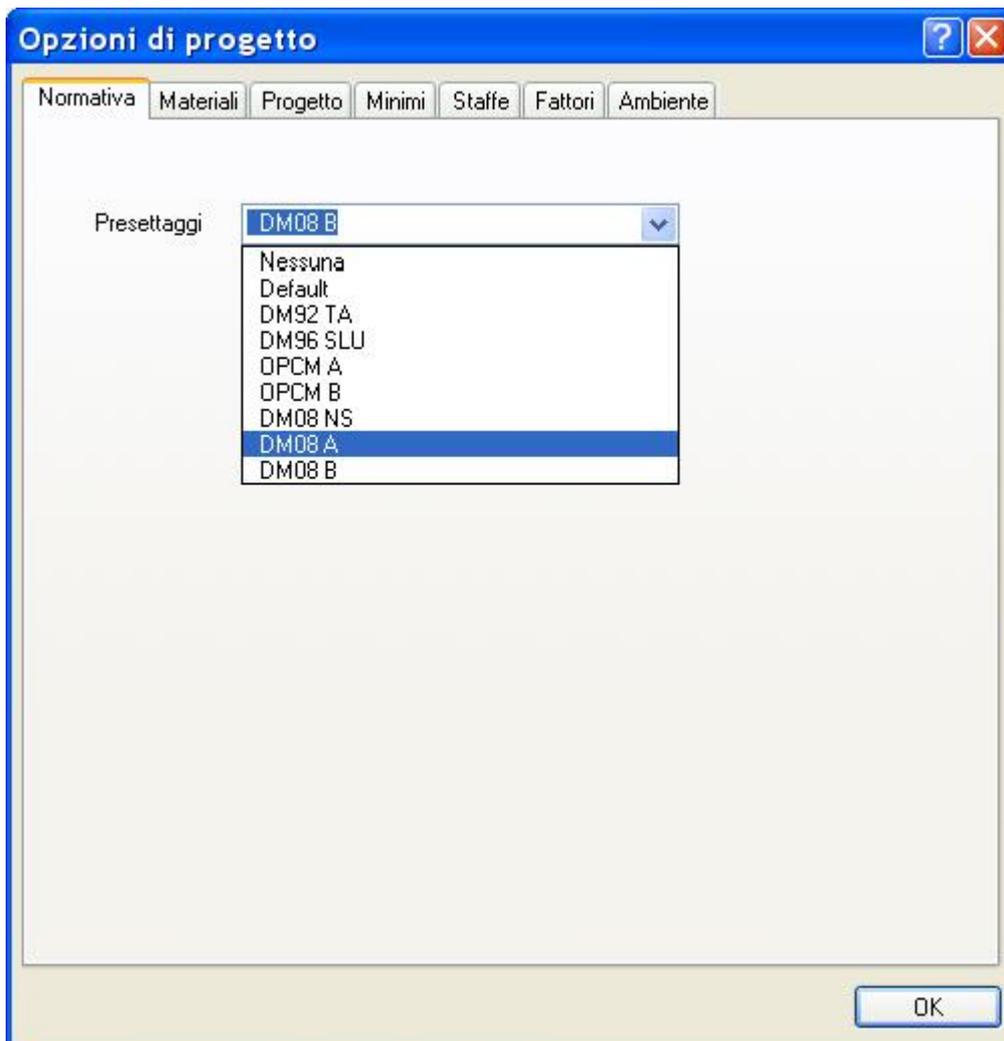
Confronto analitico tra requisiti della normativa per le strutture in calcestruzzo (punto 7.4) e i provvedimenti messi in atto da EasyBeam. Alcuni provvedimenti generali contenuti nel capitolo 4 sono riportati in fondo.

Introduzione

The image shows a software dialog box titled "Opzioni di progetto" (Project Options) with a blue header and standard window controls. The "Staffe" (Reinforcement) tab is selected. The interface is organized into several sections with labels in blue text:

- Nome barra:** A dropdown menu showing "ø8" and a button labeled "Libreria tipi di barre".
- Disposizione:** A group box containing:
 - Passo massimo travi: 33.00,H0.8
 - Passo massimo pilastri: 25.00,D12
 - Arrotondamento passo: 1.00000
 - Ancoraggio (ø): 15.00
- Speciali:** A group box containing:
 - Tensione minima: 5.73913
- Staffe composte:** A group box containing:
 - Massima distanza braccia: 1e+005
 - Massima dist. legature pilastri: 1e+038
- Zona critica travi:** A group box containing:
 - Lunghezza tratto: H
 - Passo: H0.25,D8,22.5,S24
 - Staffe filo pilastro
- Zona critica pilastri:** A group box containing:
 - Lunghezza tratto: H,L0.167,45
 - Passo: D8,17.5,m0.5,P12.50000J
 - Progetto Nodo

An "OK" button is located at the bottom right of the dialog box.



In EasyBeam la massima parte delle disposizioni di normativa, o legate a scelte progettuali, sono definibili tramite parametri e flag. Ciò consente la massima flessibilità d'uso del programma e la personalizzazione per la maggior parte delle normative esistenti comprese le ACI statunitensi. Il settaggio di tutti questi parametri può essere fatto automaticamente per le normative in vigore semplicemente selezionando la normativa voluta. EasyBeam, come si vedrà nel seguito ottempera in automatico ai requisiti di normativa (salvo dove indicato diversamente) e quindi se il progetto va a buon fine vi è la ragionevole certezza che essi ottemperino ai requisiti di normativa.

Caratteristiche generali delle costruzioni

Regolarità

I metodi impiegati per la valutazione di regolarità sono dettagliatamente descritti nel capitolo di questo manuale che descrive le modalità di impiego del programma per questa valutazione. Qui si aggiunge solo che il comma "g" di questo paragrafo di normativa inerente l'uniformità di rapporto tra taglio di piano resistente ed agente non viene verificata. Va però detto che applicando metodi di progetto standard e dovendo essere la variazione di rigidezza di piano uniforme, questa prescrizione pare automaticamente soddisfatta.

7.2.3 CRITERI DI PROGETTAZIONE DI ELEMENTI STRUTTURALI "SECONDARI" ED ELEMENTI NON STRUTTURALI

Alcuni elementi strutturali possono venire considerati "secondari" [...].

Nel metamateriale associato all'elemento può essere dichiarato "elemento non strutturale". In questo caso i dettagli costruttivi vengono applicati, le prescrizioni invece relative alla duttilità non lo sono.

Per una analisi più rigorosa, questi elementi possono essere anche modellati nel modo più opportuno in Nòlian

Con l'esclusione dei soli tamponamenti interni di spessore non superiore a 100 mm, gli elementi costruttivi senza funzione

strutturale il cui danneggiamento può provocare danni a persone, devono essere verificati, insieme alle loro connessioni alla struttura, per l'azione sismica corrispondente a ciascuno degli stati limite considerati.

Qualora la distribuzione di tali elementi sia fortemente irregolare in pianta, gli effetti di tale irregolarità debbono essere valutati e tenuti in conto. Questo requisito si intende soddisfatto qualora si incrementi di un fattore 2 l'eccentricità accidentale di cui al § 7.2.6.

Qualora la distribuzione di tali elementi sia fortemente irregolare in altezza deve essere considerata la possibilità di forti concentrazioni di danno ai livelli caratterizzati da significativa riduzione del numero di tali elementi rispetto ai livelli adiacenti. Questo requisito si intende soddisfatto incrementando di un fattore 1,4 le azioni di calcolo per gli elementi verticali (pilastri e pareti) dei livelli con riduzione dei tamponamenti.

In EasyBeam esiste una funzione del tutto generale che consente di applicare coefficienti amplificativi alle sollecitazioni negli elementi. Ciò consente di adempiere a qualsiasi simile requisito di normativa e soprattutto di applicarlo ai soli elementi voluti.

Verifica degli elementi strutturali

7.2.5 Fondazioni

Per le strutture progettate sia per CD "A" sia per CD "B" il dimensionamento delle strutture di fondazione e la verifica di sicurezza del complesso fondazione-terreno devono essere eseguiti assumendo come azioni in fondazione le resistenze degli elementi strutturali soprastanti. Più precisamente, la forza assiale negli elementi strutturali verticali derivante dalla combinazione delle azioni di cui al § 3.2.4 deve essere associata al concomitante valore resistente del momento flettente e de taglio; si richiede tuttavia che tali azioni risultino non maggiori di quelle trasferite dagli elementi soprastanti, amplificate con un γ_{Rd} pari a 1,1 in CD "B" e 1,3 in CD "A", e comunque non maggiori di quelle derivanti da una analisi elastica della struttura in elevazione eseguita con un fattore di struttura q pari a 1. Le fondazioni superficiali devono essere progettate per rimanere in campo elastico. Non sono quindi necessarie armature specifiche per ottenere un comportamento duttile. Le travi di fondazione in c.a. devono avere armature longitudinali in percentuale non inferiore allo 0,2 %, sia inferiormente che superiormente, per l'intera lunghezza.

Si aggiunge questo paragrafo che esorbita il punto 7.4, da noi preso in esame, perché attiene comunque alle strutture in calcestruzzo. EasyBeam effettua il progetto delle fondazioni con le azioni come dal primo capoverso della normativa sopra citata. Tale modalità di progetto avviene e se è attiva l'opzione "Gerarchia delle resistenze" questa opzione è automaticamente attivata scegliendo la normativa suddetta. Il progetto avviene in regime elastico imponendo le deformazioni limite dei materiali tali da mantenersi in tale regime. Il minimo di armatura è osservato automaticamente senza la necessità di alcuna assegnazione da parte dell'operatore.

EasyBeam esegue anche le verifiche geotecniche della interazione trave-terreno. Si veda [Verifiche geotecniche e Normativa](#) nel seguito.

7.4.4 DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Per le strutture di fondazione vale quanto indicato nel § 7.2.5.

Per gli elementi strutturali secondari delle strutture in elevazione vale quanto indicato nel § 7.2.3.

Le indicazioni successive si applicano solo agli elementi strutturali principali delle strutture in elevazione. Per essi si effettuano verifiche di resistenza, nei modi indicati nei §§ 7.3.6.1 e 7.3.7.1, e verifiche di duttilità, in accordo con il § 7.3.6.2. (Il § 7.3.6.2 recita: Deve essere verificato che i singoli elementi strutturali e la struttura nel suo insieme possiedano una duttilità coerente con il fattore di struttura q adottato. Questa condizione si può ritenere soddisfatta applicando le regole di progetto specifiche e di gerarchia delle resistenze indicate per le diverse tipologie costruttive.)

Pertanto, per la resistenza, EasyBeam esegue progetto e verifica secondo quanto prescritto dalla normativa mentre le verifiche di duttilità (benché in EasyBeam siano possibili e immediate) non sono richieste in quanto in EasyBeam vengono rispettate le regole di progetto indicate.

7.4.4.1 Travi

7.4.4.1.1 Sollecitazioni di calcolo

I momenti flettenti di calcolo, da utilizzare per il dimensionamento o verifica delle travi, sono quelli ottenuti dall'analisi

globale della struttura per le combinazioni di carico di cui al § 3.2.4. Al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici dovuti al taglio, le sollecitazioni di taglio di calcolo V_{Ed} si ottengono sommando il contributo dovuto ai carichi gravitazionali agenti sulla trave, considerata incernierata agli estremi [...]

EasyBeam, nel progetto a taglio, definisce "taglio sismico" le sollecitazioni di taglio descritte in questo paragrafo e progetta anche per queste sollecitazioni, oltre a quelle di progetto, determinando l'armatura necessaria come prescritto in questo paragrafo di normativa.

Se nelle zone critiche il rapporto tra il taglio minimo e quello massimo risulta inferiore a -0,5, e se il maggiore tra i valori assoluti dei due tagli supera il valore [...] allora nel piano verticale di inflessione della trave devono essere disposti due ordini di armature diagonali [...]

[EasyBeam non gestisce armature diagonali.](#) Qualora l'eventualità qui prevista si dovesse verificare, EasyBeam emette un messaggio di avviso (warning).>

7.4.4.2 Pilastri

7.4.4.2.1 Sollecitazioni di calcolo

Per ciascuna direzione e ciascun verso di applicazione delle azioni sismiche, si devono proteggere i pilastri dalla plasticizzazione prematura adottando opportuni momenti flettenti di calcolo; tale condizione si consegue qualora, per ogni nodo trave-pilastro ed ogni direzione e verso dell'azione sismica, la resistenza complessiva dei pilastri sia maggiore della resistenza complessiva delle travi amplificata del coefficiente γ_{Rd} [...].

Quanto sopra detto si riferisce alla così detta gerarchia delle resistenze. EasyBeam considera due condizioni di carico aggiuntive quelle derivanti dai momenti ultimi delle travi e le tratta in modo standard. Questa procedura è controllata da una opzione di progetto e dal valore assegnabile γ_{Rd} . Entrambi vengono attivati automaticamente quando si sceglie la presente normativa.

Al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici dovuti al taglio, le sollecitazioni di taglio da utilizzare per le verifiche ed il dimensionamento delle armature si ottengono dalla condizione di equilibrio del pilastro soggetto all'azione dei momenti resistenti nelle sezioni di estremità superiore [...]

Si tratta della identica prescrizione per le travi relative a quello che abbiamo definito "taglio sismico" solo che qui non sono contemplate ovviamente azioni gravitazionali per cui EasyBeam usa la stessa identica procedura per travi e pilastri con le differenze formali previste.

Nel caso in cui i tamponamenti non si estendano per l'intera altezza dei pilastri adiacenti, le sollecitazioni di taglio da considerare per la parte del pilastro priva di tamponamento sono calcolati utilizzando la relazione (7.4.5), dove l'altezza l_p è assunta pari alla estensione della parte di pilastro priva di tamponamento.

EasyBeam non ha informazioni circa l'altezza del tamponamento che non fa parte in genere del modello di calcolo. Se ne può tenere conto ponendo nel modello un nodo che spezzi il pilastro all'altezza della tamponatura. In tal modo i due elementi di pilastro verranno progettati separatamente ognuno con la sua lunghezza specifica.

Inoltre l'editor delle armature in questa inconsueta situazione consente un agevole infittimento delle staffe nei tratti voluti

7.4.4.2.2 Verifiche di resistenza

7.4.4.2.2.1 Presso-flessione

Per le strutture in CD "B" ed in CD "A" la sollecitazione di compressione non deve eccedere, rispettivamente, il 65% ed il 55% della resistenza massima a compressione della sezione di solo calcestruzzo.

EasyBeam esegue questa verifica ed emette un messaggio di errore qualora venga rilevata

La verifica a presso-flessione deviata può essere condotta in maniera semplificata effettuando, per ciascuna direzione di applicazione del sisma, una verifica a presso-flessione retta nella quale le sollecitazioni vengono determinate come indicato nel § 7.4.4.2.1 e la resistenza, calcolata come indicato nel § 4.1.2.1.2, viene ridotta del 30%.

EasyBeam esegue un'analisi non lineare della sezione usando i legami costitutivi non lineari dei materiali e pertanto non impiega metodi semplificati. La presso flessione deviata viene pertanto considerata in modo "esatto".

7.4.4.2.2.2 Taglio

La resistenza delle sezioni dei pilastri a taglio, da confrontare con le rispettive sollecitazioni determinate come indicato nel § 7.4.4.2.1, è calcolata come indicato nel § 4.1.2.1.3.

EasyBeam esegue una integrazione numerica delle tensioni e pertanto non impiega metodi semplificati e con ciò tiene in conto la corretta tensione tangenziale anche in caso di taglio deviato dagli assi principali della sezione.

7.4.4.3 Nodi trave-pilastro

Si definisce nodo la zona del pilastro che si incrocia con le travi ad esso concorrenti. La resistenza del nodo deve essere tale da assicurare che non pervenga alla rottura prima delle zone della trave e del pilastro ad esso adiacenti. [...]

EasyBeam, se è attiva l'opzione "**Progetto nodo**", verifica il grado di confinamento del nodo, valuta le sollecitazioni di taglio determina il passo di staffatura nel pilastro per la parte concorrente nel nodo tale da assicurare la resistenza del nodo. Le formule di normativa impiegate sono la 7.4.11 per nodi confinati e la 7.4.12 per i nodi non confinati.

7.4.4.4 Diaframmi orizzontali

7.4.4.4.1 Verifiche di resistenza

Vale quanto enunciato nel § 7.3.6.1. (che recita: In particolare gli orizzontamenti devono essere in grado di trasmettere le forze ottenute dall'analisi, aumentate del 30 %.)

EasyBeam non esegue questa verifica la quale, essendo il modello di calcolo basato sulla ipotesi di impalcato rigido, deve essere eseguita con altri mezzi e a priori.

7.4.4.5 Pareti

7.4.4.5.1 Sollecitazioni di calcolo

In mancanza di analisi più accurate, le sollecitazioni di calcolo nelle pareti possono essere determinate mediante la seguente procedura semplificata [...].

EasyBeam esegue la procedura semplificata indicata dalla normativa per traslare il momento flettente. Questa procedura è controllata dalla opzione di progetto "Gestione pilastri-parete" che, se attiva, applica le procedure relative a queste tipologie strutturali a quegli elementi verticali che abbiano i requisiti dimensionali previsti. Si veda anche Progetto delle pareti-colonna

Per le prescrizioni relative al taglio il taglio viene incrementato del fattore:

$V_{Rd} M_{Rd} / M_{Ed}$ assumendo un minimo di 1.5 in caso di pareti snelle ed un massimo pari al fattore di struttura q .

7.4.4.5.2 Verifiche di resistenza

Nel caso di pareti semplici, la verifica di resistenza si effettua con riferimento al rettangolo di base. Nel caso di pareti di forma composta, la verifica va fatta considerando la parte di sezione costituita dalle anime parallele o approssimativamente parallele alla direzione principale sismica ed attribuendo alle ali dimensioni date dal minimo fra: effettiva larghezza dell'ala, metà della distanza fra anime adiacenti, 25% dell'altezza complessiva della parete h_w .

In EasyBeam sono invece normalmente gestite pareti composte intese come un assemblaggio di elementi a sezione rettangolare. Non tratta pareti composte intese come singoli elementi a sezione poligonale. Ciò anche se in Nòlian è possibile gestire elementi a sezione poligonale. Quindi questa prescrizione non si applica al modo di operare tipico di EasyBeam.

7.4.4.5.2.1 Presso-flessione

Per tutte le pareti, la forza normale di compressione non deve eccedere rispettivamente il 40% in CD"B" e il 35% in CD"A" della resistenza massima a compressione della sezione di solo calcestruzzo. Le verifiche devono essere condotte nel modo indicato per i pilastri nel § 7.4.4.2.2 tenendo conto, nella determinazione della resistenza, di tutte le armature longitudinali presenti nella parete.

Queste prescrizioni vengono soddisfatte. Non sono necessarie particolari indicazioni. Le percentuali di forza normale vengono rispettate senza che sia necessario siano assegnate dall'utente.

Per le pareti estese debolmente armate occorre limitare le tensioni di compressione nel calcestruzzo per prevenire l'instabilità fuori dal piano, secondo quanto indicato nel § 4.1.2.1.7.2 per i pilastri singoli

Questa prescrizione attiene la verifica di instabilità per effetti del secondo ordine che può essere eseguita in fase di analisi con Nòlian. In ogni caso EasyBeam verifica la instabilità dell'elemento per confronto con la snellezza limite (4.1.2.1.7.2).

7.4.4.5.2.2 Taglio

Per le strutture in CD"B" le verifiche devono essere condotte nel modo indicato per i pilastri nel 7.4.4.2.2 e devono considerare anche la possibile rottura per scorrimento.

Per le strutture in CD"A" nelle verifiche si deve considerare la possibile rottura a taglio compressione del calcestruzzo dell'anima, la possibile rottura a taglio trazione delle armature dell'anima, la possibile rottura per scorrimento nelle zone critiche.

Queste prescrizioni vengono rispettate sempre e anche nel progetto a taglio dei pilastri. EasyBeam esegue un'analisi non lineare a taglio per cui il "braccio delle forze interne" è una semplificazione non necessaria e quindi la valutazione risulta più accurata.

Verifica a scorrimento nelle zone critiche

Sui possibili piani di scorrimento (per esempio le riprese di getto o i giunti costruttivi) posti all'interno delle zone critiche deve risultare [...]

[EasyBeam non vi è definizione delle riprese di getto e pertanto questa verifica non viene eseguita](#)

7.4.4.6 Travi di accoppiamento dei sistemi a pareti

La verifica delle travi di accoppiamento è da eseguire con i procedimenti contenuti nel § 7.4.4.1 se è soddisfatta almeno una delle due condizioni seguenti:

- il rapporto tra luce netta e altezza è uguale o superiore a 3;
- la sollecitazione di taglio di calcolo risulta [...]

Se le condizioni precedenti non sono soddisfatte EasyBeam ne dà avviso tramite un messaggio di errore.

7.4.6 DETTAGLI COSTRUTTIVI

7.4.6.2 Limitazioni di armatura

7.4.6.2.1 Travi

Armature longitudinali

Almeno due barre di diametro non inferiore a 14 mm devono essere presenti superiormente e inferiormente per tutta la lunghezza della trave.

Eseguito il progetto, EasyBeam controlla che questo requisito sia soddisfatto intervenendo con l'aumento del diametro delle barre se necessario. Le barre di diametro 14 millimetri devono essere presenti nell'archivio delle barre.

[...]Il rapporto geometrico ρ relativo all'armatura tesa [...] deve essere compreso entro i seguenti limiti:

$$1,4 / f_{yk} < \rho < \rho_{comp} + 3,5 / f_{yk} \text{ dove:}$$

ρ è il rapporto geometrico relativo all'armatura tesa pari ad $A_s/(b \cdot h)$ oppure ad $A_s/(b \cdot h)$;

ρ_{comp} è il rapporto geometrico relativo all'armatura compressa;

f_{yk} è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio (in MPa).

Oltre a queste prescrizioni, si hanno le prescrizioni sui minimi, non specifiche per zona sismica, previste al paragrafo 4.1.6.1.1

Per l'armatura tesa minima:

$$A_{s,min} = 0,26 f_{ctm} b_t d \text{ non minore di } 0,0013 b_t d$$

Per l'armatura tesa massima:

$$A_{s,max} = 0,04 A_c$$

EasyBeam soddisfa queste prescrizioni tramite parametri e tramite un flag che determina la possibilità di tenere in conto la quantità di armatura compressa nel massimo di armatura tesa. Vedere inoltre la descrizione delle assegnazioni per le armature trasversali dei pilastri.

Nelle zone critiche della trave, inoltre, deve essere

$$\rho_{comp} \geq 0.5\rho$$

Nelle zone non critiche:

$$\rho_{comp} \geq 0.25 \rho$$

In EasyBeam questa prescrizione è definita "**Bilanciamento**" in quanto si tratta di un fattore di bilanciamento tra armatura tesa e compressa. Il fattore è assegnabile.

Si noti che la disequaglianza del DM è diversamente espressa e contiene un errore evidente. La corretta interpretazione deriva dalla Circolare successiva (§ 7.4.6.2.1) ed ha il contenuto da noi riportato.

Il rapporto di bilanciamento lungo tutta la trave viene assunto pari alla metà del valore assegnato in zona critica.

L'armatura superiore, disposta per il momento negativo alle estremità delle travi, deve essere contenuta, per almeno il 75%, entro la larghezza dell'anima e comunque, per le sezioni a T o ad L, entro una fascia di soletta pari rispettivamente alla larghezza del pilastro, od alla larghezza del pilastro aumentata di 2 volte lo spessore della soletta da ciascun lato del pilastro, a seconda che nel nodo manchi o sia presente una trave ortogonale.

EasyBeam dispone le armature sempre all'interno dell'anima e non nella soletta. Pertanto questa operazione è automaticamente soddisfatta.

Almeno $\frac{1}{4}$ della suddetta armatura deve essere mantenuta per tutta la lunghezza della trave.

Un apposito parametro di EasyBeam denominato "**Continuità armatura superiore travi**" consente di definire il moltiplicatore dell'armatura nella zona critica da estendere alla intera trave.

Le armature longitudinali delle travi, sia superiori che inferiori, devono attraversare, di regola, i nodi senza ancorarsi o giuntarsi per sovrapposizione in essi. Quando ciò non risulti possibile, sono da rispettare le seguenti prescrizioni:

- le barre vanno ancorate oltre la faccia opposta a quella di intersezione con il nodo, oppure rivoltate verticalmente in corrispondenza di tale faccia, a contenimento del nodo;
- la lunghezza di ancoraggio delle armature tese va calcolata in modo da sviluppare una tensione nelle barre pari a $1,25 f_{yk}$ e misurata a partire da una distanza pari a 6 diametri dalla faccia del pilastro verso l'interno.
- La parte dell'armatura longitudinale della trave che si ancora oltre il nodo non può terminare all'interno di una zona critica, ma deve ancorarsi oltre di essa.

Questi requisiti vengono automaticamente osservati da EasyBeam senza la necessità di specifiche opzioni. L'ultima prescrizione viene osservata solo per la presente normativa. Le altre in ogni caso.

La parte dell'armatura longitudinale della trave che si ancora nel nodo, deve essere collocata all'interno delle staffe del pilastro. Per prevenire lo sfilamento di queste armature il diametro delle barre non inclinate deve essere $\leq \alpha bL$ volte l'altezza della sezione del pilastro, essendo [...]. Se per nodi esterni non è possibile soddisfare tale limitazione, si può prolungare la trave oltre il pilastro, si possono usare piastre saldate alla fine delle barre, si possono piegare le barre per una lunghezza minima pari a 10 volte il loro diametro disponendo un'apposita armatura trasversale dietro la piegatura.

Queste ultime due sono disposizioni di carattere costruttivo, non attengono alle funzioni di EasyBeam.

Armature trasversali

Nelle zone critiche devono essere previste staffe di contenimento. La prima staffa di contenimento deve distare non più di 5 cm dalla sezione a filo pilastro. Le successive devono essere disposte ad un passo non superiore alla minore tra le grandezze seguenti:

- un quarto dell'altezza utile della sezione trasversale;
- 175 mm e 225 mm, rispettivamente per CD "A" e CD "B";
- 6 volte e 8 volte il diametro minimo delle barre longitudinali considerate ai fini delle verifiche, rispettivamente per CD "A" e CD "B" - 24 volte il diametro delle armature trasversali.

EasyBeam ottempera a queste prescrizioni e i parametri possono essere, se lo si desidera, modificati dall'utente. Oltre a quelle precedenti, si hanno le prescrizioni non specifiche per zona sismica previste al paragrafo 4.1.6.1.1

$$A_{st} = 1,5 b \text{ mm}^2/m$$

passo massimo 33 cm

passo non superiore a 0.8 h

La prima prescrizione può essere trasformata, per uniformarla alle altre, in termini di lunghezza di passo come segue:

passo non superiore a: $A_{\text{singola staffa}} / b * 0.0015$

(0.0015 si ottiene uniformando le unità di misura "miste" nella formulazione della normativa.

Impiegando la formulazione di EasyBeam ciò si traduce nella stringa: P666.666.

Dove P è la variabile che esprime l'area della staffa distribuita sulla larghezza e 666.666 è l'inverso di 0.0015.

EasyBeam ottempera quindi a questi requisiti, per le modalità di assegnazione dei parametri, si veda il successivo "Armature trasversali" per i pilastri.

7.4.6.2.2 Pilastri

Nel caso in cui i tamponamenti non si estendano per l'intera altezza dei pilastri adiacenti, l'armatura [trasversale] risultante deve essere estesa per una distanza pari alla profondità del pilastro oltre la zona priva di tamponamento. Nel caso in cui l'altezza della zona priva di tamponamento fosse inferiore a 1,5 volte la profondità del pilastro, debbono essere utilizzate armature bi-diagonali. Nel caso precedente, qualora il tamponamento sia presente su un solo lato di un pilastro, l'armatura trasversale da disporre alle estremità del pilastro ai sensi del § 7.4.5.3. deve essere estesa all'intera altezza del pilastro.

Questa disposizione, detta "delle finestre a nastro" non è attualmente supportata in automatico. L'estensione della lunghezza della zona critica delle armature trasversali può essere agevolmente effettuata con l'editor delle armature trasversali.

Armature longitudinali

Per tutta la lunghezza del pilastro l'interasse tra le barre non deve essere superiore a 25 cm. Nella sezione corrente del pilastro, la percentuale geometrica ρ di armatura longitudinale, con ρ rapporto tra l'area dell'armatura longitudinale e l'area della sezione del pilastro, deve essere compresa entro i seguenti limiti:

$$1\% \leq \rho \leq 4\%$$

Se sotto l'azione del sisma la forza assiale su un pilastro è di trazione, la lunghezza di ancoraggio delle barre longitudinali deve essere incrementata del 50%.

Per ogni pilastro viene valutato lo stato di trazione per tutte le combinazioni delle azioni e quindi applicata questa prescrizione se necessario.

Inoltre si hanno le prescrizioni generali non specifiche per zona sismica previste al paragrafo 4.1.6.1.2

$$A_{s,\min} = 0,10 N_{Ed} / f_{yd} \text{ non minore di } 0.003 A_c$$

EasyBeam ottempera a questi requisiti. Per le modalità di assegnazione dei parametri, si veda il successivo "Armature trasversali" per i pilastri.

Armature trasversali

Nelle zone critiche devono essere rispettate le condizioni seguenti:

- le barre disposte sugli angoli della sezione devono essere contenute dalle staffe;
- almeno una barra ogni due, di quelle disposte sui lati, deve essere trattenuta da staffe interne o da legature;
- le barre non fissate devono trovarsi a meno di 15 cm e 20 cm da una barra fissata, rispettivamente per CD "A" e CD "B".

EasyBeam genera automaticamente dei tratti di staffatura con queste caratteristiche

Il diametro delle staffe di contenimento e legature deve essere non inferiore a 6 mm ed il loro passo deve essere non superior alla più piccola delle quantità seguenti: - 1/3 e 1/2 del lato minore della sezione trasversale, rispettivamente per CD "A" e CD "B";

- 125 mm e 175 mm, rispettivamente per CD "A" e CD "B";

- 6 e 8 volte il diametro delle barre longitudinali che collegano, rispettivamente per CD "A" e CD "B".

I minimi e i massimi in EasyBeam sono assegnati tramite formule algebriche del tipo An,Bm.. in cui le lettere maiuscole rappresentano variabili e quelle minuscole coefficienti. La virgola concatena più coppie delle quali si considererà il minimo o il massimo secondo i casi. Questo metodo conferisce a EasyBeam una grande flessibilità in quanto qualsiasi dettame di normativa, in genere, può essere assegnato. La preselezione di una normativa voluta assegna queste espressioni automaticamente.

Sempre nelle zone critiche, devono disporre staffe a un passo s massimo non inferiore a: $s = \alpha \cdot f \cdot A_{st} / b_{st}$

dove:

$$f = f_{yd} / f_{cd}$$

A_{st} è l'area complessiva dei bracci delle staffe

b_{st} è la distanza tra i bracci più esterni delle staffe

α assume il valore 12.5 sia in zona critica per CD "B" che fuori zona critica di CD "A" e il valore 8.33 per CD "A".

[Abbiamo messo in altra forma la formula della normativa per comodità espositiva.] >/p>

Questo è l'esempio di una stringa di assegnazione del tratto critico per CD "B":

D8, 17.5, m0.5, P12.5J

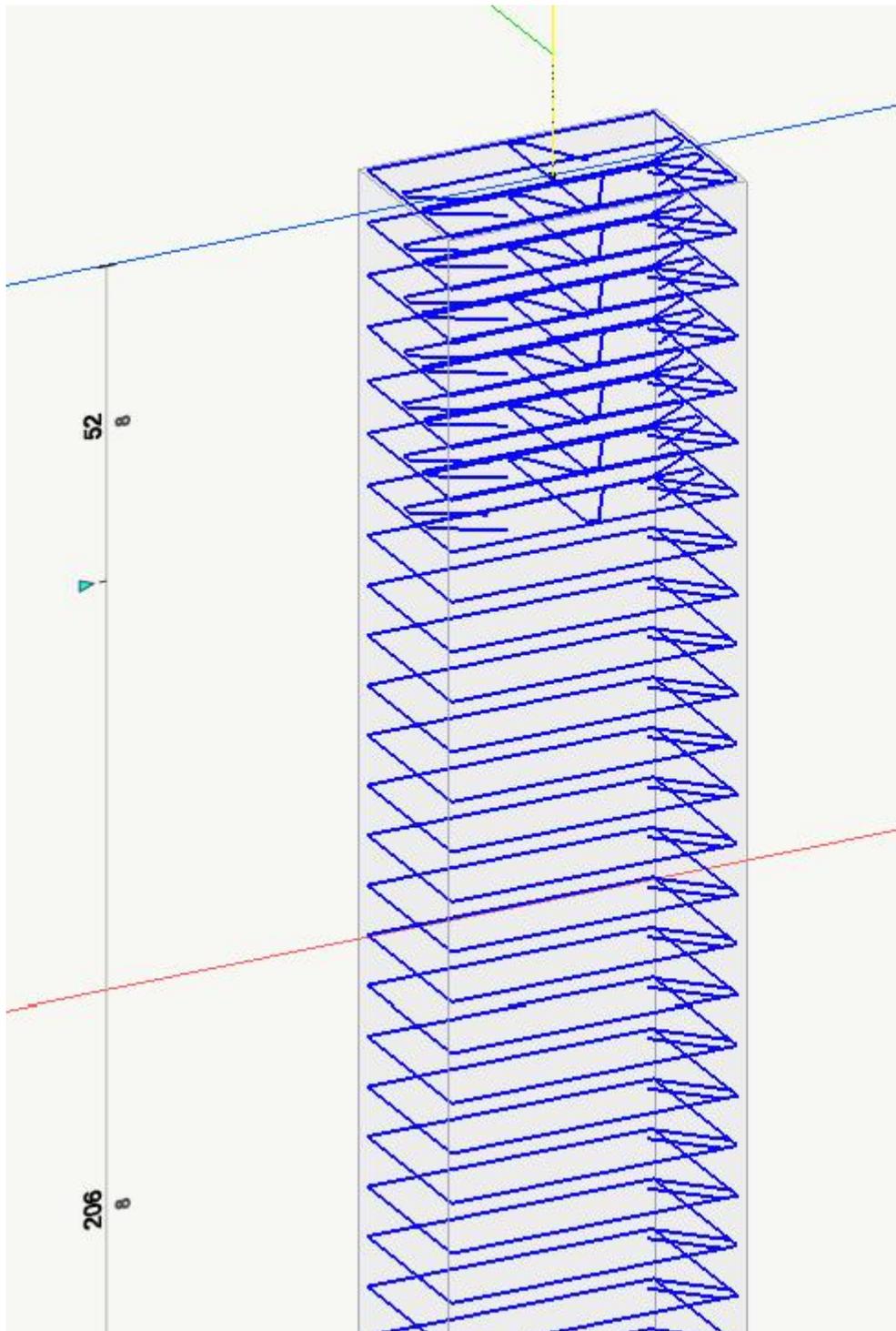
D8 = 8 volte il diametro delle barre longitudinali

17.5 = 17.5 cm

m0.5 = 1/2 lato minore

P12.5J = $A_{st} / b_{st}(=P) * 12.5 * f_{yd} / f_{cd}(=J)$

Si noti che anche J è una variabile in quanto il valore può essere diverso tra elemento ed elemento (metamateriale)



EasyBeam consente di avere staffe di forma e numero di bracci diversi per ogni tratto e quindi di differenziare la staffatura nelle zone critiche.

7.4.6.2.3 Nodi trave-pilastro

Indipendentemente da quanto richiesto dalla verifica nel § 7.4.4.3.1, lungo le armature longitudinali del pilastro che attraversano i nodi non confinati devono essere disposte staffe di contenimento in quantità almeno pari alla maggiore prevista nelle zone del pilastro inferiore e superiore adiacenti al nodo. Questa regola può non essere osservata nel caso di nodi interamente confinati. Per i nodi non confinati, appartenenti a strutture sia in CD"A" che in CD"B", le staffe orizzontali presenti lungo l'altezza del nodo devono verificare la seguente condizione [...]

In EasyBeam questa operazione è definita "**Progetto nodo**", è opzionale e settata come le altre opzioni con la eventuale scelta della normativa. Si veda

7.4.4.3.1.

Per maggiore chiarezza si presentano qui di seguito le prescrizioni relative ai nodi in forma tabellare. Questi adempimenti sono tutti osservati da EasyBeam.

operazione	nodo confinato	nodo non confinato
Estensione armature attigue (7.4.6.2.3)	non richiesto	Solo classe A
Minimo (7.4.6.2.3)	non richiesto	classe A e B
Verifica (7.4.3.3.1)	solo classe A	solo classe A

7.4.6.2.4 Pareti

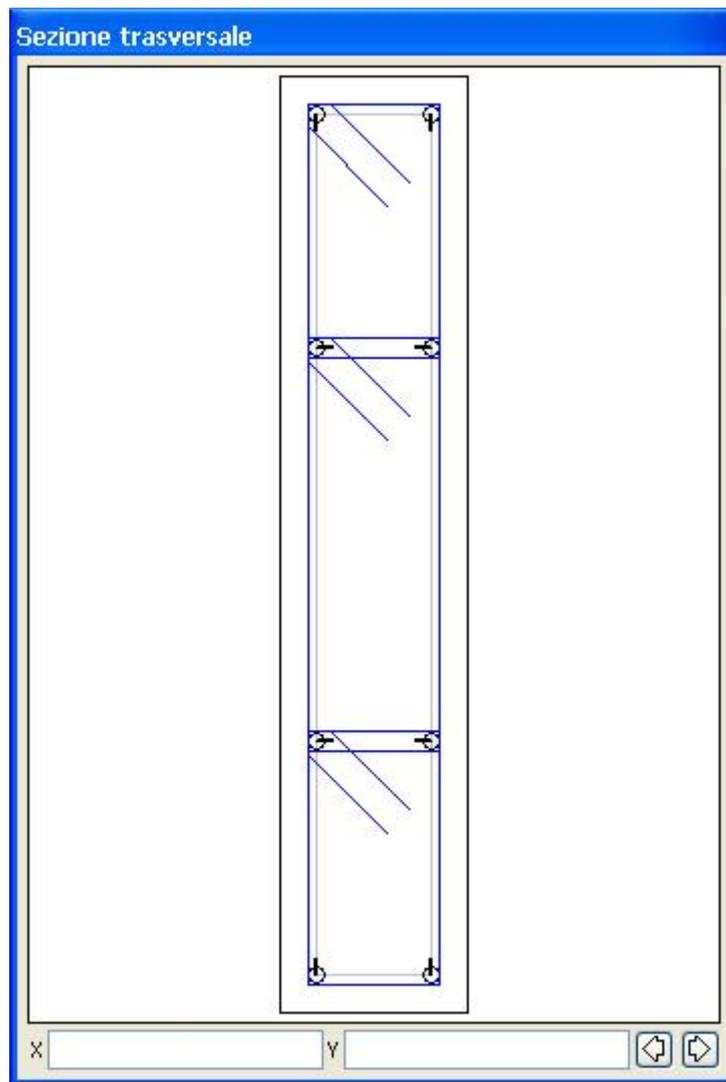
Le armature, sia orizzontali che verticali, devono avere diametro non superiore ad 1/10 dello spessore della parete, devono essere disposte su entrambe le facce della parete, ad un passo non superiore a 30 cm, devono essere collegate con legature, in ragione di almeno nove ogni metro quadrato.

Questa prescrizione può essere osservata tramite i metamateriali assegnando a questi elementi un opportuno metamateriale. Le legature non sono rappresentabili in sezione in maniera significativa e quindi della prescrizione relativa EasyBeam non riporta l'indicazione. È opportuno riportarla in una nota sulle tavole esecutive, le note possono essere inserite anche in automatico.

Nella zona critica si individuano alle estremità della parete due zone confinate aventi per lati lo spessore della parete e una lunghezza "confinata" l_c pari al 20% della lunghezza in pianta l della parete stessa e comunque non inferiore a 1,5 volte lo spessore della parete. In tale zona il rapporto geometrico dell'armatura totale verticale, riferito all'area confinata, deve essere compreso entro i seguenti limiti: $1\% < \rho < 4\%$

Nelle zone confinate l'armatura trasversale deve essere costituita da barre di diametro non inferiore a 6 mm, disposti in modo da fermare una barra verticale ogni due con un passo non superiore a 8 volte il diametro della barra o a 10 cm. Le barre non fissate devono trovarsi a meno di 15 cm da una barra fissata.

Questa disposizione delle staffe è attuata automaticamente da EasyBeam se si attiva la opzione "Duttilità parete"



In figura, le due zone confinate.

Le armature inclinate che attraversano potenziali superfici di scorrimento devono essere efficacemente ancorate al di sopra e al di sotto della superficie di scorrimento ed attraversare tutte le sezioni della parete poste al di sopra di essa e distanti da essa meno della minore tra $\frac{1}{2}$ altezza ed $\frac{1}{2}$ larghezza della parete.

[EasyBeam non impiega armature inclinate.](#)

Nella rimanente parte della parete, in pianta ed in altezza, vanno seguite le regole delle condizioni non sismiche, con un'armatura minima orizzontale e verticale pari allo 0,2%, per controllare la fessurazione da taglio.

7.4.6.2.5 Travi di accoppiamento

Nel caso di armatura ad X [...].

EasyBeam non impiega armatura ad X e pertanto questa prescrizione non è pertinente.

Gli ancoraggi delle armature nelle pareti devono essere del 50% più lunghi di quanto previsto per il dimensionamento in condizioni non sismiche.

EasyBeam aumenta la lunghezza di ancoraggio prudenzialmente di una quantità pari alla zona critica quindi questa prescrizione si ritiene ampiamente soddisfatta.

Verifiche geotecniche

EasyBeam esegue le verifiche geotecniche delle travi di fondazione. Qui di seguito sono riportate le prescrizioni rilevanti del capitolo 6 del DM08 con il commento sulle modalità con cui EasyBeam soddisfa questi requisiti. Gli argomenti non pertinenti alla verifica delle travi di fondazione sono omessi. Le prescrizioni di normativa sono riportate in sintesi in corsivo. I commenti sono in colore blu.

6 PROGETTAZIONE GEOTECNICA

6.2 ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO

6.2.3 VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI

6.2.3.1.1 Azioni

I coefficienti parziali relativi alle azioni sono indicati nella Tab. 6.2.I. Ad essi deve essere fatto riferimento con le precisazioni riportate nel § 2.6.1. [...]

Nella valutazione della combinazione delle azioni i coefficienti di combinazione ψ_{ij} devono essere assunti come specificato nel Cap. 2.

La tabella che segue è stata sintetizzata per concentrare l'attenzione sulle verifiche geotecniche delle quali ci stiamo occupando. Si è omessa la colonna EQU i quanto non pertinente e si riportano solo i coefficienti per effetti sfavorevoli essendo quelli favorevoli invariati. I carichi permanenti non strutturali si assimilano, come riportato nella nota seguente della tabella, ai carichi permanenti:

Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 6.2.I Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	Coefficiente Parziale	(A1)	(A2)
		STR	GEO
Permanenti	γ_{G1}	1,3	1,0
Variabili	γ_{Qi}	1,5	1,3

EasyBeam esegue, come noto, le combinazioni delle azioni in modo automatico. I coefficienti in combinazione sono affidati ad un archivio. Nel caso delle combinazioni per le verifiche geotecniche, per maggior chiarezza, si è preferito assegnarle nel dialogo che gestisce tutti i parametri di queste verifiche geotecniche. Assegnata questa coppia di coefficienti, secondo si faccia una verifica che richieda i coefficienti A1 oppure A2. Nelle verifiche geotecniche si usano sempre i coefficienti A2, che sono i valori di default, ma per maggior flessibilità d'uso di questa verifica, tali coefficienti possono essere assegnati come si desidera. In ogni caso nel dialogo di assegnazione, due bottoni consentono una assegnazione automatica del due approcci previsti dalla norma.

6.2.3.1.2 Resistenze

Il valore di progetto della resistenza R_d può essere determinato:

*a) in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale γ_M specificato nella successiva Tab. 6.2.II e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali γ_R specificati nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;
[...]*

Tabella 6.2.II –Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
		γ_M		
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_y	1,0	1,0

Come già detto, due pulsanti nel dialogo relativo a questa funzione consentono di assegnare tutti i coefficienti parziali secondo i due approcci previsti dalla norma. In ogni caso tutti i coefficienti sono personalizzabili. Per la coesione, efficace o non drenata, il coefficiente assegnato dipende dal valore dell'angolo di resistenza al taglio, se è nullo si assume che la condizione sia non drenata. Pertanto si ha un solo campo di assegnazione in quanto le condizioni drenata o non drenata non possono essere contemporaneamente presenti.

6.4 OPERE DI FONDAZIONE

6.4.1 CRITERI GENERALI DI PROGETTO

[...]

6.4.2.1 Verifiche agli stati limite ultimi (SLU)

Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve sia a lungo termine. Gli stati limite ultimi delle fondazioni superficiali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa. Nel caso di fondazioni posizionate su o in prossimità di pendii naturali o artificiali deve essere effettuata la verifica anche con riferimento alle condizioni di stabilità globale del pendio includendo nelle verifiche le azioni trasmesse dalle fondazioni.

[EasyBeam non effettua verifiche di stabilità dei pendii.](#) Questo è un tema prettamente geotecnico da affrontarsi con strumenti software specifici e di potenza relativa all'importanza del problema da affrontare.

Le verifiche devono essere effettuate almeno nei confronti dei seguenti stati limite:

SLU di tipo geotecnico (GEO)

- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno
- collasso per scorrimento sul piano di posa
- stabilità globale

SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali, accertando che la condizione (6.2.1) sia soddisfatta per ogni stato limite considerato.

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo l'Approccio 1:

- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tabella 6.8.I per le resistenze globali.

[La verifica di stabilità globale, come detto, non è affrontata da EasyBeam.](#)

Le verifiche di tipo strutturale sono quelle normalmente eseguita da EasyBeam.

Le verifiche geotecniche ulteriori, e che EasyBeam affronta, sono quindi le seguenti verifiche SLU di tipo geotecnico (GEO):

- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno
- collasso per scorrimento sul piano di posa

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 6.2.1, 6.2. e 6.4.1, seguendo almeno uno dei due approcci:

Approccio 1:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)
- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

Approccio 2:

- (A1+M1+R3)

Tabella 6.4.1 - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1.1$

Come già detto, due pulsanti nel dialogo relativo a questa funzione consentono di assegnare tutti i coefficienti parziali secondo i due approcci previsti qui sopra dalla norma. In ogni caso tutti i coefficienti sono personalizzabili.

La verifica di portanza avviene calcolando la portanza del terreno con la teoria di Hansen. Si tiene conto sia della torsione sia del taglio parallelo al piano di posa che influenza la portanza. Pertanto il calcolo della portanza avviene per ogni condizione di carico in combinazione per tenere conto di questo importante fattore. Pertanto la portanza del terreno così calcolata contempla l'interazione tra scorrimento e compressione e determina una accurata forma della figura di rottura del terreno. Il taglio parallelo al piano di fondazione non può essere calcolato con semplicità con metodi di analisi in quanto non si può assumere un comportamento elastico di scorrimento e questo comportamento può essere modellato solo con metodi non lineari (previsti comunque dall'ambiente Earthquake Engineering). Pertanto si calcola il taglio alla base dei pilastri, se presenti, alle estremità della trave.

6.4.2.2 Verifiche agli stati limite di esercizio (SLE)

Si devono calcolare i valori degli spostamenti e delle distorsioni per verificarne la compatibilità con i requisiti prestazionali della struttura in elevazione (§§ 2.2.2 e 2.6.2), nel rispetto della condizione (6.2.7). Analogamente, forma, dimensioni e rigidità della struttura di fondazione devono essere stabilite nel rispetto dei summenzionati requisiti prestazionali, tenendo presente che le verifiche agli stati limite di esercizio possono risultare più restrittive di quelle agli stati limite ultimi.

Nòlian ed EasyBeam eseguono il calcolo degli spostamenti sia della struttura in elevazione che delle fondazioni.

Alcune prescrizioni progettuali generali

Si riportano i meno consueti paragrafi del capitolo 4 del DM08 e le note sulla implementazione in EasyBeam, ciò soprattutto ove in EasyBeam non siano disponibili metodi immediati di supporto alle prescrizioni.

4.1.1.1 Ridistribuzione plastica dei momenti

Questo metodo opzionale non è supportato

4.1.2.1.5 Resistenza di elementi tozzi [...]

Non vengono trattati in modo specifico.

4.1.2.1.7.1 Pilastri cerchiati

Non vengono gestite staffe a spirale e quindi questi elementi non vengono trattati con gli specifici metodi che ne sfruttino i vantaggi.

4.1.2.1.7.2 Verifiche di stabilità per elementi snelli

Snellezza limite per pilastri singoli

[...] gli effetti del secondo ordine in pilastri singoli possono essere trascurati se la snellezza λ non supera la snellezza λ_{lim}

In EasyBeam questa verifica viene eseguita sempre per tutti i pilastri e per tutte le combinazioni di carico ed in entrambe le direzioni locali della sezione. Qualora questa prescrizione non sia rispettata viene emesso un messaggio di warning.

Effetti globali negli edifici

Gli effetti globali del secondo ordine negli edifici possono essere trascurati se è verificata la condizione [...]

Questa prescrizione NON è attualmente supportata. Si ritiene comunque che per zona sismica questa prescrizione sia compresa dalle analoghe prescrizioni relative appunto alla zona sismica

4.1.2.1.7.3 Metodi di verifica

Viene eseguita solo la verifica che gli effetti del secondo ordine possano essere trascurati. Non vengono eseguiti metodi di verifica specifici per tener conto di effetti del secondo ordine. Nel caso, con Nòlian è possibile effettuare analisi elastiche non lineari.

Cenni sulla teoria dei metodi impiegati

In questa sezione vengono riportati alcuni cenni sulla teoria dei metodi impiegati nel calcolo delle armature con EasyBeam. Si illustreranno [il progetto a flessione](#), il calcolo della [lunghezza di ancoraggio](#), [il progetto per il taglio](#), [il progetto a torsione](#), la [verifica a fessurazione](#), il [metodo di analisi non lineare delle sezioni](#) e il [metodo di calcolo delle tensioni tangenziali nella sezione](#).

Avvertimenti generali

Gli sforzi in ciascuna sezione vengono determinati tramite interpolazione cubica degli sforzi agli estremi degli elementi. Nel caso di azioni dinamiche gli sforzi sono calcolati in Nòlian come valore efficace e quindi sono sempre positivi. Per consentire l'interpolazione vengono assegnati agli sforzi i segni algebrici della somma algebrica dei contributi modali. Nei tratti di offset gli sforzi vengono considerati costanti. Per copriferro si intende la misura dalla faccia dell'elemento in calcestruzzo all'asse della barra e non alla superficie della barra, come comunemente si intende.

Il progetto a flessione

Si assume che la sezione si conservi piana per cui tre variabili (due rotazioni e una traslazione) definiscono la posizione di ogni punto della sezione deformata. Le equazioni di equilibrio in queste tre variabili incognite insieme alle equazioni di congruenza fornite dai legami costitutivi (non lineari) dei materiali, consentono di determinare la configurazione equilibrata congruente della sezione. Le equazioni sono non lineari ed il metodo di soluzione è iterativo e consente di risolvere il problema per qualsiasi tipo di sollecitazione (presso-tenso-flessione deviata), per qualsiasi forma della sezione e per qualsiasi legame costitutivo dei materiali. Consente pertanto la verifica di sezioni anche con il metodo degli stati limite per il quale si ricerca la soluzione in campo post-elastico. Per eseguire il progetto, viene generata una configurazione iniziale delle armature che viene sottoposta a verifica con il metodo sopra esposto. I risultati della verifica vengono impiegati per generare una nuova configurazione. Il procedimento si arresta quando viene individuata una configurazione per la quale le tensioni (o deformazioni nel caso del metodo degli stati limite) siano inferiori ai valori ammissibili. Vengono progettate più sezioni dell'elemento (tipicamente 25) ed i valori di armatura ottenuti per ciascuna sezione vengono involuppati su tutto l'elemento. Gli sforzi considerati per il progetto derivano da un'interpolazione cubica degli sforzi agenti agli estremi dell'elemento.

Lunghezza di ancoraggio

La lunghezza di ancoraggio viene calcolata come la lunghezza necessaria ad equilibrare la tensione massima ammissibile (o di snervamento nel caso del metodo delle tensioni ammissibili) dell'acciaio. $L/d = f_s / (4 * f_b)$ dove d è il diametro della barra, f_s la tensione di progetto nell'acciaio, f_b la tensione di aderenza del calcestruzzo. La tensione di aderenza nel calcestruzzo viene calcolata come segue.

Metodo delle tensioni ammissibili:

$$f_b = 3 * \tau_{co}$$

$$\tau_{co} = 4 + (R_{bk} - 150) / 75 \text{ (kg/cmq)}$$

Metodo degli stati limite:

$$f_b = 2.25 f_{ctk} / \gamma_c$$

dove γ_c è il coefficiente di sicurezza parziale per il calcestruzzo (tipicamente 1.5). Il progettista può assegnare un valore di L/c (lunghezza di ancoraggio misurata in diametri della barra), nel dialogo delle caratteristiche dei materiali, maggiore di quella calcolata dal programma. L'ancoraggio avviene prolungando le barre di armatura della lunghezza di ancoraggio e verificando che tale prolungamento non interferisca con l'involucro degli elementi. In tal caso le barre vengono sagomate sul piano di ancoraggio. Il programma costruisce automaticamente l'involucro degli elementi a partire dalle informazioni sugli elementi prismatici e pertanto le informazioni relative alla connessione tra gli elementi possono essere insufficienti. Tale evenienza si verifica particolarmente nel caso di offset molto grandi. In tale caso non è possibile un ancoraggio automatico sul contorno. possibile in questo caso disattivare la generazione dell'involucro tramite un'opzione del dialogo delle opzioni di progetto.

Il progetto per il taglio

Il progetto per il taglio avviene, sia per il metodo delle tensioni ammissibili che per il metodo degli stati limite, sulla base della tensione tangenziale massima. Tale tensione massima (vedere [Metodo di calcolo delle tensioni tangenziali nella sezione](#)), che nella terminologia del metodo degli stati limite si definisce "indicatore di sollecitazione", viene poi utilizzata nel **traliccio di Mörsch standard** per determinare il passo delle armature e per verificare le tensioni (o la resistenza, nel metodo degli stati limite) nelle diagonali compresse di calcestruzzo.

La tensione tangenziale viene calcolata secondo una corda parallela all'asse neutro. Il calcolo avviene per **integrazione numerica delle equazioni di equilibrio**. Viene considerato l'equilibrio allo scorrimento delle due porzioni di sezione determinate dalla corda. L'integrazione numerica consente di tenere correttamente in conto l'effetto della forza assiale, la disposizione delle armature longitudinali e di valutare correttamente la tensione anche nel caso di forza di taglio agente in una direzione generica rispetto agli assi principali di inerzia della sezione.

Nel caso di sezioni molto allungate o di forma complessa sottoposte a flessione deviata o nel caso di sezioni al limite dell'equilibrio, possono verificarsi difficoltà nell'integrazione numerica segnalate come errori di progetto. In genere è opportuno in questo caso ridimensionare la sezione o provvedere altrimenti al calcolo delle armature trasversali.

Nel caso del metodo degli stati limite, il concetto di taglio ultimo viene ricondotto alla tensione ultima riferita al piano di sollecitazione massima precedentemente individuato per svincolarsi in tal modo dalla indeterminazione introdotta dal taglio deviato rispetto agli assi principali della sezione.

La consueta relazione: $V_p = V_c + V_s$ che indica la resistenza totale della sezione al taglio tramite il contributo V_c del calcestruzzo e V_s delle armature trasversali, viene quindi **riferita alle tensioni** su detto piano. Si noti che tale relazione in alcune normative è invece $\min(V_c, V_s)$. EasyBeam tiene conto della differenza.

Il contributo del calcestruzzo è determinato in base alle caratteristiche del materiale secondo le relazioni imposte dai valori regolamentari. La forma delle staffe viene definita per le sezioni di forma determinata (rettangolari, a T, a doppio T, ad L) in modo che sia tecnicamente efficace. Per le sezioni generiche (comprese quelle circolari e anulari) la forma delle staffe viene definita come profilo parallelo al poligono della sezione ad una distanza da questo pari alla misura del copriferro. Nelle sezioni cave ciò comporta che la staffa possa assumere una forma tecnicamente non corretta benché del tutto valida sotto il profilo computazionale.

L'operatore può definire la forma delle staffe, impiegando anche staffe composte (a più braccia, con collegamenti etc.) costruendo la forma voluta nel dialogo per modificare le armature trasversali e dichiarandola fissa. Il passo massimo impiegato, nel predisporre le staffe, è quello assegnato dall'operatore nel dialogo delle caratteristiche delle staffe.

Si veda anche: [Metodo di calcolo delle tensioni tangenziali nella sezione](#).

Metodo di verifica a taglio secondo DM08

EasyBeam impiega il metodo dovuto a Jourawsky applicandolo tramite una integrazione numerica (Si veda: [Metodo di calcolo delle tensioni tangenziali nella sezione](#)). Tale approccio consente di calcolare la tensione tangenziale "esatta" nei limiti di tale metodo. Tale procedimento consente quindi di tenere in conto le azioni assiali, la presenza di armature e soprattutto il fatto che il taglio può agire in un piano diverso dai piani principali. La recente normativa, con il DM08, per la verifica a taglio prescrive che il taglio di progetto non superi il minore dei due seguenti valori (nel caso di sole staffe):

$$V_{rsd} = 0.9 d (A_{sw} / s) f_w \text{ctg}q \text{ (trazione)}$$

$$V_{rcd} = 0.9 d b_w a_c f'_{cd} \text{ctg}q / (1.0 + \text{ctg}q^2) \text{ (compressione)}$$

Dove i termini sono di facile comprensione e a_c è un termine correttivo che tiene conto dello stato di sforzo assiale.

EasyBeam, nel caso si operi con tale normativa, soddisfa tali relazioni come descritto nel seguito.

Il difetto di questa formulazione consiste nel fatto che in caso di taglio "deviato" le quantità d e b_w non sono definite oltre al fatto che il coefficiente fisso 0.9 è, in questo caso, molto discutibile. Per evitare il problema, possiamo ricondurci allo scorrimento unitario k lungo la corda secondo appunto l'ipotesi di Jourawsky che la tensione sia costante lungo tale corda. Infatti dividendo entrambi i membri delle espressioni date dalla normativa per $0.9 d$ otteniamo:

$$k_{rsd} = V_{rd} / 0.9 d = (A_{sw} / s) f_{wd} \text{ctg}q$$

$$k_{rcd} = V_{rd} / 0.9 d = a_c f'_{cd} b_w ctgq / (1.0 + ctgq^2)$$

Con tale formulazione, usando la posizione dell'asse neutro e la sua lunghezza reale b_w , possiamo calcolare i relativi valori degli "scorrimenti limite" k_d determinati, come si è detto, per integrazione numerica. Inoltre, poiché questi valori saranno usati come valori di confronto con le tensioni tangenziali di progetto, il fattore a_c può essere assunto unitario in quanto nel calcolo della tensione tangenziale con integrazione numerica in EasyBeam lo sforzo assiale viene considerato.

Il problema resta la determinazione dell'angolo q con la limitazione imposta da normativa di $1.0 < ctgq < 2.5$.

In EasyBeam, per il progetto, si assume che tale angolo venga raggiunto quando lo scorrimento agente k_d eguagli lo scorrimento limite del calcestruzzo ovvero $k_d = k_{rcd}$. In tale ipotesi, introducendo la posizione: $z = k_d / f'_{cd} b_w ctgq$ si può agevolmente determinare dalla equazione di secondo grado: $z ctgq^2 - z + ctgq = 0$. È interessante notare che tale equazione per $k_d > 0.5 k_{rcd}$ ha soluzioni immaginarie. Determinato il valore di $ctgq$ che soddisfi la prima relazione, si può ottenere il passo staffe che soddisfi la seconda. Parlando sempre in termini di scorrimento, si nota che lo scorrimento da affidare alle staffe risulta diviso per il fattore $ctgq$. Quindi sostanzialmente, il questo valore determina la quota parte dello scorrimento da affidare alle staffe.

Scelta dei passi di staffatura

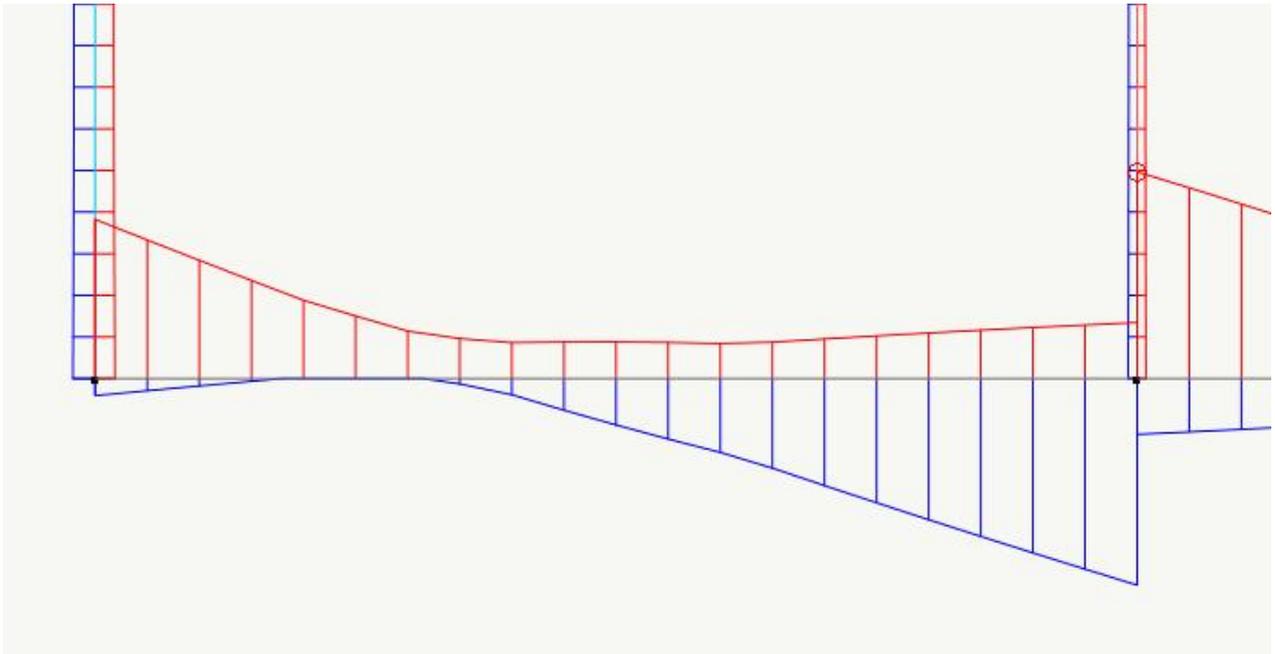
Questa nota intende dare una "chiave di lettura" del modo di operare di EasyBeam nel definire i tratti di armatura a taglio, metodo che fornisce risultati affidabili anche in configurazioni strutturali inconsuete ed è progettato su un criterio unificante di ottimizzazione delle quantità nella suddivisione in tratti omogenei.

Per una agevole lettura dei diagrammi osserviamo che:

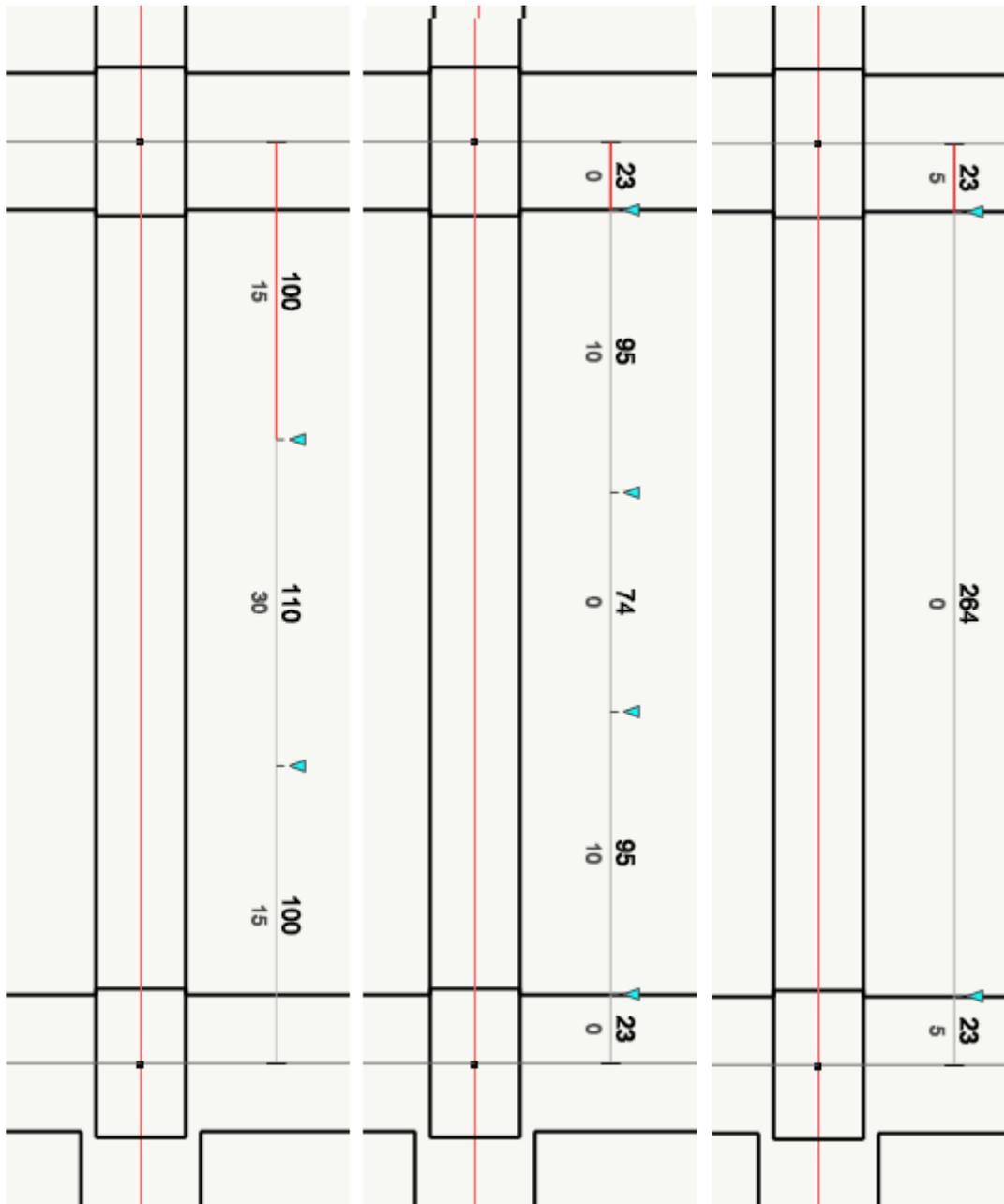
- EasyBeam opera sul singolo elemento finito e quindi i diagrammi sono definiti nell'ambito dell'elemento stesso. Anche se ciò nella visione della staffatura nel suo insieme può sembrare "inconsueto" che un tratto termini generalmente nel mezzo di un nodo, i passi sono in genere gli sessi per cui di tratta solo di una CONVENZIONE per il cantiere e di un aspetto informatico di maggior congruenza con il modello.
- Il tratto di staffatura è rappresentato sempre su tutta la luce dell'elemento. Se dei tratti sono primi di staffe, convenzionalmente si pone il valore del passo paria zero.
- >Per avere un algoritmo che assicuri che la quantità di armatura sia esattamente calcolata nei punti dove viene assegnata, i passi di staffatura devono essere multipli del passo tra le sezioni di calcolo che sono tipicamente 21. Quindi, ad esempio, in un trave lunga 220 centimetri, si avranno sezioni ogni 11 centimetri per cui un tratti di staffatura esattamente calcolati saranno multipli di tale lunghezza.

Vediamo ora come vengono definiti i tratti di staffatura.

Vediamo prima il caso della sola resistenza a taglio. Viene calcolato il fabbisogno di armatura a taglio intesa come quantità d acciaio per unità di lunghezza ciò considerando anche i minimi da normativa. Questo fabbisogno forma un diagramma costituito in genere da una spezzata formata come involuppo dei fabbisogno per le varie combinazioni di carico. Il problema che ora si pone è quello di avere dei tratti di staffatura abbastanza "pratici". Il metodo adottato in EasyBeam è quello di trovare una linea orizzontale che tagli il diagramma in modo che sia minimo lo "spreco" di armatura rispetto al teorico fabbisogno che si otterrebbe variando il passo in numerosi tratti. Questo procedimento dà luogo a tre tratti di staffatura.



In figura l'involuppo delle sollecitazioni di taglio, che è qualitativamente analogo a quello della densità di armatura, mostra come la funzione di densità delle staffe sia definita a tratti e quindi deve risolversi in un numero di tratti che abbia un significato costruttivo. Si veda la immagine a sinistra della figura sottostante (i passi non nulli assegnati hanno solo valore grafico)

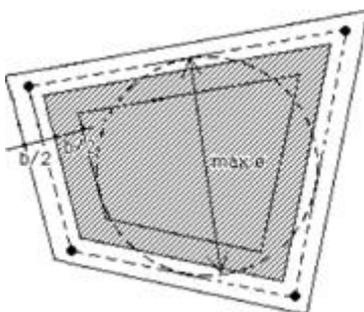


Si pone poi il problema di avere dei tratti di staffatura soggetti alle regole del "tratto critico" nel quale i quantitativi di armatura sono dettati da altre regole diverse da quelle della resistenza al taglio come detto al primo paragrafo. Inoltre in alcuni casi, per i pilastri, si aggiunge l'esigenza di armare a taglio il nodo secondo altre regole ancora. Infine si ha una quarta esigenza, e cioè di armare a taglio per sollecitazioni che evitino una rottura fragile. Si veda la figura precedente per i vari casi.

Come si vede si hanno ben cinque situazioni che si sovrappongono dando luogo a un involuppo finale delle quantità di armatura molto articolato. I criteri sui quali i nostri programmi sono progettati, sono quelli di ricondurre il più possibile i problemi "logici" a problemi numerici in quanto questi ultimi sono gestibili tramite algoritmi molto più affidabili dei primi. Cioè, per chiarire, il criterio logico "spezzerebbe" in una lunga serie di condizioni le scelte dei tratti di armatura. Ad esempio: se il tratto critico è più lungo etc... allora... Il metodo adottato in EasyBeam, esponendolo in modo didascalico ovviamente e non nei particolari implementativi, è quello invece di formare un diagramma di involuppo delle quantità di armatura necessarie per tutte queste svariate esigenze in modo da uniformare poi il criterio di formazione di tratti "pratici" di armatura. Questo comporta che i tratti di staffatura di EasyBeam seguano un criterio di ottimizzazione e non pedissequamente tratti distinti come si farebbe "a mano" e cioè un tratto per il nodo, uno per il tratto critico etc. È assolutamente possibile che, a esempio, il tratto critico e quello del nodo siano unificati in quanto non è necessario generare due tratti. Questo ovviamente tenendo sempre conto della forma delle staffe e delle prescrizioni di normativa.

Il progetto a torsione

Le sezioni vengono sempre considerate di tipo "massiccio" e cioè nelle quali i lati della sezione hanno lunghezze paragonabili tra loro. Per tali sezioni la resistenza a torsione è dovuta soprattutto alla parte periferica della sezione. La sezione quindi viene assimilata ad una sezione cava per la quale si impiega la teoria di Bredt per determinare l'indicatore di tensione tangenziale. Lo spessore della sezione equivalente è assunto pari ad 1/6 del diametro del massimo cerchio inscritto nel poligono formato dalle armature longitudinali.



Le sezioni a profilo aperto come quella a T o a L, vengono considerate come un complesso di sezioni cave equivalenti semplicemente connesse. Nel caso di sezioni costituite da poligoni irregolari o nel caso di sezioni cave o pluriconnesse, la determinazione del cerchio massimo inscritto viene effettuata in modo approssimato ed in ogni caso vengono sempre considerate "massicce" e non pluriconnesse. Nel caso di tali sezioni è opportuno prendere con molta cautela i risultati del progetto a torsione. Come è noto, nota l'area A racchiusa dalla linea media dello spessore b si ha la relazione $t = M / 2 * A * b$ che lega il momento torcente M e la tensione tangenziale media t nello spessore. Nota tale tensione, è possibile il progetto delle armature con relazioni analoghe a quelle impiegate per il taglio. Nel progetto delle armature longitudinali e delle armature trasversali si tiene conto delle tensioni nelle armature conseguenti gli effetti della torsione. Non si tiene invece conto delle interazioni più complesse tra torsione ed altre sollecitazioni. Per il progetto delle armature trasversali, viene considerata l'area della sezione trasversale della barra che costituisce la staffa. Non vengono effettuati controlli sulla idoneità della forma della staffa ad assorbire le tensioni dovute alla torsione. Le staffe di default usate dal programma sono in genere idonee ad assolvere tale compito. Per il progetto delle armature longitudinali, tutte le barre vengono considerate disposte in modo efficace ai fini della torsione e cioè poste sul contorno. Ciò è corretto per le barre disposte dal programma ma non è corretto invece per le barre eventualmente disposte dall'operatore all'interno della sezione. Nel caso di sezioni a T o a L, non vengono disposte barre nei vertici concavi della sezione in quanto inefficaci ai fini del progetto. Ciò comporta però che sui lati della sezione connessi a tali vertici non vengano disposte barre per la torsione. Nel caso di forti sollecitazioni di torsione, benché tali sezioni siano sconsigliate in tale caso, è opportuno posizionare delle barre "fisse" in tali vertici.

Nel caso della applicazione del metodo del traliccio ad inclinazione variabile dei puntoni, previsto dal DM08, vengono calcolati i valori di torsione ultima per calcestruzzo, staffe e barre longitudinali e si determina il fattore di sicurezza in base al valore minimo di tali valori limite.

Verifica a fessurazione

Nella verifica a fessurazione si impiegano i criteri proposti dal codice-modello CEB/FIP e ripresi dal DM 9 gennaio 1996, come qui di seguito esposti.

L'apertura caratteristica delle fessure nella sezione è dato da:

$$w_k = 1.7 w_m$$

dove w_m rappresenta l'apertura media delle fessure calcolata per l'allungamento medio ϵ_m che si genera sulla media

distanza σ_m fra fessure:

$$w_m = \sigma_m \varepsilon_m$$

La distanza media tra le fessure è data da:

$$\sigma_m = 2(c + s/10) + \chi \phi / r$$

Dove:

c ricoprimento dell'armatura

s distanza tra le barre di armatura ($> 15 \phi$)

ϕ diametro della barra

$\chi = k_2 * k_3$ coefficiente caratteristico per barre ad aderenza migliorata in presenza di flessione
 $k_3 = 0.05$

$k_2 = 0.4$ per barre ad aderenza migliorata

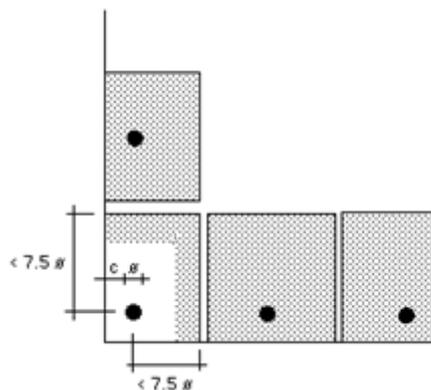
$k_3 =$ per sollecitazione di tipo pressoflessione o flessione
0.125

$$r = A_s / A_c$$

c

A_s area dell'armatura contenuta nella sezione di ricoprimento.

A_c area della sezione retta della zona di calcestruzzo in cui le barre di armatura possono effettivamente influenzare l'apertura delle fessure. L'area viene valutata come indicato nella figura seguente.



L'allungamento medio dell'armatura è dato da:

$$\varepsilon_m = \varepsilon_s (1 - \beta \varepsilon_r / \varepsilon_s) < 0.4 \varepsilon_s$$

dove:

ε_s deformazione dell'acciaio sotto la combinazione d'azioni considerata

ε_r deformazione dell'acciaio nella sezione sottoposta a momento di prima fessurazione

$\beta = 0.5$ coefficiente per barre ad aderenza migliorata sotto carichi di lunga durata

I valori di distanza ed ampiezza vengono ottenuti per proiezione dei valori ottenuti in ogni direzione di armatura.

Metodo di analisi non lineare delle sezioni

La verifica allo stato limite ultimo di una sezione in cemento armato di forma qualsiasi rientra nel problema più generale della determinazione dello stato deformativo della sezione composta da materiali differenti con legge costitutiva elastica non-lineare. Si assume che la sezione rimanga piana e che non vi sia scorrimento tra acciaio e calcestruzzo. Le equazioni che governano il problema sono le seguenti:

$$\varepsilon(x, y) = \varepsilon_0 - x \varphi_y + y \varphi_x \quad (\text{equazione di congruenza})$$

$$\sigma_c = \sigma_c(\varepsilon)$$

$$\sigma_s = \sigma_s(\varepsilon) \quad (\text{legami costitutivi})$$

$$\int_{A_c} \sigma_c dA_c + \sum_i \sigma_{si} A_{si} - N = 0$$

$$\int_{A_c} \sigma_c y dA_c + \sum_i \sigma_{si} y_i A_{si} - M_x = 0$$

$$-\int_{A_c} \sigma_c x dA_c + \sum_i \sigma_{si} x_i A_{si} - M_y = 0 \quad (\text{equazioni di equilibrio})$$

dove:

ε_0 = deformazione nell'origine

φ_y, φ_x = curvature

Sostituendo nelle equazioni di equilibrio i legami costitutivi e le equazioni di congruenza si ottiene la relazione matriciale non-lineare:

$$F(x) = f(x) - f_0 = 0$$

dove:

$$x = [\varepsilon_0, \varphi_x, \varphi_y]$$

F = equazioni di equilibrio

$$f_0 = [N, M_x, M_y] \text{ azioni esterne}$$

f(x) = azioni interne corrispondenti allo stato deformativo individuato da x

Poiché il problema è non-lineare si ricorre al metodo di Newton-Raphson per una soluzione tramite linearizzazioni successive nella forma:

$$x_{p+1} = x_p - f^{-1}(x_p) [f_0 - f_{xp}]$$

Ciò è reso possibile dal fatto che f(x) è continua e derivabile (quasi ovunque). La soluzione esiste ed è unica in quanto l'operatore f(x) è strettamente monotono per materiali stabili secondo Drucker. Nonostante univocità ed esistenza della soluzione, il metodo può non convergere. Sotto il profilo strettamente computazionale si rileva che affinché le funzioni $\sigma_c(\varepsilon)$ e $\sigma_s(\varepsilon)$ siano continue e quasi ovunque derivabili con derivata definita positiva in tutto lo spazio della soluzione, i pianerottoli plastici normalmente richiesti dalle Normative vengono opportunamente sostituiti da rette di modesta inclinazione (tipicamente E/10.000). Si rileva infine che gli integrali di superficie contenuti nelle equazioni di equilibrio vengono trasformati, ai fini computazionali, in integrali di frontiera di Green riducendo l'onere computazionale. Per quanto riguarda i legami costitutivi, si sono impiegati i seguenti legami.

Il diagramma sforzo-deformazione per il calcestruzzo è definito da un arco di parabola di secondo grado passante per l'origine, con asse parallelo a quello delle tensioni, e da un segmento di retta parallelo all'asse delle deformazioni tangente la parabola nel vertice. Il vertice della parabola ha ascissa -0.002 ed ordinata pari alla tensione di progetto del calcestruzzo. Per motivi di carattere numerico il segmento di retta è inclinato rispetto all'asse delle deformazioni di un piccolo valore pari a $E_c/10.000$, dove E_c è il modulo di elasticità del calcestruzzo. La stessa inclinazione ha il segmento di retta per deformazioni positive. Per l'acciaio si impiega il diagramma sforzi-deformazione "bilatero" costituito da due segmenti di retta.

Metodo di calcolo delle tensioni tangenziali nella sezione

Sia il metodo delle tensioni ammissibili che il metodo degli stati limite richiedono la conoscenza di una tensione tangenziale "di riferimento" per il dimensionamento delle armature a taglio. Nel caso di sezioni non omogenee, di forma qualsiasi e sollecitate fuori del piano di simmetria (flessione deviata), occorre ricorrere alla soluzione generale del problema basata sull'equilibrio, dovuta a Jourawski. Si noti, a tal proposito che la formula semplificata a tutti nota che implica un braccio interno approssimato, deriva dalla formulazione appunto di Jourawski.

Si ricorda che, per rapidità di calcolo, nel caso di sezioni rettangolari con azione di taglio secondo uno degli assi principali di inerzia, viene impiegata la formulazione semplificata prevista per altro dalla normativa.

Secondo l'approccio di Jourawski si ha la condizione di equilibrio:

$$\int^A d\sigma_z dA - \int^L \tau_{yz} dl = 0$$

in cui si esprime l'equilibrio tra le variazioni della tensioni normali $d\sigma_z$ nell'area A e le tensioni tangenziali τ_{yz} che agiscono su confine Γ dell'area A. Si fa notare che da questo integrale derivano tutte le formule più note per il calcolo delle tensioni tangenziali quali la nota:

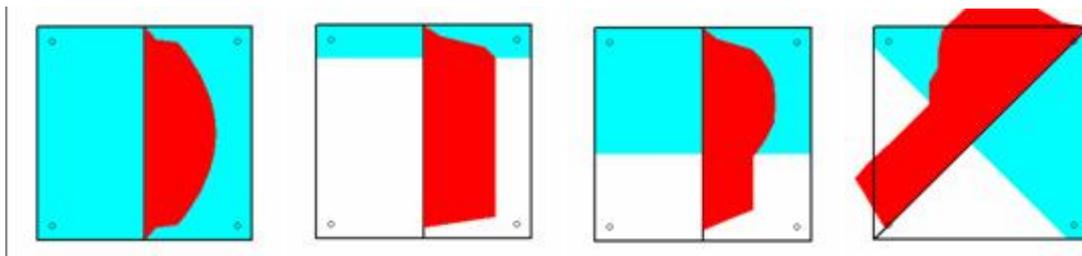
$$\tau_{yz} = \tau_{zy} = V_y S_x / I_x b$$

Questa espressione, come si diceva, non è però applicabile al caso generale e ha quindi limitazioni non accettabili.

Per ovviare a queste gravi limitazioni, in EasyBeam l'integrale fondamentale viene quindi integrato numericamente senza alcuna sostituzione semplificatrice.

Vengono cioè impiegata la nota sostituzione dei valori differenziali con le differenze finite. In pratica, le tensioni normali vengono calcolate in due sezioni a distanza finita per ottenere il valore del differenziale $d\sigma_z$ e vengono integrate sul contorno dell'area voluta (generalmente determinata semplicemente dalla corda lungo la quale si vuole calcolare la tensione tangenziale media), tramite un integrale al contorno, o di Green.

Questo metodo, operando sull'integrale che esprime l'equilibrio, è del tutto generale e tiene conto anche delle armature e dell'eventuale presenza di forza assiale. Inoltre, se il legame costitutivo del materiale non è lineare, come nel caso del metodo degli stati limite, le tensioni normali, con questo metodo, sono correttamente valutate.



Esempi di diagrammi delle tensioni tangenziali in vari casi: sezione compressa, tenso-compressa, presso inflessa, presso flessione deviata.

Questo metodo esclusivo di EasyBeam ha i seguenti pregi:

- è valido per sezioni di forma qualsiasi
- è valido per qualsiasi sistema di forze esterne tenendo conto correttamente anche della forza assiale
- tiene conto del contributo delle armature
- può essere applicato a qualsiasi corda della sezione consentendo, se occorre, di valutare lo scorrimento in qualsiasi parte della sezione.

Di contro questo metodo presenta gli svantaggi classici dei metodi numerici rivelandosi sensibile soprattutto a brusche variazioni dello stato di sollecitazione lungo l'asse della trave in quanto tale rapida variazione comporta approssimazioni grossolane della derivata delle tensioni normali. Tale eventualità è però abbastanza rara nei problemi tecnici e se, soprattutto, la sezione è ben dimensionata. Un altro aspetto che può condurre a risultati inaspettati è il fatto che l'integrazione numerica si basa sulla variazione di tensioni tra due sezioni per le quali deve esistere un equilibrio possibile: sezioni con armatura longitudinale non adeguata influenzano quindi (correttamente) la soluzione. Inoltre l'azione delle armature longitudinali è puntiforme e quindi un'armatura longitudinale inadeguatamente diffusa può condurre a brusche variazioni di tensione tangenziale in prossimità delle barre d'armatura.

Bibliografia

- Chen, W.F., and Shoraka, M.T., "Tangent Stiffness Method for Biaxial Bending of Reinforced Concrete Columns", IABSE, Publications, Vol. 35-I, 1975.
- Collins, M. P., "Toward a rational theory for RC members in shear", Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 104, No. ST4 April 1978.
- Collins, M. P., and Mitchell, D., "Diagonal Compression Field Theory - A Rational model of *Structural Concrete in Pure Torsion*", Journal of the American Concrete Institute, Vol. 71, n°28, August 1974.
- Collins, M. P., and Rabbat, B. G., "*The computer aided design of structural concrete sections subjected to combined loading*", Computer & Structures, Vol 7, Pergamon Press 1977.
- Farah, A., and Huggins, M.W., "*Analysis of Reinforced Concrete Columns Subject to Longitudinal Load and Biaxial Bending*", Journal of the American Concrete Institute, Vol. 66, n°7, 1969.
- Pinto de Magalhaes, M., "*Biaxial Loaded Concrete Sections*", Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 105, n°St12, 1979.
- Pre, M., "*Etudes de la torsion dans le béton précontraint par la méthode du treillis spatial évolutif*", Annales de l'Institut Technique du Batiment et des travaux publics, No. 385, Jullet-Aout 1980.
- Rotter, J.M., "*Rapid Exact Inelastic Biaxial Bending Analysis*", Journal of structural Engineering, Vol. 111 n° 12, December 1985.
- Timoshenko, S. P., and Goodier, J.N., "*Theory of Elasticity*", 3rd Edition, McGraw-Hill, 1970