

^{k+#\$}Sismica

Nel modulo “Sismica” viene eseguita la verifica di pilastri rettangolari o circolari secondo le prescrizioni dell’Eurocodice 8 (edizione 2005) e delle Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14-1-2008.

Il modulo può anche essere usato semplicemente per generare la geometria di una sezione rettangolare che può essere esportata nel main dal menu “File - Esporta Sezione in VcaSlu”.

L’uso del modulo è illustrato in forma di tutorial.

^{k+#\$} **Pilastro Rettangolare**

Viene spiegato passo-passo l'uso del modulo "Sismica" facendo riferimento alla verifica di un pilastro rettangolare in zona sismica (file "SismicaPilastroStart.slu" accessibile dal menu aiuto).

I materiali devono essere scelti prima di lanciare il menu 'Sismica'.

Pilastro 30 x 55 cm - Interpiano 400 cm. Il pilastro è vincolato anche superiormente; se fosse libero in sommità si dovrebbe scegliere il tipo "**Pilastro mensola**" per il calcolo corretto del taglio sollecitante che dipende solo dal momento resistente della sezione inferiore.

Normativa: Norme tecniche per le Costruzioni D.M. 14-1, Classe di Duttività Alta (NTC 2008 - CD'A").

Materiali: calcestruzzo C25/30 – acciaio B450C.

Sollecitazioni: $N_{Ed} = 700 \text{ kN}$
 $M_{xinf} = 290 \text{ kNm}$ $M_{yinf} = 20 \text{ kNm}$ (sezione inferiore)
 $M_{xsup} = 130 \text{ kNm}$ $M_{ysup} = 30 \text{ kNm}$ (sezione superiore)

Introdurre i dati come illustrato nella figura 1. Si passa da una casella alla successiva premendo invio.

^k Pilastro Rettangolare - Sismica

⁺ auto

[#] SIS_020

^{\$} Pilastro Rettangolare

Verifica Sismica Pilastri - File: SismicaPilastroStart

File Normativa: NTC 2008 - CD"A" ?

Titolo :

Tipo Sezione
 Pilastro Pilastro mensola
 Setto

Tipo Pilastro
 Rettan.re Circolare

Materiali

Pilastro Rettangolare

Dati comuni alle due sezioni **Sez. Inferiore** Sez. Superiore

H interpiano [cm] Diam. barre

Base b [cm] Nb

Altezza h [cm] Nh ρ

H critica [cm]

Copriferro [cm]

Definisci Staffe

Copia Sezione Superiore

Sollecitazioni (kN, m)

N_{Ed}

M_{xInf} M_{yInf}

M_{xSup} M_{ySup}

Risultati

$P_{M,Inf}$ $P_{M,Sup}$

V_{xEd} V_{yEd}

V_{xRd} V_{yRd}

SEZIONE INFERIORE

Plotta

Prescrizioni staffe non rispettate.

Fig. 1 - Dati geometrici e sollecitazioni

Nel riquadro giallo vengono visualizzati i messaggi relativi al rispetto della normativa. Si provi a cambiare normativa selezionando “Normativa: EC8 2005 – DCH”: compariranno eventuali messaggi sul mancato rispetto delle prescrizioni dell’Eurocodice 8. Si ritorni alla “Normativa: NTC 2008 - CD”A”.

Cliccare su “Definisci Staffe” e su “Agg. Esterna” per aggiungere una staffa esterna.

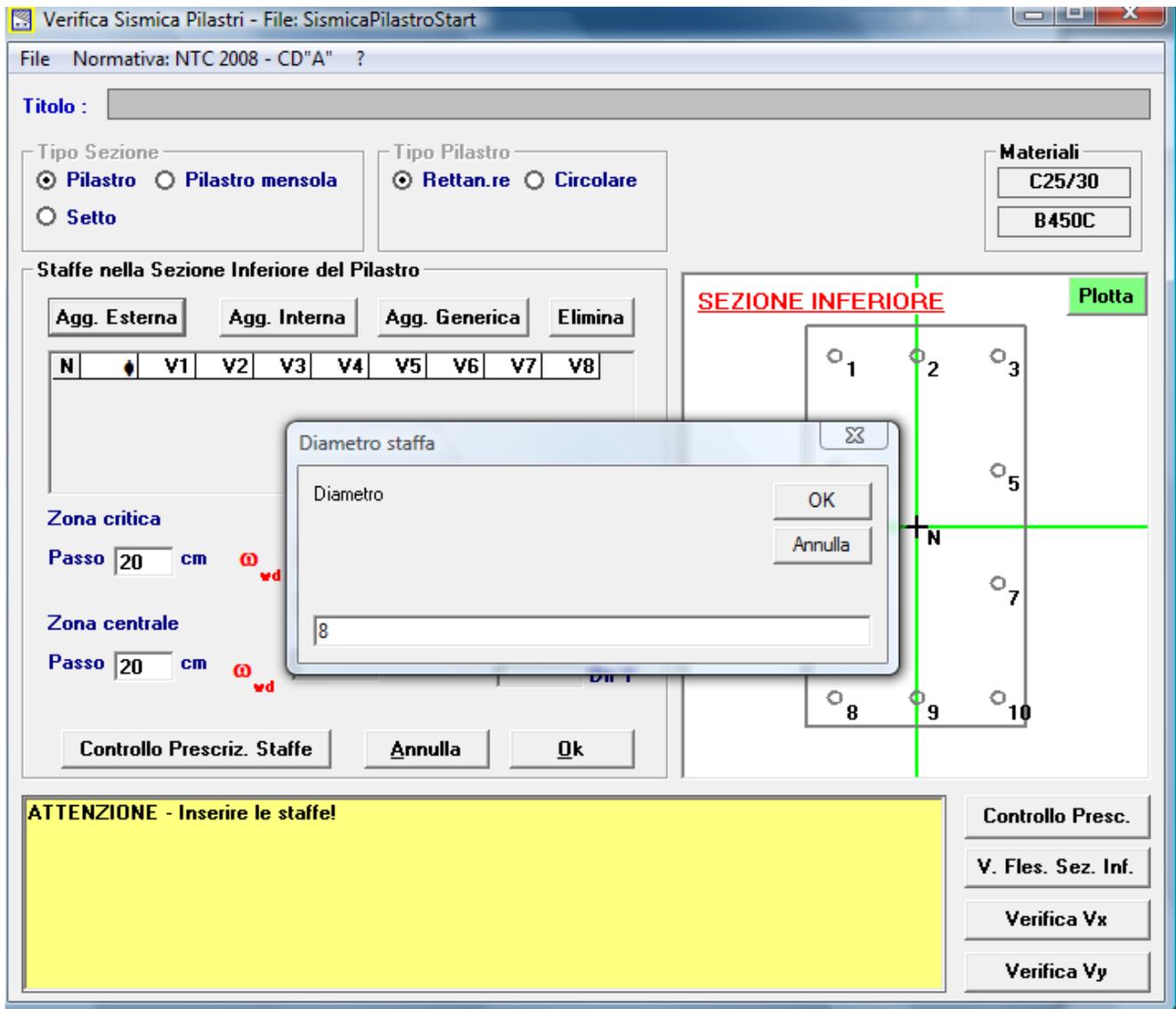


Fig. 2 – Definizione di una staffa esterna

Inserire il diametro e cliccare su "OK".

Verifica Sismica Pilastrì - File: SismicaPilastròStart

File Normativa: NTC 2008 - CD"A" ?

Titolo :

Tipo Sezione: Pilastro Pilastro mensola Setto

Tipo Pilastrò: Rettan.re Circolare

Materiali: C25/30, B450C

Staffe nella Sezione Inferiore del Pilastrò

Agg. Esterna: Agg. Interna: Agg. Generica: Elimina

N	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
1	8	1	3	10	8	0	0	0

Zona critica: Passo 20 cm, ω_{wd} 0,0829, ω_{st} 0,0280 Dir X, 0,0564 Dir Y

Zona centrale: Passo 20 cm, ω_{wd} 0,0829, ω_{st} 0,0280 Dir X, 0,0564 Dir Y

SEZIONE INFERIORE (Plotta)

Il passo delle staffe nella zona critica deve essere ≤ 100 mm - NTC #7.4.6.2.2.
 La distanza massima fra barre legate = 470 mm deve essere ≤ 300 mm - NTC #7.4.6.2.2.
 Almeno una barra ogni due deve essere legata.
 Nella zona critica ω_{st} in direzione X deve essere $\geq 0,12$ (passo < 46 mm) - NTC #7.4.6.2.2.
 Nella zona critica ω_{st} in direzione Y deve essere $\geq 0,12$ (passo < 94 mm) - NTC #7.4.6.2.2.
 Nella zona centrale ω_{st} in direzione X deve essere $\geq 0,08$ (passo < 69 mm) - NTC #7.4.6.2.2.

Controllò Presc., V. Fles. Sez. Inf., Verifica Vx, Verifica Vy

Fig. 3 – Messaggi di violazione delle prescrizioni sulla staffatura.

Inserire due valori di tentativo per il passo delle staffe nella zona critica e nella zona centrale. Vengono listati i messaggi di mancato rispetto delle normativa. Correggere il passo delle staffe nella zona critica. Provare ad inserire una staffa interna cliccando su “Agg. Interna”.

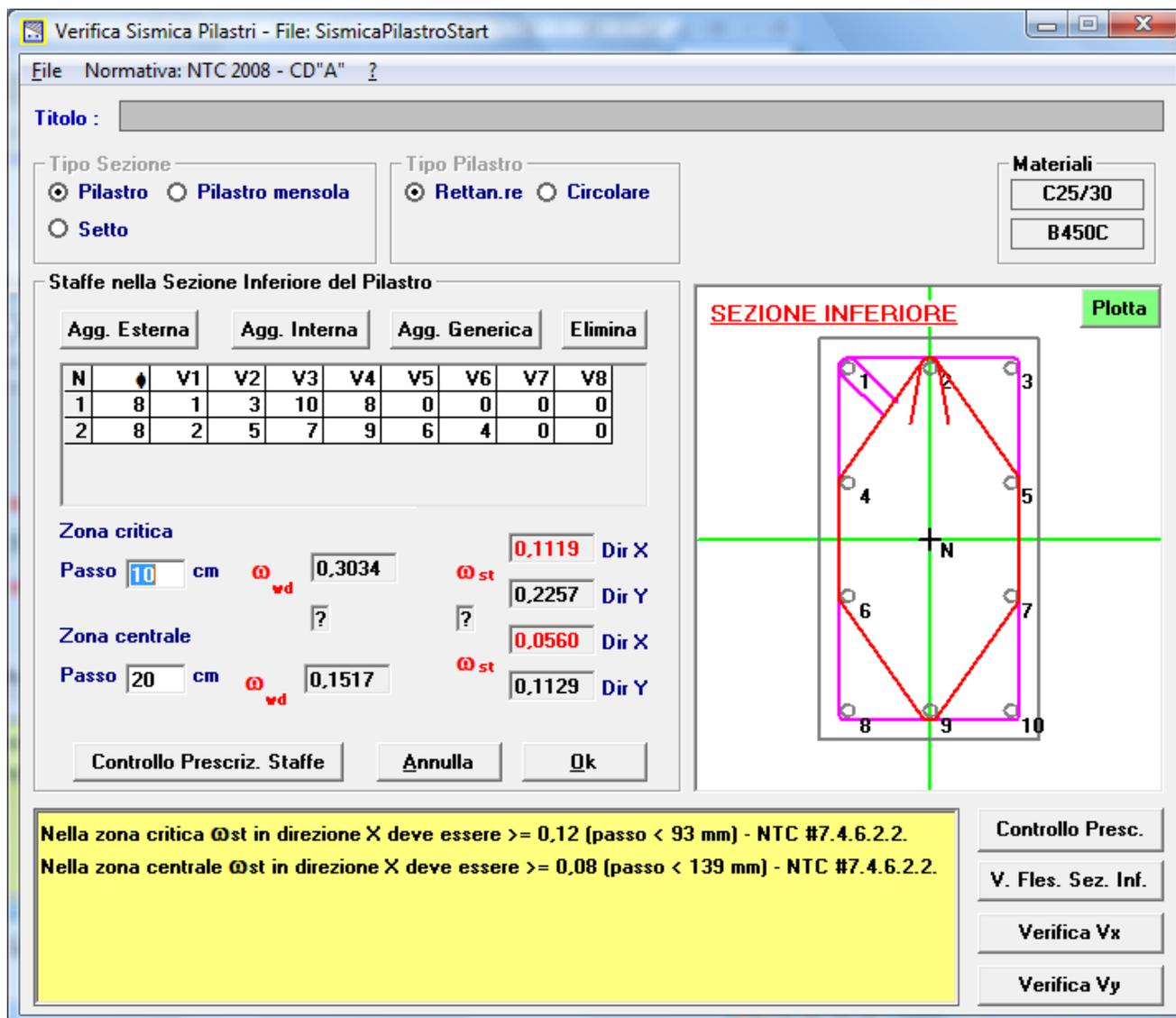


Fig. 4 – Inserimento di una staffa interna

Poiché la forma della staffa non convince, cliccare sulla riga corrispondente e su “Elimina”.

Per inserire una legatura fra i vertici 4 e 5, cliccare su “Agg. Generica”, digitare il diametro, premere invio, digitare il numero del primo vertice, premere invio, digitare il numero del secondo e ultimo vertice e premere invio due volte.

Fig. 6 – Quantitativo di staffe

Il parametro ω_{st} non è direttamente indicato dalle NTC che al §7.4.6.2.2 riportano la formula:

$$\frac{A_{st}}{s} \geq \left\{ \begin{array}{l} 0,12 \frac{f_{cd} \cdot b_{st}}{f_{yd}} \text{ per CD" A" al di fuori della zona critica e per CD" B"} \\ 0,08 \frac{f_{cd} \cdot b_{st}}{f_{yd}} \text{ per CD" A"} \end{array} \right\}$$

Riordinando ad esempio la prima equazione si può scrivere:

$$\omega_{st} = \frac{A_{st}}{s \cdot b_{st}} \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \geq 0,12$$

Poiché sia A_{st} (area complessiva dei bracci delle staffe) che b_{st} (distanza tra i bracci più esterni delle staffe) variano nelle due direzioni, vengono riportati entrambi i valori, sia per la zona critica che per la zona centrale del pilastro.

Per un utile confronto vengono anche riportati i valori dell’analogo rapporto ω_{wd} dell’Eurocodice 8 (cliccare sul “?” per dettagli).

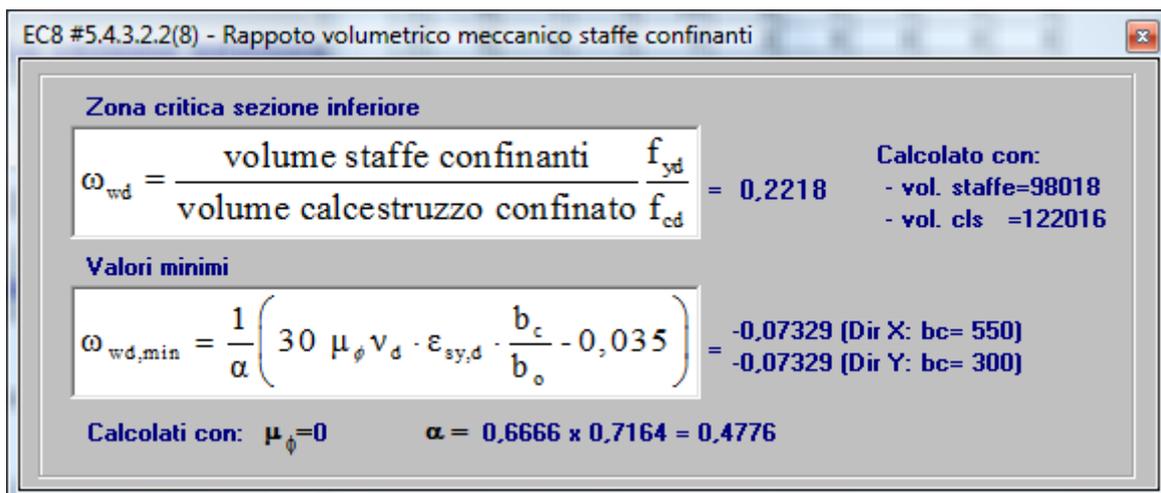


Fig. 7 – Rapporto volumetrico meccanico staffe confinanti (EC8)

Si noti che ω_{wd} assume solitamente valori all’incirca doppi di ω_{st} , che vanno però confrontati con valori minimi diversi, funzione dell’azione assiale adimensionale v_d e della duttilità di curvatura μ_{ϕ} . Provare a cambiare normativa in “EC8 2005 - DCH”. Secondo EC8 il passo delle staffe nella zona critica va ridotto a 8 cm, mentre nella zona centrale può essere aumentato a 30 cm, valore che però è eccessivo per la verifica a taglio.

Premere “OK” per confermare la staffatura.

Cliccare su “Sez. Superiore” e poi su “Copia Sezione Inferiore”, se l’armatura della sezione superiore coincide con quella della sezione inferiore, altrimenti introdurne i dati.

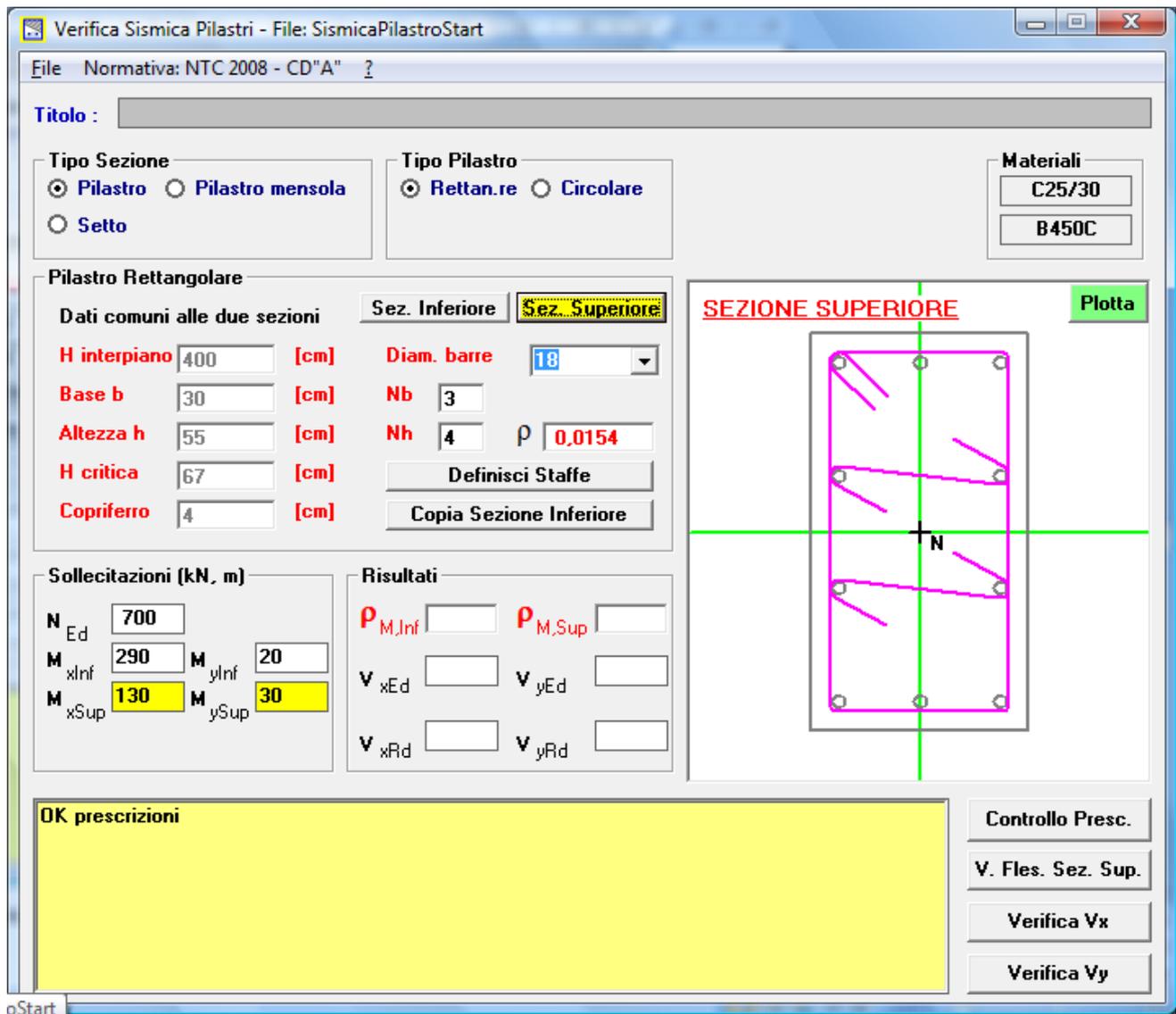


Fig. 8 – Sezione superiore (copia di quella inferiore)

Cliccare su “Sez. Inferiore” e poi su “V. Fles. Sez. Inf.” per eseguire la verifica a presso flessione deviata della sezione inferiore. I dati della sezione vengono copiati automaticamente nel main per eventuali altre verifiche.

Viene mostrato il dominio resistente M_x - M_y corrispondente all’azione assiale N_{Ed} con il punto rappresentativo delle azioni sollecitanti. Il parametro ρ_M (rapporto tra il vettore del momento sollecitante e il vettore del momento resistente) deve essere inferiore a 1 perché la verifica sia soddisfatta. Il valore di ρ_M viene riportato nella casella $\rho_{M,Inf}$ del form.

Ripetere l’operazione per la sezione superiore.

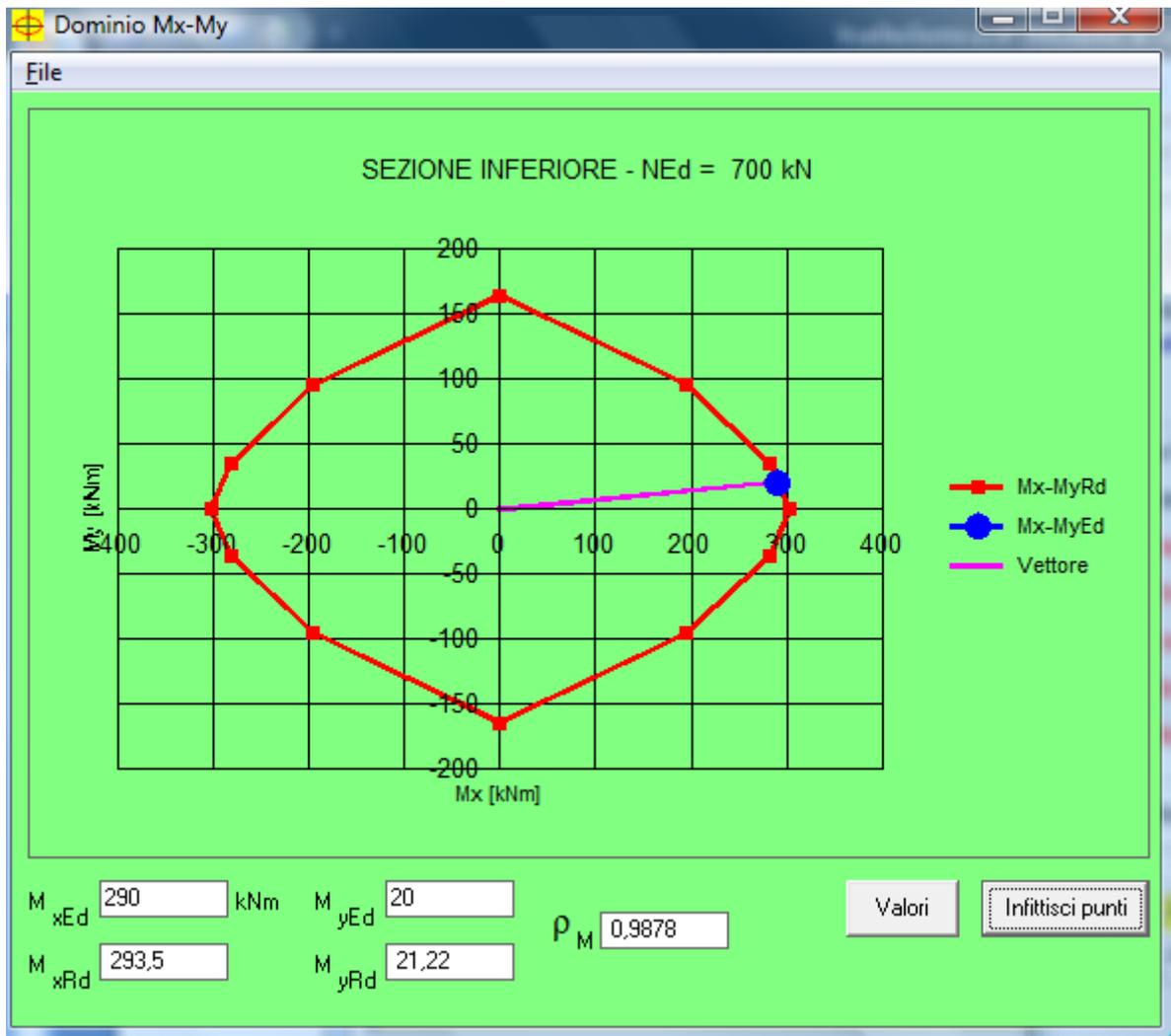


Fig. 9 – Dominio resistente della sezione inferiore

Verifica Sismica Pilastri - File: SismicaPilastroStart

File Normativa: NTC 2008 - CD "A" ?

Titolo :

Tipo Sezione: Pilastro Pilastro mensola Setto

Tipo Pilastro: Rettan.re Circolare

Materiali: C25/30, B450C

Pilastro Rettangolare

Dati comuni alle due sezioni: Sez. Inferiore | Sez. Superiore

H interpiano: 400 [cm] | Diam. barre: 18

Base b: 30 [cm] | Nb: 3

Altezza h: 55 [cm] | Nh: 4 | ρ: 0,0154

H critica: 67 [cm]

Copriferro: 4 [cm]

Definisci Staffe

Copia Sezione Superiore

Sollecitazioni (kN, m): N_{Ed} 700, M_{xInf} 290, M_{xSup} 130, M_{yInf} 20, M_{ySup} 30

Risultati: P_{M,Inf} 0,9878, P_{M,Sup}, V_{xEd}, V_{yEd}, V_{xRd}, V_{yRd}

SEZIONE INFERIORE

Plotta

OK verifica a flessione SEZIONE INFERIORE

Controllo Presc.

V. Fles. Sez. Inf.

Verifica Vx

Verifica Vy

Fig. 10 – Risultati della verifica a presso flessione

Cliccare su “Verifica Vx” per eseguire la verifica a taglio per inflessione attorno all’asse x. Il valore del taglio sollecitante V_{xEd} viene calcolato in base ai valori del momento resistente della sezione inferiore $M_{C,Rd}^i$ e della sezione superiore $M_{C,Rd}^s$ con la formula (7.4.5) del §7.4.4.2.1 delle NTC:

$$V_{Ed} = \gamma_{Rd} \frac{M_{C,Rd}^s + M_{C,Rd}^i}{I_p}$$

con $\gamma_{Rd} = 1,30$ per le strutture in CD “A” e $\gamma_{Rd} = 1,10$ per le strutture in CD “B”.

Verifica Sismica Pilastri - File: SismicaPilastroStart

File Normativa: NTC 2008 - CD "A" ?

Titolo :

Tipo Sezione: Pilastro Pilastro mensola Setto

Tipo Pilastro: Rettan.re Circolare

Materiali: C25/30, B450C

Pilastro Rettangolare

Dati comuni alle due sezioni: Sez. Inferiore | Sez. Superiore

H interpiano: 400 [cm] | Diam. barre: 18

Base b: 30 [cm] | Nb: 3

Altezza h: 55 [cm] | Nh: 4 | ρ : 0,0154

H critica: 67 [cm]

Copriferro: 4 [cm]

Definisci Staffe

Copia Sezione Superiore

Sollecitazioni (kN, m):

N_{Ed} : 700

M_{xInf} : 290 | M_{yInf} : 20

M_{xSup} : 130 | M_{ySup} : 30

Risultati:

$P_{M,Inf}$: 0,9878 | $P_{M,Sup}$:

V_{xEd} : 196,7 | V_{yEd} :

V_{xRd} : 347,2 | V_{yRd} :

SEZIONE INFERIORE

Plotta

OK verifica a taglio per inflessione intorno all'asse X.
 Il taglio sollecitante è calcolato in base ai momenti resistenti di 302,7 kNm (Sez. Inf.) e 302,7 kNm (Sez. Sup.) con $\gamma_{Rd} = 1,3$.
 Il taglio resistente (347,2 kN) è calcolato con $\cot\theta = 2,5$ in base alla staffatura della zona critica inferiore, che è la minima e che si ipotizza estesa alla zona centrale con passo di 130 mm.
 Le aree efficaci delle staffe, che tengono conto dell'eventuale inclinazione dei bracci, hanno i seguenti valori (mm²): 100 - 0 - 0

Controllo Presc.

V. Fles. Sez. Inf.

Verifica Vx

Verifica Vy

Fig. 11 – Verifica a taglio per inflessione intorno all'asse x

Il valore del taglio resistente V_{xRd} è calcolato assumendo il valore massimo di $\cot\theta$ compatibile con la resistenza delle bielle compresse di calcestruzzo. Come staffatura si considera quella minima fra sezione inferiore e superiore con il passo della zona centrale.

Per ciascuna staffa vengono indicate nel commento le aree considerate efficaci per la verifica a taglio. Sono considerate efficaci solo le staffe che si estendono su tutta l'altezza della sezione. Se la staffa ha bracci inclinati di un angolo α rispetto all'asse neutro, si considerano aree efficaci pari all'area della barra moltiplicata per $\sin(\alpha)$. Se l'inclinazione dei bracci è variabile, si considera un'inclinazione media (media ponderata sulla lunghezza). Per i pilastri circolari l'area efficace coincide con l'area della barra.

Il file "SismicaPilastroEnd.slu" contiene tutti i dati per il progetto corretto del pilastro.

^{k+#\$} **Pilastro Circolare**

La procedura per l'inserimento dei dati e per le verifiche è analoga a quella illustrata per il pilastro rettangolare. Il file "SismicaPilastroStart.slu" (accessibile dal menu aiuto) contiene anche i dati di un pilastro circolare. Ovviamente l'unica tipologia di staffe prevista è quella circolare a spirale o con staffe singole. L'opzione "spirale" ha rilevanza per il plottaggio e, limitatamente all'impiego della normativa EC8, per il calcolo di ω_{wd} .

k+#\$ Note su EC8

L'applicazione delle prescrizioni dell'Eurocodice 8 richiede la definizione di ulteriori parametri. Innanzitutto compare il menu "Capacity Design".

File Normativa: EC8 2005 - DCM Capacity Design ?

mediante il quale si apre la finestra con la regola del Capacity Design.

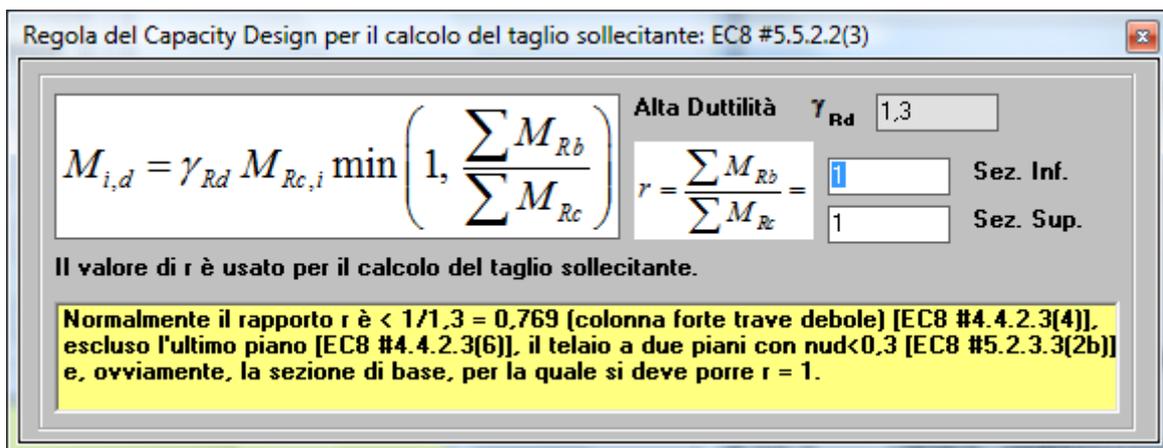


Fig. 12 – Regola del capacity design

La regola si applica per il calcolo del taglio sollecitante, che viene determinato in base ai momenti resistenti delle sezioni superiori e inferiori del pilastro moltiplicati per "r" ($r \leq 1$). Per default, a favore di sicurezza, il valore di r è posto uguale a 1.

Nel form compaiono anche i riquadri seguenti.

Tipo Pilastro		Duttilità	
<input checked="" type="radio"/> Rettan.re	<input type="radio"/> Circolare	q_0	5.85
<input type="checkbox"/> Pilastro nei primi 2 piani		μ_ϕ	10.7
<input type="checkbox"/> Pilastro di base			6.8

Nel riquadro "**Tipo Pilastro**" la casella di controllo "Pilastro nei primi due piani" serve per applicare il principio (13)P del §5.5.3.2.2 che aumenta l'altezza della zona critica nei primi due piani degli edifici.

La casella di controllo "Pilastro di base" serve per applicare la regola (14) del §5.5.3.2.2 che impone alla base dei pilastri collegati alle fondazioni un'armatura non inferiore a quella della sezione superiore..

Nel riquadro "**Duttilità**" vengono mostrati il valore di base del fattore di struttura q_0 ed i valori della duttilità di curvatura μ_ϕ per la sezione inferiore e per la sezione superiore. Cliccando sul "?" si apre la finestra di dialogo per la definizione della duttilità di curvatura richiesta.

^k Note su EC8 - Sismica

⁺ auto

[#] SIS_040

^{\$} Note su EC8

Duttilità in termini di curvatura: EC8 #5.2.3.4(3) - NTC #7.4.4

$\mu_{\phi} = 2q_0 - 1$	per $T_1 \geq T_C$	q_0	5,85	T_1	0,86	s
$\mu_{\phi} = 1 + 2(q_0 - 1) \frac{T_C}{T_1}$	per $T_1 < T_C$	T_C	0,55	s		
Usa 2/3q ₀ (EC8 #5.5.3.2.2(7)):		μ_{ϕ}	6,8	Sez. superiore		
<input checked="" type="checkbox"/> nella sezione Superiore <input type="checkbox"/> nella sezione Inferiore		μ_{ϕ}	10,7	Sez. inferiore		

Fig. 13 – Calcolo della duttilità di curvatura richiesta

Le caselle di controllo “Usa 2/3q₀” compaiono solo nel caso di progetto in alta duttilità (DCH). La regola (7) del §5.5.3.2.2 riduce il valore della duttilità di curvatura richiesta se si è applicata la regola del capacity design (colonna forte trave debole).

Il valore della duttilità richiesta influenza il valore minimo del rapporto volumetrico meccanico delle staffe confinanti.