## $^{K+\#\$}$ Progetto - Esempio guidato (File Progetto.slu)

La voce di menu "Progetto Sez. Rett." è attiva solo per la sezione rettangolare.

Viene spiegato passo-passo l'uso del modulo Progetto facendo riferimento al progetto di una tipica sezione di trave in spessore dell'edilizia civile (file "Progetto.slu" accessibile dal menu aiuto).

🎇 Verifica C.A. S.L.U File: Progetto	
<u>F</u> ile <u>M</u> ateriali <u>O</u> pzioni <u>V</u> isualizza <u>P</u>	rogetto Sez. Rett. <u>S</u> ismica Normativa: NTC 2008 <u>?</u>
🗅 😅 🖬 🎒	
Titolo : Tutorial Progetto Sezione Rel	tangolare Tipo Sezione
N* figure elementari 1 Zoom	N <sup>•</sup> strati barre 0 Zoom 0 Trapezi
	O Bettangoli O Coord
1 100 28	
Sollecitazioni	P.to applicazione N
S.L.U. 🗲 Metodo n	
N         O         kN           M         150         100         kNm	O Coord.[cm]
	Metodo di calcolo     S.L.U.+     S.L.U
Materiali B450C C25/30	• Metodo n
ε <sub>su</sub> 67,5 ‰ ε <sub>c2</sub> 2 %	
<sup>f</sup> yd <b>391,3</b> N/mm² ε <sub>cu</sub> <b>3,5</b>	
Es 200 000 N/mm² <sup>f</sup> cd 14,17	Verifica
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub> 15 f <sub>cc</sub> / f <sub>cd</sub> 0.8 ?	
ε <sub>syd</sub> <b>1,957</b> ‰ σ <sub>c,adm</sub> <b>9,75</b>	
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm <sup>2</sup> $\tau_{co}$ 0,6	
τ <sub>c1</sub> 1,829	

Fig. P.1 - Dati per il progetto

Scegliere sezione rettangolare. Inserire base e altezza, momenti sollecitanti, dati materiali. Scegliere il metodo di calcolo (Metodo n). Cliccare sul menu "Progetto Sez. Rett.". Si apre la finestra di progetto (Fig. P.2) con i dati di default:

<sup>&</sup>lt;sup>K</sup> Tutorial;aiuto;esempio guidato progetto;progetto

<sup>&</sup>lt;sup>+</sup> auto # DDO 21

<sup>&</sup>lt;sup>#</sup> PRO\_210

<sup>&</sup>lt;sup>\$</sup> Progetto - Esempio guidato

- ricoprimento armatura c = 2 cm (dalla superficie delle staffe)
- rapporto fra armatura compressa e tesa A's/As = 0
- criterio di progetto: altezza fissa con arrotondamento dei risultati di 1 cm per l'altezza e di 5 cm per la base
- scelta automatica dei diametri delle barre con  $\phi$  min = 16 e  $\phi$  max = 20
- opzioni per il progetto a taglio: staffe  $\phi$  8 a 4 bracci e reggistaffe  $\phi$  12

🖄 Progetto Sezione Rettangolare - F1 per	aiuto	the second s	
Normativa: NTC 2008			
Sollecitazioni e metodo di calcolo S.L.U. • Metodo n M <sub>xEd</sub> 150 100 kNm V <sub>Ed</sub> 0 0 kN Acciaio B450C Calcestruzzo C25/30	Ricoprimento armatura c: 2 cm A's/As 7 0 % teri di progetto Arrotond. Fissa altezza <u>H</u> : 28 cm 1 cm Fissa Base <u>B</u> : 105 cm 5 cm Fissa Base e Altezza	<ul> <li>✓ Scelta diametri autom.</li> <li>              minimo             16 ▼ mm      <li>             massimo             20 mm         </li> <li>Opzioni taglio         </li> <li>minimizza staffe             cot θ             1         </li> <li>             no staffe             ρ I             2,00 %         </li> <li>             staffe         </li> <li>             staffe         </li> <li>             minimizza         </li> </li></ul>	Scelta diametri manuale N* Armatura superiore 0 16 0 18 20 Armatura inferiore 0 16 16 18 16 18 16 18 16 18 16 18 18 16 18 10 18 18 10 18 10 18 10 10 18 10 18 18 10 18 18 18 18 18 18 18 18
-Risultati Armatura superiore	Taglio	¢ reggistaffe 12 ▼ gancio 135°	
A's 4,52 cm <sup>2</sup> +0,0% A's min 4,52	Staffe <b>\$\$/18</b> a 4 bracci	Osservazioni	Lomb. barre interiori
Armatura inferiore 4012+7016	Staffatura minima <b>\$\\$/18</b>		*
As 18,60 cm <sup>2</sup> +0,5% As min 18,51 A's/As: 24% % ρ <sub>s</sub> 0,73 % Incidenza acciaio 94,5 kg/m <sup>3</sup>	Staff. minima per VEd = 137,2 kN Inserisce Risultati per Verifiche Effettivi Minimi		
Help	ta		<b>T</b>

Fig. P.2 - Finestra di progetto con i dati di default.

Il programma progetta la larghezza della base e l'armatura a flessione scegliendo la combinazione di diametri che minimizza l'area. Vengono inoltre indicate le aree effettive, quelle minime, la differenza percentuale, l'incidenza dell'acciaio, la percentuale geometrica di armatura tesa  $\rho s = As/(B d)$ . L'altezza utile d viene calcolata sottraendo all'altezza totale H il ricoprimento c, il diametro delle staffe e il semi-diametro massimo delle barre.

Inserire i valori del taglio, il rapporto  $\chi = A's/As = 50\%$ , il diametro delle staffe  $\phi=10$ , il diametro dei reggistaffe  $\phi=16$ . Il progetto viene aggiornato automaticamente ad ogni variazione dei parametri o premendo il tasto invio. Nel dubbio premere il pulsante "Ricalcola".

Compare l'osservazione relativa alla staffatura minima il cui diametro potrebbe essere ridotto a 8 mm.

🖄 Progetto Sezione Rettangolare - F1 per a	aiuto						
Normativa: NTC 2008							
Sollecitazioni e metodo di calcolo S.L.U. • Metodo n M <sub>xEd</sub> 150 100 kNm V <sub>Ed</sub> 240 160 kN Acciaio B450C Calcestruzzo C25/30	Ricoprimento armatura c: 2 cm A's/As 7: 50 % teri di progetto Fissa altezza <u>H</u> : 28 cm 1 cm Fissa Base <u>B</u> : 95 cm 5 cm Fissa Base e Altezza	<ul> <li>✓ Scelta diametri autom.</li> <li>         φ minimo 16 ▼ mm         φ massimo 20 mm     </li> <li>Opzioni taglio         minimizza staffe         cot θ 1         no staffe ρ 1 2,00 %         φ staffe 10 ▼ mm         n* bracci 4 ▼</li> </ul>	Scelta diametri manuale N* Armatura superiore 0 16 0 20 Armatura inferiore 0 16 16 16 18 10 18 10 18 10 18 10 10 10 10 10 10 10 10				
- Risultati Armatura superiore	Taglio	φ reggistaffe 16 ▼ gancio 135*					
4010+1010	C max 0,7737 N/mm	Comb. barre superiori	Comb. barre inferiori				
A's 10,05 cm <sup>2</sup> +7,2% A's min 9,37	Staffe <b>\$\overline{10/10}\$</b> a 4 bracci	Osservazioni					
Armatura inferiore		Nel calcolo dell'armatura	minima a taglio 🛛 🔺				
4φ16+3φ18+1φ20	Staffatura minima   φ10/19	governa il passo massimo	s=19cm rispetto al				
As 18,82 cm² +0,4% As min 18,75	Staff. minima per VEd = 123,1 kN	staffatura minima può qui 8mm.	ndi essere limitato a				
Α's/As: 53% % ρ <sub>s</sub> 0,83 %	Inserisce Risultati per Verifiche —						
Incidenza acciaio 172,0 kg/m³	Effettivi Minimi						
Help	ta Ricalcola		*				

Fig. P.3 -Nuovi parametri di progetto.



## Plottare la sezione:

Fig. P.4 - Plottaggio della sezione.

Usare il menu "File" per stampare, esportare in DXF o disegnare in Autocad. Esaminare ed eventualmente scegliere una diversa combinazione di barre superiori o inferiori.

	Соп	nb. barre	superior	i Co	omb. bar	re inferiori
Г	Coml	binazioni	barre in	feriori —		
		As	ø16	ø16	ø18	ø20 🔺
	1	18,82	4	0	3	1
	2	18,88	4	1	1	2
	3	19,23	4	4	0	1
	- 4	19,42	4	0	2	2
	5	19,48	4	1	0	3
	٦ľ	10.70	л	2	1	<b>-</b>
1		_				
	Na	scondi	Selezio	ona		

Fig. P.5 - Scelta di una combinazione diversa di barre inferiori.

Se si desidera scegliere manualmente le barre, deselezionare la casella della scelta automatica e selezionare manualmente i diametri, introducendo il numero delle barre che si vuole siano comunque presenti:

Scelta diametri autom.	Scelta diametri manuale
	Armatura superiore
∲ massimo 20 mm	
Opzioni taglio	
cot e	✓ 4 ÷ 20 ▼
🗖 no staffe ρ   2,00 %	Armatura inferiore
φ staffe 10 ▾ mm	
n* bracci 🛛 🖌 💌	
φ reggistaffe 16 💌	▼ 2 ▲ 20 ▼
🔲 gancio 135°	

Fig. P.6 - Scelta manuale dei diametri.

Provare le altre opzioni: "Fissa Base", "Fissa Base e Altezza", "Arrotondamenti". Provare a cambiare segno al momento.

Eseguire la verifica della sezione usando i valori minimi progettati (As min) o i valori effettivi:

Inserisce Ris	ultati per Verifiche —
Effettivi	Minimi

	The second second second							
Progetto Sezione Rettangolare - F1 per	aiuto							
Normativa: NTC 2008								
Sollecitazioni e metodo di calcolo	Ricoprimento armatura c: 2 cm	Scelta diametri autom.	Scelta diametri manuale					
● S.L.U. O Metodo n	A's/As 🌾 🛛 50 %	🗄 🛉 minimo 🛛 16 🖵 mm	N* Q					
Cri	teri di progetto	n massima 20 mm						
M <sub>vEd</sub> 150 100 kNm	Field alterna H: 28 cm 1 cm							
V 240 160 PN	Fissa allezza <u>n</u> . <u></u>	– Opzioni taglio						
		🥅 minimizza staffe						
Acciaio B450C Calcestruzzo C25/30	1 1880 D 086 C AIRC220	cot e 1						
CDeformazione adimensionale armatura	tesa	D no staffe <b>0</b> , 200 %	- Armatura inferiore					
		op staffe 10 💌 mm						
Armatura $f \varepsilon_s / \varepsilon_{yd}$ 5,11 x/d	0,259 8 0,764 CP Armatura	n° bracci 4 ▼						
		φ requistatfe 16 ▼						
-Risultati	<b>* !</b>	φreggistaire <u>ro</u>						
Armatura superiore	_ l aglio	j gancio 155						
4φ16+1φ16	τ <sub>max</sub> <b>1,587</b> N/mm <sup>2</sup>	Comb. barre superiori	Comb. barre inferiori					
A's 10,05 cm <sup>2</sup> +9,9% A's min 9,14	Staffa <u><b>d</b>10/11</u> a 4 brassi	Osservazioni						
Armatura inferiore			-i-i					
4φ16+2φ16+2φ20	Staffatura minima <b>¢10/19</b>	governa il passo massimo	s=19cm rispetto al					
As 18,35 cm² +0,3% As min 18,29	Staff. minima per VEd = 142,1 kN	Il diametro della staffatur	a minima può quindi					
A's/As: 55% % ρ <sub>s</sub> 1,09 %	Inserisce Risultati per Verifiche							
Incidenza acciaio 206,5 kg/m <sup>3</sup>	Effettivi Minimi							
Help	ta		Ŧ					

## Provare il progetto allo Stato Limite Ultimo (SLU)

Fig. P.6 - Progetto allo Stato Limite Ultimo (SLU).

Sul cursore viene indicata la deformazione adimensionale dell'armatura tesa  $\varepsilon_s/\varepsilon_{yd}$ . I pulsanti CR e SA definiscono i seguenti tipi di rottura:

- **CR** = Contemporanea Rottura del calcestruzzo ( $\varepsilon_c = 3,5\%$ ) e rottura convenzionale dell'acciaio ( $\varepsilon_s = 10\%$ )
- **SA** = rottura del calcestruzzo ( $\varepsilon_c = 3,5\%$ ) con Snervamento Acciaio ( $\varepsilon_s = f_{yd}/E_s$ )
- Come valore di default viene impostato CR.

Valori > CR determinano armature deboli e comportamento duttile della sezione.

Valori < SA determinano armature molto forti, **che andrebbero evitate** perché corrispondono ad un comportamento fragile della sezione (rottura del calcestruzzo con acciaio teso in campo elastico e quindi con limitatissime capacità di rotazione della sezione).

Trascinare il cursore o inserire il valore nella casella  $\epsilon_s/\epsilon_{yd}$ .

[	-[	)e	fa	110	na	zi	or	ne	a	din	ne	ns	io	na	le	aı	m	atı	ura	3	5	a -														
		•	•					•		1	•	1	,	,	,	,	•	,	,	-	ŀ	,	,	•	•	•	•	•	,	,	•	•	•	•	• •	
	,∆ fe	un ort	nat e (	tur (N	a 0)		9	t A	8	s	/{	s <sub>y</sub>	ď	Γ	З,	50		×,	/d	0	,33	38	δ	0	,86	33		c	t R		A d	.rm eb	atu ole	ira : (0	K)	

Viene calcolato il rapporto x/d fra la profondità dell'asse neutro e l'altezza utile e il coefficiente di ridistribuzione  $\delta$ .

Il valore di x/d può essere utilizzato come criterio progettuale, evitando valori superiori a 0,45 per garantire un minimo di duttilità.

Per il progetto dell'**armatura a taglio** allo SLU secondo le NTC 2008 si può scegliere il valore dell'inclinazione dei puntoni compressi ( $1 < \cot\theta < 2,5$ ). Se si selezione l'opzione "minimizza staffe", il programma sceglie automaticamente il valore massimo di cot $\theta$  compatibile con la resistenza dei puntoni compressi.

Nel caso di progetto senza armatura a taglio (opzione "no staffe"), si deve introdurre il valore  $\rho_1$  della percentuale di armatura longitudinale da considerare nel calcolo della resistenza a taglio.