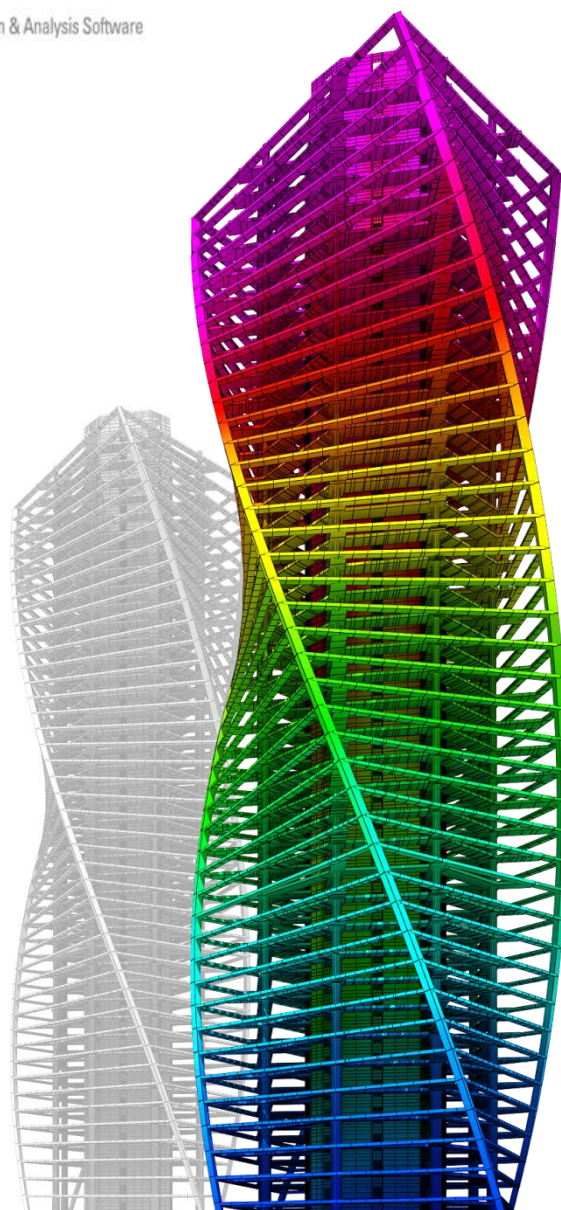




**MIDAS**  
Modeling, Integrated Design & Analysis Software



midas Gen Technical Document

# Auto-mesh & Slab/Wall Design Guide

Tutorial in lingua italiana

Seconda Edizione  
**Ing. Mirco Sanguin**

**CSPFEA**  
ENGINEERING SOLUTIONS

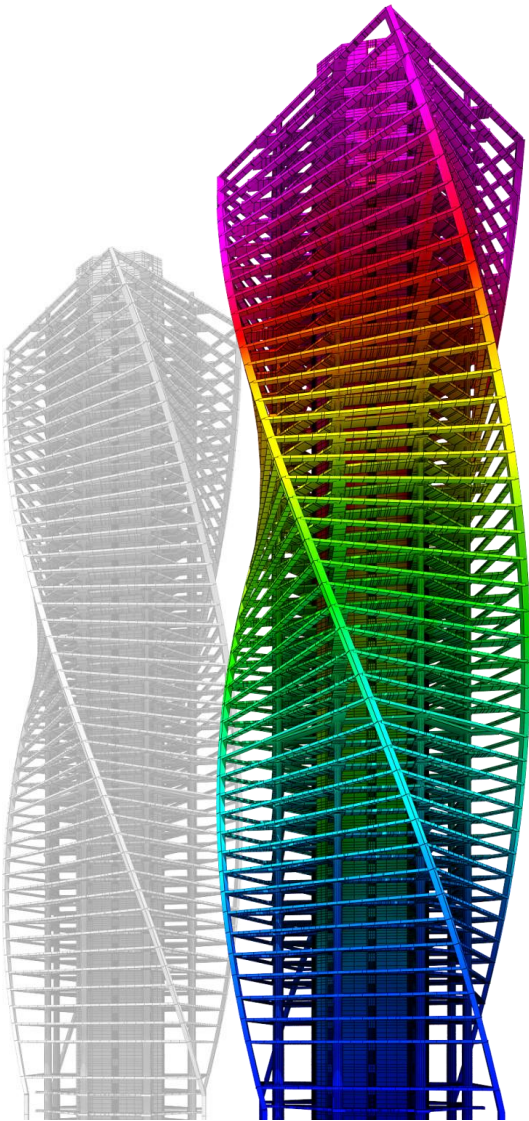
One Stop Solution for Building and General Structures

Con il presente modulo è possibile progettare e verificare  
piastre, solette,platee e pareti.

*Auto-mesh*: Modulo per la creazione di superfici piane composte da elementi plate a 3 o 4 nodi, definendo geometria dell’area, la dimensione degli elementi e la congruenza con la geometria già presente nel modello (cfr. documento specifico).

*Slab/Wall Design*: Progetto e verifica di armatura in accordo con E.C.2 di piastre, platee, pareti in c.a.

Il calcolo dell’armatura viene fatto considerando le sollecitazione trattate con il metodo alla Wood-Armer secondo orientamento qualsiasi dell’armatura di progetto.

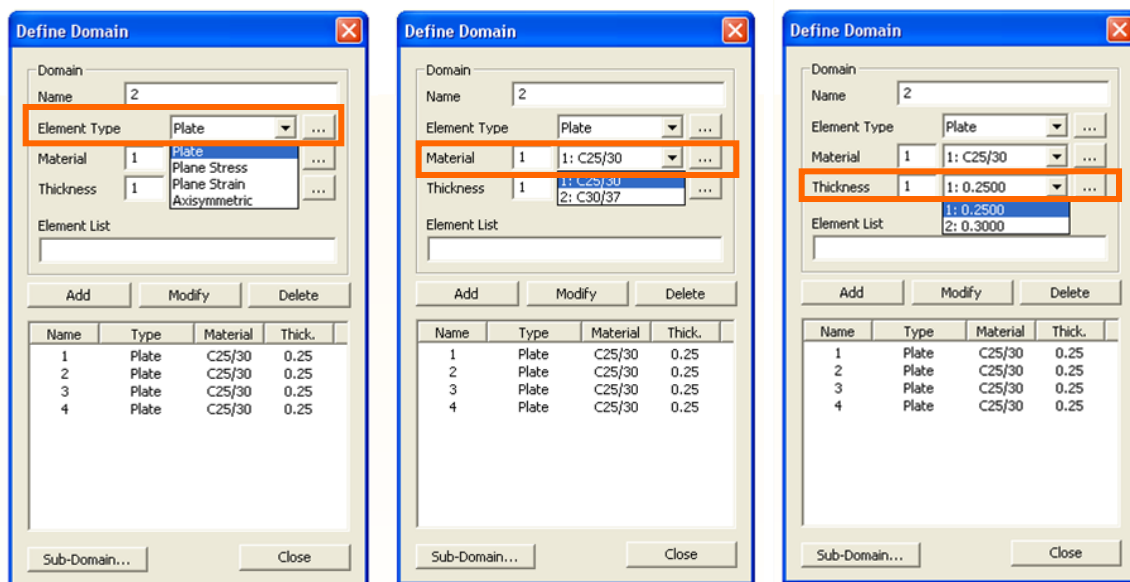


## Indice

<b>Definizioni</b>	
• Dominio .....	3
• Sottodominio.....	3
• Combinazione di carico.....	5
• Tipologia di armatura.....	6
• Parametri S.L.E. ....	6
• Metodi per mediare i risultati.....	8
• Visualizzazione dei risultati.....	9
<b>Slab Design</b>	
• Slab Flexural.....	10
• Metodo del Wood-Armer.....	11
• Valutazione dei risultati .....	12
<b>Slab Check</b>	
• Slab Flexural (6.1 E.C.2).....	13
• Slab Shear (6.4 E.C.2).....	14
• Slab	
• Serviceability.....	16
-Stress checking (7.2 E.C.2).....	16
-Crack control (7.3 E.C.2).....	17
-Deflection (7.4 E.C.2).....	19
<b>Wall Design</b>	
• Wall membran.....	20
• Metodo del Wood-Armer.....	21
• Valutazione dei risultati .....	22
<b>Esempi</b>	
• Piastra irregolare.....	23
• Parete irregolare.....	47
<b>Allegato</b>	
• Punching Shear Check.....	55

## Definizione del dominio (*Domain*) :

Tramite l'*Auto-mesh Planar Area*, si va a definire un dominio;  
ogni dominio deve avere un nome (*Name*),  
deve contenere un' unica tipologia di elementi strutturali piani (*Element Type*),  
deve contenere un unico materiale e deve avere un unico spessore (*Material*, *Thickness*).  
I domini possono essere creati, modificati o cancellati in qualsiasi momento.



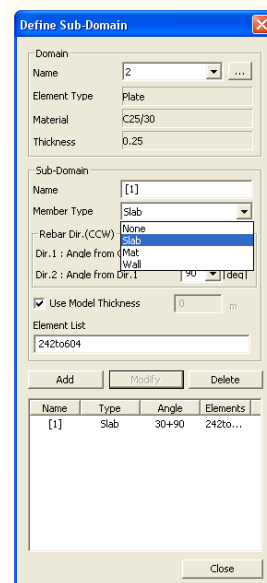
## Definizione dei sottodomini (*Sub-Domains*):

Con la meshatura dell' area si vanno a creare degli elementi finiti che vanno automaticamente a definire un sottodominio.

Ogni sottodominio:

- deve appartenere ad un unico dominio;
- deve avere le stesse caratteristiche (tipologia, materiale e spessore ) del dominio di appartenenza;
- deve avere un' unica *Member Type* che definisce il metodo di verifica da usare;
- può essere creato, modificato o cancellato in qualsiasi momento.

Ogni dominio può contenere più sottodomini.



## Definizione dei sottodomini (*Sub-Domains*):

In ogni sottodominio si possono definire le più generiche direzioni 1 e 2 delle armature, indipendentemente dal sistema di riferimento globale X e Y.

E' possibile quindi creare delle zone caratterizzate da orientamento di armatura diversa.

**Define Sub-Domain**

Domain  
Name: 2  
Element Type: Plate  
Material: C25/30  
Thickness: 0.25

Sub-Domain  
Name: [1]  
Member Type: Slab

Rebar Dir. (CCW)  
Dir. 1 : Angle from Global X: 30 [deg]  
Dir. 2 : Angle from Dir. 1: 30 [deg]  
☒ Use Model Thickness: 30 m  
Element List: 242to604

Add Modify Delete

Name	Type	Angle	Elements
[1]	Slab	30+90	242to...

Close

**Define Sub-Domain**

Domain  
Name: 2  
Element Type: Plate  
Material: C25/30  
Thickness: 0.25

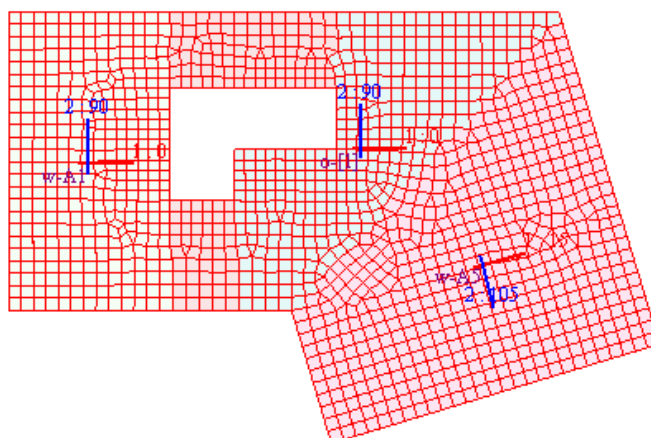
Sub-Domain  
Name: [1]  
Member Type: Slab

Rebar Dir. (CCW)  
Dir. 1 : Angle from Global X: 30 [deg]  
Dir. 2 : Angle from Dir. 1: 90 [deg]  
☒ Use Model Thickness: 30 m  
Element List: 242to604

Add Modify Delete

Name	Type	Angle	Elements
[1]	Slab	30+90	242to...

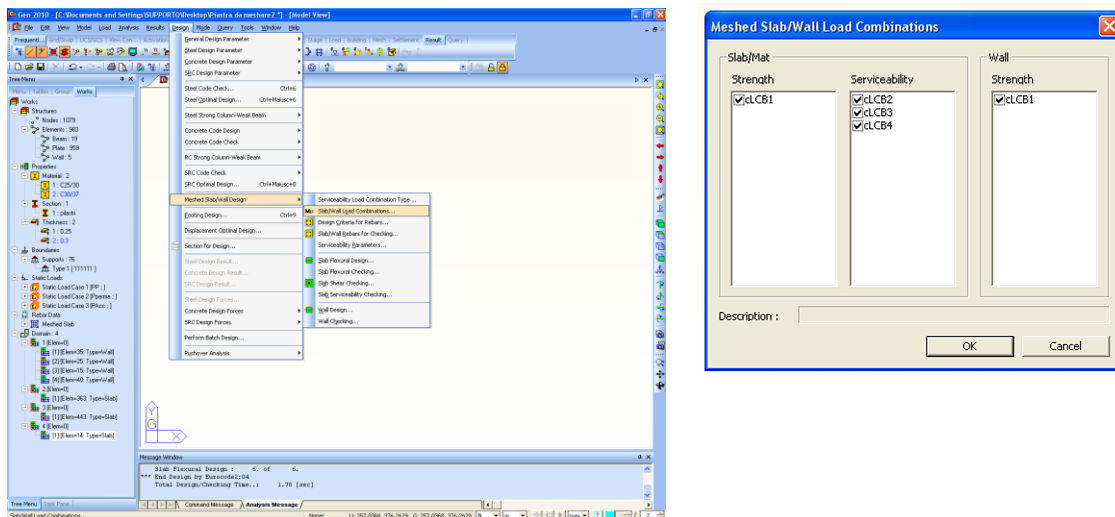
Close





## Slab/Wall Load Combination (Combinazione dei carichi):

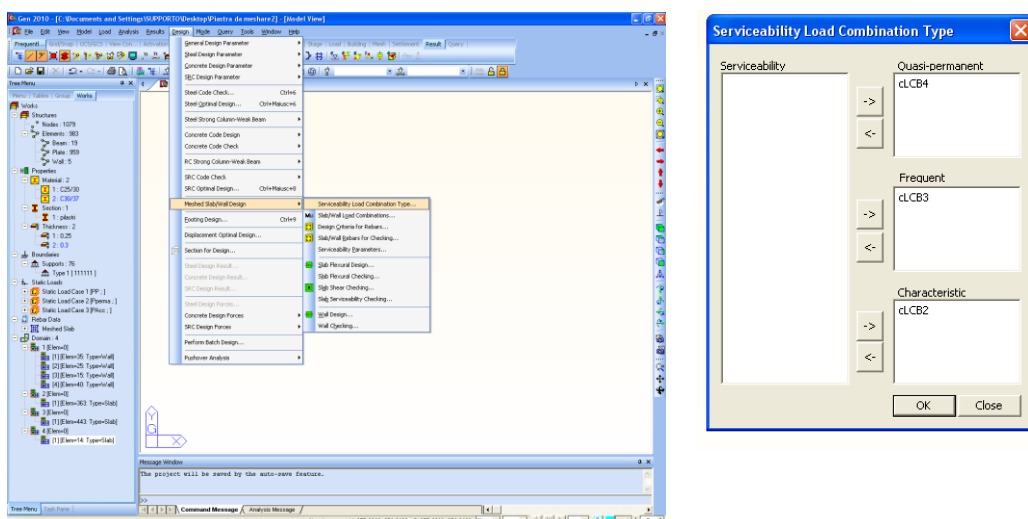
In Design -> Meshed Slab/Wall Design -> Slab/Wall Load Combination bisogna scegliere quali delle combinazioni precedentemente definite si vogliono attivare nel calcolo.



## Serviceability Load Combination Type (Tipologia di combinazione dei carichi):

In Design -> Meshed Slab/Wall Design -> Serviceability Load Combination Type si sceglie quali tra le combinazioni precedentemente create come S.L.E., si vogliono definire come quasi permanenti, frequenti o caratteristiche (rare).

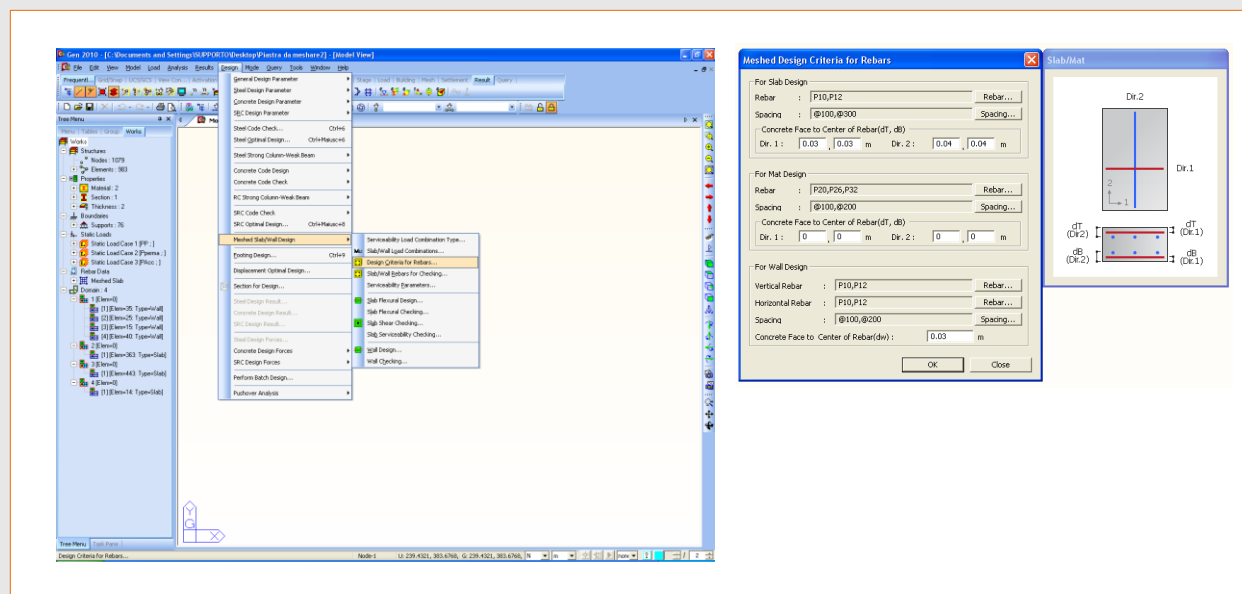
Se queste sono state create tramite l'*auto generation*, verranno automaticamente associate, se invece sono state generate dall'utente, dovranno essere associate manualmente.



## Design Criteria for Rebar (Definizione dell'armatura):

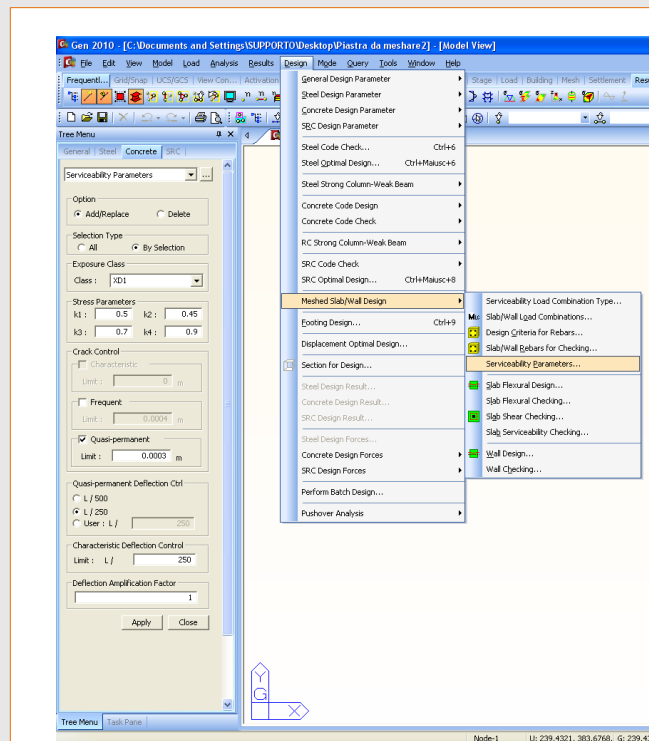
In Design -> Meshed Slab/Wall Design -> Design Criteria for Rebar bisogna scegliere i diametri, i passi e i copriferri con cui si desidera venga proposta un'armatura.

Queste preferenze possono essere diverse a seconda della tipologia di Member Type.



## Serviceability Parameters (Parametri S.L.E.):

In Design -> Meshed Slab/Wall Design -> Serviceability Parameters bisogna scegliere i parametri con cui fare le verifiche S.L.E.



Questi parametri possono essere aggiunti o cancellati, su tutti gli elementi o solo su quelli selezionati.

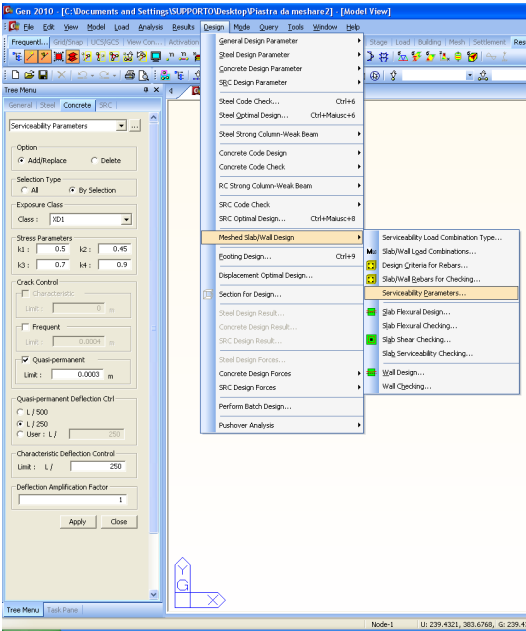
Si può scegliere la classe di esposizione e i valori  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$ ,  $k_4$  necessari per verificare le tensioni.

Di default Gen 2010 propone i valori adottati nell'appendice nazionale del 2005.

I valori di  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$ ,  $k_4$  raccomandati dall'E.C.2, quelli delle NTC 2008 e quelli adottati dalla più recente appendice nazionale sono invece rispettivamente 0.6, 0.45, 0.8, 0.9.

## Serviceability Parameters (Parametri S.L.E.):

Design -> Meshed Slab/Wall Design -> Serviceability Parameters



prospetto 7.1N Valori raccomandati di $w_{max}$ (mm)		
Classe di esposizione	Elementi di calcestruzzo armato normale e precompresso con cavi non aderenti	Elementi precompressi con cavi aderenti
	Combinazione di carico quasi-permanente	
X0, XC1	0,4 <sup>1</sup>	Combinazione di carico frequente
XC2, XC3, XC4	0,3	0,2
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3		0,2 <sup>2</sup>
		Decompressione

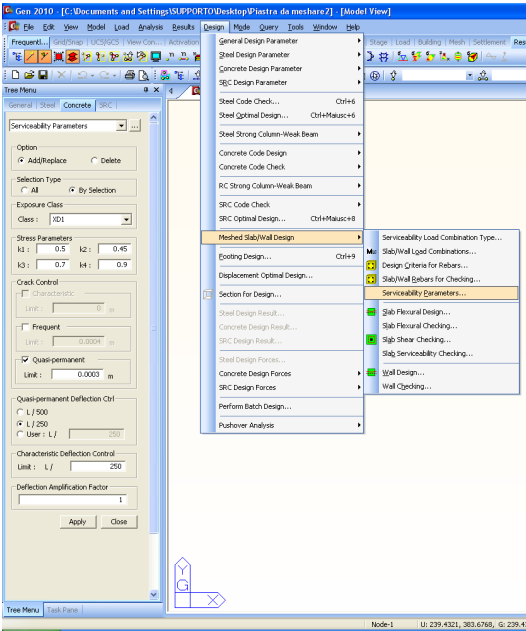
Nota 1 Per le classi di esposizione X0, XC1, l'ampiezza delle fessure non influenza la durabilità e questo limite è posto per garantire un aspetto accettabile. In assenza di requisiti relativi all'aspetto questo limite può essere mitigato.

Nota 2 Per queste classi di esposizione, inoltre, si raccomanda che la decompressione sia verificata sotto la combinazione di carico quasi-permanente.

Si può definire sia per la combinazione frequente, sia per la combinazione quasi permanente, l'ampiezza della fessura limite con cui dopo si farà la verifica (cfr. Par. 7.3.1 del UNI-EN 1992-1-1:2005).

## Serviceability Parameters (Parametri S.L.E.):

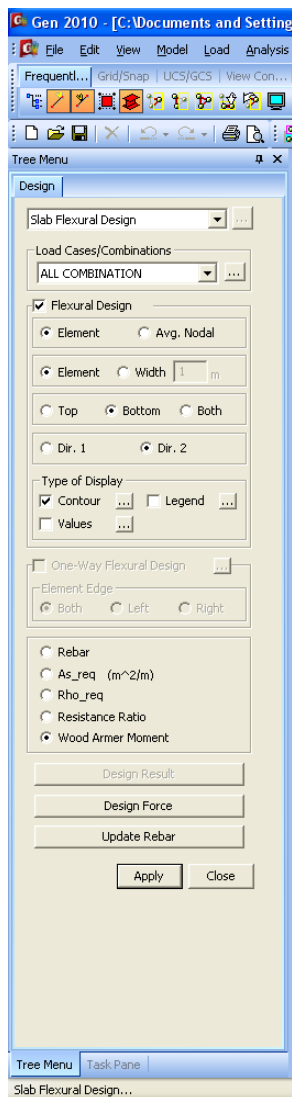
Design -> Meshed Slab/Wall Design -> Serviceability Parameters



Si può inserire il limite del rapporto freccia/luce (f/L) con cui fare le verifiche a deformazione, questo sia per la combinazione rara che per la quasi-permanente. Si può inoltre impostare un fattore di amplificazione.

N.B. Come L si considera il lato minore del rettangolo, con lati paralleli agli assi, circoscritto al dominio in questione.

## Metodi per mediare i risultati (Average result):



Sono disponibili quattro metodi:

### Element & Element:

valori non mediati, in ogni nodo ci sono tanti valori quanti sono gli elementi ad esso collegati;

### Avg. Nodal & Element:

Valore mediato, in ogni nodo c'è un unico valore ottenuto mediando le sollecitazioni di quel nodo negli elementi ad esso collegati;

### Element & Width(1m):

Valori mediati, in ogni nodo ci sono i valori ottenuti mediando le sollecitazioni dei nodi compresi nella fascia di larghezza 1 m;

### Avg. Nodal & Width(1m):

Valore mediato, in ogni nodo c'è un unico valore ottenuto mediando le sollecitazioni già mediate tramite Avg. Nodal & Element dei nodi compresi nella fascia di larghezza 1 m.

Non vengono mediati valori di elementi appartenenti a domini diversi.

### (Example) Design force for Node. EN21

In one plate element, 4 internal forces exist. For the element E2, member forces exist at the node EN21, EN22, EN23 and EN24. Following equations show how the smoothing option works for the node EN21. (Assume that rebar direction is selected as Angle 2 for Width smoothing direction.)

(1) Element + Element:

(2) Avg. Nodal + Element:

(3) Element + Width 2m:

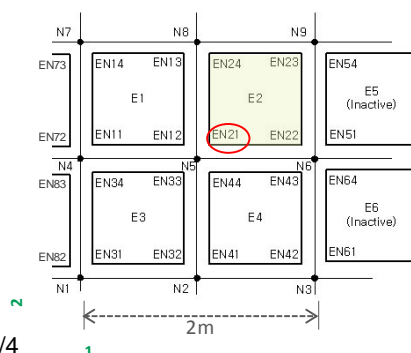
(4) Avg. Nodal + Width 2m:

EN21

$(EN12+EN21+EN33+EN44)/4$

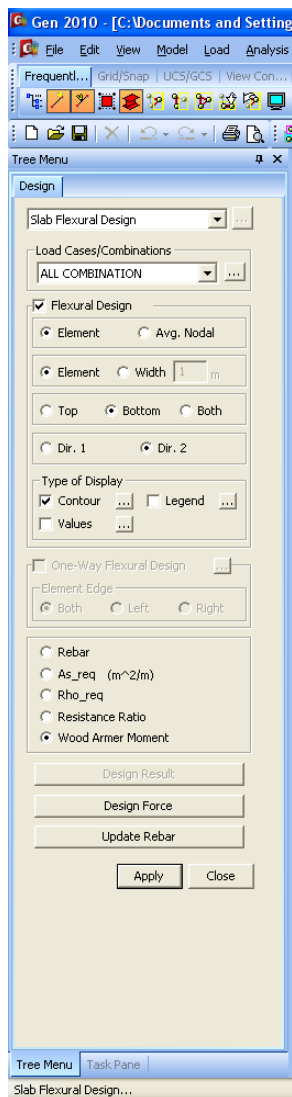
$(EN11+EN12+EN21+EN22)/4$

$\{(EN11+EN34+EN72+EN83)/4 + (EN12+EN21+EN33+EN44)/4 + (EN22+EN43+EN51+EN64)/4\}/3$





## Visualizzazione dei risultati (*Contour*):



Si può decidere di rappresentare solamente i *contour* per la superficie superiore o solamente quella inferiore, o entrambe, sia in direzione 1 o in direzione 2.

Quando sono definite queste scelte si può procedere al calcolo cliccando *Apply*.

Ora è possibile visualizzare tutti i seguenti aspetti:

**Rebar** : quantitativo minimo di armatura, definito tramite un passo e un diametro scelti precedentemente dall'utente, calcolata nei singoli nodi ;

**As\_req** : quantitativo minimo di armatura espresso nell'unità di superficie calcolato nei singoli nodi;

**Rho\_req** : rapporto tra As\_req e Ac;

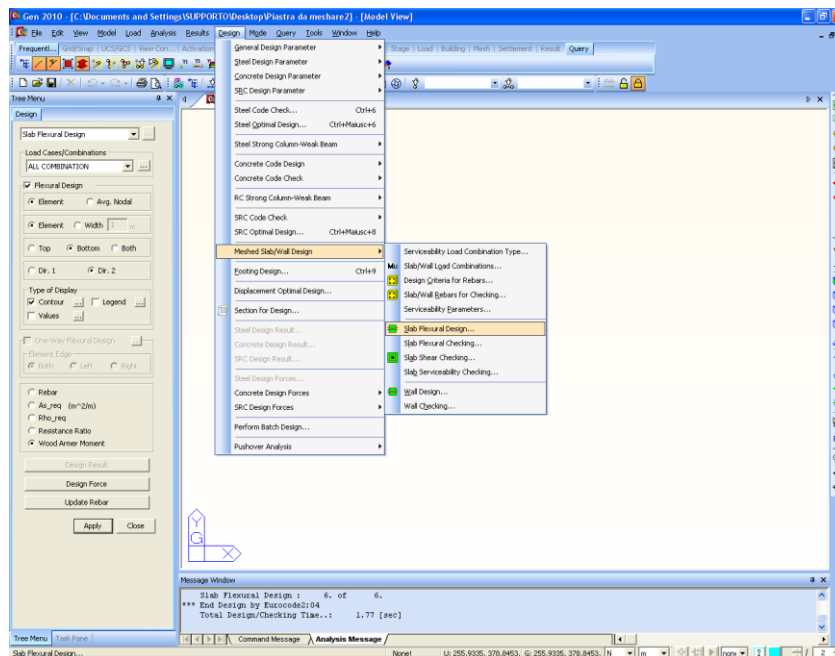
**Resistance Ratio** : Rapporto tra il momento di progetto e il momento resistente;

**Wood Armer Moment** : momento di progetto calcolato con la procedura in seguito descritta.

Con *Update Rebar* si salva l'armatura proposta in un database. Tale armatura rimane a disposizione dell'utente per eventuali modifiche.

## Slab Flexural Design (Progetto armatura soletta a flessione):

Per ottenere i momenti ultimi di calcolo, Wood Armer Moment, bisogna innanzi tutto aprire *Design -> Meshed Slab/Wall Design -> Slab Flexural Design*.

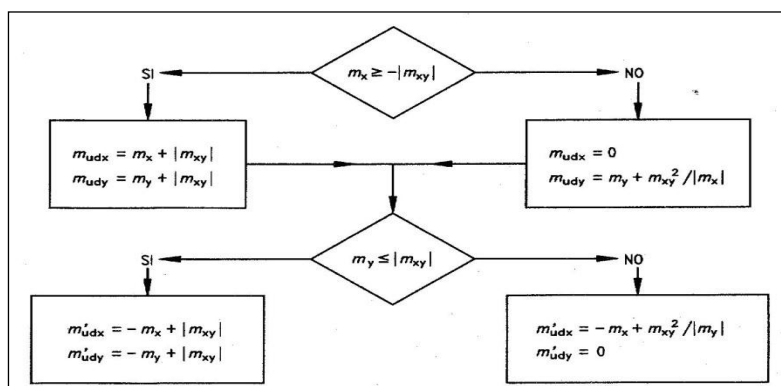


In questa finestra si deve scegliere con quale combinazione tra quelle create in S.L.U. si vuole fare la verifica.

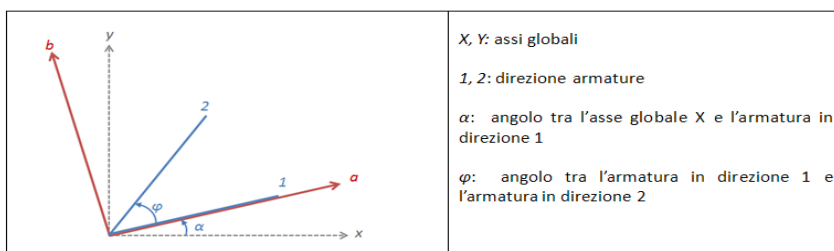
Con *ALL COMBINATION* si considera la combinazione peggiore.

## Momenti ultimi di calcolo: Wood-Armer:

Il metodo Wood-Armer, nella formulazione semplificata proposta nell' E.C.2 cap. A.2.8., è una procedura che prevede l'assegnazione di una quota parte di momento torcente  $m_{xy}$  nelle due direzioni x e y. A volte le esigenze di progettazione costringono il progettista a scegliere un'armatura orientata diversamente dal classico reticolo orizzontale e verticale. Applicando Wood-Armer alla procedura generale si trasformano i momenti principali  $m_{xx}$ ,  $m_{yy}$  e  $m_{xy}$  nei momenti ultimi di calcolo, cioè nuovi valori di sollecitazione che tengono conto di un orientamento dell'armatura qualsiasi.



Procedura da E.C.2 '91 (A.2.8)



$$m_a = \frac{m_{xx} + m_{yy}}{2} + \frac{m_{xx} - m_{yy}}{2} \cos 2\alpha + m_{xy} \sin 2\alpha$$

$$m_b = \frac{m_{xx} - m_{yy}}{2} - \frac{m_{xx} + m_{yy}}{2} \cos 2\alpha - m_{xy} \sin 2\alpha$$

$$m_{ab} = -\frac{m_{xx} - m_{yy}}{2} \sin 2\alpha + m_{xy} \cos 2\alpha$$

[Bottom Rebar]

$$m_{ud1} = m_a - m_b \frac{\cos \varphi}{1 + \cos \varphi} + m_{ab} \frac{1 - 2 \cos \varphi}{\sin \varphi}$$

$$m_{ud2} = m_b \frac{1}{1 + \cos \varphi} + m_{ab} \frac{1}{\sin \varphi}$$

When  $m_{ud1} < 0$  and  $m_{ud2} > 0$ ,  
 $m_{ud1} = 0$   
 $m_{ud2} = \max \left\{ 0, \frac{m_a m_b - m_{ab}^2}{m_a (\sin \varphi)^2 + m_b (\cos \varphi)^2 - m_{ab} \sin 2\varphi} \right\}$

When  $m_{ud1} > 0$  and  $m_{ud2} < 0$ ,  
 $m_{ud1} = \max \left\{ 0, m_a - \frac{m_{ab}^2}{m_b} \right\}$   
 $m_{ud2} = 0$

When  $m_{ud1} < 0$  and  $m_{ud2} < 0$ ,  
 $m_{ud1} = 0$   
 $m_{ud2} = 0$

Top Rebar]

$$m'_{ud1} = m_a + m_b \frac{\cos \varphi}{1 - \cos \varphi} - m_{ab} \frac{1 + 2 \cos \varphi}{\sin \varphi}$$

$$m'_{ud2} = m_b \frac{1}{1 - \cos \varphi} - m_{ab} \frac{1}{\sin \varphi}$$

When  $m'_{ud1} > 0$  and  $m'_{ud2} < 0$ ,  
 $m'_{ud1} = 0$   
 $m'_{ud2} = \min \left\{ 0, \frac{m_a m_b - m_{ab}^2}{m_a (\sin \varphi)^2 + m_b (\cos \varphi)^2 - m_{ab} \sin 2\varphi} \right\}$

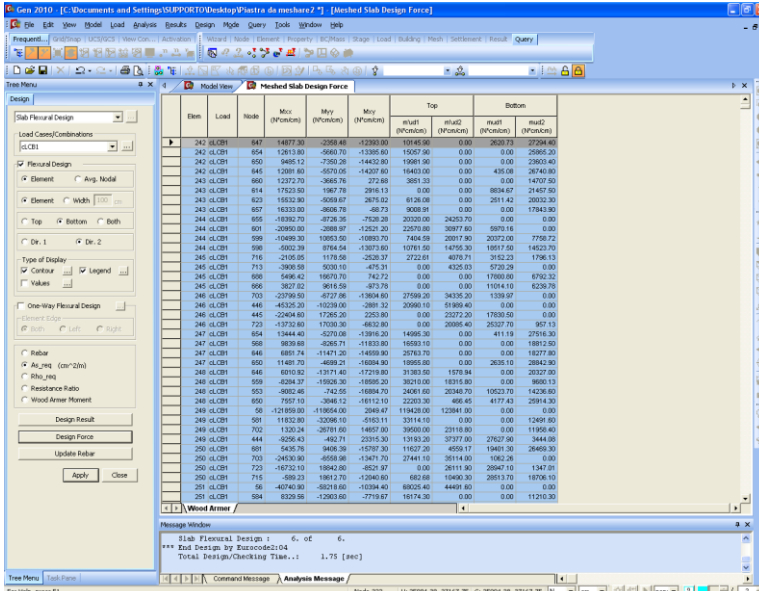
When  $m'_{ud1} < 0$  and  $m'_{ud2} > 0$ ,  
 $m'_{ud1} = \min \left\{ 0, m_a - \frac{m_{ab}^2}{m_b} \right\}$   
 $m'_{ud2} = 0$

When  $m'_{ud1} > 0$  and  $m'_{ud2} > 0$ ,  
 $m'_{ud1} = 0$   
 $m'_{ud2} = 0$

Procedura implementata da MidasGen2010

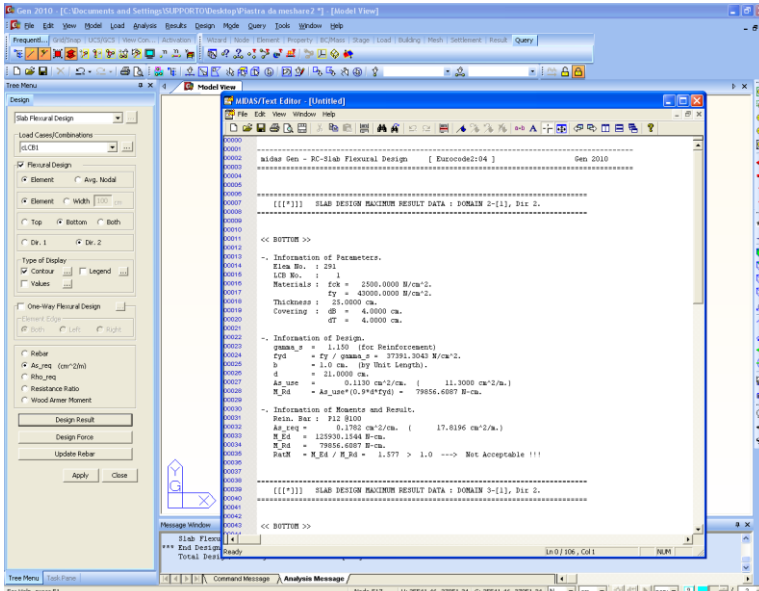
## Valutazione dei Risultati:

Con *Design Force* si crea una tabella tipo excel dove, per ogni nodo visualizzato al momento in cui si è effettuata l'analisi, vengono visualizzati tutti i valori dei momenti sollecitanti e tutti i valori di wood armer moment.



Element	Load	Node	Mx (N/m)	My (N/m)	Mx2 (N/m)	My2 (N/m)	Mx3 (N/m)	My3 (N/m)
242	1.000	647	14877.30	-2098.48	-12960.00	10145.00	0.00	2620.73
242	1.000	654	12611.80	-2660.70	-13365.00	15027.00	0.00	2586.20
242	1.000	650	9485.12	-7550.28	-14452.00	19691.00	0.00	2360.45
242	1.000	645	12091.60	-5970.05	-14207.00	18403.00	0.00	435.08
243	1.000	660	12372.70	-3864.76	-272.00	2651.20	0.00	14701.60
243	1.000	614	17223.50	1987.78	2916.13	0.00	0.00	8834.67
243	1.000	623	18532.80	-5059.67	2875.02	8136.00	0.00	2511.42
243	1.000	607	16333.00	-8068.78	-68.73	9008.84	0.00	17843.80
244	1.000	655	18392.70	-8728.35	-7828.28	20200.00	34253.70	0.00
244	1.000	601	-20960.00	-2068.97	-7252.20	22574.00	28877.60	5891.14
244	1.000	599	-10499.30	15953.50	-10993.70	7404.98	20072.00	7756.72
244	1.000	598	-4502.39	5764.54	-1307.90	10781.50	14755.30	16517.60
245	1.000	716	-2109.85	1178.58	-2526.37	2722.81	4076.71	3152.23
245	1.000	713	-3908.58	9300.10	-475.31	0.00	4325.83	5720.29
245	1.000	668	5486.42	16970.70	742.22	0.00	0.00	17860.00
245	1.000	666	3627.62	9616.58	-475.70	0.00	0.00	11014.10
246	1.000	703	-23796.80	-4272.86	-1364.80	27598.20	34205.20	1359.87
246	1.000	446	-45325.30	-10329.00	-2689.32	20666.10	51866.40	0.00
246	1.000	445	-22404.60	17265.20	2253.80	0.00	25372.20	17839.50
246	1.000	723	-13733.80	17038.35	-4613.80	0.00	20065.40	25327.70
247	1.000	654	13444.40	-5270.08	-13916.20	14695.30	0.00	4111.19
247	1.000	598	9839.88	-5265.71	-11833.80	15553.10	0.00	19812.80
247	1.000	646	8893.74	-11471.26	-14599.80	20783.70	0.00	16277.80
247	1.000	650	11487.70	-4699.21	-16984.90	19955.00	0.00	2635.10
248	1.000	546	6010.92	-3771.40	-17219.00	37185.00	1575.84	0.00
248	1.000	599	-8284.37	-19526.20	-10955.20	30210.00	18315.80	0.00
248	1.000	553	-8002.48	-742.55	-16884.70	24061.00	25340.70	10523.70
248	1.000	650	7957.10	3568.12	-18112.10	22203.30	498.45	4177.43
249	1.000	591	11162.90	-3266.15	-5161.10	33114.10	0.00	12469.60
249	1.000	702	1320.34	-38781.60	14657.00	35500.00	23110.80	0.00
249	1.000	444	-6256.43	-482.71	23315.30	13130.20	37377.60	2762.60
250	1.000	601	5456.78	8408.38	-15787.50	11627.20	4559.17	1981.30
250	1.000	703	-2453.90	-4658.88	-13471.70	27441.10	38114.00	1082.26
250	1.000	723	-16753.10	18642.45	-463.97	0.00	28111.80	29647.10
250	1.000	716	-580.23	1981.70	-12046.60	682.68	19490.30	28113.70
251	1.000	56	-40740.80	-35211.60	-10394.40	69025.40	44461.80	0.00
251	1.000	584	8320.88	-23603.60	-7718.67	10174.50	0.00	11210.35

Con *Design Result* si crea un file text dove sono riportati, i dati e le equazioni usate per determinare i risultati delle verifiche effettuate nei nodi maggiormente sollecitati tra quelli visualizzati (*con activate*) o per ogni dominio.



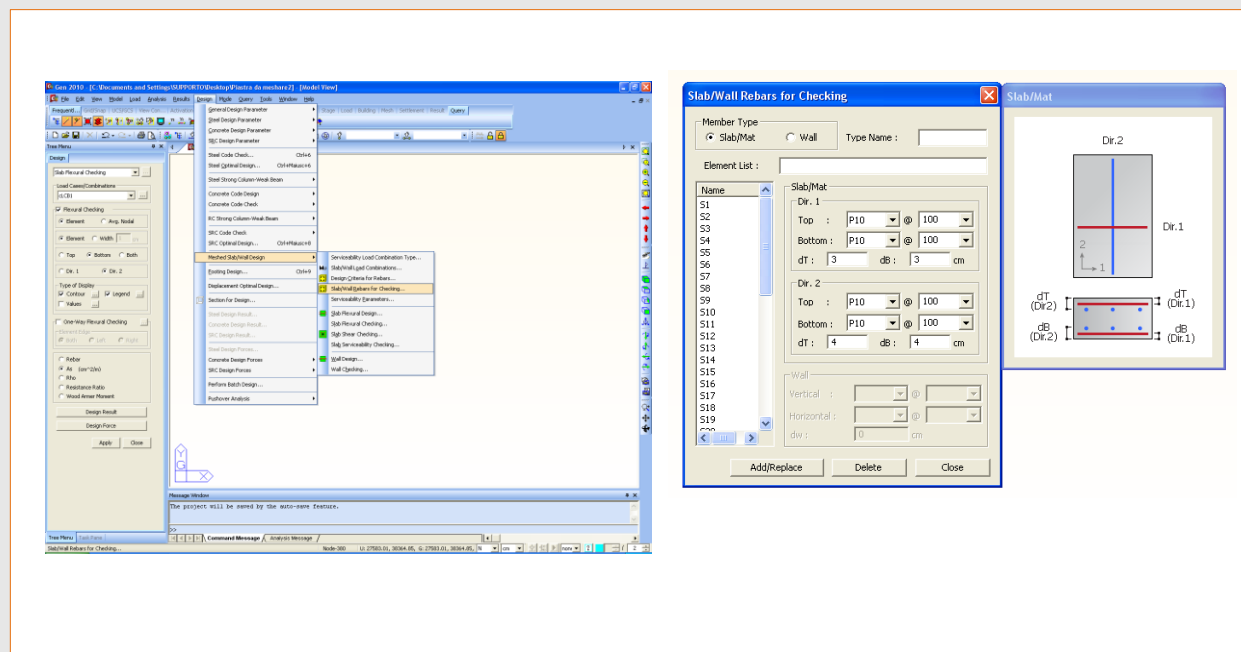
```

midas Gen - RC-Slab Final Design [ Eurocode2:14 ] Gen 2010
=====
[[[F]]] SLAB DESIGN MAXIMUM RESULT DATA : DOMAIN 2-11, Dir. 2.
=====
<< BOTTOM >>
- Information of Parameters.
  Elem No. : 291
  LCB No. : 1
  Materials : fck = 25000.0000 N/cm².
              fy = 43000.0000 N/cm².
  Thickness : 25.0000 cm.
  Covering : ds = 4.0000 cm.
              dt = 4.0000 cm.
- Information of Design.
  gamma_s = 1.150 (for Reinforcement)
  fyk = fy / gamma_s = 37781.3682 N/cm².
  b = 1.0 cm. (by Unit Length).
  s = 21.0000 cm.
  As_req = 0.1130 cm²/2/c. ( 11.3000 cm²/2/c.)
  R_Rd = As_req * (0.9 * fyk) = 78956.6087 N-cm.
- Information of Results and Result.
  Rein. Rat : 0.12 0.00
  As_req = 0.1763 cm²/2/c. ( 17.6396 cm²/2/c.)
  R_Rd = 123599.1344 N-cm.
  R_Rd = 78956.6087 N-cm.
  Ratio = R_Rd / R_Rd = 1.577 > 1.0 ----> Not Acceptable !!!
=====
[[[F]]] SLAB DESIGN MAXIMUM RESULT DATA : DOMAIN 3-11, Dir. 2.
=====
<< BOTTOM >>
  
```



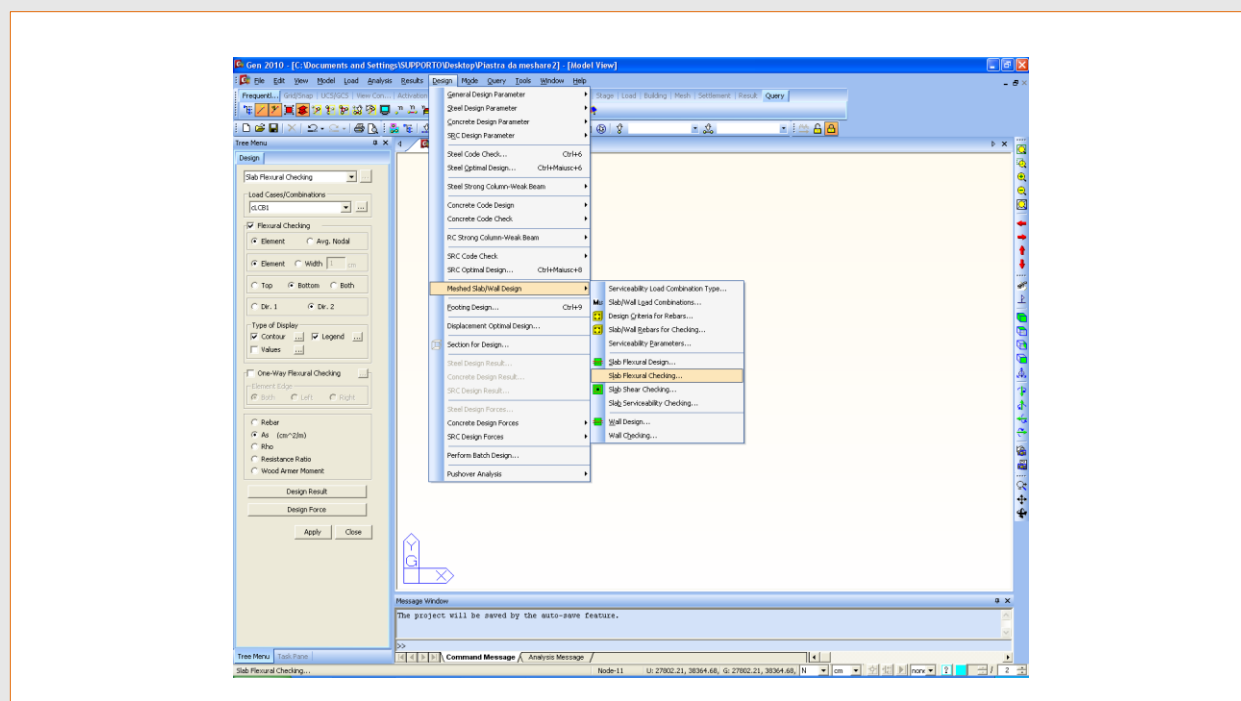
## Slab/Wall Rebar for Checking (Armatura per la verifica):

In Design -> Meshed Slab/Wall Design -> Slab/Wall Rebar for Checking è possibile, per ogni elemento, modificare l'armatura proposta con una scelta dall'utente.



## Slab Flexural Checking (Verifica armatura piastra):

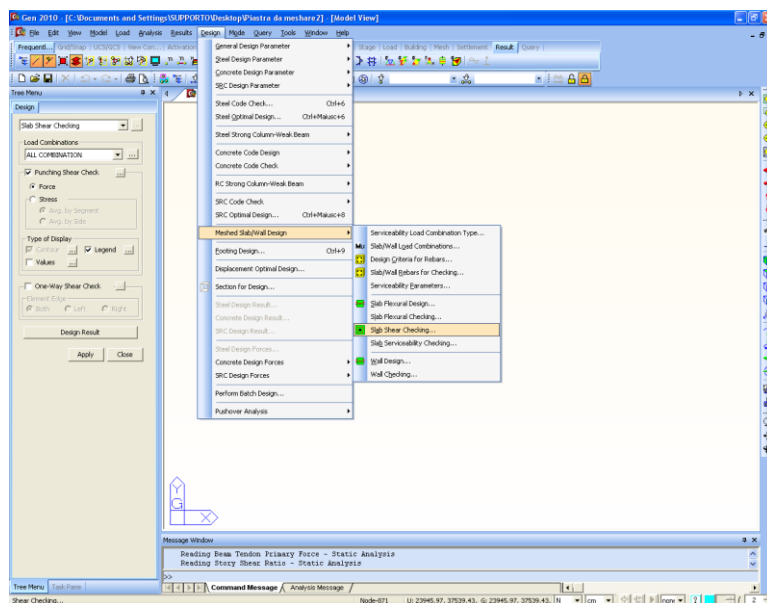
In Design -> Meshed Slab/Wall Design -> Slab Flexural Checking è possibile rieffettuare la verifica con l'armatura modificata e ricontrrollare tutti gli aspetti precedentemente definiti.



## Slab Shear Checking (Verifica a taglio/punzonamento):

In Design -> Meshed Slab/Wall Design -> Slab Shear Checking è possibile effettuare la verifica a punzonamento.

Midas/Gen2010 riconosce se il pilastro è interno, di bordo o d'angolo (cfr. Par. 6.4 del UNI-EN 1992-1-1:2005).



Sono implementate due procedure:

una da E.C.2, che prevede il confronto tra una tensione di taglio resistente e una tensione di taglio sollecitante uniforme in tutto il perimetro di verifica,  
l'altra dove il confronto viene con una tensione di taglio sollecitante calcolata puntualmente nel perimetro di verifica.

**Force:** verifica di resistenza (alle tensioni) considerando il Taglio di progetto  $V_{ed}$  e il Taglio Resistente  $V_{Rd,c}$ .

NB: Considera l'eccentricità del pilastro col proprio verso riconoscendo così la giusta procedura da applicare al Par. 6.4 del UNI-EN 1992-1-1:2005.

$$V_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_1 d} \quad (6.38)$$

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \geq (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) \quad (6.47)$$

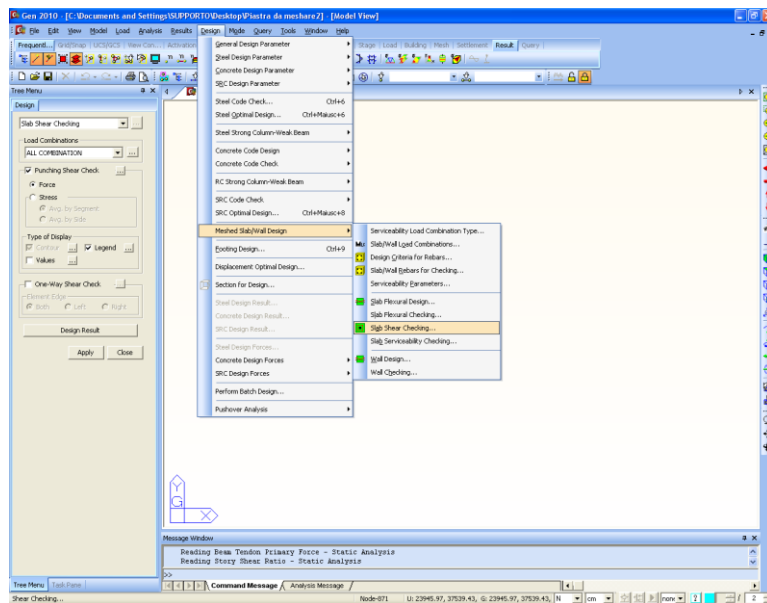
**Stress:** verifica di resistenza con il confronto di tensioni lungo il perimetro di verifica:

-Avg. by Segment: la tensione agente è variabile a tratti lungo il perimetro di verifica. Il valore utilizzato nella verifica è il massimo valore tra tutti i valori medi di ciascun tratto.

-Avg. by Side: Il valore di tensione utilizzato nella verifica è un valor medio ponderato (calcolato come l'integrale complessivo del diagramma lungo il perimetro, diviso la lunghezza del perimetro stesso)

Maggiori spiegazioni: cfr. Allegato

## Slab Shear Checking (Verifica a taglio/punzonamento):



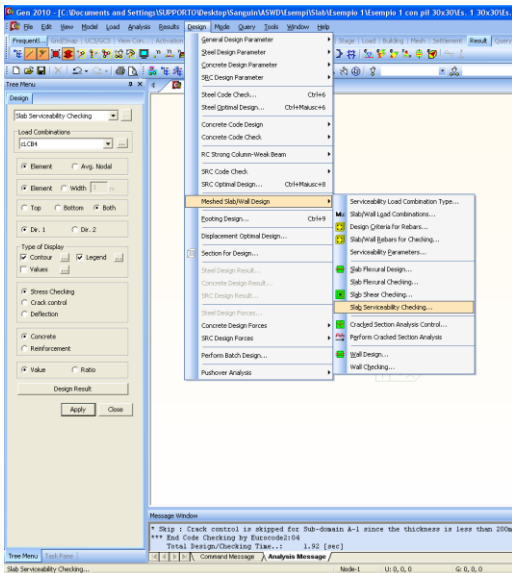
Con il metodo *force* viene effettuata anche la verifica di resistenza in adiacenza ai pilastri (cfr. par. 6.4.5(3) del UNI-EN 1992-1-1:2005).

Se questa verifica non dovesse essere soddisfatta nel *contour* grafico viene riportato un valore della *Ratio* pari a 99,9 mentre nel report testuale "*Design Result*" viene riportato il reale valore calcolato. Se la verifica non è soddisfatta sarà necessario aumentare lo spessore della piastra o la sezione del pilastro.

### Slab Serviceability Checking (Verifica agli S.L.E.):

In *Design* -> *Meshed Slab/Wall Design* -> *Slab Serviceability Checking* è possibile effettuare le verifiche S.L.E.

## STRESS CHECKING



**Stress Checking** : Fornisce il valore (*Value*) della tensione nel cls (*Concrete*) o nelle armature (*Reinforcement*) e anche il rapporto (*Ratio*) con la relativa tensione ammissibile.  
(cfr. par. 7.2 del UNI-EN 1992-1 1:2005).

Anche se la normativa prevede che le tensioni siano verificate sotto la combinazione caratteristica (rara) è possibile ottenere i risultati anche per le altre combinazioni definite in S.L.E.

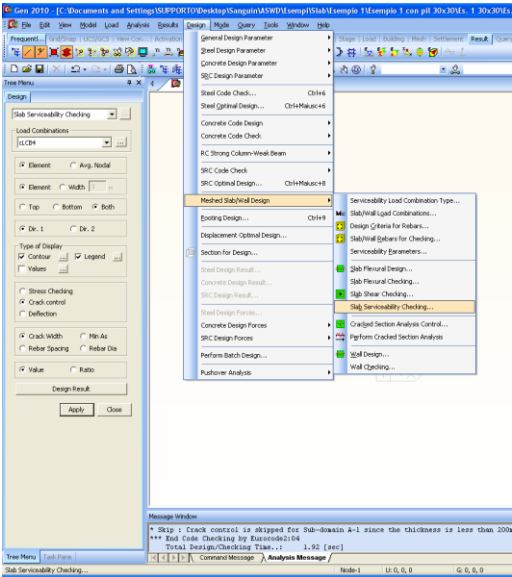
N.B. : La compressione nel cls ha segno positivo; il contour delle tensioni di compressione del calcestruzzo viene rappresentato sul lato dell'acciaio teso; questa rappresentazione è voluta per permettere di controllare semplicemente armatura tesa e il relativo calcestruzzo compresso (analoga convenzione avviene sulle travi).



Slab Serviceability Checking (Verifica agli S.L.E.):

In Design -> Meshed Slab/Wall Design -> Slab Serviceability Checking è possibile effettuare le verifiche S.L.E.

CRACK CONTROL



La funzione *Crack control*, è attiva solo per elementi con spessore maggiore di 200 mm (cfr. par. 7.3.3(1) del UNI-EN 1992-1-1:2005) e sotto la combinazione di carico quasi permanente (cfr. pros.7.1N del UNI-EN 1992-1-1:2005).

7.3.3 Verifica della fessurazione senza calcolo diretto

- (1) Per piastre di calcestruzzo armato ordinario o precompresso di edifici, soggette a flessione senza trazione assiale significativa, non sono necessari provvedimenti specifici per limitare la fessurazione se l'altezza totale non è maggiore di 200 mm e sono state applicate le disposizioni del punto 9.3.

prospetto 7.1N Valori raccomandati di  $w_{max}$  (mm)

Classe di esposizione	Elementi di calcestruzzo armato normale e precompresso con cavi non aderenti	Elementi precompressi con cavi aderenti
	Combinazione di carico quasi-permanente	Combinazione di carico frequente
X0, XC1	0,4 <sup>1</sup>	0,2
XC2, XC3, XC4		0,2 <sup>2</sup>
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3	0,3	Decompressione

Nota 1 Per le classi di esposizione X0, XC1, l'ampiezza delle fessure non influenza la durabilità e questo limite è posto per garantire un aspetto accettabile. In assenza di requisiti relativi all'aspetto questo limite può essere mitigato.

Nota 2 Per queste classi di esposizione, inoltre, si raccomanda che la decompressione sia verificata sotto la combinazione di carico quasi-permanente.

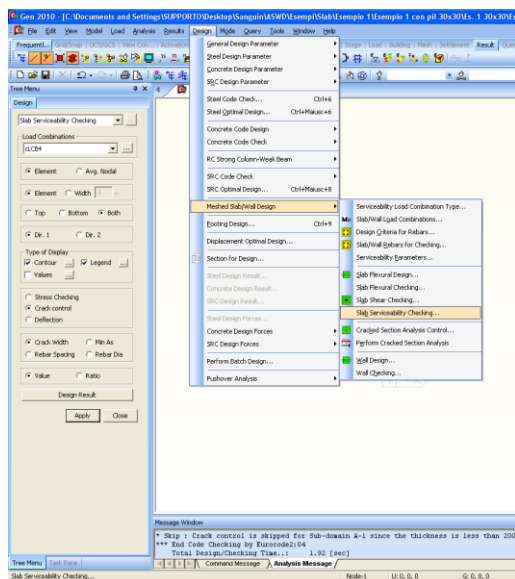
*Crack Width*: fornisce il valore dell'ampiezza delle fessure e il rapporto di queste con il valore di fessura ammissibile (cfr. par. 7.3.4 del UNI-EN 1992-1-1:2005 )

$$w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) \tag{7.8}$$

## Slab Serviceability Checking (Verifica agli S.L.E.):

In Design -> Meshed Slab/Wall Design -> Slab Serviceability Checking è possibile effettuare le verifiche S.L.E.

### CRACK CONTROL



$Min A_s$  : fornisce il valore dell'area minima di armatura nella zona tesa e il rapporto di questa con il valore dell'area proposta

(cfr. par. 7.3.2 del UNI-EN 1992-1-1:2005).

$$A_{s,min} \sigma_s = k_c k_{ct,eff} A_{ct} \quad (7.1)$$

**Rebar Spacing:** fornisce il valore del passo massimo tra le armature e il rapporto di questo con il valore del passo proposto

(cfr. prosp. 7.3N del UNI-EN 1992-1-1:2005).

prospetto 7.3N Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione<sup>1)</sup>

Tensione nell'acciaio <sup>2)</sup> [MPa]	Spaziatura massima delle barre [mm]		
	$w_k = 0,4 \text{ mm}$	$w_k = 0,3 \text{ mm}$	$w_k = 0,2 \text{ mm}$
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

Per le note vedere prospetto 7.2N.

**Rebar Dia:** fornisce il valore del diametro massimo delle armature e il rapporto di questo con il valore del diametro proposto

(cfr. prosp. 7.2N del UNI-EN 1992-1-1:2005).

prospetto 7.2N Diametri massimi delle barre  $\phi_s$  per il controllo della fessurazione<sup>1)</sup>

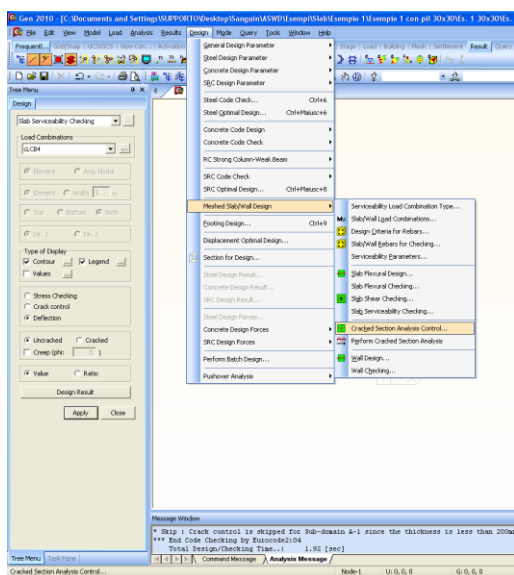
Tensione nell'acciaio <sup>2)</sup> [MPa]	Diametro massimo delle barre [mm]		
	$w_k = 0,4 \text{ mm}$	$w_k = 0,3 \text{ mm}$	$w_k = 0,2 \text{ mm}$
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	5
400	8	6	4
450	6	5	-

- 1) I valori nel prospetto sono basati sulle seguenti assunzioni:  
 $c = 25 \text{ mm}$ ;  $f_{ct,eff} = 2,9 \text{ MPa}$ ;  $f_{td} = 0,5$ ;  $(h - d) = 0,1 \text{ h}$ ;  $k_1 = 0,8$ ;  $k_2 = 0,5$ ;  $k_3 = 0,4$ ;  $k_4 = 1,0$ ;  $k_5 = 0,4$  e  $k' = 1,0$ .  
 2) Sotto la combinazione di carico pertinente.

## Slab Serviceability Checking (Verifica agli S.L.E.):

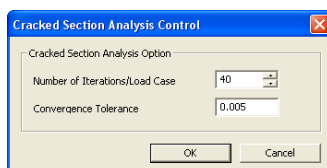
In Design -> Meshed Slab/Wall Design -> Slab Serviceability Checking è possibile effettuare le verifiche S.L.E.

### DEFLECTION



E' possibile eseguire la verifica dell'inflessione sia considerando l'abbassamento istantaneo elastico, sia considerando l'effetto della viscosità (*Creep*) definendo il coeff.  $\phi$ .

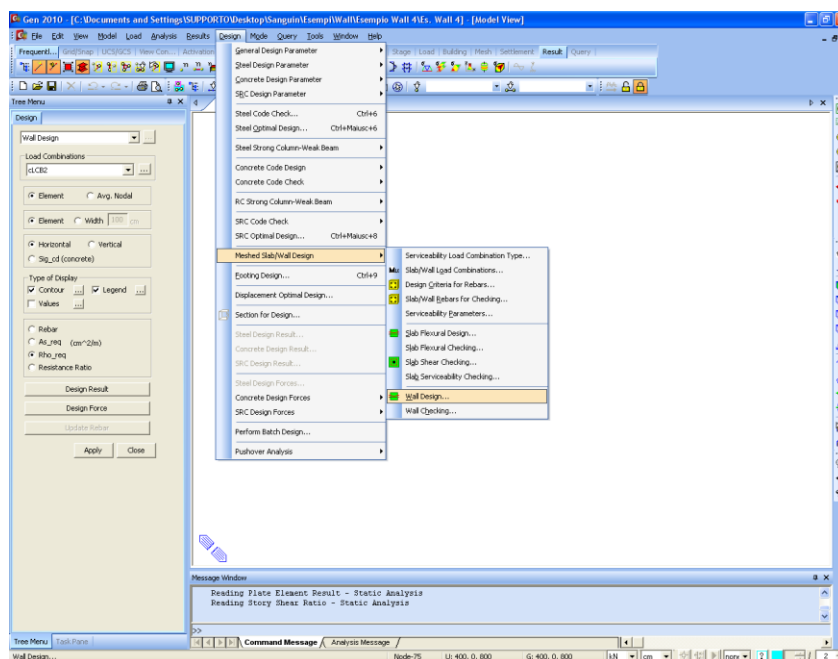
Attraverso un calcolo non lineare, definendo il numero di iterazioni e la tolleranza desiderata, si può ottenere l'abbassamento considerando la sezione fessurata, istantanea o viscosa.



Si può trovare il valore dell'inflessione di tutti i nodi e il valore del rapporto col valore di inflessione limite definito dall'utente precedentemente.

## Wall Design (Progetto armatura parete a membrana):

Per ottenere le sollecitazioni ultime di calcolo, alla Wood Armer, bisogna innanzi tutto aprire *Design -> Meshed Slab/Wall Design -> Wall Design*.



In questa finestra si deve scegliere con quale combinazione tra quelle create in S.L.U. si vuole fare la verifica.

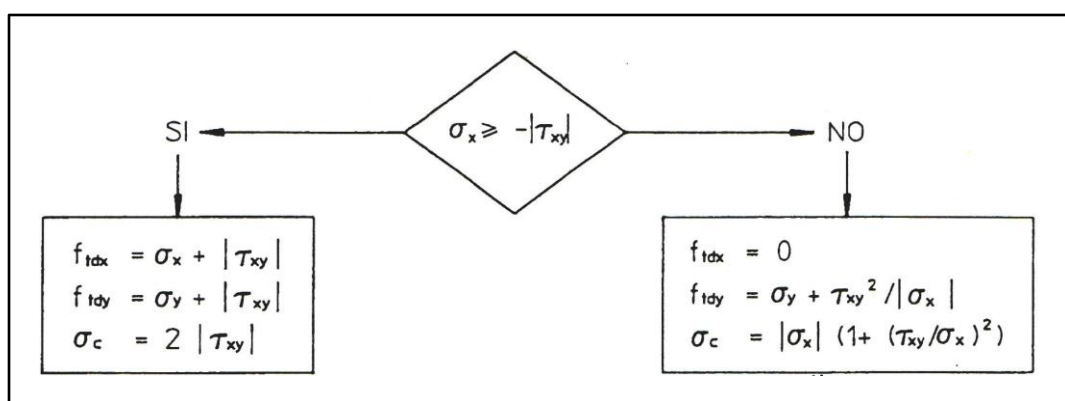
Con *ALL COMBINATION* si considera la combinazione peggiore.



## Tensioni ultime di calcolo: Wood-Armer:

Analogamente per le pareti, si applica il metodo di Wood-Armer, come da formulazione proposta nell' E.C.2 cap. A.2.8. nella quale è prevista la scomposizione della tensione torcente  $\tau_{xy}$  secondo le direzioni principali individuate dagli assi X e Y andando così ad incrementare le corrispondenti tensioni  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ . Diversamente dalle piastre, nel caso di pareti si ragiona in termini di sollecitazioni membranali, escludendo quindi le componenti di sollecitazione ortogonali al piano (T e M fuori piano).

Applicando Wood-Armer si trasformano quindi gli sforzi membranali principali  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  e  $\tau_{xy}$  nelle sollecitazioni ultime di calcolo con le quali ci si dimensiona l'armatura.



Procedura da E.C.2 '91 (A.2.9)

$$\begin{aligned}
 &\text{per } \sigma_{Edx} \leq |\tau_{Edxy}| \\
 &f'_{tdx} = |\tau_{Edxy}| - \sigma_{Edx} \\
 &f'_{tdy} = |\tau_{Edxy}| - \sigma_{Edy} \\
 &\sigma_{cd} = 2|\tau_{Edy}| \\
 &\text{Per } \sigma_{Edx} > |\tau_{Edxy}| \\
 &f'_{tdx} = 0 \\
 &f'_{tdy} = \frac{\tau_{Edxy}^2}{\sigma_{Edx}} - \sigma_{Edy} \\
 &\sigma_{cd} = \sigma_{Edx} \left( 1 + \left( \frac{\tau_{Edxy}}{\sigma_{Edx}} \right)^2 \right)
 \end{aligned}$$

Procedura implementata da MidasGen2010  
riportata in UNI EN 1992-1-1 APPENDICE F

## Valutazione dei Risultati:

Con *Design Force* si apre la tabella delle sollecitazioni dove, per ogni nodo visualizzato, vengono riportati i valori degli sforzi sollecitanti e tutti i valori degli sforzi ultimi di calcolo nonché la pressione a cui è sottoposto il calcestruzzo.

Elem	Load	Node	Fxx (N/mm²)	Fyy (N/mm²)	Fxy (N/mm²)	Mxx (N/mm²)	Myy (N/mm²)	Mxy (N/mm²)	Sxx (N/mm²)	Syy (N/mm²)
2 (LCR2)	149	231	-0.13	-0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2 (LCR2)	150	136	0.36	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2 (LCR2)	79	673	0.50	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2 (LCR2)	77	679	0.80	-0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6 (LCR2)	272	-6.23	1.80	1.37	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6 (LCR2)	304	0.04	3.16	1.43	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6 (LCR2)	280	0.21	3.16	1.87	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6 (LCR2)	273	-0.06	1.83	1.81	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6 (LCR2)	269	-0.41	7.00	2.40	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7 (LCR2)	303	-1.32	2.53	2.92	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7 (LCR2)	304	-0.03	2.76	1.09	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7 (LCR2)	272	0.89	7.35	0.87	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13 (LCR2)	297	-7.89	-0.64	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13 (LCR2)	296	-7.80	-0.23	2.04	0.00	0.23	0.41	0.00	0.00	0.00
13 (LCR2)	316	-2.96	0.74	2.20	0.52	0.15	0.44	0.00	0.00	0.00
13 (LCR2)	323	-3.06	0.33	0.27	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15 (LCR2)	303	1.86	3.00	2.33	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15 (LCR2)	320	0.42	-0.10	1.93	0.15	0.21	0.39	0.00	0.00	0.00
15 (LCR2)	314	-0.57	-0.36	0.66	0.12	0.10	0.13	0.00	0.00	0.00
15 (LCR2)	304	0.96	2.80	1.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17 (LCR2)	155	0.31	-0.41	0.52	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17 (LCR2)	88	0.27	-0.95	0.42	0.02	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00
17 (LCR2)	87	-0.06	-1.01	0.21	0.03	0.12	0.04	0.00	0.00	0.00
17 (LCR2)	154	0.05	-0.46	0.31	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18 (LCR2)	140	0.96	0.27	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18 (LCR2)	147	0.04	0.07	1.53	0.00	0.15	0.31	0.00	0.00	0.00
18 (LCR2)	75	2.52	0.39	1.45	0.00	0.05	0.34	0.00	0.00	0.00
18 (LCR2)	74	2.96	0.58	0.82	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00
21 (LCR2)	152	-0.16	0.80	-0.42	0.04	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
21 (LCR2)	84	-0.19	0.64	-0.24	0.03	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00
21 (LCR2)	83	0.25	0.75	-0.31	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00
21 (LCR2)	102	0.36	0.89	-0.40	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00
24 (LCR2)	296	-10.80	-0.83	-0.47	1.13	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
24 (LCR2)	297	-10.88	-0.84	1.18	1.26	0.32	0.44	0.00	0.00	0.00
24 (LCR2)	305	-4.01	1.20	2.49	0.85	0.12	0.80	0.00	0.00	0.00
24 (LCR2)	316	-4.17	0.50	-0.16	0.82	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00
24 (LCR2)	316	-4.37	-0.50	0.75	0.91	0.12	0.15	0.00	0.00	0.00
24 (LCR2)	305	-4.37	-0.51	3.45	0.76	0.40	0.60	0.00	0.00	0.00
24 (LCR2)	292	2.30	0.84	3.44	0.11	0.26	0.60	0.00	0.00	0.00
24 (LCR2)	140	-3.36	0.85	0.74	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Con *Design Result* si apre un file text dove sono riportati, i dati e la procedura usata per determinare i risultati delle verifiche effettuate nei nodi maggiormente sollecitati tra quelli visualizzati (*con activate*) o per ogni dominio.

```

MIDAS/Text Editor [Untitled]

-----
MIDAS Gen - RC-Resh Flexural Wall Design [Kuzcode2104] Gen 2010
-----

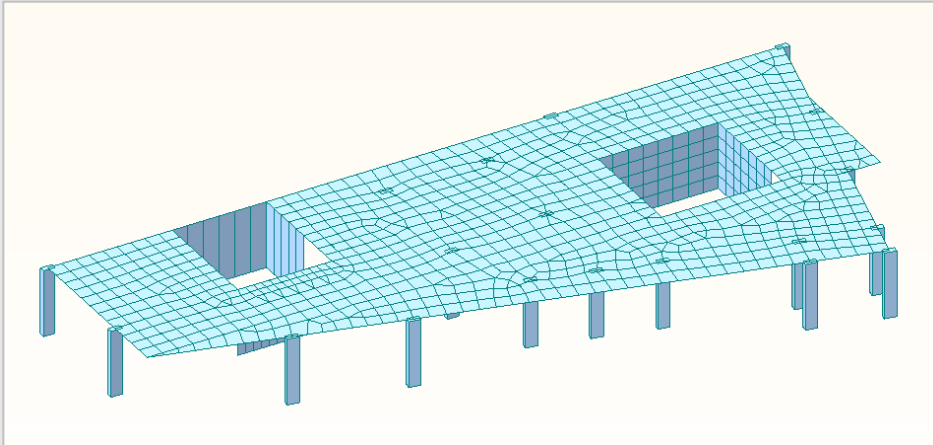
~ Information of Parameters.
Elem No. : 121
LCR No. : 1
Material : fck = 2.5000 N/mm².
fy = 45.0000 N/mm².
Thickness : 10.0000 cm.
Cornering : dw = 3.0000 cm.

~ Information of Design.
gamma_c = 1.500 (For Concrete)
gamma_s = 1.150 (For Reinforcement)
fcd = fck / gamma_c = 1.6667 N/mm².
fcd = fy / gamma_s = 39.1304 N/mm².
Bd = max( 0.7*(1-cd/200), 0.5 ) = 0.6300 (fcd is MPa)
Sig_Ed = max( 0.2070 N/mm², 0.5 ) = 0.6300 (fcd is MPa)
Sig_Ed = -1.6423 N/mm².
Tau_Ed = 0.4423 N/mm².
(Sig_Ed in Tension = Sig_Ed*(Sig_Ed <= Tau_Ed/2 -> Rebar Required)
fcd = (Tau_Ed/2) - Sig_Ed = 0.7406 N/mm².
fcd = (Tau_Ed/2) - Sig_Ed = 2.0848 N/mm².
fcd = 2.0848 N/mm².
fcd = 0.7406 N/mm².
Sig_d = 2*(Tau_Ed) = 0.8846 N/mm².
xbrg_req = max(fcd/fyd, 0.004) = 0.019
xbrg_req = max(fcd/fyd, 0.001, 0.25*xbrg_req) = 0.053
b = 1.0 cm. (By Unit Length).
d = 7.0000 cm.
Asn_req = 0.3729 cm²/cm. ( 37.2900 cm²/m. )
Asn_req = 0.3324 cm²/cm. ( 33.2440 cm²/m. )
Asn_req = 0.2010 cm²/cm. ( 20.1000 cm²/m. )
Asn_req = 0.2010 cm²/cm. ( 20.1000 cm²/m. )
fcrn = Asn_req/(b*d)*fyd = 1.1236 N/mm².
fcrn = Asn_req/(b*d)*fyd = 1.1236 N/mm².

~ Information of Result.
Rein_Rat_x : f16 f100 (Rein.)
Rein_Rat_y : f16 f100 (Rein.)
Rein_Rat_x = fcd/fcrn = 1.855
Rein_Rat_y = fcd/fcrn = 0.659
Rein_Rat_x = Sig_d/(Bd*fcd) = 0.643
Rein_Rat_y = Sig_d/(Bd*fcd) = 0.643
Rein_Rat_x = 1.855 > 1.0 -> Not Acceptable !!!
  
```

## ESEMPIO 1

### Piastra orizzontale irregolare modellata con elementi plate utilizzando la procedura Auto-mesh



Le procedure mostrate in seguito interagiscono con l'utente tramite finestre grafiche per l'impostazione di parametri secondo le principali normative. I risultati possono essere visualizzati tramite mappature grafiche di colore, tabelle (formato excel), report testuali (text editor).

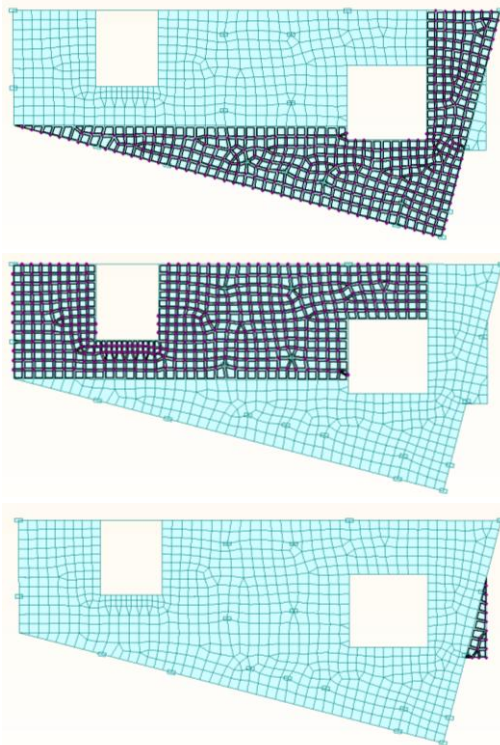
## Progetto armatura soletta a flessione: Slab Flexural Design

A seguito di un preventivo ragionamento dell'utente, si sono individuate delle zone dove si desidera che l'armatura abbia direzione uniforme.

Applicando l'Auto-mesh si sono così definite tre aree creando automaticamente tre domini contenenti un sottodominio ciascuno.

Operazione analoga sarebbe stata quella di creare un unico dominio e poi definire tre sottodomini poiché la soletta è dotata di stesso *Element Type*, *Thickness*, *Material*.

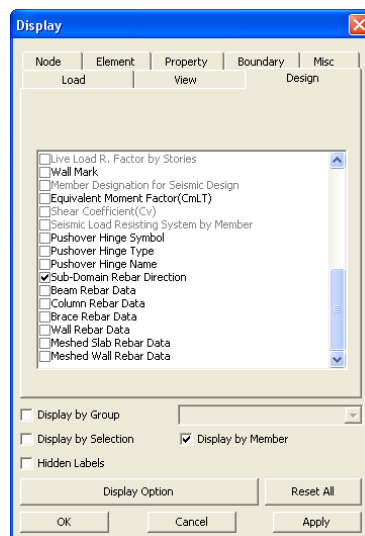
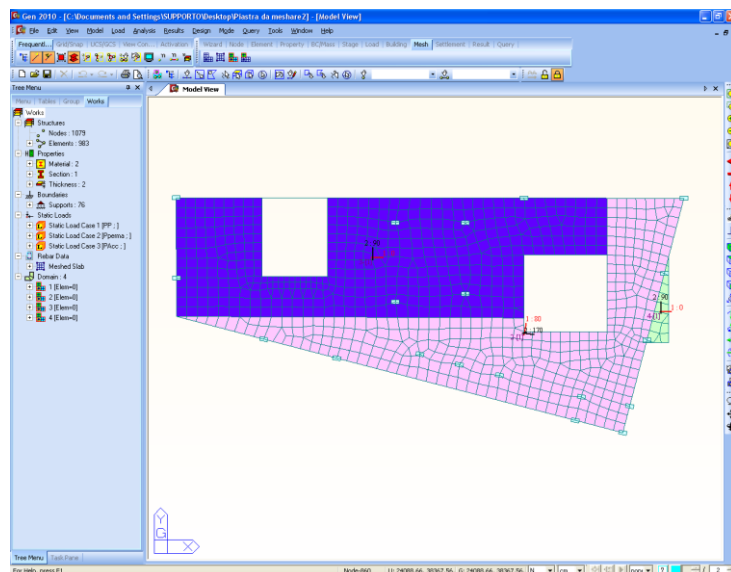
Si è optato per la prima in modo da avere dei sottodomini con confini rettilinei. Se avessero seguito la mesh creata da un unico dominio, i confini sarebbero stati frastagliati dovendo seguire elementi finiti irregolari.



E' possibile visualizzare tutti i domini e sottodomini creati.

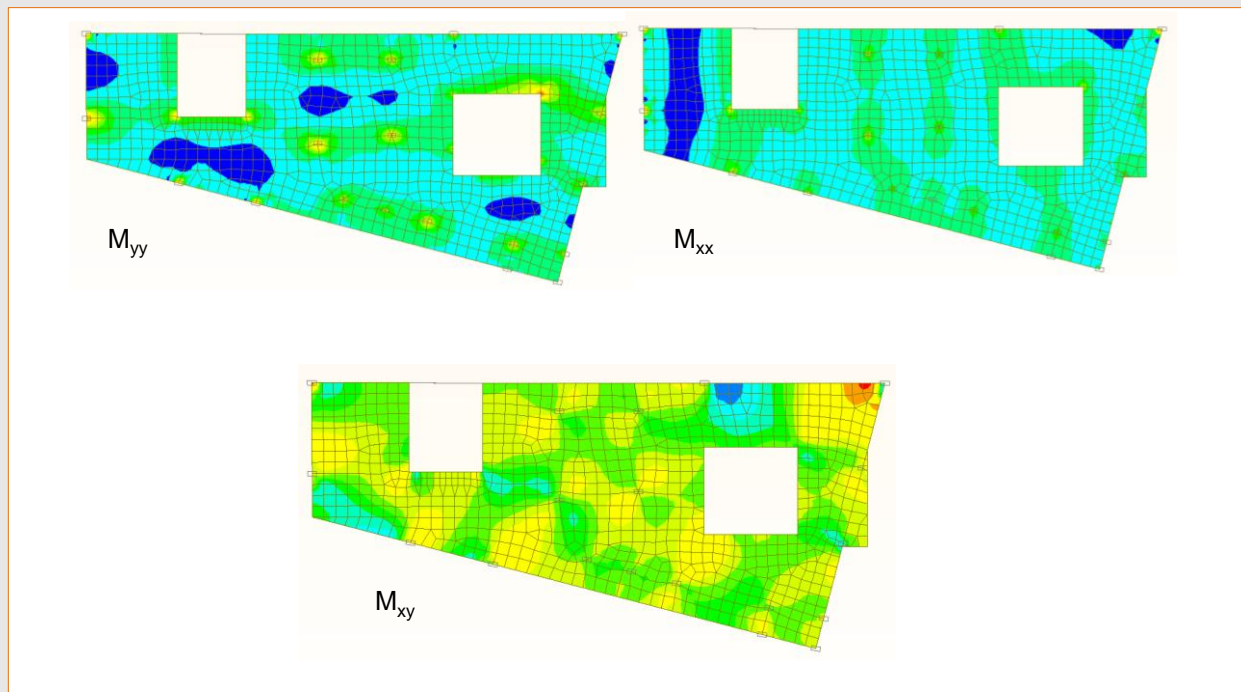
Ognuno è individuato da un diverso colore e da un nome.

Viene visualizzato inoltre un sistema di riferimento solidale all'orientamento delle armature scelta.

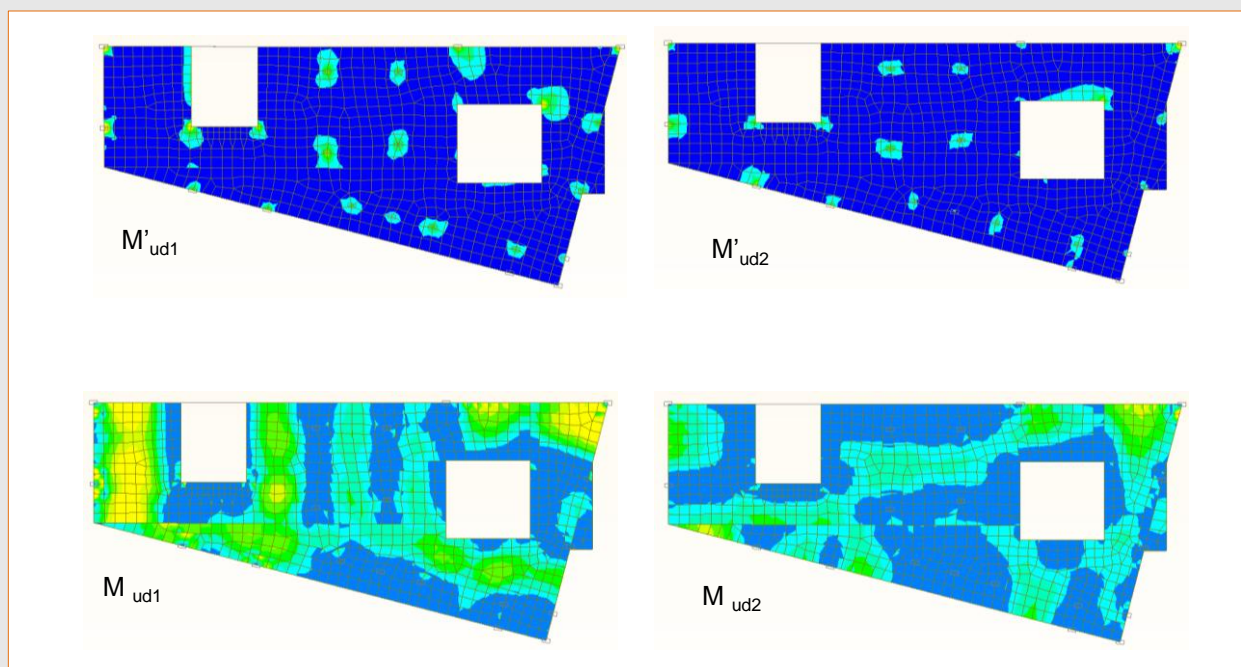


## Progetto armatura soletta a flessione: Slab Flexural Design

Si procede ora con l'analisi statica della piastra caricata con una pressione uniforme e alla valutazione dei risultati in termini di sollecitazioni.



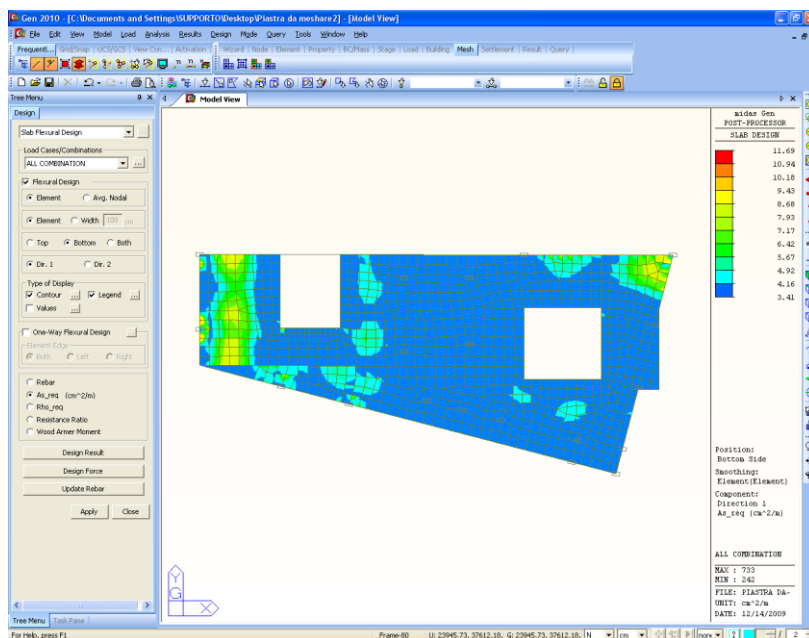
Dalla finestra *Slab Flexural Design*, possiamo ricavarci i Momenti ultimi di calcolo (di Wood-Armer) con cui si andrà a progettare la piastra. Tali momenti sono definiti lungo le due direzioni di armatura, 1 e 2. Per ogni direzione sono riportati i Momenti di W-A per il dimensionamento dell'armatura superiore ( $M'_{ud}$ ) e quelli per il dimensionamento dell'armatura inferiore ( $M_{ud}$ ).



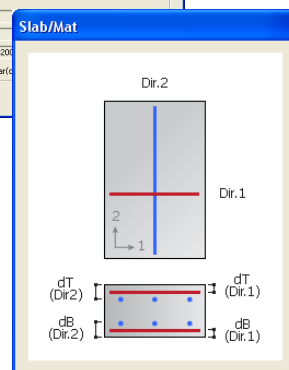
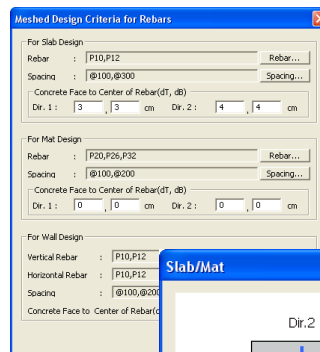
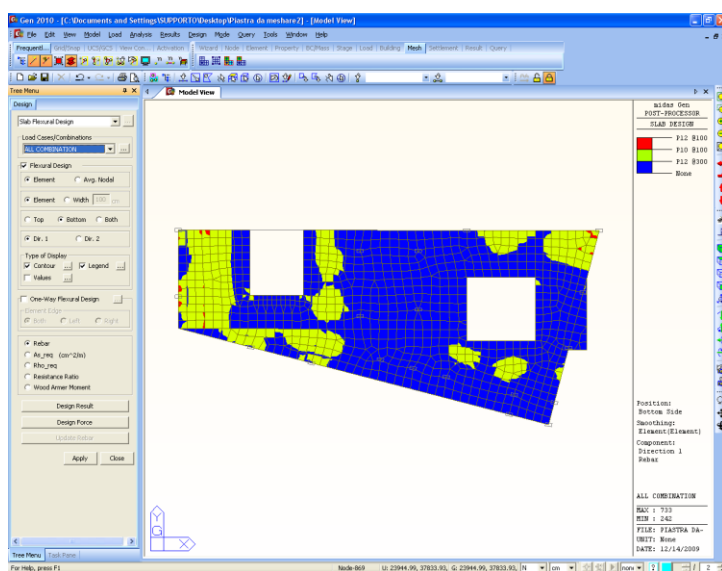


## Progetto armatura soletta a flessione: Slab Flexural Design

Si può visualizzare la quantità di armatura necessaria ( $A_{s\_req}$ ) per soddisfare le verifiche allo S.L.U. espressa in  $\text{cm}^2/\text{m}$ .

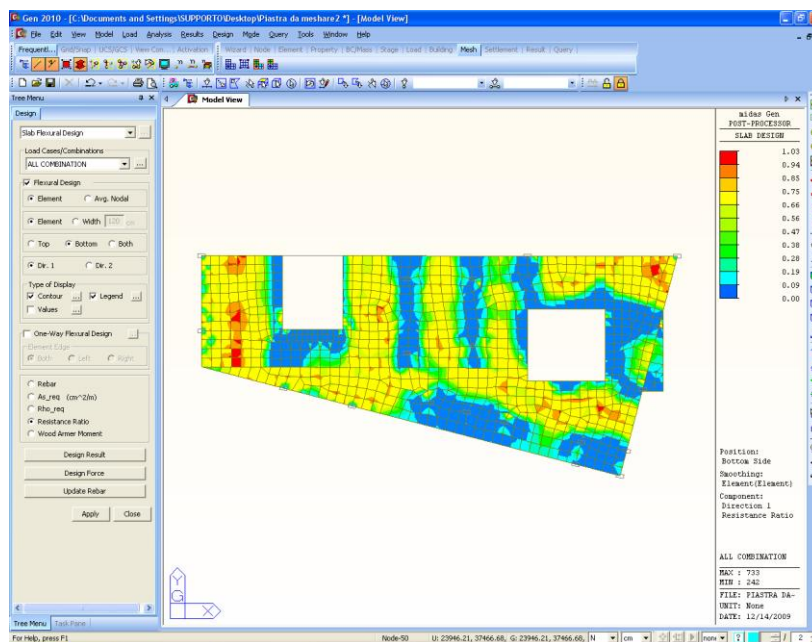


L'armatura può essere visualizzata anche tramite un passo e un diametro precedentemente definiti (*Rebar*).

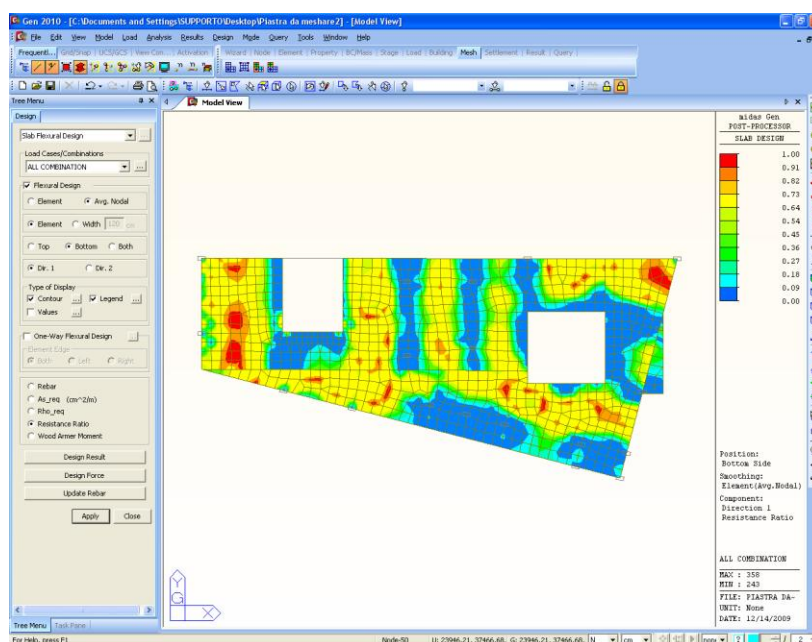


## Progetto armatura soletta a flessione: Slab Flexural Design

Tramite *Resistance Ratio* si può notare che, in direzione 1, nella parte inferiore (*Bottom*), non tutti i punti della piastra risultano verificati (seppur di poco), con le combinazioni dei diametri e passi scelti, utilizzando i valori non mediati (*Element & Element*).



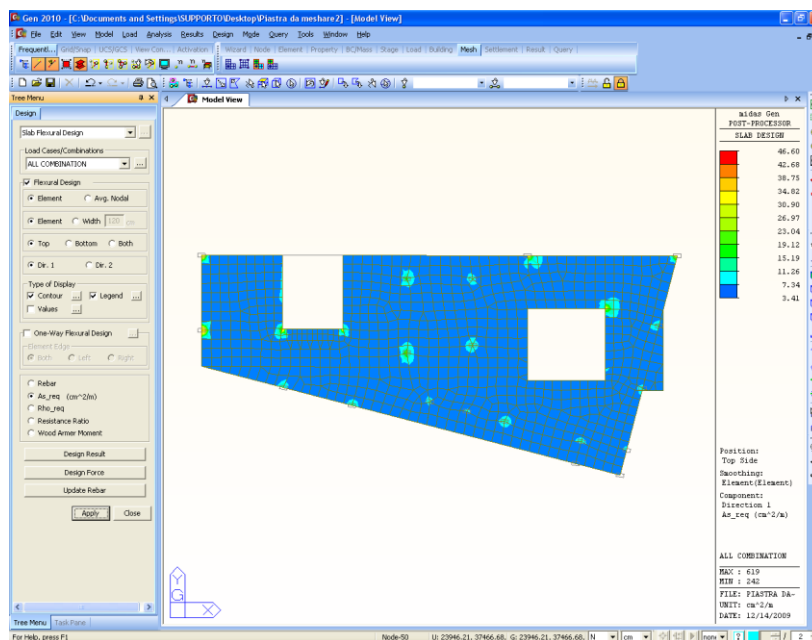
Andando a mediare i valori tramite *Avg. Nodal & Element* si può notare un abbassamento dei valori che ci fa rientrare la verifica.



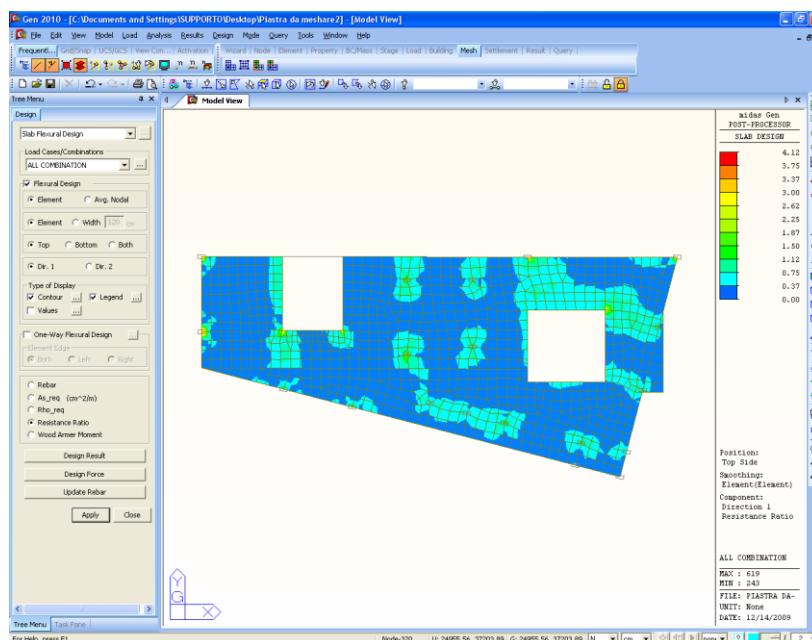


## Progetto armatura soletta a flessione: Slab Flexural Design

La parte superiore della piastra (*Top*), in corrispondenza degli appoggi, visto i picchi dei momenti negativi, richiede un quantitativo di armatura maggiore.



L'armatura proposta risulta in questo caso fortemente insufficiente (ratio  $4 > 1$ ).

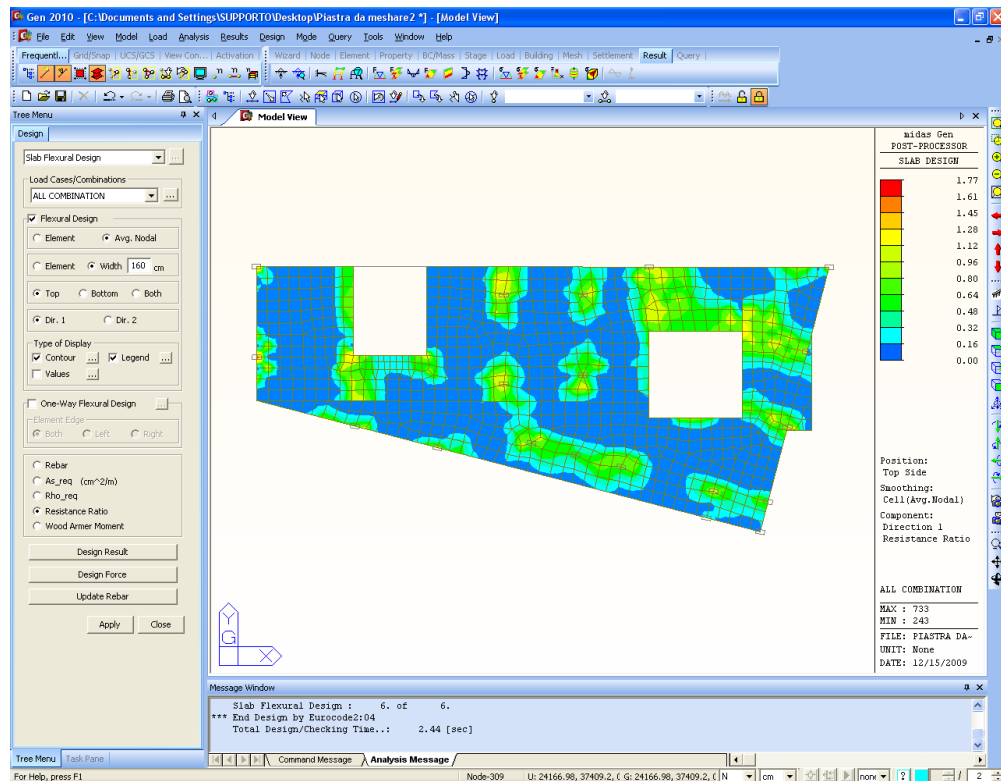


## Progetto armatura soletta a flessione: Slab Flexural Design

Anche mediando i valori tramite *Avg. Nodal & Width(160 cm)* otteniamo dei risultati non accettabili.

Bisogna definire un'armatura maggiore:

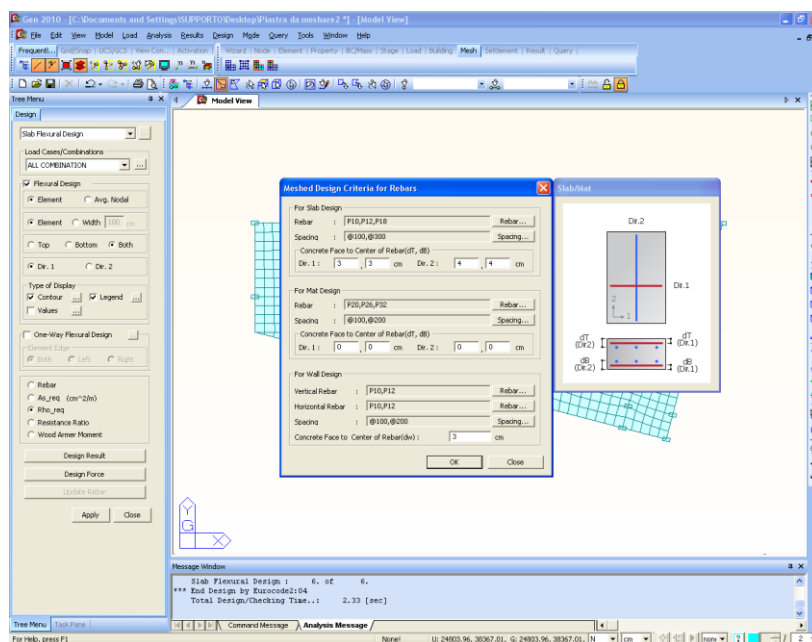
- tramite *Slab/Wall Rebar for Checking*, elemento per elemento e poi fare lo *Slab Flexural Checking*;
- cambiare a monte i parametri di armatura proposta e poi rifare il design.



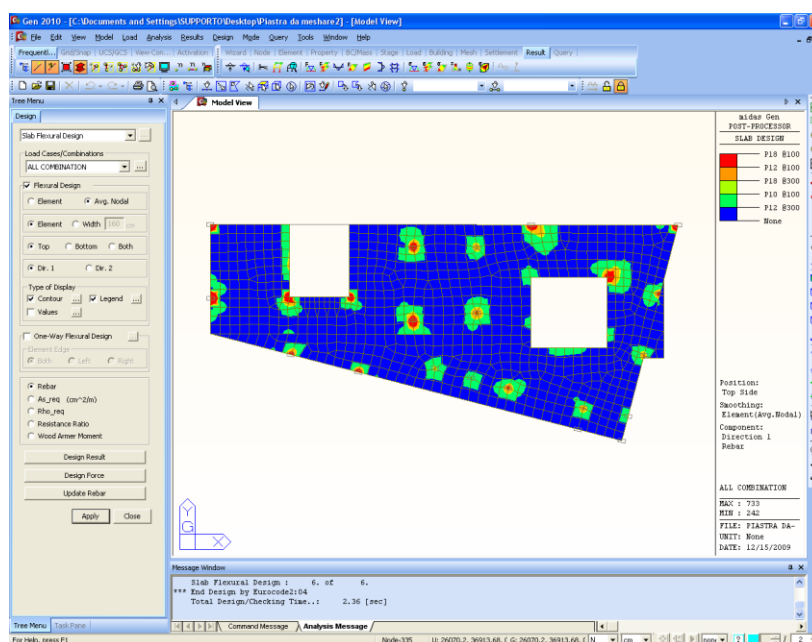
Nel definire la larghezza della fascia dove mediare i valori, bisogna far attenzione a definire un valore tale per cui ci sia la certezza che nella fascia così definita ricadano dentro altri nodi. Questo avviene quando si sceglie un valore maggiore al doppio del lato della mesh.

## Progetto armatura soletta a flessione: Slab Flexural Design

Si decide di cambiare a monte i parametri di armatura inserendo barre  $\phi$  18.



Viene riproposta una nuova armatura.

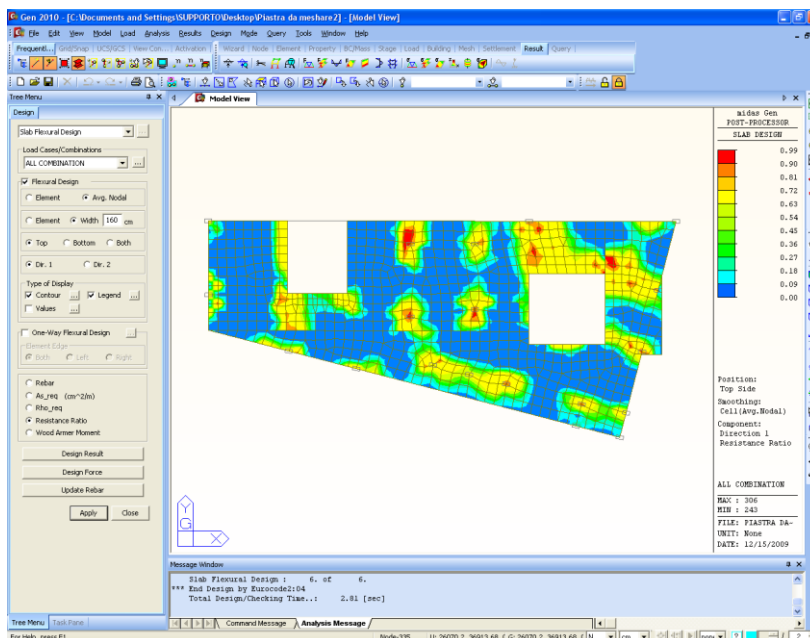


## Verifica armatura piastra: Slab Flexural Checking

Con la metodologia *Width (160cm)* la verifica risulta ora soddisfatta.

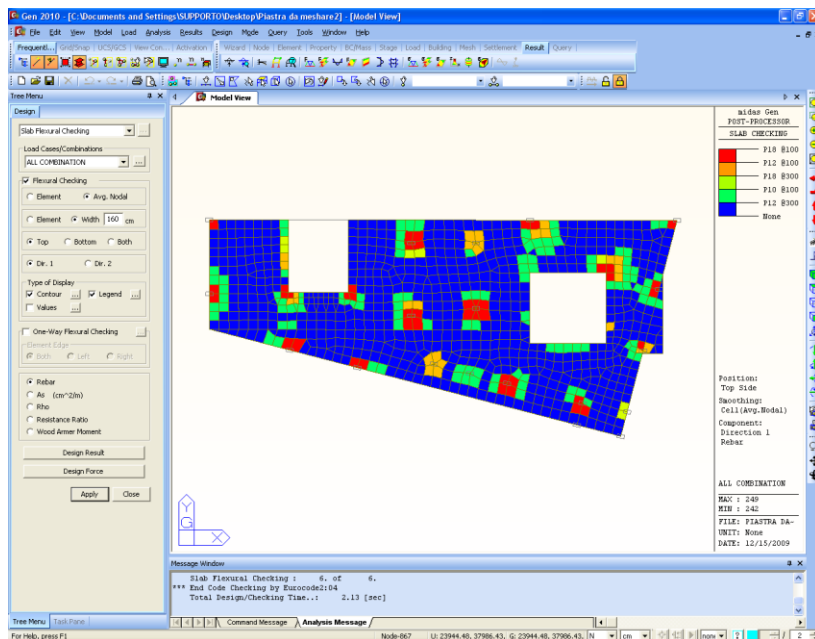
Considerare una fascia di 160 cm per riuscire a considerare i nodi vicini però, può portare a risultati numerici fuorvianti per eccesso di mediatura.

In questo caso si nota bene l'importanza di un infittimento della maglia in corrispondenza dei pilastri.



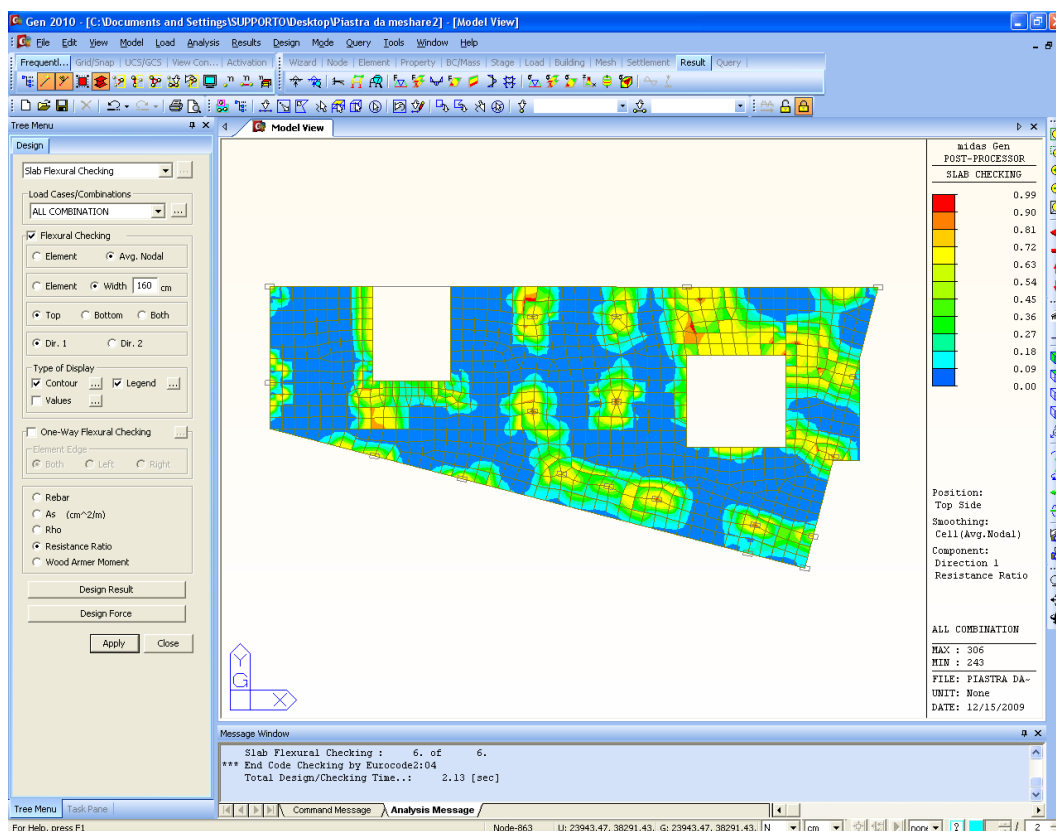
Prima di fare la verifica si deve salvare l'armatura tramite Update Rebar.

Applicando Slab Flexural Checking si può verificare l'armatura proposta elemento per elemento.



## Verifica armatura piastra: Slab Flexural Checking

In questo caso, effettuando il checking, ma non avendo modificato l'armatura ottenuta col design automatico, otteniamo un contour dove appare lo stesso valore massimo del rapporto di resistenza precedente.



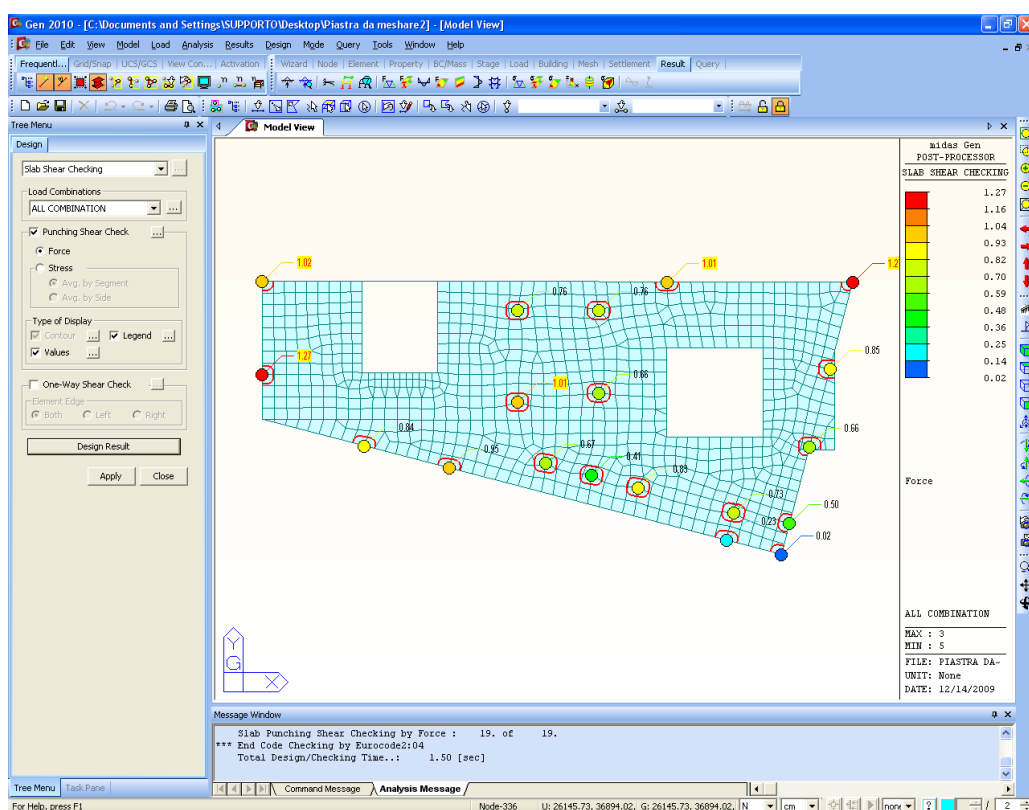
In Midas/Gen2010 esistono dei sistemi di mediatura dei risultati ottenuti, con lo scopo di 'smussare' stati sollecitativi di picco. Non esistono delle regole precise nel trattare questi valori, può aiutare un minuzioso studio e composizione della mesh attorno a punti singolari ma spetta al progettista farsi una sensibilità ed una esperienza del loro uso.

## Verifica a punzonamento: Slab Shear Checking

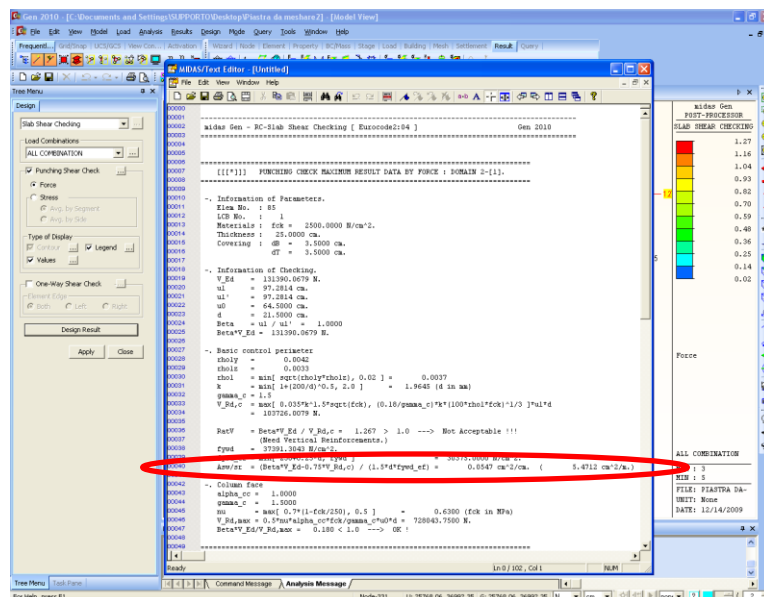
La procedura di verifica a punzonamento in Midas/Gen2010 si distingue in due metodi: *'Metodo Force'* e *'Metodo Stress'*. Il primo fa direttamente riferimento alla procedura da E.C. 2, mentre il secondo applica un confronto diretto tra tensione di calcolo e tensione resistente. In entrambe le procedure nel caso di non avvenuta verifica fornisce la quantità di armatura a punzonamento necessaria a soddisfare la verifica.

Utilizzando *Force* si ottiene il rapporto di resistenza a punzonamento per ogni pilastro.

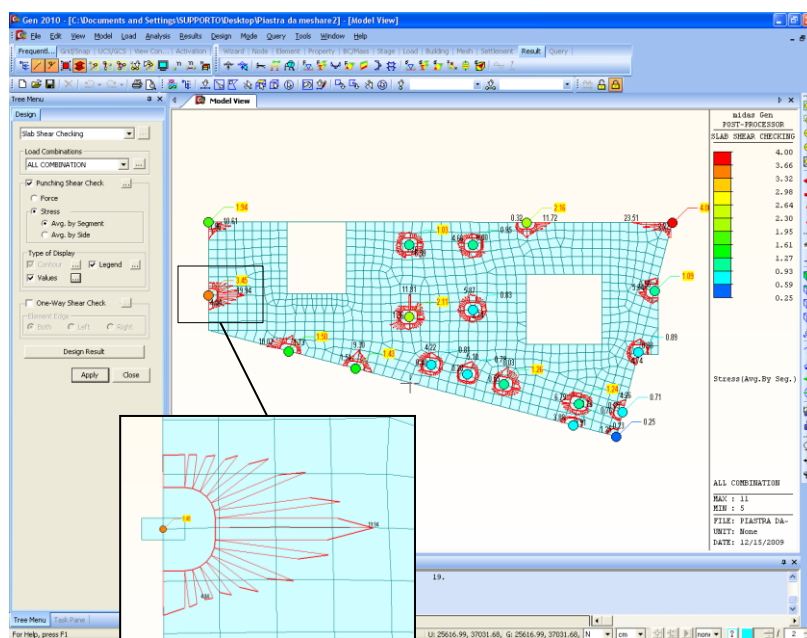
Viene riportato il perimetro di verifica di base e i valori che non soddisfano la verifica vengono evidenziati.



Nel report (visualizzato nel text editor) che si ottiene da *Design Result* si trova, per gli elementi che non verificano, il quantitativo di armatura verticale (staffe) aggiuntiva da disporre nel perimetro di verifica in modo che la verifica a punzonamento risulti soddisfatta.



Utilizzando *Stress* si ottiene il rapporto di resistenza delle massime tensioni medie di taglio per ogni pilastro. Viene riportato il perimetro di verifica di base e viene proiettato nel piano, il diagramma delle tensioni calcolato in determinati punti del perimetro di verifica (con alcuni valori notevoli).

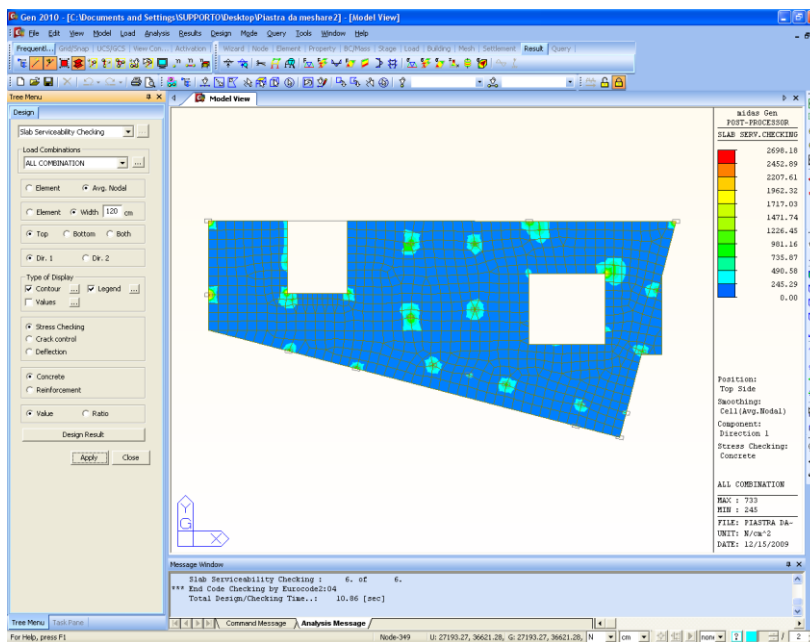


Al centro del pilastro viene inoltre riportato il rapporto di resistenza delle massime tensioni medie di taglio. Se la verifica non viene soddisfatta, i valori del rapporto vengono evidenziati.

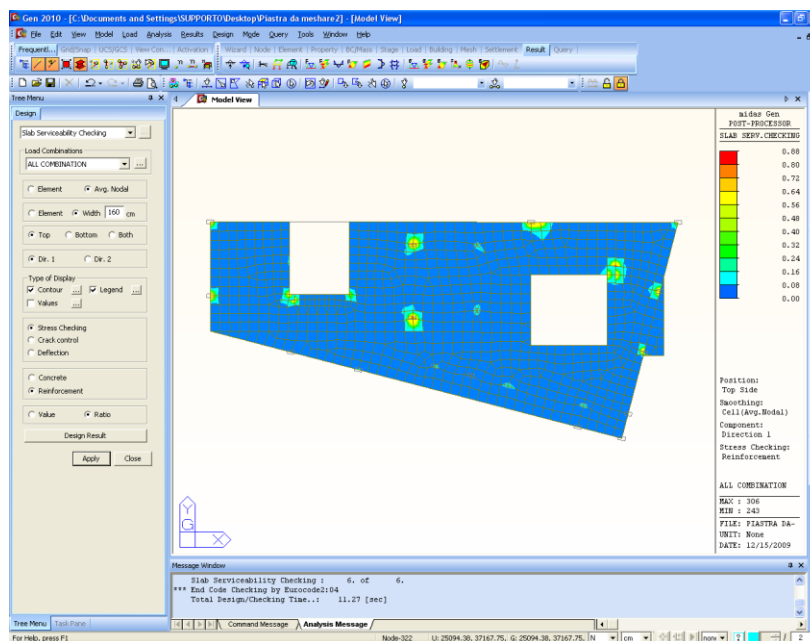


## Verifica agli S.L.E. : Slab Serviceability Checking - Stress

Per le verifiche S.L.E. si passa ad analizzare le tensioni dei materiali, in questo caso l'acciaio.

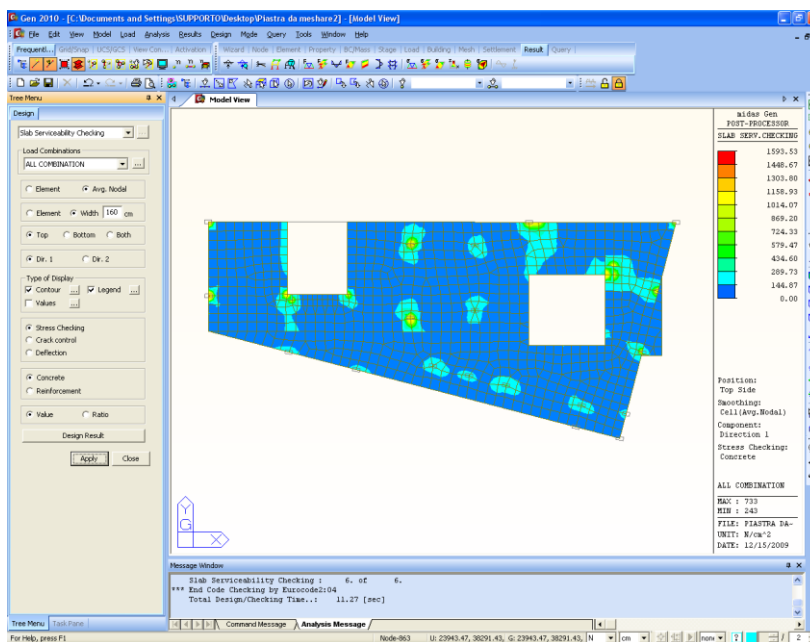


Sempre mediando i valori compresi su una fascia di 160 cm, la verifica risulta completamente soddisfatta. Se non si fossero mediati i valori, o mediando in una fascia più stretta, probabilmente questa verifica non sarebbe stata soddisfatta e si sarebbe dovuto aumentare l'armatura.

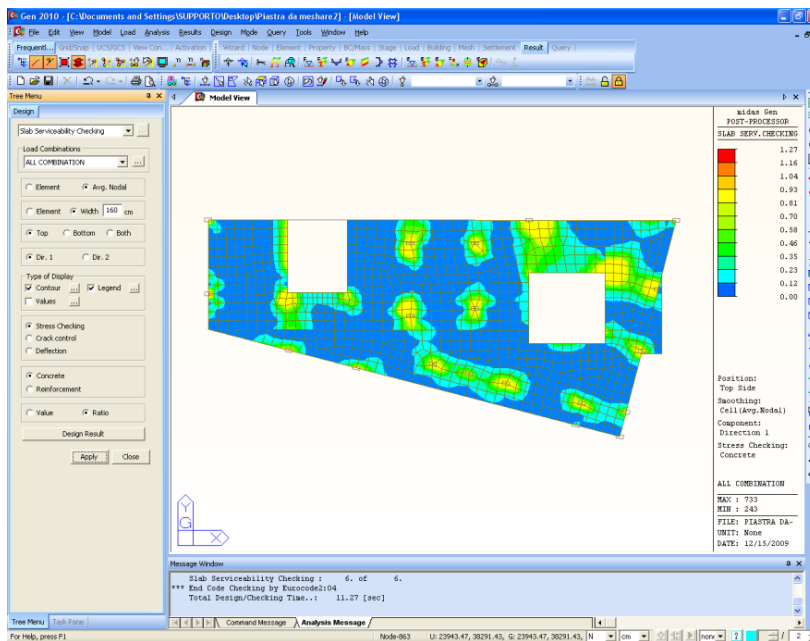


Analogamente si controlla la compressione nel calcestruzzo.

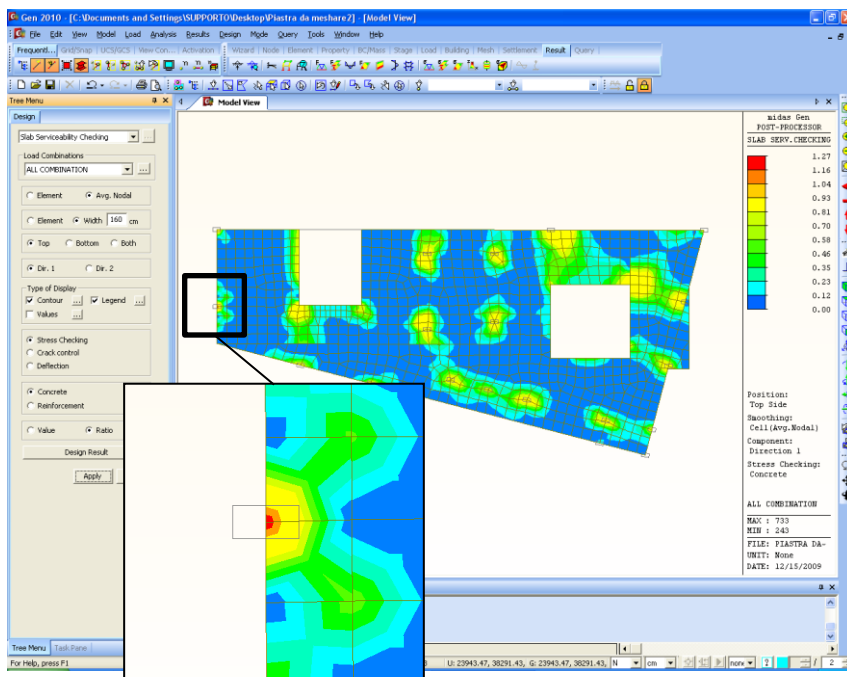
N.B. : La compressione nel cls viene riportata con valore positivo e dalla stessa parte delle fibre tese in modo da esser così più facilmente associata alla trazione dell'armatura.



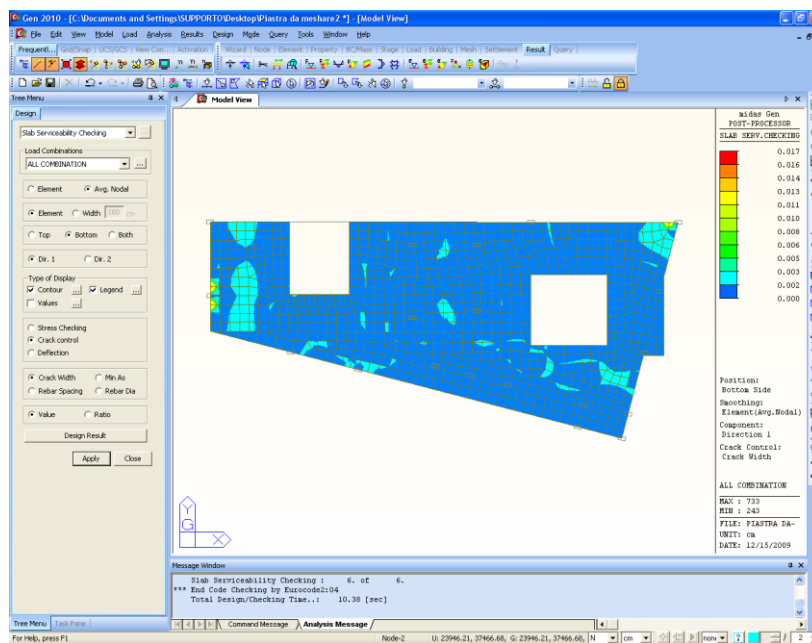
Nonostante si siano mediati i valori compresi su una fascia di 160 cm, in alcuni punti la verifica non è ancora soddisfatta.



Bisogna quindi aumentare l'  $f_{ck}$  del materiale, oppure aumentare lo spessore della piastra. Essendo la zona che non verifica molto limitata e completamente interna alla sezione del pilastro, l'ingegnere potrebbe anche ritenere la verifica, a suo giudizio, comunque soddisfatta. Ancora una volta si nota l'importanza di un adeguato infittimento della mesh.

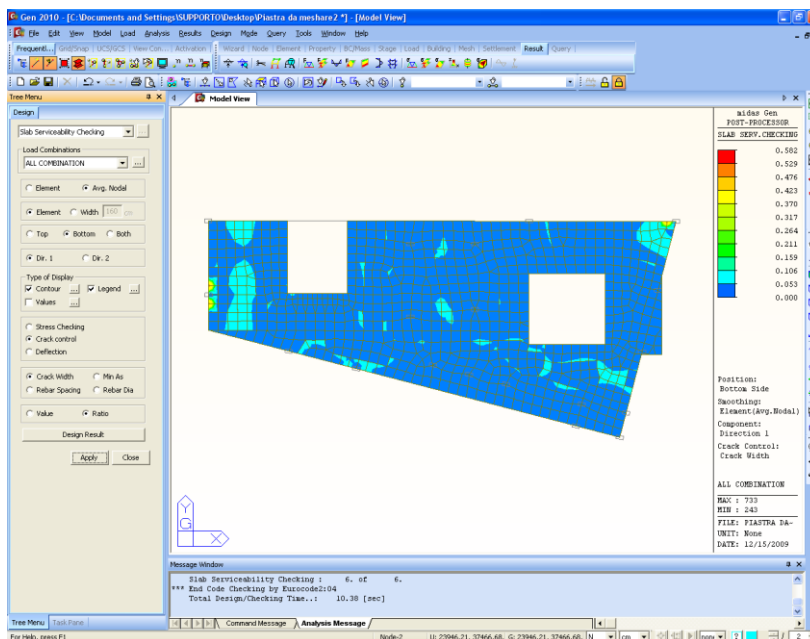


Si passa ora ad analizzare la fessurazione della parte inferiore della piastra (*Bottom*)

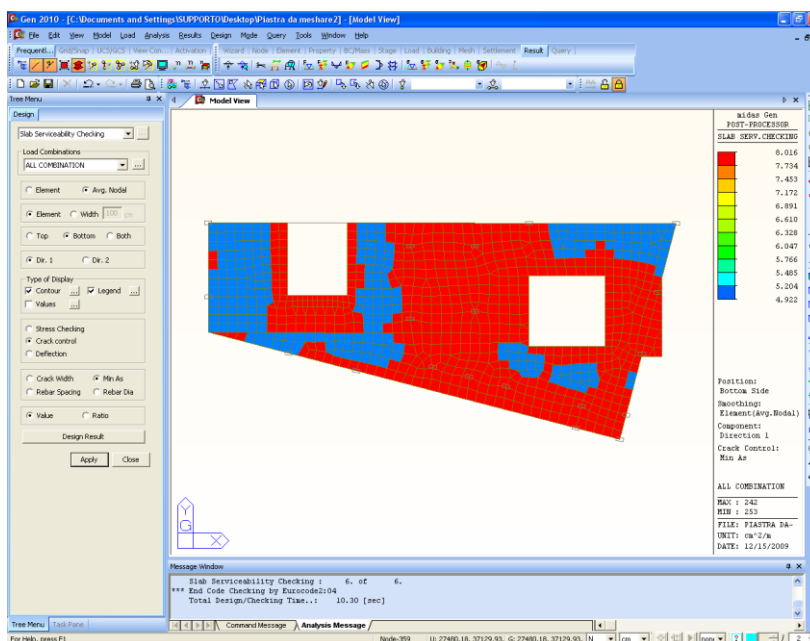


Tutte la fessure risultano inferiori alla fessura limite che si era posta pari a 0.03 cm.

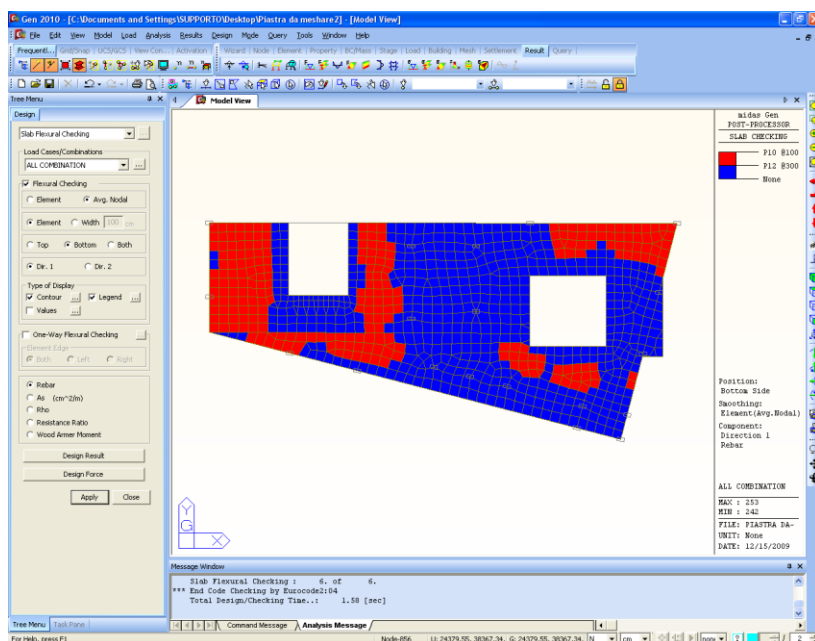
Questo dato era stato inserito in *Design -> Meshed Slab/Wall Design -> Serviceability Parameters*.



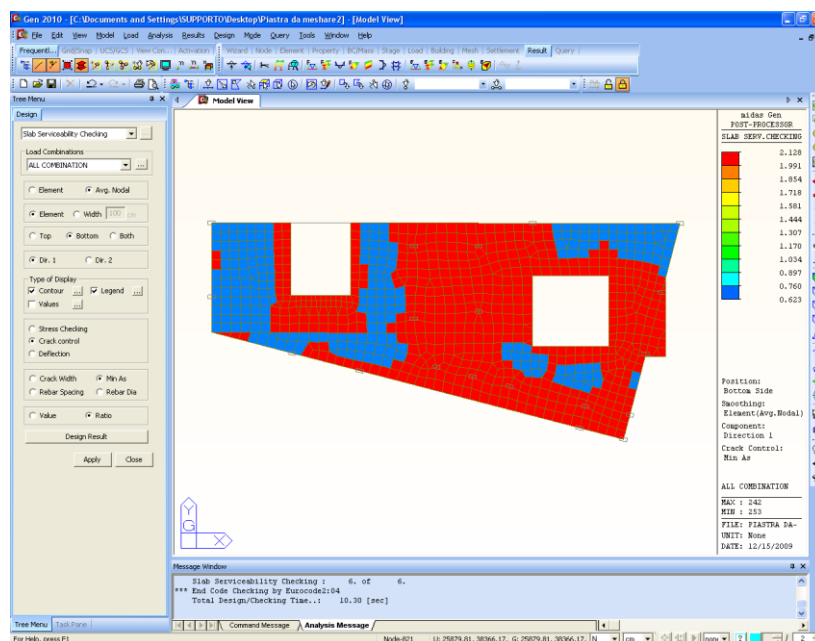
Si può vedere l'armatura minima necessaria per il controllo della fessurazione ....



.... confrontandola con l'armatura salvata.



Si vede che in una zona abbastanza vasta, l'armatura presente ( $\phi 12/30$ ) è inferiore a quella minima. Bisogna quindi aumentare l'armatura.



Verifica agli S.L.E. : Slab Serviceability Checking - Crack

E' possibile fare una verifica della fessurazione senza calcolo diretto.  
Usando una limitazione al diametro e al passo delle armature, tale verifica si può ritenere soddisfatta.

I valori di tali limiti sono riportati nei prospetti 7.2N e 7.3N UNI-EN 1992-1-1:2005.

Se la tensione dell'acciaio è maggiore al max riportato in tabella, significa che non si può utilizzare questa verifica semplificata.

Se la tensione dell'acciaio è inferiore al min riportato in tabella, significa che ci si può attenere ai minimi inferiori.

prospetto 7.2N

Diametri massimi delle barre  $\phi^*$ , per il controllo della fessurazione<sup>1)</sup>

Tensione nell'acciaio <sup>2)</sup> [MPa]	Diametro massimo delle barre [mm]		
	$w_k = 0,4$ mm	$w_k = 0,3$ mm	$w_k = 0,2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	5
400	8	6	4
450	6	5	-

1)

I valori nel prospetto sono basati sulle seguenti assunzioni:  
 $c = 25$  mm;  $f_{ct,eff} = 2,9$  MPa;  $\eta_{sp} = 0,5$ ;  $(h - d') = 0,1 h$ ;  $k_1 = 0,8$ ;  $k_2 = 0,5$ ;  $k_3 = 0,4$ ;  $k = 1,0$ ;  $k_1 = 0,4$  e  $k' = 1,0$ .

2)

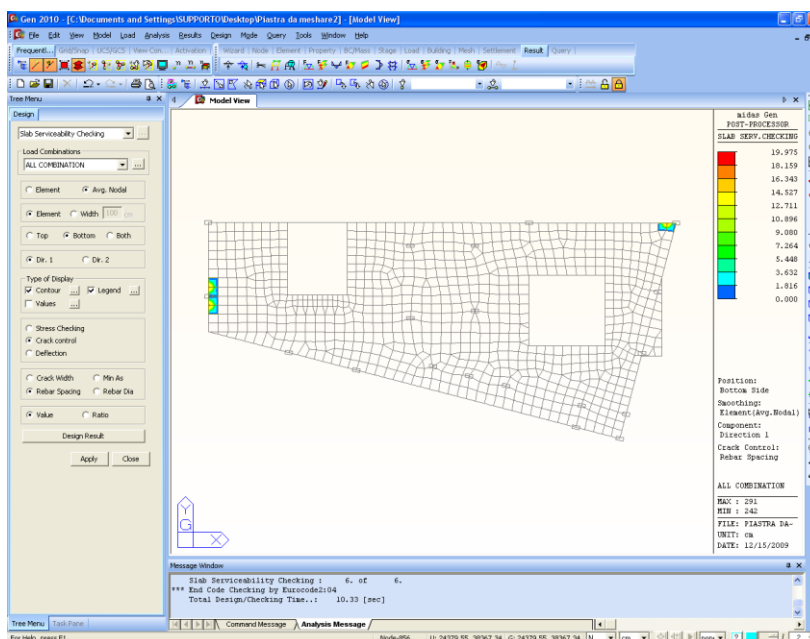
Sotto la combinazione di carico pertinente.

prospetto 7.3N

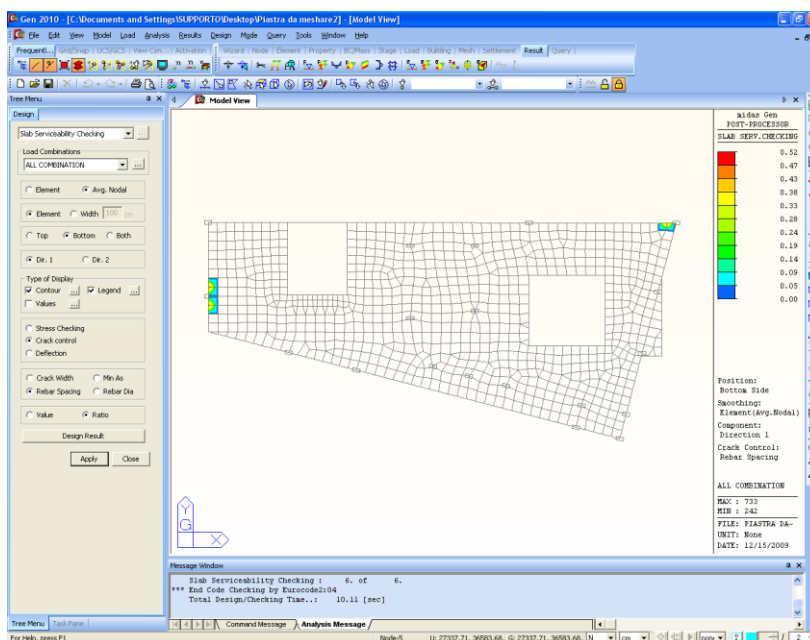
Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione<sup>1)</sup>

Per le note vedere prospetto 7.2N.

Nella verifica sul passo massimo delle armature, si riportano in *contour* solo ed esclusivamente gli elementi che hanno una tensione dell' armatura con valori che ricadono entro la tabella 7.3N UNI-EN 1992-1-1:2005.

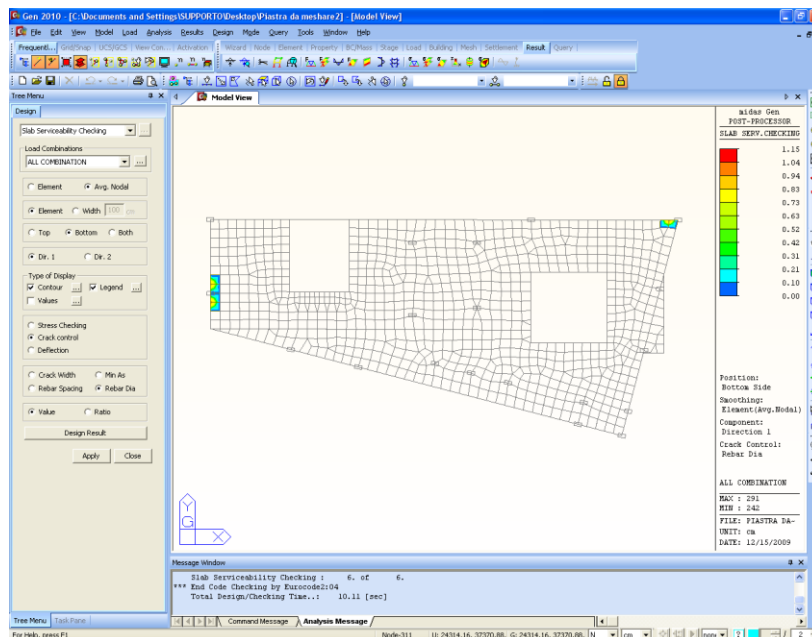


Per gli elementi considerati la verifica è soddisfatta.

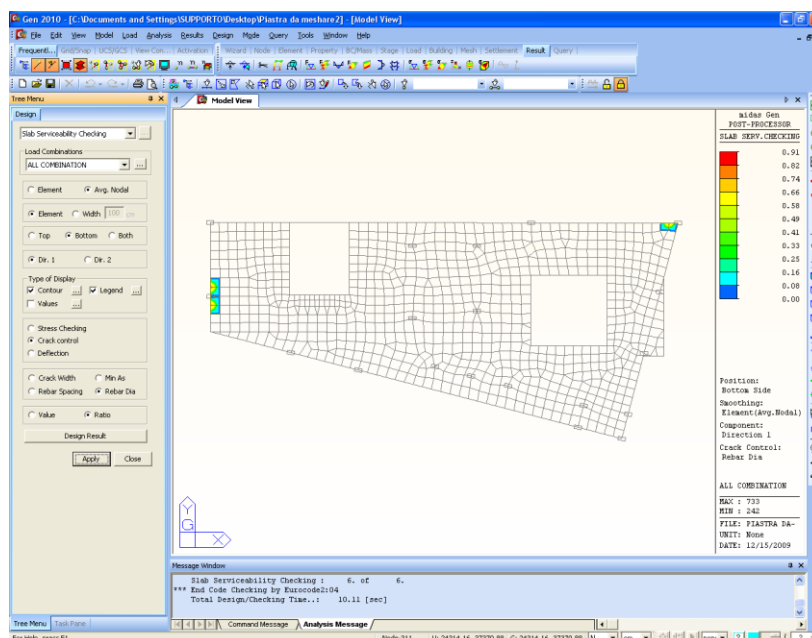




Anche per la verifica sul diametro massimo delle armature, si riportano in *contour* solo ed esclusivamente gli elementi che hanno una tensione sull' armatura con valori che ricadono entro la tabella 7.2N UNI-EN 1992-1-1:2005.

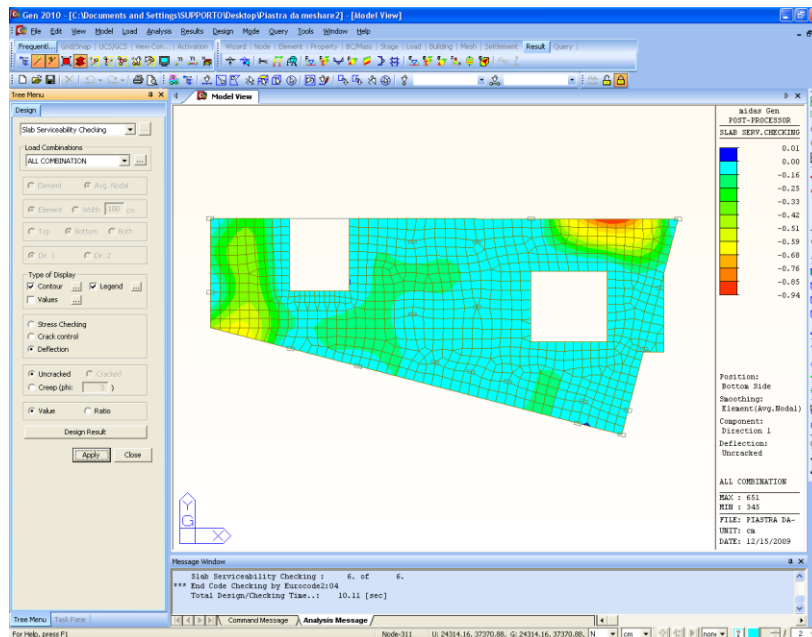


Anche questa verifica è soddisfatta.

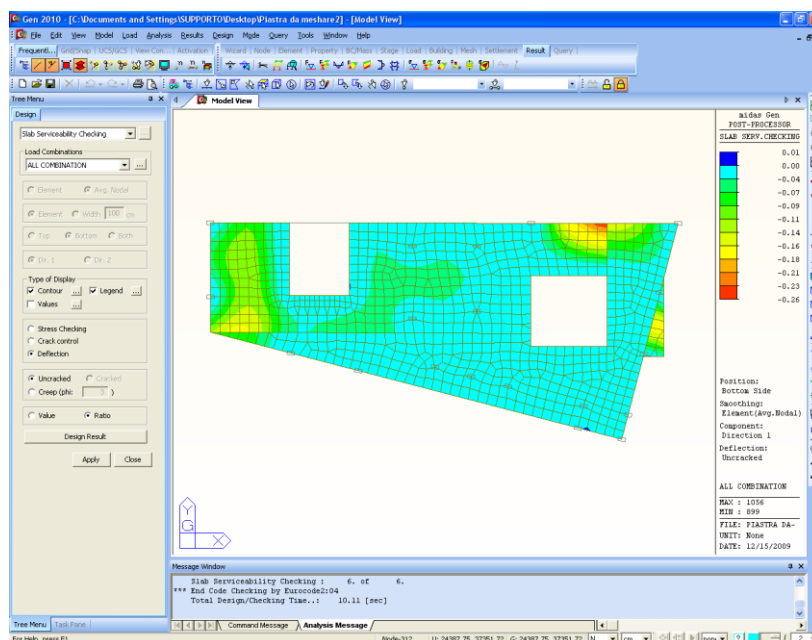


## Verifica agli S.L.E. : Slab Serviceability Checking - Deflection

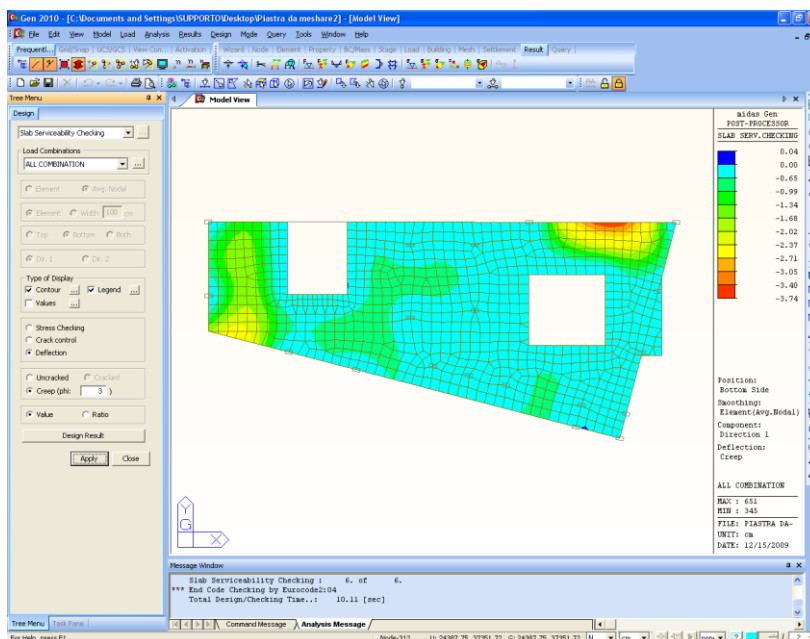
Si può controllare l'inflessione considerando deformata istantanea ....



..... e confrontarla con l'inflessione limite.

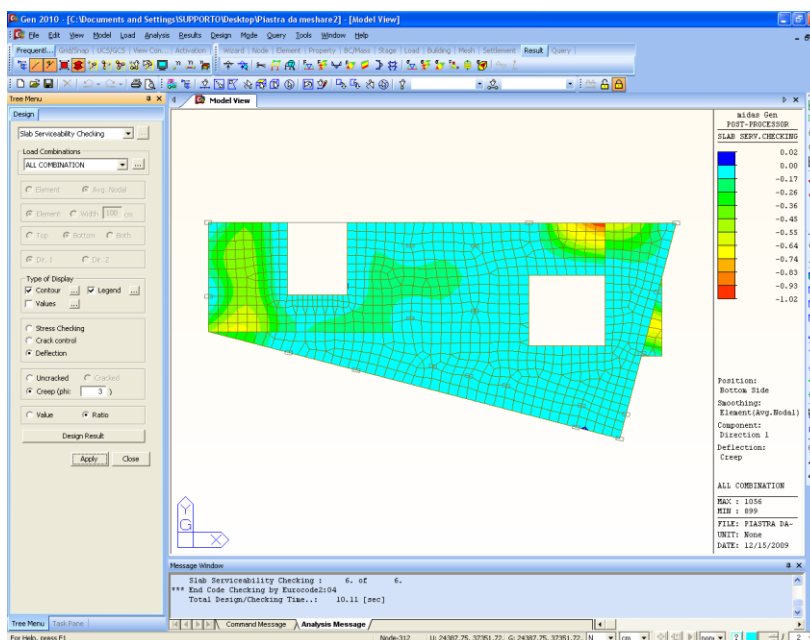


Nello stesso modo si può controllare l'inflessione considerando l'effetto della viscosità. Si definisce il coeff.  $\varphi$ , in questo caso scelto pari a 3.

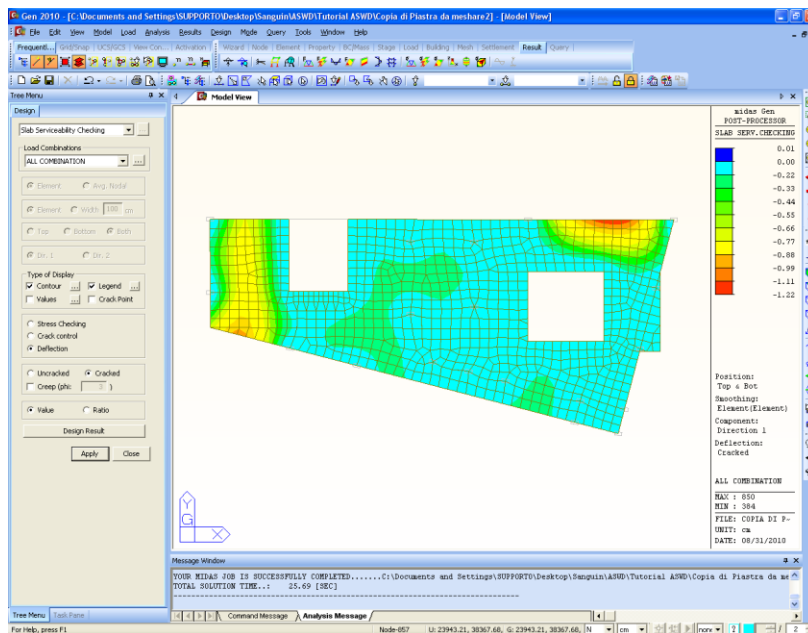


Si confronta questo valore con l'inflessione limite.

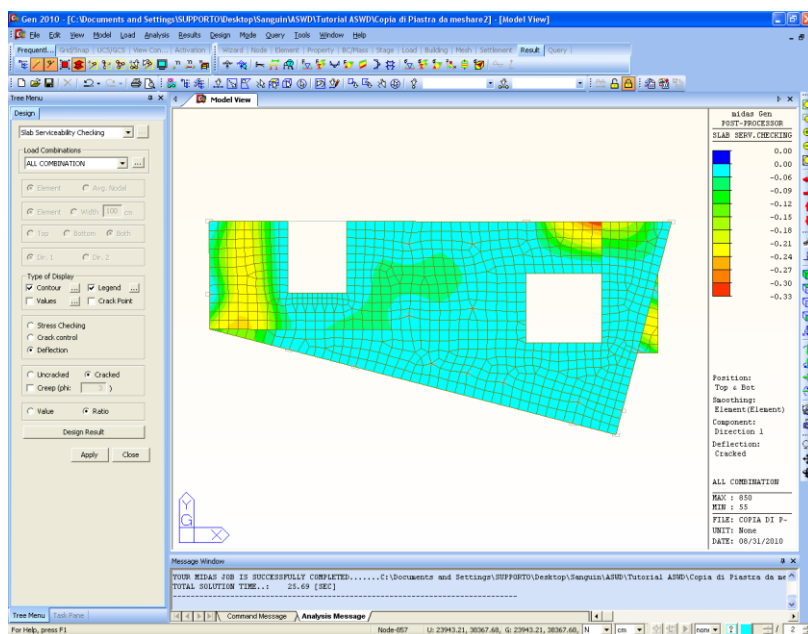
Si ricorda che l'inflessione limite è definita tramite un rapporto freccia/luce, dove per luce si considera il lato minore del rettangolo con lati paralleli agli assi, circoscritto al dominio in questione.



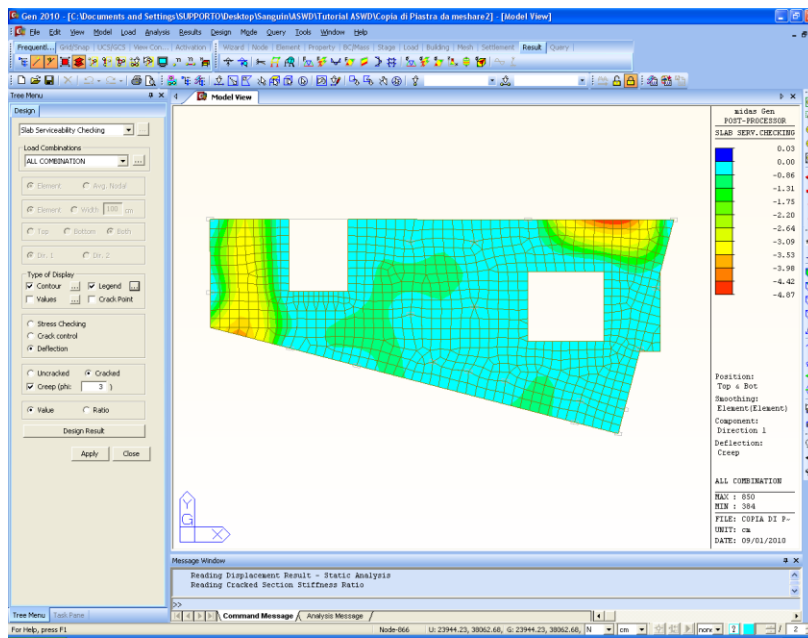
Attraverso un calcolo non lineare, definendo il numero di iterazioni e la tolleranza, in questo caso pari rispettivamente a 50 pari a 0.001, si può ottenere l'abbassamento istantaneo considerando la sezione fessurata.



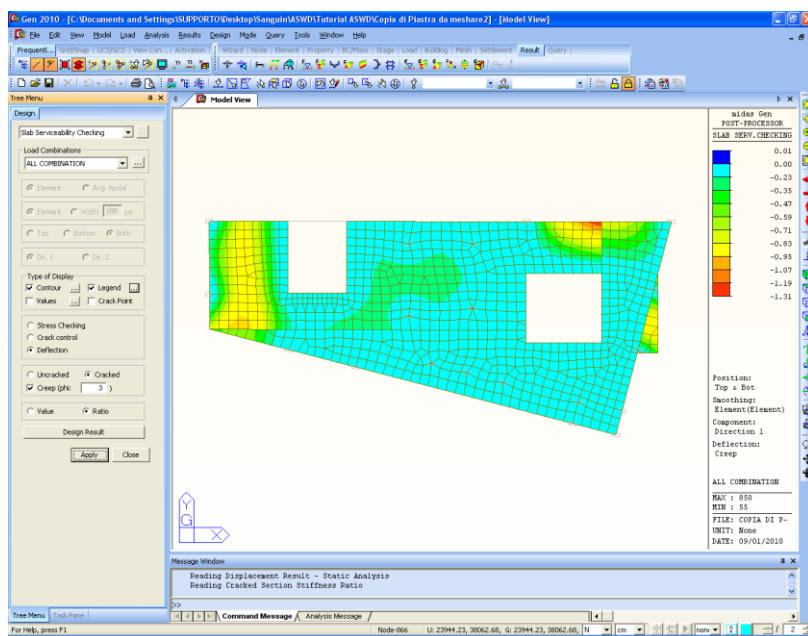
e confrontarlo con l'inflessione limite.



Analogamente, definendo il coeff.  $\phi$ , anche in questo caso scelto pari a 3. è possibile ottenere l'abbassamento viscoso considerando la sezione fessurata.

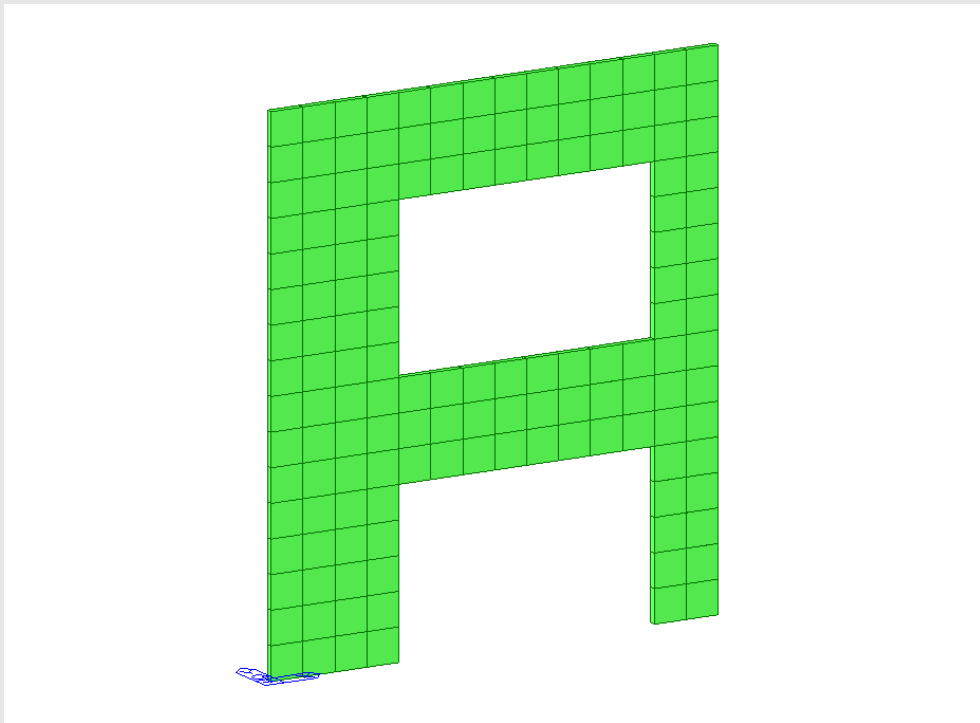


e confrontarlo con l'inflessione limite.



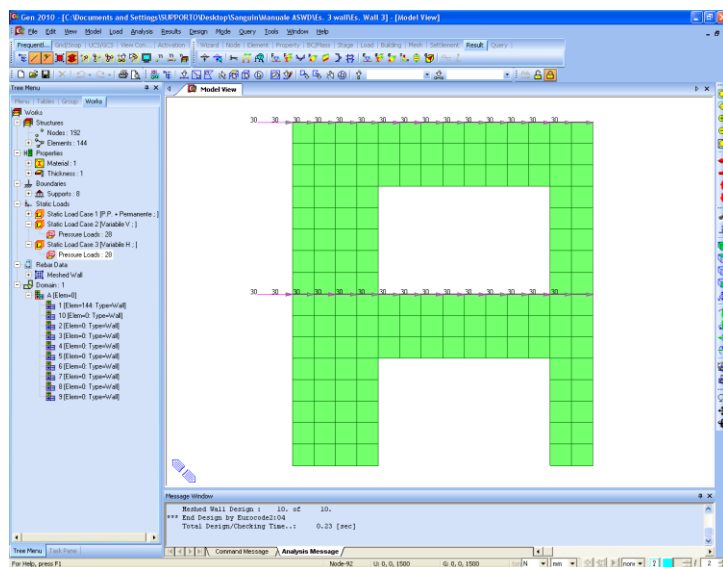
## ESEMPIO 2

### Parete verticale irregolare modellata con elementi plate utilizzando la procedura Auto-mesh



Le procedure mostrate in seguito interagiscono con l'utente tramite finestre grafiche per l'impostazione di parametri secondo le principali normative. I risultati possono essere visualizzati tramite mappature grafiche di colore, tabelle (formato excel), report testuali (text editor).

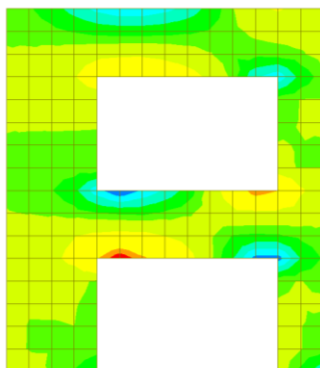
## Progetto armatura parete a membrana: Wall Design



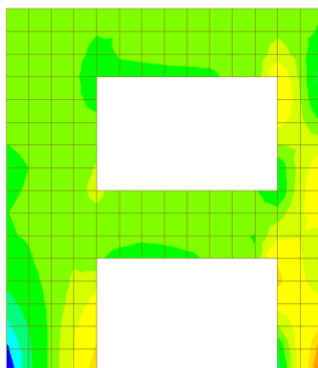
L'esempio preso in considerazione rappresenta la facciata in c.a. di un edificio industriale di due piani, con lo spessore assegnato di 15 cm, caricato oltre che dal peso proprio e permanente, da un carico variabile verticale e da un carico variabile orizzontale.

Con l'uso della procedura 'Auto-mesh' si è definito automaticamente un dominio contenente un unico sottodominio.

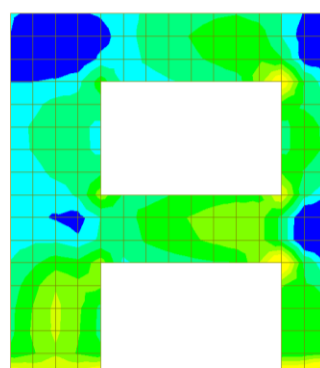
Procedendo ora con un'analisi statica, si riportano i risultati in termini di sollecitazioni della combinazione S.L.U. più gravosa.



Mxx



Myy



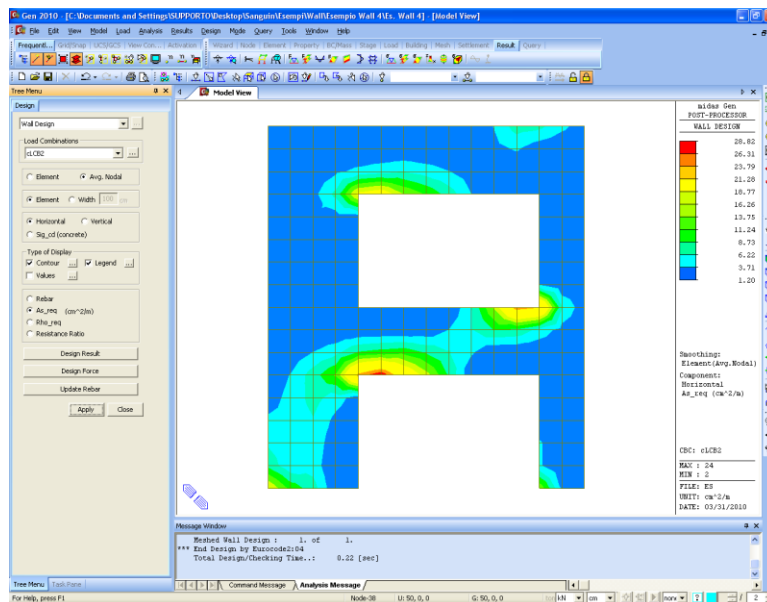
Mxy



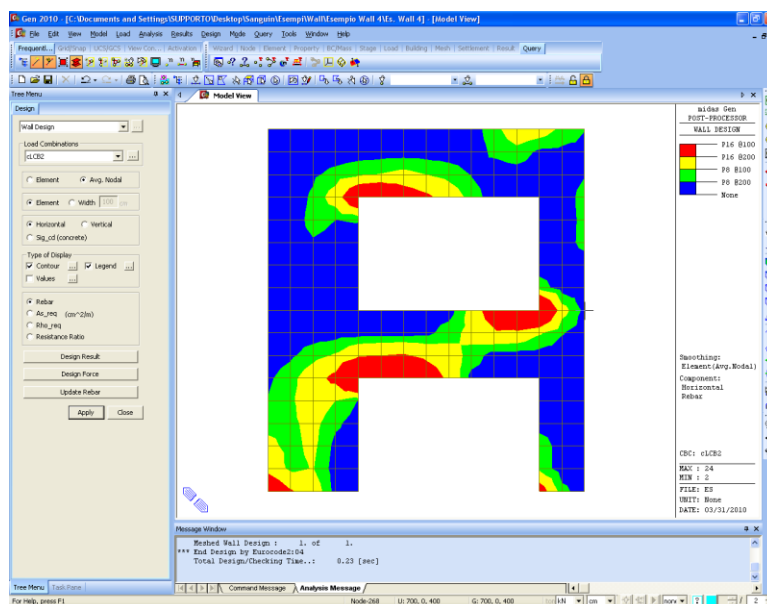
## Progetto armatura parete a membrana: Wall Design

Dalla finestra *Wall Design*, utilizzando le sollecitazioni ultime di calcolo (di Wood-Armer), si può visualizzare la quantità minima di armatura necessaria per soddisfare le verifiche allo S.L.U., sia espressa in  $\text{cm}^2/\text{m}$  ( $A_{s\_req}$ ), sia in diametri e passi scelti tra quelli precedentemente selezionati (*Rebar*).

In questo esempio si sono usate le sollecitazioni mediate tramite il metodo *Avg. Nodal & Element*.



*As\_req Horizontal*

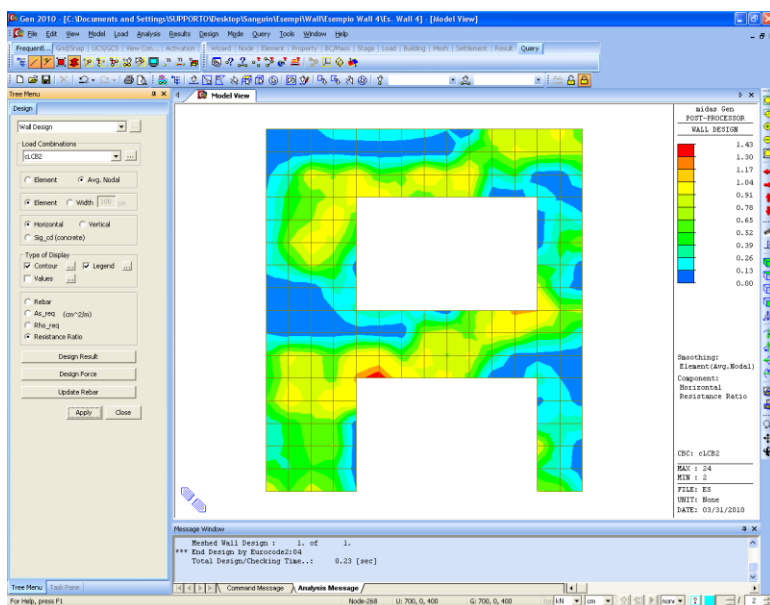


*Rebar Horizontal*

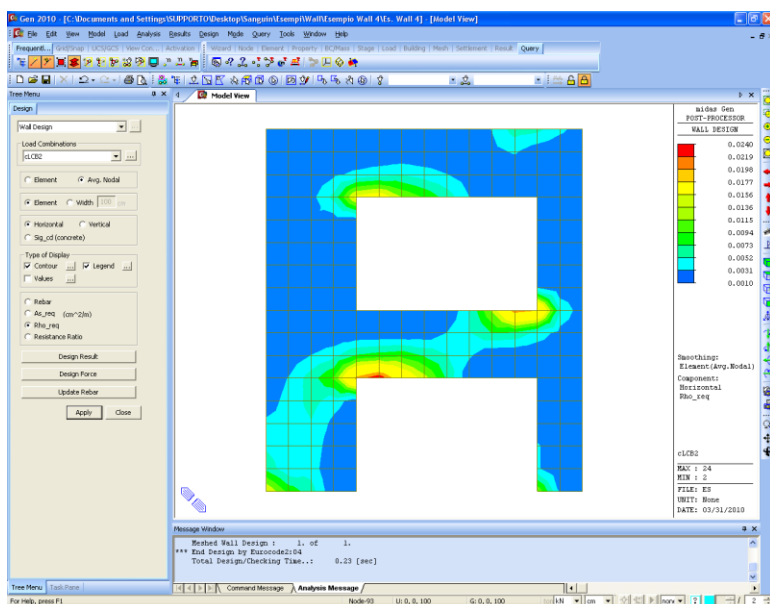
## Progetto armatura parete a membrana: Wall Design

Dalla finestra *Wall Design* si può inoltre visualizzare il rapporto di resistenza tra sollecitazione agente e sollecitazione resistente e anche il rapporto tra l'area dell'armatura e l'area del calcestruzzo.

Essendo membranale l'armatura ottenuta deve essere disposta al centro in un unico strato, ma può anche essere dimezzata e disposta su entrambe le facce.

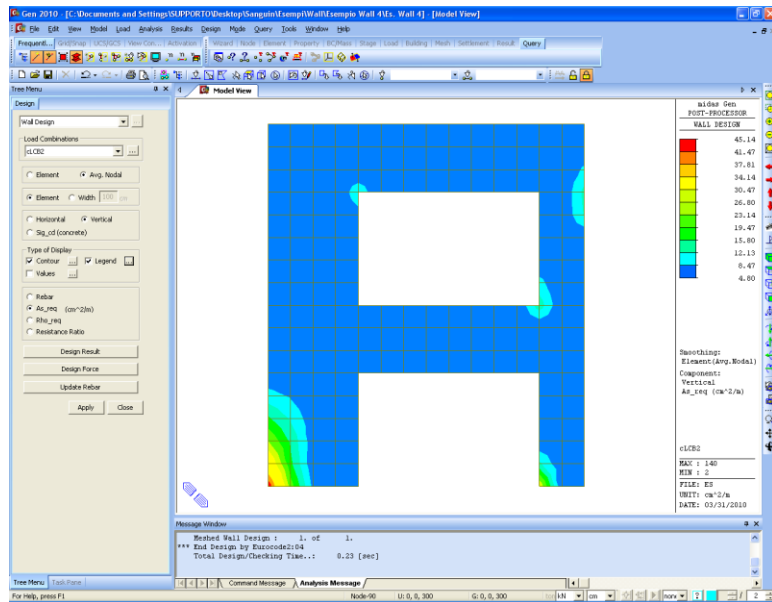


*Resistance Ratio Horizontal*

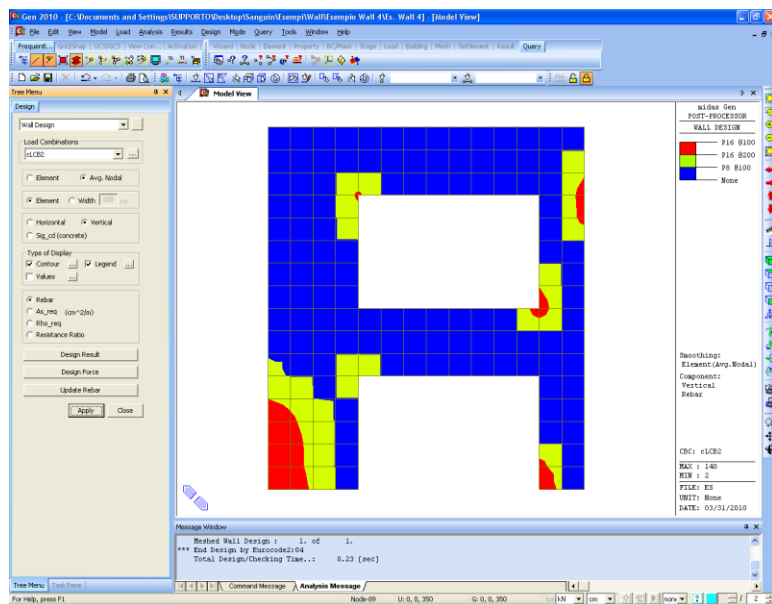


*Rho\_rec Horizontal*

## Progetto armatura parete a membrana: Wall Design

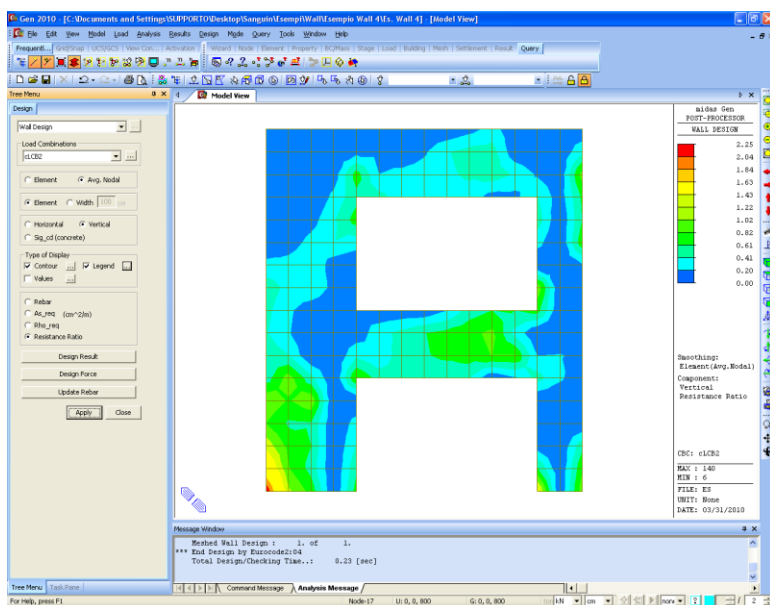


*As\_req Vertical*

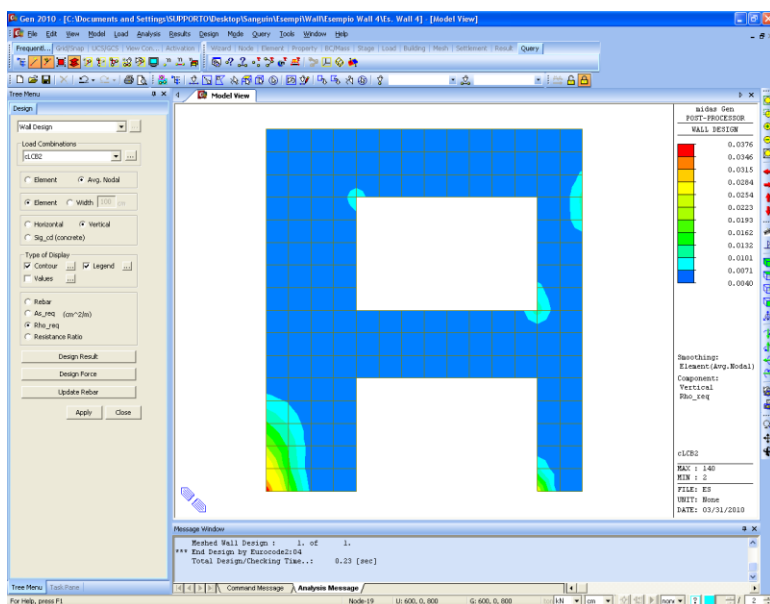


*Rebar Vertical*

## Progetto armatura parete a membrana: Wall Design



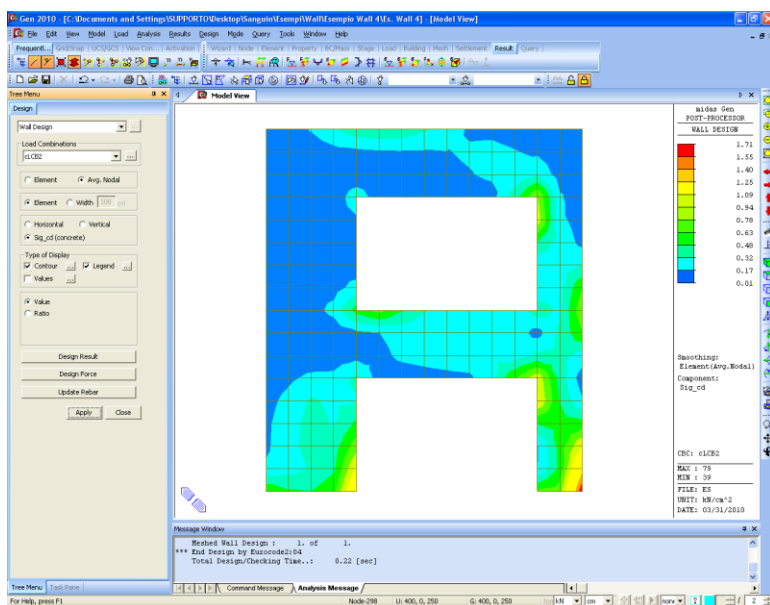
*Resistance Ratio Vertical*



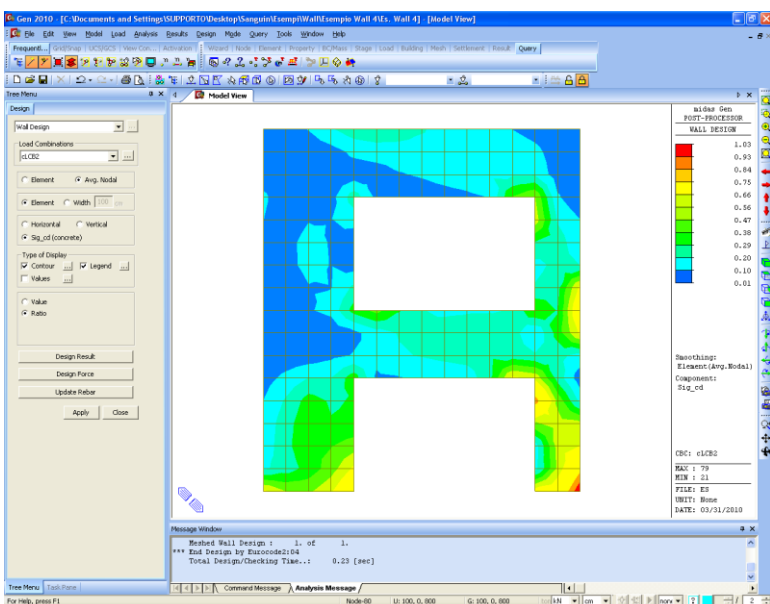
*Rho\_rec Vertical*

## Progetto armatura parete a membrana: Wall Design

Dalla finestra *Wall Design* è inoltre possibile visualizzare la tensione a cui è sottoposto il calcestruzzo e anche il rapporto di questa con la tensione limite:



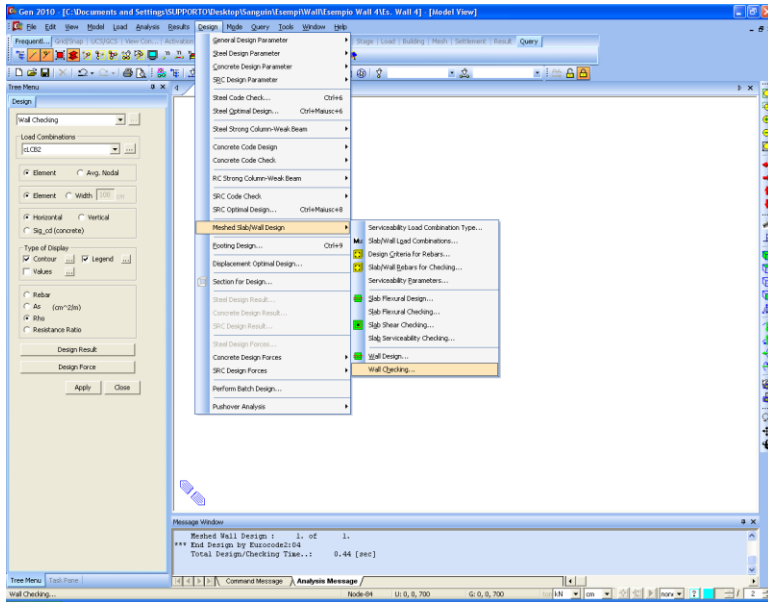
$\sigma_{cls}$



Ratio  $\sigma_{cls}$

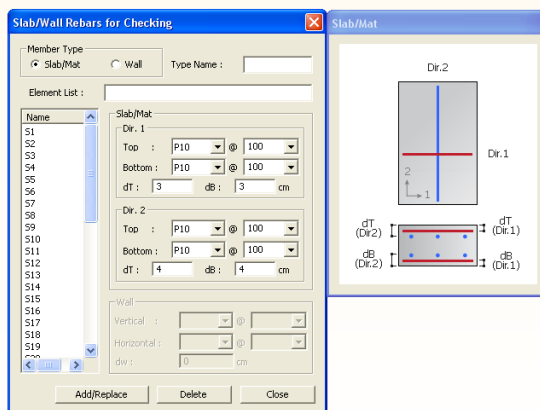
## Verifica armatura parete: Wall Checking

Tramite *Wall Checking* è possibile fare la verifica della parete.



Se l'armatura salvata è la stessa armatura proposta da Midas Gen 2010, si otterranno risultati analoghi a quelli che si ottengono con *Resistance Ratio* in *Wall Design*; la piccola differenza è dovuta al fatto che una volta salvata l'armatura, ad ogni elemento si assegna un unico tipo di armatura che corrisponde a quella del nodo più sollecitato dell'elemento stesso.

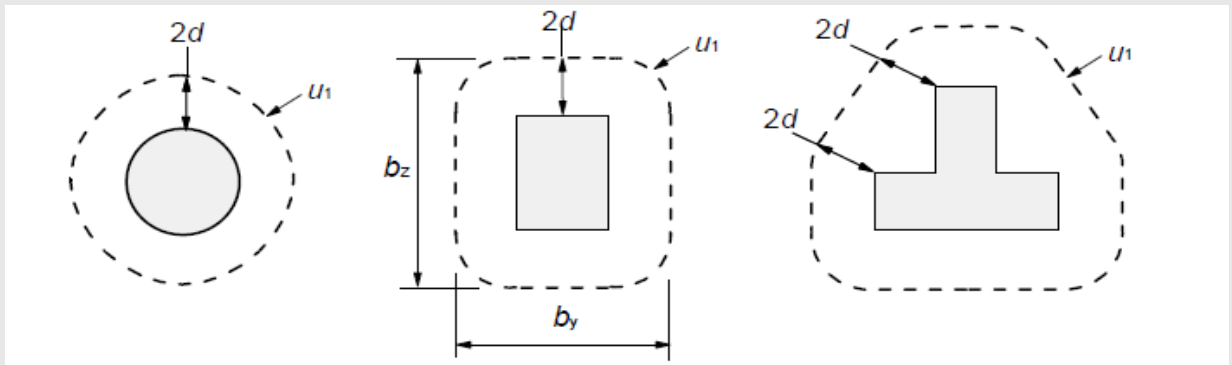
E' possibile fare la verifica di una determinata armatura anche senza fare il design ma semplicemente definendo l'armatura in *Slab/Wall Rebar for Checking* e poi con *Wall Checking* controllare tutti gli aspetti precedentemente illustrati.



# Allegato

## Punching Shear Check (By Force)

In this method, the program takes the axial force in the column supporting the slab as the shear force ( $V_{Ed}$ ). The basic control perimeter ( $u_1$ ) is taken at a distance  $2d$  from the column face (as shown in the diagram below).



The maximum shear force is calculated by multiplying  $V_{Ed}$  with shear enhancement factor  $\beta$ . The value of  $\beta$  is different for different columns (as given in the code).



1. Internal rectangular Column <u>Uniaxial</u> bending	$\beta = 1 + k \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_1}$ $W_1 = \frac{c_1^2}{2} + c_1 c_2 + 4 c_2 d + 16 d^2 + 2 \pi d c_1$
2. Internal rectangular Column biaxial bending	$\beta = 1 + 1,8 \sqrt{\left(\frac{e_y}{b_z}\right)^2 + \left(\frac{e_z}{b_y}\right)^2}$
3. Rectangular Edge Column: axis of bending parallel to slab edge, eccentricity is towards interior.	$\beta = \frac{u_1}{u_{1*}}$
4. Rectangular Edge Column: bending about both the axes, eccentricity perpendicular to slab edge is towards exterior.	$\beta = 1 + k \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_1}$ $W_1 = \frac{c_1^2}{2} + c_1 c_2 + 4 c_2 d + 16 d^2 + 2 \pi d c_1$
5. Rectangular Edge Column: bending about both the axes, eccentricity perpendicular to slab edge is towards interior.	$\beta = \frac{u_1}{u_{1*}} + k \frac{u_1}{W_1} e_{par}$ $W_1 = \frac{c_2^2}{4} + c_1 c_2 + 4 c_1 d + 8 d^2 + \pi d c_2$
6. Rectangular Corner Column, eccentricity is towards interior	$\beta = \frac{u_1}{u_{1*}}$
7. Rectangular Corner Column, eccentricity is towards exterior	$\beta = 1 + k \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_1}$ $W_1 = \frac{c_1^2}{2} + c_1 c_2 + 4 c_2 d + 16 d^2 + 2 \pi d c_1$
8. Interior Circular column	$\beta = 1 + 0,6 \pi \frac{e}{D + 4d}$
9. Circular edge or corner column	No information in the code.

The shear resistance of the slab (without shear reinforcement) at the basic control section is given by

$V_{Rd,c} = (0.18/\gamma_c) k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} (u_1 * d)$  , the value of  $\rho_l$  is assumed to be 0.02.

$$V_{Rd,c} \geq (0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}) (u_1 * d)$$

If

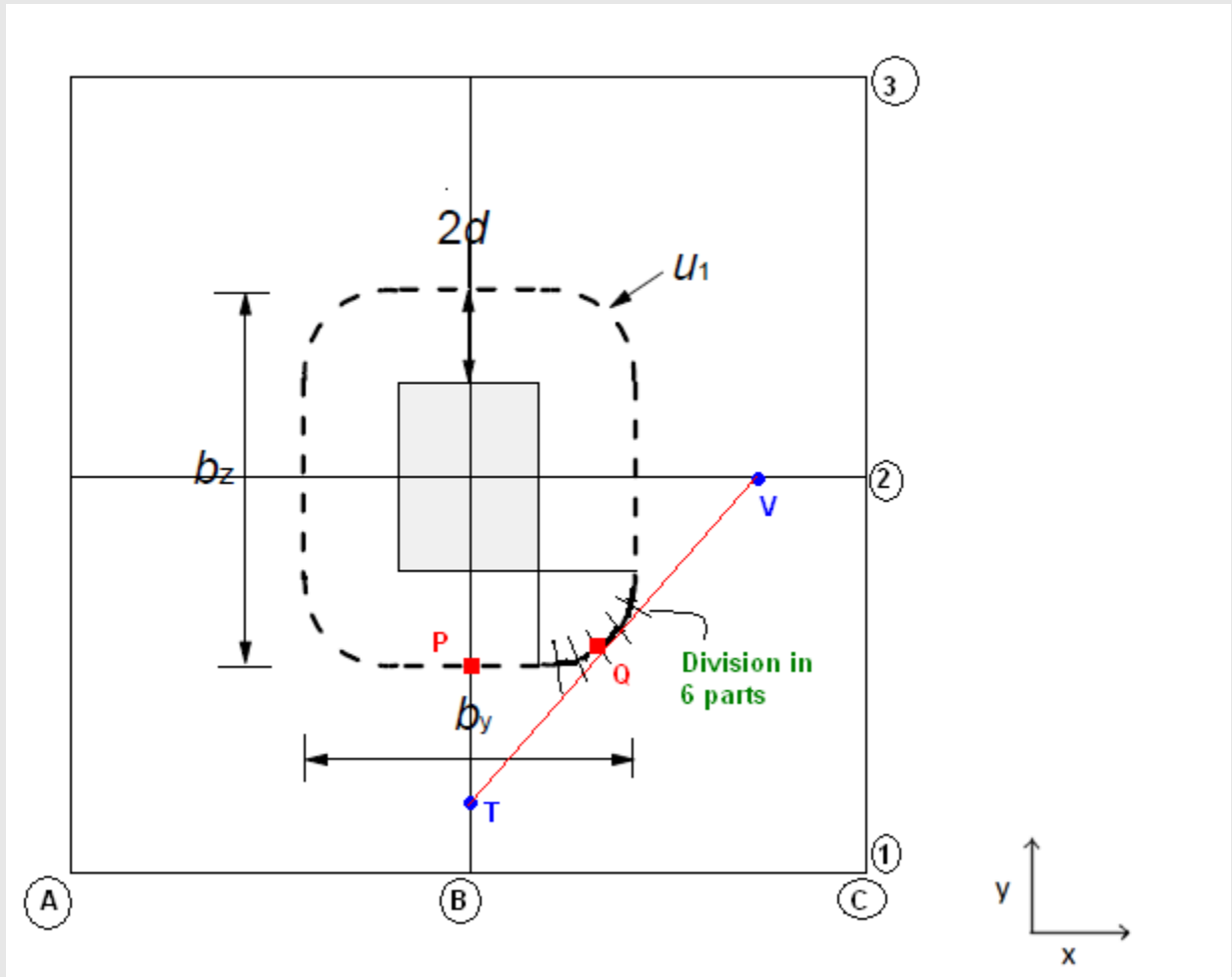
1.  $V_{Ed} < V_{Rd,c}$  : section is safe in punching shear

2.  $V_{Ed} > V_{Rd,c}$  : provide shear reinforcement.

$$A_{sw}/s_r = (v_{Ed} - 0.75 v_{Rd,c}) (u_1 * d) / (1.5 * d * f_{ywd\_ef})$$

## Punching shear check (By Stress)

In these methods (The Stress Method), the Shear force along the critical section is taken and divided by the effective depth to calculate shear stress. Therefore there is no need to calculate  $\beta$  (Beta), to consider moment transferred to the column.



(There are 4 plate elements intersecting at nodes. The nodes are marked by nomenclature of Grid Lines. As the center node is denoted by B2, B on x-Axis and 2 on Y-Axis)

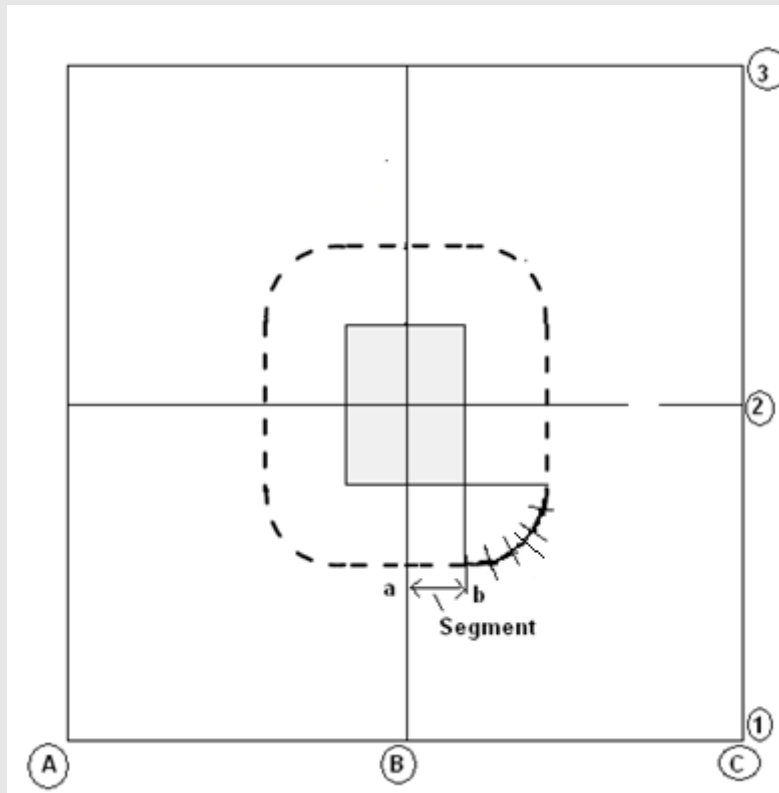
When slab is defined as the plate element, the program calculated stresses only at the nodes, in the analysis. So we have the stresses at B1, B2, C2 etc. (see the figure above) are calculated by the program.

Case 1 - To calculate stresses at the critical section that is u1 in the given figure, for example we take the point P in the figure which lies in a straight line. The stress at B1 and B2 are known. The values at these nodes are interpolated linearly to find the stress at point P .

Case 2- Now if the point lies in the curve such as the point Q, then the software will divide the curve into 6 parts. At each point such as Q a tangent which intersects B1-B2 and C2-B2. The value of stresses at T and V are determined by linear interpolation of stresses which are known at for T (at B1 and B2) and for V (at C2 and B2). After knowing stresses at T and V the stress at Q is determined by linear interpolation of stresses at T and V.

### (Method 1: Average by elements.)

In this method the stresses at all the critical points is determined. The critical points divide the critical section into segments. The average value for all these segments is determined by dividing the stresses at the two ends of the segment by 2. After determining the average value for each segment, **the maximum** average value from all of the segments is reported as the Stress value for the critical Section.



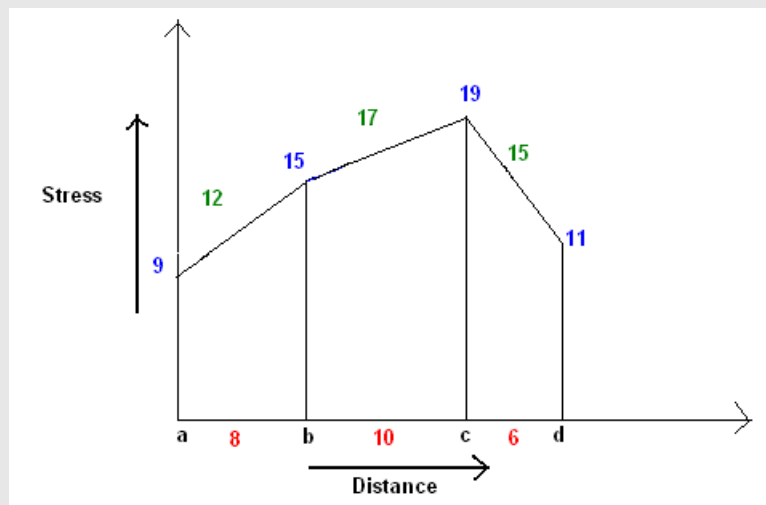
a,b are stresses at the segment ends.

Average value for the segment will be  $(a+b)/2$ , and such average value for each segment is determined.

## (Method 2: Average by Side)

In this method stresses at all critical points is determined and then average stress value is calculated by weighted mean.

To calculate weighted mean , For example we have 4 critical points a, b, c, d.



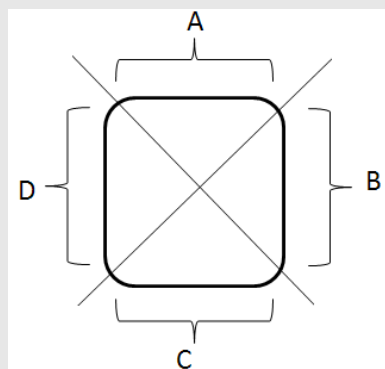
**Stress at critical points:** For example at 'a' its 9

**Average of the segment:** For example in 'a' and 'b' its  $(15+9)/2 = 12$

**Distance Between the critical points:** For example between 'a' and 'b' its 8

**Final Stress** =  $(12 * 8 + 17 * 10 + 15 * 6) / (8+10+6)$ , which is the weighted average.

We divide the Critical section into 4 sides as shown in figure.



The weighted mean value for each side is determined and then the maximum value out of the 4 sides A, B, C, D is reported as the stress value.