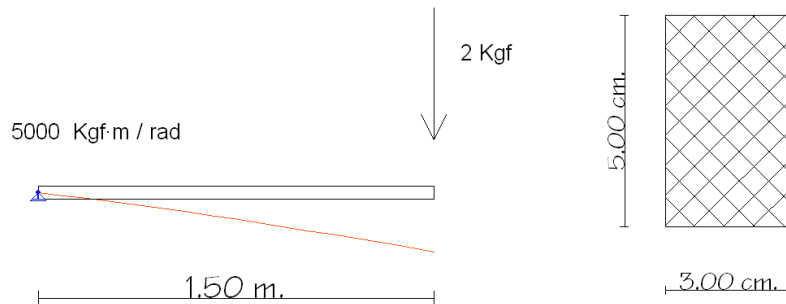


Incastro Cedevole alla rotazione – Esempio 101

Mensola con incastro cedevole alla rotazione



Mensola con incastro cedevole alla rotazione ad un estremo e caricata con una forza concentrata all'altro estremo.
valutazione della rotazione all'estremo cedevole

$$K_{\varphi} = 5000 \text{ Kgf} \cdot \text{m} / \text{rad}$$

$$L = 1.5 \text{ m}$$

$$F = 2 \text{ Kgf}$$

$$E = 2.100.000 \text{ Kgf/cm}^2$$

Sez rettangolare 3x5 cm

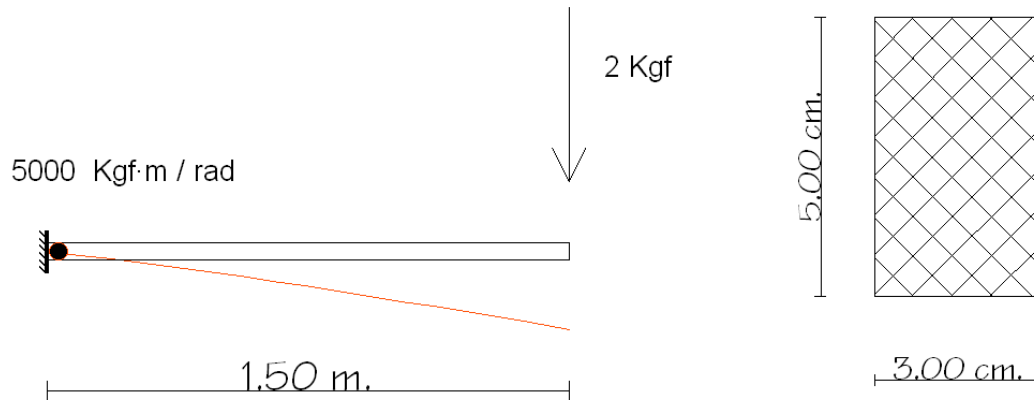
$$\varphi_i = \frac{F \times L}{K_{\varphi}} = \frac{2 \times 1.5}{5000} = 0.0006 \text{ rad}$$

File d'esempio: **101 - Incastro Cedevole.asc**

Ve	ASCad32	diff. %
0.0006	0.0006	0.00

Sconnessione cedevole – Esempio 102

Mensola con estremo sconnesso



Mensola con incastro fisso ma sconnessione alla rotazione ad un estremo e caricata con una forza concentrata all'altro estremo.

Valutazione della rotazione della sconnessione

$$K_{\varphi} = 5000 \text{ Kgf} \cdot \text{m} / \text{rad}$$

$$L = 1.5 \text{ m}$$

$$F = 2 \text{ Kgf}$$

$$E = 2.100.000 \text{ Kgf/cm}^2$$

Sez rettangolare 3x5 cm

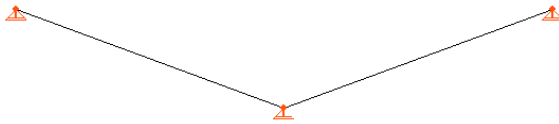
$$\varphi_i = \frac{F \times L}{K_{\varphi}} = \frac{2 \times 1.5}{5000} = 0.0006 \text{ rad}$$

File d'esempio: **102 - Sconnessione cedevole.asc**

Ve	ASCad32	diff. %
0.0006	0.0006	0.00

Abbassamento Arco a tre cerniere – Esempio 103

Odone Belluzzi - Vol. I pag. 124 - Es. n. 52



Abbassamento vertice arco a 3 cerniere

$v = 1.1337$ mm [Belluzzi]

v test	Belluzzi	ASCad32	diff. %
Uz mm	-1.1337	-1.1337	0.00 %

Tratto da "Scienza Delle Costruzioni Vol. 1" di Odono Belluzzi - Zanichelli Editore – Pag. 124 Esempio n° 52

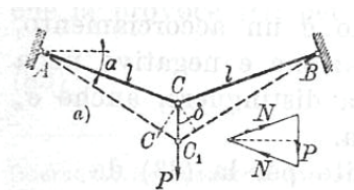


Fig. 135.

Esercizio 52. – Le due barre della fig. 135 a), di ferro tondo di 2 cm di diametro e lunghe 3,50 m, sopportano un peso $P = 500$ kg. Calcolare l'abbassamento del punto C, essendo $\alpha = 20^\circ$.

Soluzione. Dal triangolo di equilibrio del punto C si ricava

$$N \sin \alpha = \frac{P}{2}, \quad N = \frac{P}{2 \sin \alpha}.$$

Se δ è l'abbassamento CC_1 cercato e $C'C_1$ è l'allungamento Δl dell'asta AC, potendosi considerare il triangolo CC_1C' rettangolo in C' , si ha $\delta = \Delta l / \sin \alpha$.

Quindi tenendo conto della (84) o dell'espressione di N , risulta

$$\delta = \frac{Nl}{EA \sin \alpha} = \frac{Pl}{2EA \sin^2 \alpha}.$$

Coi dati del problema e supposto $E = 2\,100\,000$ kg/cm² si ha

$$\delta = \frac{500 \cdot 350}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot 0,34202^2} = 0,113 \text{ cm}.$$

File d'esempio: 103 - Belluzzi Vol 1 pag 124 es 52.asc

Trave Appoggiata-Incastrata – Esempio 104

Tratto da "Scienza Delle Costruzioni Vol. 1" di Odone Belluzzi - Zanichelli Editore – Pag. 273 Esercizio n° 164

Odone Belluzzi - Vol. I pag. 273 - Es. n. 164

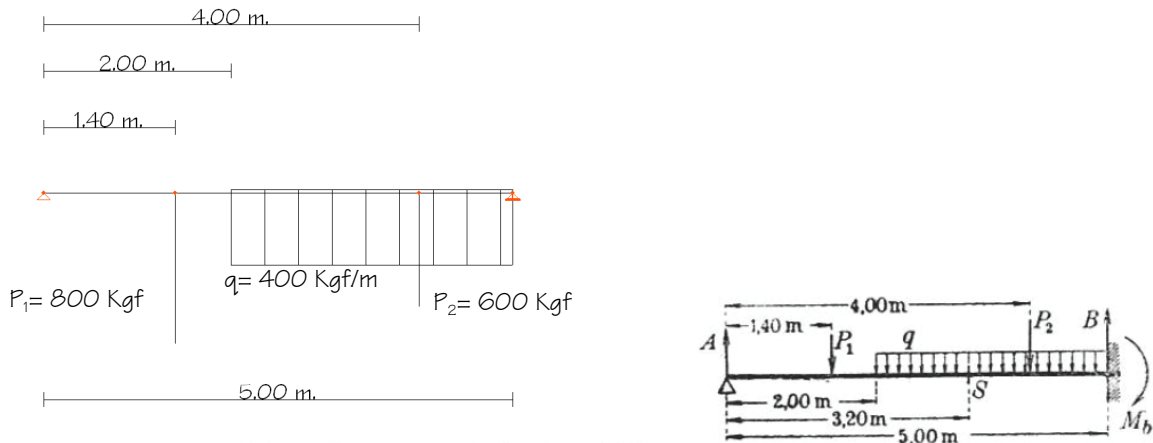


Fig. 242.

Esercizio 164. – La trave della fig. 242 è soggetta a due carichi concentrati $P_1 = 800 \text{ kg}$, $P_2 = 600 \text{ kg}$ e a un carico parziale uniformemente ripartito $q = 400 \text{ kg/m}$. Si suppongono già calcolate le reazioni dei vincoli, che valgono $A = 690 \text{ kg}$, $B = 1910 \text{ kg}$, $M_b = -1830 \text{ kgm}$. Calcolare T ed M nella sezione S .

Soluzione. Se si calcola mediante le forze a sinistra di S , si ottiene

$$T = 690 - 800 - 400 \cdot 1,2 = -590 \text{ kg},$$

$$M = 690 \cdot 3,2 - 800 \cdot 1,8 - 400 \cdot 1,2 \frac{1,2}{2} = +480 \text{ kgm};$$

e se si calcola mediante le forze a destra di S

$$T' = -1910 + 600 + 400 \cdot 1,8 = -590 \text{ kg},$$

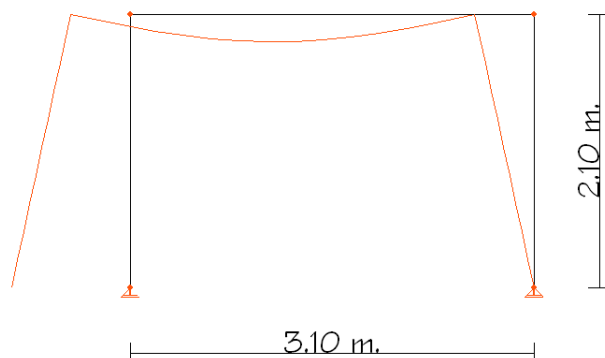
$$M' = -1830 + 1910 \cdot 1,8 - 600 \cdot 0,8 - 400 \cdot 1,8 \frac{1,8}{2} = +480 \text{ kgm}.$$

espressioni testate	ASCad32 (v_t)	Belluzzi (v_e)	$v_e - v_t / v_e$
Reaz. vert. vincolo A (Kgf)	689.9808	690.0000	0.00002
Reaz. vert. vincolo B (Kgf)	1910.0192	1910.0000	0.00000
Momento vincolo B (Kgf x m)	1830.0960	1830.0000	-0.00005
Taglio Sezione S (Kgf)	-590.000	-590.000	0.00000
Momento Sezione S (Kgf x m)	479.929	480.000	0.00014

File d'esempio: 104 - Belluzzi Vol 1 pag 273 es 164.asc

Deformazioni Portale – Esempio 105

Odone Belluzzi - Vol. I pag. 338 - Es. n. 215



$$\begin{aligned} I &= 250 \text{ cm}^4 \\ L &= 310 \text{ cm} \\ h &= 210 \text{ cm} \\ E &= 2100000 \text{ Kgf/cm}^2 \\ q &= -400 \text{ Kgf/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= q \cdot l \cdot l^2 / (24 \cdot E \cdot I) = 4 \cdot 310 \cdot 310^2 / (24 \cdot 2100000 \cdot 250) = 0.00945746 \text{ rad} \\ dx &= 2 \cdot a \cdot h = 2 \cdot 0.00945746 \cdot 210 = 3.97213 \text{ cm} \end{aligned}$$

Tratto da "Scienza Delle Costruzioni Vol. 1" di Odone Belluzzi - Zanichelli Editore – Pag. 338 Esercizio n° 215

Esercizio 215. – Calcolare lo spostamento orizzontale ξ dell'appoggio scorrevole A del portale della fig. 315, provocato dal carico uniforme Q agente sulla trave CD .

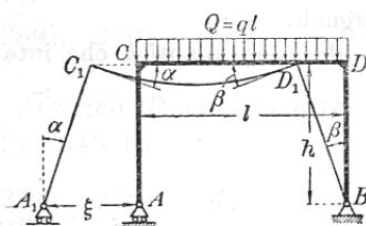


Fig. 315.

Soluzione. Le reazioni degli appoggi sono verticali; perciò il momento flettente è nullo nei piedritti AC e BD , che rimangono quindi rettilinei, ed è nullo agli estremi della trave CD , che si comporta come se fosse appoggiata agli estremi. Per la (275), le sezioni C e D ruotano di angoli

$$\alpha = \beta = \frac{Ql^2}{24EJ},$$

per cui lo spostamento cercato risulta

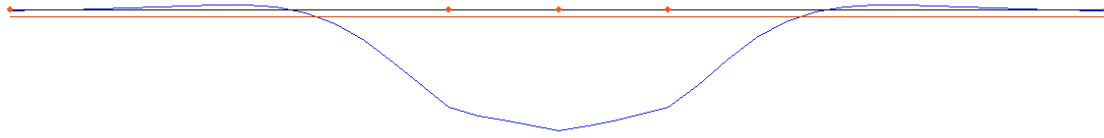
$$\xi = 2ah = \frac{Ql^2h}{12EJ}.$$

espressioni testate	ASCad32 (v_t)	Belluzzi (v_e)	$v_e - v_t / v_e$
Rotazione, vincolo A (radianti)	0.00945746	0.00945746	0.00000
Spost. orizzontale vincolo A (cm)	3.97213	3.97213	0.00000

File d'esempio: 105 - Belluzzi Vol 1 pag 338 es 215.asc

Trave su suolo alla Winkler – Esempio 106

Odone Belluzzi - Vol. I pag. 438 - Es. n. 312



Tratto da "Scienza Delle Costruzioni Vol. 1" di Odone Belluzzi - Zanichelli Editore – Pag. 438 Esercizio n° 312

Esercizio 312. – Una barra di ferro di sezione quadrata di 5 cm di lato, lunga 8 m, è vincolata a un suolo elastico di modulo $K = 10 \text{ kg/cm}^3$ e sopporta nella parte centrale tre carichi uguali $P = 2000 \text{ kg}$, distanti fra loro $d = 0,80 \text{ m}$ (fig. 423). Calcolare l'abbassamento e il momento flettente sotto il carico centrale.

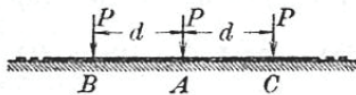


Fig. 423.

Soluzione. Si ha $\beta = 10 \cdot 5 = 50 \text{ kg/cm}^2$. Il momento d'inerzia della sezione è $J = 5^4/12 = 52,1 \text{ cm}^4$. Quindi

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{50}{4 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 52,1}} = 0,018385 \text{ cm}^{-1}.$$

La lunghezza d'onda risulta $\lambda = 2\pi/0,018385 = 342 \text{ cm}$; per cui essendo l notevolmente maggiore di λ , si possono applicare con buona approssimazione i risultati del n. 255.

L'abbassamento di A è la somma di quelli dovuti a ciascun carico: essendo $AO = x = 80 \text{ cm}$ e $ax = 1,47$, per la (356) e la (353) risulta

$$\begin{aligned} \eta_a &= \frac{2000 \cdot 0,018385}{2 \cdot 50} [1 + 2e^{-1,47}(\text{sen } 1,47 + \cos 1,47)] = \\ &= 0,3677(1 + 2 \cdot 0,2519) = 0,553 \text{ cm}. \end{aligned}$$

Il momento flettente si ottiene in modo analogo dalle (357) e (355):

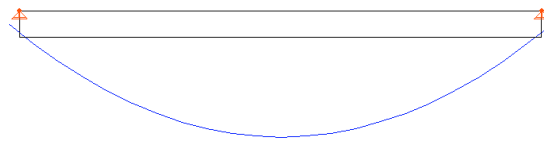
$$\begin{aligned} M_a &= \frac{2000}{4 \cdot 0,018385} [1 + 2e^{-1,47}(\cos 1,47 - \text{sen } 1,47)] = \\ &= 27196(1 - 2 \cdot 0,2056) = 16013 \text{ kgcm}. \end{aligned}$$

espressioni testate	ASCad32 (v_t)	Belluzzi (v_e)	$v_e - v_t / v_e$
Abbassamento in A (cm)	0.553	0.553	0.0000
Momento Flettente in A (Kgf x cm)	16005	16013	0.0004

File d'esempio: 106 - Belluzzi Vol 1 pag 438 es 312.asc

Trave eccentrica (carico termico) – Esempio 107

Odone Belluzzi - Vol. I pag. 462 - Es. n. 335



Tratto da "Scienza Delle Costruzioni Vol. 1" di Odone Belluzzi - Zanichelli Editore – Pag. 462 Esercizio n° 335

Esercizio 335. – Una barra di ferro di sezione rettangolare ($b = 4$ cm, $h = 10$ cm) è posta fra due blocchi rigidi che la toccano soltanto nei lembi u e v (fig. 445), perchè le sue estremità sono tagliate obliquamente. Determinare il regime statico e la deformazione per effetto di un riscaldamento $\Delta t = + 30^\circ$.

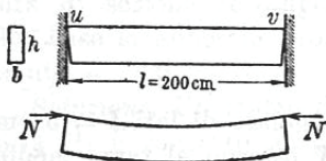


Fig. 445.

Soluzione. Se la barra fosse libera, si allungerebbe di $\alpha \Delta t$.

Lo strato di fibre longitudinali uv non può allungarsi; quindi lo sforzo normale N che nasce secondo uv è tale da produrre un accorciamento

$$\Delta \bar{uv} = \Delta l - \Phi \frac{h}{2} = - \frac{Nl}{EA} - \frac{Nhl}{2EJ} \cdot \frac{h}{2} = - 4 \frac{Nl}{Ebh} = - 4 \frac{Nl}{EA},$$

uguale all'allungamento predetto. Per cui risulta

$$N = - EA \alpha \Delta t / 4 = - 2 \cdot 10^6 \cdot 40 \cdot 0,000012 \cdot 30 / 4 = - 7200 \text{ kg.}$$

La tensione massima vale (n. 266 c)

$$\sigma'' = 4 \sigma_{media} = 4(-7200/40) = -720 \text{ kg/cm}^2.$$

Si può anche ottenere direttamente σ'' deducendola dalla ε lungo uv :

$$\varepsilon = - \alpha \Delta t, \quad \sigma'' = - E \alpha \Delta t = - 720 \text{ kg/cm}^2.$$

La variazione di lunghezza dell'asse e l'angolo di flessione risultano

$$\Delta l = \alpha \Delta t l + \frac{\sigma_{media}}{E} l = 0,000012 \cdot 200 \cdot 30 - \frac{180}{2 \cdot 10^6} 200 = 0,054 \text{ cm},$$

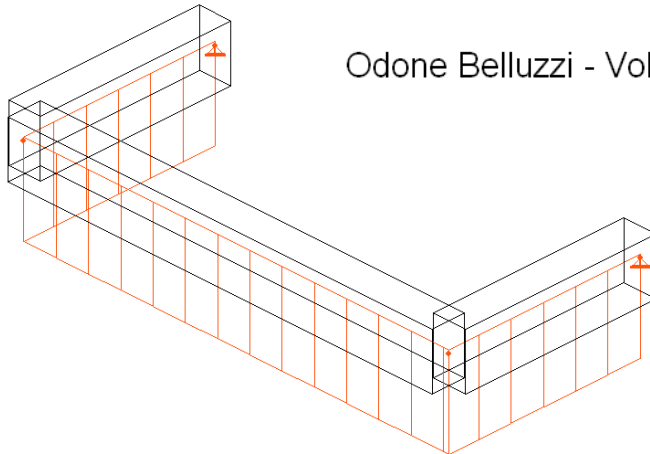
$$\Phi = \frac{36000 \cdot 200}{2 \cdot 10^6 \cdot 333,3} = 0,0108, \quad \text{oppure} \quad \Phi = \frac{\Delta l}{h/2} = \frac{0,054}{5} = 0,0108.$$

La freccia in mezzaria è $f = Ml^2/8EJ = 0,27$ cm.

Usando un procedimento di successive approssimazioni, si può tener conto dell'incurvamento delle fibre uv , per effetto del quale in realtà si allungano di $\Delta \bar{uv} = \sim 2,5f^2/l$ (n. 192 b).

espressioni testate	ASCad32 (v_t)	Belluzzi (v_e)	$v_e - v_t / v_e$
Sforzo Normale (Kgf)	-7199.959	-7200.000	0.000005
Abbassamento mezzaria (cm)	0.27	0.27	0.000000

Balcone – Esempio 108



Odone Belluzzi - Vol. 2 pag. 500 - Es. n. 908

Tratto da "Scienza Delle Costruzioni Vol. 2" di Odone Belluzzi - Zanichelli Editore – Pag. 500 Esercizio n° 908

Esercizio 908. – Un balcone è sopportato da due travi di cemento armato uscenti dal muro, lunghe $h = 1,80$ m, e da una trave parallela al muro, solidale con le prime, lunga $l = 4,00$ m. La sezione delle travi è quadrata. Il carico è uniforme sulle tre travi e vale $q = 800$ kg/m.

Soluzione. Si ha $\bar{M}_a = \bar{M}_b = -ql^2/12$, $\varpi_a = \varpi_b = ql^2/2$. Le altre quantità non nulle sono $\varphi'_a = \varphi'_b = qh^2/6$, $\delta'_a = \delta'_b = qh^2/4$; però esse scompaiono dalle (754) perchè le loro differenze sono nulle (5).

Sostituendo nelle (754), si ottiene

$$(757) \quad M_a = M_b = -\frac{\lambda}{\lambda + 2} \cdot \frac{ql^2}{12}, \quad \varpi_a = \varpi_b = 0, \quad H_a = H_b = \frac{ql}{2}.$$

Nel nostro caso si ha $B_t = B_p = B$, $C_t = C_p = C$, $\gamma = B/C = 1,1 \cdot 7,114/6 = 1,306$ (nota 1, $1/m = 0,1$), $\lambda = 4,00/1,80 \cdot 1,306 = 1,70$. Quindi risulta

$$M_a = M_b = -\frac{1,70}{1,70 + 2} \cdot \frac{800 \cdot 4,00^2}{12} = -463 \text{ kgm},$$

che è il momento d'incastro della trave lunga e il momento torcente di quelle corte. Inoltre si ha $H_a = H_b = 800 \cdot 4,00/2 = 1600$ kg.

Il momento d'incastro (flettente) delle travi corte nel muro vale

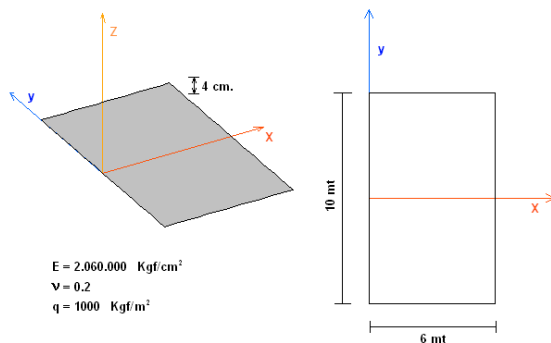
$$\varpi_{a_1} = -1600 \cdot 1,80 - 800 \cdot 1,80^2/2 = -4176 \text{ kgm}.$$

espressioni testate	ASCad32 (v_t)	Belluzzi (v_e)	$v_e - v_t / v_e$
Momento all'incastro A (Kgf x m)	-4176.000	-4176.000	0.0
Momento all'incastro B (Kgf x m)	-4176.000	-4176.000	0.0

File d'esempio: 108 - Belluzzi Vol 2 pag 500 es 908.asc

Piastra Rettangolare – Esempio 201

Piastra Rettangolare in varie condizioni di vincolo – Sviluppo in Serie



In quest'esempio i risultati (abbassamento, momenti M_x ed M_y) ottenuti da ASCad32 saranno messi a confronto con quelli ottenuti applicando il metodo della serie alla piastra di Kirchhoff.

I calcoli relativi alla soluzione in forma chiusa mediante sviluppo in serie sono stati eseguiti con l'ausilio del programma Mathematica vers. 4.0 sviluppato dalla Wolfram Research Inc. Lo sviluppo in serie è stato arrestato al 15° termine.

Sulla piastra di dimensioni 6x10 metri e spessore 4 cm, agisce un carico ripartito di 1000 Kgf/m^2

Sono stati sviluppati calcoli (e confronti) per diverse condizioni di vincolo e, per quanto riguarda ASCad32, con diversi valori di infittimento della mesh e utilizzando due diversi elementi finiti (**Guscio Piano** a mesh triangolare e **Shell Retto** a mesh rettangolare).

Il confronto è stato effettuato nei punti più significativi della piastra.

La tabella seguente elenca le diverse condizioni vincolari per le quali sono stati eseguiti i confronti e indica il nome del file di esempio relativo.

Il file d'esempio ha un nome del tipo: `201 - nn - EE_VV_M - descrizione.asc`

il termine `EE_VV_M`, utile per identificare il file, è riportato nella tabella.

dettaglio casi esaminati con le diverse condizioni di vincolo									
caso	condizioni di vincolo ai lati			file di esempio in funzione del tipo di elemento e dell'infittimento mesh					
				Guscio Piano			Shell Retto		
	lati lunghi	lato $y = +5$	lato $y = -5$	Rada	Media	Fitta	Rada	Media	Fitta
1	appoggio	Incastro	Libero	GP_IL_R	GP_IL_M	GP_IL_F	SR_IL_R	SR_IL_M	SR_IL_F
2	appoggio	Incastro	Appoggio	GP_IA_R	GP_IA_M	GP_IA_F	SR_IA_R	SR_IA_M	SR_IA_F
3	appoggio	Incastro	Incastro	GP_II_R	GP_II_M	GP_II_F	SR_II_R	SR_II_M	SR_II_F
4	appoggio	Appoggio	Libero	GP_AL_R	GP_AL_M	GP_AL_F	SR_AL_R	SR_AL_M	SR_AL_F
5	appoggio	Appoggio	Appoggio	GP_AA_R	GP_AA_M	GP_AA_F	SR_AA_R	SR_AA_M	SR_AA_F
6	appoggio	Libero	Libero	GP_LL_R	GP_LL_M	GP_LL_F	SR_LL_R	SR_LL_M	SR_LL_F

Per ciascuno dei casi indicati nella tabella, lo sviluppo in serie di abbassamento W , momento M_x e momento M_y è stato confrontato con i risultati di 3 diversi calcoli effettuati con ASCad32 in 3 diverse condizioni di mesh per gli elementi finiti di tipo Guscio Piano, e con 3 diverse condizioni di mesh per gli elementi finiti di tipo Shell Retto.

Grado di infittimento della mesh nei tre casi (rada, media, fitta) per i due tipi di elementi finiti considerati nell'esempio			
tipo elemento	mesh 1 (rada)	mesh 2 (media)	mesh 3 (fitta)
Guscio Piano	409 gradi di libertà	2410 gradi di libertà	24432 gradi di libertà
Shell Rettangolare	16 elementi	256 elementi	1024 elementi

I risultati sono riassunti nella seguente tabella:

Errore massimo e σ medio rilevato nei punti test per i tre tipi di risultati testati (Uz, Mx, My) e suddiviso per tipo di elemento e per infittimento della mesh. l'errore è ottenuto dall'espressione:												
$e_{rr} = (v_t - v_e) / v_e$												
ove v_t è il valore di test e v_e il valore "esatto" ottenuto dallo sviluppo in serie.												
CONDIZIONE DI VINCOLO 1												
	Guscio Piano						Shell Rettangolare					
	mesh rada		mesh media		mesh fitta		mesh rada		mesh media		mesh fitta	
	max	medio	max	medio	max	medio	max	medio	max	medio	max	medio
Uz	0.012	0.009	0.038	0.025	0.006	0.006	-0.198	-0.056	0.035	0.022	0.024	0.022
Mx	0.052	0.020	0.034	0.025	0.008	0.005	-0.175	-0.064	0.032	0.023	0.024	0.022
My	0.074	0.012	0.035	0.017	0.009	0.002	-0.530	-0.044	0.022	0.007	0.017	0.015
CONDIZIONE DI VINCOLO 2												
	Guscio Piano						Shell Rettangolare					
	mesh rada		mesh media		mesh fitta		mesh rada		mesh media		mesh fitta	
	max	medio	max	medio	max	medio	max	medio	max	medio	max	medio
Uz	0.013	0.010	0.018	0.018	0.020	0.020	0.156	0.109	0.012	0.009	0.019	0.019
Mx	0.030	0.008	0.026	0.018	0.023	0.020	0.074	0.036	0.021	0.016	0.020	0.020
My	0.065	0.004	0.044	0.018	0.022	0.018	0.289	0.061	0.035	0.028	0.021	0.020
CONDIZIONE DI VINCOLO 3												
	Guscio Piano						Shell Rettangolare					
	mesh rada		mesh media		mesh fitta		mesh rada		mesh media		mesh fitta	
	max	medio	max	medio	max	medio	max	medio	max	medio	max	medio
Uz	0.011	0.007	0.018	0.017	0.020	0.019	0.180	0.148	0.009	0.004	0.019	0.019
Mx	0.027	0.006	0.025	0.016	0.023	0.020	0.096	0.052	0.018	0.014	0.019	0.019
My	0.061	0.002	0.050	0.020	0.022	0.018	0.332	0.022	0.037	0.026	0.021	0.020
CONDIZIONE DI VINCOLO 4												
	Guscio Piano						Shell Rettangolare					
	mesh rada		mesh media		mesh fitta		mesh rada		mesh media		mesh fitta	
	max	medio	max	medio	max	medio	max	medio	max	medio	max	medio
Uz	0.015	0.014	0.019	0.019	0.020	0.020	0.040	0.005	0.035	0.026	0.024	0.022
Mx	0.024	0.014	0.026	0.019	0.022	0.019	0.052	0.024	0.032	0.025	0.024	0.022
My	0.082	0.020	0.062	0.023	0.020	0.016	0.126	0.039	0.029	0.014	0.020	0.016
CONDIZIONE DI VINCOLO 5												
	Guscio Piano						Shell Rettangolare					
	mesh rada		mesh media		mesh fitta		mesh rada		mesh media		mesh fitta	
	max	medio	max	medio	max	medio	max	medio	max	medio	max	medio
Uz	0.014	0.012	0.019	0.019	0.020	0.020	0.081	0.079	0.014	0.013	0.019	0.019
Mx	0.025	0.007	0.026	0.019	0.022	0.020	0.031	0.024	0.021	0.018	0.020	0.019
My	0.052	0.006	0.046	0.021	0.021	0.018	0.197	0.161	0.033	0.033	0.021	0.020
CONDIZIONE DI VINCOLO 6												
	Guscio Piano						Shell Rettangolare					
	mesh rada		mesh media		mesh fitta		mesh rada		mesh media		mesh fitta	
	max	medio	max	medio	max	medio	max	medio	max	medio	max	medio
Uz	0.015	0.015	0.019	0.019	0.020	0.020	0.074	0.015	0.033	0.017	0.023	0.019
Mx	0.019	0.016	0.023	0.020	0.022	0.020	0.140	0.069	0.029	0.015	0.023	0.019
My	0.125	0.047	0.064	0.034	0.021	0.012	0.172	0.011	0.042	0.017	0.025	0.019

Nelle pagine seguenti sono tabellati, per ogni condizione di vincolo, per i due diversi elementi e per le 3 diverse densità di mesh, valore che Uz, Mx, My assumono in vari punti interni della piastra.

Condizione di vincolo 1: Appoggio lati lunghi, incastro a +5 mt libero a -5 mt										
ELEMENTO: GUSCIO PIANO										
Mesh 1 - 409 g.d.l.										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
2	-3	-113.355	-114.456	0,010	3.602	3594	-0,002	704	683	-0,030
3	-3	-130.384	-131.612	0,009	4.043	4047	0,001	790	786	-0,005
4	-3	-113.355	-114.411	0,009	3.602	3641	0,011	704	699	-0,007
2	-2	-107.405	-108.574	0,011	3.451	3492	0,012	862	888	0,030
3	-2	-123.512	-124.708	0,010	3.868	3887	0,005	972	1005	0,034
4	-2	-107.405	-108.466	0,010	3.451	3445	-0,002	862	896	0,039
3	-1	-114.904	-116.008	0,010	3.628	3654	0,007	1092	1134	0,038
5	-1	-58.326	-59.009	0,012	2.059	2062	0,001	595	639	0,074
2	1	-75.520	-76.281	0,010	2.502	2562	0,024	1012	1033	0,021
4	1	-75.520	-76.039	0,007	2.502	2572	0,028	1012	1094	0,081
2	2	-56.891	-57.316	0,007	1.894	1900	0,003	833	805	-0,034
3	2	-65.213	-65.584	0,006	2.078	2123	0,022	935	948	0,014
4	3	-34.444	-34.522	0,002	1.097	1154	0,052	288	286	-0,007
Mesh 2 - 2410 g.d.l.										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
2	-3	-113.355	-115.748	0,021	3.602	3697	0,026	704	717	0,018
3	-3	-130.384	-133.138	0,021	4.043	4129	0,021	790	813	0,029
4	-3	-113.355	-115.746	0,021	3.602	3684	0,023	704	727	0,033
1	-2	-62.630	-64.016	0,022	2.179	2220	0,019	535	544	0,017
2	-2	-107.405	-109.789	0,022	3.451	3532	0,023	862	878	0,019
3	-2	-123.512	-126.257	0,022	3.868	3944	0,020	972	997	0,026
4	-2	-107.405	-109.789	0,022	3.451	3522	0,021	862	853	-0,010
2	-1	-99.950	-102.337	0,024	3.243	3311	0,021	966	1000	0,035
3	-1	-114.904	-117.650	0,024	3.628	3709	0,022	1092	1120	0,026
4	-1	-99.950	-102.338	0,024	3.243	3330	0,027	966	975	0,009
1	0	-52.392	-53.771	0,026	1.883	1941	0,031	630	616	-0,022
2	0	-89.675	-92.042	0,026	2.939	3039	0,034	1026	1046	0,019
3	0	-103.041	-105.768	0,026	3.278	3350	0,022	1161	1186	0,022
5	0	-52.392	-53.782	0,027	1.883	1938	0,029	630	628	-0,003
1	1	-44.214	-45.567	0,031	1.629	1671	0,026	623	637	0,022
3	1	-86.701	-89.373	0,031	2.774	2847	0,026	1144	1171	0,024
1	2	-33.437	-34.716	0,038	1.273	1312	0,031	522	539	0,033
Mesh 3 - 24432 g.d.l.										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
2	-4	-119.519	-120.233	0,006	3.740	3764	0,006	447	444	-0,007
2	-3	-113.355	-114.034	0,006	3.602	3622	0,006	704	706	0,003
2	-2	-107.405	-108.049	0,006	3.451	3471	0,006	862	870	0,009
3	-2	-123.512	-124.253	0,006	3.868	3893	0,006	972	974	0,002
4	-2	-107.405	-108.049	0,006	3.451	3473	0,006	862	856	-0,007
5	-2	-62.630	-63.005	0,006	2.179	2189	0,005	535	532	-0,006
4	-1	-99.950	-100.549	0,006	3.243	3269	0,008	966	966	0,000
2	0	-89.675	-90.211	0,006	2.939	2955	0,005	1026	1030	0,004
3	0	-103.041	-103.657	0,006	3.278	3301	0,007	1161	1170	0,008
5	0	-52.392	-52.706	0,006	1.883	1896	0,007	630	633	0,005
2	1	-75.520	-75.970	0,006	2.502	2511	0,004	1012	1010	-0,002
4	1	-75.520	-75.970	0,006	2.502	2517	0,006	1012	1011	-0,001
5	1	-44.214	-44.478	0,006	1.629	1641	0,007	623	625	0,003
3	2	-65.213	-65.599	0,006	2.078	2089	0,005	935	943	0,009
2	3	-34.444	-34.644	0,006	1.097	1094	-0,003	288	290	0,007
4	3	-34.444	-34.645	0,006	1.097	1101	0,004	288	288	0,000
4	4	-11.919	-11.986	0,006	146	145	-0,007	-1031	-1040	0,009

Condizione di vincolo 1: Appoggio lati lunghi, incastro a +5 mt libero a -5 mt										
ELEMENTO: SHELL RETTANGOLARE										
Mesh 1 - 16 suddivisioni										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-90.605	-93.278	0,030	2.989	2881	-0,036	668	646	-0,033
3	-2.5	-127.057	-101.854	-0,198	3.961	3266	-0,175	891	1359	0,525
4.5	-2.5	-90.605	-93.295	0,030	2.989	2852	-0,046	668	630	-0,057
1.5	0	-73.623	-72.514	-0,015	2.506	2357	-0,059	859	948	0,104
3	0	-103.041	-101.854	-0,012	3.278	3266	-0,004	1161	1359	0,171
4.5	0	-73.623	-72.484	-0,015	2.506	2364	-0,057	859	956	0,113
1.5	2.5	-37.936	-33.919	-0,106	1.337	1276	-0,046	537	357	-0,335
3	2.5	-52.681	-47.005	-0,108	1.651	1525	-0,076	693	326	-0,530
4.5	2.5	-37.936	-33.846	-0,108	1.337	1235	-0,076	537	345	-0,358
Mesh 2 - 64 suddivisioni										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-90.605	-93.741	0,035	2.989	3080	0,030	668	668	0,000
3	-2.5	-127.057	-131.478	0,035	3.961	4089	0,032	891	893	0,002
4.5	-2.5	-90.605	-93.741	0,035	2.989	3080	0,030	668	668	0,000
1.5	0	-73.623	-75.260	0,022	2.506	2560	0,022	859	877	0,021
3	0	-103.041	-105.354	0,022	3.278	3355	0,023	1161	1186	0,022
4.5	0	-73.623	-75.260	0,022	2.506	2560	0,022	859	877	0,021
1.5	2.5	-37.936	-38.323	0,010	1.337	1357	0,015	537	538	0,002
3	2.5	-52.681	-53.220	0,010	1.651	1677	0,016	693	691	-0,003
4.5	2.5	-37.936	-38.323	0,010	1.337	1357	0,015	537	538	0,002
Mesh 3 - 1024 suddivisioni										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-90.605	-92.810	0,024	2.989	3060	0,024	668	677	0,013
3	-2.5	-127.057	-130.153	0,024	3.961	4056	0,024	891	903	0,013
4.5	-2.5	-90.605	-92.810	0,024	2.989	3060	0,024	668	677	0,013
1.5	0	-73.623	-75.202	0,021	2.506	2559	0,021	859	874	0,017
3	0	-103.041	-105.255	0,021	3.278	3347	0,021	1161	1181	0,017
4.5	0	-73.623	-75.202	0,021	2.506	2559	0,021	859	874	0,017
1.5	2.5	-37.936	-38.691	0,020	1.337	1363	0,019	537	545	0,015
3	2.5	-52.681	-53.732	0,020	1.651	1684	0,020	693	704	0,016
4.5	2.5	-37.936	-38.691	0,020	1.337	1363	0,019	537	545	0,015

Condizione di vinc. 2: Appoggio lati lunghi, incastro a +5 mt appoggio a -5 mt										
ELEMENTO: GUSCIO PIANO										
Mesh 1 - 409 g.d.l.										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-47.641	-48.133	0,010	1.741	1722	-0,011	1048	1035	-0,012
3	-2.5	-66.361	-67.086	0,011	2.211	2244	0,015	1420	1432	0,008
4.5	-2.5	-47.641	-48.135	0,010	1.741	1733	-0,005	1048	1040	-0,008
1.5	0	-58.681	-59.363	0,012	2.087	2092	0,002	1061	1076	0,014
3	0	-81.911	-82.966	0,013	2.686	2755	0,026	1446	1509	0,044
4.5	0	-58.681	-59.357	0,012	2.087	2093	0,003	1061	1084	0,022
1.5	2.5	-34.227	-34.519	0,009	1.242	1246	0,003	634	635	0,002
3	2.5	-47.436	-47.862	0,009	1.517	1563	0,030	831	858	0,032
4.5	2.5	-34.227	-34.463	0,007	1.242	1250	0,006	634	593	-0,065
Mesh 2 - 2410 g.d.l.										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-47.641	-48.514	0,018	1.741	1786	0,026	1048	1094	0,044
3	-2.5	-66.361	-67.580	0,018	2.211	2252	0,019	1420	1452	0,023
4.5	-2.5	-47.641	-48.514	0,018	1.741	1766	0,014	1048	1042	-0,006
1.5	0	-58.681	-59.753	0,018	2.087	2135	0,023	1061	1091	0,028
3	0	-81.911	-83.404	0,018	2.686	2737	0,019	1446	1468	0,015
4.5	0	-58.681	-59.750	0,018	2.087	2126	0,019	1061	1092	0,029
1.5	2.5	-34.227	-34.811	0,017	1.242	1253	0,009	634	628	-0,009
3	2.5	-47.436	-48.250	0,017	1.517	1537	0,013	831	854	0,028
4.5	2.5	-34.227	-34.804	0,017	1.242	1263	0,017	634	643	0,014
Mesh 3 - 24432 g.d.l.										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-47.641	-48.574	0,020	1.741	1778	0,021	1048	1065	0,016
3	-2.5	-66.361	-67.661	0,020	2.211	2254	0,019	1420	1447	0,019
4.5	-2.5	-47.641	-48.574	0,020	1.741	1779	0,022	1048	1070	0,021
1.5	0	-58.681	-59.829	0,020	2.087	2129	0,020	1061	1084	0,022
3	0	-81.911	-83.515	0,020	2.686	2739	0,020	1446	1474	0,019
4.5	0	-58.681	-59.829	0,020	2.087	2125	0,018	1061	1083	0,021
1.5	2.5	-34.227	-34.894	0,019	1.242	1271	0,023	634	643	0,014
3	2.5	-47.436	-48.360	0,019	1.517	1544	0,018	831	843	0,014
4.5	2.5	-34.227	-34.894	0,019	1.242	1265	0,019	634	642	0,013

Condizione di vinc. 2: Appoggio lati lunghi, incastro a +5 mt appoggio a -5 mt										
ELEMENTO: SHELL RETTANGOLARE										
Mesh 1 - 16 suddivisioni										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-47.641	-43.499	-0,087	1.741	1750	0,005	1048	1216	0,160
3	-2.5	-66.361	-60.657	-0,086	2.211	2198	-0,006	1420	1635	0,151
4.5	-2.5	-47.641	-43.441	-0,088	1.741	1721	-0,011	1048	1204	0,149
1.5	0	-58.681	-53.717	-0,085	2.087	1962	-0,060	1061	1287	0,213
3	0	-81.911	-75.156	-0,082	2.686	2650	-0,013	1446	1805	0,248
4.5	0	-58.681	-53.671	-0,085	2.087	1968	-0,057	1061	1297	0,222
1.5	2.5	-34.227	-28.992	-0,153	1.242	1193	-0,039	634	543	-0,144
3	2.5	-47.436	-40.025	-0,156	1.517	1405	-0,074	831	591	-0,289
4.5	2.5	-34.227	-28.916	-0,155	1.242	1153	-0,072	634	531	-0,162
Mesh 2 - 64 suddivisioni										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-47.641	-48.214	0,012	1.741	1773	0,018	1048	1084	0,034
3	-2.5	-66.361	-67.178	0,012	2.211	2258	0,021	1420	1468	0,034
4.5	-2.5	-47.641	-48.214	0,012	1.741	1773	0,018	1048	1084	0,034
1.5	0	-58.681	-59.341	0,011	2.087	2120	0,016	1061	1097	0,034
3	0	-81.911	-82.844	0,011	2.686	2734	0,018	1446	1496	0,035
4.5	0	-58.681	-59.341	0,011	2.087	2120	0,016	1061	1097	0,034
1.5	2.5	-34.227	-34.360	0,004	1.242	1258	0,013	634	645	0,017
3	2.5	-47.436	-47.617	0,004	1.517	1538	0,014	831	844	0,016
4.5	2.5	-34.227	-34.360	0,004	1.242	1258	0,013	634	645	0,017
Mesh 3 - 1024 suddivisioni										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-47.641	-48.558	0,019	1.741	1775	0,020	1048	1069	0,020
3	-2.5	-66.361	-67.639	0,019	2.211	2255	0,020	1420	1449	0,020
4.5	-2.5	-47.641	-48.558	0,019	1.741	1775	0,020	1048	1069	0,020
1.5	0	-58.681	-59.807	0,019	2.087	2128	0,020	1061	1082	0,020
3	0	-81.911	-83.485	0,019	2.686	2738	0,019	1446	1475	0,020
4.5	0	-58.681	-59.807	0,019	2.087	2128	0,020	1061	1082	0,020
1.5	2.5	-34.227	-34.870	0,019	1.242	1266	0,019	634	647	0,021
3	2.5	-47.436	-48.327	0,019	1.517	1547	0,020	831	847	0,019
4.5	2.5	-34.227	-34.870	0,019	1.242	1266	0,019	634	647	0,021

Condizione di vinc. 3: Appoggio lati lunghi, incastro a +5 mt incastro a -5 mt										
ELEMENTO: GUSCIO PIANO										
Mesh 1 - 409 g.d.l.										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-31.883	-31.977	0,003	1.179	1153	-0,022	677	667	-0,015
3	-2.5	-44.120	-44.384	0,006	1.428	1459	0,022	891	895	0,004
4.5	-2.5	-31.883	-32.083	0,006	1.179	1180	0,001	677	670	-0,010
1.5	0	-50.598	-51.085	0,010	1.841	1836	-0,003	1068	1088	0,019
3	0	-70.483	-71.280	0,011	2.337	2399	0,027	1456	1508	0,036
4.5	0	-50.598	-51.101	0,010	1.841	1845	0,002	1068	1096	0,026
1.5	2.5	-31.883	-32.111	0,007	1.179	1178	-0,001	677	674	-0,004
3	2.5	-44.120	-44.463	0,008	1.428	1468	0,028	891	914	0,026
4.5	2.5	-31.883	-32.066	0,006	1.179	1177	-0,002	677	636	-0,061
Mesh 2 - 2410 g.d.l.										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-31.883	-32.420	0,017	1.179	1208	0,025	677	711	0,050
3	-2.5	-44.120	-44.864	0,017	1.428	1455	0,019	891	910	0,021
4.5	-2.5	-31.883	-32.410	0,017	1.179	1182	0,003	677	668	-0,013
1.5	0	-50.598	-51.499	0,018	1.841	1880	0,021	1068	1102	0,032
3	0	-70.483	-71.733	0,018	2.337	2377	0,017	1456	1486	0,021
4.5	0	-50.598	-51.494	0,018	1.841	1875	0,018	1068	1096	0,026
1.5	2.5	-31.883	-32.417	0,017	1.179	1189	0,008	677	675	-0,003
3	2.5	-44.120	-44.865	0,017	1.428	1446	0,013	891	915	0,027
4.5	2.5	-31.883	-32.411	0,017	1.179	1201	0,019	677	687	0,015
Mesh 3 - 24432 g.d.l.										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-31.883	-32.503	0,019	1.179	1206	0,023	677	689	0,018
3	-2.5	-44.120	-44.979	0,019	1.428	1457	0,020	891	908	0,019
4.5	-2.5	-31.883	-32.503	0,019	1.179	1204	0,021	677	691	0,021
1.5	0	-50.598	-51.586	0,020	1.841	1877	0,020	1068	1091	0,022
3	0	-70.483	-71.860	0,020	2.337	2383	0,020	1456	1485	0,020
4.5	0	-50.598	-51.586	0,020	1.841	1875	0,018	1068	1090	0,021
1.5	2.5	-31.883	-32.503	0,019	1.179	1205	0,022	677	687	0,015
3	2.5	-44.120	-44.979	0,019	1.428	1453	0,018	891	904	0,015
4.5	2.5	-31.883	-32.503	0,019	1.179	1200	0,018	677	686	0,013

Condizione di vinc. 3: Appoggio lati lunghi, incastro a +5 mt incastro a -5 mt										
ELEMENTO: SHELL RETTANGOLARE										
Mesh 1 - 16 suddivisioni										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-31.883	-26.285	-0,176	1.179	1156	-0,020	677	598	-0,117
3	-2.5	-44.120	-36.185	-0,180	1.428	1342	-0,060	891	639	-0,283
4.5	-2.5	-31.883	-26.174	-0,179	1.179	1122	-0,048	677	583	-0,139
1.5	0	-50.598	-45.776	-0,095	1.841	1664	-0,096	1068	1322	0,238
3	0	-70.483	-64.072	-0,091	2.337	2314	-0,010	1456	1940	0,332
4.5	0	-50.598	-45.722	-0,096	1.841	1669	-0,093	1068	1333	0,248
1.5	2.5	-31.883	-26.428	-0,171	1.179	1148	-0,026	677	609	-0,100
3	2.5	-44.120	-36.450	-0,174	1.428	1357	-0,050	891	661	-0,258
4.5	2.5	-31.883	-26.348	-0,174	1.179	1108	-0,060	677	597	-0,118
Mesh 2 - 64 suddivisioni										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-31.883	-31.956	0,002	1.179	1194	0,013	677	691	0,021
3	-2.5	-44.120	-44.217	0,002	1.428	1448	0,014	891	908	0,019
4.5	-2.5	-31.883	-31.955	0,002	1.179	1194	0,013	677	691	0,021
1.5	0	-50.598	-51.025	0,008	1.841	1868	0,015	1068	1107	0,037
3	0	-70.483	-71.086	0,009	2.337	2379	0,018	1456	1510	0,037
4.5	0	-50.598	-51.025	0,008	1.841	1868	0,015	1068	1107	0,037
1.5	2.5	-31.883	-31.957	0,002	1.179	1194	0,013	677	691	0,021
3	2.5	-44.120	-44.219	0,002	1.428	1448	0,014	891	908	0,019
4.5	2.5	-31.883	-31.957	0,002	1.179	1194	0,013	677	691	0,021
Mesh 3 - 1024 suddivisioni										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-31.883	-32.479	0,019	1.179	1201	0,019	677	690	0,019
3	-2.5	-44.120	-44.946	0,019	1.428	1455	0,019	891	908	0,019
4.5	-2.5	-31.883	-32.479	0,019	1.179	1201	0,019	677	690	0,019
1.5	0	-50.598	-51.562	0,019	1.841	1876	0,019	1068	1090	0,021
3	0	-70.483	-71.826	0,019	2.337	2383	0,020	1456	1486	0,021
4.5	0	-50.598	-51.562	0,019	1.841	1876	0,019	1068	1090	0,021
1.5	2.5	-31.883	-32.479	0,019	1.179	1201	0,019	677	690	0,019
3	2.5	-44.120	-44.946	0,019	1.428	1455	0,019	891	908	0,019
4.5	2.5	-31.883	-32.479	0,019	1.179	1201	0,019	677	690	0,019

Condizione di vinc. 4: Appoggio lati lunghi, appoggio a +5 mt libero a -5 mt										
ELEMENTO: GUSCIO PIANO										
Mesh 1 - 409 g.d.l.										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-94.931	-96.251	0,014	3.115	3143	0,009	631	653	0,035
3	-2.5	-133.174	-135.035	0,014	4.138	4213	0,018	839	872	0,039
4.5	-2.5	-94.931	-96.323	0,015	3.115	3152	0,012	631	653	0,035
1.5	0	-83.366	-84.545	0,014	2.803	2843	0,014	847	846	-0,001
3	0	-116.818	-118.472	0,014	3.697	3780	0,022	1143	1237	0,082
4.5	0	-83.366	-84.516	0,014	2.803	2818	0,005	847	841	-0,007
1.5	2.5	-55.713	-56.426	0,013	1.968	1974	0,003	947	952	0,005
3	2.5	-77.776	-78.785	0,013	2.533	2589	0,022	1276	1323	0,037
4.5	2.5	-55.713	-56.382	0,012	1.968	2015	0,024	947	906	-0,043
Mesh 2 - 2410 g.d.l.										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-94.931	-96.717	0,019	3.115	3173	0,019	631	644	0,021
3	-2.5	-133.174	-135.684	0,019	4.138	4220	0,020	839	858	0,023
4.5	-2.5	-94.931	-96.719	0,019	3.115	3169	0,017	631	670	0,062
1.5	0	-83.366	-84.939	0,019	2.803	2876	0,026	847	860	0,015
3	0	-116.818	-119.024	0,019	3.697	3781	0,023	1143	1143	0,000
4.5	0	-83.366	-84.942	0,019	2.803	2851	0,017	847	887	0,047
1.5	2.5	-55.713	-56.755	0,019	1.968	1997	0,015	947	941	-0,006
3	2.5	-77.776	-79.245	0,019	2.533	2574	0,016	1276	1307	0,024
4.5	2.5	-55.713	-56.762	0,019	1.968	2001	0,017	947	965	0,019
Mesh 3 - 24432 g.d.l.										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-94.931	-96.793	0,020	3.115	3175	0,019	631	643	0,019
3	-2.5	-133.174	-135.787	0,020	4.138	4219	0,020	839	856	0,020
4.5	-2.5	-94.931	-96.793	0,020	3.115	3174	0,019	631	635	0,006
1.5	0	-83.366	-85.002	0,020	2.803	2855	0,019	847	864	0,020
3	0	-116.818	-119.111	0,020	3.697	3768	0,019	1143	1165	0,019
4.5	0	-83.366	-85.002	0,020	2.803	2853	0,018	847	863	0,019
1.5	2.5	-55.713	-56.806	0,020	1.968	2012	0,022	947	960	0,014
3	2.5	-77.776	-79.302	0,020	2.533	2582	0,019	1276	1295	0,015
4.5	2.5	-55.713	-56.806	0,020	1.968	2003	0,018	947	957	0,011

Condizione di vinc. 4: Appoggio lati lunghi, appoggio a +5 mt libero a -5 mt										
ELEMENTO: SHELL RETTANGOLARE										
Mesh 1 - 16 suddivisioni										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-94.931	-98.174	0,034	3.115	2983	-0,042	631	587	-0,070
3	-2.5	-133.174	-138.015	0,036	4.138	4137	0,000	839	852	0,015
4.5	-2.5	-94.931	-98.191	0,034	3.115	2954	-0,052	631	571	-0,095
1.5	0	-83.366	-82.326	-0,012	2.803	2721	-0,029	847	899	0,061
3	0	-116.818	-115.566	-0,011	3.697	3669	-0,008	1143	1191	0,042
4.5	0	-83.366	-82.294	-0,013	2.803	2727	-0,027	847	909	0,073
1.5	2.5	-55.713	-53.556	-0,039	1.968	1927	-0,021	947	1053	0,112
3	2.5	-77.776	-75.014	-0,036	2.533	2538	0,002	1276	1437	0,126
4.5	2.5	-55.713	-53.488	-0,040	1.968	1891	-0,039	947	1032	0,090
Mesh 2 - 64 suddivisioni										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-94.931	-98.226	0,035	3.115	3209	0,030	631	629	-0,003
3	-2.5	-133.174	-137.822	0,035	4.138	4271	0,032	839	836	-0,004
4.5	-2.5	-94.931	-98.226	0,035	3.115	3209	0,030	631	629	-0,003
1.5	0	-83.366	-85.336	0,024	2.803	2863	0,021	847	861	0,017
3	0	-116.818	-119.601	0,024	3.697	3784	0,024	1143	1164	0,018
4.5	0	-83.366	-85.336	0,024	2.803	2863	0,021	847	861	0,017
1.5	2.5	-55.713	-56.737	0,018	1.968	2010	0,021	947	974	0,029
3	2.5	-77.776	-79.231	0,019	2.533	2593	0,024	1276	1312	0,028
4.5	2.5	-55.713	-56.737	0,018	1.968	2010	0,021	947	974	0,029
Mesh 3 - 1024 suddivisioni										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-94.931	-97.223	0,024	3.115	3188	0,023	631	639	0,013
3	-2.5	-133.174	-136.394	0,024	4.138	4237	0,024	839	850	0,013
4.5	-2.5	-94.931	-97.223	0,024	3.115	3188	0,023	631	639	0,013
1.5	0	-83.366	-85.146	0,021	2.803	2862	0,021	847	861	0,017
3	0	-116.818	-119.316	0,021	3.697	3775	0,021	1143	1163	0,017
4.5	0	-83.366	-85.146	0,021	2.803	2862	0,021	847	861	0,017
1.5	2.5	-55.713	-56.838	0,020	1.968	2008	0,020	947	965	0,019
3	2.5	-77.776	-79.350	0,020	2.533	2584	0,020	1276	1301	0,020
4.5	2.5	-55.713	-56.838	0,020	1.968	2008	0,020	947	965	0,019

Condizione di vincolo 5: Appoggio sui 4 lati										
ELEMENTO: GUSCIO PIANO										
Mesh 1 - 409 g.d.l.										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-50.840	-51.403	0,011	1.834	1817	-0,009	1021	1008	-0,013
3	-2.5	-70.885	-71.708	0,012	2.342	2379	0,016	1382	1395	0,009
4.5	-2.5	-50.840	-51.402	0,011	1.834	1829	-0,003	1021	1015	-0,006
1.5	0	-67.526	-68.379	0,013	2.358	2368	0,004	1053	1066	0,012
3	0	-94.419	-95.715	0,014	3.068	3145	0,025	1435	1509	0,052
4.5	0	-67.526	-68.364	0,012	2.358	2363	0,002	1053	1071	0,017
1.5	2.5	-50.840	-51.428	0,012	1.834	1831	-0,002	1021	1021	0,000
3	2.5	-70.885	-71.733	0,012	2.342	2390	0,020	1382	1419	0,027
4.5	2.5	-50.840	-51.404	0,011	1.834	1858	0,013	1021	980	-0,040
Mesh 2 - 2410 g.d.l.										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-50.840	-51.783	0,019	1.834	1881	0,026	1021	1068	0,046
3	-2.5	-70.885	-72.204	0,019	2.342	2386	0,019	1382	1414	0,023
4.5	-2.5	-50.840	-51.784	0,019	1.834	1862	0,015	1021	1013	-0,008
1.5	0	-67.526	-68.792	0,019	2.358	2413	0,023	1053	1085	0,030
3	0	-94.419	-96.189	0,019	3.068	3122	0,018	1435	1464	0,020
4.5	0	-67.526	-68.792	0,019	2.358	2401	0,018	1053	1085	0,030
1.5	2.5	-50.840	-51.785	0,019	1.834	1859	0,014	1021	1024	0,003
3	2.5	-70.885	-72.214	0,019	2.342	2381	0,017	1382	1415	0,024
4.5	2.5	-50.840	-51.790	0,019	1.834	1869	0,019	1021	1042	0,021
Mesh 3 - 24432 g.d.l.										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-50.840	-51.837	0,020	1.834	1873	0,021	1021	1038	0,017
3	-2.5	-70.885	-72.275	0,020	2.342	2388	0,020	1382	1408	0,019
4.5	-2.5	-50.840	-51.837	0,020	1.834	1874	0,022	1021	1042	0,021
1.5	0	-67.526	-68.851	0,020	2.358	2402	0,019	1053	1074	0,020
3	0	-94.419	-96.272	0,020	3.068	3128	0,020	1435	1463	0,020
4.5	0	-67.526	-68.851	0,020	2.358	2402	0,019	1053	1072	0,018
1.5	2.5	-50.840	-51.837	0,020	1.834	1873	0,021	1021	1038	0,017
3	2.5	-70.885	-72.275	0,020	2.342	2388	0,020	1382	1403	0,015
4.5	2.5	-50.840	-51.837	0,020	1.834	1866	0,017	1021	1034	0,013

Condizione di vincolo 5: Appoggio sui 4 lati										
ELEMENTO: SHELL RETTANGOLARE										
Mesh 1 - 16 suddivisioni										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-50.840	-46.849	-0,079	1.834	1814	-0,011	1021	1174	0,150
3	-2.5	-70.885	-65.383	-0,078	2.342	2295	-0,020	1382	1606	0,162
4.5	-2.5	-50.840	-46.761	-0,080	1.834	1785	-0,027	1021	1162	0,138
1.5	0	-67.526	-62.245	-0,078	2.358	2285	-0,031	1053	1249	0,186
3	0	-94.419	-87.061	-0,078	3.068	3005	-0,021	1435	1662	0,158
4.5	0	-67.526	-62.198	-0,079	2.358	2290	-0,029	1053	1260	0,197
1.5	2.5	-50.840	-46.816	-0,079	1.834	1792	-0,023	1021	1182	0,158
3	2.5	-70.885	-65.413	-0,077	2.342	2316	-0,011	1382	1612	0,166
4.5	2.5	-50.840	-46.743	-0,081	1.834	1755	-0,043	1021	1162	0,138
Mesh 2 - 64 suddivisioni										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-50.840	-51.508	0,013	1.834	1867	0,018	1021	1055	0,033
3	-2.5	-70.885	-71.836	0,013	2.342	2392	0,021	1382	1427	0,033
4.5	-2.5	-50.840	-51.508	0,013	1.834	1867	0,018	1021	1055	0,033
1.5	0	-67.526	-68.450	0,014	2.358	2395	0,016	1053	1087	0,032
3	0	-94.419	-95.725	0,014	3.068	3123	0,018	1435	1482	0,033
4.5	0	-67.526	-68.450	0,014	2.358	2395	0,016	1053	1087	0,032
1.5	2.5	-50.840	-51.508	0,013	1.834	1867	0,018	1021	1055	0,033
3	2.5	-70.885	-71.836	0,013	2.342	2392	0,021	1382	1427	0,033
4.5	2.5	-50.840	-51.508	0,013	1.834	1867	0,018	1021	1055	0,033
Mesh 3 - 1024 suddivisioni										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-50.840	-51.822	0,019	1.834	1870	0,020	1021	1042	0,021
3	-2.5	-70.885	-72.255	0,019	2.342	2388	0,020	1382	1410	0,020
4.5	-2.5	-50.840	-51.822	0,019	1.834	1870	0,020	1021	1042	0,021
1.5	0	-67.526	-68.833	0,019	2.358	2403	0,019	1053	1074	0,020
3	0	-94.419	-96.247	0,019	3.068	3127	0,019	1435	1464	0,020
4.5	0	-67.526	-68.833	0,019	2.358	2403	0,019	1053	1074	0,020
1.5	2.5	-50.840	-51.822	0,019	1.834	1870	0,020	1021	1042	0,021
3	2.5	-70.885	-72.255	0,019	2.342	2388	0,020	1382	1410	0,020
4.5	2.5	-50.840	-51.822	0,019	1.834	1870	0,020	1021	1042	0,021

Condizione di vincolo 6: Appoggio lati lunghi, libero lati corti										
ELEMENTO: GUSCIO PIANO										
Mesh 1 - 409 g.d.l.										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-101.037	-102.521	0,015	3.285	3320	0,011	545	569	0,044
3	-2.5	-141.809	-143.894	0,015	4.379	4462	0,019	717	753	0,050
4.5	-2.5	-101.037	-102.589	0,015	3.285	3331	0,014	545	573	0,051
1.5	0	-100.004	-101.529	0,015	3.271	3334	0,019	630	617	-0,021
3	0	-140.345	-142.430	0,015	4.358	4452	0,022	837	953	0,139
4.5	0	-100.004	-101.479	0,015	3.271	3292	0,006	630	604	-0,041
1.5	2.5	-101.037	-102.569	0,015	3.285	3334	0,015	545	563	0,033
3	2.5	-141.809	-143.901	0,015	4.379	4450	0,016	717	747	0,042
4.5	2.5	-101.037	-102.580	0,015	3.285	3343	0,018	545	613	0,125
Mesh 2 - 2410 g.d.l.										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-101.037	-102.941	0,019	3.285	3347	0,019	545	557	0,022
3	-2.5	-141.809	-144.487	0,019	4.379	4466	0,020	717	735	0,025
4.5	-2.5	-101.037	-102.945	0,019	3.285	3344	0,018	545	580	0,064
1.5	0	-100.004	-101.895	0,019	3.271	3357	0,026	630	644	0,022
3	0	-140.345	-143.007	0,019	4.358	4438	0,018	837	851	0,017
4.5	0	-100.004	-101.899	0,019	3.271	3324	0,016	630	667	0,059
1.5	2.5	-101.037	-102.940	0,019	3.285	3362	0,023	545	546	0,002
3	2.5	-141.809	-144.488	0,019	4.379	4463	0,019	717	742	0,035
4.5	2.5	-101.037	-102.940	0,019	3.285	3343	0,018	545	578	0,061
Mesh 3 - 24432 g.d.l.										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-101.037	-103.019	0,020	3.285	3350	0,020	545	555	0,018
3	-2.5	-141.809	-144.593	0,020	4.379	4465	0,020	717	732	0,021
4.5	-2.5	-101.037	-103.019	0,020	3.285	3350	0,020	545	547	0,004
1.5	0	-100.004	-101.968	0,020	3.271	3327	0,017	630	638	0,013
3	0	-140.345	-143.102	0,020	4.358	4443	0,020	837	853	0,019
4.5	0	-100.004	-101.967	0,020	3.271	3335	0,020	630	635	0,008
1.5	2.5	-101.037	-103.019	0,020	3.285	3356	0,022	545	544	-0,002
3	2.5	-141.809	-144.593	0,020	4.379	4464	0,019	717	732	0,021
4.5	2.5	-101.037	-103.019	0,020	3.285	3349	0,019	545	546	0,002

Condizione di vincolo 6: Appoggio lati lunghi, libero lati corti										
ELEMENTO: SHELL RETTANGOLARE										
Mesh 1 - 16 suddivisioni										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-101.037	-105.136	0,041	3.285	3134	-0,046	545	468	-0,141
3	-2.5	-141.809	-147.914	0,043	4.379	4365	-0,003	717	689	-0,039
4.5	-2.5	-101.037	-105.149	0,041	3.285	3104	-0,055	545	451	-0,172
1.5	0	-100.004	-98.599	-0,014	3.271	3075	-0,060	630	616	-0,022
3	0	-140.345	-138.664	-0,012	4.358	4208	-0,034	837	810	-0,032
4.5	0	-100.004	-98.569	-0,014	3.271	3081	-0,058	630	626	-0,006
1.5	2.5	-101.037	-93.642	-0,073	3.285	2861	-0,129	545	595	0,092
3	2.5	-141.809	-131.735	-0,071	4.379	3950	-0,098	717	840	0,172
4.5	2.5	-101.037	-93.579	-0,074	3.285	2825	-0,140	545	574	0,053
Mesh 2 - 64 suddivisioni										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-101.037	-104.335	0,033	3.285	3377	0,028	545	541	-0,007
3	-2.5	-141.809	-146.461	0,033	4.379	4508	0,029	717	712	-0,007
4.5	-2.5	-101.037	-104.335	0,033	3.285	3377	0,028	545	541	-0,007
1.5	0	-100.004	-101.784	0,018	3.271	3319	0,015	630	641	0,017
3	0	-140.345	-142.589	0,016	4.358	4428	0,016	837	853	0,019
4.5	0	-100.004	-101.784	0,018	3.271	3319	0,015	630	641	0,017
1.5	2.5	-101.037	-101.226	0,002	3.285	3286	0,000	545	567	0,040
3	2.5	-141.809	-142.080	0,002	4.379	4384	0,001	717	747	0,042
4.5	2.5	-101.037	-101.226	0,002	3.285	3286	0,000	545	567	0,040
Mesh 3 - 1024 suddivisioni										
coord.		abbassamento (mm)			Mx (Kgf·m/m)			My (Kgf·m/m)		
X	Y	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore	serie	ASCad32	errore
1.5	-2.5	-101.037	-103.370	0,023	3.285	3359	0,023	545	552	0,013
3	-2.5	-141.809	-145.087	0,023	4.379	4479	0,023	717	727	0,014
4.5	-2.5	-101.037	-103.370	0,023	3.285	3359	0,023	545	552	0,013
1.5	0	-100.004	-101.939	0,019	3.271	3334	0,019	630	642	0,019
3	0	-140.345	-143.062	0,019	4.358	4441	0,019	837	853	0,019
4.5	0	-100.004	-101.939	0,019	3.271	3334	0,019	630	642	0,019
1.5	2.5	-101.037	-102.588	0,015	3.285	3336	0,016	545	558	0,024
3	2.5	-141.809	-143.985	0,015	4.379	4447	0,016	717	735	0,025
4.5	2.5	-101.037	-102.588	0,015	3.285	3336	0,016	545	558	0,024

Il file di Mathematica 4.0 con la quale è sviluppata la serie per tale piastra (con condizioni di vincolo parametriche) è il seguente:

```

Rigidezza = FunctionA@h, , Eo<,
  R =  $\frac{E0}{12H1 - 2L} h^3$ 
  E;

CondizioneAlContorno = Function@B , Wky, yCalcPos, n<,
  ret = Switch@n,
  1, Wky ~ 0 & . y yCalcPos,
  2, y Wky ~ 0 & . y yCalcPos,
  3, H  $\frac{\partial}{\partial y} Wky + \frac{\partial}{\partial x} WkyL$  ~ 0 & . y yCalcPos,
  4, H  $\frac{\partial}{\partial y} Wky + H2 - L \frac{\partial}{\partial x} WkyL$  ~ 0 & . y yCalcPos
  D;
ret
D;

W0m = FunctionA@m, p, a, b, R, , TipoCondContLatoNegativo, TipoCondContLatoPositivo<,
  =  $\frac{m x}{a}$ ;
  =  $\frac{m y}{a}$ ;
  m = 4 p  $\frac{a^4}{5 R} Hk1 Cosh@ D + k2 Sinh@ D + k3 Sinh@ D + k4 Cosh@ DL$ ;
W0m = m Sin@ D;
Wpm = 4 p  $\frac{a^4}{5 R} \frac{1}{m^5} Sin@ D$ ;
Wm = HW0m + Wpm;
Clear@a1, b1, c1, d1D;
a1 = Switch@TipoCondContLatoPositivo,
  1, CondizioneAlContornoA , Wm,  $\frac{b}{2}$ , 1E,
  2, CondizioneAlContornoA , Wm,  $\frac{b}{2}$ , 1E,
  3, CondizioneAlContornoA , Wm,  $\frac{b}{2}$ , 3EE;
b1 = Switch@TipoCondContLatoPositivo,
  1, CondizioneAlContornoA , Wm,  $\frac{b}{2}$ , 2E,
  2, CondizioneAlContornoA , Wm,  $\frac{b}{2}$ , 3E,
  3, CondizioneAlContornoA , Wm,  $\frac{b}{2}$ , 4EE;

c1 = Switch@TipoCondContLatoNegativo,
  1, CondizioneAlContornoA , Wm,  $-\frac{b}{2}$ , 1E,
  2, CondizioneAlContornoA , Wm,  $-\frac{b}{2}$ , 1E,
  3, CondizioneAlContornoA , Wm,  $-\frac{b}{2}$ , 3EE;
d1 = Switch@TipoCondContLatoNegativo,
  1, CondizioneAlContornoA , Wm,  $-\frac{b}{2}$ , 2E,
  2, CondizioneAlContornoA , Wm,  $-\frac{b}{2}$ , 3E,
  3, CondizioneAlContornoA , Wm,  $-\frac{b}{2}$ , 4EE;

a2 = a1 & . x  $\frac{a}{2 m}$ ;
b2 = b1 & . x  $\frac{a}{2 m}$ ;
c2 = c1 & . x  $\frac{a}{2 m}$ ;
d2 = d1 & . x  $\frac{a}{2 m}$ ;
Clear@eqnsD;
eqns = {a2, b2, c2, d2};
sol = Solve@eqns, {Am, Bm, Cm, Dm}<D;
k1 = sol[[1, 1, 2DD];
k2 = sol[[1, 2, 2DD];
k3 = sol[[1, 3, 2DD];
k4 = sol[[1, 4, 2DD];
Clear@eqnsD;
  = 4 p  $\frac{a^4}{5 R} Hk1 Cosh@ D + k2 Sinh@ D + k3 Sinh@ D + k4 Cosh@ DL$ ;
tmp = - Sin@ D - Wpm;
tmp
E;

```

```
CalcoloMx = Function@Wxy, dcoax = x H x WxyL; dyyy = y H y WxyL; -RHdcoax + dyyyLD;
```

```
CalcoloMy = Function@Wxy, dcoax = x H x WxyL; dyyy = y H y WxyL; -RHdyyy + dcoodD;
```

D A T I

```
a = 6;
```

```
b = 10;
```

```
h = 0.04;
```

```
p = 10000;
```

```
p = 9806.65;
```

```
E0 = 210000000000;
```

```
= 0.20;
```

```
R = Rigidezza@h, , E0D;
```

----- condizione di vincolo per $y = -b/2$ (1 = Libero, 2 = appoggio, 3 = Incastro)

```
Vincolo@meno@mezzi = 3;
```

----- condizione di vincolo per $y = b/2$ (1 = Libero, 2 = appoggio, 3 = Incastro)

```
Vincolo@piu@mezzi = 1;
```

C A L C O L I

```
W = CalcoloAbbassamento@31, p, a, b, R, , Vincolo@meno@mezzi, Vincolo@piu@mezziD;
```

```
Mx = CalcoloMx@WD;
```

```
My = CalcoloMy@WD;
```

R I S U L T A T I

```
Print@"x y w Mx My"D;
```

```
For@yassume = -2.5, yassume < 5,
```

```
For@xvale = 1.5, xvale < 6,
```

```
Print@xvale, "\t", yassume, "\t", HW@.8x xvale, y yassume<L×1000.0, "\t", Round@+Mx@.8x xvale, y yassume<L×0.1D, "\t",
```

```
Round@+My@.8x xvale, y yassume<L×0.1DD;
```

```
xvale += 1.5D; yassume += 2.5D
```

Questo programma consente di analizzare una piastra appoggiata su due bordi A e B, e vincolata in vari modi agli altri due bordi B e C.

In particolare, ciascuno dei due bordi C e D può avere una delle seguenti condizioni di vincolo:

- 1 => Incastro
- 2 => Appoggio
- 3 => Estremo libero

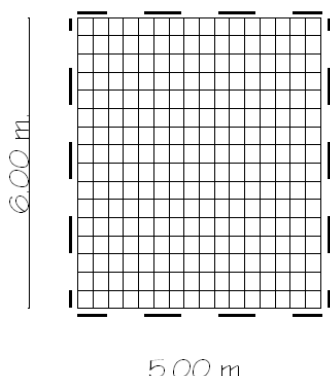
La selezione si ottiene attraverso la funzione: $W = \text{CalcoloAbbassamento}[n, p, a, b, R, , \text{Vinc_C}, \text{Vinc_D}]$;

Il significato dei parametri è il seguente:

- n Numero di elementi di cui calcolare la serie (per esempio, $n = 7$ significa che la serie sarà composta dagli elementi: 1, 3, 5, 7)
- p E' il valore del carico (supposto costante)
- a Dimensione secondo x della piastra
- b Dimensione secondo y della piastra
- Modulo di contrazione laterale
- R Rigidezza flessionale della piastra
- Vinc_C Condizione di vincolo all'estremo negativo ($y = -b/2$) col seguente significato:
 - 1 => Incastro, 2 => Appoggio, 3 => Estremo libero
- Vinc_D Condizione di vincolo all'estremo positivo ($y = b/2$) col seguente significato:
 - 1 => Incastro, 2 => Appoggio, 3 => Estremo libero

La funzione restituisce l'espressione approssimata dell'abbassamento $W(x,y)$

Piastra Rettangolare – Esempio 202



Tratto da: "Calcolo di Lastre e Piastre", Richard Bares - Esempio 1.1 Pag. 119

Piastra rettangolare, appoggiata ai bordi, carico ripartito

a = 5.0 m
b = 6.0 m
s = 10 cm
q = 600 Kgf/m²

v = 0; 0,15; 0,25; 0,30;
E = 200.000 Kgf/cm²

Confronto con Elementi Finiti: Guscio Piano e Shell Retto per diversi gradi di infittimento della mesh

File d'esempio: 202 - Bares- Pag 119 - Esempio 1-1.asc

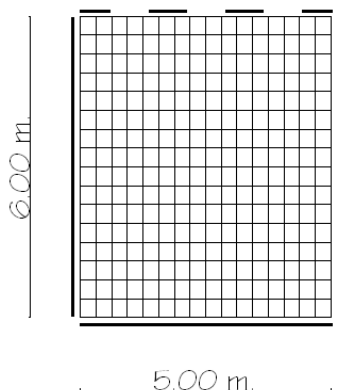
Differenza rilevata nei punti test. La differenza è ottenuta dall'espressione:

$$d_{\text{ass}} = (v_t - v_e) / v_e$$

ove v_t è il valore di test e v_e il valore dell'esempio trattato dal testo.

Abbassamento del punto centrale della piastra in mm. per i 4 diversi moduli v													
	v_e	<i>Guscio Piano</i>						<i>Shell Rettangolare</i>					
		mesh rada		mesh media		mesh fitta		mesh rada		mesh media		mesh fitta	
		v_t	d_{ass}	v_t	d_{ass}	v_t	d_{ass}	v_t	d_{ass}	v_t	d_{ass}	v_t	d_{ass}
w^0	12.8	12.6	0.015	12.7	0.007	12.7	0.007	12.5	0.023	12.7	0.007	12.7	0.007
$w^{0.15}$	12.5	12.3	0.016	12.4	0.008	12.4	0.008	12.2	0.024	12.4	0.008	12.4	0.008
$w^{0.25}$	11.9	11.8	0.007	11.9	0.000	11.9	0.000	11.7	0.016	11.9	0.000	11.9	0.000
$w^{0.30}$	11.6	11.5	0.008	11.5	0.008	11.6	0.000	11.4	0.017	11.5	0.008	11.6	0.000
Momenti flettenti al centro della piastra (Kgf·m/m)													
M_x^0	785	783	0.002	780	0.006	784	0.001	800	0.019	789	0.005	786	0.001
$M_x^{0.15}$	865	861	0.004	857	0.009	862	0.003	880	0.017	867	0.002	864	0.001
$M_x^{0.25}$	915	912	0.003	909	0.006	913	0.002	934	0.020	919	0.004	916	0.001
$M_x^{0.30}$	941	938	0.003	935	0.006	940	0.001	960	0.020	945	0.004	941	0.000
M_y^0	516	517	0.001	517	0.001	516	0.000	543	0.052	523	0.013	517	0.001
$M_y^{0.15}$	634	635	0.001	634	0.000	634	0.000	662	0.044	641	0.011	635	0.001
$M_y^{0.25}$	714	713	0.001	712	0.002	712	0.002	742	0.039	720	0.008	714	0.000
$M_y^{0.30}$	752	752	0.000	751	0.001	752	0.000	781	0.038	759	0.009	753	0.001
Massimi Momenti Torcenti (Kgf·m/m) per v=0.00													
M_{xy}	816	786	0.036	802	0.017	810	0.007	751	0.079	793	0.028	807	0.011
Forze di taglio al centro dei bordi (Kgf/m) per v=0.00													
T_x	1136	1054	0.072	1050	0.075	1140	0.003	1122	0.012	1225	0.078	1274	0.121
T_y	1055	1070	0.014	1050	0.004	1060	0.004	917	0.130	1030	0.023	1081	0.024
Reazioni concentrate nei vertici della piastra (Kgf) per v=0.00													
R	1632	1516	0.071	1598	0.020	1626	0.003	1533	0.060	1599	0.020	1618	0.008
Momento nel vertice (Kgf·m/m) per v=0.00													
M_{xy}	816	786	0.036	802	0.017	802	0.017	751	0.079	793	0.028	807	0.011

Piastra Rettangolare – Esempio 203



Tratto da: "Calcolo di Lastre e Piastre", Richard Bareš - Esempio 1.2 Pag. 120

Piastra rettangolare, incastrata su tre bordi e appoggiata sul quarto, carico ripartito

a = 5.0 m
b = 6.0 m
s = 10 cm
q = 600 Kgf/m²

v = 0; 0,15; 0,25; 0,30;
E = 200.000 Kgf/cm²

Confronto con Elementi Finiti: Guscio Piano e Shell Retto per diversi gradi di infittimento della mesh

File d'esempio: 203 - Bares- Pag 120 - Esempio 1-2.asc

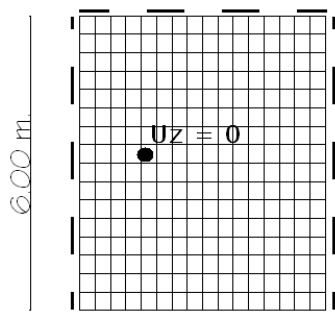
Differenza rilevata nei punti test. La differenza è ottenuta dall'espressione:

$$d_{\text{ass}} = (v_t - v_e) / v_e$$

ove v_t è il valore di test e v_e il valore dell'esempio trattato dal testo.

Abbassamento del punto centrale della piastra in mm. per i 4 diversi moduli v													
	v_e	Guscio Piano						Shell Rettangolare					
		mesh rada		mesh media		mesh fitta		mesh rada		mesh media		mesh fitta	
		v_t	d_{ass}	v_t	d_{ass}	v_t	d_{ass}	v_t	d_{ass}	v_t	d_{ass}	v_t	d_{ass}
w^0	5.34	5.18	0.029	5.24	0.018	5.31	0.050	5.09	0.046	5.26	0.014	5.31	0.005
$w^{0.15}$	5.21	5.06	0.028	5.13	0.015	5.17	0.007	4.96	0.047	5.14	0.013	5.19	0.003
$w^{0.25}$	5.00	4.85	0.030	4.92	0.016	4.97	0.006	4.75	0.050	4.93	0.014	4.97	0.006
$w^{0.30}$	4.85	4.71	0.028	4.77	0.016	4.83	0.004	4.61	0.049	4.78	0.014	4.83	0.004
Momenti flettenti al centro dei bordi (Kgf·m/m)													
M_x^0	400	395	0.012	395	0.012	397	0.007	406	0.015	402	0.005	400	0.000
$M_x^{0.15}$	450	446	0.008	446	0.008	448	0.004	458	0.017	452	0.004	451	0.002
$M_x^{0.25}$	484	479	0.010	479	0.010	481	0.006	493	0.018	486	0.004	484	0.000
$M_x^{0.30}$	505	496	0.017	496	0.017	498	0.013	510	0.009	503	0.003	501	0.007
M_y^0	335	341	0.017	339	0.011	336	0.002	355	0.059	340	0.014	336	0.002
$M_y^{0.15}$	395	400	0.012	398	0.007	395	0.000	415	0.050	400	0.012	396	0.002
$M_y^{0.25}$	435	440	0.011	437	0.004	435	0.000	454	0.043	440	0.011	436	0.002
$M_y^{0.30}$	455	459	0.008	456	0.002	455	0.000	474	0.041	460	0.010	456	0.002

Piastra Rettangolare – Esempio 204



Tratto da: "Calcolo di Lastre e Piastre", Richard Bares - Esempio 1.8 Pag. 126

Piastra rettangolare, appoggiata ai bordi, carico ripartito

a = 5.0 m
b = 6.0 m
s = 10 cm
q = 600 Kgf/m²

$\nu = 0,0$
E = 200.000 Kgf/cm²

5.00 m

File d'esempio: 204 - Bares- Pag 126 - Esempio 1-8.asc

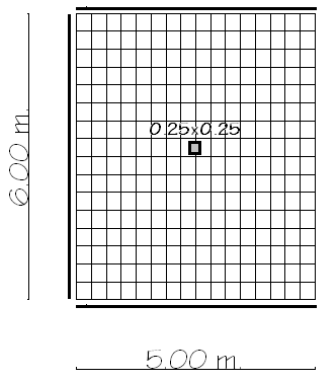
Differenza rilevata nei punti test. La differenza è ottenuta dall'espressione:

$$d_{ass} = (v_t - v_e) / v_e$$

ove v_t è il valore di test e v_e il valore dell'esempio trattato dal testo.

Reazione del vincolo (tonn)						
v_e	Guscio Piano					
	mesh rada		mesh media		mesh fitta	
	v_t	d_{ass}	v_t	d_{ass}	v_t	d_{ass}
6.61	6.74	0.019	6.66	0.007	6.61	0.000

Piastra Rettangolare – Esempio 205



Tratto da: " Calcolo di Lastre e Piastre", Richard Bareš - Esempio 1.11 Pag. 228

Piastra rettangolare, incastrata ai bordi, carico concentrato su impronta

$a = 5.0 \text{ m}$
 $b = 6.0 \text{ m}$
 $s = 10 \text{ cm}$
 $q = 40000 \text{ Kgf/m}^2$

$\nu = 0,15$
 $E = 200.000 \text{ Kgf/cm}^2$

File d'esempio: 205 - Bares- Pag 228 - Esempio 1-11.asc

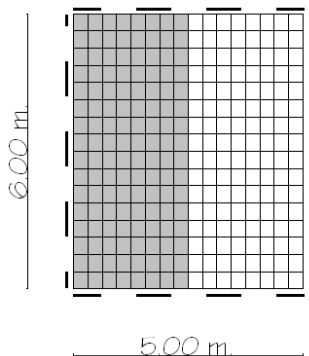
Differenza rilevata nei punti test. La differenza è ottenuta dall'espressione:

$$d_{ass} = (v_t - v_e) / v_e$$

ove v_t è il valore di test e v_e il valore dell'esempio trattato dal testo.

Momenti flettenti al centro (Kgf·m/m)			
	ν_e	Guscio Piano	
		v_t	d_{ass}
Mx	708	704	0.005
My	668	665	0.004

Piastra Rettangolare – Esempio 206



Tratto da: "Calcolo di Lastre e Piastre", Richard Bares - Esempio 1.12 Pag. 228

Piastra rettangolare, appoggiata ai bordi, carico concentrato su semipiastra sx

a = 5.0 m
b = 6.0 m
s = 10 cm
q = 1000 Kgf/m²

$\nu = 0,15$
E = 200.000 Kgf/cm²

File d'esempio: 206 - Bares- Pag 228 - Esempio 1-12.asc

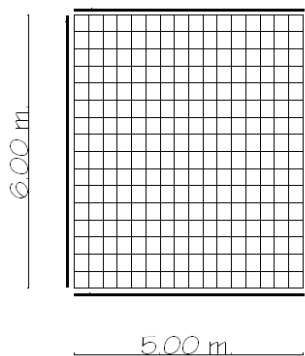
Differenza rilevata nei punti test. La differenza è ottenuta dall'espressione:

$$d_{ass} = (v_t - v_e) / v_e$$

ove v_t è il valore di test e v_e il valore dell'esempio trattato dal testo.

momento (Kgf-m/m)	coordinate punto		v_e	ASCad32 e differenza	
	x	y		v_t	d_{ass}
Mx	2.500	3.000	720	748	0.038
My	2.500	3.000	525	514	0.020
Mx	1.250	3.000	929	920	0.009
My	1.250	3.000	479	474	0.010
Mx	1.875	3.000	935	938	0.003
My	1.875	3.000	554	559	0.009

Piastra Rettangolare – Esempio 207



Tratto da: "Calcolo di Lastre e Piastre", Richard Bareš - Esempio 1.15 Pag. 288

Piastra rettangolare, incastro su 3 bordi appoggio su 1 bordo, carico Triangolare

$$a = 5.0 \text{ m}$$

$$b = 6.0 \text{ m}$$

$$s = 10 \text{ cm}$$

$$q(x)|_{x=0} = 900 \text{ Kgf/m}^2$$

$$\nu = 0,0$$

$$E = 200.000 \text{ Kgf/cm}^2$$

File d'esempio: 207 - Bares- Pag 288 - Esempio 1-15.asc

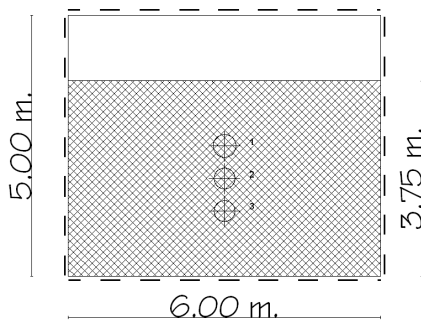
Differenza rilevata nei punti test. La differenza è ottenuta dall'espressione:

$$d_{\text{ass}} = (v_t - v_e) / v_e$$

ove v_t è il valore di test e v_e il valore dell'esempio trattato dal testo.

momento (Kgf-m/m)	v_e	ASCad32 e differenza	
		v_t	d_{ass}
Mx centro	297	293	0.013
My centro	230	230	0.000
Mx max	302	303	0.003
My max	230	230	0.000

Piastra Rettangolare – Esempio 208



Tratto da: " Calcolo di Lastre e Piastre", Richard Bares¸ Pag. 290 tab 1.98a con: a = 5, b= 6, q = 900 kgf/m²

Piastra rettangolare, appoggiata ai bordi, carico Triangolare (idrostatico)

a = 6.0 m

b = 5.0 m

s = 10 cm

$\gamma = 240 \text{ Kgf/cm}^3$

$h_{\text{pelo libero}} = 3.75 \text{ m}$

$\nu = 0,0$

$E = 200.000 \text{ Kgf/cm}^2$

File d'esempio: 208 - Bares- Pag 290 Tab 1,98a b=6, a=5, q=900.asc

Differenza rilevata nei punti test. La differenza è ottenuta dall'espressione:

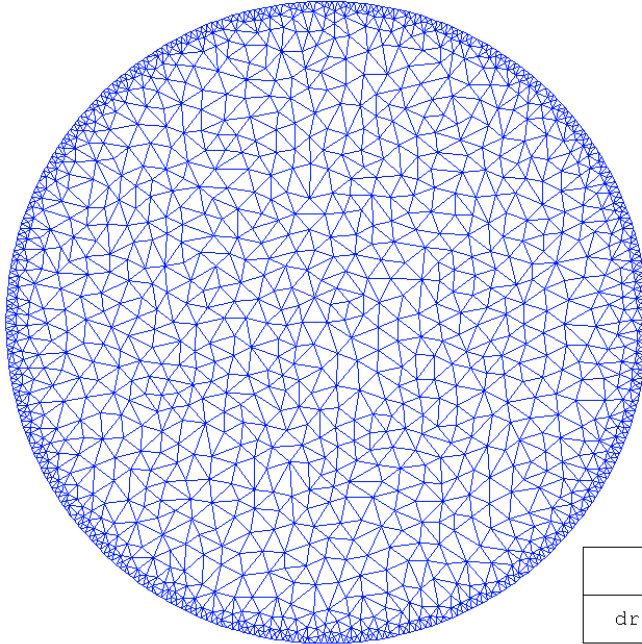
$$d_{\text{ass}} = (v_t - v_e) / v_e$$

ove v_t è il valore di test e v_e il valore dell'esempio trattato dal testo.

momento (Kgf·m/m)	coordinate punto		v_e	ASCad32 e differenza	
	x	y		v_t	d_{ass}
Mx	3.000	2.500	407	406	0.002
My	3.000	2.500	265	268	0.011
Mx	3.000	1.875	517	508	0.017
My	3.000	1.875	262	264	0.007
Mx	3.000	1.250	531	523	0.003
My	3.000	1.250	214	212	0.009

Lastra Circolare – Esempio 209

Odone Belluzzi - Vol. III pag. 12 - Es. n. 1129



variazione del raggio del disco:

$$dr = (m - 1) * q * R / (m * E * s) \quad [\text{Belluzzi (915) pag 12}]$$

$$\begin{aligned} R &= 100 \text{ cm} \\ s &= 1 \text{ cm} \\ E &= 2.100.000 \text{ Kg/cm}^2 \\ n_i &= 0.2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= F / (R * \pi / 180) = 10 / (100 * 3.14... / 180) = 5.729577951 \text{ Kg/cm} \\ m &= 1/n_i = 1 / 0.2 = 5 \end{aligned}$$

$$dr = (5 - 1) * 5.729577951 * 100 / (5 * 2100000 * 1) = 0.000218 \text{ cm} = 0.00218 \text{ mm}$$

	Belluzzi	ASCad32	diff.
dr (mm)	0.00218	0.00218	0.00000

Tratto da "Scienza Delle Costruzioni Vol. 3" di Odone Belluzzi - Zanichelli Editore – Pag. 12 Esempio n° 1129

variazione del raggio del disco:

$$dr = (m - 1) * q * R / (m * E * s) \quad [\text{Belluzzi (915) pag 12}]$$

$$\begin{aligned} R &= 100 \text{ cm} \\ s &= 1 \text{ cm} \\ E &= 2.100.000 \text{ Kg/cm}^2 \\ n_i &= 0.2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= F / (R * \pi / 180) = 10 / (100 * 3.14... / 180) = 5.729577951 \text{ Kg/cm} \\ m &= 1/n_i = 1 / 0.2 = 5 \end{aligned}$$

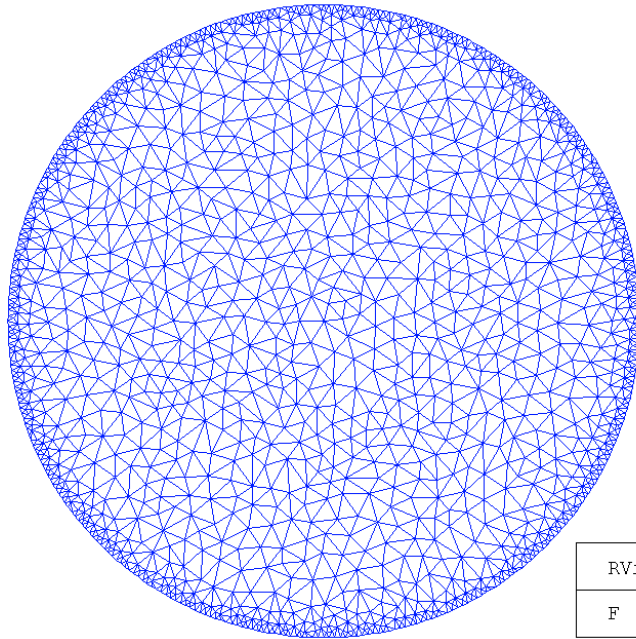
$$dr = (5 - 1) * 5.729577951 * 100 / (5 * 2100000 * 1) = 0.000218 \text{ cm} = 0.00218 \text{ mm}$$

File d'esempio: 209 - Belluzzi Vol 3 pag 12 es 1129.asc

	Belluzzi	ASCad32	diff.
dr (mm)	0.00218	0.00218	0.00000

Lastra Circolare – Esempio 210

Odone Belluzzi - Vol. III pag. 12 - Es. n. 1130



Reazione vincolare sul contorno del disco per carico termico

$$q = -m \cdot E \cdot a \cdot s \cdot t / (m - 1) \quad [\text{Belluzzi pag. 12}]$$

$$\begin{aligned} R &= 100 \text{ cm} \\ s &= 1 \text{ cm} \\ E &= 2.100.000 \text{ Kg/cm}^2 \\ n_i &= 0.2 \\ m &= 1 / n_i \\ a &= 0.00001 \\ t &= 20 \text{ C}^\circ \end{aligned}$$

$$q = -5 \cdot 2100000 \cdot 1e-5 \cdot 1 \cdot 20 / (5-1) = 525 \text{ Kg/cm}$$

$$F_v = q \cdot R \cdot \pi / 180 = 916.2 \text{ Kgf}$$

RVinc.	Belluzzi	ASCad32	diff.
F (Kgf)	916.2	916.2	0

Tratto da "Scienza Delle Costruzioni Vol. 3" di Odone Belluzzi - Zanichelli Editore – Pag. 12 Esempio n° 1130

Reazione vincolare sul contorno del disco per carico termico

$$q = -m \cdot E \cdot a \cdot s \cdot t / (m - 1) \quad [\text{Belluzzi pag. 12}]$$

$$\begin{aligned} R &= 100 \text{ cm} \\ s &= 1 \text{ cm} \\ E &= 2.100.000 \text{ Kg/cm}^2 \\ n_i &= 0.2 \\ m &= 1 / n_i \\ a &= 0.00001 \\ t &= 20 \text{ C}^\circ \end{aligned}$$

$$q = -5 \cdot 2100000 \cdot 1e-5 \cdot 1 \cdot 20 / (5-1) = 525 \text{ Kg/cm}$$

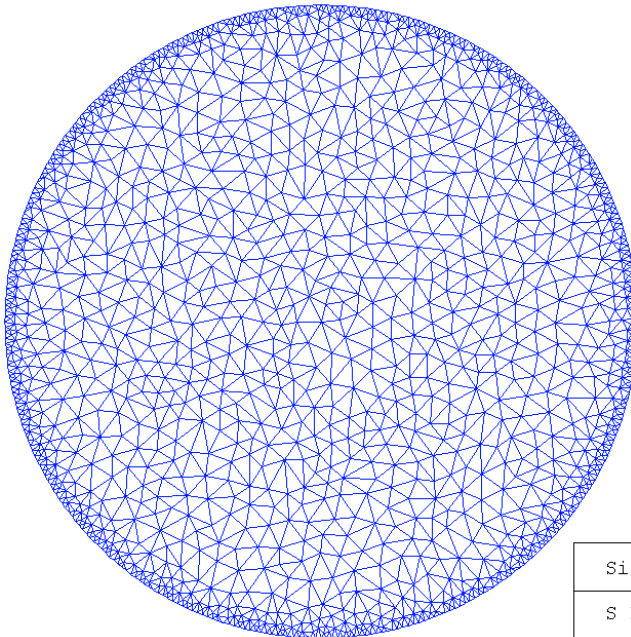
$$F_v = q \cdot R \cdot \pi / 180 = 916.2 \text{ Kgf}$$

File d'esempio: 210 - Belluzzi Vol 3 pag 12 es 1130.asc

RVinc.	Belluzzi	ASCad32	diff.
F (Kgf)	916.2	916.2	0

Piastra Circolare – Esempio 211

Odone Belluzzi - Vol. III pag. 79 - Es. n. 1154



Tensione massima sul disco sottoposto a un dt sulle due faccie

$$S_{max} = 0.5 \cdot a \cdot dt \cdot E / (1 - \nu) \quad [\text{Belluzzi (b) pag. 79}]$$

$R = 100 \text{ cm}$
 $s = 1 \text{ cm}$
 $E = 2.100.000 \text{ Kgf/cm}^2$
 $\nu = 0.2$
 $a = 0.00001$
 $t = +10$
 $dt = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

$$S_{max} = 0.5 \cdot 0.00001 \cdot 20 \cdot 2100000 / (1 - 0.2) = 262.5 \text{ Kgf/cm}^2$$

SigmaMax	Belluzzi	ASCad32	diff.
S Kgf/cm ²	262.5	262.5	0.0

Tratto da "Scienza Delle Costruzioni Vol. 3" di Odone Belluzzi - Zanichelli Editore – Pag. 79 Esempio n° 1154

Tensione massima sul disco sottoposto a un dt sulle due faccie

$$S_{max} = 0.5 \cdot a \cdot dt \cdot E / (1 - \nu) \quad [\text{Belluzzi (b) pag. 79}]$$

$R = 100 \text{ cm}$
 $s = 1 \text{ cm}$
 $E = 2.100.000 \text{ Kgf/cm}^2$
 $\nu = 0.2$
 $a = 0.00001$
 $t = +10$
 $dt = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

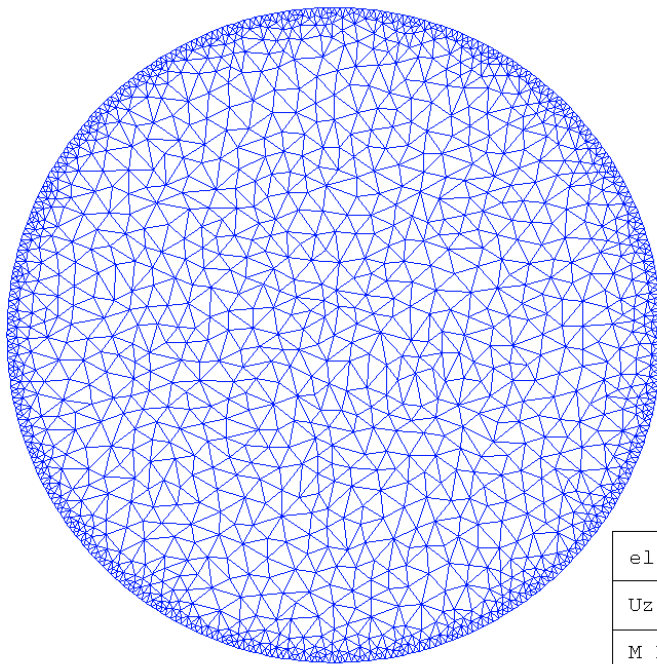
$$S_{max} = 0.5 \cdot 0.00001 \cdot 20 \cdot 2100000 / (1 - 0.2) = 262.5 \text{ Kgf/cm}^2$$

File d'esempio: 211 - Belluzzi Vol 3 pag 79 es 1154.asc

SigmaMax	Belluzzi	ASCad32	diff.
S Kgf/cm ²	262.5	262.5	0.0

Piastra Circolare – Esempio 212

Odone Belluzzi - Vol. III pag. 83 - Paragrafo 610



Piastra circolare incastrata - carico ripartito

$R = 100 \text{ cm}$
 $s = 1 \text{ cm}$
 $E = 2.100.000 \text{ Kg/cm}^2$
 $\nu = 0.2$
 $p = 0.01 \text{ Kg/cm}^2 (100 \text{ Kg/m}^2)$

$U_z(o,o) = 3 \cdot (1-\nu^2) \cdot p \cdot R^3 / (16 \cdot E \cdot s^3)$ [Belluzzi (1002) di pag. 84]
 $M(o,o) = (1+\nu) \cdot p \cdot R^2 / 16$ [Belluzzi (1004) di pag. 84]

$U_z = 3 \cdot (1-0.2^2) \cdot 0.01 \cdot 100^3 / (16 \cdot 2100000 \cdot 1^3) = 0.0857142 \text{ cm}$
 $M = (1+0.2) \cdot 0.01 \cdot 100^2 / 16 = 7.5 \text{ Kg/m} / \text{m}$

elemento	Belluzzi	ASCad32	diff %
Uz mm.	0.857142	0.856962	0.02 %
M Kgfm/m	7.5	7.5	0.00 %

Tratto da "Scienza Delle Costruzioni Vol. 3" di Odone Belluzzi - Zanichelli Editore – Pag. 83 paragrafo n° 610

Piastra circolare incastrata - carico ripartito

$R = 100 \text{ cm}$
 $s = 1 \text{ cm}$
 $E = 2.100.000 \text{ Kg/cm}^2$
 $\nu = 0.2$
 $p = 0.01 \text{ Kg/cm}^2 (100 \text{ Kg/m}^2)$

$U_z(o,o) = 3 \cdot (1-\nu^2) \cdot p \cdot R^3 / (16 \cdot E \cdot s^3)$ [Belluzzi (1002) di pag. 84]
 $M(o,o) = (1+\nu) \cdot p \cdot R^2 / 16$ [Belluzzi (1004) di pag. 84]

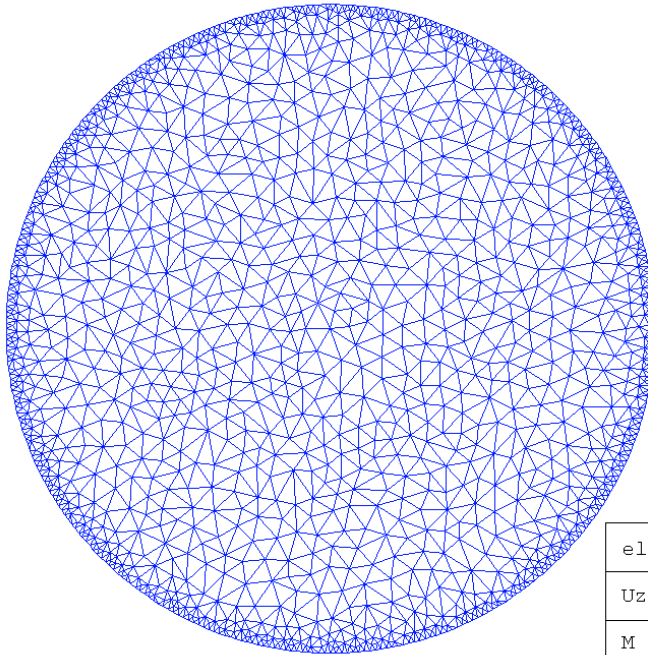
$U_z = 3 \cdot (1-0.2^2) \cdot 0.01 \cdot 100^3 / (16 \cdot 2100000 \cdot 1^3) = 0.0857142 \text{ cm}$
 $M = (1+0.2) \cdot 0.01 \cdot 100^2 / 16 = 7.5 \text{ Kgfm} / \text{m}$

File d'esempio: 212 - Belluzzi Vol 3 pag 83 paragrafo 610.asc

elemento	Belluzzi	ASCad32	diff %
Uz mm.	0.857142	0.856962	0.02 %
M Kgfm/m	7.5	7.5	0.00 %

Piastra Circolare – Esempio 213

Odone Belluzzi - Vol. III pag. 86 - Paragrafo 611



Piastra circolare appoggiata - carico ripartito

R = 100 cm

s = 1 cm

E = 2.100.000 Kgf/cm²

ν = 0.2

p = 0.01 Kgf/cm² (100 Kgf/m²) $U_z(o,o) = 3 \cdot (5+\nu) \cdot (1-\nu) \cdot p \cdot R \cdot R^2 / (16 \cdot E \cdot s^3)$ [Belluzzi (1015) di pag. 86] $M(o,o) = (3+\nu) \cdot p \cdot R^2 / 16$ [Belluzzi (1017) di pag. 86] $U_z = 3 \cdot (5+0.2) \cdot (1-0.2) \cdot 0.01 \cdot 100 \cdot 100^3 / (16 \cdot 2100000 \cdot 1^3) = 0.371428$ cm $M = (3+0.2) \cdot 0.01 \cdot 100^2 / 16 = 20.0$ Kgf·m / m

elemento	Belluzzi	ASCad32	diff %
Uz cm.	0.371428	0.371354	0.01 %
M Kgf·m/m	20.0	20.0	0.00 %

Tratto da "Scienza Delle Costruzioni Vol. 3" di Odone Belluzzi - Zanichelli Editore – Pag. 86 paragrafo n° 611

Piastra circolare appoggiata - carico ripartito

R = 100 cm

s = 1 cm

E = 2.100.000 Kgf/cm²

ν = 0.2

p = 0.01 Kgf/cm² (100 Kgf/m²) $U_z(o,o) = 3 \cdot (5+\nu) \cdot (1-\nu) \cdot p \cdot R \cdot R^3 / (16 \cdot E \cdot s^3)$ [Belluzzi (1015) di pag. 86] $M(o,o) = (3+\nu) \cdot p \cdot R^2 / 16$ [Belluzzi (1017) di pag. 86] $U_z = 3 \cdot (5+0.2) \cdot (1-0.2) \cdot 0.01 \cdot 100 \cdot 100^3 / (16 \cdot 2100000 \cdot 1^3) = 0.371428$ cm $M = (3+0.2) \cdot 0.01 \cdot 100^2 / 16 = 20.0$ Kgf·m / m

File d'esempio: 213 - Belluzzi Vol 3 pag 86 paragrafo 611.asc

elemento	Belluzzi	ASCad32	diff %
Uz cm.	0.371428	0.371354	0.01 %
M Kgf·m/m	20.0	20.0	0.00 %

Piastra Anulare – Esempio 214

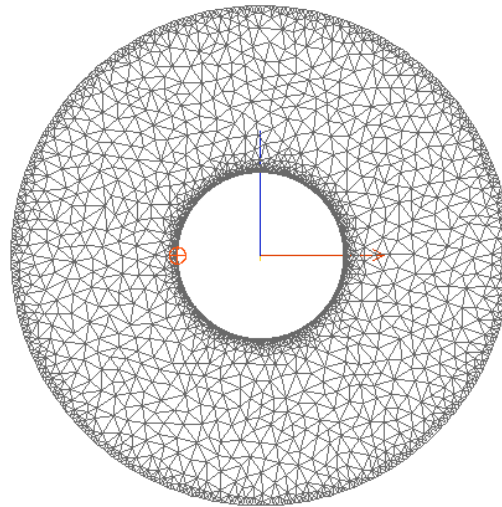
Odone Belluzzi - Vol. III pag. 105 - Es. 1175

Piastra anulare incastrata al contorno interno - carico ripartito

Rest = 300 cm
 Rint = 100 cm
 s = 20 cm
 E = 314471 Kgf/cm²
 ν = 0.1
 ρ = 800 Kgf/m²

Mr = -2692 Kgf·m/m

[Belluzzi pag. 106]



Momento	Belluzzi	ASCad32	diff %
M Kgf·m/m	-2692	-2690	0.07 %

Tratto da "Scienza Delle Costruzioni Vol. 3" di Odone Belluzzi - Zanichelli Editore – Pag. 105 Esempio n° 611

Piastra anulare incastrata al contorno interno - carico ripartito

Rest = 300 cm
 Rint = 100 cm
 s = 20 cm
 E = 314471 Kgf/cm²
 ν = 0.1
 ρ = 800 Kgf/m²

Mr = -2692 Kgf·m/m

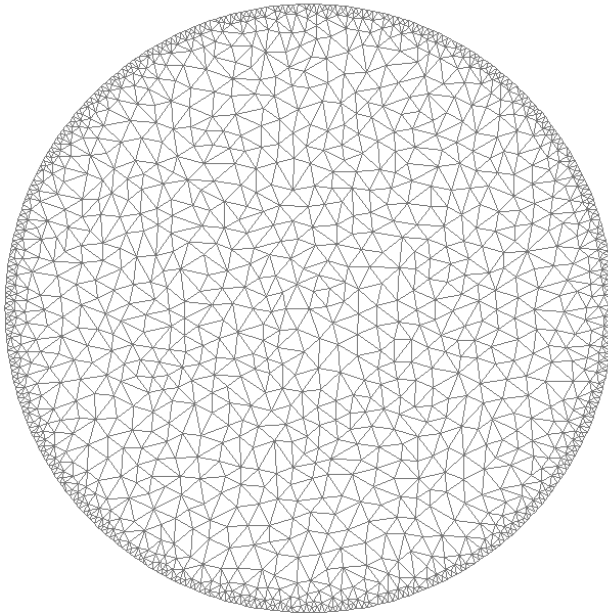
[Belluzzi pag. 106]

File d'esempio: 214 - Belluzzi Vol 3 pag 105 es 1175.asc

Momento	Belluzzi	ASCad32	diff %
M Kgf·m/m	-2692	-2690	0.07 %

Piastra Circolare su Suolo Elastico – Esempio 215

Odone Belluzzi - Vol. III pag. 112 - Es. 1184



Piastra metallica su suolo elastico - carico concentrato centrale

R = 12.5 cm
 s = 1.8 cm
 E = 2100000 Kgf/cm²
 ν = 0.3
 Q = 2000 Kgf
 Kw = 40 Kgf/cm³

Uz = -0.107 cm
 Po = 4.3 Kgf/cm²
 Pr = 3.9 Kgf/cm²

[Belluzzi pag. 112]

Caratter.	Belluzzi	ASCad32	diff %
Uz cm	-0.107	-0.107	0.00 %
Po Kgf/cm ²	4.2	4.2	0.00 %
Pr Kgf/cm ²	3.9	3.9	0.00 %

Tratto da "Scienza Delle Costruzioni Vol. 3" di Odone Belluzzi - Zanichelli Editore – Pag. 112 Esempio n° 1184

Piastra metallica su suolo elastico - carico concentrato centrale

R = 12.5 cm
 s = 1.8 cm
 E = 2100000 Kgf/cm²
 ν = 0.3
 Q = 2000 Kgf
 Kw = 40 Kgf/cm³

Uz = -0.107 cm
 Po = 4.3 Kgf/cm²
 Pr = 3.9 Kgf/cm²

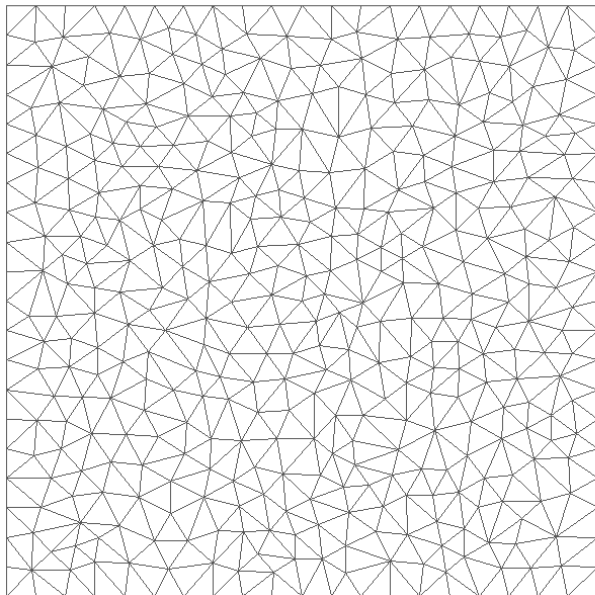
[Belluzzi pag. 112]

File d'esempio: 215 - Belluzzi Vol 3 pag 112 es 1184.asc

Caratter.	Belluzzi	ASCad32	diff %
Uz cm	-0.107	-0.107	0.00 %
Po Kgf/cm ²	4.2	4.2	0.00 %
Pr Kgf/cm ²	3.9	3.9	0.00 %

Piastra Quadrata – Esempio 216

Odone Belluzzi - Vol. III pag. 156 - Paragrafo 631



Piastra quadrata appoggiata - carico ripartito

$a = 500 \text{ cm}$
 $s = 20 \text{ cm}$
 $E = 314471 \text{ Kg/cm}^2$
 $\nu = 0.1$
 $p = 1000 \text{ Kg/m}^2 = 0.1 \text{ Kg/cm}^2$

$f_{\text{freccia}} = 0.0482 \cdot p \cdot a^3 / (E \cdot s^3)$ [Belluzzi (1108) di pag. 157]
 $M_{\text{max}} = (1+\nu) \cdot p \cdot a^2 / 27.14$ [Belluzzi (1109) di pag. 157]

$f = 0.0482 \cdot 0.1 \cdot 100 \cdot 100^3 / (314471 \cdot 20^3) = 0.1197 \text{ cm}$
 $M = (1+0.1) \cdot 0.1 \cdot 100^2 / 27.14 = 1033 \text{ Kg} \cdot \text{m} / \text{m}$

elemento	Belluzzi	ASCad32	diff %
fz cm.	0.1197	0.1197	0.00 %
M Kg·m/m	1033	1033	0.00 %

Tratto da "Scienza Delle Costruzioni Vol. 3" di Odone Belluzzi - Zanichelli Editore – Pag. 156 Paragrafo n° 631

Piastra quadrata appoggiata - carico ripartito

$a = 500 \text{ cm}$
 $s = 20 \text{ cm}$
 $E = 314471 \text{ Kg/cm}^2$
 $\nu = 0.1$
 $p = 1000 \text{ Kg/m}^2 = 0.1 \text{ Kg/cm}^2$

$f_{\text{freccia}} = 0.0482 \cdot p \cdot a^3 / (E \cdot s^3)$ [Belluzzi (1108) di pag. 157]
 $M_{\text{max}} = (1+\nu) \cdot p \cdot a^2 / 27.14$ [Belluzzi (1109) di pag. 157]

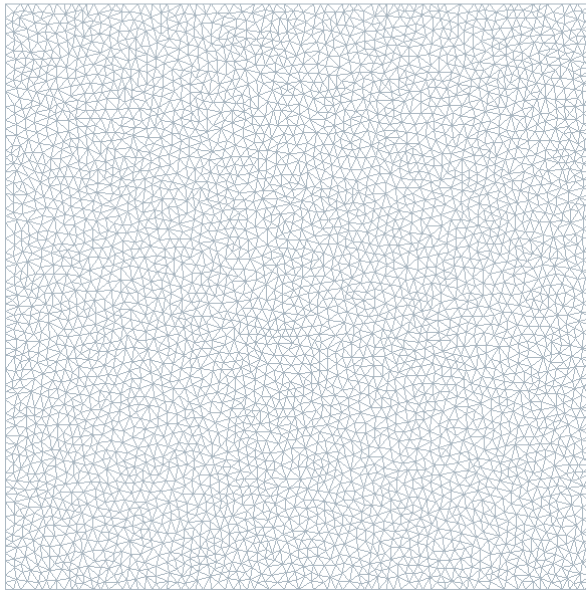
$f = 0.0482 \cdot 0.1 \cdot 100 \cdot 100^3 / (314471 \cdot 20^3) = 0.1197 \text{ cm}$
 $M = (1+0.1) \cdot 0.1 \cdot 100^2 / 27.14 = 1033 \text{ Kg} \cdot \text{m} / \text{m}$

File d'esempio: 216 - Belluzzi Vol 3 pag 156 paragrafo 631.asc

elemento	Belluzzi	ASCad32	diff %
fz cm.	0.1197	0.1197	0.00 %
M Kg·m/m	1033	1033	0.00 %

Piastra Quadrata – Esempio 217

Odone Belluzzi - Vol. III pag. 162 - Paragrafo 632 - 1



Piastra quadrata appoggiata - carico concentrato

$a = 500 \text{ cm}$
 $s = 20 \text{ cm}$
 $E = 314471 \text{ Kg/cm}^2$
 $\nu = 0.1$
 $Q = 10000 \text{ Kg}$

 $B = E \cdot s^3 / (12 \cdot (1 - \nu^2))$ [Belluzzi (986) di pag. 77]

 $f = 0.01159 \cdot p \cdot a^2 / B$ [Belluzzi (1115) di pag. 162]

 $B = 314471 \cdot 20^3 / (12 \cdot (1 - 0.1^2)) = 211764983$
 $f = 0.0159 \cdot 10000 \cdot 500^2 / 211764983 = 0.13682 \text{ cm}$

abbassam	Belluzzi	ASCad32	diff %
fz cm.	0.13682	0.13686	0.02 %

Tratto da "Scienza Delle Costruzioni Vol. 3" di Odone Belluzzi - Zanichelli Editore – Pag. 162 Paragrafo n° 632 /a

Piastra quadrata appoggiata - carico concentrato

$a = 500 \text{ cm}$
 $s = 20 \text{ cm}$
 $E = 314471 \text{ Kg/cm}^2$
 $\nu = 0.1$
 $Q = 10000 \text{ Kg}$

 $B = E \cdot s^3 / (12 \cdot (1 - \nu^2))$ [Belluzzi (986) di pag. 77]

 $f = 0.01159 \cdot p \cdot a^2 / B$ [Belluzzi (1115) di pag. 162]

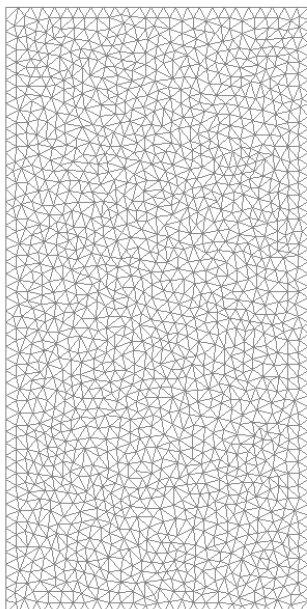
 $B = 314471 \cdot 20^3 / (12 \cdot (1 - 0.1^2)) = 211764983$
 $f = 0.0159 \cdot 10000 \cdot 500^2 / 211764983 = 0.13682 \text{ cm}$

File d'esempio: 217 - Belluzzi Vol 3 pag 162 paragrafo 632 - 1.asc

abbassam	Belluzzi	ASCad32	diff %
fz cm.	0.13682	0.13686	0.02 %

Piastra Rettangolare – Esempio 218

Odone Belluzzi - Vol. III pag. 162 - Paragrafo 632 - 2



Piastra rettangolare appoggiata - carico concentrato

a = 250 cm
b = 500 cms = 20 cm
E = 314471 Kgf/cm²
ν = 0.1
Q = 10000 Kgff = cf · p · a² / B [Belluzzi (1114) di pag. 162]cf = 0.01654 [Belluzzi pag. 162 nota 125]
B = E · s³ / (12 · (1 - ν²)) [Belluzzi (986) di pag. 77]B = 314471 · 20³ / (12 · (1 - 0.1²)) = 211764983f = 0.01654 · 10000 · 250² / 211764983 = 0.048815 cm

abbassam	Belluzzi	ASCad32	diff %
fz cm.	0.048815	0.04866	0.31 %

Tratto da "Scienza Delle Costruzioni Vol. 3" di Odone Belluzzi - Zanichelli Editore – Pag. 162 Paragrafo n° 632 /b

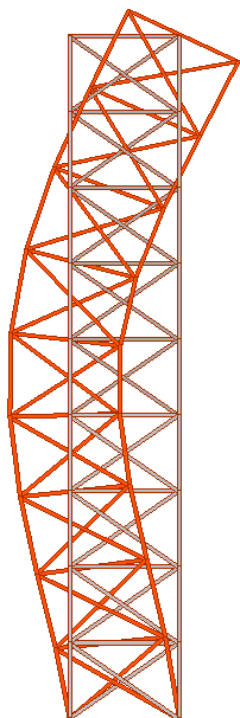
Piastra rettangolare appoggiata - carico concentrato

a = 250 cm
b = 500 cms = 20 cm
E = 314471 Kgf/cm²
ν = 0.1
Q = 10000 Kgff = cf · p · a² / B [Belluzzi (1114) di pag. 162]cf = 0.01654 [Belluzzi pag. 162 nota 125]
B = E · s³ / (12 · (1 - ν²)) [Belluzzi (986) di pag. 77]B = 314471 · 20³ / (12 · (1 - 0.1²)) = 211764983f = 0.01654 · 10000 · 250² / 211764983 = 0.048815 cm

File d'esempio: 218 - Belluzzi Vol 3 pag 162 paragrafo 632 - 2.asc

abbassam	Belluzzi	ASCad32	diff %
fz cm.	0.048815	0.04866	0.31 %

Analisi Modale - Traliccio Piano – Esempio 301



Tratto da *“Dinamica delle Strutture”* di Giuseppe Muscolino –
McGraw-Hill – Pag. 564 Esempio n° 10.4

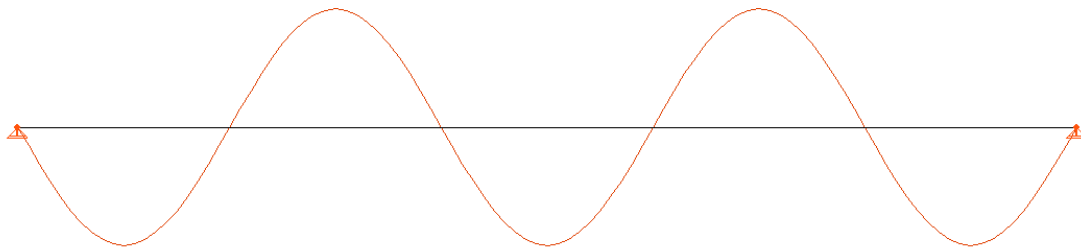
Confronto fra primi tre periodi propri e relativi coefficienti di partecipazione

Periodi di oscillazione e Coefficienti Partecipazione Masse							
Massa Partecipante		(x,y,z): (86.1, 0.0, 93.3)			Sufficienti (max) 6 forme modali		
n°	Periodo	x	y	z	X Tot	Y Tot	Z Tot
1	0.458196892	64.20	0.00	0.00	64.20	0.00	0.00
2	0.098035505	21.89	0.00	0.00	86.10	0.00	0.00
3	0.073452367	0.00	0.00	82.23	86.10	0.00	82.23
4	0.042766247	7.47	0.00	0.00	82.57	0.00	82.23

espressioni testate	Muscolino (v_e)	ASCad32 (v_t)	$v_e - v_t / v_e$
Primo Modo – Periodo - (sec)	0.461	0.458	-0.0060
Secondo Modo – Periodo - (sec)	0.099	0.098	-0.0100
Terzo Modo – Periodo - (sec)	0.071	0.073	0.0280
Primo Modo – coeff. patec. x (%)	64.21	64.20	-0.0001
Primo Modo – coeff. patec. z (%)	0.00	0.00	0.0000
Secondo Modo – coeff. patec. x (%)	21.90	21.89	-0.0004
Secondo Modo – coeff. patec. z (%)	0.00	0.00	0.0000
Terzo Modo – coeff. patec. x (%)	0.00	0.00	0.0000
Terzo Modo – coeff. patec. z (%)	82.56	82.23	-0.0039

File d'esempio: 301 - Giuseppe Muscolino DdS Esempio 10-4 pag 564.asc

Analisi Modale – Vibrazioni Trave – Esempio 302



Trave Appoggiata ai due estremi; Luce totale 10 mt, Sezione rettangolare 30x50 CLS

$E = 302004.93 \text{ Kgf / cm}^2$

$L = 10 \text{ mt}$

$\rho = 2500 \text{ Kg/m}^3$

Il modello ASCad32 è un'asta lunga 10 m con 19 Nodi Fissi assegnati (uno ogni 50 cm.).

Il carico è rappresentato dal peso proprio (accelerazione costante ed uniforme direzione - z)

Per la trave appoggiata-appoggiata i periodi propri sono espressi dalla:
$$T_n = \frac{1}{n^2} \sqrt{\frac{4L^4 \rho A}{\pi^2 EI}}$$

E =	30200493000	N/m ²
I =	0.003125	m ⁴
EI =	94376540.63	N·m ²
L =	10	m
A =	0.15	m ²
ro =	2500	Kg/m ³

$$T_n = \sqrt{4 \cdot L^2 \cdot L^2 \cdot \rho \cdot A / (\pi^2 EI)} / n^2$$

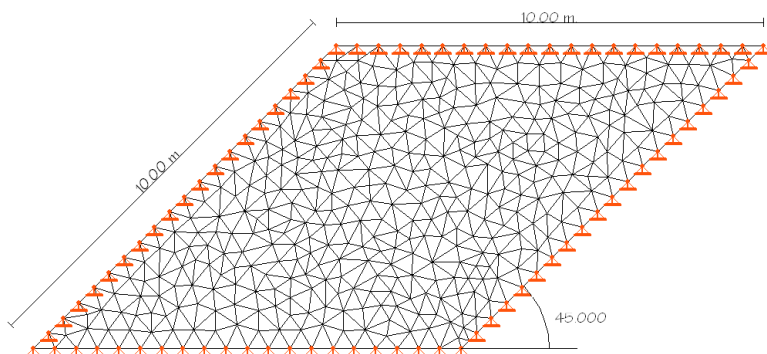
$$= \sqrt{4 \cdot 10^2 \cdot 10^2 \cdot 2500 \cdot 0.15 / (3.14^2 \cdot 94376540.63)} / n^2 =$$

$$= 0.126900615 / n^2$$

Ve (Esatti)	Vt (ASCad32)	Vt - Ve / Ve
T1 = 0,12690061	0,12690026	-0,00000275
T2 = 0,03172515	0,03172515	0,00000000
T3 = 0,01410006	0,01410007	0,00000070
T4 = 0,00793128	0,00793129	0,00000126
T5 = 0,00507602	0,00507603	0,00000197
T6 = 0,00352501	0,00352502	0,00000283
T7 = 0,00258980	0,00258981	0,00000386
T8 = 0,00198282	0,00198283	0,00000504
T9 = 0,00156667	0,00156668	0,00000638

File d'esempio: 302 - Vibrazioni Trave Appoggiata.asc

Analisi Modale – Piastra Romboideale – Esempio 303



Caratt. Geometriche

$$L = 10 \text{ m}$$

$$s = 5 \text{ cm}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

Caratt. Meccaniche

$$E = 2000000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\nu = 0,3$$

$$\rho = 8000 \text{ Kg/m}^3$$

Tratto da: THE STANDARD NAFEMS Benchmarks, TNSB, Rev. 3.5 October, 1990

L'esempio considera i primi 6 periodi delle vibrazioni libere di una piastra romboidale d'acciaio incastrata ai quattro bordi.

In ASCad32 è stata modellata utilizzando un elemento Guscio Piano con mesh a matrice triangolare, imponendo che l'area di ogni elementino sia non maggiore di 1/500 dell'area totale della piastra.

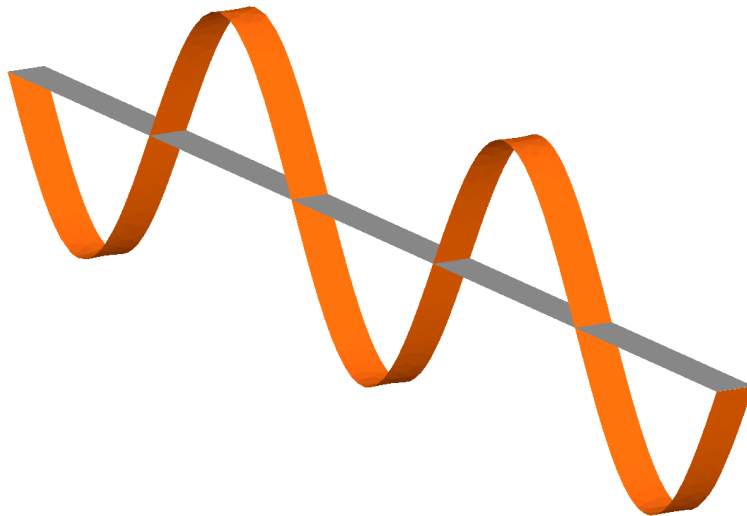
L'angolo minimo, per ogni triangolo, è stato inoltre limitato a 30°.

Nella tabella è confrontata la soluzione teorica (v_e), ricavata dal riferimento indicato, e quella ottenuta da ASCad32 (v_t).

Periodi (sec.)			
	v_e	ASCad32 (v_t)	$v_e - v_t / v_e$
T_1	0.125976	0.125911	0.0005
T_2	0.077911	0.077509	0.0051
T_3	0.055738	0.055629	0.0019
T_4	0.052265	0.052431	0.0031
T_5	0.041651	0.041821	-0.0040
T_6	0.035814	0.035818	0.0001

File d'esempio: 303 - Vibrazioni Shell Romboideale.asc

Analisi Modale – Vibrazioni Shell simulante asta– Esempio 304



Asta Appoggiata agli estremi

Lunghezza $L = 10$ m.

Sezione Rett. 30×50 cm.

Modellata usando l'Elemento Finito **Guscio Piano** di:

Lunghezza 10 m

Larghezza 30 cm.

Spessore 50 cm

Caratteristiche Meccaniche

$E = 302004,93$ Kgf/cm²

$\nu = 0,2$

$\rho = 2500$ Kg/m³

Sono analizzati i primi 9 periodi propri di vibrazione dell'asta appoggiata agli estremi.

Il confronto è eseguito utilizzando la teoria della dinamica del continuo per l'asta di Bernoulli omogenea ed isotropa, dunque ipotizzando uno stato di sollecitazione monoassiale; Sebbene il modello in ASCad32, sia realizzato attraverso un Guscio Piano (stato di sollecitazione biassiale), per la particolare geometria (shell molto lungo) i risultati teorici, sebbene elaborati per l'asta, possono essere applicati al guscio.

Per l'asta appoggiata-appoggiata i periodi propri sono espressi dalla: $T_n = \frac{1}{n^2} \sqrt{\frac{4L^4 \rho A}{\pi^2 EI}}$

I valori usati per il calcolo sono:

$E = 30200493000$ N/m²

$I = 0,003125$ m⁴

$EI = 94376540,63$ N·m²

$L = 10$ m

$A = 0,15$ m²

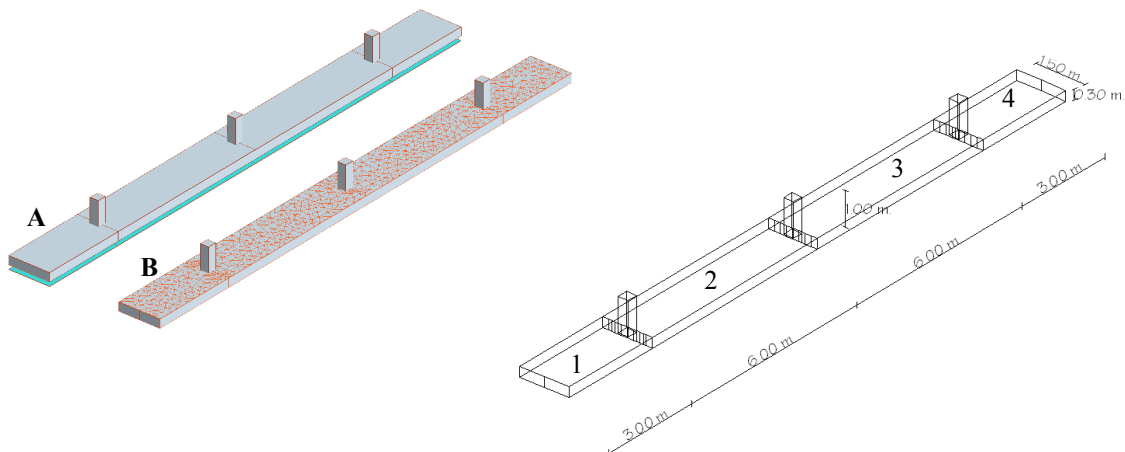
$\rho = 2500$ kg/m³

$$T_n = \frac{1}{n^2} \sqrt{\frac{4L^4 \rho A}{\pi^2 EI}} = \frac{1}{n^2} \sqrt{\frac{4 \times 10^4 \times 2500 \times 0,15}{\pi^2 \times 94376540,63}} = \frac{0,126900615}{n^2}$$

confronto periodi teorici (Asta) e di test (Guscio)			
	v_e esatti (asta)	ASCad32 (v_t)	$v_e - v_t / v_e$
T_1	0,12690061	0,12690197	-0,00001
T_2	0,03172515	0,03172411	0,00003
T_3	0,01410006	0,01409587	0,00030
T_4	0,00793128	0,00792797	0,00042
T_5	0,00507602	0,00507603	0,00000
T_6	0,00352501	0,00352194	0,00087
T_7	0,00258980	0,00258612	0,00142
T_8	0,00198282	0,00197865	0,00210
T_9	0,00156667	0,00156387	0,00179

File d'esempio: **304 - Vibrazioni Shell simulante Asta.asc**

Confronto Trave/Guscio su suolo elastico – Esempio 401

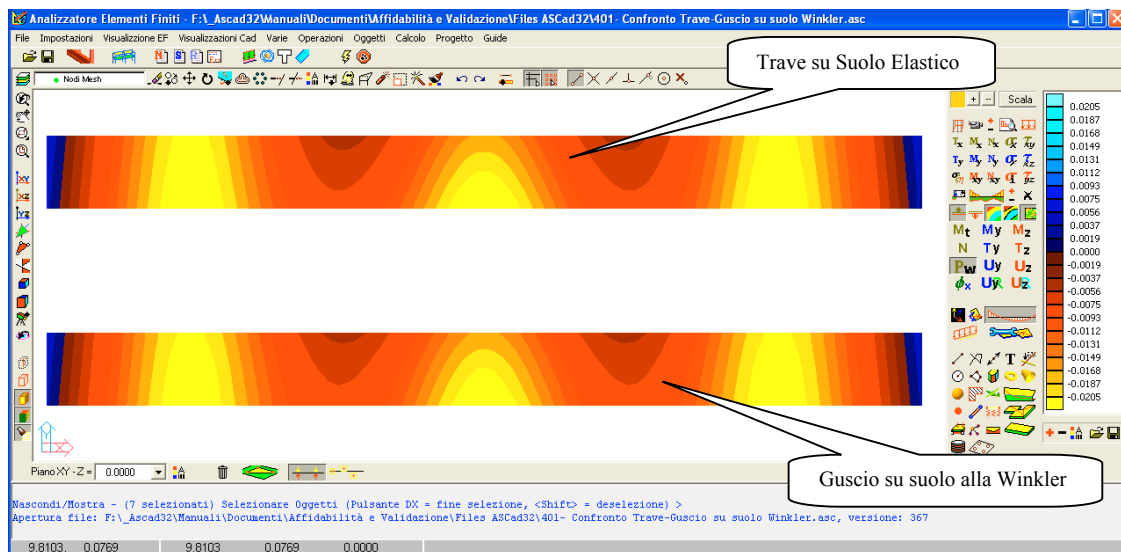


Una trave su suolo alla Winkler è modellata attraverso due diversi elementi ASCad32: nel caso A si sono utilizzati quattro elementi “Trave su suolo elastico”, nel caso B quattro del tipo “Guscio Piano su Suolo alla Winkler”. Gli elementi sono indicati con numeri da 1 a 4.

La struttura è, nei due casi, identicamente caricata, del medesimo materiale e con medesima costante di sottofondo.

Le azioni sono uno sforzo normale pari 1000 Kgf per ogni pilastro e un momento pari 100 Kgf-m, applicato solo sul pilastro centrale, che rende eccentrico, trasversalmente alla trave, il carico N.

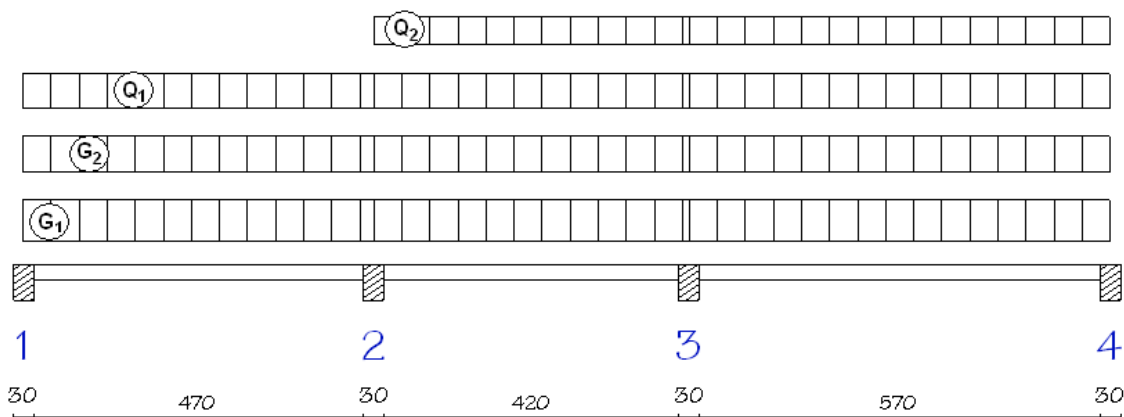
Lo scopo di quest'esempio è mettere a confronto l'andamento delle pressioni sul terreno nelle due diverse modellazioni.



Valori Massimi per ogni elemento, delle pressioni sul terreno nelle due modellazioni			
n. Elem.	Pressione Massima sul terreno (Kgf/cm ²)		
	Trave	Guscio	diff. %
1	-0.02042	-0.02075	1.59
2	-0.02042	-0.02075	1.59
3	-0.02042	-0.02075	1.59
4	-0.02042	-0.02075	1.59

File d'esempio: 401- Confronto Trave-Guscio su suolo Winkler.asc

Combinazioni Carichi Solai – Esempio 402

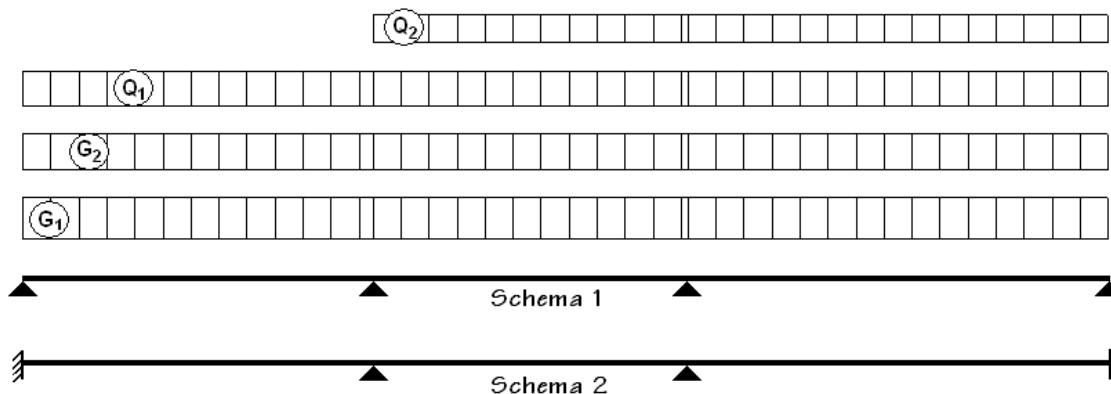


Validazione dello sviluppo delle combinazioni di tipo "permutazione" per la progettazione dei solai.

Nell'esempio è riportato un solaio con tre campate, sulle quali agiscono le seguenti azioni:

id	Tipologia	γ_0	γ_1	ψ_0	ψ_1	ψ_2	Kgf / m
G ₁	Permanente Strutturale	1.3	1.0	-	-	-	100.0
G ₂	Permanente Non Strutturale	1.5	0.0	-	-	-	80.0
Q ₁	Variabile abitazione	1.5	0.0	0.70	0.70	0.30	66.6
Q ₂	Variabile Neve	1.5	0.0	0.50	0.20	0.00	25.0

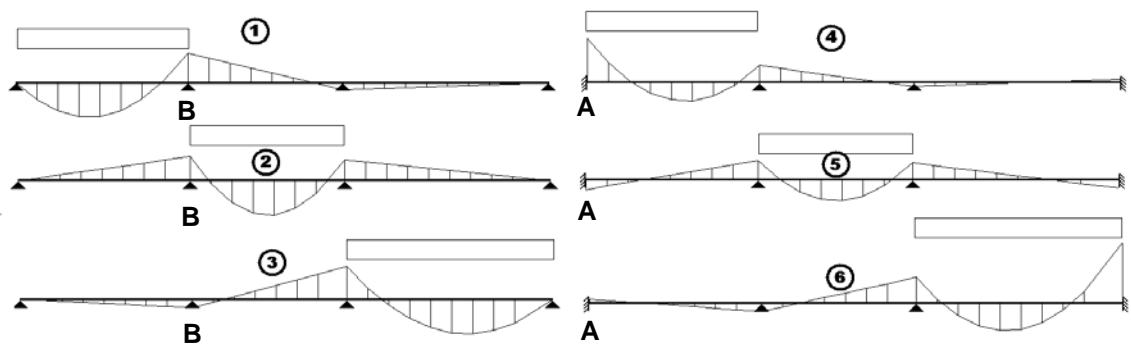
Sviluppo delle combinazioni SLU secondo NCT 2008



Sarà calcolato il momento negativo massimo per la combinazione SLU Fondamentale agli appoggi 1 e 2

- Per il momento negativo all'appoggio 1 il valore massimo si ha per lo Schema 2 (incastri alle estremità ed appoggi interni) nella condizione di massimo carico delle campate 1 e 3
- Per il momento negativo all'appoggio 2 il valore massimo si ha per lo Schema 1 (appoggi ovunque) nella condizione di massimo carico delle campate 1 e 2

La combinazione massima sarà ottenuta componendo opportunamente le influenze (agli appoggi 1 e 2) di un carico ripartito unitario agente separatamente su ogni campata ed in ognuno dei due schemi; ciascuna delle sei influenze sarà indicata dal pedice corrispondente (da 1 a 3 per lo schema 1, da 4 a 6 per lo schema 2) come indicato nella figura seguente:

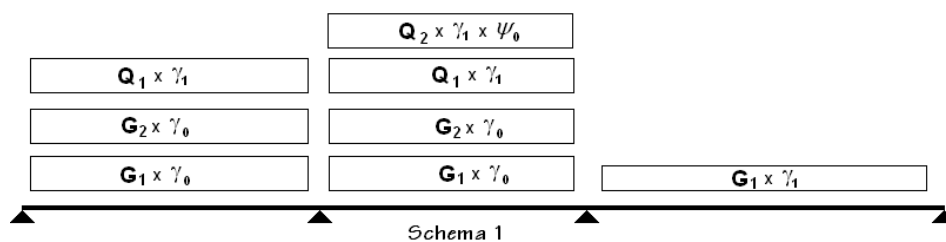


Momenti flettenti (Kgf·m) all'appoggio B nei casi 1,2,3 (Schema 1) e all'appoggio A nei casi 4,5,6 (Schema 2) per carico ripartito unitario (Kgf/m).

Momenti flettenti ai due appoggi A e B nei sei casi di carico (casi 1,2,3 per lo schema 1 e casi 4,5,6 per lo schema 2)						
	1	2	3	4	5	6
m_A	0.0	0.0	0.0	-2.616139	+0.555489	-0.219486
m_B	-1.732647	-0.992454	+0.641576	-1.016462	-1.111246	+0.219486

I massimi momento negativi in A (M_A) e B (M_B), si hanno, rispettivamente, per gli schemi 2 (incastro agli estremi) e 1 (tutti appoggi).

Valutazione massimo momento negativo all'appoggio B (Schema 1)



$$M(G_1) = m_1 \cdot 100.0 \cdot \gamma_{0,1} + m_2 \cdot 100.0 \cdot \gamma_{0,1} + m_3 \cdot 100.0 \cdot \gamma_{1,1} = -1.732647 \cdot 100.0 \cdot 1.3 - 0.992454 \cdot 100.0 \cdot 1.3 + 0.641576 \cdot 100.0 \cdot 1.0 = -290.10553$$

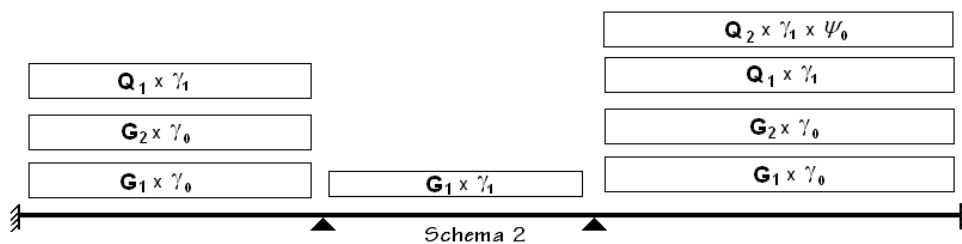
$$M(G_2) = m_1 \cdot 80.0 \cdot \gamma_{0,2} + m_2 \cdot 80.0 \cdot \gamma_{0,2} = -1.732647 \cdot 80.0 \cdot 1.5 - 0.992454 \cdot 80.0 \cdot 1.5 = -327.01212$$

$$M(Q_1) = m_1 \cdot 66.6 \cdot \gamma_{0,2} + m_2 \cdot 66.6 \cdot \gamma_{0,2} = -1.732647 \cdot 66.6 \cdot 1.5 - 0.992454 \cdot 66.6 \cdot 1.5 = -272.2375899$$

$$M(Q_2) = m_2 \cdot 25.0 \cdot \gamma_{0,4} \cdot \psi_{0,4} = -0.992454 \cdot 25.0 \cdot 1.5 \cdot 0.5 = -18.6085125$$

$$M_B = -290.10553 - 327.01212 - 272.2375899 - 18.6085125 = -907.96$$

Valutazione massimo momento negativo all'appoggio A (Schema 2)



$$M(G_1) = m_4 \cdot 100.0 \cdot \gamma_{0,1} + m_5 \cdot 100.0 \cdot \gamma_{1,1} + m_6 \cdot 100.0 \cdot \gamma_{0,1} = -2.616139 \cdot 100.0 \cdot 1.3 + 0.555489 \cdot 100.0 - 0.219486 \cdot 100.0 \cdot 1.3 = -313.08235$$

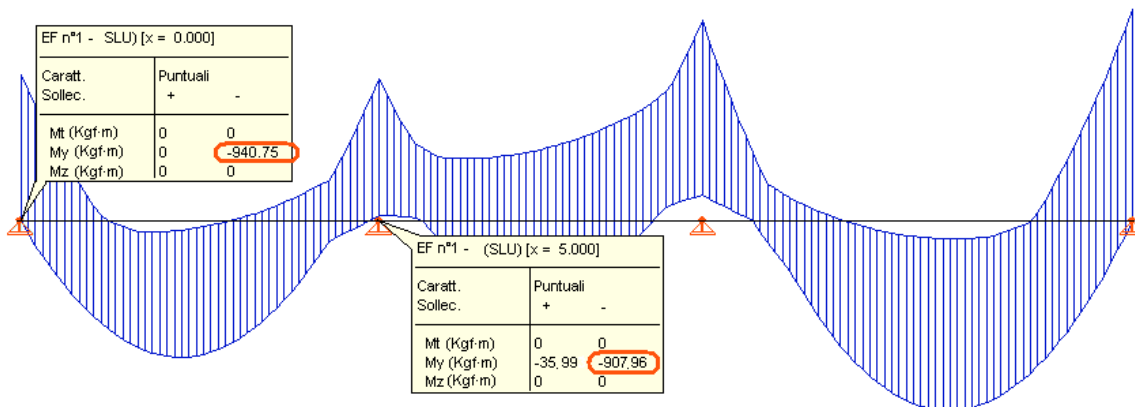
$$M(G_2) = m_4 \cdot 80.0 \cdot \gamma_{0,2} + m_6 \cdot 80.0 \cdot \gamma_{0,2} = -2.616139 \cdot 80.0 \cdot 1.5 - 0.219486 \cdot 80.0 \cdot 1.5 = -340.275$$

$$M(Q_1) = m_4 \cdot 66.6 \cdot \gamma_{0,2} + m_6 \cdot 66.6 \cdot \gamma_{0,3} = -2.616139 \cdot 66.6 \cdot 1.5 - 0.219486 \cdot 66.6 \cdot 1.5 = -283.2789375$$

$$M(Q_2) = m_6 \cdot 25.0 \cdot \gamma_{0,4} \cdot \psi_{0,4} = -0.219486 \cdot 25.0 \cdot 1.5 \cdot 0.5 = -4.1153625$$

$$M_A = -313.08235 - 340.275 - 283.2789375 - 4.1153625 = -940.75$$

Nell'immagine seguente è riportato l'involuppo elaborato da ASCad32 per lo SLU con i valori agli appoggi A e B:



Confronto combinazioni manuali e ASCad32			
§	ASCad32	Manuale	diff. %
A	-940.75	-940.75	0.0000
B	-907.96	-907.96	0.0000

File d'esempio: 402 - Solaio 3 Campate.asc