

COMMITTENTE



COMUNE DI NETTUNO

CITTA' METROPOLITANA DI ROMA CAPITALE

AREA LAVORI PUBBLICI - SETTORE PROGRAMMAZIONE E SVILUPPO OO.PP.

(Gazzetta Ufficiale n° 62 del 14/03/2019)

FONTE DI FINANZIAMENTO DELL'INTERVENTO

Decreto del Ministero dell'Interno 06/03/2019 06/03/2019 Contributi per gli interventi riferiti a opere pubbliche di messa in sicurezza degli edifici e del territorio, assegnato al Comune di Nettuno

COMMESSA

LAVORI DI CONSOLIDAMENTO E MESSA IN SICUREZZA DI VIA GENOVA – BONIFICA AMBIENTALE E DISSESTO IDROGEOLOGICO "STAZIONE DI POMPAGGIO E CONDOTTA SOTTOMARINA ALLA FOCE DEL FOSSO DEL QUINTO LORICINA".
CUP : G74J18000110001 – CUI : 02910820584 2018 00014

LOCALIZZAZIONE

Via GENOVA - VIA G. MATTEOTTI - VIA E. VISCA



FASE PROGETTUALE

PROGETTO ESECUTIVO

Art. 23 co 8 D.Lgs n. 50/2016

DOCUMENTO SPECIFICO

ELABORATO

RELAZIONE AI SENSI DEL PAR. 10.2 DELLE
N.T.C. 2018 (analisi e verifiche svolte con l'ausilio
dei codici di calcolo)

DISCIPLINA

STRUTTURALE

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Arch. Ir Stefano BERNICCHIA

TAVOLA NUMERO

30

COLLABORAZIONE - SUPPORTO AL R.U.P.

Team Engeneering Srl - Ing. Giovanni RIZZARI

IL SINDACO

Dott. Ing. Alessandro COPPOLA

FOGLIO

AGGIORNAMENTO

001

REVISIONE

001

SCALA DI RAPPRESENTAZIONE

SCALA MODELLO

1:1

DATA DI EMISSIONE

OTTOBRE 2019

FILE

Fosso Loricina_via Genova.dwg

IL PROGETTISTA

Marigliani Luciano ing.
Lo Fazio Giovanni Battista arch.

Studio Tecnico Associato
Cod. Fisc. e P.I.: 09329781000

COLLABORAZIONE ALLA PROGETTAZIONE

IL DIRIGENTE DELL'AREA LL.PP.

ING. Benedetto SAJEVA

Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto ing. Luciano Marigliani, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Per il calcolo di piastre, plinti e graticci si utilizza il metodo degli elementi finiti. Il generatore di mesh permette di utilizzare elementi triangolari o quadrangolari, anche a deformabilità tagliente.

Per le strutture di fondazione il terreno viene modellato con una serie di molle alla Winkler non reagenti a trazione. Il calcolo delle tensioni indotte nel terreno può essere condotto con i metodi di Boussinesq, Westergaard o Frohlich. Il calcolo dei cedimenti può essere eseguito con il metodo edometrico (con il modulo edometrico o con la curva edometrica) o elastico. Il calcolo della portanza può essere fatto con i metodi di Terzaghi, Meyerhof, Hansen o Vesic.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo API++ Full (Plattee, Plinti e Graticci) - Analisi Fondazioni

Versione 14.0

Produttore Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)

Licenza AIU3188XC

Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi

d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili, come dimostrato dagli esempi di seguito allegati:

Esempio n° 1

Riferimento: **Theory of Plates and shells.**

S.P. Timoshenko, S. Woinowsky-Krieger

Second Edition

McGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITION, Engineering Mechanics Series

Pagina 185.

Piastra rettangolare poggata sui lati di lunghezza b ed incastrata sui lati di lunghezza a . Carico uniforme q .

Tabella 29. Coefficienti α , β_1 , β_2 e γ per il calcolo di spostamenti e momenti con $\nu = 0.3$

$b < a$					$b > a$				
a/b	α	β_1	β_2	γ	b/a	α	β_1	β_2	γ
inf	0,00260	0,01250	0,04170	-0,08330	1	0,00192	0,02440	0,03820	-0,06970
2	0,00260	0,01420	0,04200	-0,08420	1,1	0,00251	0,03070	0,03710	-0,07870
1,5	0,00247	0,01790	0,04060	-0,08220	1,2	0,00319	0,03760	0,04000	-0,08680
1,4	0,00240	0,01920	0,03990	-0,08100	1,3	0,00388	0,04460	0,04260	-0,09380
1,3	0,00244	0,02030	0,03880	-0,07940	1,4	0,00460	0,05140	0,04480	-0,09980
1,2	0,00223	0,02150	0,03750	-0,07710	1,5	0,00531	0,05850	0,04600	-0,10490
1,1	0,00209	0,02300	0,03550	-0,07390	1,6	0,00603	0,06500	0,04690	-0,10900
					1,7	0,00668	0,07120	0,04750	-0,11220
					1,8	0,00732	0,07680	0,04770	-0,11520
					1,9	0,00790	0,08210	0,04760	-0,11740
					2	0,00844	0,08690	0,04740	-0,11910
					3	0,01168	0,11440	0,04190	-0,12460
					inf	0,01302	0,12500	0,03750	-0,12500

a , b : lati della piastra;

s : spessore della piastra;

q : carico uniformemente distribuito;

E : modulo elastico della piastra;

ν : coefficiente di Poisson;

$$D = \frac{E s^3}{12(1-\nu^2)};$$

se $a < b$

$$w_{\max} = \alpha \frac{q b^4}{D}; \left(x = \frac{a}{2}; y = 0\right)$$

$$M_x = \beta_1 q b^2; \left(x = \frac{a}{2}; y = 0\right)$$

$$M_y = \beta_2 q b^2; \left(x = \frac{a}{2}; y = 0\right)$$

$$M_y = \gamma q b^2; \left(x = \frac{a}{2}; y = \frac{b}{2}\right)$$

$$D = \frac{E s^3}{12(1-\nu^2)}$$

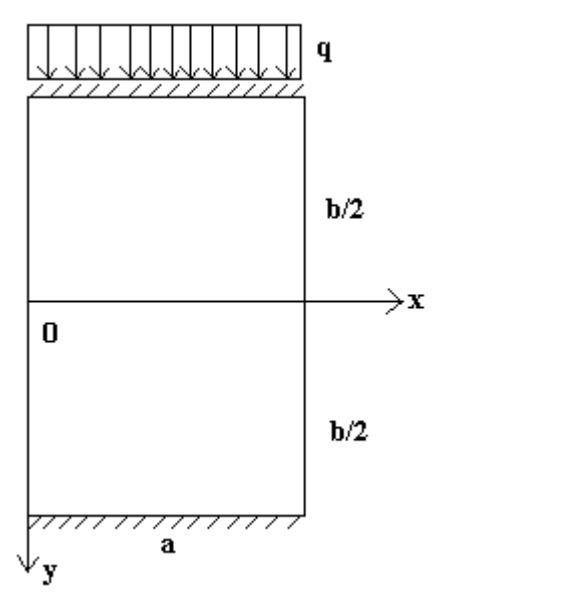
se $b \geq a$

$$w_{\max} = \alpha \frac{q a^4}{D}; \left(x = \frac{a}{2}; y = 0\right)$$

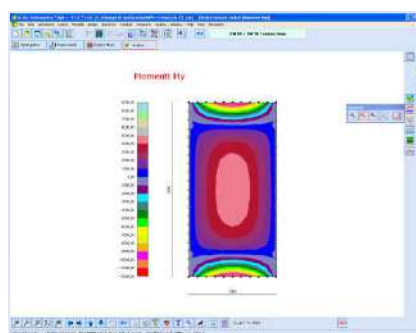
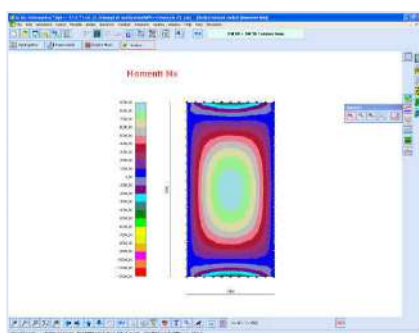
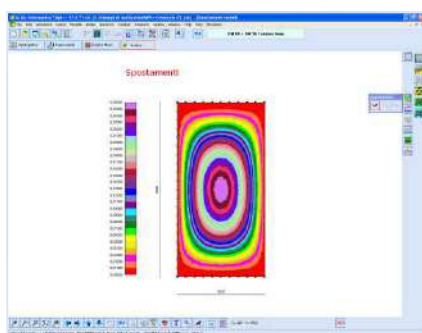
$$M_x = \beta_1 q a^2; \left(x = \frac{a}{2}; y = 0\right)$$

$$M_y = \beta_2 q a^2; \left(x = \frac{a}{2}; y = 0\right)$$

$$M_y = \gamma q a^2; \left(x = \frac{a}{2}; y = \frac{b}{2}\right)$$

	DATI $a \text{ [cm]} = 1000$ $b \text{ [cm]} = 2000$ $s \text{ [cm]} = 50$ $q \text{ [kg/cm}^2\text{]} = 0.1$ $E \text{ [kg/cm}^2\text{]} = 285000$ $\nu = 0.3$	RISULTATI $b/a = 2$ $D \text{ [kg cm]} = 3262362637$ $\alpha = 0,00844$ $w_{\max} \text{ [cm]} = 0,2587$ $\beta_1 = 0,08690$ $M_x \text{ [kgxcm/cm]} = 8690$ $\beta_2 = 0,04740$ $M_y \text{ [kgxcm/cm]} = 4740$ $\gamma = -0,11910$ $M_y \text{ [kgxcm/cm]} = -11910$
---	--	---

	Elem/nodi	w_{\max}	M_x	M_y
Autore	-	0.2587	8690	4740
API - Quadrangolare Classica 10x20	325/364	0.2567	8667	4709
API - Quadrangolare Classica 20x40	1275/1352	0.2583	8681	4729
API - Quadrangolare Classica 40x60	2888/3003	0.2589	8692	4737
API - Triangolare non strutturata 10x20	476/269	0.2583	8735	4761
API - Triangolare non strutturata 20x40	1862/992	0.2587	8689	4737
API - Triangolare non strutturata 40x60	7430/3836	0.2588	8688	4738
API - Triangolare strutturata 10x20	400/231	0.2584	8738	4773
API - Triangolare strutturata 20x40	1600/861	0.2587	8700	4745
API - Triangolare strutturata 40x60	6400/3321	0.2588	8690	4739



Esempio n° 2

Riferimento: **Theory of Plates and shells.**

S.P. Timoshenko, S. Woinowsky-Krieger

Second Edition

McGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITION, Engineering Mechanics Series

Pagina 197.

Piastra rettangolare incastrata su tutti i lati. Carico uniforme q .

Tabella 35. Coefficienti $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ e α_5 per il calcolo di spostamenti e momenti con $\nu = 0.3$

$\nu=0,3; b>a;$					
a/b	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5
1	0,00126	-0,05130	-0,05130	0,02310	0,02310
1,1	0,00150	-0,05810	-0,05380	0,02640	0,02310
1,2	0,00172	-0,06390	-0,05540	0,02990	0,02280
1,3	0,00191	-0,06870	-0,05630	0,03270	0,02220
1,4	0,00207	-0,07260	-0,05680	0,03490	0,02120
1,5	0,00220	-0,07570	-0,05700	0,03680	0,02030
1,6	0,00230	-0,07800	-0,05710	0,03810	0,01930
1,7	0,00238	-0,07990	-0,05710	0,03920	0,01820
1,8	0,00245	-0,08120	-0,05710	0,04010	0,01740
1,9	0,00249	-0,08220	-0,05710	0,04070	0,01650
2	0,00254	-0,08290	-0,05710	0,04120	0,01580
inf	0,00260	-0,08330	-0,05710	0,04170	0,01250

a, b : lati della piastra;

s : spessore della piastra;

q : carico uniformemente distribuito;

E : modulo elastico della piastra;

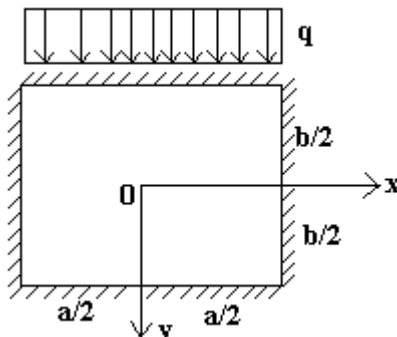
ν : coefficiente di Poisson;

$$D = \frac{E s^3}{12 (1 - \nu^2)};$$

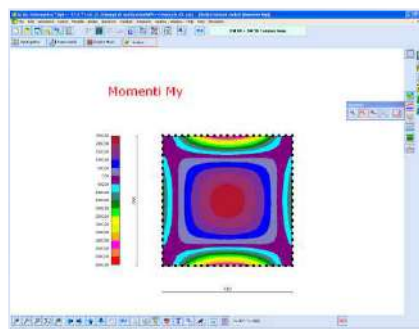
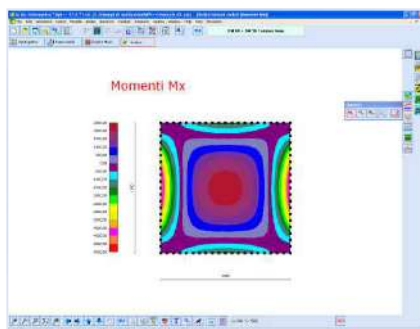
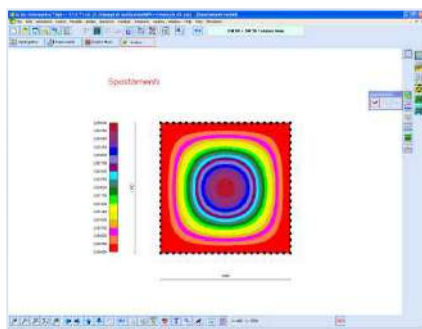
$$w_{\max} = \alpha_1 \frac{q a^4}{D}; (x = 0; y = 0)$$

$$M_x \left(x = \frac{a}{2}; y = 0 \right) = \alpha_2 q a^2; M_y \left(x = 0; y = \frac{b}{2} \right) = \alpha_3 q a^2;$$

$$M_x (x = 0; y = 0) = \alpha_4 q a^2; M_y (x = 0; y = 0) = \alpha_5 q a^2;$$

	DATI		RISULTATI	
	$a = 1000$	[cm]	$D = 3262362637$	[kg cm]
	$b = 1000$	[cm]	$\alpha_1 = 0,00126$	
	$s = 50$	[cm]	$w_{\max} = 0,0386$	[cm]
	$q = 0,1$	[kg/cmq]	$\alpha_2 = -0,05130$	
	$E = 285000$	[kg/cmq]	$M_x = -5130$	[kgxcm/cm]
	$\nu = 0,3$		$\alpha_3 = -0,05130$	
			$M_y = -5130$	[kgxcm/cm]
			$\alpha_4 = 0,02310$	
			$M_x = 2310$	[kgxcm/cm]
			$\alpha_5 = 0,02310$	
			$M_y = 2310$	[kgxcm/cm]

	Elem/nodi	w_{\max}	Mx (0,0)	My (0,0)	Mx (a/2,0)	My (0,b/2)
Autore	-	0.0386	2310	2310	-5130	-5130
API - Quadrangolare Classica 10x10	100/121	0.0398	2382	2382	-5092	-5092
API - Quadrangolare Classica 20x20	400/441	0.0391	2313	2313	-5123	-5123
API - Quadrangolare Classica 40x40	1600/1681	0.0389	2296	2296	-5131	-5131
API - Quadrangolare Classica 60x60	3600/3721	0.0388	2293	2293	-5132	-5132
API - Triangolare non strutturata 10x10	308/175	0.0396	2317	2319	-5047	-5113
API - Triangolare non strutturata 20x20	1252/667	0.0390	2302	2302	-5089	-5107
API - Triangolare non strutturata 40x40	4992/2577	0.0388	2293	2293	-5115	-5111
API - Triangolare non strutturata 60x60	11104/5673	0.0388	2292	2292	-5120	-5120
API - Triangolare strutturata 10x10	200/121	0.0395	2381	2381	-5003	-5003
API - Triangolare strutturata 20x20	800/441	0.0390	2313	2313	-5075	-5075
API - Triangolare strutturata 40x40	3200/1681	0.0388	2296	2296	-5107	5107
API - Triangolare strutturata 60x60	7200/3721	0.0388	2293	2293	-5116	-5116



Esempio n° 3

Riferimento: **Theory of Plates and shells.**

S.P. Timoshenko, S. Woinowsky-Krieger

Second Edition

McGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITION, Engineering Mechanics Series

Pagina 135.

Piastra rettangolare poggata sui quattro lati. Carico parziale uniforme q applicato su un impronta $u \times v$.

Tabella 21. Coefficienti β e β_1 per il calcolo di $(M_x)_{\max}$ e $(M_y)_{\max}$ con $b = 1.4a$ e $\nu = 0.3$

u/a =	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
v/a	Coeff. $b - (M_x)_{\max} = \beta P$						Coeff. $b - (M_y)_{\max} = \beta_1 P$					
0.0	inf	0,276	0,208	0,163	0,134	0,11	inf	0,299	0,23	0,183	0,151	0,125
0.2	0,332	0,239	0,186	0,152	0,125	0,103	0,246	0,208	0,175	0,147	0,124	0,102
0.4	0,261	0,207	0,168	0,138	0,115	0,095	0,177	0,157	0,138	0,119	0,101	0,083
0.6	0,219	0,181	0,151	0,126	0,105	0,086	0,138	0,125	0,111	0,097	0,083	0,069
0.8	0,187	0,158	0,134	0,112	0,094	0,078	0,112	0,102	0,091	0,08	0,069	0,058
1.0	0,162	0,189	0,118	0,1	0,084	0,07	0,093	0,085	0,077	0,068	0,058	0,049
1.2	0,141	0,122	0,104	0,089	0,075	0,062	0,079	0,072	0,065	0,058	0,05	0,042
1.4	0,123	0,106	0,091	0,077	0,065	0,054	0,068	0,062	0,056	0,05	0,043	0,036

a, b: lati della piastra;

s: spessore della piastra;

u, v: impronta del carico q ;

q : carico uniformemente distribuito;

E: modulo elastico della piastra;

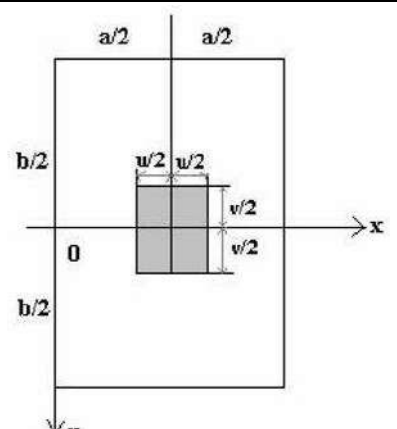
ν : coefficiente di Poisson;

$$D = \frac{E s^3}{12 (1 - \nu^2)};$$

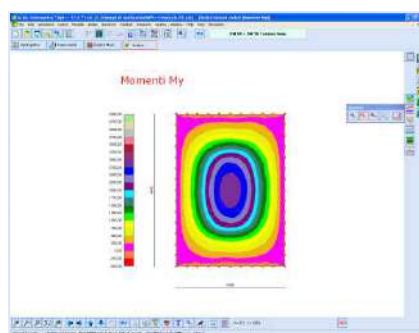
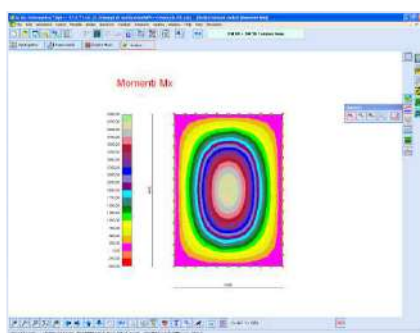
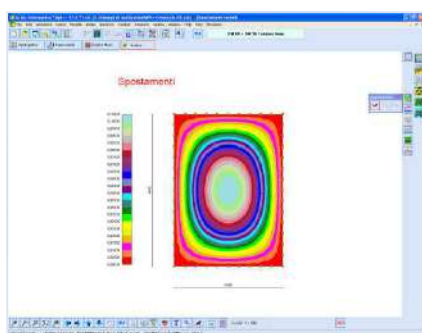
$$P = q u v;$$

$$M_x = \beta P;$$

$$M_y = \beta_1 P;$$

	DATI	RISULTATI
	a = 1000 [cm]	b/a = 1,4
	b = 1400 [cm]	D = 3262362637 [kg cm]
	s = 50 [cm]	P = 32000 [kg]
	q = 0,1 [kg/cmq]	u/a = 0,4
	E = 285000 [kg/cmq]	v/a = 0,8
	$\nu = 0,3$	$\beta = 0,13400$
	u = 400 [cm]	$(M_x)_{\max} = 4288$ [kg×cm/cm]
	v = 800 [cm]	$\beta_1 = 0,09100$
		$(M_y)_{\max} = 2912$ [kg×cm/cm]

	Elem/nodi	$(M_x)_{\max}$	$(M_y)_{\max}$
Autore	-	4288	2912
API - Quadrangolare Classica 10x14	160/187	4295	2927
API - Quadrangolare Classica 20x28	768/825	4277	2924
API - Quadrangolare Classica 40x56	2944/3055	4274	2922
API - Triangolare non strutturata 10x14	504/277	4262	2932
API - Triangolare non strutturata 20x28	1962/1030	4269	2922
API - Triangolare non strutturata 40x56	7698/3946	4272	2922
API - Triangolare strutturata 10x14	280/165	4290	2953
API - Triangolare strutturata 20x28	1120/609	4277	2930
API - Triangolare strutturata 40x56	4480/2337	4273	2924



Esempio n° 4

Riferimento: **Theory of Plates and shells.**

S.P. Timoshenko, S. Woinowsky-Krieger

Second Edition

McGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITION, Engineering Mechanics Series

Pagina 192.

Piastra rettangolare poggata sui tre lati ed incastrata sul lato di lunghezza a. Carico uniforme q.

Tabella 32. Abbassamenti e momenti flettenti con $\nu = 0.3$

b/a	α	γ	β_1	β_2
inf	0,01300	-0,12500	0,12500	0,03700
2,0	0,00930	-0,12200	0,09400	0,04700
1,5	0,00640	-0,11200	0,06900	0,04800
1,4	0,00580	-0,10900	0,06300	0,04700
1,3	0,00500	-0,10400	0,05600	0,04500
1,2	0,00430	-0,09800	0,04900	0,04400
1,1	0,00350	-0,09200	0,04100	0,04200
1,0	0,00280	-0,08400	0,03400	0,03900
0,9091	0,00320	-0,09200	0,03300	0,04300
0,8333	0,00350	-0,09800	0,03200	0,04700
0,7692	0,00380	-0,10300	0,03100	0,05000
0,7143	0,00400	-0,10800	0,03000	0,05200
0,6667	0,00420	-0,11100	0,02800	0,05400
0,5	0,0049	-0,122	0,023	0,06
0,0	0,0052	-0,125	0,019	0,062

a, b: lati della piastra;

s: spessore della piastra;

q: carico uniformemente distribuito;

E: modulo elastico della piastra;

ν : coefficiente di Poisson;

$$D = \frac{E s^3}{12(1-\nu^2)};$$

se $b \geq a$

$$w\left(x = \frac{a}{2}; y = 0\right) = \alpha \frac{q a^4}{D};$$

$$M_x\left(x = \frac{a}{2}; y = 0\right) = \beta_1 q a^2; M_y\left(x = \frac{a}{2}; y = 0\right) = \beta_2 q a^2;$$

$$M_y\left(x = \frac{a}{2}; y = \frac{b}{2}\right) = \gamma q a^2;$$

se $b < a$

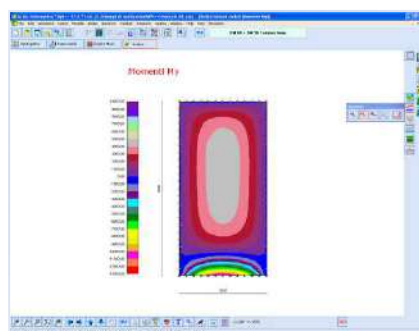
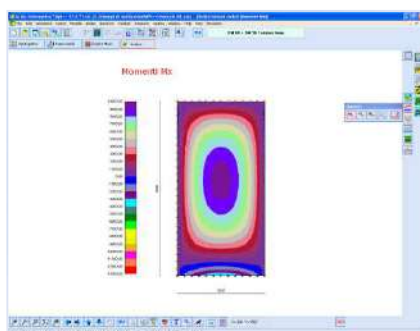
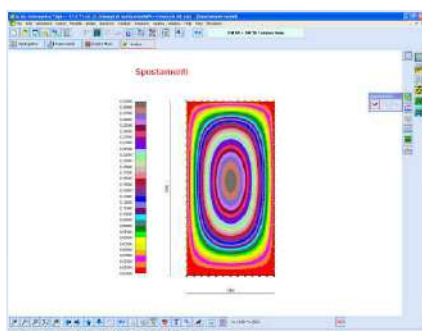
$$w\left(x = \frac{a}{2}; y = 0\right) = \alpha \frac{q b^4}{D};$$

$$M_x\left(x = \frac{a}{2}; y = 0\right) = \beta_1 q b^2; M_y\left(x = \frac{a}{2}; y = 0\right) = \beta_2 q b^2;$$

$$M_y\left(x = \frac{a}{2}; y = \frac{b}{2}\right) = \gamma q b^2;$$

	DATI $a = 1000$ [cm] $b = 2000$ [cm] $s = 50$ [cm] $q = 0,1$ [kg/cmq] $E = 285000$ [kg/cmq] $\nu = 0,3$	RISULTATI $b/a = 2$ $D = 3262362637$ [kg cm] $\alpha = 0,00930$ $w = 0,2851$ [cm] $\beta_1 = 0,09400$ $M_x = 9400$ [kg×cm/cm] $\beta_2 = 0,04700$ $M_y = 4700$ [kg×cm/cm] $\gamma = -0,12200$ $M_y = -12200$ [kg×cm/cm]
--	--	--

	Elem/nodi	w (a/2,0)	M _x (a/2,0)	M _y (a/2,0)	M _y (a/2,b/2)
Autore	-	0.2851	9400	4700	-12200
API - Quadrangolare Classica 12x22	392/435	0.2839	9441	4688	-12069
API - Quadrangolare Classica 24x44	1568/1653	0.2841	9420	4687	-12130
API - Quadrangolare Classica 48x88	6272/6441	0.2841	9415	4687	-12146
API - Triangolare non strutturata 12x22	812/443	0.2837	9412	4694	-12016
API - Triangolare non strutturata 24x44	3298/1722	0.2841	9418	4687	-12075
API - Triangolare non strutturata 48x88	13258/6774	0.2841	9415	4689	-12122
API - Triangolare strutturata 12x22	512/293	0.2830	9390	4691	-11823
API - Triangolare strutturata 24x44	2168/1157	0.2839	9408	4689	-12004
API - Triangolare strutturata 48x88	8936/4613	0.2841	9412	4687	-12077



Esempio n° 5

Riferimento: **Theory of Plates and shells.**

S.P. Timoshenko, S. Woinowsky-Krieger

Second Edition

McGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITION, Engineering Mechanics Series

Pagina 208.

Piastra rettangolare poggiata sui due lati di lunghezza b ed incastrata sul un solo lato di lunghezza a . Carico uniforme q .

Tabella 32. Abbassamenti e momenti flettenti con $\nu = 0.3$

b/a	α	β_1	β_2
0,0000	0,12500	0,00000	-0,50000
0,3333	0,09400	0,00780	-0,42800
0,5000	0,05820	0,02930	-0,31900
0,6667	0,03350	0,05580	-0,22700
1,0000	0,01130	0,09720	-0,11900
1,5000	0,01410	0,12300	-0,12400
2,0000	0,01500	0,13100	-0,12500
3,0000	0,01520	0,13300	-0,12500
inf	0,01520	0,13300	-0,12500

a, b : lati della piastra;

s : spessore della piastra;

q : carico uniformemente distribuito;

E : modulo elastico della piastra;

ν : coefficiente di Poisson;

$$D = \frac{E s^3}{12(1-\nu^2)};$$

se $b \geq a$

$$w_{\max} = \alpha \frac{q a^4}{D};$$

$$M_x \left(x = \frac{a}{2}; y = b \right) = \beta_1 q a^2; M_y \left(x = \frac{a}{2}; y = 0 \right) = \beta_2 q a^2;$$

se $b < a$

$$w_{\max} = \alpha \frac{q b^4}{D};$$

$$M_x \left(x = \frac{a}{2}; y = b \right) = \beta_1 q b^2; M_y \left(x = \frac{a}{2}; y = 0 \right) = \beta_2 q b^2;$$