


02	SET 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	PEZZINI	PEZZINI	VERSACE
01	MAR 2011	Adeguamento Normativa	PEZZINI	PEZZINI	VERSACE
00	LUG 2004	Emissione	PEZZINI	PEZZINI	VERSACE
REV. N.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO
SOSTITUISCE L'ELABORATO N°			SOSTITUITO DALL'ELABORATO N°		
CONSORZIO PER LE AUTOSTRADE SICILIANE					
AUTOSTRADA SIRACUSA – GELA					
2° TRONCO: ROSOLINI – RAGUSA					
LOTTO 9 : "SCICLI"					
PROGETTO ESECUTIVO					
VASCHE DI ACCUMULO IDRICO					
AD USO ANTINCENDIO E IRRIGAZIONE					
RELAZIONE DI CALCOLO					
ELABORATO N.	A18-9-i500		PROGETTAZIONE  F. BUSOLA IL RESPONSABILE : DOTT. ING. F. BUSOLA		
DATA	LUGLIO 2004				
CODICE CAD-FILE	A18-9-i500				
<small>OPERA PROTETTA AI SENSI DELLA LEGGE 22 APRILE 1941 N. 633 TUTTI I DIRITTI RISERVATI QUALSIASI RIPRODUZIONE ED UTILIZZAZIONE NON AUTORIZZATE SARANNO PERSEGUITE A RIGORE DI LEGGE</small>					

	Rev. 0	Data Marzo 2011	El. A18-9-i500	Pag. n. 1
	Rev.			

AUTOSTRADA SIRACUSA-GELA

2° TRONCO ROSOLINI - RAGUSA

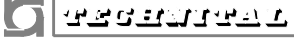
PROGETTO ESECUTIVO

LOTTO 9

VASCHE DI ACCUMULO IDRICO


AD USO ANTINCENDIO E IRRIGAZIONE

RELAZIONE DI CALCOLO

	Rev. 0	Data Marzo 2011	El. A18-9-i500	Pag. n. 2
	Rev.			

INDICE

1.	PREMESSA	3
1.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
2.	MATERIALI	5
2.1.	Calcestruzzo	5
2.2.	Acciaio d'armatura B450C	5
3.	IPOTESI DI CALCOLO	6
3.1.	Caratteristiche geotecniche del terreno	6
3.2.	Parametri per la definizione dell'azione sismica	8
3.2.1.	Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento	8
3.2.2.	Parametri di pericolosità sismica	8
3.2.3.	Definizione dell'azione sismica	9
4.	ANALISI DEI CARICHI	13
4.1.	Peso proprio delle strutture (g1)	13
4.2.	Sovraccarico permanente su soletta superiore (g2)	13
4.3.	Spinta del terreno (g3)	13
4.4.	Sovraccarico accidentale su soletta superiore (qacc)	14
4.5.	Spinta per sovraccarico laterale (qlat)	14
4.6.	Peso dell'acqua (qw)	14
4.7.	Spinta dell'acqua (qwlat)	15
4.8.	Azione sismica (q6)	15
4.8.1.	Azione sismica orizzontale sulla vasca "PPSISM"	15
4.8.2.	Azione sismica sul ricoprimento (RSISM)	15
4.9.	Incremento dinamico di spinta del terreno (q6)	16
5.	COMBINAZIONI DI CARICO	17
6.	CRITERI DI VERIFICA DELLE SEZIONI	19
6.1.	Verifica SLU di presso-flessione	19
6.2.	Verifica SLU di taglio	20
6.3.	Verifica SLE di apertura delle fessure	22
7.	VERIFICHE DI RESISTENZA	25
7.1.	Soletta superiore	25
7.2.	Soletta inferiore	30
7.3.	Pareti perimetrali (armature verticali)	35
7.4.	Pareti perimetrali (armature orizzontali)	40
8.	ALLEGATI GRAFICI	45
8.1.	Modello 3D della struttura (esclusa soletta superiore)	45
8.2.	Inviluppo grafico delle sollecitazioni flettenti agli SLU	46
8.3.	Inviluppo grafico delle sollecitazioni flettenti agli SLE	76

	Rev. 0	Data Marzo 2011	El. A18-9-i500	Pag. n. 3
	Rev.			

1. PREMESSA

La presente relazione è relativa ai calcoli strutturali delle Opere n. 50 e n. 74 da realizzarsi nel lotto 9 dell'autostrada Siracusa-Gela. Si tratta di vasche di accumulo idrico, completamente interrato, adibite alla raccolta delle acque a valle delle vasche di prima pioggia e posizionate in zone non accessibili ai carichi autostradali.

Entrambe le vasche non interessano la falda che si trova ad una profondità di 30÷40 m.


Le costruzioni, interamente in c.a., hanno pianta quadrata di dimensioni 16x16m e altezza totale 7,0 m. Sono previsti due setti interni di irrigidimento che dividono le vasche in quattro celle uguali a pianta quadrata. Le pareti esterne e la soletta inferiore hanno spessore 50 cm; la soletta superiore ed i setti interni hanno spessore minore, pari a 30 cm.

Le azioni di origine sismica sono state calcolate in riferimento ad una vita nominale $V_N = 100$ anni e considerando la classe d'uso IV ($C_U = 2,0$), da cui si ottiene un periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = 100 \times 2,0 = 200$ anni.

Dal punto di vista geotecnico, vista la relazione geologica (Allegato 7), le aree dove verranno costruite le due opere sono caratterizzate da suoli differenti, precisamente: l'Opera 50 verrà realizzata su roccia calcarea (Formazione Ragusa); l'Opera 74 su marne argillose (Formazione Tellaro).

I calcoli verranno svolti per l'Opera 50 che si trova su marne e quindi in condizioni più gravose rispetto all'Opera 74 che si trova in roccia.


Il calcolo è stato eseguito con l'ausilio del programma di calcolo agli elementi finiti SAP2000 versione 12.0.2 Advanced.

	Rev. 0	Data Marzo 2011	El. A18-9-i500	Pag. n. 4
	Rev.			

1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le opere sono conformi alla normativa vigente, ed in particolare:

- DM 14/01/2008: “Norme tecniche per le costruzioni”, abbreviate nel seguito con l’acronimo *NTC*;
- Circ. 02/02/2009, n. 617 C.S.LL.PP.: ”Istruzioni per l’applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni”;
- EC7_UNI EN 1997-1:1997: “Progettazione geotecnica – Parte 1: regole generali”;
- EC8_UNI EN 1998-5:2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti di geotecnica”.

	Rev. 0	Data Marzo 2011	El. A18-9-i500	Pag. n. 5
	Rev.			

2. MATERIALI

Nelle verifiche strutturali si fa riferimento ai seguenti materiali:

2.1. Calcestruzzo

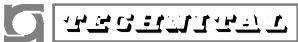
- Classe di resistenza C28/35
- Classe di esposizione XC4
- Resistenza caratteristica a compressione $R_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza cilindrica caratteristica a compressione $f_{ck} = 28 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza cilindrica di progetto a compressione $f_{cd} = 15,9 \text{ N/mm}^2$

2.2. Acciaio d'armatura B450C

- Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica di rottura $f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
- Tensione di progetto $f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico $E = 200.000 \text{ N/mm}^2$

In accordo con le NTC, i coefficienti di sicurezza parziali dei materiali sono posti pari a:

- $\gamma_c = 1,50$ per il calcestruzzo
- $\gamma_s = 1,15$ per l'acciaio

	Rev. 0	Data Marzo 2011	El. A18-9-i500	Pag. n. 6
	Rev.			

3. IPOTESI DI CALCOLO

3.1. Caratteristiche geotecniche del terreno

Si assumono per il terreno di fondazione e di reinterro laterale le seguenti caratteristiche geotecniche:

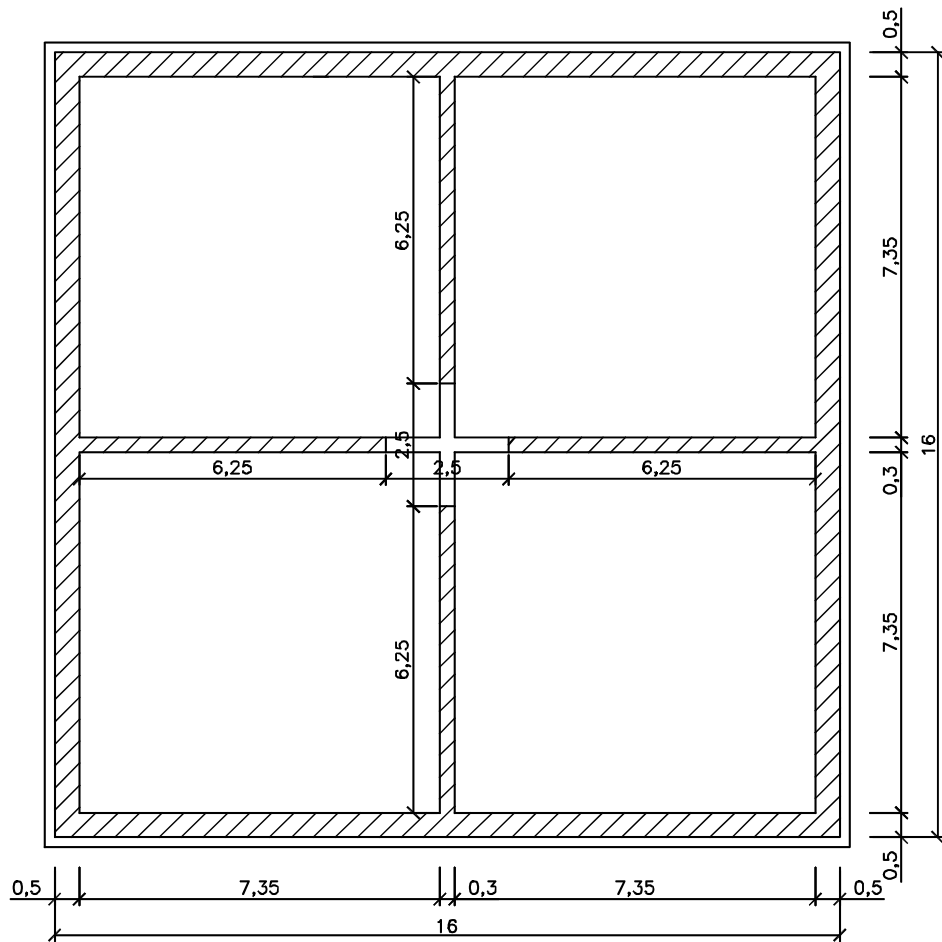
$$\gamma_t = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi = 26^\circ$$

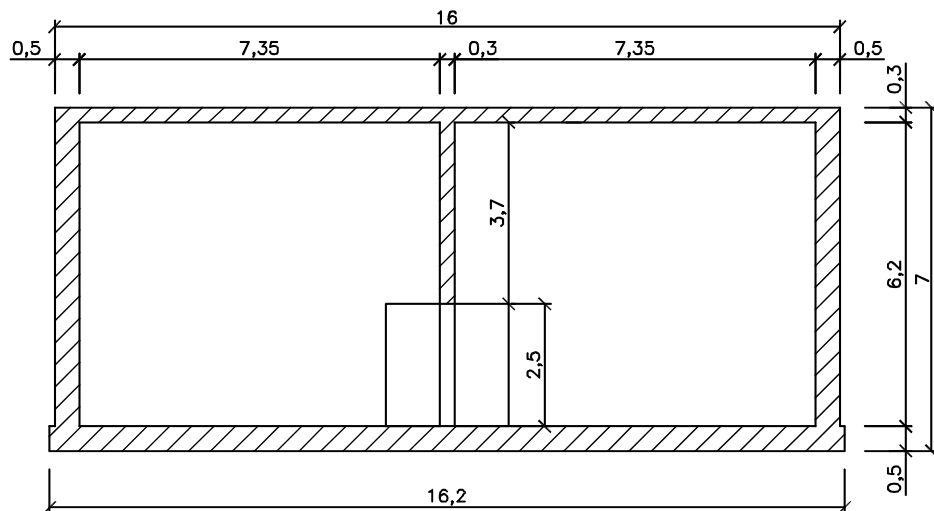
Per la costante di sottofondo si assume un valore uniforme per tutta la fondazione pari a:

$$K_w = 20.000 \text{ kN/m}^2$$

PIANTA



SEZIONE



3.2. Parametri per la definizione dell'azione sismica

3.2.1. Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento

Come definito al punto 2.4.3 delle Norme Tecniche, le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \times C_U$$

La vita nominale è assunta pari a $V_N = 100$ anni, mentre il valore del coefficiente d'uso è definito, al variare della classe d'uso, dalla tabella 2.4.II delle Norme Tecniche:

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Nel caso in esame, essendo la classe d'uso = IV, tale coefficiente vale $C_U = 2,0$ e quindi:

$$V_R = 200 \text{ anni}$$

Per gli Stati Limite Ultimi ci si riferisce allo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV); in tale situazione la probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , necessario ad individuare l'azione sismica agente, è pari al 10%.

Il periodo di ritorno dell'azione sismica è dato dall'espressione:

$$T_R = - V_R / \ln(1 - P_{VR})$$


da cui si ottiene:

$$T_R = 1898 \text{ anni}$$

3.2.2. Parametri di pericolosità sismica

In generale, l'azione sismica è definita sul sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

- a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

 GENERAL	Rev. 0	Data Marzo 2011	El. A18-9-i500	Pag. n. 9
	Rev.			

- T_c^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per le opere in oggetto occorre definire solo i primi due in quanto il terzo parametro (T_c^*) non entra nel calcolo con il metodo pseudo-statico.

Tali valori sono calcolati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il punto caratterizzante la posizione dell'opera, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici. Per il calcolo dei parametri sismici è stato utilizzato il foglio di calcolo "Spettri di Risposta" ver. 1.0.3 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

3.2.3. Definizione dell'azione sismica

In accordo con i §§ 7.11.6.1 e 7.11.6.2.1 delle NTC, l'analisi della sicurezza è stata eseguita mediante analisi pseudostatica considerando l'equilibrio limite dell'opera di sostegno e del cuneo di terreno a tergo dell'opera.

Per la valutazione delle sollecitazioni sismiche si considerano:

- Le spinte dei terreni comprensive degli effetti sismici;
- Le forze d'inerzia agenti sulla massa della struttura e del terreno portato.

Inerzia della vasca e del terreno portato

E' rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

Il coefficiente sismico orizzontale, in accordo con il § 7.11.6.2.1 delle NTC, è valutato con la seguente formula:

$$k_h = \beta_m \frac{a_{\max}}{g}$$

dove:

- a_{\max} è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione di gravità;
- $\beta_m = 1,00$ è un coefficiente moltiplicativo dell'azione sismica che assume i valori riportati nella tabella 7.11.I delle NTC. Nel caso di opere di sostegno che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente assume valore unitario.

L'accelerazione orizzontale massima attesa al sito viene valutata con la relazione:

$$a_{\max} = S * a_g = (S_S * S_T) * a_g$$

in cui S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2 delle NTC, e a_g è l'accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido.

Il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S ed il coefficiente di amplificazione topografica S_T si ottengono con riferimento alla categoria del sottosuolo e alle condizioni topografiche, secondo le tabelle 3.2.V e 3.2.VI delle Norme Tecniche.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_S e di C_C

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Tenuto conto dei siti attraversati dall'infrastruttura è stata individuata, [per alcuni punti ubicati lungo tutto il tracciato](#), l'accelerazione sismica massima su suolo rigido a_g (variabile tra [0,245g](#) e [0,290g](#)):

Progr.	Long (°)	Lat (°)	ag/g	Fo	T*c (s)
Inizio lotto	14,7853	36,7914	0,290	2,464	0,512
km 2.0	14,7650	36,7823	0,276	2,473	0,514
km 4.0	14,7452	36,7728	0,264	2,478	0,517
km 6.0	14,7230	36,7709	0,258	2,477	0,520
km 8.0	14,7017	36,7760	0,257	2,474	0,523
km 10.0	14,6791	36,7760	0,252	2,471	0,528
Fine lotto	14,6699	36,7800	0,253	2,469	0,528
Innesto con SP 39	14,6748	36,7677	0,245	2,473	0,531

quindi, sulla base della categoria di suolo, attribuita a ciascun sito in funzione della stratigrafia del terreno, è stata valutata l'accelerazione massima $a_{max} = S * a_g$ attesa al sito, in funzione dei relativi coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica.

Considerando le categorie di suolo tipiche della tratta in esame (A, B e C) e la categoria topografica = T1 (Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$) si è ottenuto un valore di a_{max} variabile tipicamente tra 0,245g e 0,342g (il massimo, in particolare, è stato ottenuto a partire dai parametri sismici rilevati $a_g = 0.26g$, $Fo = 2.47$, $S=1,31$).


Ai fini del dimensionamento delle opere è stata pertanto assunta, come accelerazione orizzontale massima attesa al sito, il valore $a_{max} = 0,35$ g, che si ritiene sufficientemente rappresentativo della casistica presente.

Il coefficiente sismico orizzontale assume di conseguenza i valori:

$$k_h = \beta_m \frac{a_{max}}{g} = 0,35$$

Le forze d'inerzia orizzontali agenti per effetto del sisma sono quindi valutate come:


$$F_o = k_h \times W$$

	Rev. 0	Data Marzo 2011	El. A18-9-i500	Pag. n. 12
	Rev.			

dove W è il peso della struttura e dei relativi sovraccarichi permanenti. Il punto di applicazione di dette forze d'inerzia è il baricentro delle masse attivate dall'azione sismica.

I valori dei parametri sismici assunti nei calcoli sono riassunti nella tabella seguente:

parametro	formula o riferimento	valore
β_m	ref. Tabella 7.11.I delle NTC	1,00
a_{max}	$S_S * S_T * a_g$	0,35 g
kh	$\beta_m \times \frac{a_{max}}{g}$	0,35

	Rev. 0	Data Marzo 2011	El. A18-9-i500	Pag. n. 13
	Rev.			

4. ANALISI DEI CARICHI

Si riporta l'analisi dei carichi permanenti, accidentali ed il calcolo delle forze sismiche agenti sui vari elementi della struttura.

Il calcolo delle sollecitazioni risultanti è stato ottenuto mediante un modello 3D ad elementi finiti dell'intera struttura, utilizzando il programma ad elementi finiti SAP2000, versione 7.40.

4.1. Peso proprio delle strutture (g1)

Il peso proprio viene computato automaticamente dal programma considerando un peso specifico del calcestruzzo di 25 kN/m³.

Soletta superiore e setti interni

$$P_p = 0,30 \times 25 = 7,50 \text{ kN/m}^2$$

Soletta inferiore e pareti perimetrali

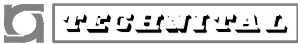
$$P_p = 0,50 \times 25 = 12,50 \text{ kN/m}^2$$

4.2. Sovraccarico permanente su soletta superiore (g2)

- Terreno vegetale – s = 0,50m:	20 x 0,50	= 10,00 kN/m ²
- Strato drenante in misto ghiaia e sabbia – s = 0,30m	20 x 0,30	= 6,00 kN/m ²
- Massetto per pendenza – s _{med} = 0,06m	24 x 0,06	= 1,50 kN/m ²
		Totale p _{sol} = 17,50 kN/m ²

4.3. Spinta del terreno (g3)

Si considera la spinta a riposo esercitata dal terreno sulle pareti perimetrali della vasca.

	Rev. 0	Data Marzo 2011	El. A18-9-i500	Pag. n. 14
	Rev.			

Il coefficiente di spinta a riposo vale:

$$K_o = 1 - \text{sen } \phi = 0,562$$

La relativa pressione calcolata all'altezza del baricentro della soletta superiore ($h_1 = 1,05$ m) vale:

$$p_{t1} = K_o \times \gamma_t \times h_1 = 0,562 \times 20 \times 1,05 = 11,8 \text{ kN/m}^2$$

alla profondità del baricentro della soletta inferiore:

$$p_{t2} = p_{t1} + K_o \times \gamma_t \times 6,60 = 86,0 \text{ kN/m}^2$$

4.4. Sovraccarico accidentale su soletta superiore (q_{acc})

Si considera che sulla soletta possa agire un sovraccarico accidentale pari a:

$$q_{acc} = 2,00 \text{ kN/m}^2$$

4.5. Spinta per sovraccarico laterale (q_{lat})

$$q_{lat} = 0,562 \times 2,00 = 1,13 \text{ kN/m}^2$$

4.6. Peso dell'acqua (q_w)

Sulla soletta inferiore agisce, per effetto dell'acqua posta all'interno della vasca, un carico verticale uniformemente distribuito pari a:

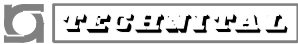
$$q_w = \gamma_w \times h_w$$

$$\text{con: } \gamma_w = 10,00 \text{ kN/m}^3$$

$$h_w = 5,50 \text{ m}$$

si ha:

$$q_w = 55,00 \text{ kN/m}^2$$

	Rev. 0	Data Marzo 2011	El. A18-9-i500	Pag. n. 15
	Rev.			

4.7. Spinta dell'acqua (q_{wlat})

Sulle pareti perimetrali l'acqua esercita una pressione con distribuzione triangolare, verso l'esterno, il cui valore massimo è:

$$p_w = 55,00 \text{ kN/m}^2$$

4.8. Azione sismica (q₆)

Si adotta il criterio dell'analisi pseudo-statica con riferimento ai coefficienti definiti al paragrafo 3.2, ipotizzando che le masse interessate dall'azione sismica siano quelle del peso proprio della struttura e dei sovraccarichi permanenti.

4.8.1. Azione sismica orizzontale sulla vasca "PPSISM"

Soletta superiore

Si considera una forza sismica orizzontale uniformemente distribuita sugli elementi della soletta superiore pari a:

$$f_{hs} = K_h \times (p_{sol} + 0,33 \times q_{sol}) = 0,35 \times (25,00 + 0,33 \times 2,00) = 5,77 \text{ kN/m}^2$$

Pareti perimetrali

Si considera una forza sismica orizzontale uniformemente distribuita sulle pareti laterali pari a:

$$f_{hp} = K_h \times P_p = 0,35 \times 12,5 = 4,375 \text{ kN/m}^2$$

Setti interni

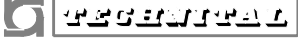
Si considera una forza sismica orizzontale uniformemente distribuita sui setti intermedi pari a:

$$f_{hp} = K_h \times P_p = 0,35 \times 7,5 = 2,625 \text{ kN/m}^2$$

4.8.2. Azione sismica sul ricoprimento (RSISM)

Si considera una forza sismica orizzontale uniformemente distribuita sugli elementi della soletta superiore pari a:

$$f_{hs} = K_h \times (p_{terr}) = 0,35 \times (17,83) = 6,24 \text{ kN/m}^2$$

	Rev. 0	Data Marzo 2011	El. A18-9-i500	Pag. n. 16
	Rev.			

4.9. Incremento dinamico di spinta del terreno (q6)

L'incremento dinamico di spinta del terreno per strutture rigide con pareti verticali, può essere calcolato con la formula di Wood:

$$\Delta Pd = a_{\max} \times \gamma t \times (H)^2$$

Tale azione si considera agente indipendentemente dall'altezza del ricoprimento e risulta distribuita uniformemente sui setti perimetrali, in modo che la risultante sia applicata a metà altezza dei setti perimetrali.

I valori di tale pressione al nodo superiore ed inferiore di ciascun piedritto sono:

$$\Delta Pd = a_{\max} \times \gamma t \times (H)^2 = 0.35 \times 19 \times 8,5^2 = 480 \text{ kN}$$

$$pts1 = pts2 = \Delta Pd / H_{\text{mod}} = 480 / 6,6 = 72 \text{ kN/m}$$

GRUPPO B: Fasi d'esercizio considerando il terreno laterale

- B1: A1 + Spinta terreno laterale;
- B2: B1 + Sovraccarico accidentale su soletta superiore;
- B3: B1 + Acqua all'interno della vasca;
- B4: B3 + Sovraccarico accidentale su soletta superiore;
- B5: B1 + Sovraccarico accidentale laterale;
- B6: B2 + Sovraccarico accidentale laterale;
- B7: B3 + Sovraccarico accidentale laterale;
- B8: B4 + Sovraccarico accidentale laterale.

- E1: : Peso proprio + Spinta terreno laterale + Acqua all'interno della vasca;
- E2: E1 + Sovraccarico accidentale.

Azioni	P.P.	P.Ric.	Spinta Terreno	Sovracc. acc.	Sovracc. acc. lat.	Sovracc. acqua	Sovracc. acq. lat.	Verifiche
Comb.	g1	g2	g3	qacc	qacclat	qw	qwlat	
B1	1.35	1.35	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	SLU
B2	1.35	1.35	1.35	1.35	0.00	0.00	0.00	
B3	1.35	1.35	1.35	1.35	0.00	1.35	1.35	
B4	1.35	1.35	1.35	1.35	0.00	1.35	1.35	
B5	1.35	1.35	1.35	0.00	1.35	0.00	0.00	
B6	1.35	1.35	1.35	0.00	1.35	0.00	1.35	
B7	1.35	1.35	1.35	0.00	1.35	1.35	1.35	
B8	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	
E1-QP	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	SLE
E2-FR	1.00	1.00	1.00	0.75	0.75	1.00	1.00	

GRUPPO C: Combinazioni sismiche

- C1: B1 + 0,33 Sovraccarico accidentale su soletta superiore + Forze sismiche orizzontali + incremento di spinta sismica del terreno;
- C2: C1 + Acqua.

Azioni	P.P.	P.Ric.	Spinta Terreno	Sovracc. acc.	Sovracc. acc. lat.	Sovracc. acqua	Sovracc. acq. lat.	Sisma	Verifiche
Comb.	g1	g2	g3	qacc	qacclat	qw	qwlat	q6	
C1	1.00	1.00	1.00	0.33	0.00	0.00	0.00	1.00	SLU
C2	1.00	1.00	1.00	0.33	0.00	1.00	1.00	1.00	

6. CRITERI DI VERIFICA DELLE SEZIONI

6.1. Verifica SLU di presso-flessione

Con riferimento alla sezione presso-inflessa, rappresentata in Figura 1 assieme ai diagrammi di deformazione e di sforzo così come dedotti dai modelli $\sigma - \epsilon$, la verifica di resistenza (SLU) si esegue controllando che:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

dove:

- M_{Rd} è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a N_{Ed} ;
- N_{Ed} è il valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;
- M_{Ed} è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

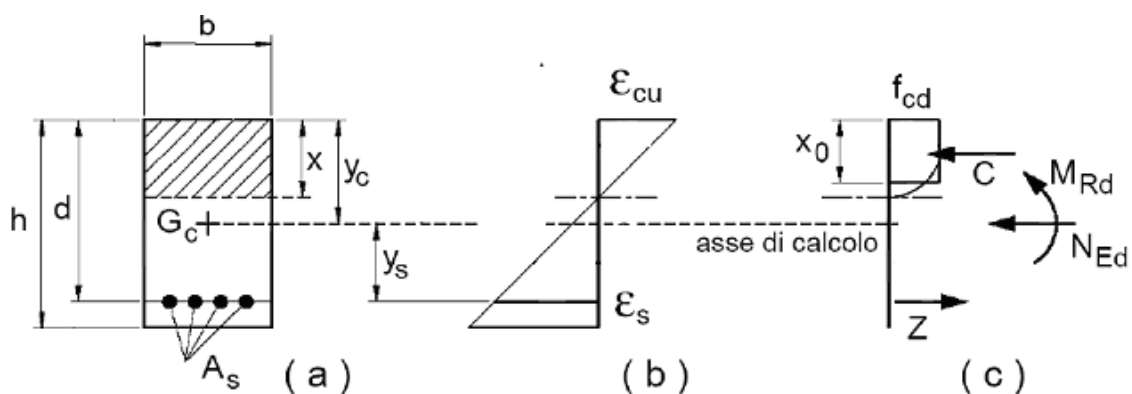
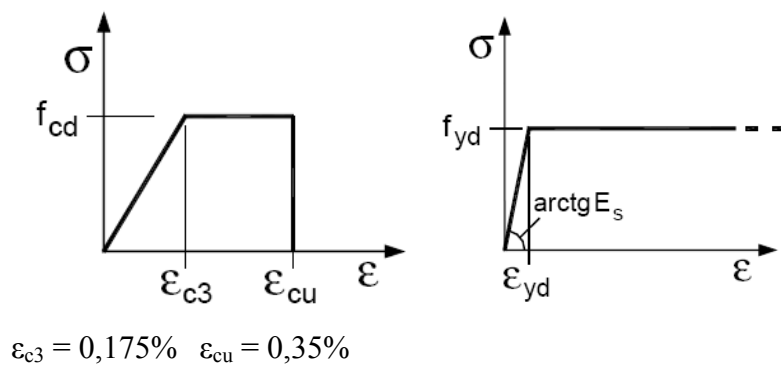
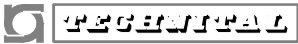


Figura 1 - Sezione pressoinflessa



	Rev. 0	Data Marzo 2011	El. A18-9-i500	Pag. n. 20
	Rev.			

Le verifiche sono eseguite facendo riferimento ad una sezione di larghezza unitaria e trascurando il contributo dell'armatura compressa.

6.2. Verifica SLU di taglio

Le verifiche a taglio sono eseguite ad una distanza pari all'altezza utile d dal filo appoggio.

La resistenza V_{Rd} di elementi in c.a. sprovvisti di specifiche armature trasversali resistenti a taglio si pone con:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

Dove V_{Ed} è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con:

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Con:

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

d è l'altezza utile della sezione (in mm)

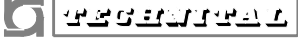
$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \times d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ($\leq 0,02$)

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$ è la tensione media di compressione della sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$)

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm)

Le armature longitudinali, oltre ad assorbire gli sforzi conseguenti alle sollecitazioni di flessione, devono assorbire quelli provocati dal taglio dovuti all'inclinazione delle fessure rispetto all'asse della trave, inclinazione assunta pari a 45° . In particolare, in corrispondenza degli appoggi, le armature longitudinali devono assorbire uno sforzo pari al taglio sull'appoggio.

Secondo quanto riportato nell'EC2 per elementi prevalentemente soggetti a carichi uniformemente distribuiti lo sforzo di taglio non deve essere verificato ad una distanza minore dell'altezza utile della sezione d misurata dalla faccia

	Rev. 0	Data Marzo 2011	El. A18-9-i500	Pag. n. 21
	Rev.			

dell'appoggio. Per le seguenti verifiche si utilizzeranno quindi gli sforzi di taglio a distanza d dall'appoggio.

6.3. Verifica SLE di apertura delle fessure

Con riferimento al D.M.14-01-2008, punto 4.1.2.2.4.6, la verifica allo stato limite di apertura delle fessure consiste nel controllare che il valore di calcolo di apertura delle fessure (w_d) non deve superare i valori nominali $w_1=0,2\text{mm}$, $w_2=0,3\text{mm}$, $w_3=0,4\text{mm}$ con i criteri stabiliti dalla tabella 4.1.IV delle NTC, qui di seguito riportata.

Tabella 4.1.IV – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$


I valori limite di apertura delle fessure dipendono dalle condizioni ambientali in cui si trova l'opera e sono suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato nella tabella 4.1.III delle NTC e con riferimento alle classi di esposizione definite nelle Linee Guida per il calcestruzzo strutturale emesse dal Servizio Tecnico Centrale del C.S.LL.PP..

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Quindi per lo stato limite di apertura delle fessure si prende in considerazione la combinazione quasi permanente e frequente ed i limiti di apertura delle fessure richiesti per armatura poco sensibile e condizioni ambientali aggressive. Riassumendo la verifica sarà soddisfatta se:

- $w_d \leq w_1 = 0,2 \text{ mm}$ in combinazione quasi permanente;
- $w_d \leq w_2 = 0,3 \text{ mm}$ in combinazione frequente;

	Rev. 0	Data Marzo 2011	El. A18-9-i500	Pag. n. 23
	Rev.			

Il valore di calcolo dell'apertura delle fessure, w_d , può essere ottenuto con l'espressione:

$$w_d = 1.7 \times w_m = 1.7 \varepsilon_{sm} \times s_{rm}$$

dove:

- ε_{sm} = deformazione unitaria media delle barre d'armatura
- s_{rm} = distanza media tra le fessure.

Come specificato dalla Circolare 2-febbraio-2009 n.617 del C.S.LL.PP. la deformazione media delle barre e la distanza media delle fessure possono essere valutate utilizzando la procedura del D.M. 9-1-1996. Utilizzando tale procedura si calcola la distanza media fra le fessure è calcolata con la seguente relazione:

$$s_{rm} = 2 \left(c + \frac{s}{10} \right) + k_2 k_3 \frac{\phi_s}{\rho_r}$$

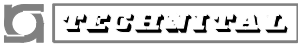
dove:

- c = ricoprimento dell'armatura
- s = passo delle barre tese
- $k_2 = 0.4$ per barre ad aderenza migliorata, $k_2 = 0.8$ per barre lisce
- $k_3 = 0.125$ per diagramma triangolare (presso-flessione o flessione)
- $k_3 = 0.250$ per diagramma rettangolare di trazione (trazione pura)
- $k_3 = 0.25(s_1+s_2)/2s_1$ (trazione eccentrica)
- ϕ_s = diametro delle barre tese
- $\rho_r = A_s / A_{c,eff}$
- $A_{c,eff} = b_{eff} \times d_{eff}$

La deformazione unitaria media dell'apertura vale:

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s}{E_s} \left[1 - \beta_1 \beta_2 \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right] ; \left(\geq 0,4 \frac{\sigma_s}{E_s} \right)$$

nella quale:

	Rev. 0	Data Marzo 2011	El. A18-9-i500	Pag. n. 24
	Rev.			

$$E_s = 210\,000 \text{ N/mm}^2$$

$\beta_1 = 1$ per barre ad aderenza migliorata; $\beta_1 = 0,5$ per barre lisce
 $\beta_2 = 1$ per azioni di breve durata; $\beta_2 = 0,5$ per azioni ripetute o di lunga
durata

σ_s è la tensione dell'acciaio in stato fessurato conseguente all'applicazione dei parametri di sollecitazione.

σ_{sr} è la tensione dell'acciaio in stato fessurato sotto la sollecitazione M_{fess}

M_{fess} è determinato come:

$$M_{fess} = (f_{ctm} - J_{id}/(bh)) \times J_{id}/y'_c$$

$$y'_c = h - S_{id} / A_{id}$$

con A_{id} , S_{id} , J_{id} ottenuti con coefficiente di omogeneizzazione acciaio calcestruzzo pari a 15.

Il valore medio di apertura delle fessure risulta :

$$w_m = s_{rm} \times \epsilon_{sm}$$

dal quale si ricava il valore di calcolo:

$$w_d = 1,7 w_m$$

da confrontare con i valori limite definiti in precedenza.

7. VERIFICHE DI RESISTENZA

Si riportano le verifiche a presso/tenso flessione, a taglio e a fessurazione delle sezioni critiche dell'opera per la combinazione più gravosa.

7.1. Soletta superiore

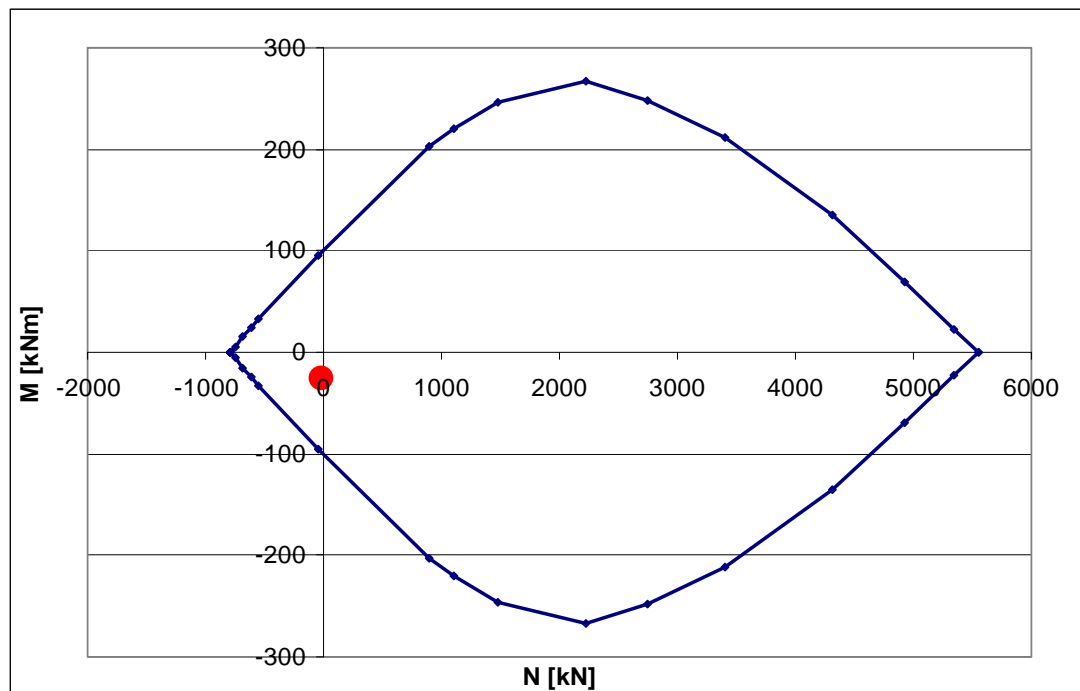
Sezione in campata

$$b = 100\text{cm} \quad A_{\text{sup}} = 5 \phi 16 = 10,05 \text{ cm}^2$$

$$h = 30\text{cm} \quad A_{\text{inf}} = 5 \phi 16 = 10,05 \text{ cm}^2$$

$$N = 20 \text{ kN (trazione)}$$

$$M = -26 \text{ kNm}$$



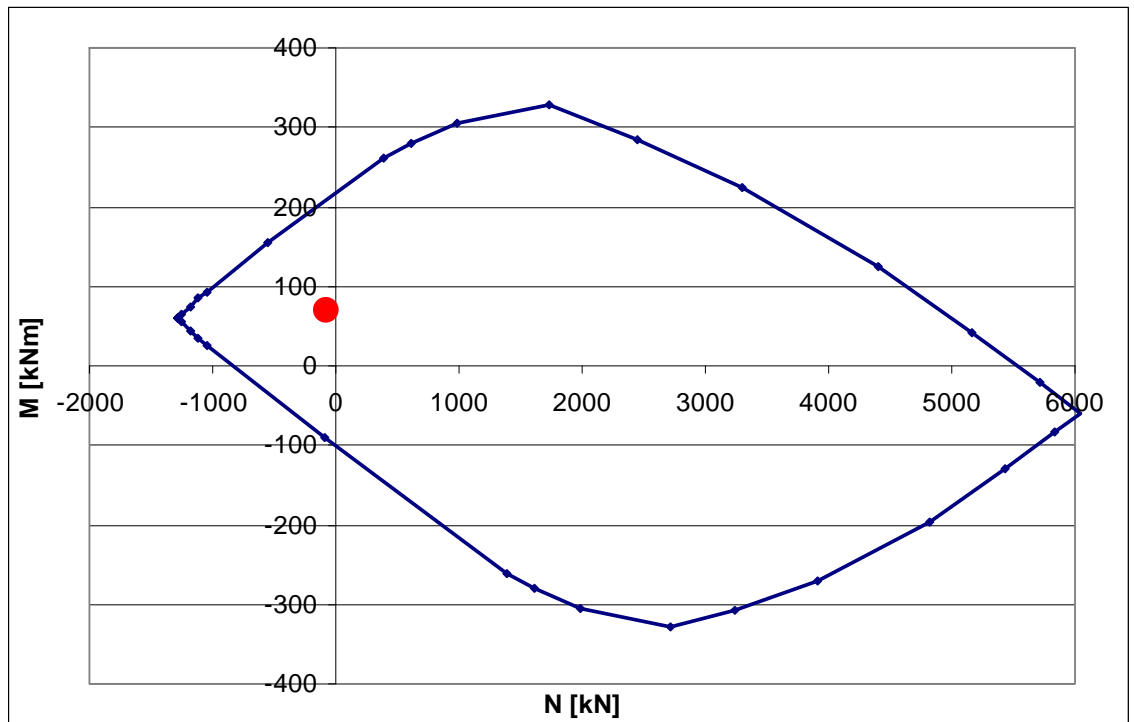
Sezione all'incastro laterale e centrale

$$b = 100 \text{ cm} \quad A_{\text{sup}} = 5 \phi 16 + 5 \phi 18 = 22,75 \text{ cm}^2$$

$$h = 30 \text{ cm} \quad A_{\text{inf}} = 5 \phi 16 = 10,05 \text{ cm}^2$$

$N = 80 \text{ kN}$ (trazione)

$M = +69 \text{ kNm}$



Verifica al taglio

Il massimo taglio si ha nella sezione a filo parete perimetrale:

$V_{\max} = 67 \text{ kN/m}$

VERIFICA A TAGLIO SECONDO D.M. 2008 ED EUROCODICE 2 (UNI EN 1992 1-1)

Note e convenzioni

N > 0 => trazione

Dati di input

Rck	35 N/mm ²	
fck	29 N/mm ²	
Valore medio della resistenza a trazione	$f_{cm} = 2,8 \text{ N/mm}^2$	$= 0.3 \times fck^{(2/3)}$
Coefficiente sicurezza cls	$\gamma_c = 1,5$	
Coefficiente carichi lunga durata	$\alpha_{cc} = 0,85$	
fcd=resistenza di calcolo del cls	$fcd = 16,46 \text{ N/mm}^2$	$= \alpha_{cc} \times fck / \gamma_c$
Resistenza caratteristica di snervamento acciaio	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$	
Coefficiente sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1,15$	
Snervamento di calcolo acciaio	$f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2$	$= f_{yd} / \gamma_s$
Forza di taglio di calcolo	Vsd = 67 kN	
Forza assiale di calcolo	Nsd = 0 kN	
Larghezza sezione	$b_w = 100 \text{ cm}$	
altezza della sezione	H = 30 cm	
Copriferro	c = 3 cm	
Diametro barre superiori	$\phi_2 = 18 \text{ mm}$	(armatura compressa)
Diametro barre inferiori	$\phi_1 = 16 \text{ mm}$	(armatura tesa)
Diametro staffe	$\phi_{st} = 0 \text{ mm}$	
Numero di barre superiori	$N_2 = 5$	
Numero di barre inferiori	$N_1 = 5$	
altezza utile della sezione	d = 26,2 cm	

Resistenza di calcolo dell'elemento senza armatura a taglio: Vrd1 (rif. cap. 4.1.2.1.3.1 del D.M. 2008)

$Vrd1 = \{ [0.18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times fck)^{1/3} / \gamma_c] + 0.15 \times \sigma_{cp} \} \times (b_w \times d)$
 con $Vrd1 \geq Vrd1min = \{ Vmin + 0.15 \times \sigma_{cp} \} \times (b_w \times d)$

$K = 1 + (200 / d)^{0.5} < 2.00$ $K = 1,87$
 $Vmin = 0.035 \times K^{1.5} \times fck^{0.5}$ $Vmin = 0,48 \text{ N/mm}^2$

$\rho_1 = A_{s1} / (b_w \times d) \leq 0.02$
 $A_{s1} = 10,05 \text{ cm}^2 = 1005 \text{ mm}^2$
 $\rho_1 = 0,0038$

$\sigma_{cp} = -Nsd / A_{cs} \leq 0.2 fcd$ $\sigma_{cp} = 0,00 \text{ N/mm}^2$

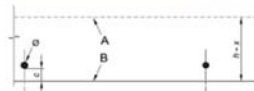
Vrd1 = 132 kN	OK! - VERIFICA SODDISFATTA
Vrdmin = 127 kN	
Vrd1 = 132 kN	

Non è necessario disporre armatura al taglio nella soletta.

Verifica a fessurazione

Sezione in campata

STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE - Rif. UNI EN 1992-1-1:2005 Par.7.3	
Geometria della sezione	
Altezza della sezione	$h = 300$ [mm]
Larghezza della sezione	$b = 1000$ [mm]
Altezza utile della sezione	$d = 270$ [mm]
Distanza tra asse armatura e lembo compresso	$d' = 30$ [mm]
Ricoprimento dell'armatura	$c = 30$ [mm]
Armatura lesa ordinaria	
Numero di ferri lesi presenti nella sezione	$n_{l1} = 5$
Diametro dei ferri lesi presenti nella sezione	$\phi_{l1} = 16$ [mm]
Area dei ferri lesi presenti nella sezione	$A_{s,l1} = 1005$ [mm ²]
Armatura lesa di infilimento	
Numero di ferri lesi presenti nella sezione	$n_{l2} = 0$
Diametro dei ferri lesi presenti nella sezione	$\phi_{l2} = 0$ [mm]
Area dei ferri lesi presenti nella sezione	$A_{s,l2} = 0$ [mm ²]
Caratteristiche dei materiali	
Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo	$f_{cm} = 35$ [MPa]
Resistenza a trazione media del calcestruzzo	$f_{ctm} = 3.2$ [MPa]
Modulo di elasticità del calcestruzzo	$E_{cm} = 34077$ [MPa]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	$f_{yk} = 450$ [MPa]
Modulo di elasticità dell'acciaio	$E_s = 200000$ [MPa]
DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE	
Tensione nell'armatura lesa considerando la sezione fessurata	$\sigma_{s,l} = 62.66$ [MPa]
Asse neutro della sezione	$x = 7.92$ [mm]
Tipo e durata dei carichi applicati	
Coefficiente di omogeneizzazione	$\alpha_{cc} = 5.37$
Area totale delle armature presenti nella zona lesa	$A_{s,tot} = 1005$ [mm ²]
Area efficace lesa di calcestruzzo	$A_{c,eff} = 75000$ [mm ²]

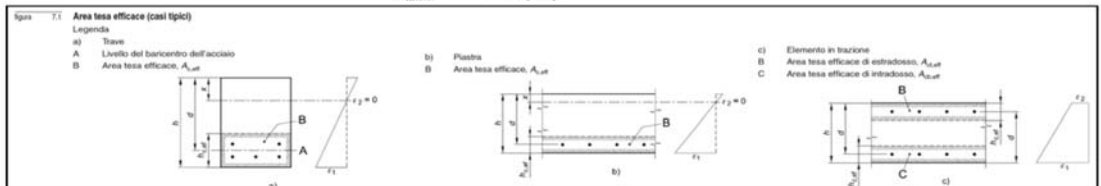


$$f_{cm} = 0.30 \times f_{ck}^{(1.4)} \leq C50/60$$

$$f_{ctm} = 2.12 \times h^{1/3} \times [1 + (f_{cm}/10)] > C50/60$$

$$E_{cm} = 22 [(f_{cm})/10]^{1.5}$$

$A_{c,eff}$ è l'area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura ordinaria o a quella di precompressione di altezza $h_{c,eff}$ dove $h_{c,eff}$ è il minore tra $2.5(h-d)$, $(h-x)/3$ o $h/2$ (vedere figura 7.1).



Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso	$\rho_{s,eff} = 0.01340$ [-]
Resistenza efficace media del calcestruzzo	$f_{ct,eff} = 3.2$ [MPa]
Fattore di durata del carico	$k_1 = 0.4$
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls	$[e_{sm} - e_{cm}]_{lim} = 0.000188$ [-]
	$[e_{sm} - e_{cm}]_{acc} = -0.000203$ [-]
	$[e_{sm} - e_{cm}] = 0.000188$ [-]

$$\rho_{s,eff} = (A_s + s_1^2 A_p) / A_{c,eff}$$

$$e_{sm} - e_{cm} = \frac{\sigma_s - k_1 \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{s,eff}} (1 + \alpha_{cc} \rho_{s,eff})}{E_s} \geq 0.6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)	$s = 150$ [mm]
Diametro equivalente delle barre	$\phi_{eq} = 16.00$ [mm]
Spaziatura massima di riferimento	$s_{n,max} = 150$ [mm]
Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione	$k_1 = 0.800$ [-]
	$k_2 = 1.000$ [-]
	$k_3 = 3.400$ [-]
	$k_4 = 0.425$ [-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max1} = 508$ [mm]
	$s_{r,max2} = 380$ [mm]
	$s_{r,max} = 508$ [mm]

$$\phi_{eq} = \frac{n_1 \phi_1^2 + n_2 \phi_2^2}{n_1 \phi_1 + n_2 \phi_2}$$

k_1 è un coefficiente che tiene conto delle proprietà di aderenza dell'armatura aderente:

= 0,8 per barre ad aderenza migliorata,
= 1,6 per barre con una superficie effettivamente liscia (per esempio, armatura di precompressione);

k_2 è un coefficiente che tiene conto della distribuzione delle deformazioni:

= 0,5 per flessione,
= 1,0 per trazione pura.

In caso di trazione eccentrica, o per singole parti di sezione, si raccomanda di utilizzare valori intermedi di k_2 , che possono essere calcolati con la relazione:

$$k_2 = (c_1 + c_2) / 2c_1 \quad (7.13)$$

dove c_1 ed c_2 sono rispettivamente la più grande e la più piccola deformazione di trazione alle estremità della sezione considerata, calcolate per sezione fessurata.

I valori di k_3 e k_4 da adottare in uno Stato possono essere reperiti nella sua appendice nazionale. I valori raccomandati sono rispettivamente 3,4 e 0,425.

$$s_{r,max} = k_3 C + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{s,eff}$$

$$s_{r,max} = 1,3 (h - x)$$

proprio 7.10 Valori raccomandati di w_{max} (mm)		
Classe di esposizione	Elementi di calcestruzzo armato normale e precompresso con cavi non aderenti	Elementi precompressi con cavi aderenti
	Combinazione di carico quasi-permanente	Combinazione di carico frequente
X0, XC1	0,4 ¹	0,2
XC2, XC3, XC4		0,2 ²
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3	0,3	Decompressione

Nota 1 Per le classi di esposizione X0, XC1, l'ampiezza delle fessure non influenza la durabilità e questo limite è posto per garantire un aspetto accettabile. In assenza di requisiti relativi all'aspetto questo limite può essere ridotto.
Nota 2 Per queste classi di esposizione, inoltre, si raccomanda che la decompressione sia verificata sotto la combinazione di carico quasi-permanente.

Tabella 4.1.III - Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

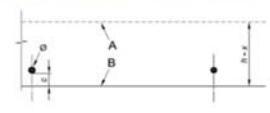
Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_s	Stato limite	w_s
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_3$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_3$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_3$

w_1, w_2, w_3 sono definiti al § 4.1.2.2.4.1, il valore di calcolo w_s è definito al § 4.1.2.2.4.6.

Sezione all'incastro centrale e laterale

STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE - Rif. UNI EN 1992-1-1:2005 Par.7.3

Geometria della sezione	
Altezza della sezione	h = 300 [mm]
Larghezza della sezione	b = 1000 [mm]
Altezza utile della sezione	d = 270 [mm]
Distanza tra asse armatura e lembo compresso	d' = 30 [mm]
Ricoprimento dell'armatura	c = 30 [mm]
Armatura tesa ordinaria	
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	n _{s1} = 5 [-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	φ _{s1} = 16 [mm]
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	A _{s1} = 1005 [mm ²]
Armatura tesa di infittimento	
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	n _{s2} = 5 [-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	φ _{s2} = 18 [mm]
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	A _{s2} = 1272 [mm ²]



Caratteristiche dei materiali	
Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo	f _{ck} = 35 [MPa]
Resistenza a trazione media del calcestruzzo	f _{ctm} = 3.2 [MPa]
Modulo di elasticità del calcestruzzo	E _{cm} = 34077 [MPa]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f _{yk} = 450 [MPa]
Modulo di elasticità dell'acciaio	E _s = 200000 [MPa]

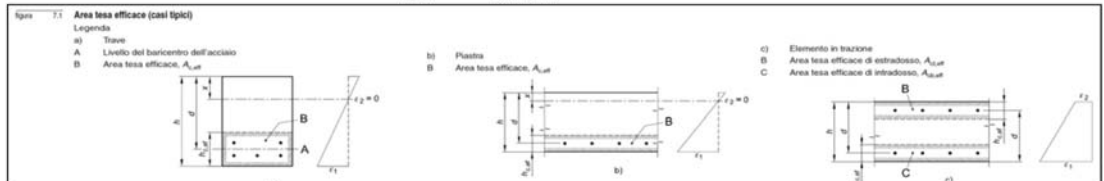
$$f_{cm} = 0.30 \times f_{ck}^{(1.5)} \leq C50/60$$

$$f_{cm} = 2.12 \times \ln[1 + (f_{cm}/10)] > C50/60$$

$$E_{cm} = 22 \left[\frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3}$$

DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE	
Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ _s = 77.04 [MPa]
Asse neutro della sezione	x = 9.45 [mm]
Lunga ▼	
Coefficiente di omogeneizzazione	α _q = 5.87 [-]
Area totale delle armature presenti nella zona tesa	A _s = 2278 [mm ²]
Area efficace tesa di calcestruzzo	A _{ce,eff1} = 75000 [mm ²]
	A _{ce,eff2} = 96850 [mm ²]
	A _{ce,eff3} = 150000 [mm ²]
	A _{ce,eff,min} = 75000 [mm ²]

A_{ce,eff} è l'area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura ordinaria o a quella di precompressione di altezza, h_{ce,eff}, dove h_{ce,eff} è il minore tra 2.5 (h-d), (h-x)/3 o h/2 (vedere figura 7.1):



Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso	ρ _{p,eff} = 0.03037 [-]
Resistenza efficace media del calcestruzzo	f _{s,eff} = 3.2 [MPa]
Fattore di durata del carico	k ₁ = 0.4 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cis	(ε _{s,max} - ε _{cm}) _{lim} = 0.000231 [-]
	(ε _{s,max} - ε _{cm}) _{acc} = 0.000136 [-]
	(ε _{s,max} - ε _{cm}) = 0.000231 [-]

$$\rho_{p,eff} = (A_s + \alpha_1 A_p) / A_{ce,eff}$$

$$f_{s,eff} = \frac{\alpha_s - k_1 \frac{f_{s,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_{ef} \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)	s = 150 [mm]
Diametro equivalente delle barre	φ _{eq} = 17.05 [mm]
Spaziatura massima di riferimento	s _{max,rif} = 192,6471 [mm]
Coefficiente k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione	k ₁ = 0.800 [-]
	k ₂ = 1.000 [-]
	k ₃ = 3.400 [-]
	k ₄ = 0.425 [-]

$$\phi_{eq} = \frac{n_1 \sigma_1^2 + n_2 \sigma_2^2}{n_1 \sigma_1 + n_2 \sigma_2}$$

k₁ è un coefficiente che tiene conto delle proprietà di aderenza dell'armatura aderente:
= 0.8 per barre ad aderenza migliorata,
= 1.6 per barre con una superficie effettivamente liscia (per esempio, armatura di precompressione);

k₂ è un coefficiente che tiene conto della distribuzione delle deformazioni:
= 0.5 per flessione,
= 1.0 per trazione pura.

Distanza massima tra le fessure	s _{1,max1} = 293 [mm]
	s _{1,max2} = 378 [mm]
	s _{1,max} = 293 [mm]

Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente	w _{k,lim} = 0.20 [mm]
Ampiezza delle fessure (di calcolo)	w _k = 0.07 [mm]

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

prospetto 7.11 Valori raccomandati di w _{max} (mm)		
Classe di esposizione	Elementi di calcestruzzo armato normale e precompresso con cal non aderenti	Elementi precompressi con cal aderenti
	Combinazione di carico quasi-permanente	Combinazione di carico frequente
X0, XC1	0.4 ¹	0.2
XC2, XC3, XC4		0.2 ²
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3	0.3	Decompressione

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

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

Tabella 4.1.III - Descrizione delle condizioni ambientali	
CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione						
Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w _k	w _k	
a	Ordinarie	frequente quasi permanente	ap. fessure	≤ w ₂	ap. fessure	≤ w ₃
			ap. fessure	≤ w ₁	ap. fessure	≤ w ₂
b	Aggressive	frequente quasi permanente	ap. fessure	≤ w ₁	ap. fessure	≤ w ₂
			decompressione	-	ap. fessure	≤ w ₁
c	Molto aggressive	frequente quasi permanente	formazione fessure	-	ap. fessure	≤ w ₁
			decompressione	-	ap. fessure	≤ w ₁

w₁, w₂, w₃ sono definiti al § 4.1.2.2.4.1, il valore di calcolo w_k è definito al § 4.1.2.2.4.6.

7.2. Soletta inferiore

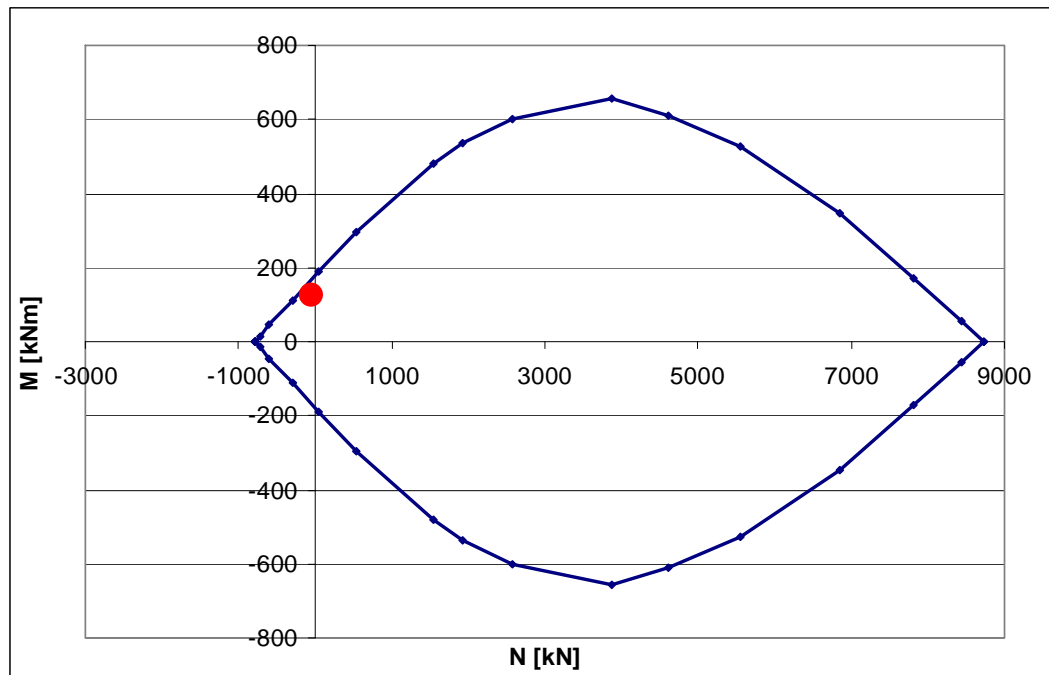
Sezione in campata

$$b = 100\text{cm} \quad A_{\text{sup}} = 5 \phi 16 = 10,05 \text{ cm}^2$$

$$h = 50\text{cm} \quad A_{\text{inf}} = 5 \phi 16 = 10,05 \text{ cm}^2$$

$$N = 40 \text{ kN (trazione)}$$

$$M = 123 \text{ kNm}$$



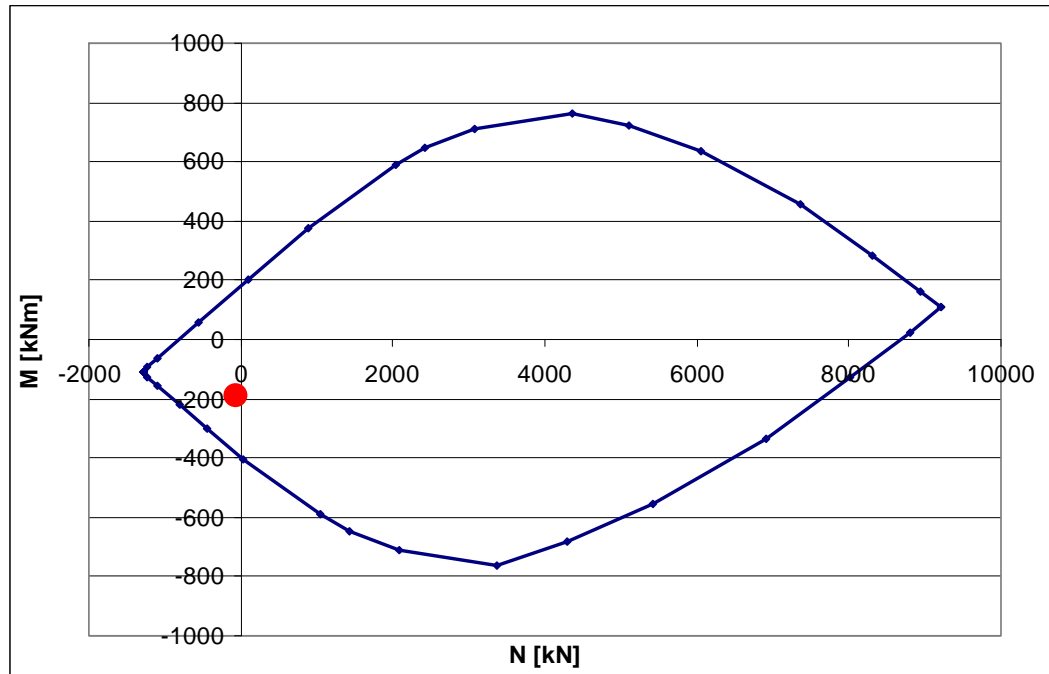
Sezione all'incastro laterale e centrale

$$b = 100\text{cm} \quad A_{\text{inf}} = 5 \phi 16 + 5 \phi 18 = 22,75 \text{ cm}^2$$

$$h = 50\text{cm} \quad A_{\text{sup}} = 5 \phi 16 = 10,05 \text{ cm}^2$$

$$N = 60 \text{ kN (trazione)}$$

$$M = -189 \text{ kNm}$$



In nessun caso si ha l'inversione del momento per le sezioni all'incastro laterale.

Verifica al taglio

Il massimo taglio si ha nella sezione a filo parete perimetrale:

$$V_{\max} = 170 \text{ kN/m}$$

VERIFICA A TAGLIO SECONDO D.M. 2008 ED EUROCODICE 2 (UNI EN 1992 1-1)

Note e convenzioni

N > 0 => trazione

Dati di input

Rck	35 N/mm ²	
fck	29 N/mm ²	
Valore medio della resistenza a trazione	$f_{cm} = 2,8$ N/mm ²	= 0.3 x fck ^(2/3)
Coefficiente sicurezza cls	$\gamma_c = 1,5$	
Coefficiente carichi lunga durata	$\alpha_{cc} = 0,85$	
fcd=resistenza di calcolo del cls	$f_{cd} = 16,46$ N/mm ²	= $\alpha_{cc} \times f_{cm} / \gamma_c$
Resistenza caratteristica di snervamento acciaio	$f_{yk} = 450$ N/mm ²	
Coefficiente sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1,15$	
Snervamento di calcolo acciaio	$f_{yd} = 391$ N/mm ²	= f_{yk} / γ_s
Forza di taglio di calcolo	Vsd = 170 kN	
Forza assiale di calcolo	Nsd = 0 kN	
Larghezza sezione	$b_w = 100$ cm	
altezza della sezione	H = 50 cm	
Copriferro	c = 3 cm	
Diametro barre superiori	$\phi_2 = 16$ mm	(armatura compressa)
Diametro barre inferiori	$\phi_1 = 16$ mm	(armatura tesa)
Diametro staffe	$\phi_{st} = 0$ mm	
Numero di barre superiori	N ₂ = 5	
Numero di barre inferiori	N ₁ = 5	
altezza utile della sezione	d = 46,2 cm	

Resistenza di calcolo dell'elemento senza armatura a taglio: Vrd1 (rif. cap. 4.1.2.1.3.1 del D.M. 2008)

$V_{rd1} = \{ [0.18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / \gamma_c] + 0.15 \times \sigma_{cp} \} \times (b_w \times d)$
 con $V_{rd1} \geq V_{rd1min} = \{ V_{min} + 0.15 \times \sigma_{cp} \} \times (b_w \times d)$

$K = 1 + (200 / d)^{0.5} < 2.00$ $K = 1,66$
 $V_{min} = 0.035 \times K^{1.5} \times f_{ck}^{0.5}$ $V_{min} = 0,40$ N/mm²

$\rho_1 = A_{s1} / (b_w \times d) \leq 0.02$
 As1=area delle armature di trazione che si estendono non meno di d+10cm oltre la sezione considerata $A_{s1} = 10,05$ cm² = 1005 mm²
 $\rho_1 = 0,0022$

$\sigma_{cp} = -N_{sd} / A_{cs} \leq 0.2 f_{cd}$ $\sigma_{cp} = 0,00$ N/mm²

Vrd1 = 170 kN	OK! - VERIFICA SODDISFATTA
Vrdmin = 186 kN	
Vrd1 = 186 kN	

Non è necessario disporre armatura al taglio nella soletta.

Verifica a fessurazione

Sezione in campata

STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE - Rif. UNI EN 1992-1-1:2005 Par.7.3

Geometria della sezione

Altezza della sezione
Larghezza della sezione
Altezza utile della sezione
Distanza tra asse armatura e lembo compresso

Ricoprimento dell'armatura

Numero di ferri tesi presenti nella sezione
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione
Area dei ferri tesi presenti nella sezione

Armatura tesa di infillimento

Numero di ferri tesi presenti nella sezione
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione
Area dei ferri tesi presenti nella sezione

Caratteristiche dei materiali

Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo
Resistenza a trazione media del calcestruzzo
Modulo di elasticità del calcestruzzo
Resistenza a snervamento dell'acciaio
Modulo di elasticità dell'acciaio

DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE

Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata

Asse neutro della sezione

Tipo e durata dei carichi applicati

Coefficiente di omogeneizzazione

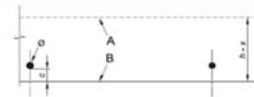
Area totale delle armature presenti nella zona tesa

Area efficace tesa di calcestruzzo

h	500	(mm)
b	1000	(mm)
d	470	(mm)
d'	30	(mm)
c	30	(mm)
n ₁	5	(-)
φ ₁	18	(mm)
A _{st1}	1005	(mm ²)
n ₂	0	(-)
φ ₂	0	(mm)
A _{st2}	0	(mm ²)

f _{ck}	35	(MPa)
f _{ctm}	3.2	(MPa)
E _{cm}	34077	(MPa)
f _{yk}	450	(MPa)
E _s	200000	(MPa)

σ _{st}	77.3	(MPa)
x	12.68	(mm)
Lunga	5.87	(-)
A _{st}	1005	(mm ²)
A _{st1}	75000	(mm ²)
A _{st2}	162440	(mm ²)
A _{st3}	250000	(mm ²)
A _{st,min}	75000	(mm ²)



$$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} \leq C50/60$$

$$f_{ctm} = 2.12 \times \ln [1 + (f_{cm}/10)] > C50/60$$

$$E_{cm} = 22 [(f_{cm})/10]^{0.3}$$

$A_{c,eff}$ è l'area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura ordinaria o a quella di precompressione di altezza $h_{c,eff}$, dove $h_{c,eff}$ è il minore tra 2,5 (h-d), (h-x)/3 o h/2 (vedere figura 7.1).

Figura 7.1 Area tesa efficace (casi tipici)

Legenda

a) Trave

A Livello del baricentro dell'acciaio

B Area tesa efficace, $A_{c,eff}$

b) Piastra

B Area tesa efficace, $A_{c,eff}$

c) Elemento in trazione

B Area tesa efficace di estradosso, $A_{c,eff}$

C Area tesa efficace di intradosso, $A_{c,eff}$

Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso

Resistenza efficace media del calcestruzzo

Fattore di durata del carico

Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cis

$\rho_{p,eff}$	0.01340	(-)
$f_{st,eff}$	3.2	(MPa)
k	0.4	(-)
$[c_{sm} - c_{cm}]_{min}$	0.000232	(-)
$[c_{sm} - c_{cm}]_{max}$	-0.000130	(-)
$[s_{sm} - s_{cm}]$	0.000232	(-)

$$\rho_{p,eff} = (A_{st} + z^2 A_p) / A_{c,eff}$$

$$f_{st,eff} = \frac{\sigma_s - k_1 \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_{ef} \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$f_{sm} - f_{cm} = \frac{\sigma_s - k_1 \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_{ef} \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)

Diametro equivalente delle barre

Spaziatura massima di riferimento

Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione

s	150	(mm)
φ _{eq}	16.00	(mm)
s _{max,ref}	150	(mm)
k ₁	0.800	(-)
k ₂	1.000	(-)
k ₃	3.400	(-)
k ₄	0.425	(-)

$$\phi_{eq} = \frac{n_1 \phi_1^2 + n_2 \phi_2^2}{n_1 \phi_1 + n_2 \phi_2}$$

$$k_1 \text{ è un coefficiente che tiene conto delle proprietà di aderenza dell'armatura aderente:}$$

$$= 0.8 \text{ per barre ad aderenza migliorata,}$$

$$= 1.6 \text{ per barre con una superficie effettivamente liscia (per esempio, armatura di precompressione);}$$

$$k_2 \text{ è un coefficiente che tiene conto della distribuzione delle deformazioni:}$$

$$= 0.5 \text{ per flessione,}$$

$$= 1.0 \text{ per trazione pura.}$$

$$\text{In caso di trazione eccentrica, o per singole parti di sezione, si raccomanda di utilizzare valori intermedi di } k_2 \text{, che possono essere calcolati con la relazione:}$$

$$k_2 = (e_1 + e_2) / 2e_1 \quad (7.13)$$

$$\text{dove } e_1 \text{ ed } e_2 \text{ sono rispettivamente la più grande e la più piccola deformazione di trazione alle estremità della sezione considerata, calcolate per sezione fessurata.}$$

$$\text{I valori di } k_1 \text{ e } k_2 \text{ da adottare in uno Stato possono essere reperiti nella sua appendice nazionale. I valori raccomandati sono rispettivamente 0.4 e 0.425.}$$

$$s_{r,max} = k_3 C + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff}$$

$$s_{r,max} = 1.3 (h - x)$$

Distanza massima tra le fessure

$s_{r,max,1}$	508	(mm)
$s_{r,max,2}$	634	(mm)
$s_{r,max}$	508	(mm)

Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente

Ampiezza delle fessure (di calcolo)

$w_{k,lim}$	0.20	(mm)
w_k	0.12	(mm)

$$w_k = s_{r,max} (e_{sm} - e_{cm})$$

proprio 7.10 Valori raccomandati di w_{max} (mm)

Classe di esposizione	Elementi di calcestruzzo armato normale e precompresso con cavi non aderenti	Elementi precompressi con cavi aderenti
	Combinazione di carico quasi-permanente	Combinazione di carico frequente
X0, XC1	0.4 ¹	0.2
XC2, XC3, XC4		0.2 ²
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3	0.3	Decompressione

Nota 1 Per le classi di esposizione XD, XC1, l'ampiezza delle fessure non influenza la durabilità e questo limite è posto per garantire un aspetto accettabile. In assenza di requisiti relativi all'aspetto questo limite può essere mitigato.
Nota 2 Per questa classe di esposizione, inoltre, si raccomanda che la decompressione sia verificata sotto la combinazione di carico quasi-permanente.

Tabella 4.1.III - Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

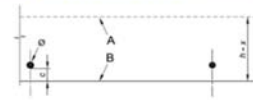
Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w _k	Stato limite	w _k
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	≤ w ₂	ap. fessure	≤ w ₁
		quasi permanente	ap. fessure	≤ w ₁	ap. fessure	≤ w ₁
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	≤ w ₁	ap. fessure	≤ w ₁
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w ₁
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	≤ w ₁
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w ₁

w₁, w₂, w₃ sono definiti al § 4.1.2.2.4.1, il valore di calcolo w_k è definito al § 4.1.2.2.4.6.

Sezione all'incastro centrale e laterale

STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE - Rif. UNI EN 1992-1-1: 2005 Par.7.3

Geometria della sezione	
Altezza della sezione	h = 500 (mm)
Larghezza della sezione	b = 1000 (mm)
Altezza utile della sezione	d = 470 (mm)
Distanza tra asse armatura e lembo compresso	d ^o = 30 (mm)
Ricoprimento dell'armatura	c = 30 (mm)
Armatura tesa ordinaria	
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	n _{s,1} = 5 [-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	d _{s,1} = 18 (mm)
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	A _{s,1} = 1005 (mm ²)
Armatura tesa di infillimento	
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	n _{s,2} = 5 [-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	d _{s,2} = 18 (mm)
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	A _{s,2} = 1272 (mm ²)
Caratteristiche dei materiali	
Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo	f _{ck} = 35 (N/PA)
Resistenza a trazione media del calcestruzzo	f _{ctm} = 3.2 (N/PA)
Modulo di elasticità del calcestruzzo	E _{cm} = 34077 (N/PA)
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f _A = 450 (N/PA)
Modulo di elasticità dell'acciaio	E _s = 200000 (N/PA)



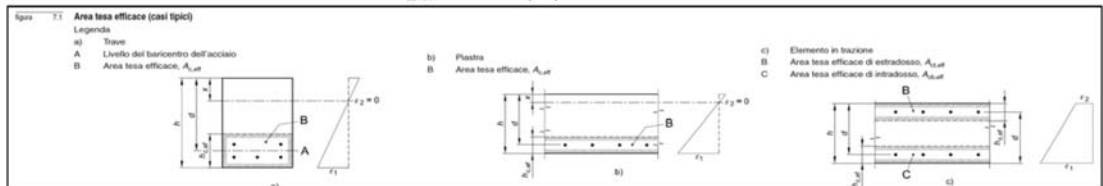
$$f_{cm} = 0.30 \times f_{ck}^{(1/3)} \leq C50/60$$

$$f_{ctm} = 2.12 \times \ln[1 + (f_{cm}/10)] > C50/60$$

$$E_{cm} = 22 [(f_{cm})/10]^{0.3}$$

DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE	
Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ _s = 93.96 (N/PA)
Asse neutro della sezione	x = 14.31 (mm)
Lunga ▼	
Tipo e durata dei carichi applicati	σ _q = 5.87 [-]
Coefficiente di omogeneizzazione	A ₀ = 2278 (mm ²)
Area totale delle armature presenti nella zona tesa	A _{s,eff1} = 75000 (mm ²)
Area efficace tesa di calcestruzzo	A _{s,eff2} = 161897 (mm ²)
	A _{s,eff3} = 250000 (mm ²)
	A _{s,eff4} = 75000 (mm ²)

A_{s,eff} è l'area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura ordinaria o a quella di precompressione di altezza h_{0,ef}, dove h_{0,ef} è il minore tra 2.5 (h-d), (h-x)/3 o h/2 (vedere figura 7.1).



Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso	ρ _{s,eff} = 0.03037 [-]
Resistenza efficace media del calcestruzzo	f _{ct,eff} = 3.2 (N/PA)
Fattore di durata del carico	k ₁ = 0.4 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cis	
	[ε _{sm} - ε _{cm}] _{lim} = 0.000282 [-]
	[ε _{sm} - ε _{cm}] _{acc} = 0.000221 [-]
	[ε _{sm} - ε _{cm}] = 0.000282 [-]

$$\rho_{s,eff} = (A_s + \sigma_s^2 A_s') / A_{c,eff}$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_1 \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{s,eff}} (1 + \alpha_{ef} \rho_{s,eff})}{E_s} \geq 0.6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)	s = 150 (mm)
Diametro equivalente delle barre	d _{eq} = 17.06 (mm)
Spaziatura massima di riferimento	s _{max,ref} = 192.6471 (mm)
Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione	
	k ₁ = 0.800 [-]
	k ₂ = 1.000 [-]
	k ₃ = 3.400 [-]
	k ₄ = 0.425 [-]

$$\phi_{w1} = \frac{n_1 \phi_1^2 + n_2 \phi_2^2}{n_1 \phi_1 + n_2 \phi_2}$$

k₁ è un coefficiente che tiene conto delle proprietà di aderenza dell'armatura aderente:

= 0.8 per barre ad aderenza migliorata,
= 1.6 per barre con una superficie effettivamente liscia (per esempio, armatura di precompressione);

k₂ è un coefficiente che tiene conto della distribuzione delle deformazioni:
= 0.5 per flessione,
= 1.0 per trazione pura.

In caso di trazione eccentrica, o per singole parti di sezione, si raccomanda di utilizzare valori intermedi di k₂, che possono essere calcolati con la relazione:

$$k_2 = (e_1 + e_2) / 2e_1 \quad (7.13)$$

dove e₁ ed e₂ sono rispettivamente la più grande e la più piccola deformazione di trazione alle estremità della sezione considerata, calcolate per sezione fessurata.

I valori di k₁ e k₄ da adottare in uno Stato possono essere reperiti nella sua appendice nazionale. I valori raccomandati sono rispettivamente 3.4 e 0.425.

$$S_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{s,eff}$$

$$S_{r,max} = 1.3 (h - x)$$

Distanza massima tra le fessure	S _{r,max1} = 293 (mm)
	S _{r,max2} = 831 (mm)
	S _{r,max3} = 293 (mm)

Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente	W _{k,lim} = 0.20 (mm)
Ampiezza delle fessure (di calcolo)	W _k = 0.08 (mm)

$$W_k = S_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

gruppo 7.1b) Valori raccomandati di w_{max} (mm)

Classe di esposizione	Elementi di calcestruzzo armato normale e precompresso con cavi non aderenti		Elementi precompressi con cavi aderenti	
	Combinazione di carico quasi-permanente	Combinazione di carico frequente	Combinazione di carico quasi-permanente	Combinazione di carico frequente
XD, XC1	0.4 ¹	0.2	0.2 ²	0.2
XC2, XC3, XC4	0.3	0.2 ²	Decompressione	
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3				

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

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

Tabella 4.1.III - Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	XD, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w ₄	Stato limite	w ₄
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	≤ w ₄	ap. fessure	≤ w ₄
		quasi permanente	ap. fessure	≤ w ₄	ap. fessure	≤ w ₄
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	≤ w ₄	ap. fessure	≤ w ₄
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w ₄
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	≤ w ₄
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w ₄

w₁, w₂, w₃ sono definiti al § 4.1.2.2.4.1, il valore di calcolo w₄ è definito al § 4.1.2.2.4.6.

7.3. Pareti perimetrali (armature verticali)

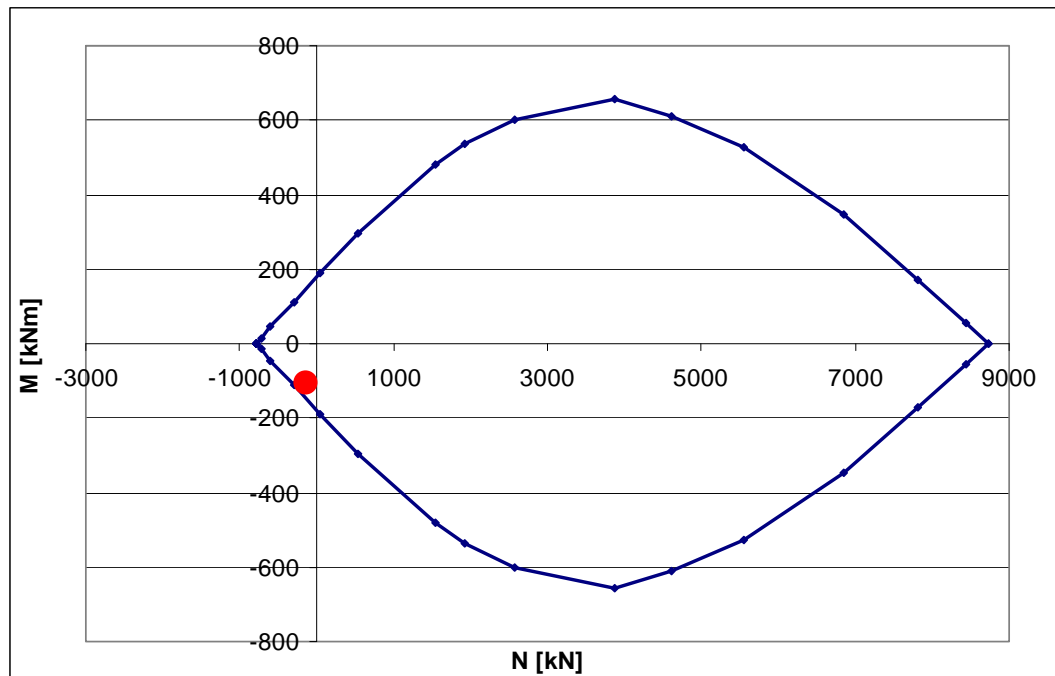
Sezione a metà parete

$$b = 100\text{cm} \quad A_{\text{int}} = 5 \phi 16 = 10,05 \text{ cm}^2$$

$$h = 50\text{cm} \quad A_{\text{est}} = 5 \phi 16 = 10,05 \text{ cm}^2$$

$$N = 140 \text{ kN} \quad (\text{trazione})$$

$$M = -105 \text{ kNm}$$



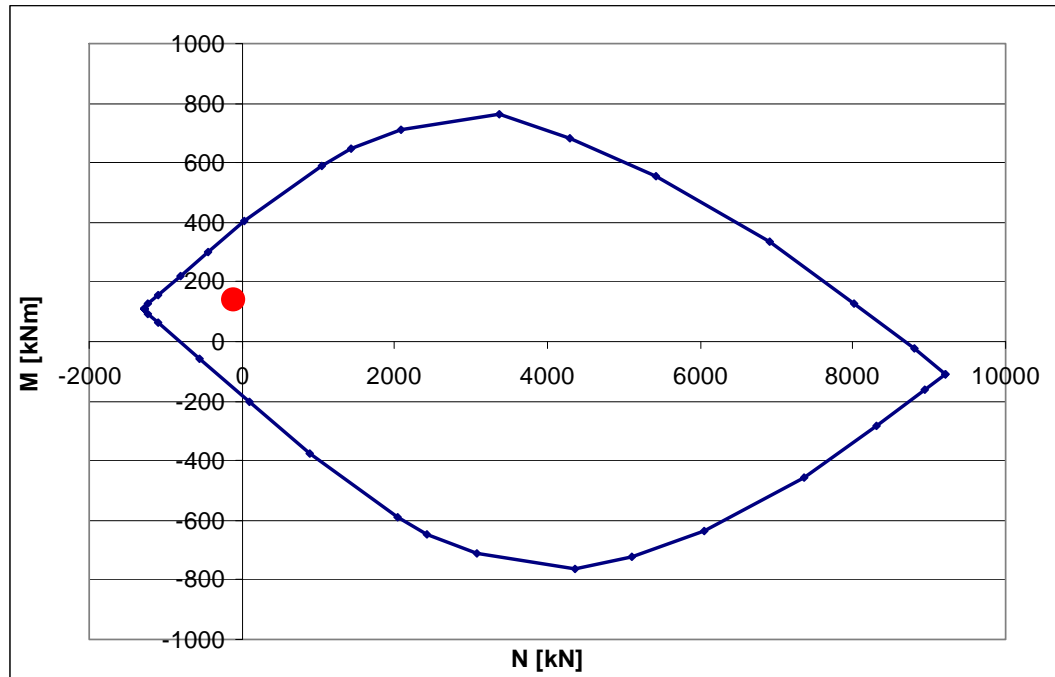
Sezione all'incastro inferiore

$$b = 100\text{cm} \quad A_{\text{est}} = 5 \phi 16 + 5 \phi 18 = 22,75 \text{ cm}^2$$

$$h = 50\text{cm} \quad A_{\text{int}} = 5 \phi 16 = 10,05 \text{ cm}^2$$

$$N = 100 \text{ kN} \quad (\text{trazione})$$

$$M = 138 \text{ kNm}$$



In nessun caso si ha l'inversione del momento per le sezioni all'incastro inferiore e superiore.

Verifica al taglio

Il massimo taglio si ha nella sezione a filo soletta inferiore:

$$V_{\max} = 180 \text{ kN/m}$$

VERIFICA A TAGLIO SECONDO D.M. 2008 ED EUROCODICE 2 (UNI EN 1992 1-1)

Note e convenzioni

N > 0 => trazione

Dati di input

Rck	35 N/mm ²	
fck	29 N/mm ²	
Valore medio della resistenza a trazione	$f_{cm} = 2,8 \text{ N/mm}^2$	$= 0.3 \times fck^{(2/3)}$
Coefficiente sicurezza cls	$\gamma_c = 1,5$	
Coefficiente carichi lunga durata	$\alpha_{cc} = 0,85$	
fcd=resistenza di calcolo del cls	$fcd = 16,46 \text{ N/mm}^2$	$= \alpha_{cc} \times fck / \gamma_c$
Resistenza caratteristica di snervamento acciaio	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$	
Coefficiente sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1,15$	
Snervamento di calcolo acciaio	$f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2$	$= f_{yd} / \gamma_s$
Forza di taglio di calcolo	$V_{sd} = 180 \text{ kN}$	
Forza assiale di calcolo	$N_{sd} = 0 \text{ kN}$	
Larghezza sezione	$b_w = 100 \text{ cm}$	
altezza della sezione	$H = 50 \text{ cm}$	
Copriferro	$c = 3 \text{ cm}$	
Diametro barre superiori	$\phi_2 = 16 \text{ mm}$	(armatura compressa)
Diametro barre inferiori	$\phi_1 = 16 \text{ mm}$	(armatura tesa)
Diametro staffe	$\phi_{st} = 0 \text{ mm}$	
Numero di barre superiori	$N_2 = 5$	
Numero di barre inferiori	$N_1 = 5$	
altezza utile della sezione	$d = 46,2 \text{ cm}$	

Resistenza di calcolo dell'elemento senza armatura a taglio: Vrd1 (rif. cap. 4.1.2.1.3.1 del D.M. 2008)

$Vrd1 = \{ [0.18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times fck)^{1/3} / \gamma_c] + 0.15 \times \sigma_{cp} \} \times (b_w \times d)$
con $Vrd1 \geq Vrd1min = \{ Vmin + 0.15 \times \sigma_{cp} \} \times (b_w \times d)$

$K = 1 + (200 / d)^{0.5} < 2.00$
 $Vmin = 0.035 \times K^{1.5} \times fck^{0.5}$

$K = 1,66$
 $Vmin = 0,40 \text{ N/mm}^2$

$\rho_1 = A_{s1} / (b_w \times d) \leq 0.02$

As1=area delle armature di trazione che si estendono non meno di d+1bnat oltre la sezione considerata

$A_{s1} = 10,05 \text{ cm}^2 = 1005 \text{ mm}^2$
 $\rho_1 = 0,0022$

$\sigma_{cp} = -N_{sd} / A_{cs} \leq 0.2 fcd$

$\sigma_{cp} = 0,00 \text{ N/mm}^2$

Vrd1=	170 kN
Vrdmin =	186 kN
Vrd1 =	186 kN

OK! - VERIFICA SODDISFATTA

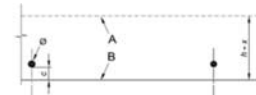
Non è necessario disporre armatura al taglio nelle pareti.

Verifica a fessurazione

Sezione in campata

STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE - RIF. UNI EN 1992-1-1:2005 Par.7.9

Geometria della sezione	
Altezza della sezione	h = 500 (mm)
Larghezza della sezione	b = 1000 (mm)
Altezza utile della sezione	d = 470 (mm)
Distanza tra asse armatura e lembo compresso	d' = 30 (mm)
Ricoprimento dell'armatura	c = 30 (mm)
Armatura tesa ordinaria	
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	n _{1,1} = 5 [-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	φ _{1,1} = 16 (mm)
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	A _{s1,1} = 1005 (mm ²)
Armatura tesa di infilamento	
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	n _{1,2} = 0 [-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	φ _{1,2} = 0 (mm)
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	A _{s1,2} = 0 (mm ²)



Caratteristiche dei materiali	
Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo	f _{ck} = 35 (MPa)
Resistenza a trazione media del calcestruzzo	f _{ctm} = 3.2 (MPa)
Modulo di elasticità del calcestruzzo	E _{cm} = 34077 (MPa)
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f _{yk} = 450 (MPa)
Modulo di elasticità dell'acciaio	E _s = 200000 (MPa)

$$f_{cm} = 0.30 \times f_{ck}^{0.8} \leq C50/60$$

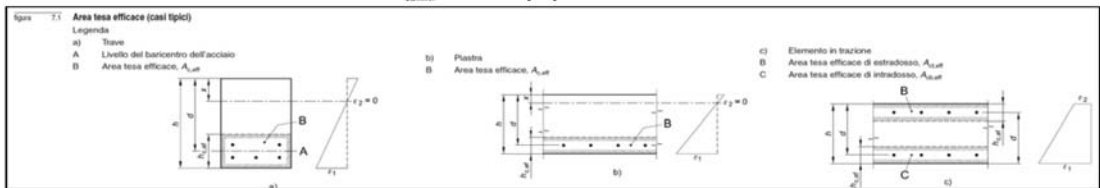
$$f_{ctm} = 2.12 \times \ln [1 + (f_{cm}/10)] > C50/60$$

$$E_{cm} = 22 [(f_{cm})/10]^{0.3}$$

DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE

Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ _s = 12.67 (MPa)
Asse neutro della sezione	x = 21.2 (mm)
Lunga	
Coefficiente di omogeneizzazione	α _{eq} = 5.87 [-]
Area totale delle armature presenti nella zona tesa	A _s = 1005 (mm ²)
Area efficace tesa di calcestruzzo	A _{ce,1} = 75000 (mm ²)
	A _{ce,2} = 159600 (mm ²)
	A _{ce,3} = 250000 (mm ²)
	A _{ce,max} = 75000 (mm ²)

A_{ce,eff} è l'area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura ordinaria o a quella di precompressione di altezza, h_{ce,eff} dove h_{ce,eff} è il minore tra 2.5 (h-d), (h-x)/3 o h/2 (vedere figura 7.1).



Rapporto tra area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso	ρ _{p,eff} = 0.01340 [-]
Resistenza efficace media del calcestruzzo	f _{ct,eff} = 3.2 (MPa)
Fattore di durata del carico	k ₁ = 0.4 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cis	
	(ε _{sm} - ε _{cm}) _{lim} = 0.000038 [-]
	(ε _{sm} - ε _{cm}) _{calc} = -0.000453 [-]
	(ε _{sm} - ε _{cm}) = 0.000038 [-]

$$\rho_{p,eff} = (A_s + \sigma_s^2 A_p) / A_{ce,eff}$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_1 \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_{eq} \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)	
Diametro equivalente delle barre	s = 150 (mm)
Spaziatura massima di riferimento	φ _{eq} = 16.00 (mm)
Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione	s _{max,eff} = 190 (mm)
	k ₁ = 0.800 [-]
	k ₂ = 1.000 [-]
	k ₃ = 3.400 [-]
	k ₄ = 0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	
	s _{r,max,1} = 508 (mm)
	s _{r,max,2} = 622 (mm)
	s _{r,max} = 508 (mm)

$$\phi_{eq} = \frac{n_1 \phi_1^2 + n_2 \phi_2^2}{n_1 \phi_1 + n_2 \phi_2}$$

k₁ è un coefficiente che tiene conto delle proprietà di aderenza dell'armatura aderente:
= 0.8 per barre ad aderenza migliorata,
= 1.0 per barre con una superficie effettivamente liscia (per esempio, armatura di precompressione);

k₂ è un coefficiente che tiene conto della distribuzione delle deformazioni:
= 0.5 per flessione,
= 1.0 per trazione pura.

In caso di trazione eccentrica, o per singole parti di sezione, si raccomanda di utilizzare valori intermedi di k₂, che possono essere calcolati con la relazione:

$$k_2 = (e_1 + e_2) / 2e_1 \quad (7.13)$$

dove e₁ ed e₂ sono rispettivamente la più grande e la più piccola deformazione di trazione alle estremità della sezione considerata, calcolate per sezione fessurata.

I valori di k₁ e k₂ da adottare in uno Stato possono essere reperiti nella sua appendice nazionale. I valori raccomandati sono rispettivamente 0.4 e 0.425.

$$s_{r,max} = k_3 C + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff}$$

$$s_{r,max} = 1.3 (h - x)$$

Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente	W _{k,lim} = 0.20 (mm)
Ampiezza delle fessure (di calcolo)	W _k = 0.02 (mm)
	W _{k} = s_{r,max} (ε_{sm} - ε_{cm})}

prospetto 7.13) Valori raccomandati di w _{max} (mm)		
Classe di esposizione	Elementi di calcestruzzo armato normale e precompresso con casi non aderenti	Elementi precompressi con cavi aderenti
X0, XC1	Combinazione di carico quasi-permanente	Combinazione di carico frequente
		0.4
XC2, XC3, XC4	0.3	0.2
		Decompressione
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3		

Nota 1 Per le classi di esposizione X0, XC1, l'ampiezza delle fessure non influenzerà la durabilità e questo limite è posto per garantire un aspetto accettabile. In assenza di requisiti relativi all'aspetto questo limite può essere mitigato.
Nota 2 Per queste classi di esposizione, inoltre, si raccomanda che la decompressione sia verificata sotto la combinazione di carico quasi-permanente.

Tabella 4.1.III - Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

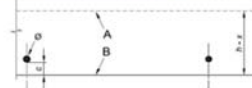
Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura	
			Sensibile	Poco sensibile
			Stato limite	Stato limite
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure ≤ w ₁	ap. fessure ≤ w ₂
		quasi permanente	ap. fessure ≤ w ₁	ap. fessure ≤ w ₂
b	Aggressive	frequente	ap. fessure ≤ w ₁	ap. fessure ≤ w ₂
		quasi permanente	decompressione -	ap. fessure ≤ w ₂
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure -	ap. fessure ≤ w ₂
		quasi permanente	decompressione -	ap. fessure ≤ w ₂

w₁, w₂, w₃ sono definiti al § 4.1.2.2.4.1, il valore di calcolo w_k è definito al § 4.1.2.2.4.6.

Sezione all'incastro centrale e laterale

STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE - Rif. UNIEN 1992-1-1:2005 Par.7.3

Geometria della sezione	
Altezza della sezione	h = 500 [mm]
Larghezza della sezione	b = 1000 [mm]
Altezza utile della sezione	d = 470 [mm]
Distanza tra asse armatura e lembo compresso	d' = 30 [mm]
Ricoprimento dell'armatura	c = 30 [mm]
Armatura tesa ordinaria	
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	n ₁ = 5 [-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	φ ₁ = 16 [mm]
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	A _{s1} = 1005 [mm ²]
Armatura tesa di infilimento	
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	n ₂ = 5 [-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	φ ₂ = 13 [mm]
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	A _{s2} = 1272 [mm ²]
Caratteristiche dei materiali	
Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo	f _{ck} = 35 [MPa]
Resistenza a trazione media del calcestruzzo	f _{ctm} = 3.2 [MPa]
Modulo di elasticità del calcestruzzo	E _{cm} = 34077 [MPa]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f _{yk} = 450 [MPa]
Modulo di elasticità dell'acciaio	E _s = 200000 [MPa]



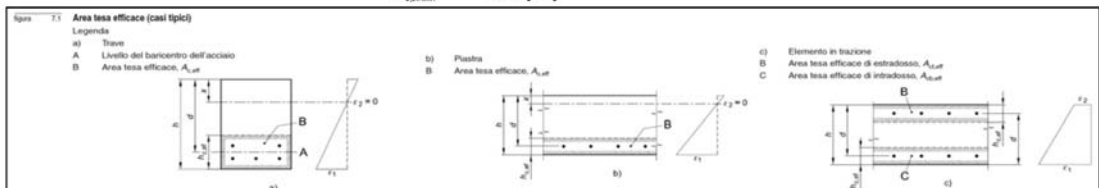
$$f_{cm} = 0.30 \times f_{ck}^{(0.8)} \leq C50/60$$

$$f_{cm} = 2.12 \times \ln [1 + (f_{ck}/10)] > C50/60$$

$$E_{cm} = 22 [(f_{cm})/10]^{0.3}$$

DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE	
Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ _s = 51.47 [MPa]
Asse neutro della sezione	x = 19.9 [mm]
Lunga ▾	
σ _{ce}	5.87 [-]
A _s	2278 [mm ²]
A _{s,eff1}	75000 [mm ²]
A _{s,eff2}	160367 [mm ²]
A _{s,eff3}	250000 [mm ²]
A _{s,eff,min}	75000 [mm ²]

A_{s,eff} è l'area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura ordinaria o a quella di precompressione di altezza, h_{ce,eff} dove h_{ce,eff} è il minore tra 2.5 (h-d), (h-x)/3 o h/2 (vedere figura 7.1):



Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso	ρ _{s,eff} = 0.03037 [-]
Resistenza a trazione media del calcestruzzo	f _{ct,eff} = 3.2 [MPa]
Fattore di durata del carico	k _f = 0.4 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cis	
(ε _{sm} - ε _{cm}) _{lim}	0.000154 [-]
(ε _{sm} - ε _{cm}) _{calc}	0.000009 [-]
(ε _{sm} - ε _{cm}) _{max}	0.000154 [-]

$$\rho_{s,eff} = (A_s + \sigma_1^2 A_p) / A_{s,eff}$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{f_{ct,eff}}{E_s} (1 + \alpha_e \rho_{s,eff}) \geq 0.6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)	s = 150 [mm]
Diametro equivalente delle barre	φ _{eq} = 17.06 [mm]
Spaziatura massima di riferimento	s _{max,ref} = 192.6471 [mm]
Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione	
k ₁	0.800 [-]
k ₂	1.000 [-]
k ₃	3.400 [-]
k ₄	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	
s _{r,max1}	293 [mm]
s _{r,max2}	625 [mm]
s _{r,max}	293 [mm]

$$\sigma_e = \frac{n_1 \sigma_1^2 + n_2 \sigma_2^2}{n_1 \phi_1 + n_2 \phi_2}$$

k₁ è un coefficiente che tiene conto delle proprietà di aderenza dell'armatura aderente:

= 0.8 per barre ad aderenza migliorata,
= 1.6 per barre con una superficie effettivamente liscia (per esempio, armatura di precompressione);

k₂ è un coefficiente che tiene conto della distribuzione delle deformazioni:

= 0.5 per flessione,
= 1.0 per trazione pura.

In caso di trazione eccentrica, o per singole parti di sezione, si raccomanda di utilizzare valori intermedi di k₂, che possono essere calcolati con la relazione:

$$k_2 = (\epsilon_1 + \epsilon_2) / 2\epsilon_1 \quad (7.13)$$

dove ε₁ ed ε₂ sono rispettivamente la più grande e la più piccola deformazione di trazione alle estremità della sezione considerata, calcolate per sezione fessurata.

I valori di k₃ e k₄ da adottare in uno Stato possono essere reperiti nella sua appendice nazionale. I valori raccomandati sono rispettivamente 3.4 e 0.425.

$$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{s,eff}$$

$$s_{r,max} = 1.3 (h - x)$$

Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente	w _{k,lim} = 0.20 [mm]
Ampiezza delle fessure (di calcolo)	w _k = 0.02 [mm]

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

proprio 7.1N Valori raccomandati di w _{max} (mm)		
Classe di esposizione	Elementi di calcestruzzo armato normale e precompresso con cavi non aderenti	Elementi precomposti con cavi aderenti
	Combinazione di carico quasi-permanente	
X0, XC1	0.4 ¹	0.2
XC2, XC3, XC4		0.2 ²
	Combinazione di carico frequente	
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3	0.3	Decompressione

Nota 1 Per le classi di esposizione X0, XC1, l'ampiezza delle fessure non influenzerà la durabilità e questo limite è posto per garantire un aspetto accettabile, in assenza di requisiti relativi all'aspetto questo limite può essere migliorato.
Nota 2 Per queste classi di esposizione, inoltre, si raccomanda che la decompressione sia verificata sotto la combinazione di carico quasi-permanente.

Tabella 4.1.III - Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura	
			Sensibile	Poco sensibile
			Stato limite	Stato limite
a	Ordinarie	frequente quasi permanente	ap. fessure ≤ w ₁	ap. fessure ≤ w ₂
			ap. fessure ≤ w ₁	ap. fessure ≤ w ₂
b	Aggressive	frequente quasi permanente	ap. fessure ≤ w ₁	ap. fessure ≤ w ₂
			decompressione -	ap. fessure ≤ w ₁
c	Molto aggressive	frequente quasi permanente	formazione fessure -	ap. fessure ≤ w ₁
			decompressione -	ap. fessure ≤ w ₁

w₁, w₂, w₃ sono definiti al § 4.1.2.2.4.1, il valore di calcolo w_k è definito al § 4.1.2.2.4.6.

7.4. Pareti perimetrali (armature orizzontali)

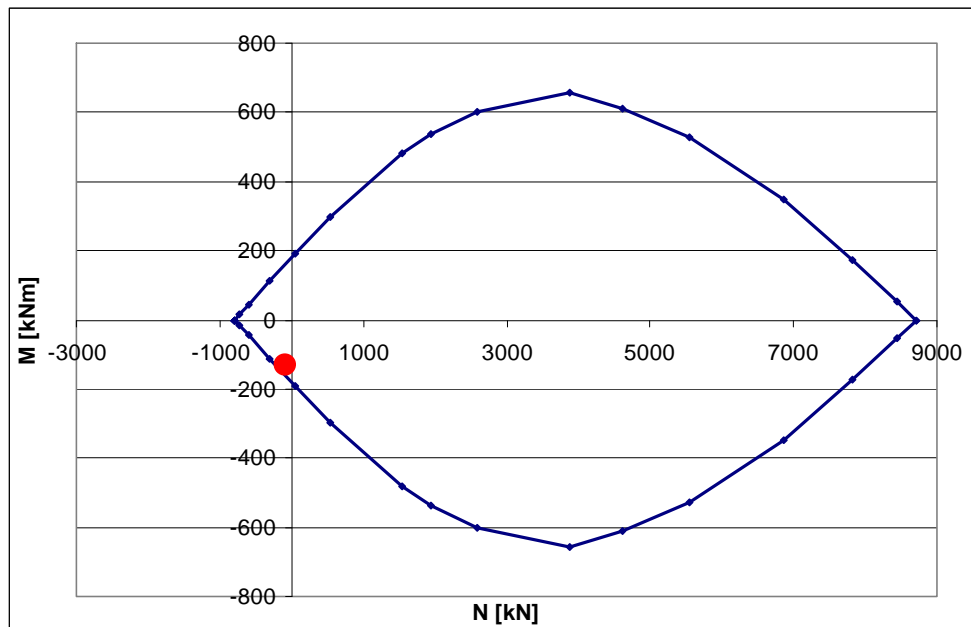
Sezione corrente

$$b = 100\text{cm} \quad A_{\text{int}} = 5 \phi 16 = 7,70 \text{ cm}^2$$

$$h = 50\text{cm} \quad A_{\text{est}} = 5 \phi 16 = 7,70 \text{ cm}^2$$

$$N = 87 \text{ kN} \quad (\text{trazione})$$

$$M = 140 \text{ kNm} \quad (\text{trazione su faccia esterna})$$



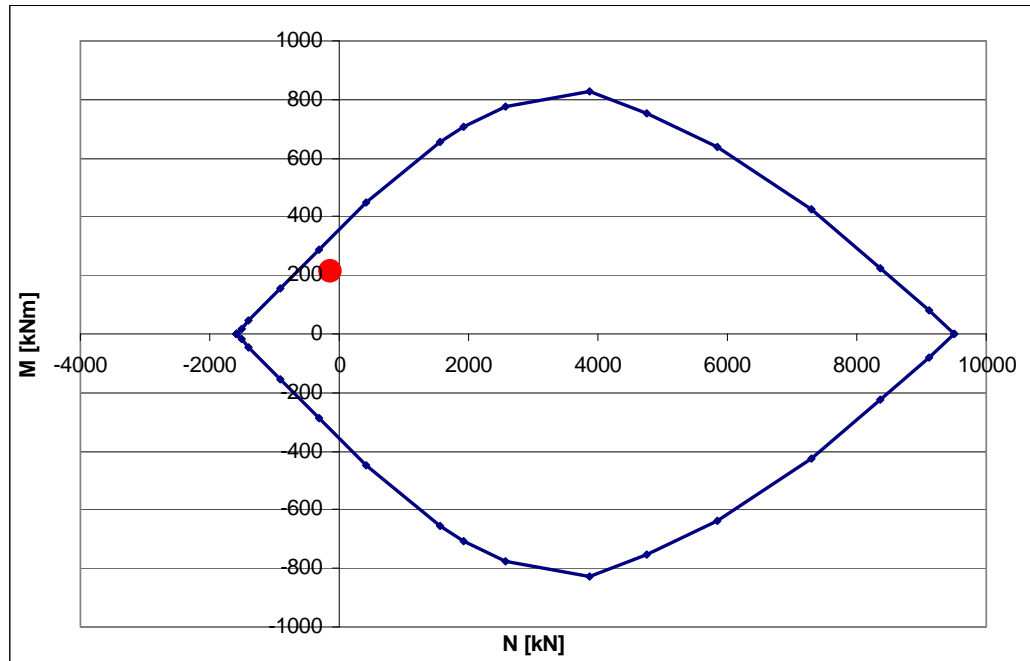
Sezione all'incastro laterale e centrale

$$b = 100\text{cm} \quad A_{\text{int}} = A_{\text{est}} = 5 \phi 16 + 5 \phi 16 = 17,75 \text{ cm}^2$$

$$h = 50\text{cm}$$

$$N = 140 \text{ kN} \quad (\text{trazione})$$

$$M = 210 \text{ kNm} \quad (\text{trazione su faccia interna})$$



L'inversione del momento per le sezioni all'incastro può avvenire solo in fase costruttiva (transitoria), ma non in esercizio.

Verifica al taglio

Il massimo taglio si ha nella sezione a filo parete laterale:

$$V_{\max} = 180 \text{ kN/m}$$

VERIFICA A TAGLIO SECONDO D.M. 2008 ED EUROCODICE 2 (UNI EN 1992 1-1)

Note e convenzioni

N > 0 => trazione

Dati di input

Rck	35 N/mm ²	
fck	29 N/mm ²	
Valore medio della resistenza a trazione	$f_{cm} = 2,8 \text{ N/mm}^2$	$= 0.3 \times fck^{(2/3)}$
Coefficiente sicurezza cls	$\gamma_c = 1,5$	
Coefficiente carichi lunga durata	$\alpha_{cc} = 0,85$	
fcd=resistenza di calcolo del cls	$fcd = 16,46 \text{ N/mm}^2$	$= \alpha_{cc} \times fck / \gamma_c$
Resistenza caratteristica di snervamento acciaio	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$	
Coefficiente sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1,15$	
Snervamento di calcolo acciaio	$f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2$	$= f_{yd} / \gamma_s$
Forza di taglio di calcolo	Vsd = 180 kN	
Forza assiale di calcolo	Nsd = 0 kN	
Larghezza sezione	$b_w = 100 \text{ cm}$	
altezza della sezione	H = 50 cm	
Copriferro	c = 3 cm	
Diametro barre superiori	$\phi_2 = 16 \text{ mm}$	(armatura compressa)
Diametro barre inferiori	$\phi_1 = 16 \text{ mm}$	(armatura tesa)
Diametro staffe	$\phi_{st} = 0 \text{ mm}$	
Numero di barre superiori	N ₂ = 5	
Numero di barre inferiori	N ₁ = 5	
altezza utile della sezione	d = 46,2 cm	

Resistenza di calcolo dell'elemento senza armatura a taglio: Vrd1 (rif. cap. 4.1.2.1.3.1 del D.M. 2008)

$Vrd1 = \{ [0.18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times fck)^{1/3} / \gamma_c] + 0.15 \times \sigma_{cp} \} \times (b_w \times d)$
 con $Vrd1 \geq Vrd1min = \{ Vmin + 0.15 \times \sigma_{cp} \} \times (b_w \times d)$

$K = 1 + (200 / d)^{0.5} < 2.00$ $K = 1,66$
 $Vmin = 0.035 \times K^{1.5} \times fck^{0.5}$ $Vmin = 0,40 \text{ N/mm}^2$

$\rho_1 = A_{s1} / (b_w \times d) \leq 0.02$
 $A_{s1} = 10,05 \text{ cm}^2 = 1005 \text{ mm}^2$
 $\rho_1 = 0,0022$

$\sigma_{cp} = -Nsd / A_{cs} \leq 0.2 fcd$ $\sigma_{cp} = 0,00 \text{ N/mm}^2$

Vrd1 = 170 kN	OK! - VERIFICA SODDISFATTA
Vrdmin = 186 kN	
Vrd1 = 186 kN	

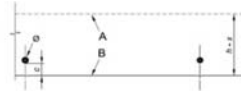
Non è necessario disporre armatura al taglio nelle pareti.

Verifica a fessurazione

Sezione in campata

STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE - Rif. UNI EN 1992-1-1:2005 Par.7.6

Geometria della sezione	
Altezza della sezione	h = 500 (mm)
Larghezza della sezione	b = 1000 (mm)
Altezza utile della sezione	d = 470 (mm)
Distanza tra asse armatura e lembo compresso	d' = 30 (mm)
Ricoprimento dell'armatura	c = 30 (mm)
Armatura tesa ordinaria	
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	n _{s1} = 5 [-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	φ _{s1} = 16 (mm)
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	A _{s1} = 1005 (mm ²)
Armatura tesa di infillimento	
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	n _{s2} = 0 [-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	φ _{s2} = 0 (mm)
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	A _{s2} = 0 (mm ²)



Caratteristiche dei materiali	
Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo	f _{ck} = 35 (MPa)
Resistenza a trazione media del calcestruzzo	f _{ctm} = 3.2 (MPa)
Modulo di elasticità del calcestruzzo	E _{cm} = 34077 (MPa)
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f _{yk} = 450 (MPa)
Modulo di elasticità dell'acciaio	E _s = 200000 (MPa)

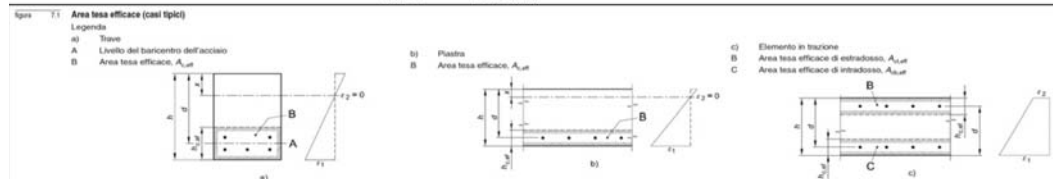
$$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{0.67} \leq C50/60$$

$$f_{ctm} = 2.12 \times \ln[1 + (f_{ck}/10)] > C50/60$$

$$E_{cm} = 22 [(f_{cm})/10]^{0.3}$$

DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE	
Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ _s = 36.52 (MPa)
Asse neutro della sezione	X = 12.78 (mm)
Tipo e durata dei carichi applicati	
Coefficiente di omogeneizzazione	α _c = 5.87 [-]
Area totale delle armature presenti nella zona tesa	A _{s,eff.1} = 75000 (mm ²)
Area efficace tesa di calcestruzzo	A _{c,eff.2} = 162407 (mm ²)
	A _{c,eff.3} = 250000 (mm ²)
	A _{c,eff.min} = 75000 (mm ²)

A_{c,eff} è l'area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura ordinaria o a quella di precompressione di altezza, h_{c,eff}, dove h_{c,eff} è il minore tra 2.5 (h-d), (h-x)/3 o h/2 (vedere figura 7.1);



Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso	ρ _{s,eff} = 0.01340 [-]
Resistenza efficace media del calcestruzzo	f _{td,eff} = 3.2 (MPa)
Fattore di durata del carico	k ₁ = 0.4 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cis	
(ε _{sm} - ε _{cm}) _{lim}	0.000110 [-]
(ε _{sm} - ε _{cm}) _{calc}	-0.000334 [-]
(ε _{sm} - ε _{cm})	0.000110 [-]

$$p_{p,eff} = (A_s + \alpha_1^2 A_p) / A_{c,eff}$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \alpha_s - k_1 \frac{f_{td,eff}}{p_{p,eff}} (1 + \alpha_{ep} p_{p,eff}) \geq 0.6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)	s = 150 (mm)
Diametro equivalente delle barre	φ _{eq} = 16.00 (mm)
Spaziatura massima di riferimento	s _{max,ref} = 150 (mm)
Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione	
k ₁	0.800 [-]
k ₂	1.000 [-]
k ₃	3.400 [-]
k ₄	0.425 [-]

$$\phi_{eq} = \frac{n_1 \phi_1^2 + n_2 \phi_2^2}{n_1 \phi_1 + n_2 \phi_2}$$

k₁ è un coefficiente che tiene conto delle proprietà di aderenza dell'armatura aderente:
 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata,
 = 1.6 per barre con una superficie effettivamente liscia (per esempio, armatura di precompressione);
 k₂ è un coefficiente che tiene conto della distribuzione delle deformazioni:
 = 0.5 per flessione,
 = 1.0 per trazione pura.
 In caso di trazione eccentrica, o per singole parti di sezione, si raccomanda di utilizzare valori intermedi di k₂, che possono essere calcolati con la relazione:
 $k_2 = (e_1 + e_2) / 2e_1$ (7.13)
 dove e₁ ed e₂ sono rispettivamente la più grande e la più piccola deformazione di trazione alle estremità della sezione considerata, calcolate per sezione fessurata.
 I valori di k₁ e k₂ da adottare in uno Stato possono essere reperiti nella sua appendice nazionale. I valori raccomandati sono rispettivamente 3.4 e 0.425.

Distanza massima tra le fessure	s _{max.1} = 508 (mm)
	s _{max.2} = 633 (mm)
	s _{max} = 508 (mm)

Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente	w _{k,lim} = 0.20 (mm)
Ampiezza delle fessure (di calcolo)	w _k = 0.09 (mm)

$$w_k = S_{t,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

proprietà 7.10 Valori raccomandati di w_{max} (mm)

Classe di esposizione	Elementi di calcestruzzo armato normale e precompresso con casi non aderenti		Elementi precompressi con casi aderenti	
	Combinazione di carico quasi-permanente		Combinazione di carico frequente	
X0, XC1	0.4 ¹		0.2	
XC2, XC3, XC4	0.3		0.2 ²	
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3			Decompressione	

Nota 1 Per le classi di esposizione XS, XC1, l'ampiezza delle fessure non influenzerà la durabilità e questo limite è posto per garantire un aspetto accettabile. In assenza di requisiti relativi all'aspetto questo limite può essere mitigato.
 Nota 2 Per queste classi di esposizione, inoltre, si raccomanda che la decompressione sia verificata sotto la combinazione di carico quasi-permanente.

Tabella 4.1.III - Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w _k	Stato limite	w _k
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	≤ w ₂	ap. fessure	≤ w ₁
		quasi permanente	ap. fessure	≤ w ₁	ap. fessure	≤ w ₁
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	≤ w ₁	ap. fessure	≤ w ₁
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w ₁
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	≤ w ₁
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w ₁

w₁, w₂, w₃ sono definiti al § 4.1.2.2.4.1, il valore di calcolo w_k è definito al § 4.1.2.2.4.6.

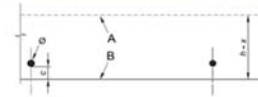
Sezione all'incastro centrale e laterale

STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE - Rif. UNI EN 1992-1-1: 2005 Par.7.3

Geometria della sezione	
Altezza della sezione	h = 500 [mm]
Larghezza della sezione	b = 1000 [mm]
Altezza utile della sezione	d = 470 [mm]
Distanza tra asse armatura e lembo compresso	d' = 30 [mm]
Ricoprimento dell'armatura	c = 30 [mm]
Armatura tesa ordinaria	
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	n _{s,1} = 5 [-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	φ _{s,1} = 16 [mm]
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	A _{s,eff1} = 1005 [mm ²]
Armatura tesa di infillimento	
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	n _{s,2} = 5 [-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	φ _{s,2} = 18 [mm]
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	A _{s,eff2} = 1272 [mm ²]

Caratteristiche dei materiali	
Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo	f _{ck} = 35 [MPa]
Resistenza a trazione media del calcestruzzo	f _{ctm} = 3,2 [MPa]
Modulo di elasticità del calcestruzzo	E _{cm} = 34077 [MPa]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f _{yk} = 450 [MPa]
Modulo di elasticità dell'acciaio	E _s = 200000 [MPa]

DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE	
Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ _s = 67 [MPa]
Asse neutro della sezione	X = 9,9 [mm]
Tipo e durata dei carichi applicati	Lunga
Coefficiente di omogeneizzazione	ψ ₀ = 5,97 [-]
Area totale delle armature presenti nella zona tesa	A _s = 2279 [mm ²]
Area efficace tesa di calcestruzzo	A _{c,eff1} = 75000 [mm ²]
	A _{c,eff2} = 163367 [mm ²]
	A _{c,eff3} = 250000 [mm ²]
	A _{c,eff,min} = 75000 [mm ²]



$$f_{cm} = 0,30 \times f_{ck}^{0,67} \leq C50/60$$

$$f_{cm} = 2,12 \times \ln \left[1 + (f_{ck}/10) \right] > C50/60$$

$$E_{cm} = 22 \left[(f_{cm})^{1,667} \right]$$

A_{c,eff} è l'area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura ordinaria o a quella di precompressione di altezza, h_{c,eff}, dove h_{c,eff} è il minore tra 2,5 (h-d), (h-x)/3 o h/2 (vedere figura 7.1).

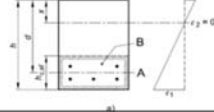
Figura 7.1 Area tesa efficace (casi tipici)

Legenda

a) Trave

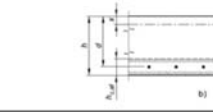
A Livello del baricentro dell'acciaio

B Area tesa efficace, A_{c,eff}



b) Piastra

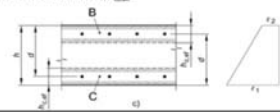
B Area tesa efficace, A_{c,eff}



c) Elemento in trazione

B Area tesa efficace di intradosso, A_{c,eff}

C Area tesa efficace di intradosso, A_{c,eff}



Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso	ρ _{s,eff} = 0,03037 [-]
Resistenza efficace media del calcestruzzo	f _{ct,eff} = 3,2 [MPa]
Fattore di durata del carico	k ₁ = 0,4 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel calcestruzzo	[ε _{sm} - ε _{cm}] _{lim} = 0,000201 [-]
	[ε _{sm} - ε _{cm}] _{cal} = 0,000036 [-]
	[ε _{sm} - ε _{cm}] _{acc} = 0,000201 [-]

Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)	s = 150 [mm]
Diametro equivalente delle barre	φ _{eq} = 17,06 [mm]
Spaziatura massima di riferimento	s _{max,ref} = 192,6471 [mm]
Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione	k ₁ = 0,890 [-]
	k ₂ = 1,000 [-]
	k ₃ = 3,400 [-]
	k ₄ = 0,425 [-]

Distanza massima tra le fessure	s _{1,max1} = 293 [mm]
	s _{1,max2} = 637 [mm]
	s _{1,max} = 293 [mm]

Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente	w _{k,lim} = 0,20 [mm]
Ampiezza delle fessure (di calcolo)	w _k = 0,06 [mm]

$$w_k = S_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

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

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

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

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

Tabella 4.1.III - Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w _d	Stato limite	w _d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	≤ w ₂	ap. fessure	≤ w ₃
		quasi permanente	ap. fessure	≤ w ₁	ap. fessure	≤ w ₃
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	≤ w ₁	ap. fessure	≤ w ₃
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w ₁
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	≤ w ₁
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w ₁

w₁, w₂, w₃ sono definiti al § 4.1.2.2.4.1, il valore di calcolo w_d, è definito al § 4.1.2.2.4.6.

$$\rho_{s,eff} = (A_s + \sigma_1^2 A_p) / A_{c,eff}$$

$$f_{ct,eff} = \sigma_s - k_1 \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{s,eff}} (1 + \alpha_e \rho_{s,eff}) \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$\phi_{eq} = \frac{n_1 \phi_1^2 + n_2 \phi_2^2}{n_1 \phi_1 + n_2 \phi_2}$$

k₁ è un coefficiente che tiene conto delle proprietà di aderenza dell'armatura aderente:

= 0,8 per barre ad aderenza migliorata,
= 1,6 per barre con una superficie effettivamente liscia (per esempio, armatura di precompressione);

k₂ è un coefficiente che tiene conto della distribuzione delle deformazioni:

= 0,5 per flessione,
= 1,0 per trazione pura.

In caso di trazione eccentrica, o per singole parti di sezione, si raccomanda di utilizzare valori intermedi di k₂, che possono essere calcolati con la relazione:

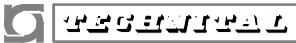
$$k_2 = (e_1 + e_2) / 2r_1 \quad (7.13)$$

dove e₁ ed e₂ sono rispettivamente la più grande e la più piccola deformazione di trazione alle estremità della sezione considerata, calcolate per sezione fessurata.

I valori di k₁ e k₂ da adottare in uno Stato possono essere reperiti nella sua appendice nazionale. I valori raccomandati sono rispettivamente 3,4 e 0,425.

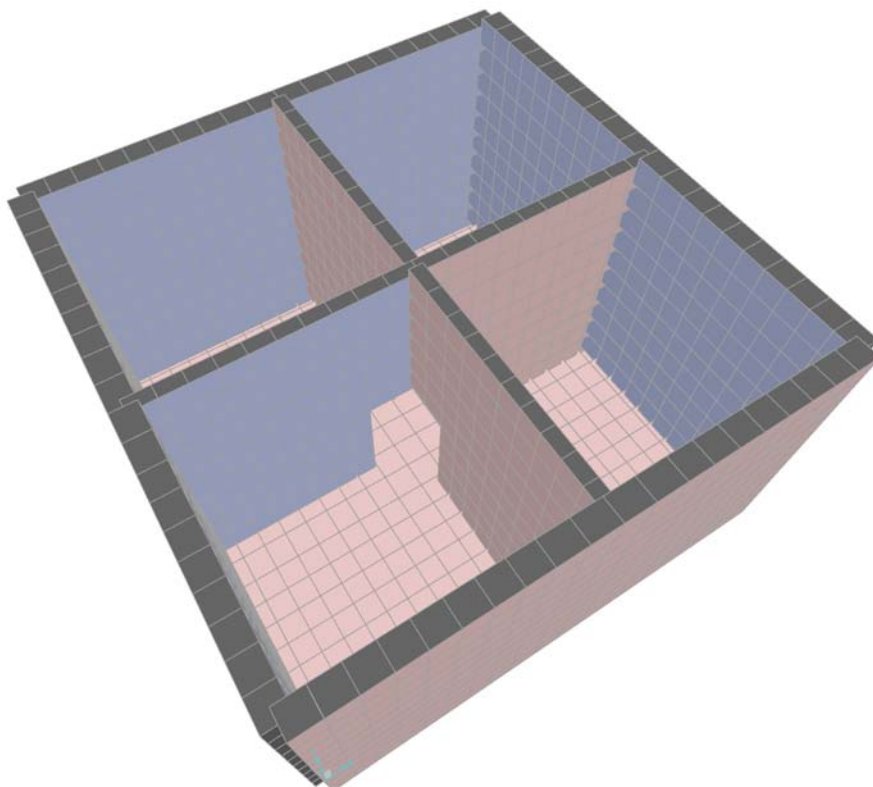
$$S_{r,max} = k_3 C + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{s,eff}$$

$$S_{r,max} = 1,3 (h - x)$$

	Rev. 0	Data Marzo 2011	El. A18-9-i500	Pag. n. 45
	Rev.			

8. ALLEGATI GRAFICI

8.1. Modello 3D della struttura (esclusa soletta superiore)



8.2. Involuppo grafico delle sollecitazioni flettenti agli SLU

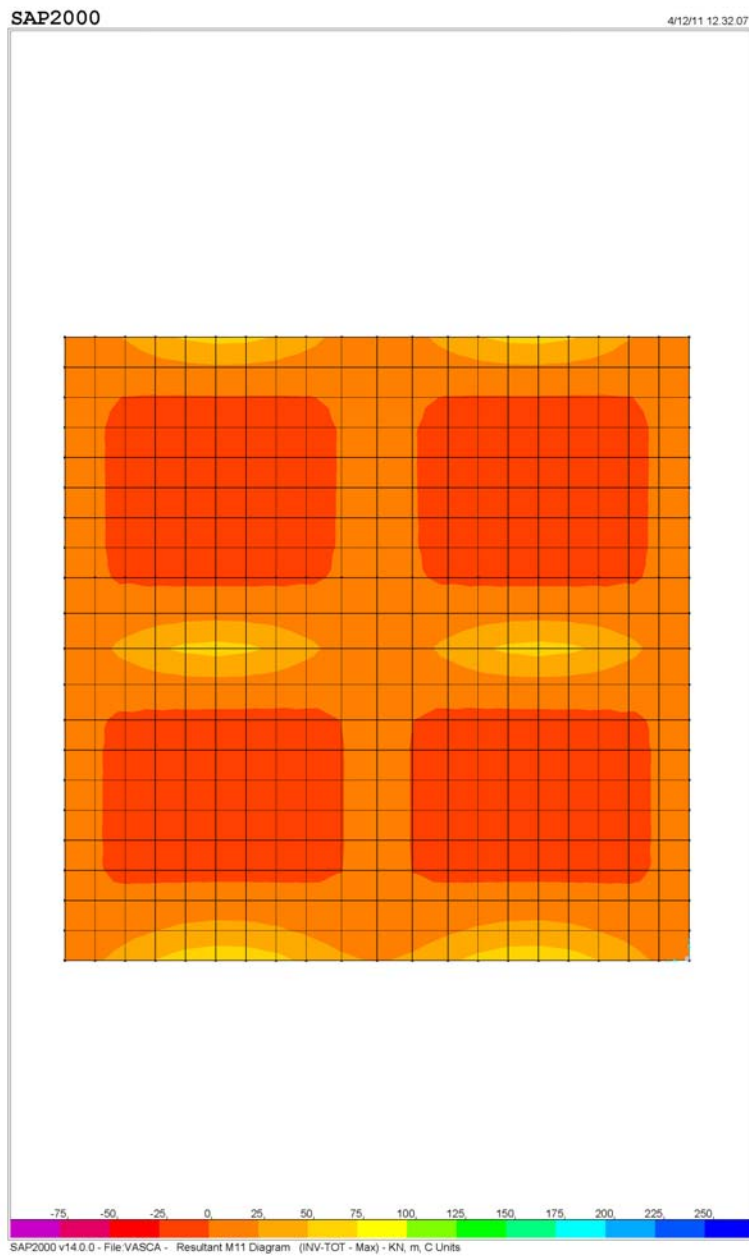
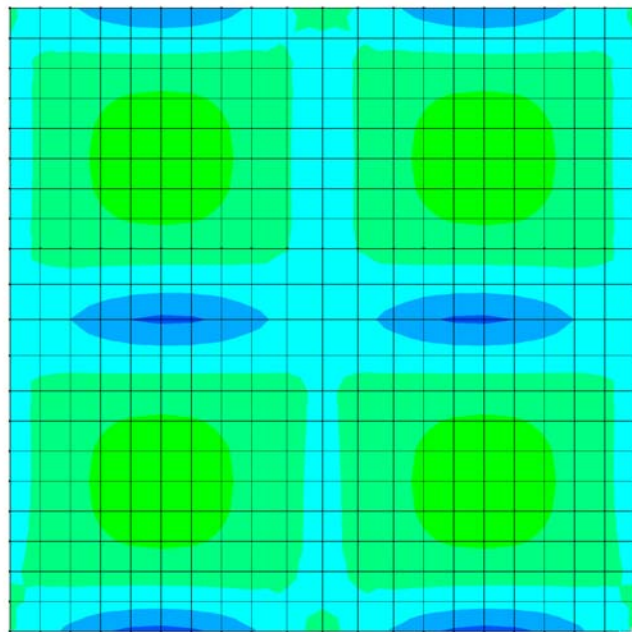


Figura 1 – Soletta superiore – M_{11max}

SAP2000

4/12/11 12:32:29

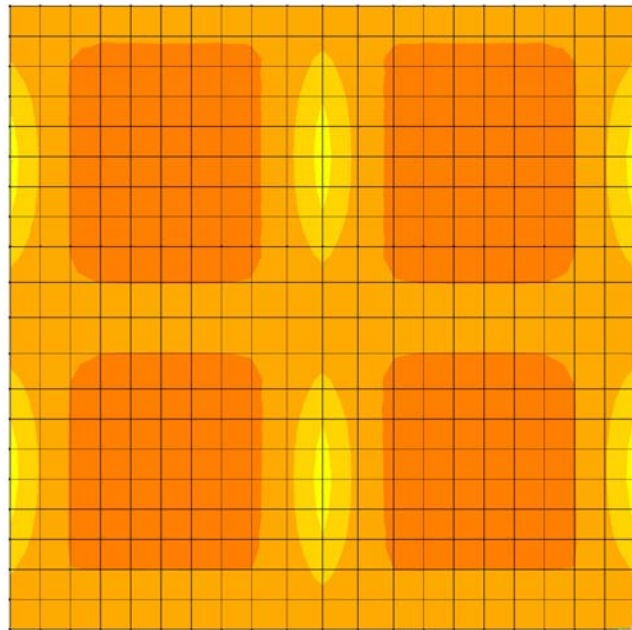


-170 -153 -136 -119 -102 -85 -68 -51 -34 -17 0 17 34 51
SAP2000 v14.0.0 - File:VASCA - Resultant M11 Diagram (INV-TOT - Min) - KN, m, C Units

Figura 2 – Soletta superiore – M_{11min}

SAP2000

4/12/11 12:33:30

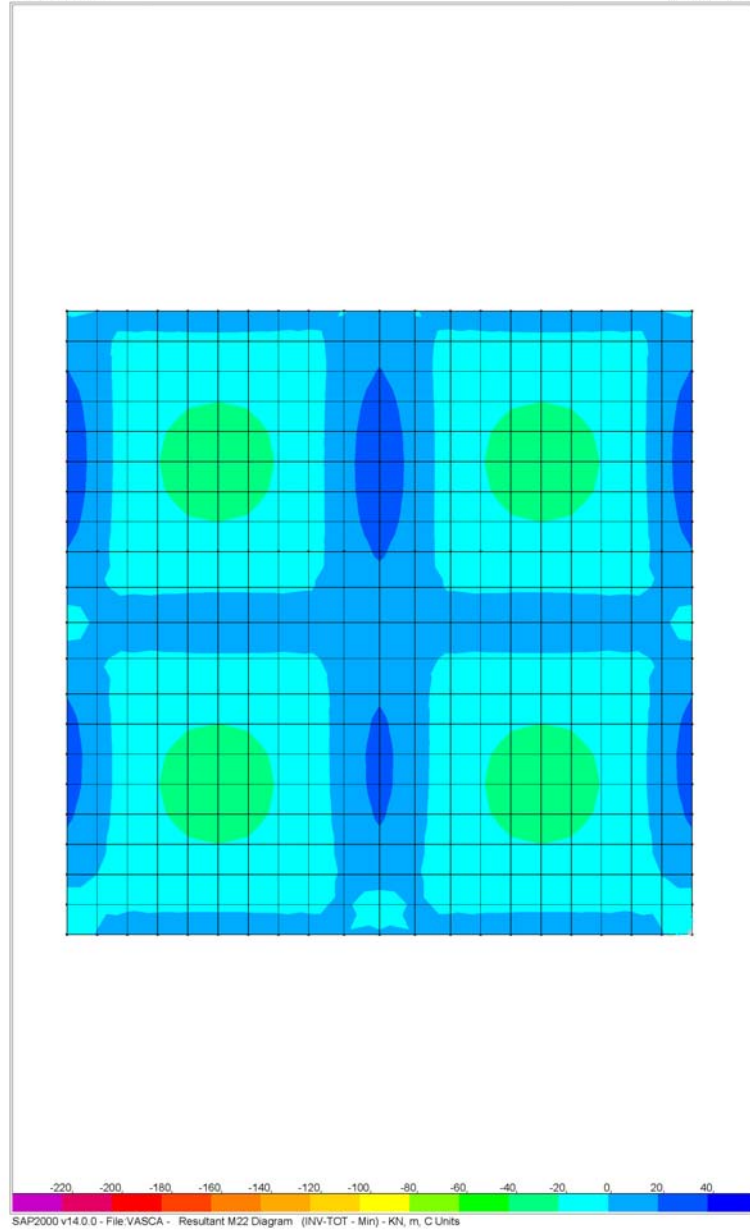


-96 -72 -48 -24 0 24 48 72 96 120 144 168 192 216
SAP2000 v14.0.0 - File:VASCA - Resultant M22 Diagram (INV-TOT - Max) - KN, m, C Units

Figura 3 – Soletta superiore – M_{22max}

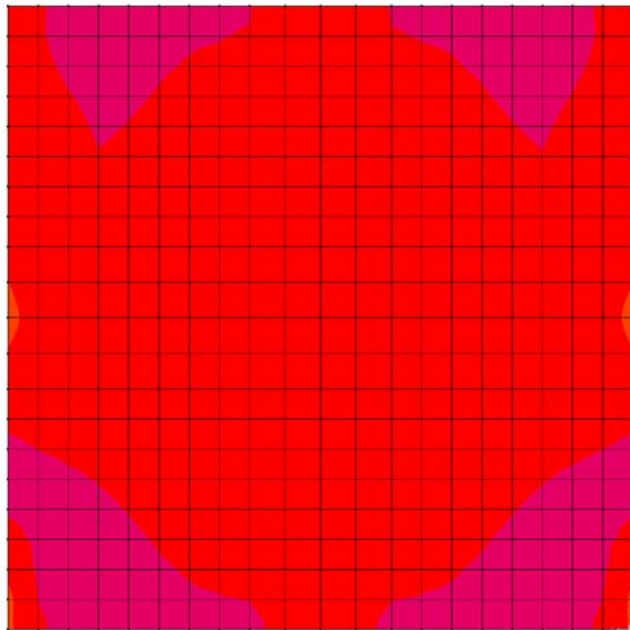
SAP2000

4/12/11 12:33:58

**Figura 4 – Soletta superiore – M_{22min}**

SAP2000

4/12/11 12:32:55

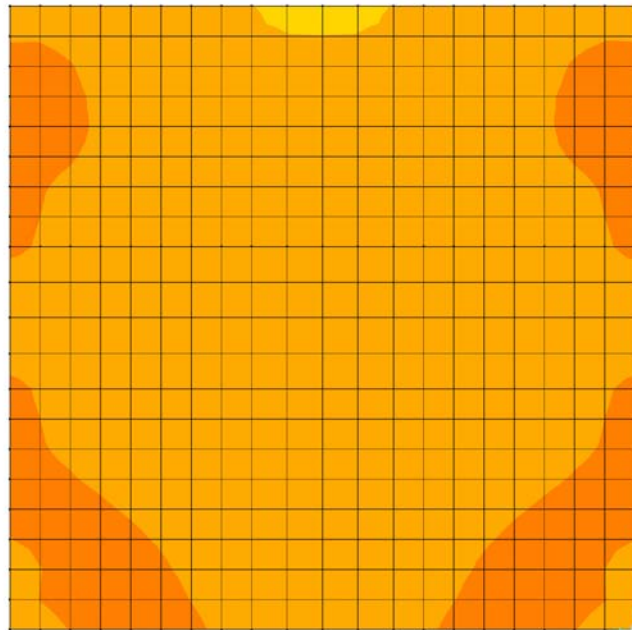


-75 0 75 150 225 300 375 450 525 600 675 750 825 900
SAP2000 v14.0.0 - File:VASCA - Resultant F11 Diagram (INV-TOT - Max) - KN, m, C Units

Figura 5 – Soletta superiore – F_{11}

SAP2000

4/12/11 12:34:20

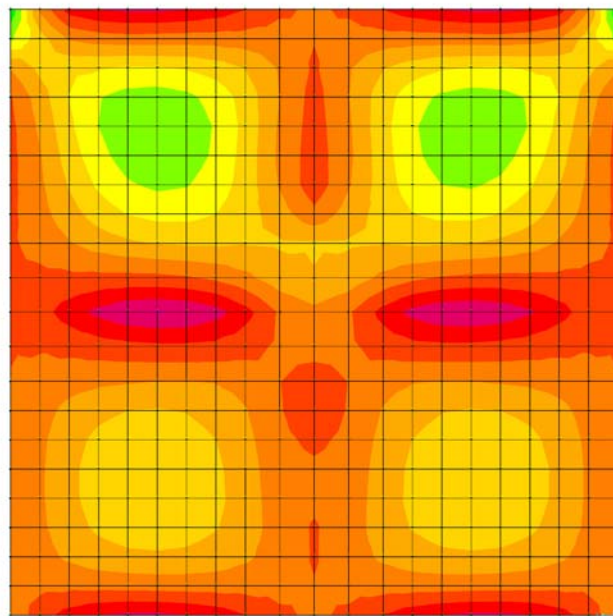


-0.52 -0.39 -0.26 -0.13 0.00 0.13 0.26 0.39 0.52 0.65 0.78 0.91 1.04 1.17 E+3
SAP2000 v14.0.0 - File:VASCA - Resultant F22 Diagram (INV-TOT - Max) - KN, m, C Units

Figura 6 – Soletta superiore – F_{22}

SAP2000

4/12/11 12:35:15

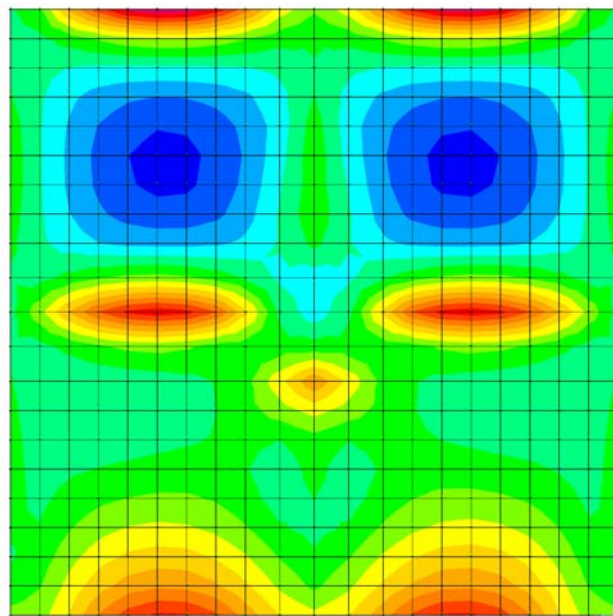


-75 -50 -25 0 25 50 75 100 125 150 175 200 225 250
SAP2000 v14.0.0 - File VASCA - Resultant M11 Diagram (INV-TOT - Max) - KN, m, C Units

Figura 7 – Soletta inferiore – M_{11max}

SAP2000

4/12/11 12:35:41

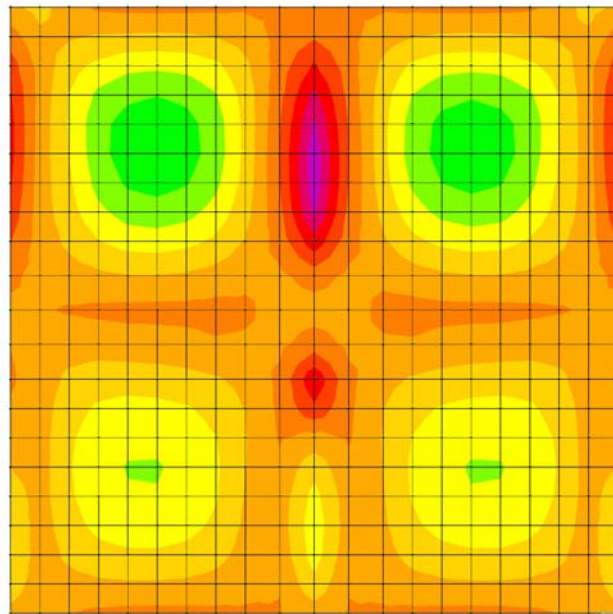


-170 -153 -136 -119 -102 -85 -68 -51 -34 -17 0 17 34 51
SAP2000 v14.0.0 - File VASCA - Resultant M11 Diagram (INV-TOT - Min) - KN, m, C Units

Figura 8 – Soletta inferiore – M_{11min}

SAP2000

4/12/11 12:36:50

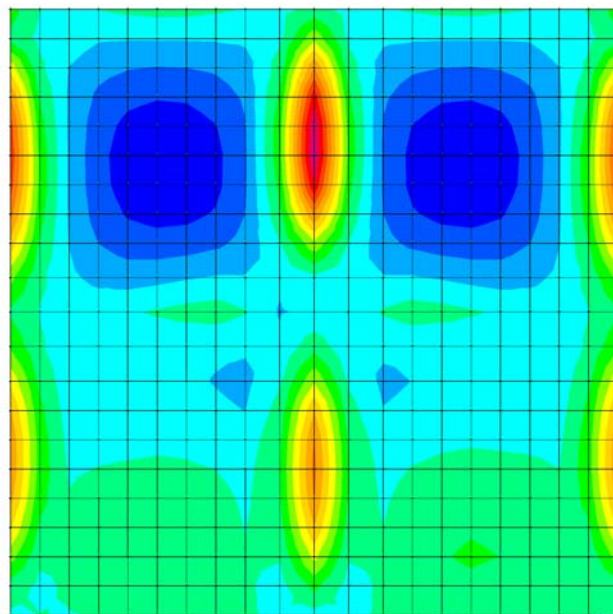


-96 -72 -48 -24 0 24 48 72 96 120 144 168 192 216
SAP2000 v14.0.0 - File VASCA - Resultant M22 Diagram (INV-TOT - Max) - KN, m, C Units

Figura 9 – Soletta inferiore – M_{22max}

SAP2000

4/12/11 12:37:25

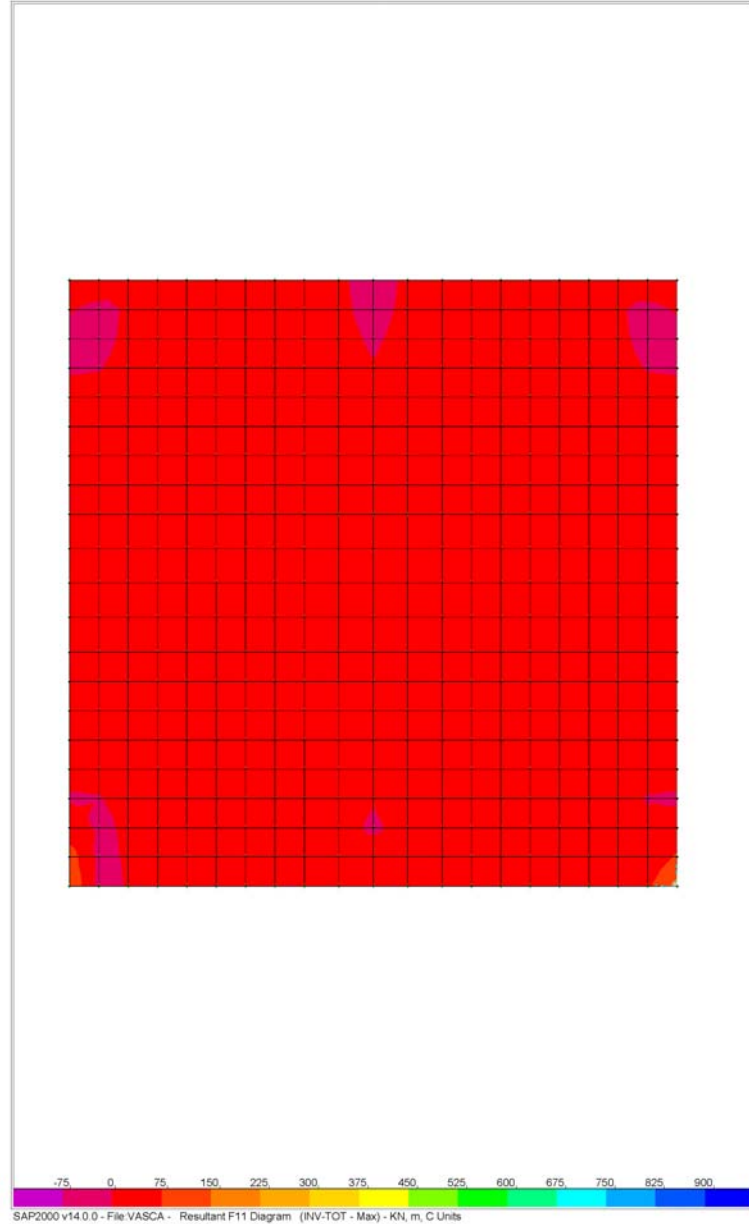


-220 -200 -180 -160 -140 -120 -100 -80 -60 -40 -20 0 20 40
SAP2000 v14.0.0 - File VASCA - Resultant M22 Diagram (INV-TOT - Min) - KN, m, C Units

Figura 10 – Soletta inferiore – M_{22min}

SAP2000

4/12/11 12:36:15

**Figura 11 – Soletta inferiore – F₁₁**

SAP2000

4/12/11 12:37:50

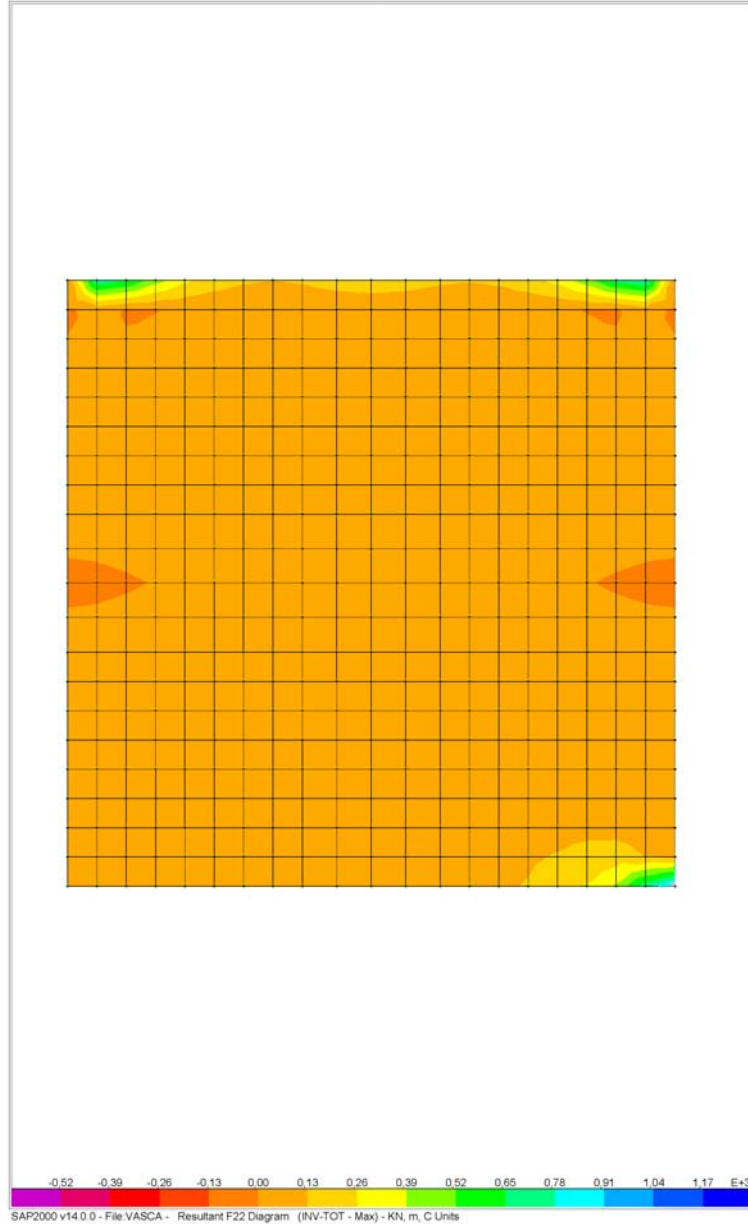
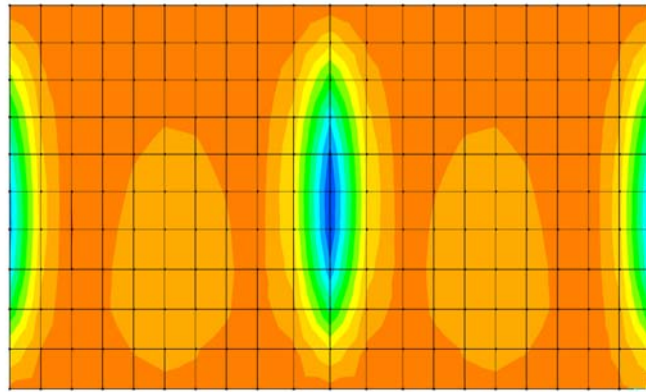


Figura 12 – Soletta inferiore – F_{22}

SAP2000

4/12/11 12:27:22

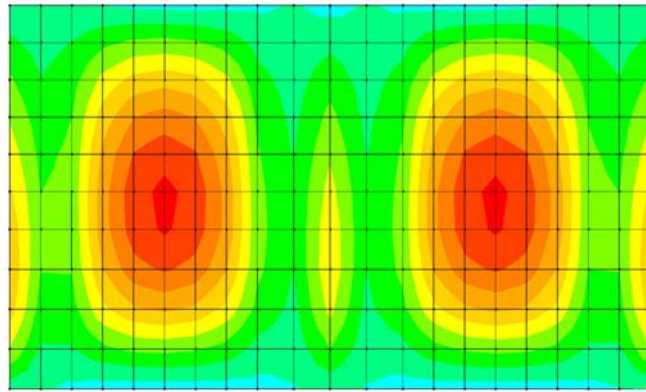


SAP2000 v14.0.0 - File VASCA - Resultant M11 Diagram (INV-TOT - Max) - KN, m, C Units

Figura 13 – Setto laterale – M_{11max}

SAP2000

4/12/11 12:27:51

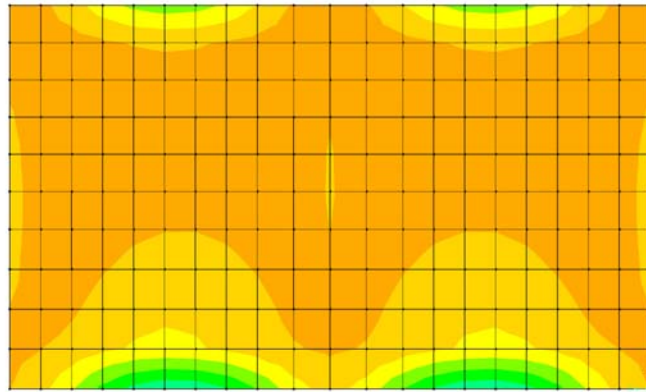


-170 -153 -136 -119 -102 -85 -68 -51 -34 -17 0 17 34 51
SAP2000 v14.0.0 - File VASCA - Resultant M11 Diagram (INV-TOT - Min) - KN, m, C Units

Figura 14 – Setto laterale – M_{11min}

SAP2000

4/12/11 12:28:48

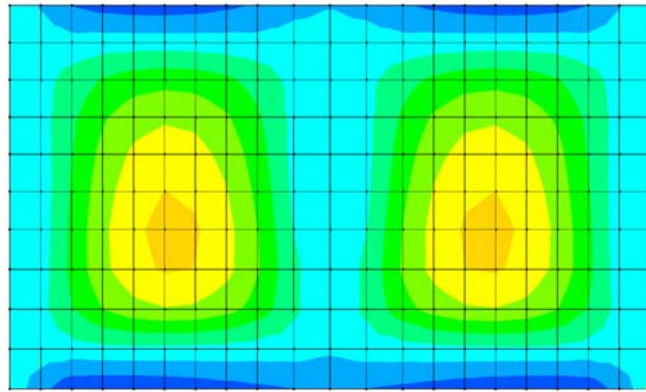


SAP2000 v14.0.0 - File VASCA - Resultant M22 Diagram (INV-TOT - Max) - KN, m, C Units

Figura 15 – Setto laterale – M_{22max}

SAP2000

4/12/11 12:29:11

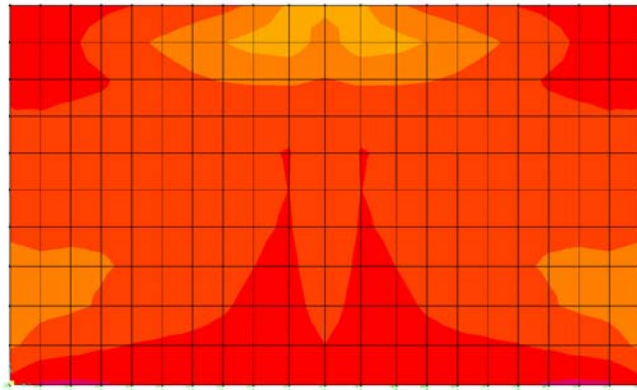


SAP2000 v14.0.0 - File VASCA - Resultant M22 Diagram (INV-TOT - Min) - KN, m, C Units

Figura 16 – Setto laterale – M_{22min}

SAP2000

4/13/11 14:50:33

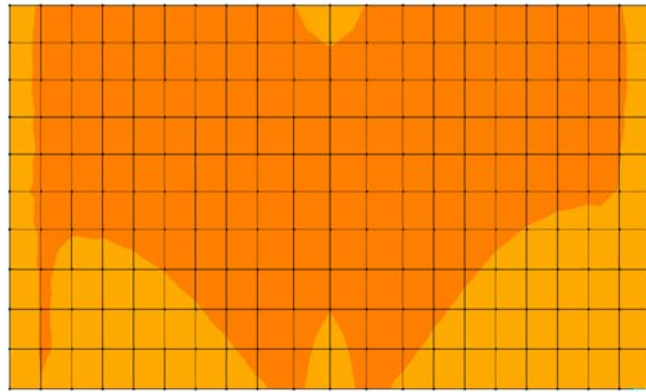


-55 0 55 110 165 220 275 330 385 440 495 550 605 660
SAP2000 v14.0.0 - File VASCA - Resultant F11 Diagram (INV-TOT - Max) - KN, m, C Units

Figura 17 – Setto laterale – F_{11}

SAP2000

4/12/11 12:29:34

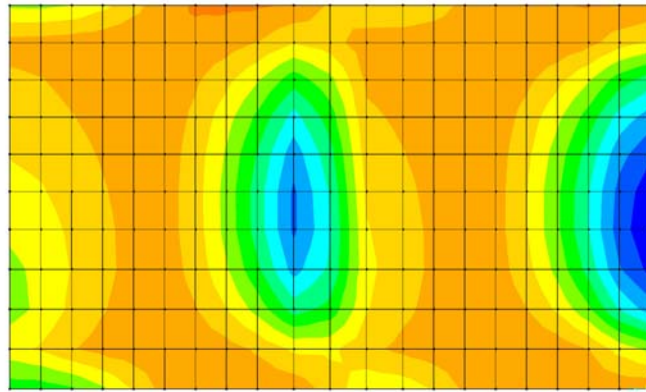


-0.52 -0.39 -0.26 -0.13 0.00 0.13 0.26 0.39 0.52 0.65 0.78 0.91 1.04 1.17 E+3
SAP2000 v14.0.0 - File VASCA - Resultant F22 Diagram (NV-TOT - Max) - KN, m, C Units

Figura 18 – Setto laterale – F₂₂

SAP2000

4/14/11 11:18:57

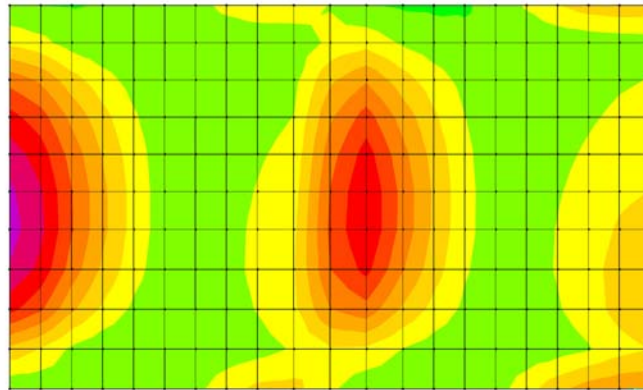


-120 -90 -60 -30 0 30 60 90 120 150 180 210 240 270
SAP2000 v14.0.0 - File:VASCA - Resultant V13 Diagram (INV-TOT - Max) - KN, m, C Units

Figura 19 – Setto laterale – V_{13max}

SAP2000

4/14/11 11:20:07

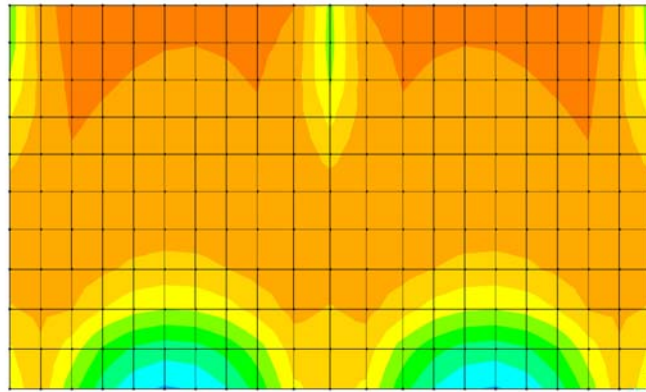


SAP2000 v14.0.0 - File:VASCA - Resultant V13 Diagram (INV-TOT - Min) - KN, m, C Units

Figura 20 – Setto laterale – V_{13min}

SAP2000

4/14/11 11:20:45

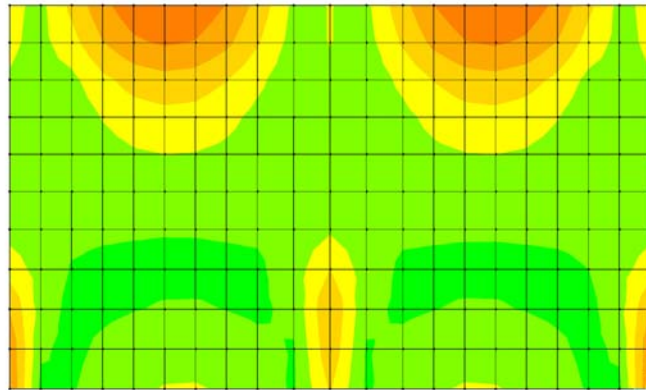


SAP2000 v14.0.0 - File:VASCA - Resultant V23 Diagram (INV-TOT - Max) - KN, m, C Units

Figura 21 – Setto laterale – V_{23max}

SAP2000

4/14/11 11:21:13

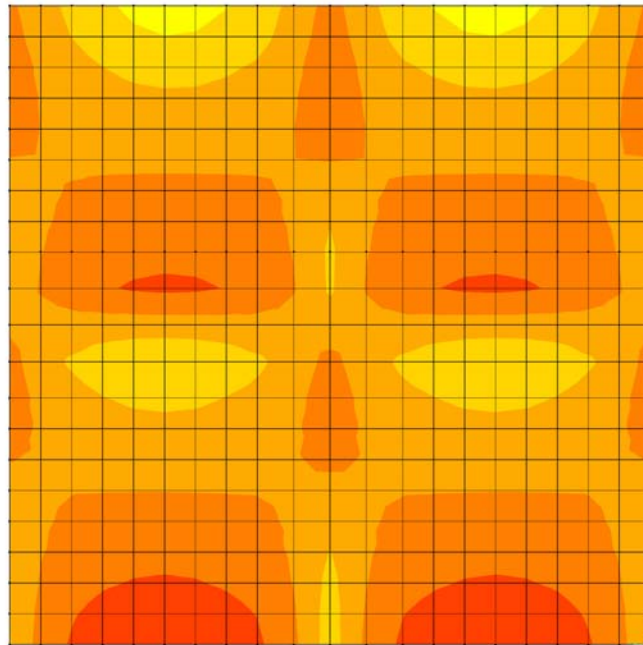


-280 -245 -210 -175 -140 -105 -70 -35 0 35 70 105 140 175
SAP2000 v14.0.0 - File VASCA - Resultant V23 Diagram (INV-TOT - Min) - KN, m, C Units

Figura 22 – Setto laterale – V_{23min}

SAP2000

4/14/11 11:24:50

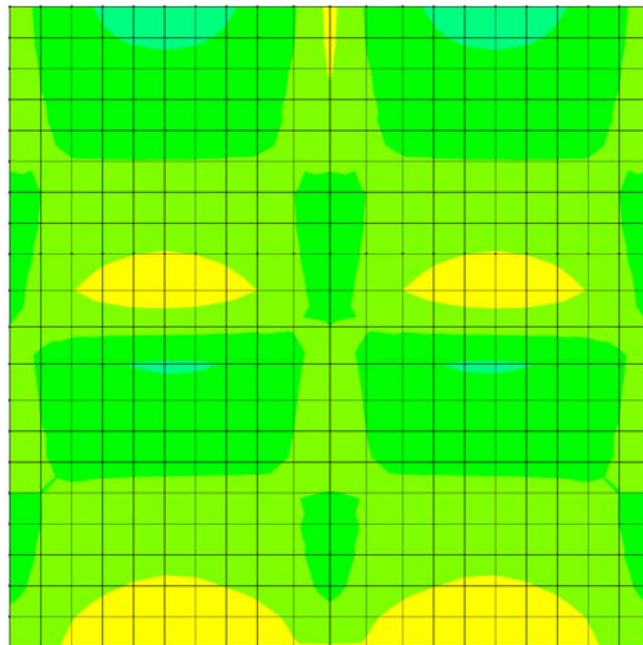


-120 -90 -60 -30 0 30 60 90 120 150 180 210 240 270
SAP2000 v14.0.0 - File VASCA - Resultant V13 Diagram (INV-TOT - Max) - KN, m, C Units

Figura 23 – Soletta superiore – V_{13max}

SAP2000

4/14/11 11:25:16

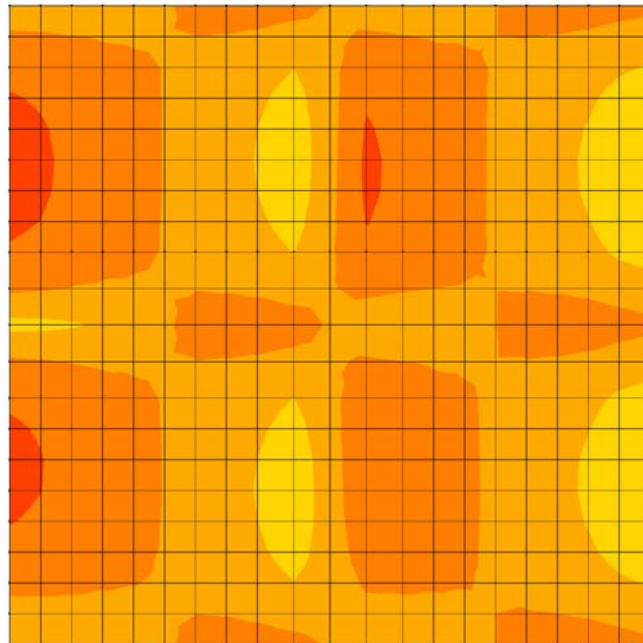


SAP2000 v14.0.0 - File: VASCA - Resultant V13 Diagram (INV-TOT - Min) - KN, m, C Units

Figura 24 – Soletta superiore – V_{13min}

SAP2000

4/14/11 11:26:00

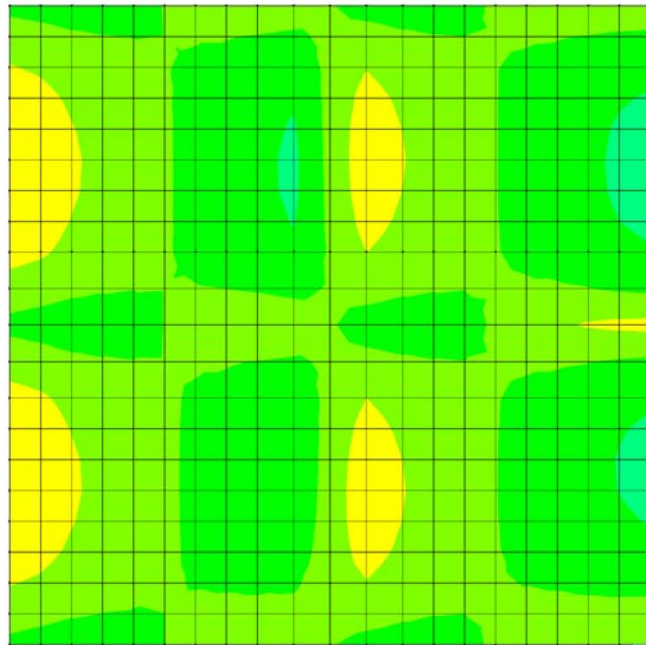


-140 -105 -70 -35 0 35 70 105 140 175 210 245 280 315
SAP2000 v14.0.0 - File VASCA - Resultant V23 Diagram (INV-TOT - Max) - KN, m, C Units

Figura 25 – Soletta superiore – V_{23max}

SAP2000

4/14/11 11:26:23

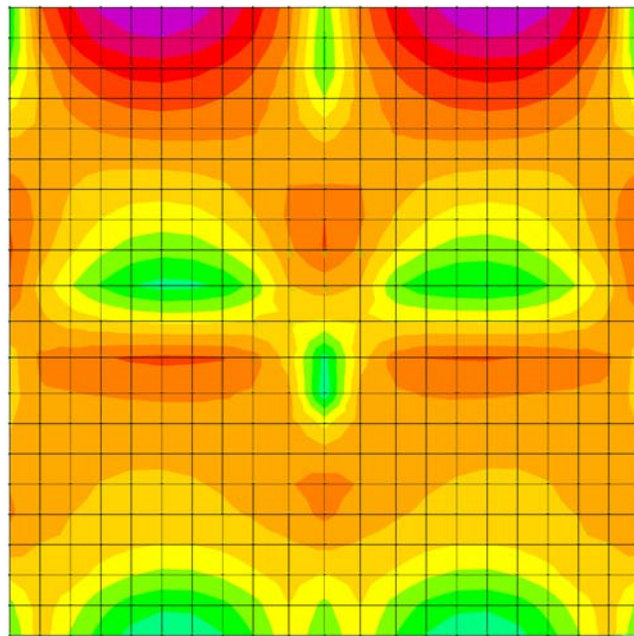


-280 -245 -210 -175 -140 -105 -70 -35 0 35 70 105 140 175
SAP2000 v14.0.0 - File VASCA - Resultant V23 Diagram (INV-TOT - Min) - KN, m, C Units

Figura 26 – Soletta superiore – V_{23min}

SAP2000

4/14/11 11:30:44

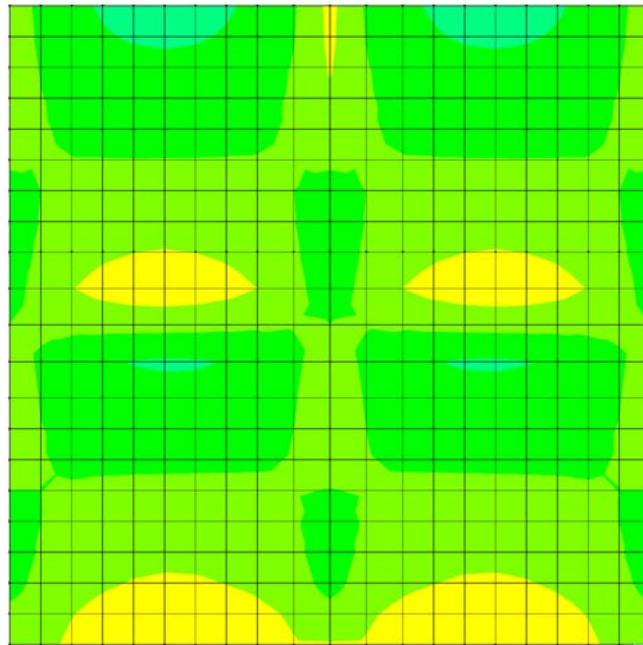


-120 -90 -60 -30 0 30 60 90 120 150 180 210 240 270
SAP2000 v14.0.0 - File VASCA - Resultant V13 Diagram (INV-TOT - Max) - KN, m, C Units

Figura 27 – Soletta inferiore – V_{13max}

SAP2000

4/14/11 11:25:16

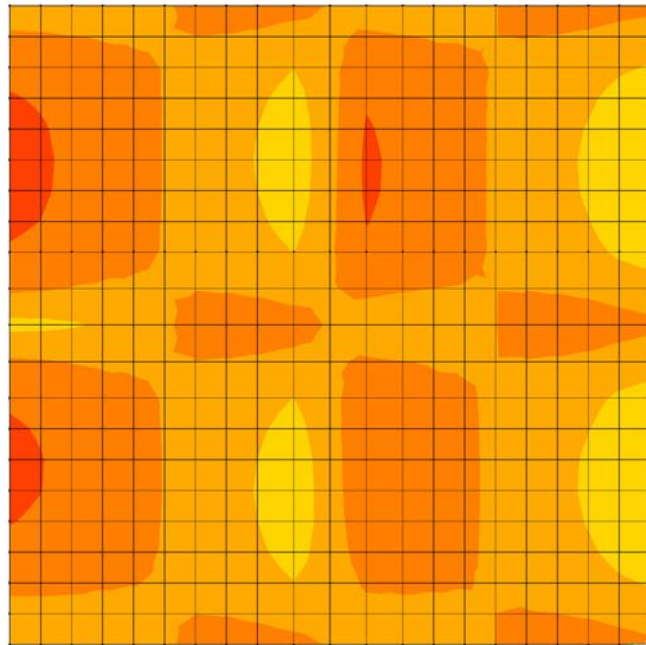


SAP2000 v14.0.0 - File:VASCA - Resultant V13 Diagram (INV-TOT - Min) - KN, m, C Units

Figura 28 – Soletta inferiore – V_{13min}

SAP2000

4/14/11 11:26:00

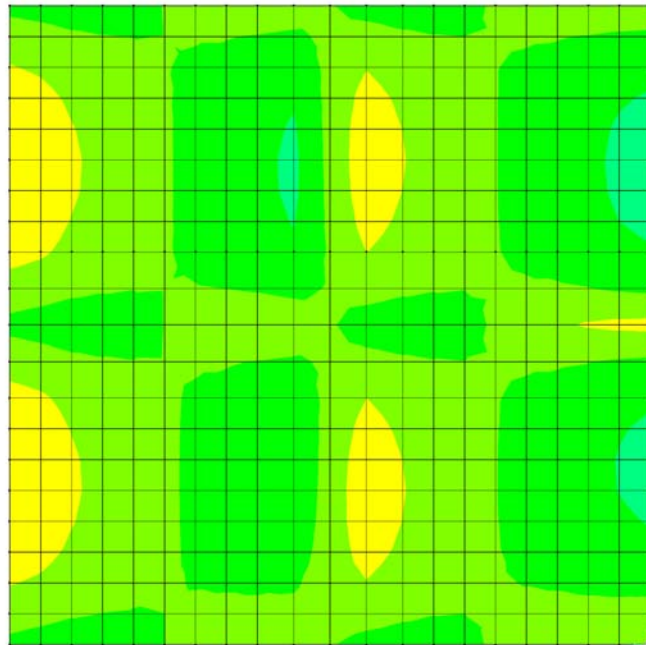


-140 -105 -70 -35 0 35 70 105 140 175 210 245 280 315
SAP2000 v14.0.0 - File VASCA - Resultant V23 Diagram (INV-TOT - Max) - KN, m, C Units

Figura 29 – Soletta inferiore – V_{23max}

SAP2000

4/14/11 11:26:23



SAP2000 v14.0.0 - File:VASCA - Resultant V23 Diagram (INV-TOT - Min) - KN, m, C Units

Figura 30 – Soletta inferiore – V_{23min}

8.3. Involuppo grafico delle sollecitazioni flettenti agli SLE

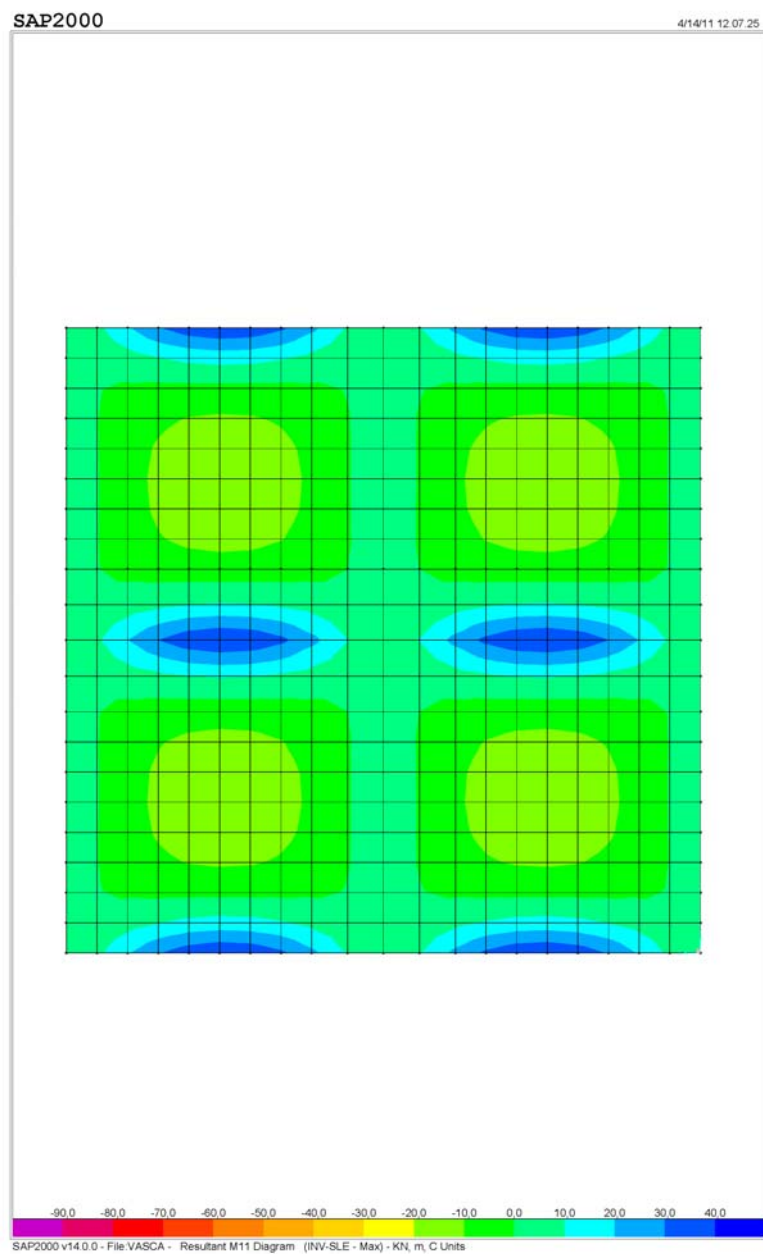


Figura 31 – Soletta superiore – M_{11max}

SAP2000

4/14/11 12:07:25

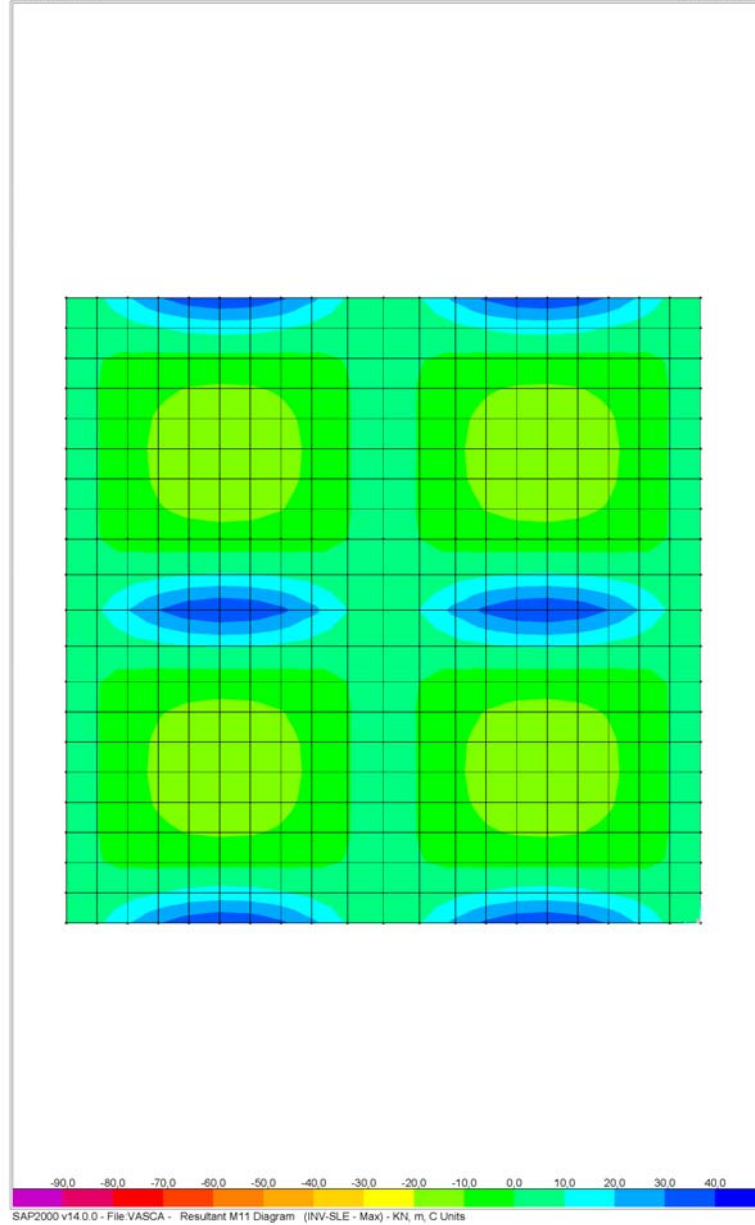


Figura 32 – Soletta superiore – M_{11min}

SAP2000

4/14/11 12:08:19

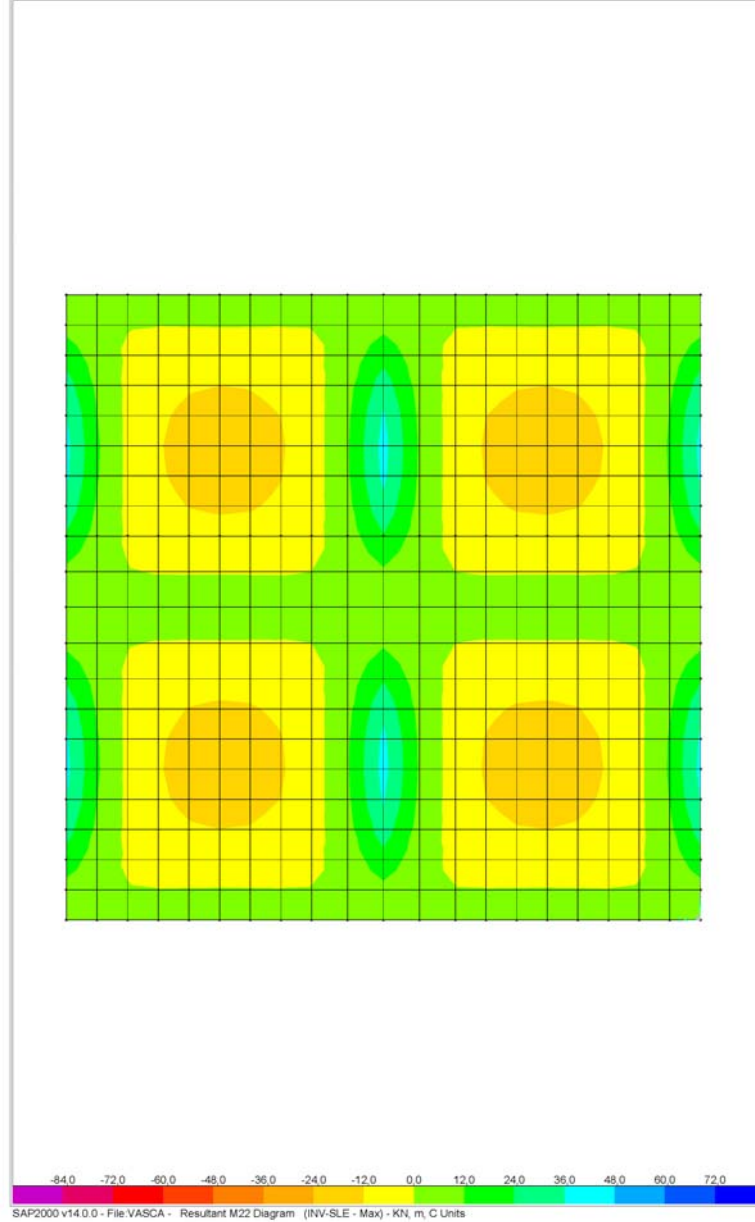


Figura 33 – Soletta superiore – M_{22max}

SAP2000

4/14/11 12:08:44

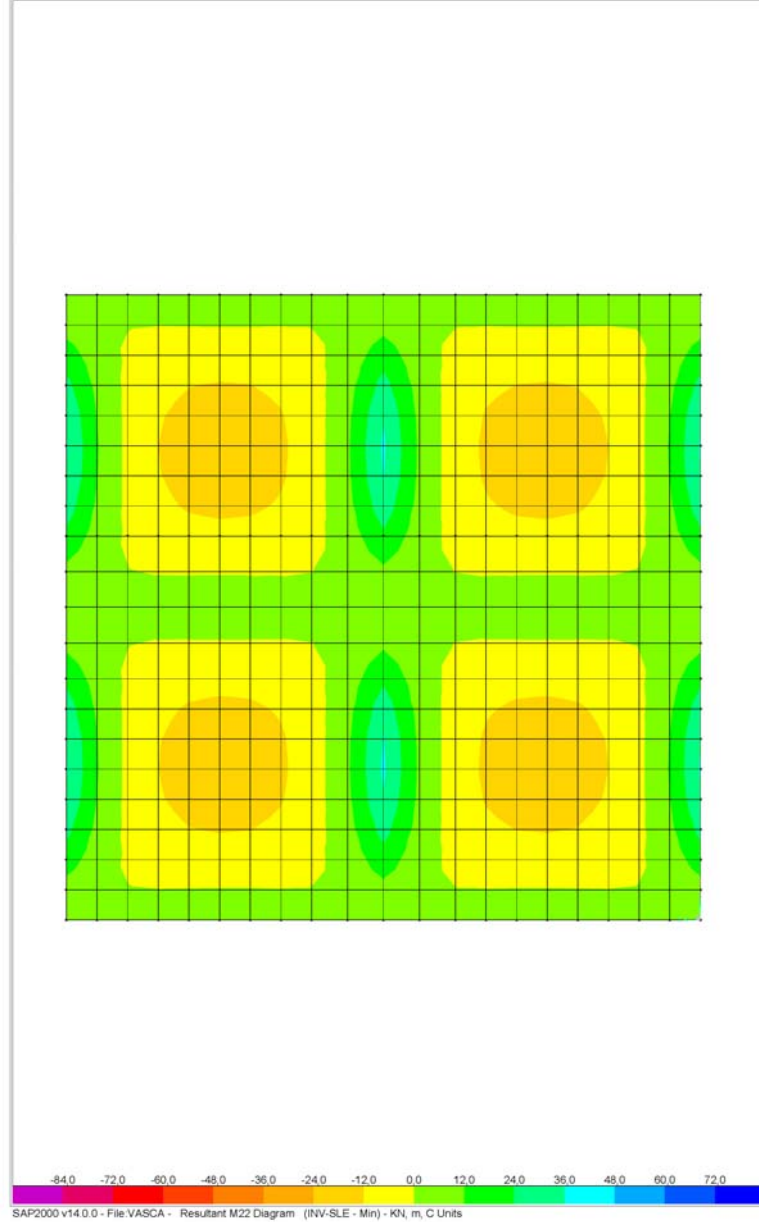
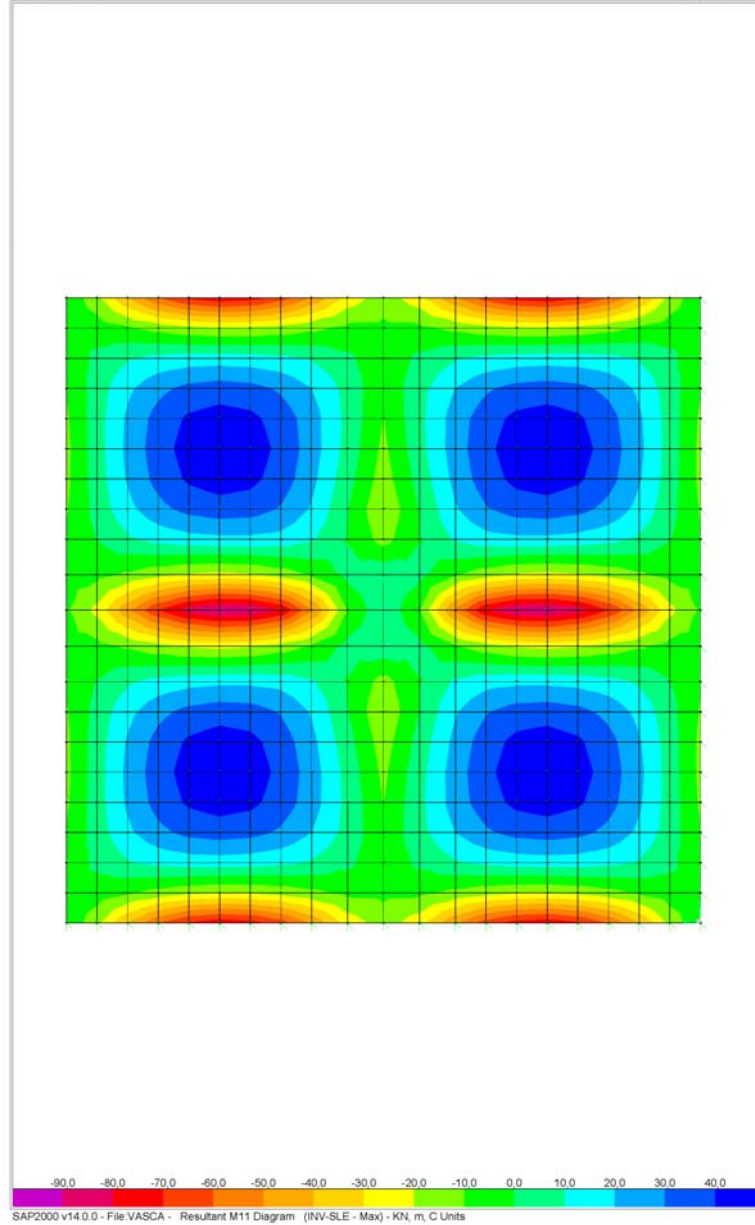


Figura 34 – Soletta superiore – M_{22min}

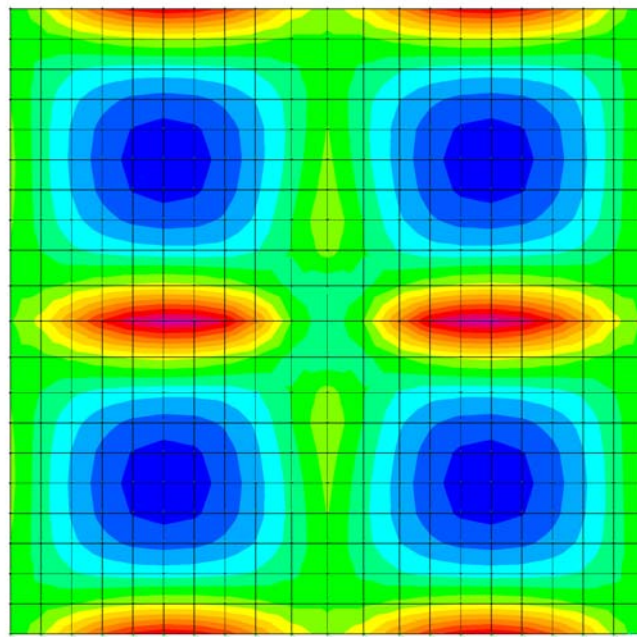
SAP2000

4/14/11 12.04.07

**Figura 35 – Soletta inferiore – M_{11max}**

SAP2000

4/14/11 12.04.39



-90.0 -80.0 -70.0 -60.0 -50.0 -40.0 -30.0 -20.0 -10.0 0.0 10.0 20.0 30.0 40.0
SAP2000 v14.0.0 - File:VASCA - Resultant M11 Diagram (INV-SLE - Min) - KN, m, C Units

Figura 36 – Soletta inferiore – M_{11min}

SAP2000

4/14/11 12:05:16

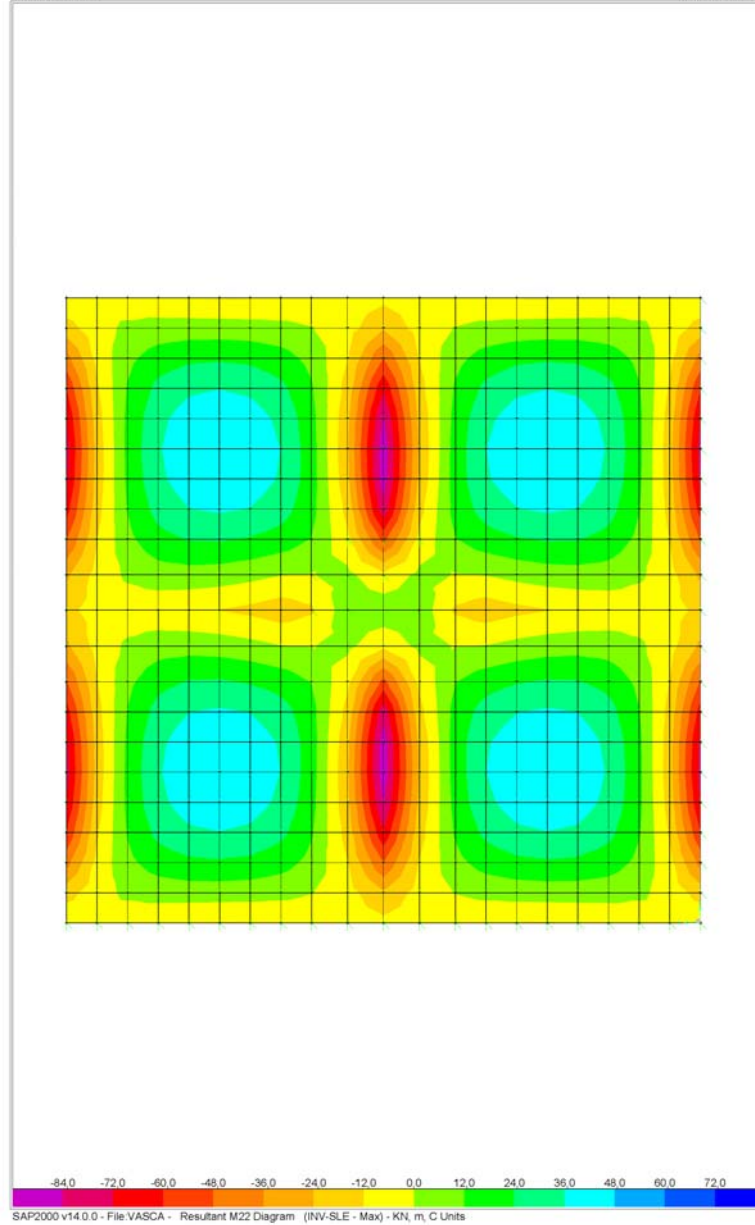


Figura 37 – Soletta inferiore – M_{22max}

SAP2000

4/14/11 12.06.18

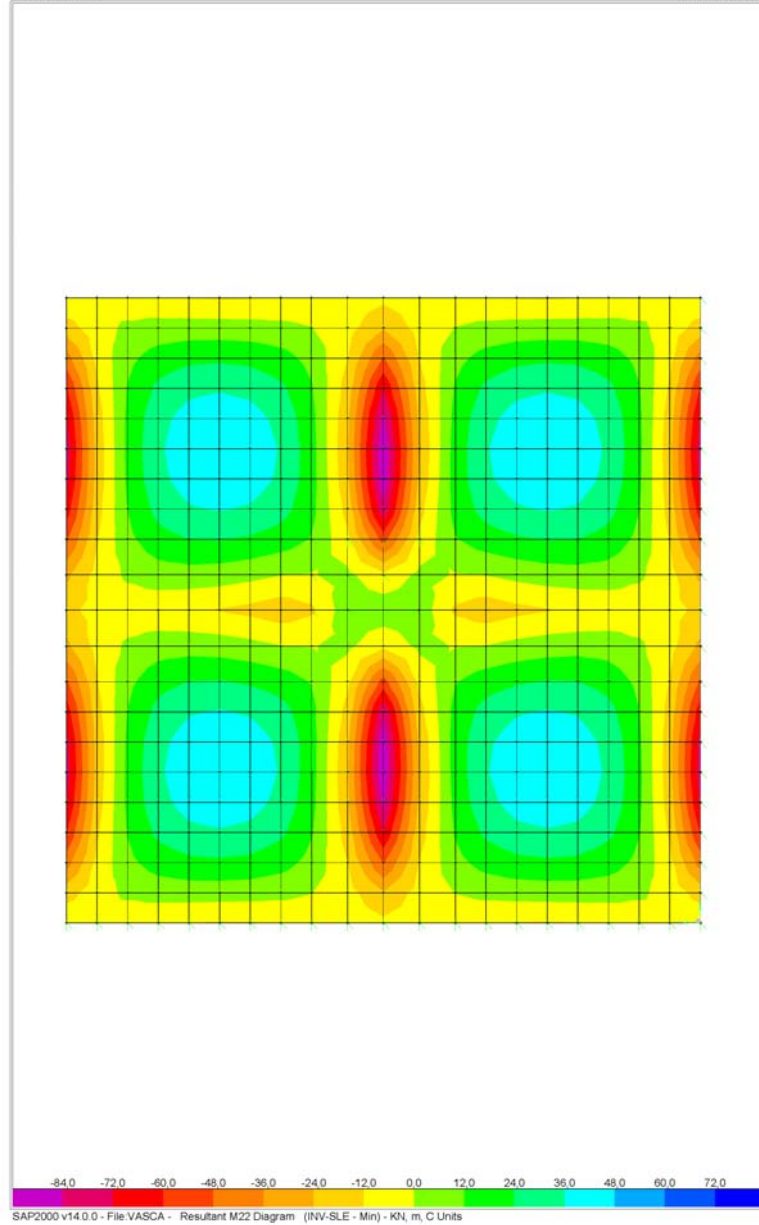
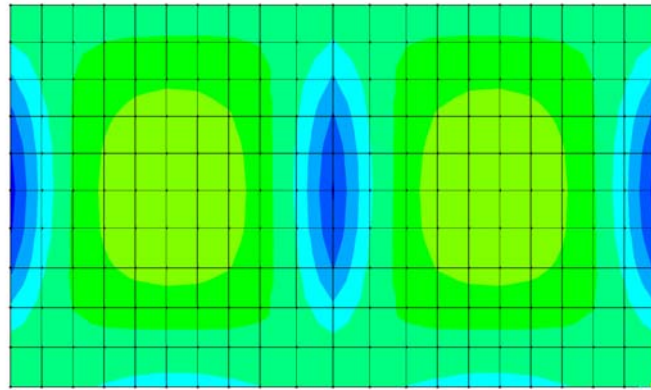


Figura 38 – Soletta inferiore – M_{22min}

SAP2000

4/14/11 12:09:28

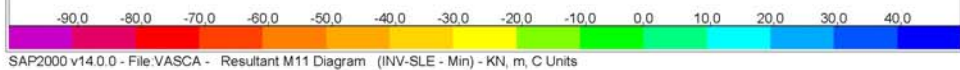
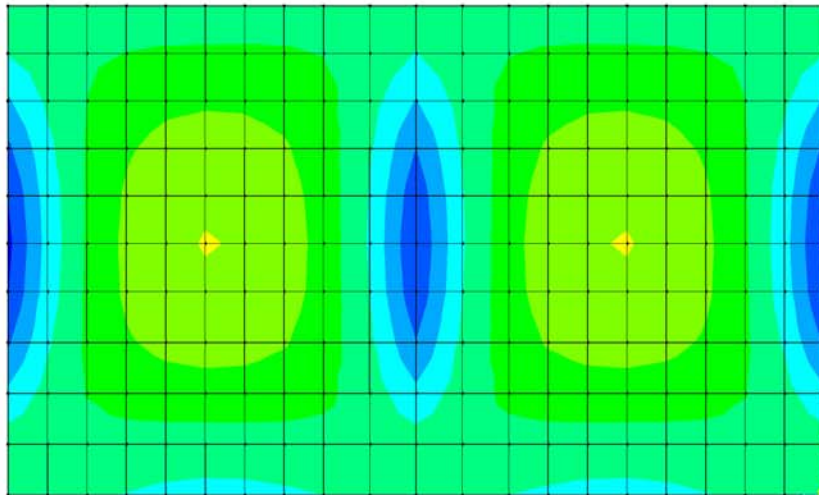


SAP2000 v14.0.0 - File:VASCA - Resultant M11 Diagram (INV-SLE - Max) - KN, m, C Units

Figura 39 – Setto laterale – M_{11max}

SAP2000

4/14/11 12.10.09



SAP2000 v14.0.0 - File:VASCA - Resultant M11 Diagram (INV-SLE - Min) - KN, m, C Units

Figura 40 – Setto laterale – M_{11min}

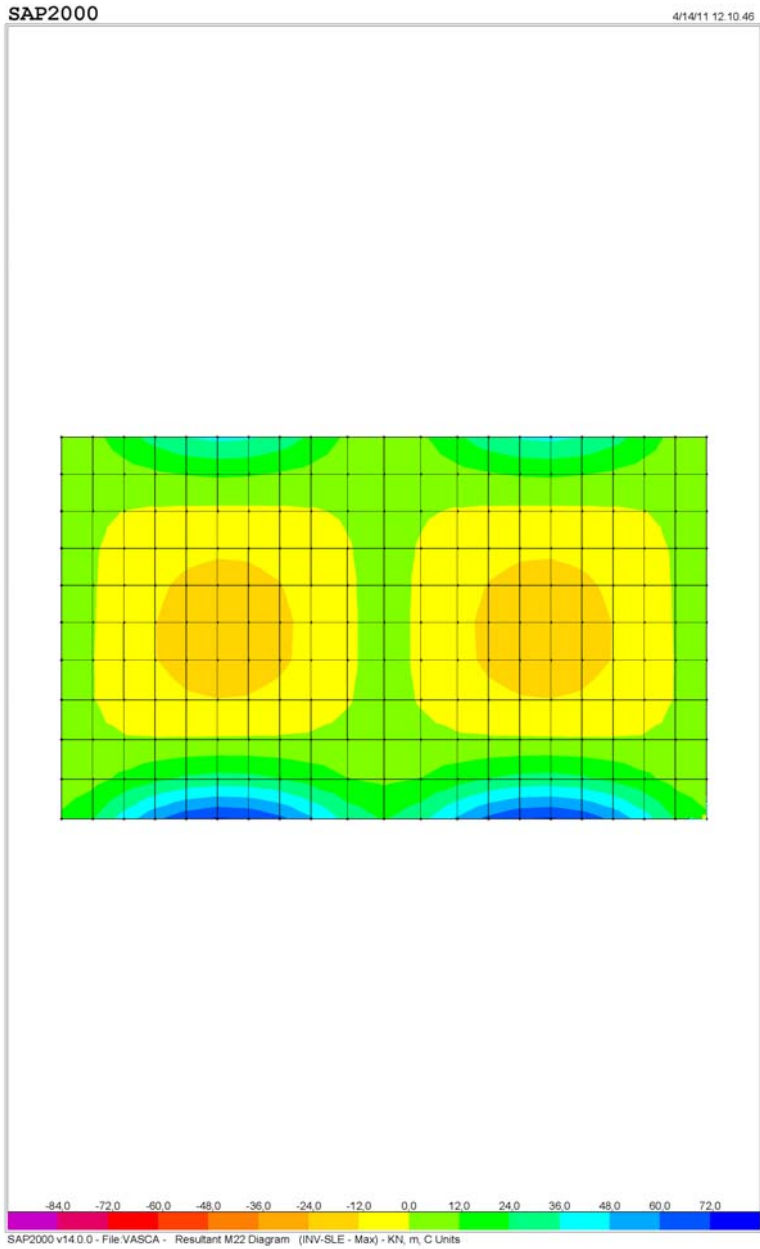
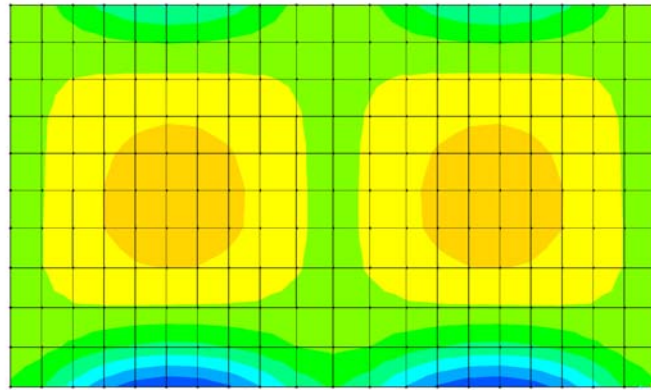


Figura 41 – Setto laterale – M_{22max}

SAP2000

4/14/11 12:11:10



-84.0 -72.0 -60.0 -48.0 -36.0 -24.0 -12.0 0.0 12.0 24.0 36.0 48.0 60.0 72.0
SAP2000 v14.0.0 - File:VASCA - Resultant M22 Diagram (INV-SLE - Min) - KN, m, C Units

Figura 42 – Setto laterale – M_{22min}