

ENGIE BELCASTRO S.r.l.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO DELLA POTENZA DI 37,2 MWp RICADENTE NEL TERRITORIO DI BELCASTRO (CZ) E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE



Via Degli Arredatori, 8
70026 Modugno (BA) - Italy
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net
tel. (+39) 0805046361

Azienda con Sistema di Gestione Certificato
UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
UNI ISO 45001:2018

Tecnico

ing. Danilo POMPONIO

Collaborazioni

ing. Milena MIGLIONICO
ing. Giulia CARELLA
ing. Valentina SAMMARTINO
ing. Roberta ALBANESE
ing. Alessia NASCENTE
ing. Alessia DECARO
ing. Tommaso MANCINI
ing. Fabio MASTROSERIO
ing. Martino LAPENNA
ing. Mariano MARSEGLIA
ing. Giuseppe Federico ZINGARELLI
ing. Dionisio STAFFIERI

Responsabile Commessa

ing. Danilo POMPONIO

ELABORATO		TITOLO	COMMESSA	TIPOLOGIA	
C09		CALCOLI PRILIMINARI DELLE STRUTTURE (Fondazioni Aerogeneratori)	23007	D	
			CODICE ELABORATO		
			DC23007D-C09		
REVISIONE		Tutte le informazioni tecniche contenute nel presente documento sono di proprietà esclusiva della Studio Tecnico BFP S.r.l e non possono essere riprodotte, divulgate o comunque utilizzate senza la sua preventiva autorizzazione scritta. All technical information contained in this document is the exclusive property of Studio Tecnico BFP S.r.l. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. (art. 2575 c.c.)	SOSTITUISCE	SOSTITUITO DA	
00			-	-	
			NOME FILE	PAGINE	
			DC23007D-C09.doc	15 + copertina	
REV	DATA	MODIFICA	Elaborato	Controllato	Approvato
00	31/07/23	Emissione	Marseglia	Miglionico	Pomponio
01					
02					
03					
04					
05					
06					

INDICE

1. PREMESSA	2
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	3
3. RICHIAMI TEORICI - METODI DI ANALISI.....	4

1. PREMESSA

Oggetto della presente è la progettazione definitiva per la realizzazione di un parco eolico proposto dalla società **ENGIE BELCASTRO S.r.l.**

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 7 aerogeneratori, del tipo Siemens-Gamesa con rotore pari a 170 m e altezza al tip pari a 220 m, per una potenza complessiva di 37,2 MW, da realizzarsi nel comune di Belcastro (CZ), in cui insistono gli aerogeneratori e parte delle opere di connessione, nel comune di Marcedusa (CZ) in cui ricade una ulteriore parte delle opere di connessione, e nel comune di Mesoraca (KR) in cui ricadono la restante parte delle opere di connessione e la cabina utente per il collegamento in antenna a 36 kV alla nuova Stazione Elettrica a 380/150/36 kV della RTN da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 "Belcastro-Sacandale".

Gli aerogeneratori saranno ad asse orizzontale, costituiti da un sistema tripala, con generatore di tipo asincrono o sincrono. Il tipo di aerogeneratore da utilizzare verrà scelto in fase di progettazione esecutiva dell'impianto, le dimensioni previste per l'aerogeneratore tipo sono: diametro del rotore 170 m, altezza mozzo 135 m.

Nella presente relazione verranno riportati i calcoli preliminari delle strutture di fondazione. In particolare si analizzano le azioni agenti sulla fondazione dell'aerogeneratore, verificando, in funzione delle caratteristiche geotecniche del terreno, la capacità portante dello stesso alle azioni agenti.

La torre, il generatore e la cabina di trasformazione andranno a scaricare su una struttura di fondazione in cemento armato del tipo diretto.

La fondazione viene calcolata in modo tale da poter sopportare il carico della macchina e il momento prodotto sia dal carico concentrato posto in testa alla torre che dall'azione cinetica delle pale in movimento.

Le verifiche di stabilità del terreno e delle strutture di fondazione sono state eseguite con i metodi ed i procedimenti della geotecnica, tenendo conto delle massime sollecitazioni sul terreno che la struttura trasmette.

Le strutture di fondazione sono dimensionate in conformità alla normativa tecnica vigente.

Tutti i calcoli di seguito riportati e la relativa scelta di materiali, sezioni e dimensioni andranno verificati in sede di progettazione esecutiva e potranno pertanto subire variazioni anche sostanziali per mantenere i necessari livelli di sicurezza.



2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l' esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)

- CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.



3. RICHIAMI TEORICI - METODI DI ANALISI

Calcolo - Analisi ad elementi finiti

Per l'analisi platea si utilizza il metodo degli elementi finiti (FEM). La struttura viene suddivisa in elementi connessi fra di loro in corrispondenza dei nodi. Il campo di spostamenti interno all'elemento viene approssimato in funzione degli spostamenti nodali mediante le funzioni di forma. Il programma utilizza, per l'analisi tipo piastra, elementi quadrangolari e triangolari. Nel problema di tipo piastra gli spostamenti nodali sono lo spostamento verticale w e le rotazione intorno agli assi x e y , ϕ_x e ϕ_y , legati allo spostamento w tramite relazioni

$$\begin{aligned}\phi_x &= -dw/dy \\ \phi_y &= dw/dx\end{aligned}$$

Note le funzioni di forma che legano gli spostamenti nodali al campo di spostamenti sul singolo elemento è possibile costruire la matrice di rigidezza dell'elemento \mathbf{k}_e ed il vettore dei carichi nodali dell'elemento \mathbf{p}_e .

La fase di assemblaggio consente di ottenere la matrice di rigidezza globale della struttura \mathbf{K} ed il vettore dei carichi nodali \mathbf{p} . La soluzione del sistema

$$\mathbf{K} \mathbf{u} = \mathbf{p}$$

consente di ricavare il vettore degli spostamenti nodali \mathbf{u} .

Dagli spostamenti nodali è possibile risalire per ogni elemento al campo di spostamenti ed alle sollecitazioni M_x , M_y ed M_{xy} .

Il terreno di fondazione se presente viene modellato con delle molle disposte in corrispondenza dei nodi. La rigidezza delle molle è proporzionale alla costante di sottofondo k ed all'area dell'elemento.

Per l'analisi tipo lastra (analisi della piastra soggetta a carichi nel piano) vengono utilizzati elementi triangolari a 6 nodi a deformazione quadratica. Gli spostamenti nodali sono gli spostamenti u e v nel piano XY . L'analisi fornisce in tal caso il campo di spostamenti orizzontali e le tensioni nel piano della lastra s_x , s_y e t_{xy} . Dalle tensioni è possibile ricavare, noto lo spessore, gli sforzi normali N_x , N_y e N_{xy} .

Nel caso di platea nervata le nervature sono modellate con elementi tipo trave (con eventuale rigidezza torsionale) connesse alla piastra in corrispondenza dei nodi degli elementi.



Metodo calcolo portanza

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi deve essere superiore a η_q . Cioè, detto Q_u , il carico limite ed R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_q > 1.0$

Le espressioni di Hansen per il calcolo della capacità portante si differenziano a secondo se siamo in presenza di un terreno puramente coesivo ($\phi=0$) o meno e si esprimono nel modo seguente:

Caso generale

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5B\gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

Caso di terreno puramente coesivo $\phi=0$

$$q_u = 5.14c(1+s_c+d_c-i_c-g_c-b_c) + q$$

in cui d_c, d_q, d_γ , sono i fattori di profondità; s_c, s_q, s_γ , sono i fattori di forma; i_c, i_q, i_γ , sono i fattori di inclinazione del carico; b_c, b_q, b_γ , sono i fattori di inclinazione del piano di posa; g_c, g_q, g_γ , sono i fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza.

I fattori N_c, N_q, N_γ sono espressi come:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} K_p$$

$$N_c = (N_q - 1) \tan \phi$$

$$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \tan \phi$$

Vediamo ora come si esprimono i vari fattori che compaiono nella espressione del carico ultimo.

Fattori di forma

$$\text{per } \phi=0 \quad s_c = 0.2 \frac{B}{L}$$

$$\text{per } \phi>0 \quad s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \frac{B}{L}$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$



Fattori di profondità

Si definisce il parametro k come

$$k = \frac{D}{B} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B} \leq 1$$

$$k = \arctg \frac{D}{B} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B} > 1$$

I vari coefficienti si esprimono come

per $\phi=0$ $d_c = 0.4k$

per $\phi>0$ $d_c = 1 + 0.4k$

$$d_q = 1 + 2\text{tg}\phi(1 - \sin\phi)^2k$$

$$d_\gamma = 1$$

Fattori di inclinazione del carico

Indichiamo con V e H le componenti del carico rispettivamente perpendicolare e parallela alla base e con A_f l'area efficace della fondazione ottenuta come $A_f = B' \times L'$ (B' e L' sono legate alle dimensioni effettive della fondazione B , L e all'eccentricità del carico e_B , e_L dalle relazioni $B' = B - 2e_B$ $L' = L - 2e_L$) e con η l'angolo di inclinazione della fondazione espresso in gradi ($\eta=0$ per fondazione orizzontale).

I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:

per $\phi = 0$ $i_c = 1/2(1 - [1 - \frac{H}{A_f C_a}]^{0.5})$

per $\phi > 0$ $i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$

$$i_q = (1 - \frac{0.5H}{V + A_f C_a \text{tg}\phi})^5$$

per $\eta = 0$ $i_\gamma = (1 - \frac{0.7H}{V + A_f C_a \text{tg}\phi})^5$

per $\eta > 0$ $i_\gamma = (1 - \frac{(0.7 - \eta^\circ/450^\circ)H}{V + A_f C_a \text{tg}\phi})^5$

Fattori di inclinazione del piano di posa della fondazione

$$\text{per } \phi=0 \quad b_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$\text{per } \phi>0 \quad b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_q = e^{-2\eta\text{tg}\phi}$$

$$b_\gamma = e^{-2.7\eta\text{tg}\phi}$$

Fattori di inclinazione del terreno

Indicando con β la pendenza del pendio i fattori g si ottengono dalle espressioni seguenti:

$$\text{per } \phi=0 \quad g_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$$

$$\text{per } \phi>0 \quad g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.05\text{tg}\beta)^5$$

Per poter applicare la formula di Hansen devono risultare verificate le seguenti condizioni:

$$H < V\text{tg}\delta + A_r c_a$$

$$\beta \leq \phi$$

$$i_q, i_\gamma > 0$$

$$\beta + \eta \leq 90^\circ$$

Cedimenti della fondazione

Metodo Edometrico

Il metodo edometrico è il classico procedimento per il calcolo dei cedimenti in terreni a grana fina, proposto da Terzaghi negli anni '20.

L'ipotesi edometrica è verificata con approssimazione tanto migliore quanto più ridotto è il valore del rapporto tra lo spessore dello strato compressibile e la dimensione in pianta della fondazione.

Tuttavia il metodo risulta dotato di ottima approssimazione anche nei casi di strati deformabili di grande spessore.

L'implementazione del metodo è espressa secondo la seguente espressione:

$$\Delta H = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta \sigma_i}{E_{ed,i}} \Delta z_i$$

dove:

$\Delta\sigma$ è la tensione indotta nel terreno, alla profondità z , dalla pressione di contatto della fondazione;
 E_{ed} è il modulo elastico determinato attraverso la prova edometrica e relativa allo strato i -esimo;
 Δz rappresenta lo spessore dello strato i -esimo in cui è stato suddiviso lo strato compressibile e per il quale si conosce il modulo elastico.

Lo spessore dello strato compressibile considerato nell'analisi dei cedimenti è stato determinato in funzione della percentuale della tensione di contatto.

Disposizione delle armature

Le armature vengono disposte secondo due direzioni, una principale ed una secondaria. Per il calcolo delle stesse si fa riferimento ai valori nodali delle sollecitazioni ottenute dall'analisi ad elementi finiti. Per la disposizione delle stesse occorre suddividere la piastra in un numero di strisce opportuno nelle due direzioni.

Il programma utilizza strisce della larghezza di circa un metro.



Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descrizione	Descrizione materiale
TC	Tipo calcestruzzo
Rck	Resistenza cubica caratteristica, espresso in [kg/cmq]
γ_{cls}	Peso specifico calcestruzzo, espresso in [kN/mc]
E	Modulo elastico calcestruzzo, espresso in [kg/cmq]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogeneizzazione
TA	Tipo acciaio

n°	Descrizione	TC	Rck [kg/cm ²]	γ_{cls} [kN/m ³]	E [kg/cm ²]	ν	n	TA
1	Piastra	C32/40	407,88	24,52	343054,09	0.200	15.00	B450C

Geometria

Coordinate contorno esterno

n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]
1	25,50	11,50	2	25,43	12,87	3	25,23	14,23	4	24,90	15,56
5	24,43	16,86	6	23,85	18,10	7	23,14	19,28	8	22,32	20,38
9	21,40	21,40	10	20,38	22,32	11	19,28	23,14	12	18,10	23,85
13	16,86	24,43	14	15,56	24,90	15	14,23	25,23	16	12,87	25,43
17	11,50	25,50	18	10,13	25,43	19	8,77	25,23	20	7,44	24,90
21	6,14	24,43	22	4,90	23,85	23	3,72	23,14	24	2,62	22,32
25	1,60	21,40	26	0,68	20,38	27	-0,14	19,28	28	-0,85	18,10
29	-1,43	16,86	30	-1,90	15,56	31	-2,23	14,23	32	-2,43	12,87
33	-2,50	11,50	34	-2,43	10,13	35	-2,23	8,77	36	-1,90	7,44
37	-1,43	6,14	38	-0,85	4,90	39	-0,14	3,72	40	0,68	2,62
41	1,60	1,60	42	2,62	0,68	43	3,72	-0,14	44	4,90	-0,85
45	6,14	-1,43	46	7,44	-1,90	47	8,77	-2,23	48	10,13	-2,43
49	11,50	-2,50	50	12,87	-2,43	51	14,23	-2,23	52	15,56	-1,90
53	16,86	-1,43	54	18,10	-0,85	55	19,28	-0,14	56	20,38	0,68
57	21,40	1,60	58	22,32	2,62	59	23,14	3,72	60	23,85	4,90
61	24,43	6,14	62	24,90	7,44	63	25,23	8,77	64	25,43	10,13

Spessori piastra

Simbologia adottata

Sp	Spessore, espresso in [cm]
n°	Indice del punto
X, Y	Ascissa e ordinata del punto, espresso in [cm]

Sp [cm]	n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]		
120,00	1	-2,50	-2,50	2	25,50	-2,50	3	25,50	25,50	4	-2,50	25,50		
	200,00	1	10,59	2,25	2	12,41	2,25	3	14,20	2,61	4	15,88	3,31	
		5	17,39	4,32	6	18,68	5,61	7	19,69	7,12	8	20,39	8,80	
		9	20,75	10,59	10	20,75	12,41	11	20,39	14,20	12	19,69	15,88	
		13	18,68	17,39	14	17,39	18,68	15	15,88	19,69	16	14,20	20,39	
350,00	17	12,41	20,75	18	10,59	20,75	19	8,80	20,39	20	7,12	19,69		
	21	5,61	18,68	22	4,32	17,39	23	3,31	15,88	24	2,61	14,20		
	25	2,25	12,41	26	2,25	10,59	27	2,61	8,80	28	3,31	7,12		
	29	4,32	5,61	30	5,61	4,32	31	7,12	3,31	32	8,80	2,61		
	350,00	1	11,05	6,96	2	11,95	6,96	3	12,82	7,14	4	13,65	7,48	
		5	14,39	7,98	6	15,02	8,61	7	15,52	9,35	8	15,86	10,18	
		9	16,04	11,05	10	16,04	11,95	11	15,86	12,82	12	15,52	13,65	
		13	15,02	14,39	14	14,39	15,02	15	13,65	15,52	16	12,82	15,86	
		17	11,95	16,04	18	11,05	16,04	19	10,18	15,86	20	9,35	15,52	
		350,00	21	8,61	15,02	22	7,98	14,39	23	7,48	13,65	24	7,14	12,82

Sp [cm]	n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]
	25	6,96	11,95	26	6,96	11,05	27	7,14	10,18	28	7,48	9,35
	29	7,98	8,61	30	8,61	7,98	31	9,35	7,48	32	10,18	7,14

Descrizione terreni

Caratteristiche fisico meccaniche

Simbologia adottata

Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_{sat}	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo di attrito interno del terreno espresso in gradi
δ	Angolo di attrito palo-terreno espresso in gradi
c	Coesione del terreno espressa in [kg/cm ^q]
ca	Adesione del terreno espressa in [kg/cm ^q]
τ_1	Tensione tangenziale, per calcolo portanza micropali con il metodo di Bustamante-Doix, espressa in [kg/cm ^q]
α	Coeff. di espansione laterale

Descrizione	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kg/cm ^q]	ca [kg/cm ^q]
Terreno Vegetale	16,800	17,500	19.00	12.67	0,050	0,025
Argille Marmose	16,600	18,000	18.00	12.00	0,000	0,000
Argille Compatte	19,800	20,800	24.00	16.00	0,200	0,100
Argille Poco Alterate	23,300	24,000	28.00	18.67	0,500	0,250

Descrizione stratigrafia e falda

Simbologia adottata

N	Identificativo strato
Z1	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°1 espressa in [m]
Z2	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°2 espressa in [m]
Z3	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°3 espressa in [m]
Terreno	Terreno associato allo strato

N	Z1 [m]	Z2 [m]	Z3 [m]	Terreno
1	-1,0	-1,0	-1,0	Terreno Vegetale
2	-2,5	-2,5	-2,5	Argille Marmose
3	-8,0	-8,0	-8,0	Argille Compatte
4	-30,0	-30,0	-30,0	Argille Poco Alterate

Falda

Profondità dal piano campagna 10,00 [m]

Costante di Winkler

Direzione	Simbolo	Kw [Kg/cm ² /cm]
Verticale	Kwv	0.299
Orizzontale	Kwo	Calcolata dal programma (Kwo=Kwv*tan(ϕ))

Convenzioni adottate

Carichi e reazioni vincolari

Fz Carico verticale positivo verso il basso

Fx Forza orizzontale in direzione X positiva nel verso delle X crescenti.

Fy Forza orizzontale in direzione Y positiva nel verso delle Y crescenti.
 Mx Momento con asse vettore parallelo all'asse X positivo antiorario.
 My Momento con asse vettore parallelo all'asse Y positivo antiorario.

Sollecitazioni

Mx Momento flettente X con asse vettore parallelo all'asse Y (positivo se tende le fibre inferiori).
 My Momento flettente Y con asse vettore parallelo all'asse X (positivo se tende le fibre inferiori).
 Mxy Momento flettente XY.

Condizioni di carico

Carichi concentrati

Simbologia adottata

Ic	Indice carico
X	Ascissa carico espressa in [m]
Y	Ordinata carico espressa in [m]
N	Carico verticale espresso in [kN]
Mx	Momento intorno all'asse X espresso in [kNm]
My	Momento intorno all'asse Y espresso in [kNm]
Tx	Forza orizzontale in direzione X espressa in [kN]
Ty	Forza orizzontale in direzione Y espressa in [kN]

Condizione n° 1 - Condizione 1 [Variabile - $\Psi_0=1.00$ $\Psi_1=1.00$ $\Psi_2=1.00$ - Partecipa al sisma]

Carichi concentrati

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
Piastra	11,50	11,50	8518,000	0,000	0,000	0,000	1900,000
Piastra	11,50	14,50	41500,000	0,000	0,000	150,000	0,000
Piastra	11,50	8,50	-41500,000	0,000	0,000	-150,000	0,000

Condizione n° 2 - Condizione 2 [Variabile - $\Psi_0=1.00$ $\Psi_1=1.00$ $\Psi_2=1.00$ - Partecipa al sisma]

Carichi concentrati

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
Piastra	11,50	11,50	7707,000	0,000	0,000	1320,000	0,000
Piastra	14,50	11,50	31200,000	0,000	0,000	50,000	0,000
Piastra	8,50	11,50	-31200,000	0,000	0,000	-50,000	0,000

Condizione n° 3 - Condizione 3 [Variabile - $\Psi_0=1.00$ $\Psi_1=1.00$ $\Psi_2=1.00$ - Partecipa al sisma]

Carichi concentrati

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
Piastra	11,50	11,50	7545,000	0,000	0,000	1010,000	0,000
Piastra	11,50	8,50	-23350,000	0,000	0,000	-835,000	0,000
Piastra	11,50	14,50	23350,000	0,000	0,000	835,000	0,000

Normativa - Coefficienti di sicurezza

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale	(A1) - STR
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1,fav}$	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G1,sfav}$	1.30
Permanenti non strutturali	Favorevole	$\gamma_{G2,fav}$	0.80
Permanenti non strutturali	Sfavorevole	$\gamma_{G2,sfav}$	1.50
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Q_i,fav}$	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Q_i,sfav}$	1.50
Variabili traffico	Favorevole	$\gamma_{Q,fav}$	0.00
Variabili traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Q,sfav}$	1.35

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA	Coefficiente parziale	(M1)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.00
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1.00
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.00

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Coefficienti amplificativi γ_{Rd} in funzione della classe di duttilità

γ_{Rd}	Fondazione	Bicchieri
γ_{Rd}	1.10	1.20

Elenco combinazioni di calcolo

Numero combinazioni definite 4

Simbologia adottata

CP Coefficiente di partecipazione della condizione

Combinazione n° 1 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio	1.30
Condizione 1	1.00

Combinazione n° 2 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio	1.30
Condizione 2	1.00

Combinazione n° 3 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio	1.30
Condizione 3	1.00

Combinazione n° 4 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio	1.30

Impostazioni di analisi

Portanza fondazione superficiale

Metodo calcolo portanza:Hansen

Criterio di media calcolo strato equivalente:Ponderata

Riduzione portanza per effetto eccentricità: Meyerhof

Piastra infinitamente rigida

Fattore di rigidità della sovrastruttura 0.00

Modello

Caratteristiche Mesh

Numero elementi	792
Numero nodi	429

Risultati Piastra

Risultati involuppo

Spostamenti

Spostamenti massimi e minimi della piastra

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
w	Spostamento verticale, espresso in [cm]
u	Spostamento direzione X, espresso in [cm]
v	Spostamento direzione Y, espresso in [cm]
ϕ_x	Rotazione intorno all'asse X, espressa in [°]
ϕ_y	Rotazione intorno all'asse Y, espressa in [°]
p	Pressione sul terreno (solo per calcolo fondazione), espressa in [kg/cm ²]
kw	Costante di Winkler (solo per calcolo fondazione), espressa in [kg/cm ² /cm]. Il valore viene stampato solo se si è utilizzato il modello di interazione

Tra parentesi l'indice del nodo in cui si sono misurati i valori massimi e minimi

In	X [m]	Y [m]		Valore	UM	Cmb	
304	11,50	25,50	w	6,685710	[cm]	1	MAX
179	11,50	-2,50		-2,655846		1	MIN
304	11,50	25,50	ux	0,276973	[cm]	3	MAX
179	11,50	-2,50		-0,020604		1	MIN
419	-2,50	11,50	uy	0,325879	[cm]	1	MAX
28	25,50	11,50		-0,114700		3	MIN
263	10,21	11,62	ϕ_x	0,002350	[°]	2	MAX
115	16,46	16,13		-0,000122		1	MIN
141	15,62	17,24	ϕ_y	0,000107	[°]	2	MAX
210	11,57	10,30		-0,003586		1	MIN
304	11,50	25,50	p	1,999722	[kg/cm ²]	1	MAX
327	1,36	5,22		0,012217		2	MIN

Sollecitazioni

Sollecitazioni massime e minime piastra

Simbologia adottata

In	Indice nodo modello
Mx	Momento X espresso in [kNm]
My	Momento Y espresso in [kNm]
Mxy	Momento XY espresso in [kNm]
Tx	Taglio X, espresso in [kN]
Ty	Taglio Y, espresso in [kN]

Nx Tensione normale X espressa in [kg/cmq]
 Ny Tensione normale Y espressa in [kg/cmq]
 Nxy Tensione tangenziale XY espressa in [kg/cmq]

In	X [m]	Y [m]		Valore	UM	Cmb	
271	11,50	14,50	Mx	15367,6741	[kNm]	1	MAX
197	11,50	8,50		-10808,6587		1	MIN
271	11,50	14,50	My	17587,3416	[kNm]	1	MAX
197	11,50	8,50		-13389,0609		1	MIN
273	9,38	11,01	Mxy	2494,4362	[kNm]	1	MAX
148	14,01	10,29		-2469,5380		1	MIN
203	12,72	11,90	Nx	0,60	[kg/cmq]	2	MAX
263	10,21	11,62		-0,77		2	MIN
237	11,87	12,78	Ny	0,87	[kg/cmq]	1	MAX
210	11,57	10,30		-1,08		1	MIN
203	12,72	11,90	Nxy	0,40	[kg/cmq]	1	MAX
263	10,21	11,62		-0,47		1	MIN

Verifiche geotecniche

Carico limite

Simbologia adottata

Ic Indice combinazione
 N Carico verticale trasmesso al terreno, espresso in [kN]
 Np Carico verticale trasmesso ai pali, espresso in [kN]
 Qu Portanza ultima terreno, espressa in [kN]
 Qup Portanza ultima pali, espressa in [kN]. Solo per fondazione mista
 Qd Portanza di progetto $((Pu+Pup)/\eta)$, espressa in [kN]
 Nt Carico verticale trasmesso al terreno (N+Np), espresso in [kN]
 FS Fattore di sicurezza a carico limite (Pd/Nt). Tra parentesi viene riportato l'indice della combinazione con fattore di sicurezza minimo.

Ic	N [kN]	Np [kN]	Qu [kN]	Qup [kN]	Qd [kN]	Nt [kN]	FS
1	41998,78	0,00	280758,57	0,00	122068,95	41998,78	2.906 (1)

Scorrimento

Simbologia adottata

n° Indice plinto
 T Carico orizzontale trasferito al terreno, espresso in [kN]
 Tp Carico orizzontale trasferito ai pali, espresso in [kN]
 Ru Resistenza ultima allo scorrimento, espressa in [kN]
 Rd Resistenza di progetto allo scorrimento, espressa in [kN]
 FS Fattore di sicurezza allo scorrimento (Rd/T). Tra parentesi viene riportato l'indice della combinazione con fattore di sicurezza minimo.

n°	T [kN]	Tp [kN]	Ru [kN]	Rd [kN]	FS
1	1900,00	0,00	18071,82	16428,93	8.647 (1)

PRESSIONI MASSIME

