

COMUNE DI BIANCAVILLA Provincia di Catania



SIN
BIANCAVILLA
DMF-468/2001



OGGETTO: INTERVENTI DI BONIFICA/MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE E RIPRISTINO AMBIENTALE DELL'AREA DI CAVA DI "MONTE CALVARIO" PER LA FRUIBILITA' A PARCO. - C.U.P.: C84G15000000001

PROGETTO ESECUTIVO	ELABORATO	C-2.3	SCALA
	TITOLO ELABORATO	INTERVENTO PROGETTUALE "GEOSITO DI TIPO MINERALOGICO" D.A. N.105/Gab del 15/04/2015. D.Lgs 50/16 ART. 23 COMMA 8 - (DPR 207/10 art.33,lett.b – art. 36 lett.b) STRUTTURA IN ACCIAIO RELAZIONE GEOTECNICA	

IL PROGETTISTA – RESPONSABILE DELLA V[^] P.O. – AREA TECNICA
(Ing. Placido MANCARI)

IL R.U.P.
(Geom. Antonino Ricceri)

IL COLLABORATORE
(Geom. Placido Gentile)

SPAZIO PER VISTI



SICON S.R.L.

SERVIZI INTEGRATI PER L'INGEGNERIA CIVILE



Società certificata ai sensi della norma UNI ISO 9001 : 2015

VERIFICA DELLA PROGETTAZIONE ESECUTIVA

ESITO ☒ Positivo ☐ Negativo

ALLEGATO n. _____ - ELABORATO "C-2.3" al

Rapporto di Verifica conclusivo del _____

IL PROGETTISTA
Ing. Placido Mancari

IL SOGGETTO VERIFICATORE
SICON s.r.l.
Prof. Ing. Gianni Rizzari

VISTO:
IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
Geom. Antonino Ricceri

IL SINDACO – Antonio Bonanno

DATA	MARZO 2018	
REV.	DATA	MOTIVO DELLA REVISIONE
1	01/03/2018	RIFERIMENTO DOCUMENTO UNITARIO: Approvato con decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare Prot. N. 316/STA del 06/06/2017. ELABORATO REVISIONATO CON LE PRESCRIZIONI DI CUI AL DECRETO Prot. N. 316/STA
2	02/08/2018	RAPPORTO DI VERIFICA INTERMEDIO N. 1
3	01/10/2018	RAPPORTO DI VERIFICA INTERMEDIO N. 2

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nel seguente elenco sono riportate le norme di riferimento secondo le quali sono state condotte le fasi di calcolo e verifica degli elementi strutturali:

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 (G.U. 21 dicembre 1971 n. 321)

“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.

Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G.U. 21 marzo 1974 n.76)

“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”

D.M. 14/01/2008 (norme tecniche per le costruzioni)

Nel seguito denominate NTC

DESCRIZIONE DELLE OPERE

Il presente calcolo strutturale si riferisce alla realizzazione di una struttura in acciaio e vetro che intende ricoprire un versante lavico nell'ambito del progetto di “INTERVENTI DI BONIFICA/MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE E RIPRISTINO AMBIENTALE DELL'AREA DI CAVA DEL MONTE CALVARIO PER LA FRUIBILITA' A PARCO” sito in Biancavilla (CT) ed in particolare nel settore NORD-OVEST dell'area. L'intera struttura avente una forma irregolare di una lunghezza pari a circa 70 [ml], larghezza di circa 9,40 [ml] ed altezza di 12,10 [ml] per ricoprire l'intero fronte lavico. Lo schema strutturale statico è assimilabile ad un portale zoppo incastrato alla base, che si ripete longitudinalmente per tutta la lunghezza, ed è collegato da travi poste in testa alle colonne verticali. Non potendo effettuare grandi quantità di scavi di sbancamento per le fondazioni, si è pensato di realizzare delle grosse fondazioni in c.a. che verranno successivamente ricoperte per una altezza di circa 50 [cm]. Tale soluzione si preferisce per la sua semplicità di calcolo, di fabbricazione in officina e di realizzazione in cantiere nonché per la sua versatilità di utilizzo. La struttura sarà costituita da fondazioni composte da due basamenti in c.a. delle dimensioni di L100x160 che saranno realizzati in opera dopo aver creato un opportuno piano livellato da magrone in cls. Il terreno che come si evince dalla relazione geologica sarà caratterizzato dai seguenti parametri geotecnici:

$$\gamma=1.90 \text{ [t/mc]}$$

$$\phi=35^{\circ}$$

$$c=0.00 \text{ [t/mq]}$$

in particolare il terreno di sedime è costituito da materiale vulcanico e in base al valore di VS30 trovato e secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 D.M. 14/01/2008 si può considerare una categoria di suolo pari a B. L'acciaio utilizzato sarà del tipo S275 ed in particolare i pilastri saranno delle dimensioni di HEA240 collegati ad incastro alle fondazioni di base. Le travi di collegamento longitudinali saranno costituite da IPE100, mentre l'intera travata del

portale è in HEA240 con forma approssimabile ad un arco ma composto da elementi saldati a completa penetrazione per garantire la continuità strutturale. Inoltre verranno disposti degli opportuni controventi trasversali con tondini di dimensioni variabili per poter ben ripartire le azioni orizzontali agenti. Vista la forma particolarmente irregolare, e le differenze di quote tra i punti di valle e tra i punti di monte, sempre per evitare eccessivi scavi, si è ritenuto opportuno andare a studiare l'intera opera suddividendola in 5 blocchi di dimensioni differenti e considerando tra di loro degli opportuni giunti tecnici. La struttura in acciaio dovrà sostenere dei pannelli in vetro delle dimensioni di 1,50 x 1,50 m e composto da due lastre di vetro dello spess. di 10 [mm] unite tra loro mediante un plastico (polivinilbutirrale) da 1,52 [mm] che ne garantisce l'integrità anche dopo le eventuali rotture, questi sono attaccati ai portali di interasse 1,50 [m] tramite dei supporti del tipo “a ragno”. La struttura è stata calcolata considerando una analisi lineare dinamica ed un fattore di struttura unitario ($q = 1$) cioè considerando la struttura non dissipativa e pertanto nella verifica degli elementi non si terrà conto della gerarchia delle resistenze.

CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE PER LE VERIFICHE AI SENSI DEL D.M. 14/01/2008

Le norme tecniche di cui al D.M. 14/01/2008 prescrivono che per le opere in progetto vengano effettuate le opportune verifiche statiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) e agli stati limite di esercizio (SLE). Tali verifiche di sicurezza devono essere effettuate nel rispetto dei principi e delle procedure riportate nel succitato decreto.

Gli **SLU** comprendono: perdita di equilibrio della struttura o di una sua parte; raggiungimento della massima capacità di resistenza della struttura nel suo insieme; raggiungimento di meccanismi di collasso nei terreni; ecc;

Gli **SLE** comprendono; spostamenti e deformazioni che possano limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza e il suo aspetto; ecc;

Nelle verifiche degli stati limite ultimi SLU si distinguono:

EQU – perdita di equilibrio della struttura, del terreno o dell'insieme terreno-struttura, considerati come corpi rigidi;

STR – raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali, compresi gli elementi di fondazione;

GEO – raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura;

Gli stati limite **STR** e **GEO** sono gli unici che prevedono il raggiungimento rispettivamente della resistenza delle strutture o del terreno.

Gli stati limite **GEO** comprendono generalmente gli stati limite che riguardano il raggiungimento del carico limite nei terreni di fondazione e lo scorrimento sul piano di posa di fondazioni superficiali e muri di sostegno.

Nelle verifiche rispetto agli stati limite **STR**, ci si riferisce in genere al raggiungimento della crisi di una delle sezioni della struttura.

Con riferimento ad opere e sistemi geotecnici, lo stato limite di ribaltamento di un muro di sostegno deve essere trattato come uno stato limite di equilibrio di corpo rigido, **EQU**.

Per ognuno degli stati limite ultimi deve essere rispettata la seguente condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;

R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnica;

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando nelle relative applicazioni di verifica, diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (**A1 e A2**), per i parametri geotecnici (**M1 e M2**) e per le resistenze (**R1, R2 e R3**).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo approccio progettuale (**Approccio 1**) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti: la prima combinazione (**A1+M1+R1**)-STR è generalmente finalizzata al dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione (**A2+M2+R2**)-GEO è generalmente finalizzata al dimensionamento geotecnico.

Nel secondo approccio progettuale (**Approccio 2**) è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti (**A1+M1+R3**), da adottare sia nelle verifiche strutturali (**STR**) sia nelle verifiche geotecniche (**GEO**).

In particolare i coefficienti che andremo ad utilizzare sono:

Azioni

I coefficienti parziali da utilizzare γ_F relativamente alle azioni sono riportate nella tabella seguente:

CARICHI	EFFETTO	Coeff. parziali γ_F	EQU	(A1)	(A2)
Permanente	Favorevole	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanente non strutt.	Favorevole	γ_{G2}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabile	Favorevole	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

Parametri geotecnica

Il valore di progetto della resistenza R_d può essere determinato in modo analitico con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale γ_M specifico nella tabella seguente:

PARAMETRO	Grandezza alla quale	Coeff. parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan\phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace.	c'_k	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	c_{uk}'	$\gamma_{cu'}$	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1.0	1.0

Resistenze

Per le verifiche agli stati limite ultimi delle fondazioni superficiali si considerano i seguenti coefficienti parziali γ_R :

PARAMETRO	Coeff. parziale (R1)	Coeff. parziale (R2)	Coeff. parziale (R3)
Capacità portante	$\gamma_R=1.0$	$\gamma_R=1.8$	$\gamma_R=2.3$
Scorrimento	$\gamma_R=1.0$	$\gamma_R=1.1$	$\gamma_R=1.1$

Per le fondazioni superficiali le verifiche e le combinazioni da adottare sono di seguito riportate nella Tab. "Punto 6.4.2.1."

Punto 6.4.2.1_ Combinazioni per l'utilizzo dei coefficienti parziali	
Verifiche	Combinazioni
Collasso per carico limite	Approccio 1: ■ Combinazione 1: (A1 + M1 + R1) ■ Combinazione 2: (A2 + M2 + R2) Approccio 2: ■ Combinazione : (A1 + M1 + R3)
Collasso per scorrimento	
SLU strutturale	
Stabilità globale	Combinazione 2: (A2 + M2 + R2)

*Nelle verifiche effettuate con l'approccio 2 che siano finalizzate al dimensionamento strutturale il coefficiente γ_R non deve essere considerato.

Nella valutazione del valore R_d tramite la formulazione di Brinch-Hansen (1970) si sono considerati tutti i coefficienti parziali sui parametri geotecnici, sono inoltre stati considerati i coefficienti sismici valutati con le opportune formulazioni, funzione degli indici del sito (a_g , F_o , T^*c) e delle

caratteristiche dello spettro di risposta di progetto (dipendente dal fattore di struttura q).
 Quest'ultimo valore influisce su N_γ della formula trinomia di Hansen.

Nel nostro caso stiamo utilizzando **l'approccio 1** e quindi andremo ad utilizzare i seguenti coefficienti, rispettivamente per il dimensionamento della struttura, quindi per lo stato STR, e per il dimensionamento geotecnica cioè per lo stato GEO.

TAB. A

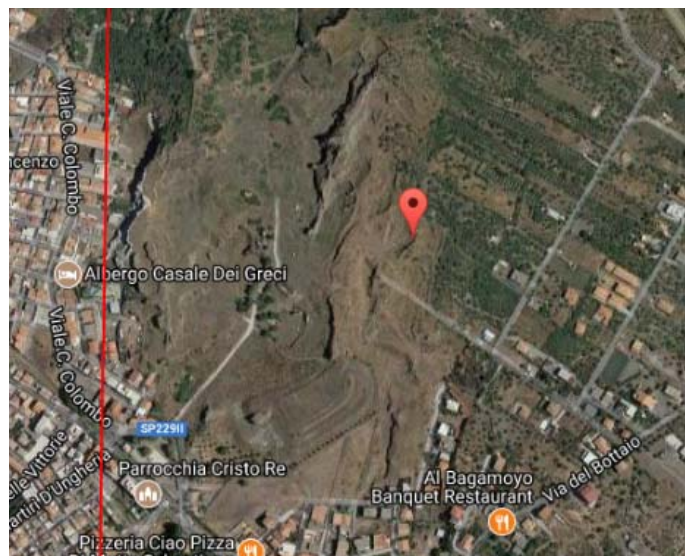
	APPROCCIO 1
	COMBINAZIONE 1: (A1+M1+R1) STR
Angolo d'attrito	$\varphi'_d = \varphi'_k = 35^\circ$
Peso di volume	$\gamma_d = \gamma_k = 1,90 \text{ t/mc}$
Coesione	$c'_d = c'_k = 0,00 \text{ t/mq}$

TAB. B

	APPROCCIO 1
	COMBINAZIONE 2: (A2+M2+R2) GEO
Angolo d'attrito	$\varphi'_d = \tan^{-1}(\tan \varphi'_k / 1,25) = 29,25^\circ$
Peso di volume	$\gamma_d = \gamma_k = 1,90 \text{ t/mc}$
Coesione	$c'_d = c'_k/1,25 = 0,00 \text{ t/mq}$

CARATTERISTICHE DEL SITO

In base alle caratteristiche del terreno, riscontrate nella zona in cui sorge il fabbricato, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si è riscontrato che il sito in esame ricade nella categoria di sottosuolo "B".



Il passo successivo è stato quello di determinare il valore **ag** (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido) a tal proposito è necessario conoscere le coordinate geografiche. Tutto ciò è stato fatto mediante l'utilizzo di internet nel sito www.geostru.it dai quali trovo tutti i parametri necessari. Di seguito vengono riportati i valori ricavati:

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni

Sito in esame

latitudine: 37,6461
longitudine: 14,8652
Classe: 4
Vita nominale: 100

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 47419	Lat: 37,6261	Lon: 14,8751	Distanza: 1921,717
Sito 2	ID: 47420	Lat: 37,6253	Lon: 14,9381	Distanza: 5432,350
Sito 3	ID: 47198	Lat: 37,6753	Lon: 14,9391	Distanza: 6294,247
Sito 4	ID: 47197	Lat: 37,6761	Lon: 14,8762	Distanza: 3717,114

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 200 anni
Coefficiente Cu: 2

S.L.	P _{Vr}	Tr	a _{max}	F _o	T _c [*]
Stati limite	[%]	[anni]	[m/s ²]		
S.L.O.	81	120	0,127 g	2,564	0,274
S.L.D.	63	201	0,149 g	2,575	0,287
S.L.V.	10	1898	0,320 g	2,515	0,402
S.L.C.	5	2475	0,330 g	2,484	0,426

Coefficienti Sismici orizzontali e verticali

S.L. Stati limite	a_{\max} [m/s ²]	beta [β]	K_h	K_v	S_s	C_c	S_t
S.L.O.	1,493	0,240	0,037	0,018	1,200	1,400	1,000
S.L.D.	1,758	0,240	0,043	0,022	1,200	1,410	1,000
S.L.V.	3,255	0,280	0,093	0,046	1,100	1,320	1,000
S.L.C.	3,463	0,280	0,099	0,049	1,070	1,300	1,000

Geostru software - www.geostru.com

VERIFICHE GEOTECNICHE

Distinguiamo le seguenti combinazioni di carichi:

- a) **Combinazione fondamentale statica** per gli stati limite ultimi (SLU)

$$E_d = \gamma_{G1} \times G_1 + \gamma_{G2} \times G_2 + \gamma_{Q1} \times Q_{k1} + \gamma_{Q2} \times \psi_{02} \times Q_{k1}$$

- b) **Combinazione sismica** per SLV e SLD

$$E_d = G_1 + G_2 + \psi_{2j} \times Q_{kj} + E$$

$$E_d = G_1 + G_2 + \psi_{2j} \times Q_{kj} + [G_1 + G_2 + \psi_{2j} \times Q_{kj}] \times k_v$$

Considerando che:

$$\psi_{02} = 0,7$$

$$\psi_{02} = 0,5 \text{ (in caso di neve a quota } \leq 1000 \text{ s.l.m.)}$$

$$\psi_{2j} = 0,3$$

$$\psi_{2j} = 0,0 \text{ (in caso di neve a quota } \leq 1000 \text{ s.l.m.)}$$

possiamo andare ad effettuare le varie combinazioni di carico per l'APPROCCIO 1.

Fatto questo possiamo andare ad effettuare la verifica a:

- 1) **Collasso per carico limite:**

$$Q_{\lim} = N_d \equiv N_k \leq \frac{1}{\gamma_R} \cdot \left[i_q \cdot s_q \cdot N_q \cdot \gamma \cdot D + i_\gamma \cdot s_\gamma \cdot N_\gamma \cdot \gamma \cdot \frac{B}{2} \right] \cdot B^2$$

La verifica per “carico limite del complesso “terreno + fondazione”, sarà soddisfatta quando

$$E_d \leq R_d$$

nel nostro caso avremo:

- ✓ La trave di fondazione che ha lo scarico massimo risulta pari a $E_d = 3,11 \text{ [Kg/cmq]}$ mentre la resistenza del terreno è di circa $R_d = 3,18 \text{ Kg/cmq}$ e pertanto soddisfa la *verifica*;

Risultati Analisi Dinamica - Massime tensioni sul terreno aste portale 1-7

Scenario di calcolo : Set_NT_SLV_A2_STR/GEO								
Asta	N.in.	N.fin.	0/5	1/5	2/5	3/5	4/5	5/5
			kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq
9001	2	1	2.58(12-I-3)	2.68(12-I-3)	2.78(12-I-3)	2.89(12-I-3)	3.00(12-I-3)	3.11(12-I-3)
9001	3	2	2.34(12-I-3)	2.39(12-I-3)	2.43(12-I-3)	2.49(12-I-3)	2.54(12-I-3)	2.59(12-I-3)
9001	5	4	2.32(12-I-2)	2.30(12-I-2)	2.28(12-I-2)	2.27(12-I-2)	2.26(12-I-2)	2.26(12-I-2)
9001	4	3	2.26(12-I-2)	2.28(12-I-2)	2.29(12-I-2)	2.31(12-I-2)	2.32(12-I-3)	2.35(12-I-3)
9001	6	5	2.51(13-I-1)	2.44(12-I-2)	2.41(12-I-2)	2.37(12-I-2)	2.35(12-I-2)	2.32(12-I-2)
9002	207	208	-1.98(12-II-1)	-1.87(12-II-1)	1.81(6)	1.87(12-II-1)	1.94(12-II-1)	2.03(12-II-1)
9002	208	209	2.04(12-II-1)	2.05(12-II-1)	2.07(12-II-1)	2.10(12-II-1)	2.13(12-II-1)	2.16(12-II-1)
9002	211	212	2.12(12-II-1)	2.10(12-II-1)	2.08(12-II-1)	2.08(12-II-1)	2.08(12-II-1)	2.08(12-II-1)
9002	209	210	2.17(12-II-1)	2.15(12-II-1)	2.14(12-II-1)	2.15(12-II-1)	2.15(12-II-1)	2.17(12-II-1)
9002	210	211	2.17(12-II-1)	2.14(12-II-1)	2.13(12-II-1)	2.12(12-II-1)	2.12(12-II-1)	2.12(12-II-1)

Risultati Analisi Dinamica - Massime tensioni sul terreno aste portale 7-14

Scenario di calcolo : Set_NT_SLV_A2_STR/GEO								
Asta	N.in.	N.fin.	0/5	1/5	2/5	3/5	4/5	5/5
			kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq
9003	1	2	2.45(12-I-3)	2.34(12-I-3)	2.24(12-I-3)	2.15(12-I-3)	2.06(12-I-3)	1.97(12-I-3)
9003	2	3	1.98(12-I-3)	1.93(12-I-3)	1.89(12-I-3)	1.85(12-I-3)	1.81(12-I-3)	1.78(12-I-3)
9003	3	4	1.78(12-I-3)	1.77(12-I-3)	1.75(12-I-3)	1.74(12-I-3)	1.73(12-I-2)	1.71(12-I-2)
9003	4	5	1.71(12-I-2)	1.72(12-I-2)	1.73(12-I-2)	1.73(12-I-2)	1.74(12-I-2)	1.75(12-I-2)
9003	5	6	1.75(12-I-2)	1.78(12-I-2)	1.81(12-I-2)	1.84(12-I-2)	1.88(12-I-2)	1.92(12-I-2)
9003	6	7	1.92(12-I-2)	1.95(12-I-2)	1.98(12-I-2)	2.01(12-I-2)	2.06(12-I-1)	2.11(12-I-1)
9004	209	210	1.79(12-II-1)	1.81(12-II-1)	1.84(12-II-1)	1.87(12-II-1)	1.91(12-II-1)	1.95(12-II-1)
9004	210	211	1.96(12-II-1)	1.95(12-II-1)	1.95(12-II-1)	1.96(12-II-1)	1.97(12-II-1)	2.00(12-II-4)
9004	211	212	2.00(12-II-4)	1.96(12-II-4)	1.94(12-II-4)	1.92(12-II-4)	1.91(12-II-4)	1.91(12-II-4)
9004	212	213	1.91(12-II-4)	1.88(12-II-4)	1.86(12-II-4)	1.84(12-II-4)	1.83(12-II-4)	1.83(12-II-4)
9004	213	214	1.83(12-II-4)	1.81(12-II-4)	1.80(12-II-4)	1.79(12-II-4)	1.79(12-II-4)	1.79(12-II-4)
9004	208	209	-1.75(12-II-1)	-1.68(12-II-1)	1.62(12-II-1)	1.67(12-II-1)	1.72(12-II-1)	1.78(12-II-1)

Risultati Analisi Dinamica - Massime tensioni sul terreno aste portale 14-25

Scenario di calcolo : Set_NT_SLV_A2_STR/GEO								
Asta	N.in.	N.fin.	0/5	1/5	2/5	3/5	4/5	5/5
			kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq
9005	1	2	1.40(12-I-2)	1.42(2)	1.45(2)	1.48(2)	1.52(2)	1.56(2)
9005	10	11	1.49(2)	1.43(2)	1.39(2)	1.35(13-I-3)	1.40(13-I-3)	1.45(13-I-3)
9005	9	10	1.57(2)	1.54(2)	1.52(2)	1.51(2)	1.50(2)	1.49(2)
9005	8	9	1.58(2)	1.56(2)	1.55(2)	1.55(2)	1.56(2)	1.57(2)
9005	7	8	1.56(2)	1.55(2)	1.55(2)	1.55(2)	1.56(2)	1.58(2)
9005	6	7	1.52(2)	1.51(2)	1.52(2)	1.52(2)	1.54(2)	1.56(2)
9005	5	6	1.51(2)	1.50(2)	1.49(2)	1.49(2)	1.50(2)	1.52(2)
9005	4	5	1.54(2)	1.52(2)	1.51(2)	1.50(2)	1.50(2)	1.51(2)
9005	3	4	1.59(2)	1.57(2)	1.56(2)	1.55(2)	1.54(2)	1.54(2)
9005	2	3	1.56(2)	1.56(2)	1.56(2)	1.57(2)	1.58(2)	1.59(2)
9006	1	2	2.02(12-II-1)	1.96(12-II-1)	1.90(12-II-1)	1.85(12-II-1)	1.80(12-II-1)	1.75(12-II-1)
9006	9	10	1.98(12-II-4)	2.07(12-II-4)	2.17(12-II-4)	2.27(12-II-4)	2.37(12-II-4)	2.47(12-II-4)
9006	8	9	1.74(12-II-4)	1.79(12-II-4)	1.84(12-II-4)	1.89(12-II-4)	1.94(12-II-4)	1.99(12-II-4)
9006	7	8	1.59(12-II-4)	1.62(12-II-4)	1.65(12-II-4)	1.68(12-II-4)	1.71(12-II-4)	1.74(12-II-4)
9006	11	7	1.56(12-II-4)	1.57(12-II-4)	1.58(12-II-4)	1.58(12-II-4)	1.59(12-II-4)	1.60(12-II-4)
9006	6	11	1.57(12-II-4)	1.57(12-II-4)	1.57(12-II-4)	1.57(12-II-4)	1.56(12-II-4)	1.56(12-II-4)
9006	5	6	1.64(12-II-1)	1.63(12-II-4)	1.61(12-II-4)	1.60(12-II-4)	1.58(12-II-4)	1.57(12-II-4)
9006	4	5	1.61(12-II-1)	1.62(12-II-1)	1.63(12-II-1)	1.63(12-II-1)	1.64(12-II-1)	1.64(12-II-1)
9006	3	4	1.65(12-II-1)	1.64(12-II-1)	1.63(12-II-1)	1.63(12-II-1)	1.62(12-II-1)	1.62(12-II-1)
9006	2	3	1.75(12-II-1)	1.73(12-II-1)	1.71(12-II-1)	1.69(12-II-1)	1.67(12-II-1)	1.64(12-II-1)

Risultati Analisi Dinamica - Massime tensioni sul terreno aste portale 25-35

Scenario di calcolo : Set_NT_SLV_A2_STR/GEO								
Asta	N.in.	N.fin.	0/5	1/5	2/5	3/5	4/5	5/5
			kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq
9007	1	2	1.72(12-I-3)	1.66(12-I-3)	1.60(12-I-3)	1.56(3)	1.53(3)	1.50(3)
9007	7	8	1.41(3)	1.43(3)	1.45(3)	1.48(3)	1.50(3)	1.52(3)
9007	6	7	1.37(3)	1.37(3)	1.38(3)	1.39(3)	1.40(3)	1.41(3)
9007	9	10	1.67(3)	1.71(3)	1.75(3)	1.80(3)	1.84(12-I-3)	1.91(12-I-3)
9007	4	5	1.36(3)	1.36(3)	1.36(3)	1.36(3)	1.36(3)	1.36(3)
9007	2	3	1.50(3)	1.47(3)	1.44(3)	1.42(3)	1.40(3)	1.38(3)
9007	3	4	1.38(3)	1.38(3)	1.37(3)	1.37(3)	1.36(3)	1.36(3)
9007	8	9	1.52(3)	1.55(3)	1.58(3)	1.61(3)	1.64(3)	1.68(3)
9007	5	6	1.36(3)	1.36(3)	1.36(3)	1.36(3)	1.37(3)	1.37(3)
9008	211	212	0.91(12-I-1)	0.90(12-I-1)	0.88(12-I-1)	0.86(12-I-1)	0.85(12-I-1)	0.84(12-I-1)
9008	219	220	0.85(12-I-3)	0.88(12-I-3)	0.91(12-I-3)	0.94(12-I-3)	0.97(12-I-3)	1.01(12-I-3)
9008	218	219	0.78(12-I-3)	0.79(12-I-3)	0.80(12-I-3)	0.82(12-I-3)	0.83(12-I-3)	0.85(12-I-3)
9008	217	218	0.76(12-II-3)	0.75(12-II-3)	0.75(12-I-3)	0.76(12-I-3)	0.77(12-I-3)	0.78(12-I-3)
9008	216	217	0.74(12-II-4)	0.74(12-II-4)	0.73(12-I-3)	0.74(12-II-3)	0.75(12-II-3)	0.76(12-II-3)
9008	215	216	0.75(12-II-4)	0.74(12-II-4)	0.73(12-II-4)	0.73(12-I-4)	0.74(12-II-4)	0.74(12-II-4)
9008	214	215	0.74(12-II-4)	0.74(12-I-4)	0.74(12-I-4)	0.73(12-I-4)	0.74(12-II-4)	0.75(12-II-4)
9008	213	214	0.77(12-I-4)	0.76(12-I-4)	0.76(12-I-4)	0.75(12-I-4)	0.74(12-I-4)	0.74(12-II-4)
9008	212	213	0.84(12-I-1)	0.82(12-I-1)	0.80(12-I-1)	0.79(12-I-4)	0.78(12-I-4)	0.77(12-I-4)

Risultati Analisi Dinamica - Massime tensioni sul terreno aste portale 35-65

Scenario di calcolo : Set_NT_SLV_A2_STR/GEO								
Asta	N.in.	N.fin.	0/5	1/5	2/5	3/5	4/5	5/5
			kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq
9009	1	2	2.12(3)	2.05(3)	1.99(3)	1.93(3)	1.87(3)	1.82(3)
9009	18	19	1.46(3)	1.46(3)	1.46(3)	1.46(3)	1.46(3)	1.45(3)
9009	14	15	1.48(3)	1.48(3)	1.49(3)	1.48(3)	1.48(3)	1.48(3)
9009	13	14	1.50(3)	1.50(3)	1.50(3)	1.49(3)	1.49(3)	1.48(3)
9009	10	11	1.48(3)	1.48(3)	1.48(3)	1.48(3)	1.48(3)	1.48(3)
9009	24	25	1.52(3)	1.54(3)	1.57(3)	1.60(3)	1.62(3)	1.65(3)
9009	19	20	1.45(3)	1.45(3)	1.45(3)	1.44(3)	1.44(3)	1.43(3)
9009	22	23	1.43(3)	1.44(3)	1.44(3)	1.45(3)	1.45(3)	1.45(3)
9009	3	4	1.65(3)	1.62(3)	1.60(3)	1.57(3)	1.55(3)	1.53(3)
9009	5	6	1.49(3)	1.49(3)	1.49(3)	1.49(3)	1.48(3)	1.48(3)
9009	7	8	1.47(3)	1.47(3)	1.47(3)	1.47(3)	1.47(3)	1.46(3)
9009	9	10	1.46(3)	1.47(3)	1.47(3)	1.47(3)	1.48(3)	1.48(3)
9009	25	26	1.65(3)	1.69(3)	1.74(3)	1.79(3)	1.85(13-I-2)	1.95(13-I-2)
9009	21	22	1.43(3)	1.43(3)	1.43(3)	1.43(3)	1.43(3)	1.43(3)
9009	12	13	1.49(3)	1.49(3)	1.50(3)	1.50(3)	1.50(3)	1.50(3)
9009	16	17	1.47(3)	1.47(3)	1.47(3)	1.47(3)	1.47(3)	1.46(3)
9009	17	18	1.46(3)	1.47(3)	1.47(3)	1.47(3)	1.47(3)	1.46(3)
9009	8	9	1.46(3)	1.47(3)	1.47(3)	1.47(3)	1.46(3)	1.46(3)
9009	15	16	1.48(3)	1.48(3)	1.48(3)	1.48(3)	1.48(3)	1.47(3)
9009	20	21	1.43(3)	1.43(3)	1.43(3)	1.43(3)	1.43(3)	1.43(3)
9009	11	12	1.48(3)	1.49(3)	1.49(3)	1.49(3)	1.49(3)	1.49(3)
9009	23	24	1.45(3)	1.46(3)	1.48(3)	1.49(3)	1.51(3)	1.52(3)
9009	6	7	1.48(3)	1.48(3)	1.48(3)	1.48(3)	1.47(3)	1.47(3)
9009	2	3	1.83(3)	1.78(3)	1.74(3)	1.71(3)	1.67(3)	1.64(3)
9009	4	5	1.53(3)	1.52(3)	1.51(3)	1.51(3)	1.50(3)	1.49(3)
9010	1	2	1.10(12-I-1)	1.06(12-I-1)	1.03(12-I-1)	1.00(12-I-1)	0.97(12-I-1)	0.94(12-I-1)
9010	25	26	0.74(13-II-2)	0.76(13-II-2)	0.78(13-II-2)	0.81(13-II-2)	0.83(13-II-2)	0.86(13-II-2)
9010	24	25	0.69(13-II-2)	0.70(13-II-2)	0.71(13-II-2)	0.72(13-II-2)	0.73(13-II-2)	0.74(13-II-2)
9010	23	24	0.67(13-II-2)	0.68(13-II-2)	0.68(13-II-2)	0.69(13-II-2)	0.69(13-II-2)	0.69(13-II-2)
9010	22	23	0.65(13-II-2)	0.66(13-II-2)	0.66(13-II-2)	0.66(13-II-2)	0.67(13-II-2)	0.67(13-II-2)
9010	21	22	0.65(12-I-2)	0.65(12-I-2)	0.65(12-I-2)	0.65(12-I-2)	0.65(13-II-2)	0.65(13-II-2)
9010	20	21	0.66(12-I-2)	0.66(12-I-2)	0.66(12-I-2)	0.66(12-I-2)	0.65(12-I-2)	0.65(12-I-2)
9010	19	20	0.66(12-I-2)	0.66(12-I-2)	0.66(12-I-2)	0.66(12-I-2)	0.66(12-I-2)	0.66(12-I-2)
9010	18	19	0.66(12-I-2)	0.66(12-I-2)	0.66(12-I-2)	0.66(12-I-2)	0.66(12-I-2)	0.66(12-I-2)
9010	17	18	0.66(12-I-3)	0.66(12-I-3)	0.66(12-I-3)	0.66(12-I-2)	0.66(12-I-2)	0.66(12-I-2)
9010	16	17	0.67(12-I-3)	0.67(12-I-3)	0.67(12-I-3)	0.67(12-I-3)	0.66(12-I-3)	0.66(12-I-3)
9010	15	16	0.67(12-I-4)	0.68(12-I-4)	0.67(12-I-4)	0.67(12-I-4)	0.67(12-I-3)	0.67(12-I-3)
9010	14	15	0.69(12-I-4)	0.69(12-I-4)	0.69(12-I-4)	0.69(12-I-4)	0.68(12-I-4)	0.67(12-I-4)
9010	13	14	0.70(12-I-4)	0.70(12-I-4)	0.70(12-I-4)	0.70(12-I-4)	0.69(12-I-4)	0.69(12-I-4)

9010	12	13	0.71(12-I-4)	0.71(12-I-4)	0.71(12-I-4)	0.70(12-I-4)	0.70(12-I-4)	0.70(12-I-4)
9010	11	12	0.71(12-I-4)	0.71(12-I-4)	0.71(12-I-4)	0.71(12-I-4)	0.71(12-I-4)	0.71(12-I-4)
9010	10	11	0.72(12-I-1)	0.72(12-I-1)	0.72(12-I-1)	0.72(12-I-4)	0.71(12-I-4)	0.71(12-I-4)
9010	9	10	0.75(12-I-1)	0.75(12-I-1)	0.75(12-I-1)	0.74(12-I-1)	0.73(12-I-1)	0.72(12-I-1)
9010	8	9	0.77(12-I-1)	0.77(12-I-1)	0.77(12-I-1)	0.76(12-I-1)	0.76(12-I-1)	0.75(12-I-1)
9010	7	8	0.79(12-I-1)	0.79(12-I-1)	0.79(12-I-1)	0.79(12-I-1)	0.78(12-I-1)	0.77(12-I-1)
9010	6	7	0.81(12-I-1)	0.81(12-I-1)	0.81(12-I-1)	0.81(12-I-1)	0.80(12-I-1)	0.79(12-I-1)
9010	5	6	0.83(12-I-1)	0.83(12-I-1)	0.83(12-I-1)	0.83(12-I-1)	0.82(12-I-1)	0.81(12-I-1)
9010	4	5	0.84(12-I-1)	0.84(12-I-1)	0.84(12-I-1)	0.84(12-I-1)	0.83(12-I-1)	0.83(12-I-1)
9010	3	4	0.87(12-I-1)	0.86(12-I-1)	0.86(12-I-1)	0.85(12-I-1)	0.85(12-I-1)	0.84(12-I-1)
9010	2	3	0.94(12-I-1)	0.92(12-I-1)	0.91(12-I-1)	0.89(12-I-1)	0.88(12-I-1)	0.86(12-I-1)

IL PROGETTISTA

CALCOLO DEL CARICO LIMITE VERTICALE DI PROGETTO

Il calcolo di seguito illustrato è stato eseguito secondo la formula di Brinch-Hansen (1970), valida per terreni sciolti, fondazioni nastriformi, rettangolari o quadrate, opportunamente corretta in funzione del D.M. 14/01/2008.

APPROCCIO 1 - Comb. 2 (A2+M2+R2)

DATI DI CALCOLO

LATO MINORE DELLA FONDAZIONE

(larghezza fondazione)

LATO MAGGIORE DELLA FONDAZIONE

(lunghezza fondazione)

PROFONDITA' DEL PIANO DI POSA DELLA FONDAZIONE

(rispetto al livello più basso del piano campagna)

PESO DI VOLUME DEL TERRENO

(al di sotto del piano di posa delle fondazioni)

PESO DI VOLUME DEL TERRENO

(al di sopra del piano di posa delle fondazioni)

ANGOLO DI ATTRITO DEL TERRENO

(sul piano di posa delle fondazioni)

COESIONE c'

TENSIONE TOTALE NEL TERRENO AL LIVELLO DEL

PIANO DI POSA DELLA FONDAZIONE

(pressione litostatica)

COEFFICIENTE DI SICUREZZA PARZIALE (per $\tan \phi$)

(eurocodice 7 e tabella 6.2.II del DM 08)

COEFFICIENTE DI SICUREZZA PARZIALE (per c_u)

(eurocodice 7 e tabella 6.2.II del DM 08)

COEFFICIENTE DI SICUREZZA PARZIALE (per c')

(eurocodice 7 e tabella 6.2.II del DM 08)

COEFFICIENTE DI SICUREZZA PARZIALE (per γ_{qu})

(eurocodice 7 e tabella 6.2.II del DM 08)

COEFFICIENTE DI SICUREZZA PARZIALE (per γ_γ)

(eurocodice 7 e tabella 6.2.II del DM 08)

COEFFICIENTE DI SICUREZZA PARZIALE

(eurocodice 7 e tabella 6.4.I del DM 08)

$C_1 =$ 0,085

$H =$ 13,28 m

$B =$ 1,40 metri

$L =$ 5,00 metri

$D =$ 1,10 metri

$\gamma_1 =$ 1,90 t/mc

$\gamma_2 =$ 1,90 t/mc

$\phi' =$ 35,00 gradi

$c' =$ 0,00 t/mq

$q_u =$ 2,09 t/mq

$\gamma_{\tan \phi'}$ 1,25 adim.

γ_{cu} 1,40 adim.

$\gamma_{c'}$ 1,25 adim.

γ_{qu} 1,00 adim.

γ_γ 1,00 adim.

γ_{R2} 1,80 Capacità portante

γ_{R2} 1,10 Scorrimento

per costruzioni con struttura in acciaio

altezza della costruzione dal piano della fondazione

$$T_1=CxH^{3/4}$$

$$q=K_w \times K_{rx} q_o=K_w \times K_{rx} C_{ex} \alpha_u/\alpha_1=$$

$$K_{hk}=K_h=\beta_s x a_{max}/g$$

$$K_{hi}=K_v=S_d(T_1) \qquad \text{dove} \qquad T_1=C_1 x H^{3/4} = \qquad 0,591$$

ECCENTRICITA' DEL CARICO VERTICALE

parallelamente a B

parallelamente a L

CARICO ORIZZONTALE

componente parallela a B

componente parallela a L

CARICO VERTICALE

INCLINAZIONE DEL PIANO DI POSA DELLA FONDAZIONE

(rispetto all'orizzontale)

INCLINAZIONE DEL PIANO CAMPAGNA

(rispetto all'orizzontale)

FALDA

presente

SI = 0

0

non presente

NO = 0

$$q = \qquad 1,000$$

$$K_h = \qquad 0,0460$$

$$K_v = \qquad 0,0930$$

$$E_b = \qquad 0,53 \qquad \text{metri}$$

$$E_l = \qquad 0,48 \qquad \text{metri}$$

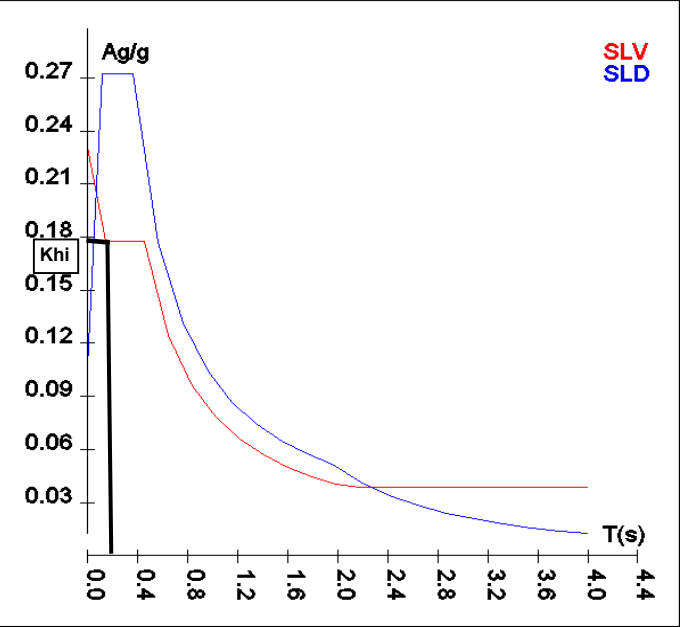
$$H_b = \qquad 3,05 \qquad \text{tonn.}$$

$$H_l = \qquad 3,05 \qquad \text{tonn.}$$

$$N = \qquad 32,77 \qquad \text{tonn.}$$

$$\alpha = \qquad 0,00 \qquad \text{gradi}$$

$$\beta = \qquad 0,00 \qquad \text{gradi}$$



FUNZIONI DELL'ANGOLO ϕ'

$$45 + \phi'/2 = \qquad 59,62803$$

RISULTATI DI CALCOLO

valore effettivo della base della fondazione
 valore effettivo della lunghezza della fondazione
 valore efficace del peso di volume sotto il piano fondazione
 valore efficace del peso di volume sopra il piano fondazione
 valore efficace della tensione al livello del piano di posa
 valore effettivo dell'angolo di attrito del terreno
 valore effettivo della coesione
 rapporto D/B

B' = 0,34 metri
 L' = 4,04 metri
 γ' = 1,90 t/mc
 γ'' = 1,90 t/mc
 qu = 2,09 t/mq
 ϕ' = 29,26 gradi
 c' = 0,00 t/mq
 D/B = 0,79 adim.

$\tan \phi' =$ 0,560166
 $\tan \phi =$ 0,700208
 $\tan \phi/\gamma_m =$ 0,560166
 $\arctan \phi/\gamma_m =$ 29,25607
 $e^{\pi \tan \phi'} =$ 5,811353
 $\cot \phi' =$ 1,785185
 $\sin \phi' =$ 0,488714
 $\cos \phi' =$ 0,872444
 $\tan^2 (45 + \phi'/2) =$ 2,911702

FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE

$N_q = \tan^2 (45 + \phi'/2) \times e^{\pi \tan \phi'}$
 $N_c = (N_q - 1) \times \cot \phi'$
 $N_\gamma = 1,5 \times (N_q - 1) \times \tan \phi'$

$N_q =$ 16,921
 $N_c =$ 28,422
 $N_\gamma =$ 0,615

per carico orizzontale
 $s_\gamma =$ 1
 $s_q =$ 1

COEFFICIENTI DI FORMA

$s_\gamma = 1 - 0,4 \times (B'/L')$
 $s_q = 1 + (B'/L') \times \tan \phi'$
 $s_c = 1 + (B'/L') \times (N_q/N_c)$

$s_\gamma =$ 0,97
 $s_q =$ 1,05
 $s_c =$ 1,05

$s_c =$ 1
 nel caso di plinti o platee con carico
 per $H_b > 0$ e $H_l > 0$
 $i_\gamma =$ 0,70
 $i_q =$ 0,81

FATTORI DI PROFONDITA'

$d_q = 1 + 2 \times D/B' \times \tan \phi' \times (1 - \sin \phi')^2$
 $d'_q = 1 + 2 \times \tan \phi' \times (1 - \sin \phi')^2 \times \arctan (D/B)$
 $d_c = d_q - (1 - d_q)/(N_c \times \tan \phi')$
 $d_\gamma = 1$ per qualsiasi ϕ

D/B ≤ 1 $d_q =$ 1,95
 D/B > 1 $d'_q =$ 1,20
 $d_c =$ 2,01
 $d_\gamma =$ 1,00

$i_c =$ 0,79

$mL = (2 + L'/B')/(1 + L'/B') =$
 $mB = (2 + B'/L')/(1 + B'/L') =$
 $a =$ 45,0 $\cos a =$
 $\sin a =$

FATTORI DI INCLINAZIONE DEL CARICO

$i_\gamma = (1 - H/(N + B' \times L' \times c' \times \cot \phi'))^{(m+1)}$
 $i_q = (1 - H/(N + B' \times L' \times c' \times \cot \phi'))^m$
 $i_c = i_q - (1 - i_q)/(N_c \times \tan \phi')$

$i_\gamma =$ 0,75
 $i_q =$ 0,83
 $i_c =$ 0,82

$m = mL(\cos a)^2 + mB(\sin a)^2 =$

FATTORI DI INCLINAZIONE BASE FONDAZIONE

$b_q = (1 - \alpha \tan \phi')^2$
 $b_\gamma = b_q$

$b_q =$ 1,00
 $b_\gamma =$ 1,00

$$b_c = b_q - (1 - b_q / (N_c \tan \phi'))$$

$$b_c = 1,00$$

FATTORI DI INCLINAZIONE PIANO CAMPAGNA

$$g_q = (1 - \tan \beta)^2$$

$$g_q = 1,00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1,00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q / (N_c \tan \phi'))$$

$$g_c = 1,00$$

$$Q_{lim} = 1/2 \times \gamma' \times B' \times N_\gamma \times s_\gamma \times i_\gamma \times b_\gamma \times d_\gamma \times g_\gamma + c' \times N_c \times s_c \times d_c \times i_c \times b_c \times g_c + q_u \times N_q \times s_q \times d_q \times i_q \times b_q \times g_q$$

$$Q_{lim} = R_k = 57,23 \text{ t/mq}$$

$$R_d = R_k / \gamma_R = 31,79 \text{ t/mq}$$

$$\mathbf{R_d = R_k / \gamma_R = 3,18 \text{ Kg/cmq}}$$