ESEMPIO DI CALCOLO DI CAPACITA' PORTANTE Rd

in condizioni statiche e sismiche

DH (m)	Gam (kN/m³)	Gams (kN/m³)	Fi (°)	Fi Corr. (°)	c (kN/m²)	c Corr. (kN/m²)	cu (kN/m²)	Ey (kN/m²)	Ed (kN/m²)	Ni	Cv (cmq/s)	Cs
30,0	19,61	21,57	17,0	17	24,0	24,0	150,0	0,0	3500,0	0,0	0,003	0,0

STRATIGRAFIA TERRENO

Corr: Parametri con fattore di correzione (TERZAGHI)

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams:Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria; cu: Coesione non drenata

Dati forniti dallo strutturista

Plinto di fondazione B = L = 2,3 m

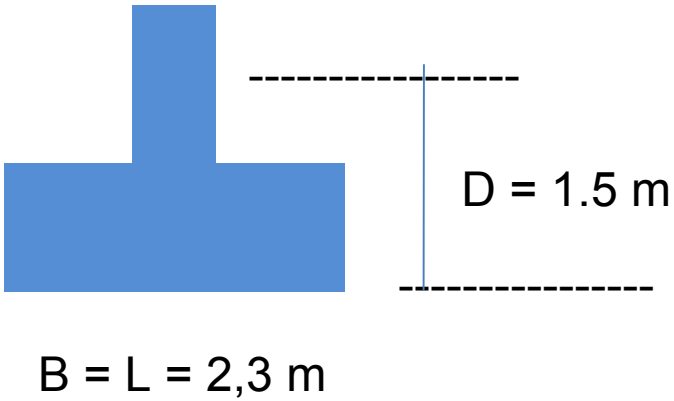
Profondità piano posa = 1.5 m

Carichi permanenti G1 = 870 KN

variabili Qk1= 150 KN

variabili Qk2 =1,6 kN (neve < 1000 m slm)

permanenti orizz. H G2 =3.7 kN



Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, infatti, **la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente"** e non più tramite un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi *stati limite* presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base " del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Le misure sismiche con tecnica Down-Hole hanno consentito di ottenere i seguenti valori :

Sondaggio S2 VS 30 = 330 m/sec

ANALISI DEL TERRENO

Poiché la velocità media delle onde di taglio nei primi trenta metri, partendo dalla profondità di -1.50m da piano campagna, quota dell'intradosso della fondazione di progetto, è risultata pari a 330 m/sec **e congruente con la descrizione stratigrafica secondo la tab. 3.2.II delle NTC 2008**, il sito in esame ricade, quindi, nella **categoria di sottosuolo C.**

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C →	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	*Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m,* posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

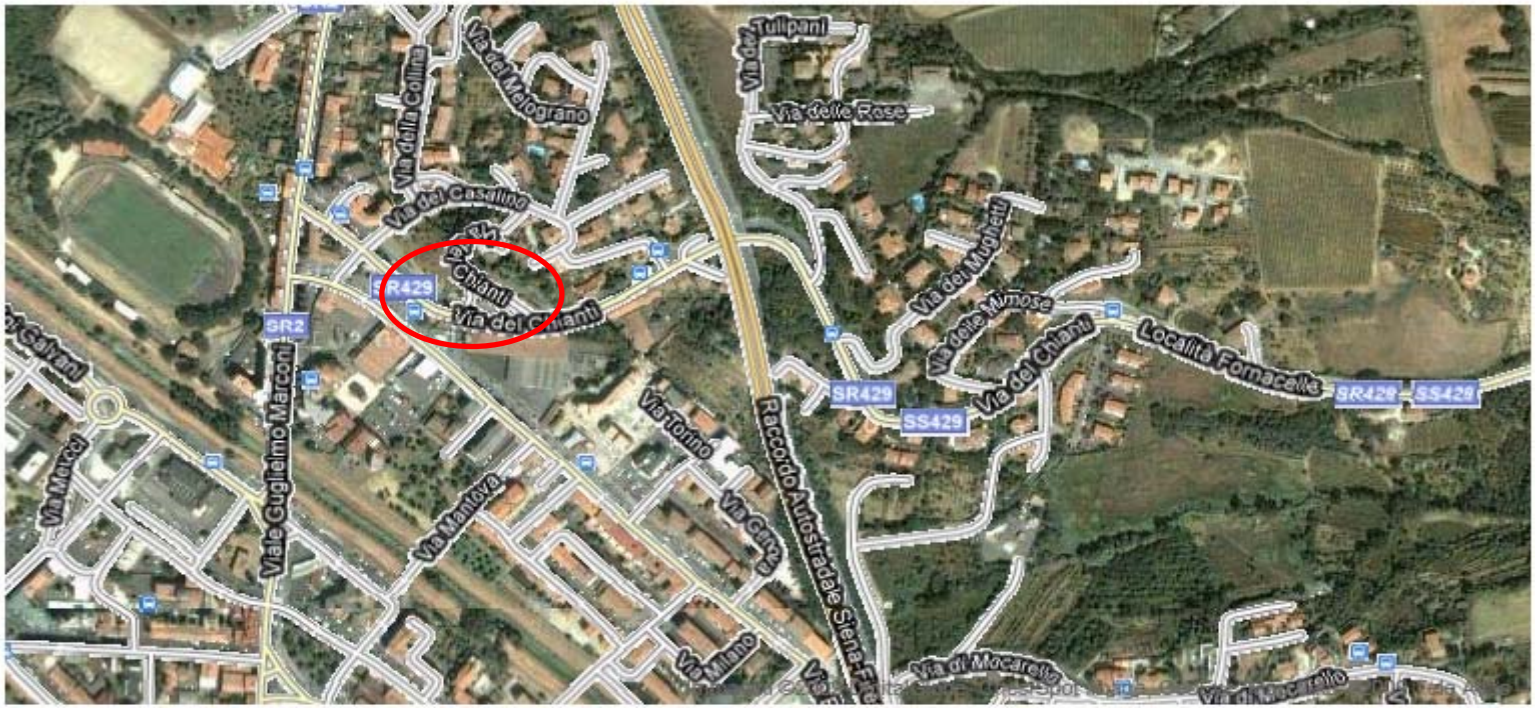
Tabella 3.2.V – *Espressioni di S_S e di C_C*

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

Cc = coeff. f(Categ.sottosuolo)

STIMA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA

Il primo passo consiste nella determinazione di **ag** (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido).
Per tale determinazione è necessario conoscere le **coordinate geografiche decimali** dell'opera da verificare.
Le coordinate geografiche sono state trasformate da gradi sessagesimali in decimali.
Bisogna convertire, inoltre, le coordinate da WGS84 a ED50 (datum INGV)



Lat.43.47 Long. 11.15

Sul sito **www.geostru.it** si trova gratuitamente: GeoStru PS Parametri sismici con un click

Inserire nella griglia :

-Le coordinate geografiche **decimali** individuate come detto in precedenza
-La Classe d'Uso
-La Vita Nominale

Calcolo dei coefficienti sismici
Scegliere - Opere di sostegno
- Stabilità dei pendii - fondazioni ← ***(in questo caso)***
- Paratie
Inserire
La categoria di sottosuolo (da down–hole o similia) (= **C** nel nostro caso)
La categoria topografica Tn (T1 nel nostro caso)
Geostru trasforma direttamente da WGS84 a ED50

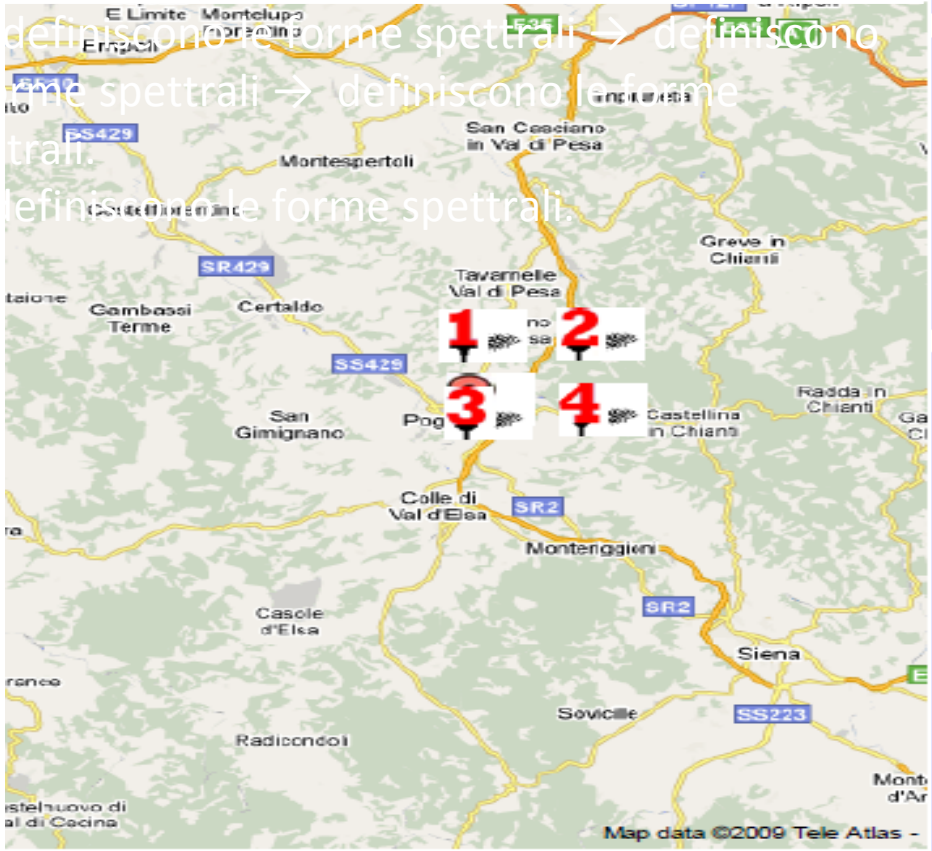
•In alternativa al programma Geostru - programma gratuito del CSLP, S.T.A. DATA o Programma commerciale : P. Rugarli – Nuove NTC - EPC libri-

WGS84 - Otteniamo tre valori:

ag (g/10), F0 e Tc* → definiscono le forme spettrali

Il passo successivo consiste nella valutazione di Amax (accelerazione massima attesa al sito)

Amax = Ss*ST*ag



43.47, 11.15

Visualizza vertici della maglia di appartenenza

Parametri sismici

Determinamo, infine, i coefficienti sismici orizzontale e verticale

Kh = ßs * amax /g

Kv = 0.5 Kh

Determinazione dei parametri sismici

Lat. 43.47 Long. 11.15

Classe dell'edificio: II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubblich Cu = 1

Vita nominale 50
(Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100)

Calcola

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0,046	2,535	0,245
Danno (SLD)	50	0,058	2,540	0,254
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,139	2,486	0,278
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,175	2,514	0,284
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Calcolo dei coefficienti sismici

Opere di sostegno — Paratie

Stabilità dei pendii e fondazioni

H (m) 1

us (m) 0.1

Categoria sottosuolo C

Categoria topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,49	1,44
Cc Coeff. funz categoria	1,67	1,65	1,60	1,59
St Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Personalizza acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,014	0,017	0,050	0,060
kv	0,007	0,009	0,025	0,030
Amax [m/s²]	0,682	0,850	2,033	2,466
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

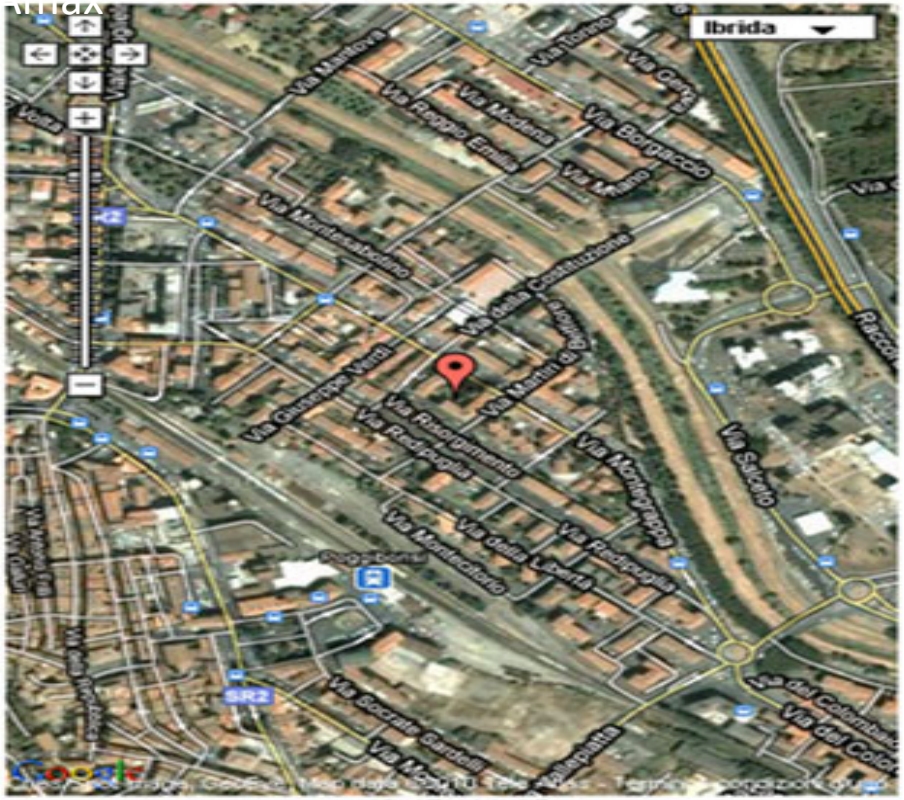
Calcola

ED50 - Otteniamo tre valori:

ag (g/10), F0 e Tc* → definiscono le forme spettrali

Il passo successivo consiste nella valutazione di Amax (accelerazione massima attesa al sito)

Amax = Ss*ST*ag



Determinamo, infine, i coefficienti sismici orizzontale e verticale

Kh = ßs * amax /g

Kv = 0.5 Kh

Determinazione dei parametri sismici

(1)* Coordinate WGS84

Lat. 43.470000 Long. 11.150000

(1)* Coordinate ED50

Lat. 43,470966 Long. 11,150980

Classe dell'edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche — Cu = 1

Vita nominale 50

(Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100)

Calcola

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0,046	2,536	0,245
Danno (SLD)	50	0,058	2,541	0,254
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,139	2,487	0,279
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,174	2,514	0,284
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Calcolo dei coefficienti sismici

Muri di sostegno — Paratie

Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) 1

us (m) 0.1

Categoria sottosuolo C

Categoria topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss * Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,49	1,44
Cc * Coeff. funz categoria	1,67	1,65	1,60	1,59
St * Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Personalizza acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

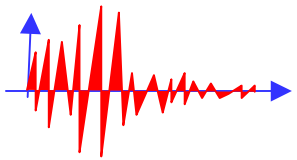
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,014	0,017	0,050	0,060
kv	0,007	0,009	0,025	0,030
Amax [m/s²]	0,681	0,849	2,029	2,461
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Calcola

* I valori di Ss, Cc ed St possono essere variati

Approccio	Tipo SLU	Azioni **sfavorevoli**		
		Permanenti		Variabili γ_{Qi}
		Strutturali γ_{G1}	Non strutturali γ_{G2}	
Approccio 1-C1	STR (A1)	1.30	1.50	1.50
Approccio 1-C2	GEO (A2)	1.00	1.30	1.30
Approccio 2	STR-GEO (A1)	1.30	1.50	1.50
Eq. corpo rigido	EQU	1.10	1.50	1.50
Sollevamento	UPL	1.10		
Sifonamento	HYD	1.30		

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0



AZIONE SISMICA :

EFFETTO CINEMATICO ED INERZIALE

khk khi

Applicando il *metodo pseudostatico*, **l'azione sismica** si traduce in accelerazioni del **sottosuolo** (**effetto cinematico khk**) e nella **fondazione** (**effetto inerziale khi**) per le azioni delle forze di inerzia prodotte nella struttura in elevazione.

Per un'azione sismica, modellata attraverso la sola componente orizzontale, tali effetti si esprimono tramite i coefficienti sismici khk e khi, non necessariamente di egual valore.

L'**effetto inerziale** produce le **variazioni di tutti i coefficienti di carico limite Nc Nq e Nγ** in funzione del coefficiente sismico **khi** (interviene nella formula trinomia operando direttamente sui coefficienti correttivi **iq,ic,iγ** che tengono conto dell'inclinazione del carico).
L'**effetto cinematico** **modifica solo il coefficiente Nγ** in funzione del coefficiente sismico **khk.**
Nγ viene quindi moltiplicato sia per il coefficiente correttivo dell'effetto inerziale, sia per il coefficiente correttivo per l'effetto cinematico(C.*7.11.5.3.1)*

Per considerare separatamente entrambi gli effetti si introducono due coefficienti correttivi che operano **sul solo Nγ**

eγ k = (1-khk/tan ϕ)^0,45 **cinematico**

eγ i = (1-0,7*khi)^5 **inerziale**

Nc ed Nq vengono trattati con i coefficienti **ic e iq**, tenuto conto del solo effetto inerziale.

Come si trovano khi e khk

khi = Sd(T) con Sd(T) **ordinata dello spettro di progetto** (componente orizzontale). Per trovarla è necessario avere dallo strutturista **q** (fattore di struttura), che consente di ricavare dallo spettro elastico quello di progetto, e **T1** (periodo fondamentale), che è il valore da inserire nella formula, oppure l'ascissa per trovare l'ordinata Sd(T) nello spettro°(7.3.3.2 NTC 2008).

Le NTC impongono che

khi ≥ 0.2 * ag

Se si hanno difficoltà nel reperire il suo valore si potrà utilizzare in prima approssimazione la relazione

khi = H/Nd

khi è, infatti, uguale al rapporto tra componente orizzontale (H o Vd o T) e verticale (Nd o W) del carico trasmesso in fondazione (C.7.11.5.3.1).

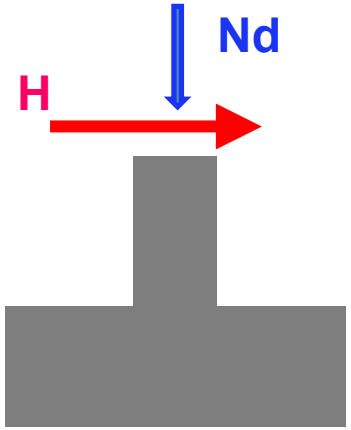
I valori di **khk** possono essere desunti dai valori di normativa specificati per le fondazioni ed i pendii (è il normale kh)

khk = kh **(Kh = ßs * amax /g)**

° **Foglio di calcolo Spettri del CSLP**

TAGLIO SISMICO H alla base della fondazione per verifica allo scorrimento

Il calcolo del **valore di H (taglio sismico alla base della fondazione**) si ottiene da:



$$H = Nd * Sd(T_1)$$

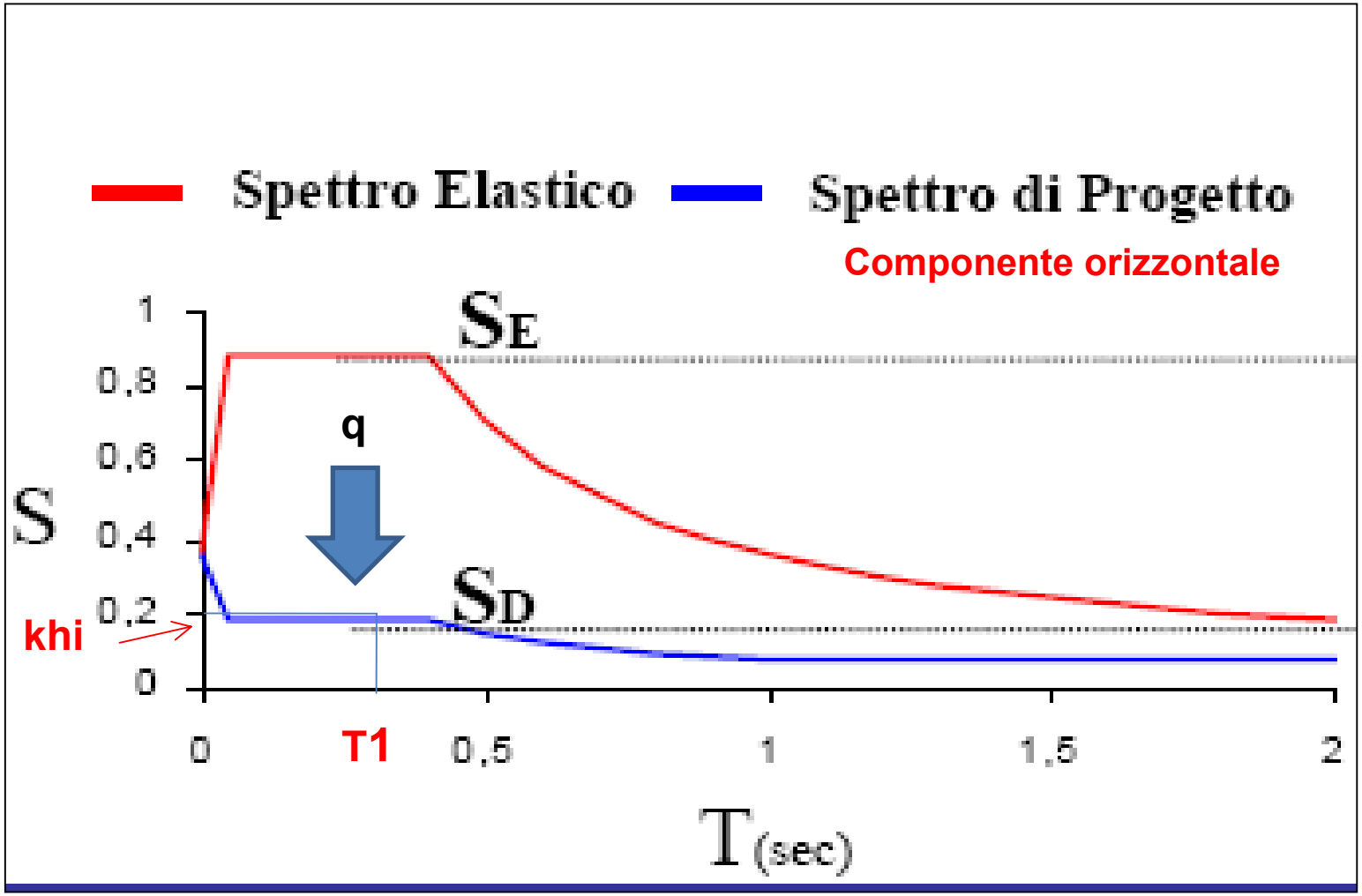
ossia $$H = Nd * khi$$

Dove, Nd (o W) è il carico verticale e **Sd (T_1)** l'ordinata dello spettro di progetto (SLU – SLV) in corrispondenza di **T_1** (periodo fondamentale) corrispondente a **khi**.

Il valore di **T_1** deve essere comunicato, insieme con quello di **q**, dallo strutturista. In caso di difficoltà T_1 può essere stimato tramite la relazione:

$$T_1 = C_1 \times h^{3/4}$$

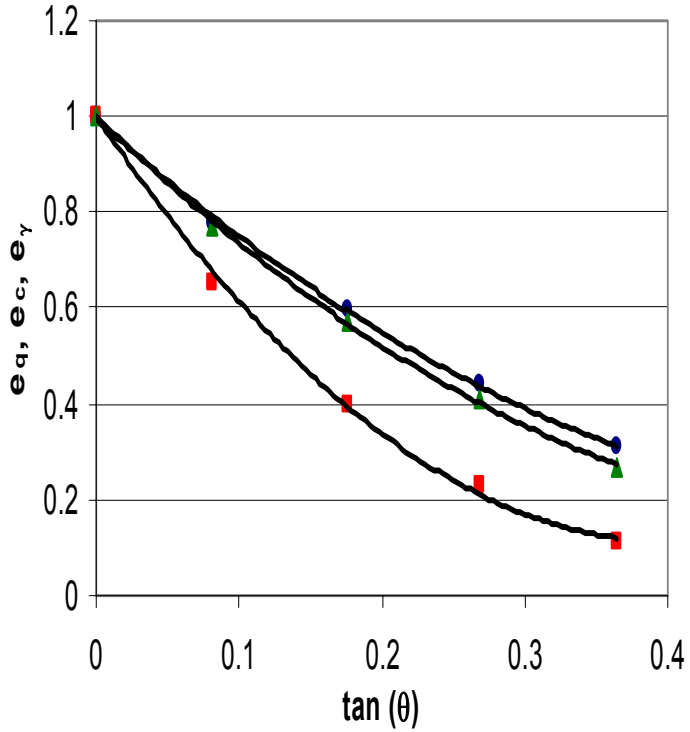
dove C_1= 0.085 per strutture a telaio in acciaio, 0.075 per strutture in c.a., 0.05 per altri tipi di struttura, mentre h è l'altezza dell'edificio dal piano di fondazione.


Spettro Elastico
Spettro di Progetto
Componente orizzontale
S
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
SE
SD
q
khi
0
T1
0,5
1
1,5
2
T (sec)

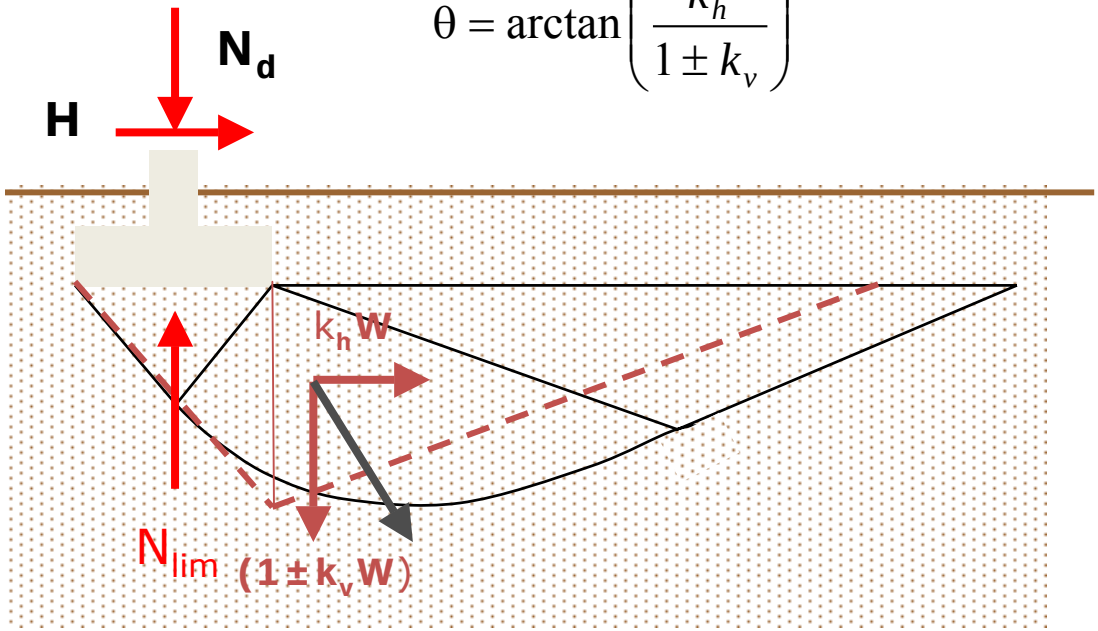
qlim in condizioni sismiche

Metodi di Richard et al.(1993) e Paolucci e Pecker (1997)

Richards et al. (1993)



$$\theta = \arctan\left(\frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$$



per carico limite **(terreno privo di coesione)**

$$N_{\lim} = \left[e_q i_q s_q N_q \gamma D + e_\gamma i_\gamma s_\gamma N_\gamma \gamma \frac{B}{2} \right] B^2$$

Dall'espressione generale di Brinch Hansen vari autori hanno sviluppato procedure in grado di valutare il qlim o Nlim in condizioni sismiche, estendendo la formula trinomia al caso di presenza di forze di inerzia.

Richards et al. (1993) ipotizzano al di sotto di una fondazione di tipo lineare una superficie di rottura che permette di valutare i fattori di capacità portante Nc Nq e Nγ in condizioni sismiche in funzione dei coefficienti di spinta attiva e passiva e degli angoli di inclinazione della superficie di rottura del terreno .

Paolucci & Pecker (1997)

Un altro metodo che tiene conto degli effetti inerziali indotti dal sisma sulla determinazione dell'Rd o qlim o Nlim è adottato da **Paolucci & Pecker**(1997) con l'introduzione dei fattori correttivi z:

$$z_\gamma = z_q = (1 - kh/tg\phi)^{0.35}$$

$$z_c = 1 - 0.32\ kh$$ kh = coeff. sismico orizzontale

Verifiche allo SLE di fondazioni superficiali

-***Verifiche allo Stato Limite di Esercizio (SLE) - Stato Limite di Salvaguardia dal Danno (SLD)***
Gli spostamenti permanenti indotti dal sisma non devono alterare significativamente la resistenza della fondazione e devono essere compatibili con la funzionalità dell'opera.

NOTA

Durante un sisma la resistenza portante di una fondazione su terreno incoerente si riduce, mentre non esistono studi e dati relativi che mettano in evidenza una riduzione della capacità portante in terreni coesivi.
Le verifiche sismiche effettuate con l'EC8 evidenziano per terre coesive riduzioni non significative.

SISMA

==========

Accelerazione massima (ag/g)	0,207
Coefficiente sismico orizzontale	0,0497
Coefficiente sismico verticale	0,0248

==========

Scelto Approccio 1

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Descrizione:		
Latitudine:	43,47	
Longitudine:	11,15	
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie	
Classe d'uso:	Classe II	
Vita nominale:	50,0	[anni]
Vita di riferimento:	50,0	[anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,45	2,53	0,25
S.L.D.	50,0	0,57	2,54	0,25
S.L.V.	475,0	1,36	2,49	0,28
S.L.C.	975,0	1,72	2,51	0,28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii - fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,675	0,2	0,0138	0,0069
S.L.D.	0,855	0,2	0,0174	0,0087
S.L.V.	2,0302	0,24	0,0497	0,0248
S.L.C.	2,4697	0,24	0,0604	0,0302

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

Ed =γG1×G1 + γG2×G2 + γQ1×Qk1 + γQ2×ψ02×Qk2

Per SLU -	**si preparano i carichi**		**A1**	A2
Carichi permanenti	**G1 = 870 KN**	**γG1**	**1.3**	**1.0**
variabili	**Qk1= 150 KN**	**γQ1**	**1.5**	**1.3**
variabili	**Qk2 =1,6 kN (neve <1000m)**	**γQ 2**	**1.5**	**1.3**

Ed = 1.3x 870 +1.5x150 +1.2 **ψ02 = 0.5**

Ed = 1131+225 + 1.2 N = 1358.0 kN superficie fondazione (2,3 x 2,3)m=5.29 mq

Pressione normale di progetto qd = 1358.0/ 5.29 qd = 256.71kN/mq

si preparano i carichi A2

Ed = 1.0x 870 +1.3x150+ 1.04

Ed = 1066kN qd = 1066/5.29kN/mq qd= 201.51 kN/mq

Combinazione quasi permanente per ***stati limite di esercizio statici(SLE)***, ***(cedimenti a l.t.)***

G1 + G2 + P + ψ21×Qk1 + ψ22×Qk2 **ψ21 = 0,3 ψ22 = 0,0**

870+45.48 kN qd =915.48/5.29 kN/mq qd= 173kN/mq

Combinazione sismica SLV e SLD:

E + G1 + G2 + P + ψ21×Qk1 + ψ22×Qk2 + … E = (G$_1$+G$_2$+ ψ2j*Qk$_j$) * kv (kN)

Ed = (G$_1$+G$_2$+ ψ2j*Qk$_j$) + [(G$_1$+G$_2$+ ψ2j*Qk$_j$) * kv] Kv (coeff. sismico vert. da spettri di progetto)

Ed= 22.82+915.48 qd = 938.3/5.29 kN/mq qd = 177.37kN/mq (SLV) kv = 0.0249

Ed =8+915.48 kN qd = 923.48/5.29 kN/mq qd = 174.57kN/mq (SLD) kv =0.0087

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

DATI GENERALI

==========

Larghezza fondazione	2,3	m
Lunghezza fondazione	2,3	m
Profondità piano di posa	1,5	m
Profondità falda	20,0	

==========

STRATIGRAFIA TERRENO

Corr: Parametri con fattore di correzione (TERZAGHI)

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams:Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria; cu: Coesione non drenata

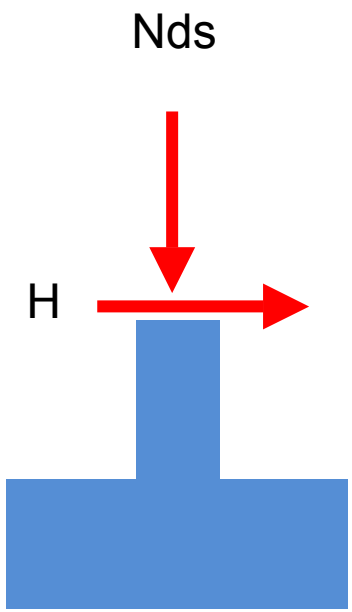
DH (m)	Gam (kN/m³)	Gams (kN/m³)	Fi (°)	Fi Corr. (°)	c (kN/m²)	c Corr. (kN/m²)	cu (kN/m²)	Ey (kN/m²)	Ed (kN/m²)	Ni	Cv (cmq/s)	Cs
30,0	19,61	21,57	17,0	17	24,0	24,0	150,0	0,0	3500,0	0,0	0,003	0,0

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto (kN/m²)	N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN)·m	Hx (kN)	Hy (kN)	Tipo
1	A1+M1+R1	256,71	1358,00	0,00	0,00	4,81	0,00	Progetto
2	A2+M2+R2	201,51	1066,00	6,45	0,00	3,70	0,00	Progetto
3	SLV sisma	177,37	938,30	6,45	0,00	3,70	0,00	Progetto
4	SLE	173,00	915,48	0,00	0,00	0,00	0,00	Esercizio
5	SLD	174,57	923,48	0,00	0,00	0,00	0,00	Esercizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid.Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	1	1
2	No	1,25	1,25	1,4	1	1	1,8	1,1
3	Si	1,25	1,25	1,4	1	1	1,8	1,1
4	No	1	1	0	0	0	0	1
5	No	1	1	0	0	0	0	1

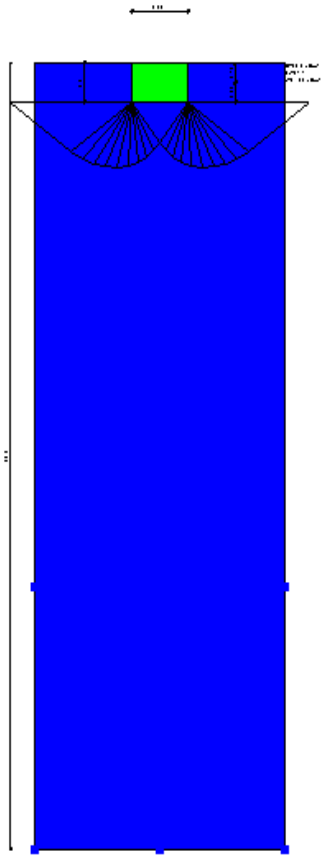


CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...SLV sisma
Autore: HANSEN (1970)
Pressione limite 372,02 kN/m²
COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)
Costante di Winkler 14880,73 kN/m³

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata) **A1+M1+R1**

Fattore [Nq]	4,77	
Fattore [Nc]	12,34	
Fattore [Ng]	1,73	
Fattore forma [Sc]	1,0	
Fattore profondità [Dc]	1,26	
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0,99	
Fattore inclinazione pendio [Gc]		1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0	
Fattore forma [Sq]	1,0	
Fattore profondità [Dq]	1,2	
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0,99	
Fattore inclinazione pendio [Gq]		1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0	
Fattore forma [Sg]	1,0	
Fattore profondità [Dg]	1,0	
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0,99	
Fattore inclinazione pendio [Gg]		1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0	
Fattore correzione sismico inerziale [zq]		1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]		1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]		1,0

Carico limite	576,0	kN/m²
Resistenza di progetto	576,0	kN/m²
Fattore sicurezza	**2,24**	



VERIFICA A SCORRIMENTO (A1+M1+R1)

Adesione terreno fondazione	19,2kN/m²	
Angolo di attrito terreno fondazione		13,6 °
Frazione spinta passiva	0	%
Resistenza di progetto	430,1	kN
Sollecitazione di progetto Vsd	4,81	kN
Fattore sicurezza	89 Verificata	

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata) **A2+M2+R2**

==========

Fattore [Nq]	3,5	
Fattore [Nc]	10,22	
Fattore [Ng]	0,92	
Fattore forma [Sc]	1,0	
Fattore profondità [Dc]	1,26	
Fattore inclinazione carichi [Ic]		0,99
Fattore inclinazione pendio [Gc]		1,0
Fattore inclinazione base [Bc]		1,0
Fattore forma [Sq]	1,0	
Fattore profondità [Dq]	1,19	
Fattore inclinazione carichi [Iq]		0,99
Fattore inclinazione pendio [Gq]		1,0
Fattore inclinazione base [Bq]		1,0
Fattore forma [Sg]	1,0	
Fattore profondità [Dg]	1,0	
Fattore inclinazione carichi [Ig]		0,99
Fattore inclinazione pendio [Gg]		1,0
Fattore inclinazione base [Bg]		1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]		1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]		1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]		1,0

==========

Carico limite 387,05	kN/m²	
Resistenza di progetto	215,03	kN/m²
Fattore sicurezza	**1,89**	

==========

VERIFICA A SCORRIMENTO (A2+M2+R2)

==========

Adesione terreno fondazione		19,2kN/m²	
Angolo di attrito terreno fondazione		13,6	°
Frazione spinta passiva	0	%	
Resistenza di progetto	358,93	kN	
Sollecitazione di progetto Vsd		3,7	kN
Fattore sicurezza	97 Verificata		

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata) **SLV sisma**

==========

Fattore [Nq] 3,5
Fattore [Nc] 10,22
Fattore [Ng] 0,92
Fattore forma [Sc] 1,0
Fattore profondità [Dc] 1,26
Fattore inclinazione carichi [Ic] 0,99
Fattore inclinazione pendio [Gc] 1,0
Fattore inclinazione base [Bc] 1,0
Fattore forma [Sq] 1,0
Fattore profondità [Dq] 1,19
Fattore inclinazione carichi [Iq] 0,99
Fattore inclinazione pendio [Gq] 1,0
Fattore inclinazione base [Bq] 1,0
Fattore forma [Sg] 1,0
Fattore profondità [Dg] 1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig] 0,99
Fattore inclinazione pendio [Gg] 1,0
Fattore inclinazione base [Bg] 1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 0,92
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 0,92
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 0,98

==========

Carico limite 372,02 kN/m²
Resistenza di progetto 206,68 kN/m²
Fattore sicurezza 2,06

==========

VERIFICA A SCORRIMENTO (SLV sisma)

==========

Adesione terreno fondazione 19,2kN/m²
Angolo di attrito terreno fondazione 13,6 °
Frazione spinta passiva 0 %
Resistenza di progetto 327,96 kN
Sollecitazione di progetto Vsd 3,7 kN
Fattore sicurezza 89 Verificata

CEDIMENTI PER OGNI STRATO

***Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi**

Pressione normale di progetto 174,57 kN/m²
Cedimento dopo T anni 15,0
Cedimento totale 1,45 cm