

# IMPIANTO FOTOVOLTAICO EG COLOMBO SRL E OPERE CONNESSE

POTENZA IMPIANTO 19,3 MW<sub>p</sub> - COMUNE DI ARGENTA (FE)

## Proponente

### EG COLOMBO S.R.L.

VIA DEI PELLEGRINI 22 · 20122 MILANO (MI) · P.IVA: 11769720969 · PEC: [egcolombo@pec.it](mailto:egcolombo@pec.it)

## Progettazione

### Ing. Alberto Rizzioli

Via Zandonai, 4 - 44124 Ferrara (FE)

tel.: +390532202613 · direct +3905321883873 email: [a.rizzioli@incico.com](mailto:a.rizzioli@incico.com) PEC: incico@pec.it



## Collaboratori

### Ing. Fabio Consolini

Via Zandonai, 4 - 44124 Ferrara (FE)

tel.: +390532202613 · email: [f.consolini@incico.com](mailto:f.consolini@incico.com) PEC: incico@pec.it

## Coordinamento progettuale

### SOLAR ENGINEERING S.R.L.

VIA ILARIA ALPI, 4 · 46100 MANTOVA (MN) · P.IVA: 02645550209 · email: [solareng@pec.solareng.it](mailto:solareng@pec.solareng.it)

## Titolo Elaborato

### CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO STRUTTURE - TRACKER

LIVELLO PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILENAME	RIFERIMENTO	DATA	SCALA
DEFINITIVO	REL13	BR1-REL13.doc	-	17/12/2021	

## Revisioni

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
0	17/12/2021		MB	MB	EG



COMUNE DI ARGENTA (FE)  
REGIONE EMILIA ROMAGNA



**Relazione di calcolo strutturale impostata e redatta secondo le modalità previste nel D.M. 17 Gennaio 2018 cap. 10 “Redazione dei progetti strutturali esecutivi e delle relazioni di calcolo”.**

In merito al punto 10.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (*Affidabilità dei codici utilizzati*), si fa riferimento al **Documento di Affidabilità** “Test di validazione del software di calcolo PRO\_SAP e dei moduli aggiuntivi PRO\_SAP Modulo Geotecnico, PRO\_CAD nodi acciaio e PRO\_MST” disponibile per il download sul sito: <https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita/>

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE .....	4
Premessa.....	12
Descrizione generale dell'opera .....	12
NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	12
Quadro normativo di riferimento adottato .....	13
Azioni di progetto sulla costruzione .....	13
Modello numerico .....	14
MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA .....	14
Modellazione delle azioni.....	15
Combinazioni e/o percorsi di carico.....	15
MODELLAZIONE DELLE SEZIONI.....	15
LEGENDA TABELLA DATI SEZIONI .....	15
MODELLAZIONE STRUTTURA: NODI.....	16
LEGENDA TABELLA DATI NODI.....	16
TABELLA DATI NODI.....	16
MODELLAZIONE STRUTTURA: ELEMENTI TRAVE.....	17
TABELLA DATI TRAVI .....	17
MODELLAZIONE DELLE AZIONI .....	18
LEGENDA TABELLA DATI AZIONI.....	18
SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO .....	19
LEGENDA TABELLA CASI DI CARICO .....	19
DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI .....	20
LEGENDA TABELLA COMBINAZIONI DI CARICO.....	20
VERIFICHE PER ELEMENTI IN ACCIAIO.....	21
LEGENDA TABELLA VERIFICHE PER ELEMENTI IN ACCIAIO .....	21
RISULTATI OPERE DI FONDAZIONE .....	23
DETERMINAZIONE DELLA PORTANZA VERTICALE DI FONDAZIONI PROFONDE .....	23
CARICO LIMITE VERTICALE ALLA PUNTA DEL PALO .....	24
CARICO LIMITE VERTICALE LUNGO LA SUPERFICIE LATERALE DEL PALO .....	26
DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI DI FONDAZIONI PROFONDE .....	27
SIMBOLOGIA ADOTTATA NEI TABULATI DI CALCOLO.....	28
PARAMETRI DI CALCOLO .....	30
ARCHIVIO STRATIGRAFIE .....	30
ARCHIVIO TERRENI.....	30
DATI GEOMETRICI DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LE FONDAZIONI PROFONDE .....	31
VALORI DI CALCOLO DELLA PORTANZA PER FONDAZIONI PROFONDE .....	31
VALORI DI CALCOLO DEI CEDIMENTI PER FONDAZIONI PROFONDE.....	31
RELAZIONE SUI MATERIALI .....	31
CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI .....	31
LEGENDA TABELLA DATI MATERIALI.....	31

## 0- CODICE DI CALCOLO

Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo	
Codice di calcolo:	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Versione:	PROFESSIONAL (build 2021-05-192)
Produttore-Distributore:	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l. Via Garibaldi, 90 44121 Ferrara FE ( Italy) Tel. +39 0532 200091 www.2si.it

Descrizione	
Progetto	
Ubicazione	Comune di Argenta (FE) (Regione EMILIA-ROMAGNA) Località Brancole 44°37'01.10"N 11°52'06.73"E.
Progettista	

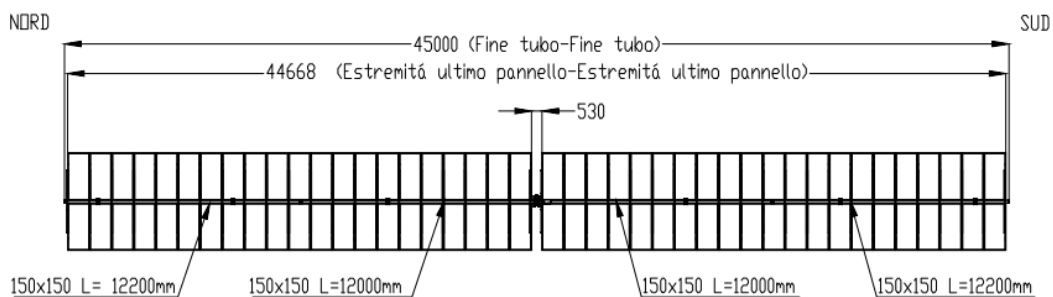
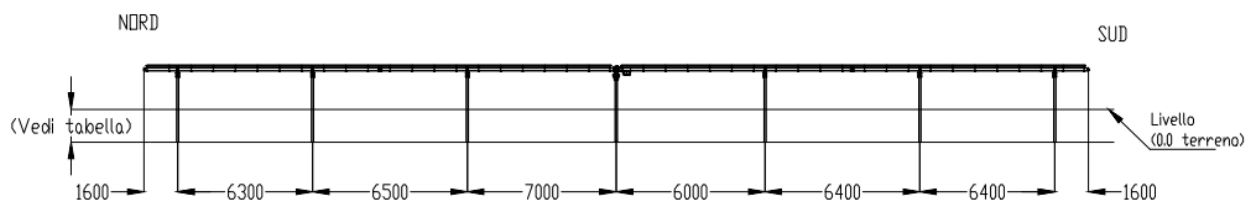
In merito al punto 10.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (*Affidabilità dei codici utilizzati*), si fa riferimento al **Documento di Affidabilità** "Test di validazione del software di calcolo PRO\_SAP e dei moduli aggiuntivi PRO\_SAP Modulo Geotecnico, PRO\_CAD nodi acciaio e PRO\_MST" disponibile per il download sul sito: <https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita/>

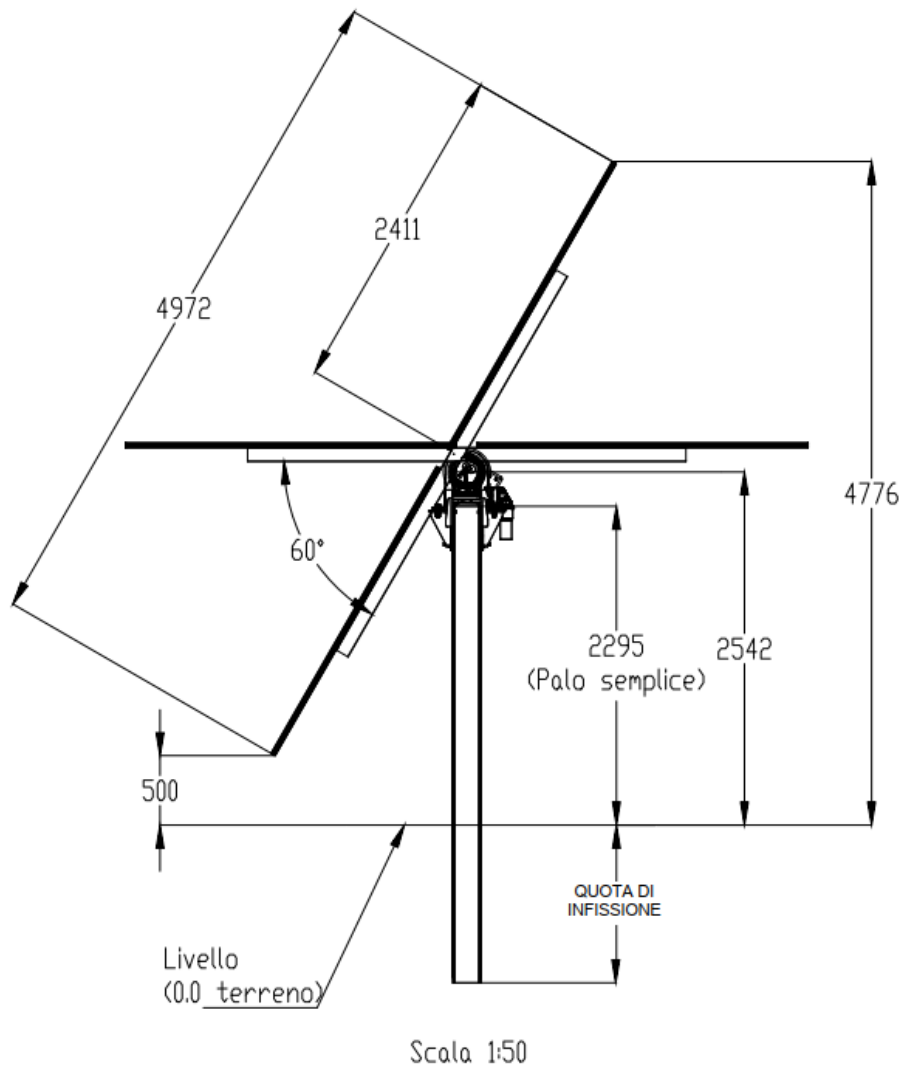
# 1- PARTE GENERALI E DATI DI PROGETTO

## 1.1- DESCRIZIONE DELLE OPERE STRUTTURALI

La presente relazione riguarda la progettazione e la verifica di un palo in acciaio infisso nel terreno per sostenere una sovrastruttura mobile per l'installazione di un impianto FV.

I pali hanno una lunghezza totale di metri \_\_\_\_\_ sono infissi nel terreno per metri 2.50 partendo dalla quota campagna. I pali saranno dei profili laminati a caldo HEA240 in acciaio di qualità S355 JR.





Palo semplice - Lunghezza interrata standard	
	60 gradi
	1.3m
	1.5m
	1.7m
	2m
	2.5m
	2.8m
	3m

## 1.2- LE CARATTERISTICHE DEL SITO DI FABBRICA

La relazione geologica costituisce uno studio preliminare delle caratteristiche dell'ambiente sottosuolo e idrico, due componenti necessarie alla definizione dello stato dell'ambiente naturale all'interno del quale sarà inserita l'opera in progetto.

I criteri e le procedure adottati per la redazione della presente relazione consentono di definire il modello geologico e geotecnico di sito con un approfondimento adeguato alla fase preliminare di studio ed in conformità ai seguenti dispositivi:

I. paragrafi 6.2.1 e 6.2.2 del D.M. 17/01/2018 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni";

II. Deliberazione Giunta Regionale 30 novembre 2011 n. IX/2616.

La campagna d'indagini in sito è stata concordata con il committente, il quale ha stabilito le risorse disponibili per la sua esecuzione sulla cui base lo scrivente ha formulato la proposta qui illustrata:

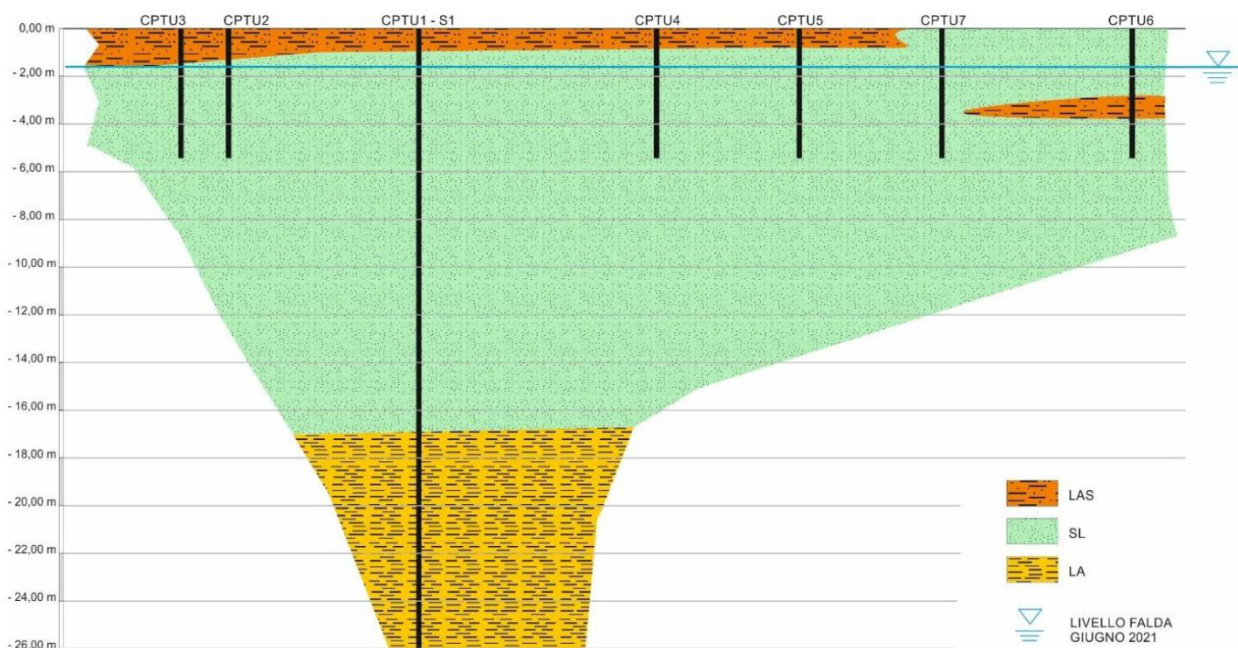
- n°7 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono (CPTU);
- n°1 sondaggio a carotaggio continuo con SPT in foro di sondaggio;
- n°2 indagini geofisiche con tecnica MASW;
- n°2 indagine geofisiche con tecnica HVSR.

I dati reperiti sono serviti sia per la definizione lito-stratigrafica sia per la parametrizzazione geotecnica dei terreni che caratterizzano il volume significativo di sottosuolo che verrà influenzato dalle opere di fondazione.

Per le risultanze di dettaglio si rimanda alla Relazione Geologica.

I livelli stratigrafici individuati lungo le verticali di prova sono stati correlati fra di loro e i corrispondenti parametri geotecnici mediati. Questa operazione è stata condotta sulla base delle indicazioni contenute nell'Eurocodice 7: ("Se l'edificio è sufficientemente rigido e resistente, il parametro rappresentativo può essere dato dalla media dei valori medi nell'ambito dell'intero volume, o parte del volume stesso, di terreno sottostante l'edificio stesso.") e nella Circolare 02.02.2009 ("...appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi ... quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidezza sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti.").

MODELLO GEOTECNICO SEMPLIFICATO DA PIANO CAMPAGNA ATTUALE (ZERO PENETROMETRICO)											
Profondità m	Unità Geotec.	Litologia	$\Phi'$ (°)	Dr (%)	Cu kg/cm <sup>2</sup>	c' kg/cm <sup>2</sup>	$\gamma_{nat}$ t/m <sup>3</sup>	E <sub>s</sub> kg/cm <sup>2</sup>	M kg/cm <sup>2</sup>	K m/s	
Come da sezione	LAS	Limo argilloso sabbioso addensato (cond. drenate)	30	40	-	0.10	2.00	-	100	1*10 <sup>-6</sup>	
Come da sezione	LAS	Limo argilloso sabbioso addensato (cond. non renate)	-	-	1.00	-	2.00	-		1*10 <sup>-6</sup>	
Come da sezione	SL	Limo sabbioso mediamente addensato	29	40	-	-	1.90	110	-	1*10 <sup>-5</sup>	
Come da sezione	LA	Limo argilloso plastico	-	-	0.50	2	1.90	-	50	1*10 <sup>-8</sup>	



## 2- QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 17 Gennaio 2018 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".  
Circolare 21/01/19, n. 7 C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018"

D.Min. Infrastrutture e trasporti 14 Settembre 2005 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".  
D.M. LL.PP. 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. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>".  
D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".  
Circolare 4/07/96, n.156AA.GG./STC. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>" di cui al D.M. 16/01/96.  
Circolare 10/04/97, n.65AA.GG. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/96.  
D.M. LL.PP. 20 Novembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".  
Circolare 4 Gennaio 1989 n. 30787 "Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".  
D.M. LL.PP. 11 Marzo 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. 3 Dicembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate".

UNI 9502 - Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso - edizione maggio 2001  
Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modificazioni e integrazioni.  
UNI EN 1990:2006 13/04/2006 Eurocodice 0 - Criteri generali di progettazione strutturale.  
UNI EN 1991-1-1:2004 01/08/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale - Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi per gli edifici.  
UNI EN 1991-2:2005 01/03/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: Carichi da traffico sui ponti.  
UNI EN 1991-1-3:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da neve.  
UNI EN 1991-1-4:2005 01/07/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.  
UNI EN 1991-1-5:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche.  
UNI EN 1992-1-1:2005 24/11/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.  
UNI EN 1992-1-2:2005 01/04/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio.  
UNI EN 1993-1-1:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.  
UNI EN 1993-1-8:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti.  
UNI EN 1994-1-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.  
UNI EN 1994-2:2006 12/01/2006 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 2: Regole generali e regole per i ponti.  
UNI EN 1995-1-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali - Regole comuni e regole per gli edifici.  
UNI EN 1995-2:2005 01/01/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 2: Ponti.  
UNI EN 1996-1-1:2006 26/01/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 1-1: Regole generali per strutture di muratura armata e non armata.  
UNI EN 1996-3:2006 09/03/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 3: Metodi di calcolo semplificato per strutture di muratura non armata.  
UNI EN 1997-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.  
UNI EN 1998-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.  
UNI EN 1998-3:2005 01/08/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici.  
UNI EN 1998-5:2005 01/01/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.



NOTA il capitolo "normativa di riferimento": riporta l'elenco delle normative implementate nel software. Le norme utilizzate per la struttura oggetto della presente relazione sono indicate nel precedente capitolo "RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE" "ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO". Laddove nei capitoli successivi vengano richiamate norme antecedenti al DM 17.01.18 è dovuto o a progettazione simulata di edificio esistente.

Quadro normativo di riferimento adottato

Le norme ed i documenti assunti quale riferimento per la progettazione strutturale vengono indicati di seguito. Nel capitolo "normativa di riferimento" è comunque presente l'elenco completo delle normative disponibili.

Progetto-verifica degli elementi

Progetto cemento armato D.M. 17-01-2018

Progetto acciaio D.M. 17-01-2018

Progetto legno D.M. 17-01-2018

Progetto muratura D.M. 17-01-2018

Azione sismica

Norma applicata per l'azione sismica D.M. 17-01-2018

Azioni di progetto sulla costruzione

Nei capitoli "modellazione delle azioni" e "schematizzazione dei casi di carico" sono indicate le azioni sulla costruzioni.

### 3- CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E TRATTAMENTI PROTETTIVI.

ACCIAIO PER I PALI

- E = modulo di elasticità longitudinale dell'acciaio = 210.000 N/mm<sup>2</sup>;
- G = E / [2\*(1+ $\nu$ )] (N/mm<sup>2</sup>) = modulo di elasticità tangenziale = 80.769 N/mm<sup>2</sup>;
- Coefficiente di Poisson:  $\nu$  = 0.3
- Coefficiente di espansione termica lineare:  $\alpha$  = 1,17\*10<sup>-5</sup> per °C<sup>-1</sup> (per T < 100°C)
- $\rho$  = densità = 7850 kg/m<sup>3</sup>;

Acciaio S355JR:

f<sub>t</sub> = 510 N/mm<sup>2</sup>

f<sub>y</sub> = 355 N/mm<sup>2</sup>

### 4- CRITERI PER LA MISURA DELLA SICUREZZA

In generale ai fini della sicurezza sono stati adottati i criteri contemplati dal metodo semiprobabilistico agli stati limite. In particolare sono stati soddisfatti i requisiti per la sicurezza allo stato limite ultimo (anche sotto l'azione sismica), allo stato limite di esercizio, nei confronti di eventuali azioni eccezionali. Per quanto riguarda le azioni sismiche verranno anche esaminate le deformazioni relative, che controllano eventuali danni alle opere secondarie e agli impianti.

ACCIAIO CARPENTERIA METALLICA

Tabella 4.2.V Coefficienti di sicurezza per la resistenza delle membrature e la stabilità

Resistenza delle Sezioni di Classe 1-2-3-4	$\gamma_{M0} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature	$\gamma_{M1} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature di ponti stradali e ferroviari	$\gamma_{M1} = 1,10$
Resistenza, nei riguardi della frattura, delle sezioni tese (indebolite dai fori)	$\gamma_{M2} = 1,25$

## 5- COEFFICIENTI PER LA VERIFICA DI SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale	(A1) - STR	(A2) - GEO
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G1}$	1,30	1,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qi}$	1,50	1,30

### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA	Coefficiente parziale	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio $\tan \phi'_k$		$\gamma_{\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40

### Coefficienti parziali $\gamma_R$ da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza	$\gamma_R$	(R1)	(R2)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1,00	1,60	1,30
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,00	1,45	1,15
Totale	$\gamma_t$	1,00	1,55	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,00	1,60	1,25

## 6- CARICO SUL PALO

### 6.1- STRUTTURA PORTATA

Al fine di determinare l'incidenza gravitazionale dei carichi verticali si è valutato in 50 daN/m<sup>2</sup> i carichi dovuti al peso delle sottostruttura dei pannelli, la trave portante longitudinale e le motorizzazioni con i relativi leveraggi.

### 6.2- AZIONI DEL VENTO

#### LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

Località: BRANCOLE

Provincia: FERRARA

Regione: EMILIA-ROMAGNA

Coordinate GPS:

udine: 44°37'01.10"N

Longitudine: 11°52'06.73"E.

Altitudine s.l.m.: 0,0 m

Zona vento = 2

(  $V_{b.o}$  = 25 m/s;  $A_o$  = 750 m;  $K_a$  = 0,015 1/s )

Classe di rugosità del terreno: D

[Aree prive di ostacoli o con al di più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)]

Categoria esposizione: tipo II

(  $K_r$  = 0,19;  $Z_o$  = 0,05 m;  $Z_{min}$  = 4 m )

Velocità di riferimento = 25,00 m/s

Pressione cinetica di riferimento ( $q_b$ ) = 39 daN/mq

Coefficiente di forma ( $C_p$ ) = 1,00

Coefficiente dinamico ( $C_d$ ) = 1,00

Coefficiente di esposizione ( $C_e$ ) = 1,80

Coefficiente di esposizione topografica ( $C_t$ ) = 1,00

Altezza dell'edificio = 3,00 m

Pressione del vento ( $p = q_b C_e C_p C_d$ ) = 70 daN/mq
---



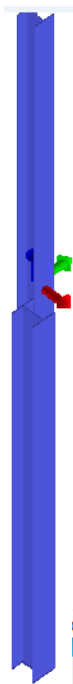
# RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

## Premessa

La presente relazione di calcolo strutturale, in conformità al §10.1 del DM 17/01/18, è comprensiva di una descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica. Segue inoltre le indicazioni fornite al §10.2 del DM stesso per quanto concerne analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo.

Nella presente parte sono riportati i principali elementi di inquadramento del progetto esecutivo riguardante le strutture, in relazione agli strumenti urbanistici, al progetto architettonico, al progetto delle componenti tecnologiche in generale ed alle prestazioni attese dalla struttura.

## Descrizione generale dell'opera



La fondazione è realizzata mediante palo battuto in acciaio con sezione HEA240 di lunghezza 250 cm.

Descrizione generale dell'opera	
Fabbricato ad uso	
Ubicazione	Comune di ARGENTA (FE) (Regione EMILIA-ROMAGNA)
	Località ARGENTA (FE)
	Latitudine: 44°37'01.10"N - Longitudine: 11°52'06.73"E.
Tipo di fondazione	Palo battuto in acciaio

## NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 17 Gennaio 2018 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
- Circolare 21/01/19, n. 7 C.S.LL.PP "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018"
- D.Min. Infrastrutture e trasporti 14 Settembre 2005 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
- D.M. LL.PP. 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. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>".
- D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- Circolare 4/07/96, n.156AA.GG./STC. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>" di cui al D.M. 16/01/96.
- Circolare 10/04/97, n.65AA.GG. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/96.
- D.M. LL.PP. 20 Novembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
- Circolare 4 Gennaio 1989 n. 30787 "Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
- D.M. LL.PP. 11 Marzo 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. 3 Dicembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni"

prefabbricate”.

UNI 9502 - Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso - edizione maggio 2001

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e successive modificazioni e integrazioni.

UNI EN 1990:2006 13/04/2006 Eurocodice 0 - Criteri generali di progettazione strutturale.

UNI EN 1991-1-1:2004 01/08/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale - Pesì per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici.

UNI EN 1991-2:2005 01/03/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: Carichi da traffico sui ponti.

UNI EN 1991-1-3:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da neve.

UNI EN 1991-1-4:2005 01/07/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.

UNI EN 1991-1-5:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche.

UNI EN 1992-1-1:2005 24/11/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

UNI EN 1992-1-2:2005 01/04/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio.

UNI EN 1993-1-1:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

UNI EN 1993-1-8:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti.

UNI EN 1994-1-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

UNI EN 1994-2:2006 12/01/2006 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 2: Regole generali e regole per i ponti.

UNI EN 1995-1-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali – Regole comuni e regole per gli edifici.

UNI EN 1995-2:2005 01/01/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 2: Ponti.

UNI EN 1996-1-1:2006 26/01/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 1-1: Regole generali per strutture di muratura armata e non armata.

UNI EN 1996-3:2006 09/03/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 3: Metodi di calcolo semplificato per strutture di muratura non armata.

UNI EN 1997-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.

UNI EN 1998-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.

UNI EN 1998-3:2005 01/08/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici.

UNI EN 1998-5:2005 01/01/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

NOTA il capitolo "normativa di riferimento": riporta l'elenco delle normative implementate nel software. Le norme utilizzate per la struttura oggetto della presente relazione sono indicate nel precedente capitolo "RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE" "ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO". Laddove nei capitoli successivi vengano richiamate norme antecedenti al DM 17.01.18 è dovuto o a progettazione simulata di edificio esistente.

#### **Quadro normativo di riferimento adottato**

Le norme ed i documenti assunti quale riferimento per la progettazione strutturale vengono indicati di seguito. Nel capitolo “normativa di riferimento” è comunque presente l’elenco completo delle normative disponibili.

<b>Progetto-verifica degli elementi</b>	
Progetto cemento armato	D.M. 17-01-2018
Progetto acciaio	D.M. 17-01-2018
Progetto legno	D.M. 17-01-2018
Progetto muratura	D.M. 17-01-2018
<b>Azione sismica</b>	
Norma applicata per l'azione sismica	D.M. 17-01-2018

#### **Azioni di progetto sulla costruzione**

Nei capitoli “modellazione delle azioni” e “schematizzazione dei casi di carico” sono indicate le azioni sulla costruzioni.

Nel prosieguo si indicano tipo di analisi strutturale condotta (statico, dinamico, lineare o non lineare) e il metodo adottato per la risoluzione del problema strutturale nonché le metodologie seguite per la verifica o per il progetto-verifica delle sezioni. Si riportano le combinazioni di carico adottate e, nel caso di calcoli non lineari, i percorsi di carico seguiti; le configurazioni studiate per la struttura in esame *sono risultate effettivamente esaustive per la progettazione-verifica*.

La verifica della sicurezza degli elementi strutturali avviene con i metodi della scienza delle costruzioni. L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi statici. L'analisi strutturale è condotta con il metodo dell'analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi dinamici (tra cui quelli di tipo sismico).

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo sopraindicato si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. Le incognite del problema (nell'ambito del metodo degli spostamenti) sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z). La soluzione del problema si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi:

$$\mathbf{K} * \mathbf{u} = \mathbf{F}$$

dove  $\mathbf{K}$  = matrice di rigidezza  
 $\mathbf{u}$  = vettore spostamenti nodali  
 $\mathbf{F}$  = vettore forze nodali

Dagli spostamenti ottenuti con la risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni di ogni elemento, riferite generalmente ad una terna locale all'elemento stesso.

Il sistema di riferimento utilizzato è costituito da una terna cartesiana destrorsa XYZ. Si assume l'asse Z verticale ed orientato verso l'alto.

Gli elementi utilizzati per la modellazione dello schema statico della struttura sono i seguenti:

Elemento tipo <b>TRUSS</b>	(biella-D2)
Elemento tipo <b>BEAM</b>	(trave-D2)
Elemento tipo <b>MEMBRANE</b>	(membrana-D3)
Elemento tipo <b>PLATE</b>	(piastra-guscio-D3)
Elemento tipo <b>BOUNDARY</b>	(molla)
Elemento tipo <b>STIFFNESS</b>	(matrice di rigidezza)
Elemento tipo <b>BRICK</b>	(elemento solido)
Elemento tipo <b>SOLAIO</b>	(macro elemento composto da più membrane)

### Modello numerico

In questa parte viene descritto il modello numerico utilizzato (o i modelli numerici utilizzati) per l'analisi della struttura. La presentazione delle informazioni deve essere, coerentemente con le prescrizioni del paragrafo 10.2 e relativi sottoparagrafi delle NTC-18, tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità

Tipo di analisi strutturale	
Analisi lineare	SI

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software **ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico**. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione:

Affidabilità dei codici utilizzati
2S.I. ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche. E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link: <a href="https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita/">https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita/</a>

### MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

Modellazione della geometria e proprietà meccaniche:	
nodi	9
elementi D2 (per aste, travi, pilastri...)	8
Dimensione del modello strutturale [cm]:	
X min =	0.00
Xmax =	0.00
Ymin =	0.00
Ymax =	0.00
Zmin =	0.00

Zmax =	260.00
<b>Strutture verticali:</b>	
Pilastrri	SI
<b>Tipo di vincoli:</b>	
Fondazioni puntuali (plinti/plinti su palo)	SI



### Modellazione delle azioni

Si veda il capitolo “**Schematizzazione dei casi di carico**” per le informazioni necessarie alla comprensione ed alla ricostruzione delle azioni applicate al modello numerico, coerentemente con quanto indicato nella parte “2.6. Azioni di progetto sulla costruzione”.

### Combinazioni e/o percorsi di carico

Si veda il capitolo “**Definizione delle combinazioni**” in cui sono indicate le combinazioni di carico adottate e, nel caso di calcoli non lineari, i percorsi di carico seguiti.

<b>Combinazioni dei casi di carico</b>	
APPROCCIO PROGETTUALE	Approccio 2
Tensioni ammissibili	NO
SLU	SI
SLV (SLU con sisma)	NO
SLC	NO
SLD	NO
SLO	NO
SLU GEO A2 (per approccio 1)	NO
SLU EQU	NO
Combinazione caratteristica (rara)	SI
Combinazione frequente	SI
Combinazione quasi permanente (SLE)	SI
SLA (accidentale quale incendio)	NO

### MODELLAZIONE DELLE SEZIONI

#### LEGENDA TABELLA DATI SEZIONI

Il programma consente l'uso di sezioni diverse. Sono previsti i seguenti tipi di sezione:

sezione di tipo generico

profilati semplici

profilati accoppiati e speciali

Le sezioni utilizzate nella modellazione sono individuate da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni sezione vengono riportati in tabella i seguenti dati:

Area	area della sezione
A V2	area della sezione/fattore di taglio (per il taglio in direzione 2)
A V3	area della sezione/fattore di taglio (per il taglio in direzione 3)
Jt	fattore torsionale di rigidezza
J2-2	momento d'inerzia della sezione riferito all'asse 2
J3-3	momento d'inerzia della sezione riferito all'asse 3

W2-2	modulo di resistenza della sezione riferito all'asse 2
W3-3	modulo di resistenza della sezione riferito all'asse 3
Wp2-2	modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse 2
Wp3-3	modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse 3

I dati sopra riportati vengono utilizzati per la determinazione dei carichi inerziali e per la definizione delle rigidità degli elementi strutturali; qualora il valore di Area V2 (e/o Area V3) sia nullo la deformabilità per taglio V2 (e/o V3) è trascurata. La valutazione delle caratteristiche inerziali delle sezioni è condotta nel riferimento 2-3 dell'elemento. Per quanto concerne i profilati semplici ed accoppiati l'asse 2 del riferimento coincide con l'asse x riportato nei più diffusi profilati.

Per quanto concerne le sezioni di tipo generico (tipo 1.):  
i valori dimensionali con prefisso B sono riferiti all'asse 2  
i valori dimensionali con prefisso H sono riferiti all'asse 3

Id	Tipo	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
		cm2	cm2	cm2	cm4	cm4	cm4	cm3	cm3	cm3	cm3
1	<b>HEA 240</b>	76.80	0.0	0.0	41.60	2769.00	7763.00	230.70	675.10	351.70	744.60
8	<b>HEA 180</b>	45.30	0.0	0.0	14.80	925.00	2510.00	102.70	293.60	156.50	324.90

## MODELLAZIONE STRUTTURA: NODI

### LEGENDA TABELLA DATI NODI

Il programma utilizza per la modellazione nodi strutturali.

Ogni nodo è individuato dalle coordinate cartesiane nel sistema di riferimento globale (X Y Z).

Ad ogni nodo è eventualmente associato un codice di vincolamento rigido, un codice di fondazione speciale, ed un set di sei molle (tre per le traslazioni, tre per le rotazioni). Le tabelle sottoriportate riflettono le succitate possibilità. In particolare per ogni nodo viene indicato in tabella:

Per i nodi ai quali sia associato un codice di vincolamento rigido, un codice di fondazione speciale o un set di molle viene indicato in tabella:

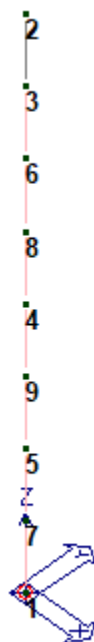
<b>Nodo</b>	numero del nodo.
<b>X</b>	valore della coordinata X
<b>Y</b>	valore della coordinata Y
<b>Z</b>	valore della coordinata Z
<b>Note</b>	(FS = 1, 2,...) eventuale codice del tipo di fondazione speciale (1, 2,... fanno riferimento alle tipologie: plinto, palo, plinto su pali,...) che è collegato al nodo. (ISO = "id SIGLA") indice e sigla identificativa dell' eventuale isolatore sismico assegnato al nodo

### TABELLA DATI NODI

Nodo	X	Y	Z	Nodo	X	Y	Z	Nodo	X	Y	Z
	cm	cm	cm		cm	cm	cm		cm	cm	cm
2	0.0	0.0	260.0	3	0.0	0.0	227.5	4	0.0	0.0	130.0
5	0.0	0.0	65.0	6	0.0	0.0	195.0	7	0.0	0.0	32.5
8	0.0	0.0	162.5	9	0.0	0.0	97.5				

Nodo	X	Y	Z	Note	Rig. TX	Rig. TY	Rig. TZ	Rig. RX	Rig. RY	Rig. RZ
	cm	cm	cm		daN/cm	daN/cm	daN/cm	daN cm/rad	daN cm/rad	daN cm/rad
1	0.0	0.0	0.0	FS=1						





Stringa identificativa  
PALO EQUIVALENTE

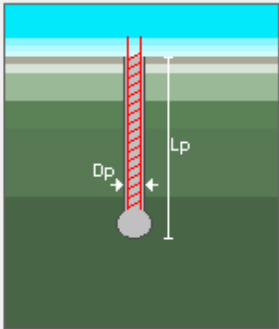
Palo

Diametro: 42.0

Lunghezza: 250.0

Modulo elastico: 2100000.0

Peso specifico: 4.3300e-04



Modello matematico palo

P.to	Quota	K orizz...	K verti...
n. 1	0.00	0.00	0.03
n. 2	-42.00	1.18	0.04
n. 3	-42.00	1.18	0.04
n. 4	-50.00	1.31	0.04
n. 5	-50.00	1.37	0.17
n. 6	-84.00	1.74	0.17
n. 7	-84.00	1.74	0.17

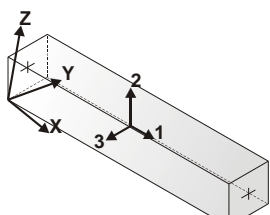

## MODELLAZIONE STRUTTURA: ELEMENTI TRAVE

### TABELLA DATI TRAVI

Il programma utilizza per la modellazione elementi a due nodi denominati in generale travi.

Ogni elemento trave è individuato dal nodo iniziale e dal nodo finale.

Ogni elemento è caratterizzato da un insieme di proprietà riportate in tabella che ne completano la modellazione.

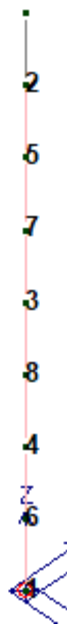
 <p>orientamento elementi 2D non verticali</p>	 <p>orientamento elementi 2D verticali</p>
---	---

In particolare per ogni elemento viene indicato in tabella:

<b>Elem.</b>	numero dell'elemento
<b>Note</b>	codice di comportamento: trave, trave di fondazione, pilastro, asta, asta tesa, asta compressa,
<b>Nodo</b>	I numero del nodo iniziale (finale)
<b>(J)</b>	

<b>Mat.</b>	codice del materiale assegnato all'elemento
<b>Sez.</b>	codice della sezione assegnata all'elemento

Elem.	Note	Nodo I	Nodo J	Mat.	Sez.	Crit.
1	Pilas.	1	7	12	8	1
2	Pilas.	3	2	12	8	1
3	Pilas.	4	8	12	8	1
4	Pilas.	5	9	12	8	1
5	Pilas.	6	3	12	8	1
6	Pilas.	7	5	12	8	1
7	Pilas.	8	6	12	8	1
8	Pilas.	9	4	12	8	1

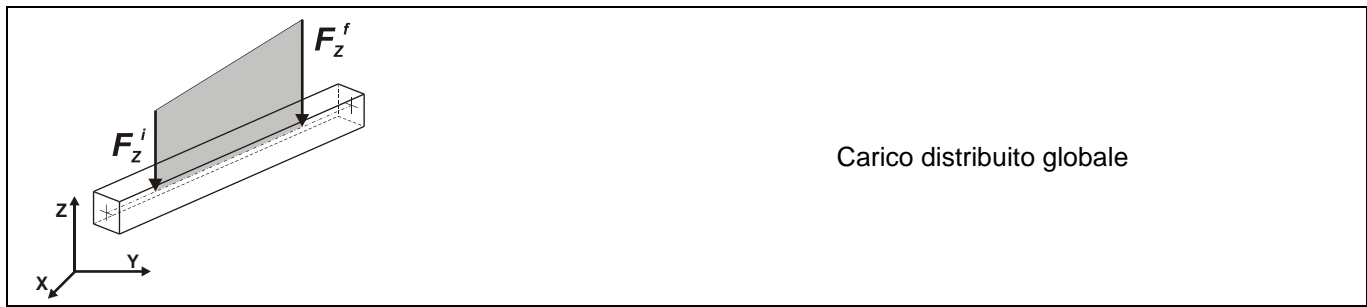


**MODELLAZIONE DELLE AZIONI**  
**LEGENDA TABELLA DATI AZIONI**

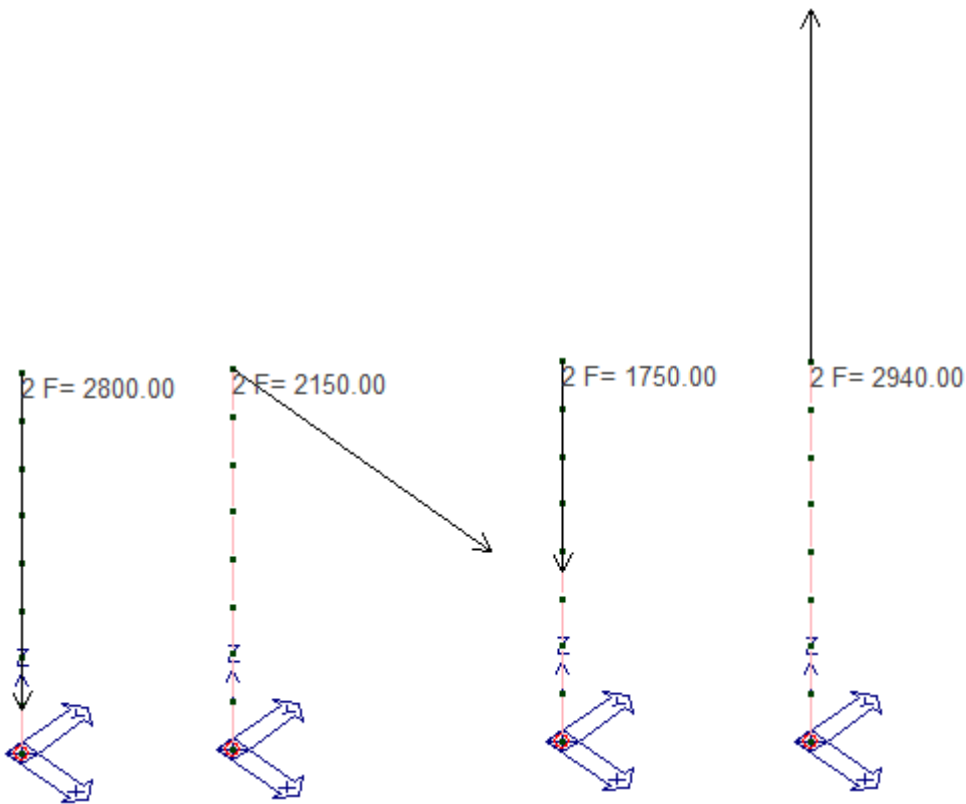
Il programma consente l'uso di diverse tipologie di carico (azioni). Le azioni utilizzate nella modellazione sono individuate da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni azione applicata alla struttura viene di riportato il codice, il tipo e la sigla identificativa. Le tabelle successive dettagliano i valori caratteristici di ogni azione in relazione al tipo. Le tabelle riportano infatti i seguenti dati in relazione al tipo:

1	carico concentrato nodale 6 dati (forza $F_x$ , $F_y$ , $F_z$ , momento $M_x$ , $M_y$ , $M_z$ )
3	carico distribuito globale su elemento tipo trave 7 dati ( $f_x, f_y, f_z, m_x, m_y, m_z, \text{ascissa di inizio carico}$ ) 7 dati ( $f_x, f_y, f_z, m_x, m_y, m_z, \text{ascissa di fine carico}$ )





Tipo		carico concentrato nodale					
Id	Tipo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
		daN	daN	daN	daN cm	daN cm	daN cm
2	CARICO NEVE	0.0	0.0	-2800.00	0.0	0.0	0.0
3	CARICO VENTO DIREZIONE X	2150.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	CARICO PERMANENTE	0.0	0.0	-1750.00	0.0	0.0	0.0
5	CARICO VENTO DIREZIONE Z	0.0	0.0	2940.00	0.0	0.0	0.0



**SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO**  
**LEGENDA TABELLA CASI DI CARICO**

Il programma consente l'applicazione di diverse tipologie di casi di carico. Sono previsti i seguenti 11 tipi di casi di carico:

	Sigla	Tipo	Descrizione
1	Ggk	A	caso di carico comprensivo del peso proprio struttura
2	Gk	NA	caso di carico con azioni permanenti
3	Qk	NA	caso di carico con azioni variabili
4	Gsk	A	caso di carico comprensivo dei carichi permanenti sui solai e sulle coperture
5	Qsk	A	caso di carico comprensivo dei carichi variabili sui solai
6	Qnk	A	caso di carico comprensivo dei carichi di neve sulle coperture

Sono di tipo automatico A (ossia non prevedono introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico: 1-Ggk; 4-Gsk; 5-Qsk; 6-Qnk.

Sono di tipo non automatico NA ossia prevedono la diretta applicazione di carichi generici agli elementi strutturali (si veda il precedente punto Modellazione delle Azioni) i restanti casi di carico.

Nella tabella successiva vengono riportati i casi di carico agenti sulla struttura, con l'indicazione dei dati relativi al caso di carico stesso:

Numero Tipo e Sigla identificativa, Valore di riferimento del caso di carico (se previsto).

In successione, per i casi di carico non automatici, viene riportato l'elenco di nodi ed elementi direttamente caricati con la sigla identificativa del carico.

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) dir X +	Azioni applicate: Nodo: 2 Azione : CN:Fx=2150.00
3	Qk	carico di neve	Azioni applicate: Nodo: 2 Azione : NEVE-CN:Fz=-2800.00
4	Gk	permanente	Azioni applicate: Nodo: 2 Azione : CN:Fz=-1750.00
5	Qvk	VENTO SOLLEVAMENTO	Azioni applicate: Nodo: 2 Azione : CN:Fz=2940.00

## DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI

### LEGENDA TABELLA COMBINAZIONI DI CARICO

Il programma combina i diversi tipi di casi di carico (CDC) secondo le regole previste dalla normativa vigente. Le combinazioni previste sono destinate al controllo di sicurezza della struttura ed alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

La prima tabella delle combinazioni riportata di seguito comprende le seguenti informazioni: Numero, Tipo, Sigla identificativa. Una seconda tabella riporta il peso nella combinazione assunto per ogni caso di carico.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma G1 \cdot G1 + \gamma G2 \cdot G2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q1 \cdot Qk1 + \gamma Q2 \cdot \psi 02 \cdot Qk2 + \gamma Q3 \cdot \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

$$G1 + G2 + P + Qk1 + \psi 02 \cdot Qk2 + \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione frequente SLE

$$G1 + G2 + P + \psi 11 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione quasi permanente SLE

$$G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

**Combinazione sismica**, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E

$$E + G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \dots$$

**Combinazione eccezionale**, impiegata per gli stati limite connessi alle azioni eccezionali

$$G1 + G2 + Ad + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \dots$$

Dove:

NTC 2018 Tabella 2.5.I

Destinazione d'uso/azione	$\psi 0$	$\psi 1$	$\psi 2$
Categoria A residenziali	0,70	0,50	0,30
Categoria B uffici	0,70	0,50	0,30
Categoria C ambienti suscettibili di affollamento	0,70	0,70	0,60
Categoria D ambienti ad uso commerciale	0,70	0,70	0,60
Categoria E biblioteche, archivi, magazzini,...	1,00	0,90	0,80
Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli $\leq 30$ kN)	0,70	0,70	0,60
Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli $> 30$ kN)	0,70	0,50	0,30
Categoria H Coperture	0,00	0,00	0,00
Vento	0,60	0,20	0,00
Neve a quota $\leq 1000$ m	0,50	0,20	0,00
Neve a quota $> 1000$ m	0,70	0,50	0,20
Variazioni Termiche	0,60	0,50	0,00

Nelle verifiche possono essere adottati in alternativa due diversi approcci progettuali:

- per l'approccio 1 si considerano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti di sicurezza parziali per le azioni, per i materiali e per la resistenza globale (combinazione 1 con coefficienti A1 e combinazione 2 con coefficienti A2),
- per l'approccio 2 si definisce un'unica combinazione per le azioni, per la resistenza dei materiali e per la resistenza globale (con coefficienti A1).

NTC 2018 Tabella 2.6.I

Coefficiente	EQU	A1	A2
$\gamma f$			

Carichi permanenti	Favorevoli Sfavorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9 1,1	1,0 1,3	1,0 1,0
Carichi permanenti non strutturali (Non compiutamente definiti)	Favorevoli Sfavorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8 1,5	0,8 1,5	0,8 1,3
Carichi variabili	Favorevoli Sfavorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0 1,5	0,0 1,5	0,0 1,3

Cmb	Tipo	Sigla Id
1	SLU	Comb. SLU A1 1
2	SLU	Comb. SLU A1 2
3	SLU	Comb. SLU A1 3
4	SLU	Comb. SLU A1 4
5	SLU	Comb. SLU A1 5
6	SLU	Comb. SLU A1 6
7	SLU	Comb. SLU A1 7
8	SLU	Comb. SLU A1 8
9	SLU	Comb. SLU A1 9
10	SLU	Comb. SLU A1 10
11	SLU	Comb. SLU A1 11
12	SLU	Comb. SLU A1 12
13	SLU	Comb. SLU A1 13
14	SLU	Comb. SLU A1 14
15	SLU	Comb. SLU A1 15
16	SLU	Comb. SLU A1 16
17	SLU	Comb. SLU A1 17
18	SLU	Comb. SLU A1 18
19	SLU	Comb. SLU A1 19
20	SLU	Comb. SLU A1 20

Cmb	Tipo	Sigla Id
21	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 21
22	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 22
23	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 23
24	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 24
25	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 25
26	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 26
27	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 27
28	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 28
29	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 29
30	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 30
31	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 31
32	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 32
33	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 33
34	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 34
35	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 35
36	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 36
37	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 37
38	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 38
39	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 39

Cmb	CDC 1	CDC 2	CDC 3	CDC 4	CDC 5
1	1.30	0.0	0.0	1.30	0.0
2	1.30	0.0	1.50	1.30	0.0
3	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0
4	1.00	0.0	1.50	1.00	0.0
5	1.30	1.50	0.0	1.30	0.0
6	1.30	1.50	1.50	1.30	0.0
7	1.00	1.50	0.0	1.00	0.0
8	1.00	1.50	1.50	1.00	0.0
9	1.30	0.90	0.0	1.30	0.0
10	1.30	0.90	1.50	1.30	0.0
11	1.00	0.90	0.0	1.00	0.0
12	1.00	0.90	1.50	1.00	0.0
13	1.30	0.0	0.0	1.30	0.90
14	1.30	0.0	1.50	1.30	0.90
15	1.00	0.0	0.0	1.00	0.90
16	1.00	0.0	1.50	1.00	0.90
17	1.30	0.0	0.0	1.30	1.50
18	1.30	0.0	1.50	1.30	1.50
19	1.00	0.0	0.0	1.00	1.50
20	1.00	0.0	1.50	1.00	1.50

Cmb	CDC 1	CDC 2	CDC 3	CDC 4	CDC 5
21	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0
22	1.00	0.0	1.00	1.00	0.0
23	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0
24	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0
25	1.00	0.60	0.0	1.00	0.0
26	1.00	0.60	1.00	1.00	0.0
27	1.00	0.0	0.0	1.00	0.60
28	1.00	0.0	1.00	1.00	0.60
29	1.00	0.0	0.0	1.00	1.00
30	1.00	0.0	1.00	1.00	1.00
31	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0
32	1.00	0.0	0.80	1.00	0.0
33	1.00	0.0	0.90	1.00	0.0
34	1.00	0.20	0.0	1.00	0.0
35	1.00	0.20	0.80	1.00	0.0
36	1.00	0.0	0.0	1.00	0.20
37	1.00	0.0	0.80	1.00	0.20
38	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0
39	1.00	0.0	0.80	1.00	0.0

## VERIFICHE PER ELEMENTI IN ACCIAIO

### LEGENDA TABELLA VERIFICHE PER ELEMENTI IN ACCIAIO

Il programma consente la verifica dei seguenti tipi di elementi:

1. **aste**                      2. **travi**                      3. **pilastr**

L'esito delle verifiche è espresso con un codice come di seguito indicato

- Ok:**                      verifica con esito positivo  
**NV:**                      verifica con esito negativo  
**Nr:**                      verifica non richiesta.

Per comodità gli elementi vengono raggruppati in tabelle in relazione al tipo.

Ai fini delle verifiche (come da D.M. 17 Gennaio 2018 e circolare 21 Gennaio 2019 n.7) i tipi elementi differiscono per i seguenti aspetti:

Verifica		Aste	Travi	Pilastr
4.2.3.1	Classificazione	X	X	X
4.2.4.1.2.1	Trazione	X	X	X
4.2.4.1.2.2	Compressione	X	X	X
4.2.4.1.2.4	Taglio		X	X
4.2.4.1.2.5	Torsione		X	X
	Flessione, taglio e forza assiale		X	X
4.2.4.1.3.1	Aste compresse	X	X	X
4.2.4.1.3.2	Instabilità flesso-torsionale		X	X
4.2.4.1.3.3	Membrature inflesse e compresse		X	X

L'insieme delle verifiche sopra riportate è condotto sugli elementi purché dotati di sezione idonea come da tabella seguente:

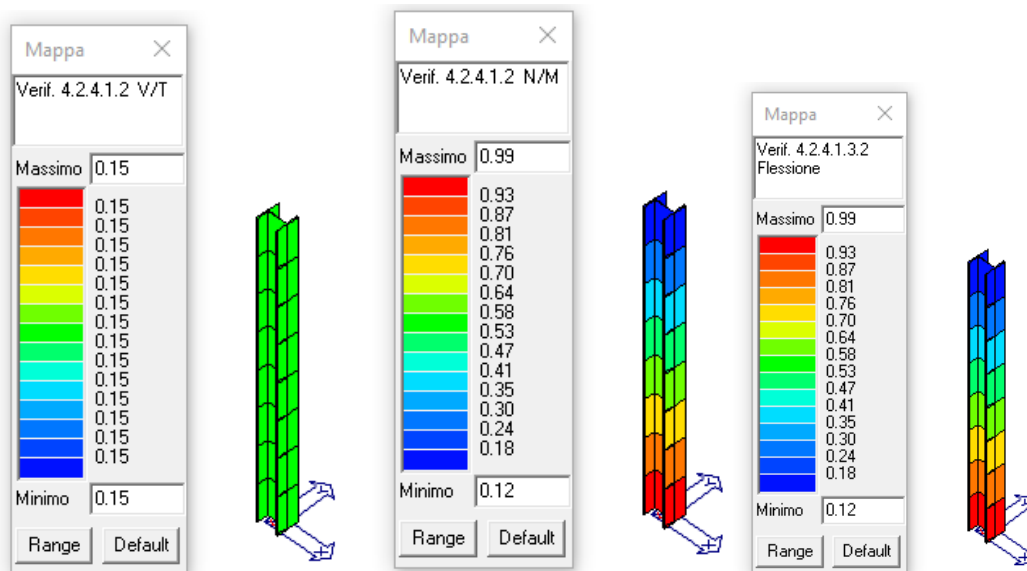
Azione		SEZIONI GENERICHE	PROFILI SEMPLICI	PROFILI ACCOPPIATI
4.2.3.1	Classificazione automatica	L, doppio T, C, rettangolare cava, circolare cava	Tutti	Da profilo semplice
4.2.3.1	Classificazione default 2 di	Circolare		
4.2.3.1	Classificazione default 3 di	restanti		
4.2.4.1.2.1	Trazione	si	si	si
4.2.4.1.2.2	Compressione	si	si	si
4.2.4.1.2.4	Taglio	si	si	si
4.2.4.1.2.5	Torsione	si	si	si
	Flessione, taglio e forza assiale	si	si	si
4.2.4.1.3.1	Aste compresse	si	si	per elementi ravvicinati e a croce o coppie calastrellate
4.2.4.1.3.2	Travi inflesse	doppio T simmetrica	doppio T	no

Le verifiche sono riportate in tabelle con il significato sotto indicato; le verifiche sono espresse dal rapporto tra l'azione di progetto e la capacità ultima, pertanto la verifica ha esito positivo per rapporti non superiori all'unità.

Asta	Trave	Pilastro	numero dell'elemento			
<b>Stato</b>			codice di verifica per resistenza, stabilità, svergolamento			
<b>Note</b>			sezione e materiali adottati per l'elemento			
<b>V N</b>			(ASTE) verifica come da par. 4.2.4.1.2 per punto (4.2.6) e (4.2.10)			
<b>V V/T</b>			(TRAVI E PILASTRI) verifica di resistenza come da par. 4.2.4.1.2 per azioni taglio-torsione (4.2.16 e 4.2.28)			
<b>V N/M</b>			(TRAVI E PILASTRI) verifica di resistenza come da par. 4.2.4.1.2 per azioni composte (4.2.33) con riduzione per taglio (4.2.40) ove richiesto			
<b>N</b>	<b>M3</b>	<b>M2</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>T</b>	sollecitazioni di interesse per la verifica
<b>V stab</b>			(ASTE) verifica come da par. 4.2.4.1.3.1 per punto (4.2.41)			
<b>V stab</b>			(TRAVI E PILASTRI) verifica come da par. 4.2.4.1.3 per punti (C4.2.32) o (C4.2.36) (membrature inflesse e compresse senza/con presenza di instabilità flesso-torsionale)			
<b>BetaxL</b>	<b>B22xL</b>	<b>B33xL</b>	lunghezze libere di inflessione (se indicato riferiti al piano di normale 22 o 33 rispettivamente)			
<b>Snellezza</b>			snellezza massima			
<b>Classe</b>			classe del profilo			
<b>Chi mn</b>			coefficiente di riduzione (della capacità) per la modalità di instabilità pertinente			
<b>Rif. cmb</b>			combinazioni in cui si sono rispettivamente attinti i valori di verifica più elevati			
<b>V flst</b>			(TRAVI E PILASTRI) verifica di stabilità come da par. 4.2.4.1.3.2 per punto (4.2.48)			
<b>B1-1 x L</b>			Beta1-1 x L: interasse tra i ritegni torsionali			
<b>Chi LT</b>			coefficiente di riduzione (della capacità) per la modalità di instabilità flesso-torsionale			
<b>Snell adim</b>			Valore della snellezza adimensionale, utilizzato per il controllo previsto al par. 7.5.5			
<b>v.Omeg</b>			Valore del rapporto capacità/domanda per l'azione di interesse (momento per travi e azione assiale per aste) utilizzato per l'amplificazione delle azioni			
<b>f.Om. N</b>			Fattore di amplificazione delle azioni assiali per travi e colonne (prodotto di 1.1 x Omega x gamma rd materiale); utilizzato come specificato al par. 7.5.5			
<b>f.Om. T</b>			Fattore di amplificazione delle azioni (assiali, flettenti e taglianti) per colonne (prodotto			

di 1.1 x Omega x gamma rd materiale); utilizzato come specificato al par. 7.5.4

Pilas.	Stato	Note	V V/T	V N/M	V stab	Cl.	LamS 22	LamS 33	Snell.	Chi mn	V flst	LamS LT	Chi LT	Rif. cmb
1	ok	s=8,m=12	0.15	0.99		1					0.99	3.96e-02	1.00	5,5,0,5
2	ok	s=8,m=12	0.15	0.12		1					0.12	3.96e-02	1.00	5,5,0,5
3	ok	s=8,m=12	0.15	0.49		1					0.49	3.96e-02	1.00	5,5,0,5
4	ok	s=8,m=12	0.15	0.74		1					0.74	3.96e-02	1.00	5,5,0,5
5	ok	s=8,m=12	0.15	0.25		1					0.25	3.96e-02	1.00	5,5,0,5
6	ok	s=8,m=12	0.15	0.86		1					0.86	3.96e-02	1.00	5,5,0,5
7	ok	s=8,m=12	0.15	0.37		1					0.37	3.96e-02	1.00	5,5,0,5
8	ok	s=8,m=12	0.15	0.62		1					0.62	3.96e-02	1.00	5,5,0,5



## RISULTATI OPERE DI FONDAZIONE

### DETERMINAZIONE DELLA PORTANZA VERTICALE DI FONDAZIONI PROFONDE

Per la determinazione della portanza verticale di fondazioni profonde si fa riferimento a due contributi: la "portanza di punta" e la "portanza per attrito laterale". Queste due componenti in genere sono calcolate in maniera autonoma dato che risulta molto difficoltoso, tranne che in poche situazioni, stabilire quanta parte del carico è assorbita dall'attrito laterale e quanta dalla resistenza alla punta. Nel seguito, ai fini del calcolo della portanza verticale, si assumeranno le seguenti espressioni generali valide per il caso di palo soggetto a compressione e per il caso di palo soggetto a trazione (nel calcolo della portanza verticale è possibile tenere in conto tutti o solo uno dei contributi su definiti):

$$Q_C = \frac{Q_P}{\eta_P} + \frac{Q_L}{\eta_L} - W_{ATT.NEG.} - W_P \quad (\text{caso di palo in compressione}) \quad Q_T$$

$$= \frac{Q_L}{\eta_L} + W_P \quad (\text{caso di palo in trazione})$$

dove i simboli su riportati hanno il seguente significato:

- $Q_C$  resistenza a compressione del palo
- $Q_T$  resistenza a trazione del palo
- $Q_P$  carico limite verticale alla punta del palo
- $Q_L$  carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo
- $W_{ATT.NEG.}$  attrito negativo agente sul palo
- $W_P$  peso totale del palo
- $\eta_P$  coefficiente di sicurezza per carico limite verticale alla punta del palo
- $\eta_L$  coefficiente di sicurezza per carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo

I valori del carico limite verticale alla punta del palo " $Q_P$ " e del carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo " $Q_L$ " sono determinati con le note "formule statiche". Queste esprimono i valori di cui sopra in funzione della geometria del palo, delle caratteristiche geotecniche del terreno in cui è immerso, della modalità esecutiva e dell'interfaccia palo-terreno.

Di seguito si illustrano le metodologie con le quali saranno determinati i valori prima citati; è necessario tenere presente che tali metodi sono riferiti al calcolo del "singolo palo" e per estendere tale modalità computazione al caso di "pali in gruppo" si farà ricorso ai "coefficienti d'efficienza", in questo modo si potrà tenere in debito conto

l'interferenza reciproca che i pali esercitano.

### CARICO LIMITE VERTICALE ALLA PUNTA DEL PALO

Il valore del carico limite verticale alla punta del palo, indipendentemente dal metodo utilizzato per la sua determinazione, è condizionato dalla modalità esecutiva. Esso varia notevolmente a seconda che il palo sia del tipo "infisso" o "trivellato" poiché le caratteristiche fisico-meccaniche del terreno circostante il palo variano in seguito alle operazioni d'installazione. Di conseguenza, per tenere conto della modalità esecutiva nel calcolo dei coefficienti di portanza, si propone di modificare il valore dell'angolo di resistenza a taglio secondo quanto suggerito da Kishida (1967):

$$\phi_{cor} = \frac{\phi + 40}{2} \quad (\text{per pali infissi}) \quad \phi_{cor} = \phi - 3^\circ \quad (\text{per pali trivellati})$$

Con la correzione di cui sopra si determineranno i fattori adimensionali di portanza che sono presenti nella relazione per la determinazione del carico limite verticale alla punta che assume la seguente espressione:

$$Q_P = A_P \cdot (q_P \cdot N_q^* + c \cdot N_c^*)$$

dove i simboli su riportati hanno il seguente significato:

- $A_P$  superficie portante efficace della punta del palo
- $q_P$  pressione del terreno presente alla punta del palo
- $c$  coesione del terreno alla punta del palo (nel caso di condizione non drenata  $c = c_u$ )
- $N_q^*, N_c^*$  fattori adimensionali di portanza funzione dell'angolo d'attrito interno  $\phi_{cor}$  del terreno già corretti

In letteratura esistono diverse formulazioni per il calcolo dei fattori adimensionali di portanza, di seguito si riportano quelle che sono state implementate:

#### Formulazione di Meyerhof per base poggiate su terreni sciolti (1951)

• se  $\phi \neq 0$  (condizione drenata) si ha:

$$\begin{aligned} N_q &= \text{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot \text{tg}(\phi)} & N_c &= (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\phi) \\ s_q &= 1 + 0.1 \cdot \text{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right) & s_c &= 1 + 0.2 \cdot \text{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right) \end{aligned} \quad (\text{fattori di forma})$$

$$d_q = 1 + 0.1 \cdot \frac{L}{D} \cdot \sqrt{\text{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)} \quad d_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{L}{D} \cdot \sqrt{\text{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)} \quad (\text{fattori d'approfondimento})$$

$$N_q^* = N_q \cdot s_q \cdot d_q \quad N_c^* = N_c \cdot s_c \cdot d_c$$

se  $\phi = 0$  (condizione non drenata) si ha:

$$\begin{aligned} N_q &= 1.00 & N_c &= \pi + 2 \\ s_q &= 1.00 & s_c &= 1.20 \end{aligned} \quad (\text{fattori di forma})$$

$$d_q = 1.00 \quad d_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{L}{D} \quad (\text{fattori d'approfondimento})$$

$$N_q^* = N_q \cdot s_q \cdot d_q \quad N_c^* = N_c \cdot s_c \cdot d_c$$

#### Formulazione di Hansen per base poggiate su terreni sciolti (1970)

se  $\phi \neq 0$  (condizione drenata) si ha:

$$\begin{aligned} N_q &= \text{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot \text{tg}(\phi)} & N_c &= (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\phi) \\ s_q &= 1 + \text{tg}(\phi) & s_c &= 1 + \frac{N_q}{N_c} \end{aligned} \quad (\text{fattori di forma})$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \text{tg}(\phi) \cdot (1 - \text{sen}(\phi))^2 \cdot \theta \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \theta \quad (\text{fattori d'approfondimento})$$

$$\text{dove: se } \frac{L}{D} \leq 1 \Rightarrow \theta = \frac{L}{D}, \text{ se } \frac{L}{D} > 1 \Rightarrow \theta = \text{arctg} \left( \frac{L}{D} \right)$$

$$N_q^* = N_q \cdot s_q \cdot d_q \quad N_c^* = N_c \cdot s_c \cdot d_c$$

se  $\phi = 0$  (condizione non drenata) si ha:

$$\begin{aligned} N_q &= 1.00 & N_c &= \pi + 2 \\ s_q &= 1.00 & s_c &= 1.20 \end{aligned} \quad (\text{fattori di forma})$$

$$d_q = 1.00 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \theta \quad (\text{fattori d'approfondimento})$$

$$N_q^* = N_q \cdot s_q \cdot d_q \quad N_c^* = N_c \cdot s_c \cdot d_c$$

#### Formulazione di Zeevaert per base poggiate su terreni sciolti (1972)

se  $\phi \neq 0$  (condizione drenata) si ha:



$$N_q^* = \frac{\cos^2(\phi)}{2 \cdot \cos^2\left(\frac{\pi + \phi}{4}\right)} \cdot e^{\left(\frac{3 \cdot \pi}{2} + \phi\right)} \cdot \text{ctg}(\phi) \quad N_c^* = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\phi)$$

se  $\phi = 0$  (condizione non drenata) si ha:

$$N_q^* = 1.00 \quad N_c^* = 9.00$$

### Formulazione di Berezantzev per base poggiate su terreni sciolti (1970)

Berezantzev fa riferimento ad una superficie di scorrimento "alla Terzaghi" che si arresta sul piano della punta del palo. Inoltre considera il cilindro di terreno coassiale al palo (avente diametro pari all'estensione in sezione della superficie di scorrimento) in parte sostenuto da tensioni tangenziali dal rimanente terreno presente lungo la superficie laterale del cilindro. Conseguentemente il valore della pressione presente alla punta del palo è inferiore alla corrispondente pressione litostatica ed è influenzata dal rapporto tra la profondità alla quale è posta la punta "L" del palo e il diametro "D" dello stesso. Quindi il valore di  $N_q^*$  è influenzato da questo effetto "Silo". I valori che l'autore propone sono:

se  $\phi \neq 0$  (condizione drenata) si ha:

Valori di  $N_q^*$  per pali di diametro fino a 80.0 cm.

$L/\Delta$	8°	16°	18°	20°	22°	24°	26°	28°	30°	32°	34°	36°	38°	40°	42°	44°	46°	48°	50°
4	1.07	2.18	3.15	4.72	7.15	10.73	15.85	22.95	32.62	45.56	62.69	85.18	114.53	152.71	202.32	266.82	350.86	460.79	605.36
12	1.04	1.77	2.46	3.64	5.52	8.42	12.71	18.85	27.44	39.21	55.07	76.20	104.13	140.81	188.86	251.72	334.05	442.17	584.82
20	1.03	1.63	2.20	3.20	4.82	7.38	11.22	16.82	24.76	35.79	50.83	71.06	98.01	133.65	180.59	242.29	323.39	430.21	571.48
28	1.03	1.54	2.05	2.93	4.40	6.72	10.26	15.48	22.96	33.43	47.84	67.37	93.54	128.35	174.39	235.13	315.21	420.95	561.08
36	1.02	1.49	1.94	2.75	4.10	6.26	9.57	14.49	21.60	31.64	45.53	64.48	90.00	124.10	169.36	229.27	308.46	413.26	552.38
50	1.02	1.42	1.82	2.53	3.74	5.68	8.70	13.23	19.84	29.27	42.45	60.56	85.14	118.18	162.30	220.95	298.80	402.16	539.74
75	1.02	1.35	1.69	2.30	3.33	5.02	7.69	11.74	17.73	26.37	38.58	55.55	78.82	110.38	152.84	209.67	285.53	386.74	522.01
100	1.01	1.31	1.61	2.14	3.07	4.60	7.02	10.74	16.28	24.34	35.84	51.95	74.19	104.56	145.68	201.02	275.23	374.64	507.95
200	1.01	1.22	1.44	1.84	2.54	3.71	5.60	8.56	13.05	19.73	29.43	43.30	62.82	89.95	127.29	178.30	247.63	341.59	468.90
500	1.01	1.14	1.29	1.55	2.02	2.82	4.14	6.24	9.50	14.45	21.83	32.64	48.25	70.49	101.85	145.69	206.57	290.75	406.87

Valori di  $N_q^*$  per pali di diametro maggiore a 80.0 cm.

$L/\Delta$	8°	16°	18°	20°	22°	24°	26°	28°	30°	32°	34°	36°	38°	40°	42°	44°	46°	48°	50°
4	1.16	3.09	3.95	5.04	6.44	8.22	10.50	13.41	17.12	21.87	27.92	35.65	45.53	58.14	74.24	94.80	121.05	154.57	197.38
12	1.21	3.14	3.98	5.05	6.42	8.14	10.34	13.13	16.68	21.18	26.90	34.17	43.41	55.15	70.07	89.03	113.13	143.77	182.72
20	1.26	3.18	4.01	5.06	6.39	8.06	10.18	12.85	16.23	20.49	25.88	32.69	41.29	52.16	65.89	83.26	105.21	132.97	168.06
28	1.30	3.22	4.04	5.07	6.36	7.99	10.02	12.57	15.78	19.81	24.86	31.20	39.17	49.16	61.72	77.49	97.29	122.16	153.40
36	1.35	3.27	4.07	5.08	6.34	7.91	9.86	12.30	15.33	19.12	23.84	29.72	37.04	46.17	57.55	71.72	89.38	111.36	138.75
44	1.39	3.31	4.10	5.09	6.31	7.83	9.70	12.02	14.88	18.43	22.81	28.23	34.92	43.18	53.38	65.95	81.46	100.56	124.09
52	1.44	3.35	4.14	5.10	6.29	7.75	9.54	11.74	14.44	17.74	21.79	26.75	32.80	40.19	49.21	60.18	73.54	89.76	109.43
56	1.46	3.37	4.15	5.10	6.27	7.71	9.46	11.60	14.21	17.40	21.28	26.00	31.74	38.70	47.12	57.30	69.58	84.36	102.10
60	1.49	3.39	4.17	5.11	6.26	7.67	9.38	11.46	13.99	17.06	20.77	25.26	30.68	37.20	45.03	54.42	65.62	78.96	94.77
65	1.51	3.42	4.19	5.12	6.25	7.62	9.28	11.29	13.71	16.63	20.13	24.33	29.35	35.33	42.43	50.81	60.67	72.21	85.61

$$N_c^* = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\phi)$$

se  $\phi = 0$  (condizione non drenata) si ha:

$$N_q^* = 1.00 \quad N_c^* = 9.00$$

### Formulazione di Vesic per base poggiate su terreni sciolti (1975)

se  $\phi \neq 0$  (condizione drenata) si ha:

$$N_q^* = \frac{3}{3 - \text{sen}(\phi)} \cdot \text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \cdot I_{rr}^{\frac{4 + \text{sen}(\phi)}{3 \cdot (1 + \text{sen}(\phi))}} \cdot e^{\left(\frac{\pi}{2} - \phi\right)} \cdot \text{ctg}(\phi) \quad N_c^* = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\phi)$$

$$I_{rr} = \frac{I_r}{1 + \varepsilon_v \cdot I_r} \quad \varepsilon_v = \frac{q_p \cdot \alpha \cdot (1 + \nu) \cdot (1 - 2 \cdot \nu)}{E_t \cdot (1 - \nu)} \quad I_r = \frac{E_t}{2 \cdot (1 + \nu) \cdot (c + q_p \cdot \alpha \cdot \text{tg}(\phi))}$$

se  $\phi = 0$  (condizione non drenata) si ha:

$$N_q^* = 1.00 \quad N_c^* = \frac{4}{3} \cdot (\log_n(I_{rr}) + 1) + \frac{\pi}{2} + 1$$

dove i simboli su riportati hanno il seguente significato:

- $E_t$  modulo elastico del terreno alla profondità della punta del palo
- $\nu$  coefficiente di Poisson del terreno alla profondità della punta del palo
- $\alpha$  coefficiente di riduzione della pressione del terreno presente alla profondità della punta del palo

Nel caso in cui si scelga di effettuare la riduzione della pressione del terreno presente alla profondità della punta del palo (cioè  $\alpha=1$ ) il coefficiente di riduzione "α" assume la seguente espressione:

$$\alpha = \frac{1 + 2 \cdot K_0}{3} \quad \text{dove: se } \phi \neq 0 \Rightarrow K_0 = 1 - \text{sen}(\phi); \quad \text{se } \phi = 0 \Rightarrow K_0 = \frac{\nu}{1 - \nu}$$

### Formulazione di Janbu per base poggiate su terreni sciolti (1976)

se  $\phi \neq 0$  (condizione drenata) si ha:

$$N_q^* = (\text{tg}(\phi) + \sqrt{1 + \text{tg}^2(\phi)})^2 \cdot e^{-2 \cdot \phi} \cdot \text{ctg}(\phi) \quad N_c^* = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\phi)$$

$$\vartheta = 60 + 0.45 \cdot Dr$$

dove "Dr" è la densità relativa del terreno.

se  $\varphi = 0$  (condizione non drenata) si ha:

$$N_q^* = 1.00$$

$$N_c^* = 5.74$$

### Formulazione di Terzaghi per base poggiate su roccia (1943)

Per la determinazione del carico limite nel caso di presenza di ammasso roccioso bisogna valutare molto attentamente il grado di solidità della roccia stessa. Tale valutazione viene in genere eseguita stimando l'indice RQD (Rock Quality Designation) che rappresenta una misura della qualità di un ammasso roccioso. Tale indice può variare da un minimo di 0 (caso in cui la lunghezza dei pezzi di roccia estratti dal carotiere è inferiore a 100 mm) ad un massimo di 1 (caso in cui la carota risulta integra) ed è calcolato nel seguente modo:

$$RQD = \frac{\sum \text{lunghezze dei pezzi di roccia intatta} > 100\text{mm}}{\text{lunghezza del carotiere}}$$

Se il valore di RQD è molto basso la roccia è molto fratturata ed il calcolo della capacità portante dell'ammasso roccioso va condotto alla stregua di un terreno sciolto utilizzando tutte le formulazioni sopra descritte.

$$N_q = \frac{e^{2 \cdot \left(\frac{3 \cdot \pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right) \cdot \text{ctg}(\phi)}}{2 \cdot \cos^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\phi) \quad \text{se } \phi = 0 \Rightarrow N_c = \frac{3}{2} \cdot \pi + 1$$

$$s_q = 1.00$$

$$s_c = 1.30 \quad (\text{fattori di forma})$$

$$N_q^* = RQD^2 \cdot N_q \cdot s_q$$

$$N_c^* = RQD^2 \cdot N_c \cdot s_c$$

### Formulazione di Stagg-Zienkiewicz per base poggiate su roccia (1968)

$$N_q = \text{tg}^6\left(\frac{90^\circ + \phi}{2}\right)$$

$$N_c = 5 \cdot \text{tg}^4\left(\frac{90^\circ + \phi}{2}\right)$$

$$s_q = 1.00$$

$$s_c = 1.30 \quad (\text{fattori di forma})$$

$$N_q^* = RQD^2 \cdot N_q \cdot s_q$$

$$N_c^* = RQD^2 \cdot N_c \cdot s_c$$

### CARICO LIMITE VERTICALE LUNGO LA SUPERFICIE LATERALE DEL PALO

Il valore del carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo è dato dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo delle tensioni tangenziali che si sviluppano all'interfaccia palo-terreno in condizioni limite:

$$Q_L = \int_{\Gamma} \tau_{\text{lim}} \cdot d\Gamma = \int_0^L (c_a + \sigma_h \cdot \text{tg}(\delta)) \cdot P_{\text{lat}} \cdot dz$$

dove i simboli sopra riportati hanno il seguente significato:

- $\chi_a$       adesione all'interfaccia terreno-palo alla generica profondità "z"
- $\sigma_h$       tensione orizzontale alla generica profondità "z"
- $\delta$         angolo di resistenza a taglio all'interfaccia terreno-palo alla generica profondità "z"
- $P_{\text{lat}}$      perimetro della sezione trasversale del palo alla generica profondità "z"
- $L$         sviluppo longitudinale del palo

Analogamente al carico limite alla punta, anche il valore del carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo varia notevolmente a seconda che esso sia del tipo "infitto" o "trivellato" a causa del diverso comportamento del terreno circostante in palo. Conseguentemente i parametri sopra riportati possono essere correlati da leggi diverse in funzione delle modalità di esecuzione del palo. Di seguito si descrivono quelle che sono state implementate.

L'adesione " $c_a$ " è correlata alla coesione " $c$ " nel caso di condizioni drenate; oppure alla coesione non drenata " $c_u$ " nel caso di condizioni non drenate, per mezzo del coefficiente d'adesione " $\psi$ " secondo la seguente relazione:

$$c_a = c_* \cdot \psi \quad \text{dove: } c_* = c \text{ (in condizione drenata);}$$

$$c_* = c_u \text{ (in condizione non drenata).}$$

Esprimendo il valore di " $c$ " in N/cm<sup>2</sup>, il coefficiente d'adesione " $\psi$ " può assumere i seguenti valori:

#### Caquot-Kerisel (consigliato per pali trivellati)

$$\psi = \frac{100 + c_*^2}{100 + 7 \cdot c_*^2}$$

#### Meyerhof-Murdock (consigliato per pali trivellati)

$$\text{se } c_* \leq 5.00 \text{ N/cm}^2 \quad \Rightarrow \quad \psi = 1.000 - 0.100 \cdot c_*$$

$$\text{se } c_* > 5.00 \text{ N/cm}^2 \quad \Rightarrow \quad \psi = 0.525 - 0.005 \cdot c_*$$

#### Whitaker-Cooke (consigliato per pali trivellati)

se $c_* \leq 2.50 \text{ N/cm}^2$	$\Rightarrow$	$\psi = 0.90$
se $2.50 < c_* \leq 5.00 \text{ N/cm}^2$	$\Rightarrow$	$\psi = 0.80$
se $5.00 < c_* \leq 7.50 \text{ N/cm}^2$	$\Rightarrow$	$\psi = 0.60$
se $c_* > 7.50 \text{ N/cm}^2$	$\Rightarrow$	$\psi = 0.40$

**Woodward (consigliato per pali trivellati)**

se $c_* \leq 4.00 \text{ N/cm}^2$	$\Rightarrow$	$\psi = 0.90$
se $4.00 < c_* \leq 8.00 \text{ N/cm}^2$	$\Rightarrow$	$\psi = 0.60$
se $8.00 < c_* \leq 12.00 \text{ N/cm}^2$	$\Rightarrow$	$\psi = 0.50$
se $12.00 < c_* \leq 20.00 \text{ N/cm}^2$	$\Rightarrow$	$\psi = 0.40$
se $c_* > 20.00 \text{ N/cm}^2$	$\Rightarrow$	$\psi = 0.30$

**Viggiani e altri (consigliato per pali infissi)**

se $c_* \leq 5.00 \text{ N/cm}^2$	$\Rightarrow$	$\psi = 1.00$
se $5.00 < c_* \leq 10.00 \text{ N/cm}^2$	$\Rightarrow$	$\psi = 0.70$
se $10.00 < c_* \leq 15.00 \text{ N/cm}^2$	$\Rightarrow$	$\psi = 0.50$
se $15.00 < c_* \leq 20.00 \text{ N/cm}^2$	$\Rightarrow$	$\psi = 0.40$
se $c_* > 20.00 \text{ N/cm}^2$	$\Rightarrow$	$\psi = 0.30$

Il valore della tensione orizzontale " $\sigma_h$ " è correlato al valore della pressione verticale " $\sigma_v$ " per mezzo del coefficiente di spinta orizzontale " $K_s$ " secondo la seguente relazione:

$$\sigma_h = \sigma_v \cdot K_s$$

Il valore di " $K_s$ " dipende essenzialmente dal tipo di terreno e dal suo stato d'addensamento nonché dalla tecnologia utilizzata per l'installazione.

Il programma permette di scegliere tra differenti teorie per il calcolo di  $K_s$ .

Opzione 1:

Metodo "Tomlinson (1971)"

$K_s$  può variare da un limite inferiore pari al coefficiente di spinta a riposo " $K_0$ " fino a valori prossimi al coefficiente di spinta passiva " $K_p$ "; i valori proposti sono:

pali trivellati:  $K_s = K_0 = 1 - \text{sen}(\phi)$

pali infissi:  $K_s =$  variabile da:  $K_p = 1 + \text{tg}^2(\phi)$  in sommità fino a  $K_0 = 1 - \text{sen}(\phi)$  alla punta

Opzione 2:

Metodo di "Kulhavy (1983)"

pali trivellati:  $K_s = \alpha K_0$  con  $\alpha$  variabile tra 2/3 e 1

pali infissi:  $K_s = \alpha K_0$  con  $\alpha$  variabile da 3/4, per compattazione del terreno trascurabile, fino a 2, nel caso di compattazione significativa.

Il valore dell'angolo di resistenza al taglio all'interfaccia terreno-palo " $\delta$ " è funzione della scabrezza della superficie del palo e quindi della modalità esecutiva; i valori proposti sono:

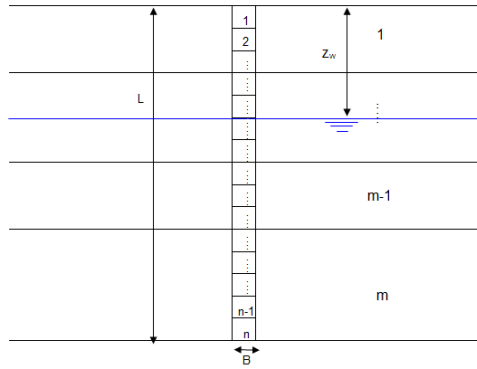
$$\delta = \text{arctg}(\text{tg}(\phi)) \quad (\text{per pali trivellati}) \quad \delta = \text{arctg}\left(\frac{3}{4} \cdot \text{tg}(\phi)\right) \quad (\text{per pali infissi})$$

**DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI DI FONDAZIONI PROFONDE**

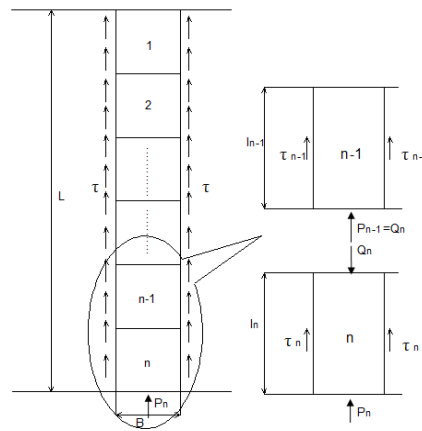
Per la determinazione del comportamento del palo singolo sottoposto a carichi applicati alla sommità, si fa riferimento all'approccio semiempirico delle curve di trasferimento (Coyle e Reese (1966)). Il metodo delle curve di trasferimento è basato su dati provenienti da prove di carico su pali strumentati; elaborando tali dati è possibile costruire le curve di trasferimento che legano la tensione tangenziale mobilitata all'interfaccia palo-terreno lungo un concio del palo con lo spostamento relativo.

La curva di trasferimento si ottiene con una procedura che prevede i seguenti passi:

1. Suddivisione del palo in n concii



- Definizione della resistenza limite del palo sulla base delle caratteristiche geometriche e delle caratteristiche del terreno. In presenza di terreno stratificato la resistenza sarà uguale alla sommatoria delle resistenze limite di ogni strato di terreno attraversato dal palo.
- Si assegna all'estremità inferiore del palo (concio n) un cedimento  $W_p$ .
- Si considera la curva di trasferimento appropriata (carico alla punta-cedimento) in base alla tecnologia costruttiva e al tipo di terreno presente e, noto il cedimento  $W_p$ , si ricava il carico alla punta  $P_n$ .



- Si ipotizza che il cedimento alla base del concio  $W_p$  sia uguale al cedimento  $W_n$  che si verifica a metà del concio ( $W_p = W_n$ ).
- Con il valore di  $W_n$  si entra nell'appropriata curva di trasferimento (carico laterale-cedimento) e, nota la resistenza tangenziale limite, si ricava la tensione tangenziale mobilizzata.
- Il carico  $Q_n$  agente sulla sommità del concio n-esimo è dato da:

$$Q_n = P_n + \tau_n \pi B l$$

Dove:

$$l = \frac{L}{n}$$

- Si calcola l'abbassamento elastico in corrispondenza della metà del concio n

$$V_n = \frac{Q_n + P_n}{2} \frac{2l}{\pi B^2 E_p}$$

- Si somma il valore calcolato di  $V_n$  con il valore di cedimento  $W_p$  ipotizzato inizialmente:

$$W_n' = V_n + W_p$$

- Se il valore  $W_n'$  differisce in maniera significativa dal valore di  $W_n$  si riparte da passo 3 entrando nella curva di trasferimento con il valore di  $W_n'$ .
- Quando si ottiene la giusta convergenza si passa a considerare il concio (n-1) e così via fino ad arrivare alla testa del palo.

Il risultato di questa procedura è una curva carico-cedimento con la quale è possibile ricavare i cedimenti sulla base del carico applicato.

### SIMBOLOGIA ADOTTATA NEI TABULATI DI CALCOLO

Per maggior chiarezza nella lettura dei tabulati di calcolo viene riportata la descrizione dei simboli principali utilizzati nella stesura degli stessi. Per comodità di lettura la legenda è suddivisa in paragrafi con la stessa modalità in cui sono stampati i tabulati di calcolo.

#### Dati geometrici degli elementi costituenti le fondazioni profonde

- X elem. ascissa nel riferimento globale dell'elemento
- Y elem. ordinata nel riferimento globale dell'elemento
- Profon. profondità del piano di posa dell'elemento a partire dal piano campagna

- Base larghezza della sezione trasversale dell'elemento
- Lungh. dimensione dello sviluppo longitudinale dell'elemento
- Altez. altezza della sezione trasversale dell'elemento
- Rotaz. rotazione dell'elemento rispetto al suo baricentro
- Grup. ap. nel caso cui l'elemento faccia parte di una palificata, rappresenta il numero identificativo della stessa
- Ind. Strat. indice della stratigrafia associata all'elemento
- Tip. iniez. tipologia d'iniezione dei micropali ai fini del calcolo della portanza secondo le raccomandazioni di Bustamante e Doix (No iniez. = assenza d'iniezione, Iniez.uni. = iniezione unica, Iniez.rip. = iniezione ripetuta)
- Tip. ter. tipologia di terreno ai fini del calcolo della portanza secondo le raccomandazioni di Bustamante e Doix (Coes. = coesivo, Inc. = incoerente)
- Dia. P. diametro fusto del palo
- Lun. P. lunghezza totale del palo
- Lun. L. lunghezza tratto del palo senza contributo di terreno
- Dis. P. distanza del baricentro del palo dal bordo del plinto
- In. Px interasse principale del palo
- In. Py interasse secondario del palo
- Dia. B. diametro bulbo del palo
- Lun. B. lunghezza della sbulbatura del palo
- E.C.V. coefficiente d'efficienza per carico limite verticale del singolo palo
- E.C.C. coefficiente d'efficienza per carico critico verticale del singolo palo
- E.C.T. coefficiente d'efficienza per carico limite trasversale del singolo palo
- Svin. testa codice di svincolo alla rotazione in testa al palo (0 = non attivo, 1 = attivo)
- Vin. piede codici di vincolo rispettivamente alla rotazione orizzontale, traslazione orizzontale e traslazione verticale applicabili al piede del palo (0 = non attivo, 1 = attivo)
- Asc. X' ascissa del baricentro del singolo palo dell'elemento nel riferimento locale con origine nel baricentro del plinto
- Asc. Y' ordinata del baricentro del singolo palo dell'elemento nel riferimento locale con origine nel baricentro del plinto
- Peso spec. peso specifico del palo
- Mod. El. Pa. modulo elastico normale del palo

#### ***Dati di carico degli elementi costituenti le fondazioni profonde***

- Cmb numero della combinazione di carico
- Tipologia tipologia della combinazione di carico
- Sismica flag per l'applicazione della riduzione sismica alle caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione per la combinazione di carico in esame
- S. Normale sollecitazione normale agente alla quota del piano di fondazione dell'elemento (riferimento locale con origine nel baricentro del plinto)
- S. Tagliante X' sollecitazione tagliante lungo l'asse X' agente alla quota del piano di fondazione dell'elemento (riferimento locale con origine nel baricentro del plinto)
- S. Tagliante Y' sollecitazione tagliante lungo l'asse Y' agente alla quota del piano di fondazione dell'elemento (riferimento locale con origine nel baricentro del plinto)
- S. Flessionale X' sollecitazione flessionale lungo l'asse X' agente alla quota del piano di fondazione dell'elemento (riferimento locale con origine nel baricentro del plinto)
- S. Flessionale Y' sollecitazione flessionale lungo l'asse Y' agente alla quota del piano di fondazione dell'elemento (riferimento locale con origine nel baricentro del plinto)
- S. Torsionale sollecitazione torsionale agente alla quota del piano di fondazione dell'elemento (riferimento locale con origine nel baricentro del plinto)

#### ***Valori di calcolo per le fondazioni profonde***

- Port. punta carico limite verticale alla punta del palo (valore su singolo palo corretto dal relativo coefficiente d'efficienza)
- Port. lat. carico limite verticale lungo la superficie laterale del fusto del palo (valore su singolo palo corretto dal relativo coefficiente d'efficienza)
- Port. bulbo carico limite verticale lungo la superficie laterale del bulbo del palo (valore su singolo palo corretto dal relativo coefficiente d'efficienza)
- C. Critico carico critico per l'instabilità del palo (valore su singolo palo corretto dal relativo coefficiente d'efficienza)
- Attr. Neg. attrito negativo agente sul palo (valore su singolo palo)
- Peso Palo peso totale del singolo palo
- Cmb numero e tipologia della combinazione di carico
- S. Norm. sollecitazione normale agente alla testa del palo in esame
- V. V. Com. resistenza a compressione del palo in esame (corretto dal relativo coefficiente di sicurezza)

- V. V. Tra. resistenza a trazione del palo in esame (corretto dal relativo coefficiente di sicurezza)
- Ver. Com. rapporto tra la sollecitazione normale agente alla testa del palo e la sua resistenza a compressione (verifica positiva se il rapporto è < 1.0)
- Ver. Tra. rapporto tra la sollecitazione normale agente alla testa del palo e la sua resistenza a trazione (verifica positiva se il rapporto è < 1.0)
- S. Tagl. sollecitazione tagliante agente alla testa del palo
- S. Fles. sollecitazione flessionale agente alla testa del palo
- V. V. Trs. resistenza trasversale del palo in esame (corretto dal relativo coefficiente di sicurezza)
- Ver. Tra. rapporto tra la sollecitazione tagliante agente alla testa del palo e la sua resistenza trasversale (verifica positiva se il rapporto è < 1.0)
- Ced. V. cedimento verticale in corrispondenza della testa del palo
- Ced. H. cedimento orizzontale in corrispondenza della testa del palo

### PARAMETRI DI CALCOLO

#### Modalità di calcolo della portanza verticale per fondazioni profonde:

Per elementi con pali: Portanza di punta e laterale

Per elementi con micropali: Portanza di punta e laterale

#### Metodi di calcolo della portanza di punta per fondazioni profonde:

Per terreni sciolti: Vesic

Riduzione della tensione litostatica: No

Per terreni lapidei: Terzaghi

Riduzione di Kishida per pali battuti o trivellati: Si

Metodo di calcolo del coefficiente di spinta orizzontale Ks: Tomlinson

#### Coefficienti parziali e totali di sicurezza per Tensioni Ammissibili e S.L.E. nel calcolo della portanza per fondazioni profonde:

Coeff. di sicurezza alla punta: 2,50

Coeff. di sicurezza lungo il fusto: 2,50

Coeff. di sicurezza lungo il bulbo: 2,50

Coeff. di sicurezza per palo in trazione: 2,50

#### Combinazioni di carico:

##### APPROCCIO PROGETTUALE TIPO 2 - Comb. (A1+M1+R3)

Coefficienti parziali e totali di sicurezza per S.L.U. nel calcolo della portanza per pali trivellati:

I coeff. A1 risultano combinati secondo lo schema presente nella relazione di calcolo della struttura.

- Coeff. M1 per Tan  $\phi$  (statico): 1
- Coeff. M1 per c' (statico): 1
- Coeff. M1 per Cu (statico): 1
- Coeff. M1 per Tan  $\phi$  (sismico): 1
- Coeff. M1 per c' (sismico): 1
- Coeff. M1 per Cu sismico): 1
- Coeff. R3 base: 1,35
- Coeff. R3 laterale in compressione: 1,15
- Coeff. R3 laterale in trazione: 1,25

Fattore di correlazione: 1,70

### ARCHIVIO STRATIGRAFIE

Indice / Descrizione: 001 / Nuova stratigrafia n. 1

Numero strati: 3

Profondità falda: assente

Strato n.	Quota di riferimento	Spessore	Indice / Descrizione terreno
1	da 0,0 a -50,0 cm	50,0 cm	001 / 1) Limo argilloso sabbioso
2	da -50,0 a -100,0 cm	50,0 cm	002 / 2) Limo sabbioso
3	da -100,0 a -1700,0 cm	1600,0 cm	003 / 3) Limo sabbioso

### ARCHIVIO TERRENI

Indice / Descrizione terreno: **001 / 1) Limo argilloso sabbioso**

Comportamento del terreno: condizione drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Angolo Res.	Coesione	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	Gradi°	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	%	%	
1,700 E-3	2,000 E-3	30,000	0,100	66,750	100,000	40,0	0,333	0,90

Indice / Descrizione terreno: **002 / 2) Limo sabbioso**

Comportamento del terreno: condizione non drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Coes.non dren.	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	%	%	
1,700 E-3	2,000 E-3	1,000	51,797	100,000	60,0	0,385	0,48

Indice / Descrizione terreno: **003 / 3) Limo sabbioso**

Comportamento del terreno: condizione drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Angolo Res.	Coesione	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	Gradi°	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	%	%	
1,600 E-3	1,900 E-3	29,000	0,000	110,000	150,000	40,0	0,340	1,00

#### DATI GEOMETRICI DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LE FONDAZIONI PROFONDE

Verifica del palo equivalente

##### Elemento: 1 - Palo singolo - Tipologia pali: infissi

X elem.	Y elem.	Prof.	Base	Lungh.	Altez.	Rot.	Grup.ap.	Ind.strat.
cm	cm	cm	cm	cm	cm	Gradi°	n.	n.
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	1	001

Dia. P.	Lun. P.	Lun. L.	Dist.P.	In. Px	In. Py	Dia. B.	Lun. B.	E.C.V.	E.C.C.	E.C.T.	Svin.testa	Vin.piede
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm				codice	codice
42,0	250,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00	0	0; 0; 0

#### VALORI DI CALCOLO DELLA PORTANZA PER FONDAZIONI PROFONDE

##### Elemento: 1 - Palo singolo

$N_q = 82.712$ ,  $\sigma_{punta} = 0.410$ ,  $\phi = 34.5$ ,  $N_c = 118.892$ ,  $c_{punta} = 0.000$

Port. lat. = 5708.6 daN, Port. punta = 46983.0 daN, P.P.Palo = 150.0 daN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	daN		
019	SLU STR	1	0.000	0.000	2567.5	2836.4	0,905	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
019	SLU STR	No	2567.5	0.0	0.0	0.0	0.0

#### VALORI DI CALCOLO DEI CEDIMENTI PER FONDAZIONI PROFONDE

##### Elemento: 1 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
022 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-4642.5	0.101

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
022	SLE rare	No	-4642.5	0.0	0.0	0.0	0.0

## RELAZIONE SUI MATERIALI

Il capitolo Materiali riportata informazioni esaustive relative all'elenco dei materiali impiegati e loro modalità di posa in opera e ai valori di calcolo.

### CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI

#### LEGENDA TABELLA DATI MATERIALI

Il programma consente l'uso di materiali diversi. Sono previsti i seguenti tipi di materiale:

Il programma consente l'uso di materiali diversi. Sono previsti i seguenti tipi di materiale:

2	materiale tipo acciaio
---	------------------------

I materiali utilizzati nella modellazione sono individuati da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni materiale vengono riportati in tabella i seguenti

