

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

PROGETTO DEFINITIVO

**LINEA AV/AC VERONA - PADOVA
SUB TRATTA VERONA – VICENZA
1° LOTTO FUNZIONALE VERONA – BIVIO VICENZA**

RELAZIONE
RUMORE: PROGETTO BARRIERE
RELAZIONI: RELAZIONE DI CALCOLO: PARTE IN FONDAZIONE

GENERAL CONTRACTOR		ITALFERR S.p.A.		SCALA: -
ATI bonifica IL PROGETTISTA INTEGRATORE Franco Persio Bocchetto iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma al n° 86/4 - Sez. A settore Civile ed Ambientale Data: Marzo 2018	Consorzio IRICAV DUE Il Direttore Data: Marzo 2018			

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I N O D	0 0	D	I 2	C L	I M 0 0 0 6	0 0 2	A

ATI bonifica	VISTO ATI BONIFICA	
	Firma	Data
	Ing. F. P. Bocchetto	Marzo 2018

Progettazione

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato
A	EMISSIONE DEFINITIVA	R. Pieroncini 	Marzo 2018	E. Serpi 	Marzo 2018	L. Fieni 	Marzo 2018	Ing. T. Bastianello Data: Marzo 2018

File: IN0D00DI2CLIM0006002A.doc	CUP.: J41E910000000009 CIG: 3320049F17	n. Elab.:
---------------------------------	---	-----------

Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° LOTTO FUNZIONALE VERONA – BIVIO VICENZA

Titolo:

RELAZIONE DI CALCOLO: PARTE IN FONDAZIONE

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	Pag.
IN0D	00	D I2 CL	IM0006 002	A	2 di 170

INDICE

1	PREMESSA	8
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	9
3	MATERIALI	10
4	COMBINAZIONI	13
5	CRITERI GENERALI DELLE VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI	15
5.1	VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)	15
5.1.1	Azioni	15
5.1.2	Resistenze	16
5.2	VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)	17
6	METODI DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DELLE FONDAZIONI PROFONDE	18
6.1	VERIFICHE STRUTTURALI	18
6.1.1	Verifiche agli stati limite ultimi (SLU)	18
6.1.2	Verifiche agli stati limite di esercizio (SLE)	22
6.2	VERIFICHE GEOTECNICHE	23
6.2.1	Capacità portante di pali di medio e grande diametro	23
6.2.2	Capacità portante di micropali	27
6.2.3	Verifiche agli stati limite ultimi (SLU)	30
6.2.4	Analisi di pali e micropali in condizioni di esercizio	32
6.2.5	Verifiche agli stati limite di esercizio (SLE)	33
7	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI	35
7.1	CALCOLO DEL MODULO DI REAZIONE ORIZZONTALE DEL TERRENO	35
8	AZIONI A TESTA PALO	39
9	PROGETTO GEOTECNICO DEI PALI	41
9.1	BARRIERA H=4.95M – RILEVATO > 5m – SABBIA	41
9.1.1	Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1	41
9.1.2	Verifiche strutturali: SLE (Rara)	45
9.1.3	Verifiche geotecniche dei pali_TIPO A	47

9.2	BARRIERA H=4.95M – RILEVATO > 5m – ARGILLA	49
9.2.1	Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1	49
9.2.2	Verifiche strutturali: SLE (Rara)	53
9.2.3	Verifiche geotecniche dei pali_TIPO B	55
9.3	BARRIERA H=6.95M – RILEVATO > 5m – SABBIA	57
9.3.1	Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1	57
9.3.2	Verifiche strutturali: SLE (Rara)	61
9.3.3	Verifiche geotecniche dei pali_TIPO C	63
9.4	BARRIERA H=6.95M – RILEVATO > 5m – ARGILLA	65
9.4.1	Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1	65
9.4.2	Verifiche strutturali: SLE (Rara)	69
9.4.3	Verifiche geotecniche dei pali_TIPO D	71
9.5	BARRIERA H=4.95M – RILEVATO 4m <H< 5m – SABBIA	73
9.5.1	Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1	73
9.5.2	Verifiche strutturali: SLE (Rara)	77
9.5.3	Verifiche geotecniche dei pali_TIPO E	79
9.6	BARRIERA H=4.95M – RILEVATO 4m <H< 5m – ARGILLA	81
9.6.1	Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1	81
9.6.2	Verifiche strutturali: SLE (Rara)	85
9.6.3	Verifiche geotecniche dei pali_TIPO F	87
9.7	BARRIERA H=6.95M – RILEVATO 4m <H< 5m – SABBIA	89
9.7.1	Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1	89
9.7.2	Verifiche strutturali: SLE (Rara)	93
9.7.3	Verifiche geotecniche dei pali_TIPO G	95
9.8	BARRIERA H=6.95M – RILEVATO 4m <H< 5m – ARGILLA	97
9.8.1	Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1	97
9.8.2	Verifiche strutturali: SLE (Rara)	101
9.8.3	Verifiche geotecniche dei pali_TIPO H	103

9.9	BARRIERA H=4.95M – RILEVATO H < 4m – SABBIA	105
9.9.1	Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1	105
9.9.2	Verifiche strutturali: SLE (Rara)	109
9.9.3	Verifiche geotecniche dei pali_TIPO I111	
9.10	BARRIERA H=4.95M – RILEVATO H < 4m – ARGILLA	113
9.10.1	Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1	113
9.10.2	Verifiche strutturali: SLE (Rara)	117
9.10.3	Verifiche geotecniche dei pali_TIPO L	119
9.11	BARRIERA H=6.95M – RILEVATO < 4m – SABBIA	121
9.11.1	Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1	121
9.11.2	Verifiche strutturali: SLE (Rara)	125
9.11.3	Verifiche geotecniche dei pali_TIPO M	127
9.12	BARRIERA H=6.95M – RILEVATO < 4m – ARGILLA	129
9.12.1	Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1	129
9.12.2	Verifiche strutturali: SLE (Rara)	133
9.12.3	Verifiche geotecniche dei pali_TIPO N	135
10	VERIFICHE STRUTTURALI CORDOLO SU PALI Errore. Il segnalibro non è definito.	
10.1	Cordolo barriera H=4.95m Errore. Il segnalibro non è definito.	
10.1.1	Verifica a Taglio Errore. Il segnalibro non è definito.	
10.1.2	Verifica a Torsione Errore. Il segnalibro non è definito.	
10.1.3	Verifica Combinata Taglio- Torsione Errore. Il segnalibro non è definito.	
10.2	Cordolo barriera H=6.95m Errore. Il segnalibro non è definito.	
10.2.1	Verifica a Taglio Errore. Il segnalibro non è definito.	
10.2.2	Verifica a Torsione Errore. Il segnalibro non è definito.	
10.2.3	Verifica Combinata Taglio- Torsione Errore. Il segnalibro non è definito.	
11	PROGETTO GEOTECNICO DEI MICROPALI	137
11.1	BARRIERA H=4.95M – RILEVATO < 4m – ARGILLA	137
11.1.1	Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1	137

11.1.2	Verifiche geotecniche dei pali_TIPO O	139
11.3	BARRIERA H=6.95M – RILEVATO < 4m – ARGILLA	141
11.3.1	Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1	141
11.3.2	Verifiche geotecniche dei pali_TIPO P	143
12	VERIFICHE STRUTTURALI CORDOLO SU COPPIA DI MICROPALI	Errore. Il segnalibro non è definito.
12.1	Cordolo barriera H=4.95m	Errore. Il segnalibro non è definito.
12.1.1	Verifica a Taglio	Errore. Il segnalibro non è definito.
12.1.2	Verifica a Torsione	Errore. Il segnalibro non è definito.
12.1.3	Verifica Combinata Taglio- Torsione	Errore. Il segnalibro non è definito.
12.2	Cordolo barriera H=6.95m	Errore. Il segnalibro non è definito.
12.2.1	Verifica a Taglio	Errore. Il segnalibro non è definito.
12.2.2	Verifica a Torsione	Errore. Il segnalibro non è definito.
12.2.3	Verifica Combinata Taglio- Torsione	Errore. Il segnalibro non è definito.
13	TRAVI DI SCAVALCO IN ACCIAIO	145
13.1	PROGETTO GEOTECNICO DEI PALI	146
13.1.1	TRAVE DI SCAVALCO: TIPO D	146
13.1.2	TRAVE DI SCAVALCO: TIPO Z	154
13.2	PROGETTO GEOTECNICO DEI MICROPALI	162
13.2.1	TRAVE DI SCAVALCO: TIPO D	162
13.2.2	TRAVE DI SCAVALCO: TIPO Z	166
13.3	VERIFICA STRUTTURALE DEL CORDOLO IN C.A. 100X100 CM SU PALI Ø 800	Errore. Il segnalibro non è definito.
13.3.1	TIPOLOGICO D: L=12,00m; H _{max,barriera} =6,95m	Errore. Il segnalibro non è definito.
13.3.2	TIPOLOGICO Z: L=15,00m; H _{max,barriera} =4,95m	Errore. Il segnalibro non è definito.
13.4	VERIFICA STRUTTURALE DEL CORDOLO IN C.A. 100X600 CM SU MICROPALI Ø 250	Errore. Il segnalibro non è definito.
13.4.1	TIPOLOGICO D: L=12,00m; H _{max,barriera} =6,95m	Errore. Il segnalibro non è definito.

13.4.2 TIPOLOGICO Z: L=15,00m; H_{max,barriera}=4,95m

Errore. Il segnalibro

non è definito.

14 TRAVI DI SCAVALCO IN C.A.

170

1 PREMESSA

La presente relazione tecnico-strutturale riguarda la progettazione delle opere di fondazione delle barriere antirumore dell'intero 1° Lotto Funzionale Verona-Bivio Vicenza, ricompreso tra le progressive pk. 0+000 e pk. 44+250, composto dall'unione dei sublotti: il primo (SL01) da Verona (pk. 0+000) a Montebello Vicentino (pk. 32+525) a Bivio Vicenza (pk. 44+250) al fine di consentire l'innesto della linea AV/AC sulla linea storica esistente.

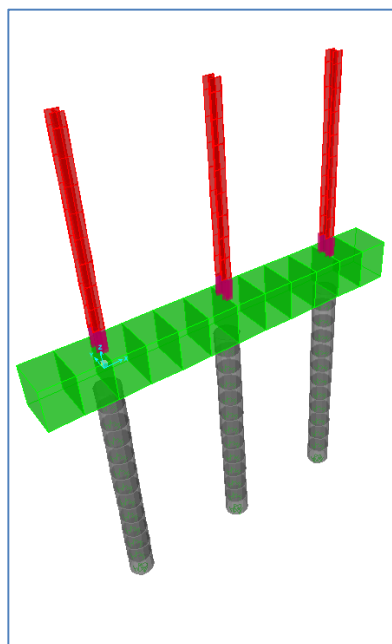
Il progetto prevede la realizzazione di fondazioni con cordoli in CLS su pali per le barriere del tracciato di progetto e su coppie di micropali per quelle situate sulla linea storica.

Per la verifica delle fondazioni profonde sono stati eseguiti dei modelli agli elementi finiti per determinare le sollecitazioni agenti.

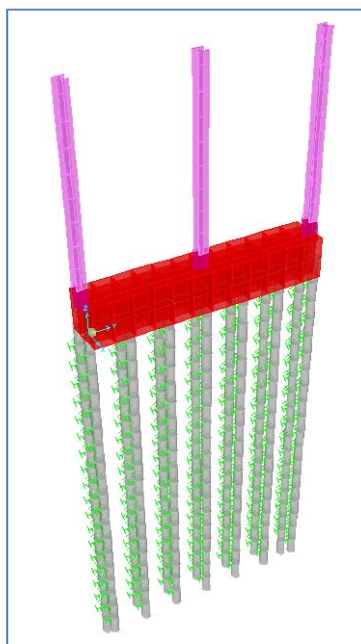
Sono state utilizzate le stesse fondazioni per le seguenti altezze di barriere antirumore:

- ***H=5.75m e 6.75m (altezza montante 6,95m);***
- ***H=2.75m, 3.95m e 4.75m (altezza montante 4,95m).***

Pertanto il calcolo sarà eseguito per le altezze maggiori, ossia **6.95m e 4.95m**, in modo da verificare in automatico anche le altezze minori.



Modello di calcolo per pali



Modello di calcolo per micropali

Inoltre, gli interventi saranno divisi per tipologia di terreno e per altezza del rilevato, così come specificato nei paragrafi successivi.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

La normativa di riferimento è la seguente:

- **Norme Tecniche C.N.R. n. 10011-85 del 18/04/1985** - Costruzioni di acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione e successive modificazioni ed integrazioni di cui alle CNR 10011-97 del 21/12/1997.

Norme Tecniche C.N.R. n. 10025-84 del 14/12/1984 - Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il controllo delle strutture prefabbricate in conglomerato cementizio e per le strutture costruite con sistemi industrializzati di acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.

- **D. M. del 14 gennaio 2008** – Norme tecniche per le costruzioni

- **Circ. Min. No 617 - 2 Febbraio 2009**: Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni'.

- **UNI EN 1990**: Criteri generali di progettazione strutturale.

- **UNI EN 1991-1-1**: Azioni in generale - Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici.

- **UNI EN 1992-1-1**: Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Regole generali e regole per gli edifici.

- **UNI EN 1993-1-1** - Progettazione delle strutture di acciaio - Regole generali e regole per gli edifici.

- **UNI EN 1993-1-8** - Progettazione delle strutture di acciaio - Progettazione dei collegamenti.

- **UNI EN 1993-1-9** - Progettazione delle strutture di acciaio - Fatica.

- **UNI EN 1997-1** - Progettazione geotecnica.

3 MATERIALI

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei materiali utilizzati per il progetto definitivo.

Calcestruzzo armato

MAGRONE C12/15

resistenza caratteristica cubica: $R_{ck} \geq 15.0$ MPa
 resistenza caratteristica a compressione: $f_{ck} \geq 12.0$ MPa
 Classe di esposizione -

PALI E MICROPALI DI FONDAZIONE C25/30

resistenza caratteristica cubica: $R_{ck} \geq 30.0$ MPa
 resistenza caratteristica a compressione: $f_{ck} \geq 25.0$ MPa
 Classe di esposizione XC2

PLINTI E CORDOLI DI FONDAZIONE C28/35

resistenza caratteristica cubica: $R_{ck} \geq 35.0$ MPa
 resistenza caratteristica a compressione: $f_{ck} \geq 28.0$ MPa
 Classe di esposizione XC2

ACCIAIO PER MICROPALI S355JR

Tensione caratteristica a rottura $f_{t,k}$ 510 N/mm²
 Tensione caratteristica di snervamento $f_{y,k}$ 355 N/mm²
 Resistenza di calcolo ($\gamma=1,05$) $f_{y,d}$ 338,1 N/mm²

ACCIAIO PER C.A. B450C

Tensione di snervamento: f_{y-nom} 450 N/mm²
 Tensione di rottura: f_{t-nom} 540 N/mm²

SALDATURE

- Le saldature dovranno essere eseguite e controllate nel rispetto della Istruzione FS 44/S Rev. A del 20.10.99.
- Le saldature si intendono continue (salvo diversa indicazione)
- Le saldature si intendono a cordone d'angolo (salvo diversa indicazione)
- Le saldature avranno il lato del cordone pari al minimo spessore da collegare (salvo diversa indicazione) in ogni caso nel rispetto della istruzione FS 44/s
- Al fine di evitare incroci di saldature prevedere degli slot di opportune dimensioni per far girare le saldature nello spessore.

PROVE SUI MATERIALI

Tutti i materiali impiegati relativi ai montanti e alle piastre dovranno essere certificati secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 10204 punto 3.2 del prospetto I e forniti in modo che risultino, inequivocabilmente, prodotti qualificati ai sensi dell'allegato 8 delle norme tecniche del vigente D.M. del Ministero dei LL.PP. emanato in applicazione della L. 1086/71 e s.m. ed i.. Sui profili e lamiere si dovranno eseguire tutte le prove obbligatorie individuate dalle tabelle UNI EN 10025 corrispondenti (e 10210 per i tubi), dandone adeguata certificazione.

Il collaudo dei materiali può essere richiesto, oltre che presso i fornitori, alla presenza di un rappresentante di ITALFERR, anche presso l'officina del Costruttore, sempre che sia possibile inviare i saggi punzonati ad un laboratorio ufficiale o comunque tecnologico in possesso dei certificati di taratura delle macchine rilasciati da organismo ufficiale riconosciuto dallo Stato, e che le prove meccaniche e chimiche siano eseguite in presenza di un rappresentante di ITALFERR.

Per quanto riguarda tirafondi e bulloni, gli stessi devono essere forniti di un certificato di controllo secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 10204 punto 3.1.b. ITALFERR si riserva di eseguire prove integrative (trazione, resilienza, durezza, ecc.) sui materiali approvvigionati.

CONTROLLO DEI MATERIALI LAVORATI

Prima della spedizione in opera, gli elementi costruiti dovranno essere sottoposti, oltre ai controlli previsti sulle saldature, ai controlli dimensionali e visivi, nonchè a quelli sul rivestimento in ragione del 30% degli elementi prodotti; tali controlli potranno essere estesi in funzione dell'esito dei controlli, fino al 100% degli elementi stessi.

Le tolleranze di tutti i materiali lavorati dovranno essere in linea con quelle previste nelle normative di riferimento dei singoli elementi costituenti.

CONTROLLO IN OPERA

Dopo il montaggio in opera saranno effettuate verifiche di posizionamento dei montanti e delle coppie di serraggio, in ragione del 30% degli elementi; tali controlli potranno essere estesi in funzione dell'esito dei controlli, fino al 100% degli elementi stessi. Infine saranno effettuati controlli sulla finitura del rivestimento.

Deve essere curata la verticalità dei montanti; è ammesso uno scostamento massimo di 5mm, misurato in sommità, sia nel senso trasversale che longitudinale della barriera.

4 COMBINAZIONI

Per le **verifiche di resistenza e deformabilità** sono state utilizzate le sollecitazioni derivanti dalle peggiori combinazioni tra peso proprio, carichi permanenti, pressione del vento + sovrappressioni aerodinamiche, comprensive degli effetti dinamici.

In accordo con quanto prescritto dal documento RFI/DIN/IC/009/239 “Prescrizioni Tecniche Integrative e provvisorie per la Progettazione di Barriere Antirumore” per velocità superiori o uguali a 200km/h (nel nostro caso si hanno velocità massime di 250 km/h), per la somma “pressione del vento + sovrappressione aerodinamica comprensiva degli effetti dinamici” è stato assunto il valore minimo 2500N/m².

Riportiamo nella seguente tabella le suddette combinazioni in termini di carichi elementari e coefficienti moltiplicativi.

Per la formulazione generale delle combinazioni di carico si rimanda a EN 1990-annex.A2, cap. A2.3, A2.4/.NTC-08 cap. 2.5.3.+ N.A.D.

Per le azioni variabili considerate si eseguiranno le permutazioni necessarie alla definizione di volta in volta dell'azione principale e delle secondarie.

Di seguito si riepilogano le combinazioni di carico utilizzate nelle verifiche.

S.L.U. - STR / GEO

Si considera, nell'ambito dello S.L.U. (STR) l'inviluppo le seguenti combinazioni.

$$E_d = \gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_{q,1} Q_{k,1} + \gamma_{q,2} \psi_{0,2} Q_{k,2} + \gamma_{q,3} \psi_{0,3} Q_{k,3} + \dots + \gamma_{q,n} \psi_{0,n} Q_{k,n}$$

S.L.E. - Caratteristica Rara

Si considera l'inviluppo delle seguenti combinazioni.

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + Q_{k,1} + \psi_{0,2} Q_{k,2} + \psi_{0,3} Q_{k,3} + \dots + \psi_{0,n} Q_{k,n}$$

N.B.: La combinazione SLE Caratteristica (Rara) è considerata unica rappresentativa per la condizione di esercizio.

I coefficienti parziali per le azioni e quelli di combinazione sono riportati nel §5.1

Per la combinazione Frequente, è stato assunto un coefficiente Ψ_{11} pari a 0.5, ricavato dalla tabella - *Valori dei coefficienti di combinazione ψ delle azioni del DM2008*

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

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

5 CRITERI GENERALI DELLE VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI

5.1 VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

Secondo il D.M. 14/01/2008, per ogni Stato Limite Ultimo deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq R_d \quad (1)$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico. Sia il valore di progetto dell'azione sia il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico dipendono, tra l'altro, dai valori caratteristici delle azioni E_k e delle resistenze R_k , fattorizzati con opportuni coefficienti di sicurezza parziali g .

La verifica della condizione (1) deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

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

Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti: la prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

5.1.1 Azioni

I coefficienti parziali g_F relativi alle azioni sono indicati nella Tabella 5.1–1 - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni, ripresa dalla Tabella 6.2.I del D.M. 2008.

CARICHI	EFFETTO	γ_F EQU	γ_F (A1)	γ_F (A2)
Permanenti	Favorevole	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole	1.1	1.3	1.0
Permanenti non	Favorevole	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole	1.5	1.5	1.3
Variabili	Favorevole	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole	1.5	1.5	1.3

Tabella 5.1–1 - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

- (1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

5.1.2 Resistenze

Il valore di progetto della resistenza R_d può essere determinato:

- a) in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale di sicurezza γ_M specificato nella successiva Tabella 5.1–2, ripresa dalla Tabella 6.2.11 del D.M. 2008 e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali γ_R specifici per ciascun tipo di opera;

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.0	1.40
Peso dell'unità di volume	g	γ_g	1.0	1.00

Tabella 5.1–3 – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

- b) in modo analitico, con riferimento a correlazioni con i risultati di prove in sito, tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R relativi a ciascun tipo di opera;
- c) sulla base di misure dirette su prototipi, tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R specifici per ciascun tipo di opera.

Per le rocce, al valore caratteristico della resistenza a compressione uniassiale q_u deve essere applicato un coefficiente parziale $g_{qu} = 1.60$.

Per gli ammassi rocciosi e per i terreni a struttura complessa, nella valutazione della resistenza caratteristica occorre tenere conto della natura e delle caratteristiche geometriche e di resistenza delle discontinuità strutturali.

5.2 VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

Le opere e i sistemi geotecnici devono essere verificati nei confronti degli stati limite di esercizio. A tale scopo, il progetto deve esplicitare le prescrizioni relative agli spostamenti compatibili e le prestazioni attese per l'opera stessa.

Per ciascun stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq C_d \quad (2)$$

dove E_d è il valore di progetto dell'effetto dell'azione e C_d è il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni. Quest'ultimo deve essere stabilito in funzione del comportamento della struttura in elevazione.

6 METODI DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DELLE FONDAZIONI PROFONDE

6.1 VERIFICHE STRUTTURALI

6.1.1 Verifiche agli stati limite ultimi (SLU)

Le verifiche di resistenza agli SLU del palo e del cordolo di collegamento vengono effettuate per lo stato di sollecitazione di flessione semplice e per taglio.

Si considerano le caratteristiche geometriche della sezione e i legami costitutivi dei materiali. I legami costitutivi impiegati per le verifiche allo stato limite ultimo sono il legame parabola-rettangolo adottato per il calcestruzzo ed il legame elasto-plastico perfetto assunto per l'acciaio.

- Verifica a Flessione

Per la valutazione della resistenza flessionale in presenza e in assenza di sforzo assiale delle sezioni di elementi longitudinali, si adottano le seguenti ipotesi:

- Conservazione delle sezioni piane;
- Perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo;
- Deformazione iniziale dell'armatura di precompressione considerata nelle relazioni di congruenza della sezione;
- Resistenza a trazione del calcestruzzo nulla.

Le verifiche si eseguono confrontando la capacità in termini di resistenza, con la corrispondente domanda, secondo la relazione:

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

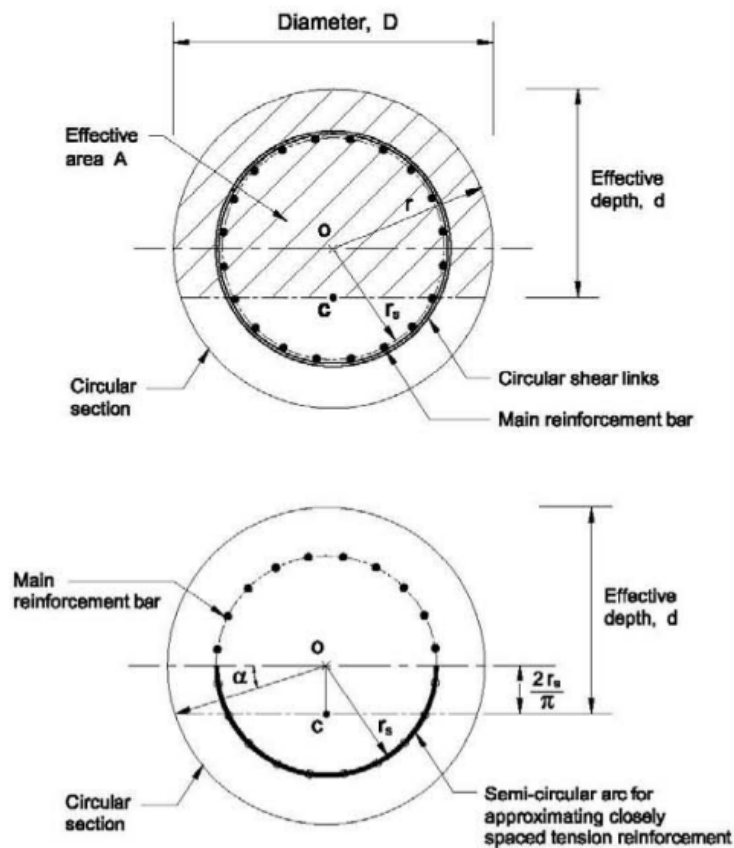
- Verifica a Taglio

La resistenza a taglio di elementi in calcestruzzo ad armatura lenta di sezione circolare è determinata con le espressioni previste al § 4.1.2.1.3 delle NTC08, riconducendosi ad una **sezione rettangolare equivalente** mediante uno dei seguenti metodi:

- **Clarke & Birjandi** (1993) → vd. § 7.9.5.2.2 delle NTC08, formula (7.9.11);

– quadrato inscritto.

- r Raggio della sezione circolare.
- r_s Raggio della parte confinata dall'armatura trasversale. $r_s = r - \text{copr.}$
- $\sin \alpha$ $\sin \alpha = (2 r_s) / (\pi r)$.
- α $\alpha = \arcsin (\sin \alpha)$.
- Atot Area totale della sezione circolare. $A = \pi r^2$.
- A Area della sezione rettangolare equivalente. $A = r^2 (\pi/2 + \alpha + \sin \alpha \cos \alpha)$.
- b Larghezza equivalente. $b = A/d$.
- h Altezza equivalente. [*] $h = \text{Atot}/b$
- d Altezza utile equivalente. $d = r (1 + \sin \alpha)$.



Il Taglio resistente senza armatura a taglio si valuta con la seguente formula:

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

Dove:

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

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

$\rho_l = A_{sl}/b_w \cdot d \leq 0,02$, è il rapporto geometrico di armatura longitudinale;

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

b_w , è la larghezza minima della sezione;

d , è l'altezza utile della sezione.

Qualora la sezione non fosse verificata senza armatura a taglio, dovrà essere prevista una specifica armatura a taglio, valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + cotg\vartheta) / \sin\alpha$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di progetto a "taglio compressione" si calcola con:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (ctg\alpha + cotg\vartheta) / (1 + cotg^2\vartheta)$$

La resistenza di progetto a taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

• Verifica a Torsione

Secondo il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 [NT2008] per la verifica di resistenza (SLU) si deve prevedere che :

$$M_{t-Rd} \geq M_{t-Ed}$$

In cui M_{t-Ed} è il valore di calcolo del momento torcente agente.

Con riferimento al calcestruzzo la resistenza si calcola con

$$T_{Red} = 2 \cdot A \cdot t \cdot f'_{cd} \cdot ctg\theta / (1 + ctg^2\theta) \quad (4.1.27)$$

dove t è lo spessore della sezione cava; per sezioni piene $t = A_c/u$ dove A_c è l'area della sezione ed u è il suo perimetro; t deve essere assunta comunque ≥ 2 volte la distanza fra il bordo e il centro dell'armatura longitudinale.

Le armature longitudinali e trasversali del traliccio resistente devono essere poste entro lo spessore t del profilo periferico. Le barre longitudinali possono essere distribuite lungo detto profilo, ma comunque una barra deve essere presente su tutti i suoi spigoli.

Con riferimento alle staffe trasversali la resistenza si calcola con

$$T_{Red} = 2 \cdot A \cdot \frac{A_s}{s} \cdot f_{yd} \cdot ctg\theta \quad (4.1.28)$$

Con riferimento all'armatura longitudinale la resistenza si calcola con

$$T_{Rld} = 2 \cdot A \cdot \frac{\sum A_l}{u_m} \cdot f_{yd} / ctg\theta \quad (4.1.29)$$

dove si è posto

- A area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico;
- A_s area delle staffe;
- u_m perimetro medio del nucleo resistente
- s passo delle staffe;
- $\sum A_l$ area complessiva delle barre longitudinali.

L'inclinazione θ delle bielle compresse di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti

$$0,4 \leq ctg \theta \leq 2,5 \quad (4.1.30)$$

La resistenza alla torsione del cordolo è la minore delle tre sopra definite :

$$M_{t-Rd} = \min(M_{t-Rcd}, M_{t-Rsd}, M_{t-Rsd})$$

6.1.2 Verifiche agli stati limite di esercizio (SLE)

Dovrà essere verificato quanto segue:

4.1.2.2.4.1 Definizione degli stati limite di fessurazione

In ordine di severità decrescente si distinguono i seguenti stati limite:

- stato limite di decompressione nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale è ovunque di compressione ed al più uguale a 0;
- stato limite di formazione delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata è:

$$\sigma_t = \frac{f_{ctm}}{1,2} \quad (4.1.37)$$

dove f_{ctm} è definito nel § 11.2.10.2;

- stato limite di apertura delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

$$w_1 = 0,2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0,3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0,4 \text{ mm}$$

Lo stato limite di fessurazione deve essere fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione, come descritto nel seguito.

La verifica dell'ampiezza di fessurazione può anche essere condotta senza calcolo diretto, limitando la tensione di trazione nell'armatura, valutata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente, ad un massimo correlato al diametro delle barre ed alla loro spaziatura.

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

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

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

4.1.2.2.5 Verifica delle tensioni di esercizio

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si deve verificare che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti di seguito riportati.

4.1.2.2.5.1 Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

La massima tensione di compressione del calcestruzzo σ_c , deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_c < 0,60 f_{ck} \text{ per combinazione caratteristica (rara)} \quad (4.1.40)$$

$$\sigma_c < 0,45 f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente.} \quad (4.1.41)$$

Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori di calcestruzzo minori di 50 mm i valori limite sopra scritti vanno ridotti del 20%.

4.1.2.2.5.2 Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

Per l'acciaio avente caratteristiche corrispondenti a quanto indicato al Cap. 11, la tensione massima, σ_s , per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_s < 0,8 f_{yk} \quad (4.1.42)$$

La verifica in campo elastico (considerando la combinazione di carico rara) si esegue con riferimento al seguente criterio:

6.2 VERIFICHE GEOTECNICHE

6.2.1 Capacità portante di pali di medio e grande diametro

La portata limite (Q_{LIM}) di un palo trivellato viene calcolata con riferimento all'equazione:

$$Q_{LIM} = Q_{B,LIM} + Q_{L,LIM} = q_b \cdot A_B + \sum_i \pi \cdot D_i \cdot \Delta H_i \cdot q_{s,i}$$

dove:

$Q_{B,LIM}$ = portata limite di base;

$Q_{L,LIM}$ = portata limite laterale;

q_b = portata unitaria di base;

A_B = area di base;

D_i = diametro del concio imo di palo;

ΔH_i = altezza del concio imo di palo;

$t_{LIM,i}$ = attrito laterale unitario limite del concio imo di palo.

Per pali a sezione circolare, l'espressione di q_b cui si perviene è la seguente

$$q_b = N_c c + N_q q_L \quad (3)$$

dove c è la coesione e q_L il particolare valore della pressione sul piano orizzontale passante per la punta del palo; in pratica si assume $q_L = \gamma L$ con L lunghezza del palo; N_c e N_q sono fattori adimensionali, funzioni dell'angolo d'attrito e del rapporto L/D . Tra N_c e N_q esiste la relazione

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg } \varphi \quad (4)$$

con φ angolo d'attrito del terreno.

La resistenza laterale q_s alla generica profondità z viene valutata con l'espressione

$$q_s = q_a + \mu \cdot k \cdot \sigma_v \quad (5)$$

dove q_a è un termine di adesione indipendente dalla tensione normale, $\mu = \text{tg } \alpha$ è un coefficiente d'attrito terreno-palo, k è un coefficiente adimensionale che esprime il rapporto fra la tensione normale che agisce alla profondità z sulla superficie laterale del palo e la tensione verticale σ_v alla stessa profondità.

Nella pratica progettuale il calcolo del carico limite viene condotto in maniera diversa per terreni incoerenti e per terreni coesivi saturi.

Nel seguito vengono illustrati i criteri di dimensionamento convenzionale, basati sulla definizione esplicita dei parametri di resistenza dei terreni.

Nel seguito vengono illustrati i criteri di dimensionamento convenzionale, basati sui risultati di prove penetrometriche standard SPT o sulla definizione esplicita dei parametri di resistenza dei terreni.

- Portata unitaria di base

Terreni coesivi

In argille e limi saturi, in condizioni non drenate, il carico limite viene usualmente calcolato in termini di tensioni totali.

Per N_c è comunemente adottato il valore 9; per $\varphi_u=0$ $N_q=1$.

La resistenza alla punta vale quindi

$$q_b = 9 \cdot c_u + \gamma \cdot L$$

Terreni granulari

Per la valutazione della resistenza alla punta Q_b di pali di medio diametro si fa riferimento allo schema di mezzo omogeneo ed isotropo e a meccanismi di rottura del terreno molto diversi tra loro. A seconda del meccanismo di rottura assunto, i valori di N_q per un dato valore dell'angolo d'attrito variano in un intervallo molto ampio. Per pali infissi di medio diametro, specie in terreni mediamente addensati ($\phi' \leq 35^\circ$) è prevalso l'uso dei valori di N_q forniti dalla teoria di Berezantzev (1961, cfr. Figura 6-1).

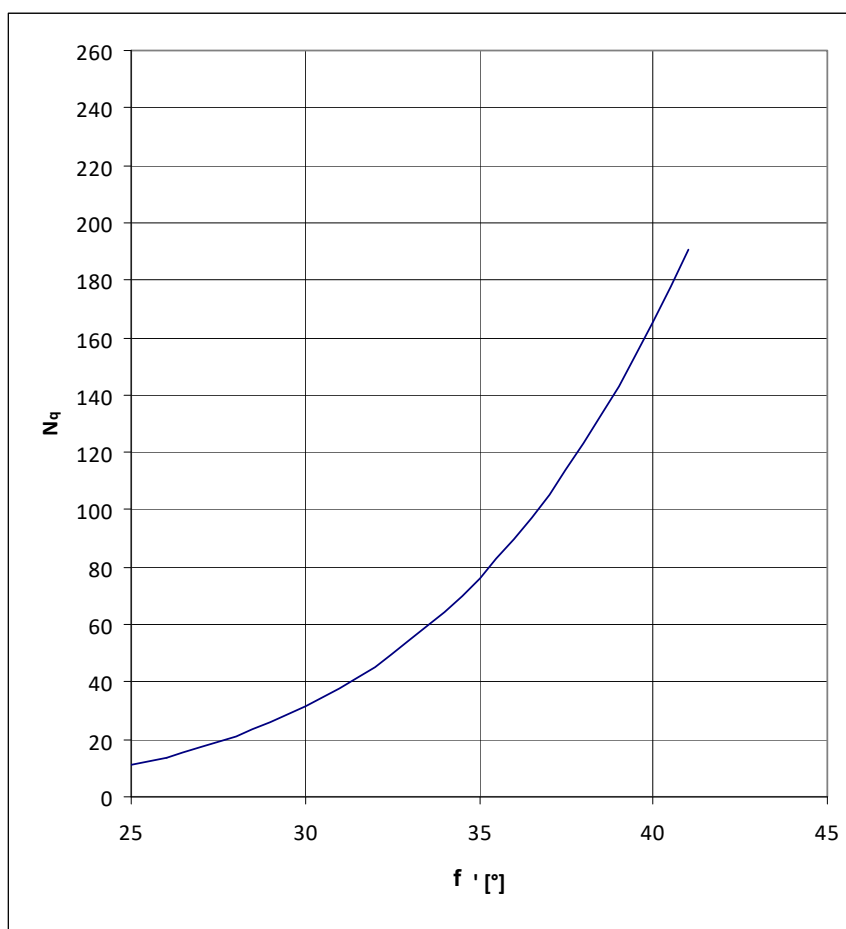


Figura 6-1 - Valori di N_q secondo Berezantzev (1961)

- Attrito laterale

Terreni coesivi

La resistenza laterale si calcola supponendo nullo il coefficiente d'attrito palo-terreno; si ottiene così l'espressione

$$q_s = q_a$$

L'adesione può essere valutata mediante i coefficienti riportati in Tabella 6.2–1 in funzione della coesione non drenata c_u .

MATERIALE		Cu (kPa)	qa (kPa)	qa max (kPa)
PALI INFISSI	CLS	≤ 25	cu	120
		25÷50	0.85 cu	
		50÷75	0.65 cu	
		≥ 75	0.50 cu	
	ACCIAIO	≤ 25	cu	100
		25÷50	0.80 cu	
		50÷75	0.65 cu	
		≥ 75	0.50 cu	
TRIVELLATI	CLS	≤ 25	0.90 cu	100
		25÷50	0.80 cu	
		50÷75	0.60 cu	
		≥ 75	0.40 cu	

Tabella 6.2–1 - Valori indicativi dell'adesione q_a per pali in terreni coesivi

Terreni granulari

Per il calcolo della resistenza laterale q_s si assume $q_a = 0$.

I valori di k variano in un campo molto ampio in funzione del tipo di terreno, del tipo di palo e delle modalità esecutive.

In linea orientativa si è fatto riferimento ai valori empirici di k e m riportati in Tabella 6.2–2.

TIPO DI PALO		Valori di k	Valori di m
BATTUTO	Acciaio	0.5÷1	tg 20°
	Calcestruzzo prefabbricato	1÷2	tg (3/4 φ')
	Calcestruzzo gettato in opera	1÷3	tg φ
TRIVELLATO		0.4÷0.7 *	tg φ'

Tabella 6.2–2 - Valori indicativi di k e m per terreni incoerenti

* Decrescente con la profondità

Nei calcoli è stato scelto $k = 0.5$.

6.2.2 Capacità portante di micropali

La portata limite (Q_{LIM}) di un palo trivellato viene calcolata secondo la teoria di Bustamante e Doix, con riferimento all'equazione:

$$Q_{LIM} = Q_{L,LIM} = A_B \cdot q_S = \pi \cdot D_S \cdot \Delta H_i \cdot q_S$$

dove:

$Q_{L,LIM}$ = portata limite laterale;

A_B = area di base;

D_S = φD_d diametro efficace del concio -imo di palo;

φ = parametro amplificativo del diametro nominale del foro;

D_d = diametro nominale del concio -imo di palo;

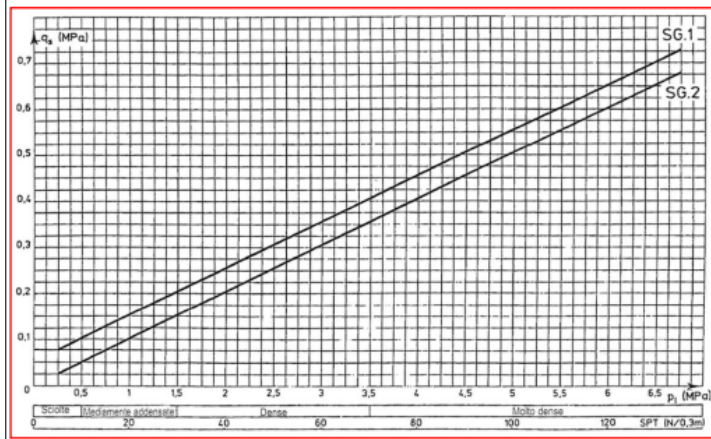
ΔH_i = altezza del concio imo di palo;

q_S = lunghezza unitaria ad attrito laterale all'interfaccia palo-terreno, i cui valori sono riportati in diagrammi distinti in base al tipo di terreno e in funzione della resistenza del terreno, espressa dal valore della pressione limite della prova pressiométrica o dalla resistenza alla penetrazione ricavata con prove SPT.

I valori di φ sono riportati in Tabella 6.2–3 e sono espressi in funzione del tipo di micropalo (I.G.U. o I.R.S.) e del tipo di terreno

Tipo di terreno	Coefficiente φ		Quantità minima di miscela V_s
	IRS*	IGU**	
Ghiaia	1.8	1.3 ÷ 1.4	1,5 V_s *
Ghiaia sabbiosa	1.6 ÷ 1.8	1.2 ÷ 1.4	1,5 V_s
Sabbia ghiaiosa	1.5 ÷ 1.6	1.2 ÷ 1.3	1,5 V_s
Sabbia grossolana	1.4 ÷ 1.5	1.1 ÷ 1.2	1,5 V_s
Sabbia media	1.4 ÷ 1.5	1.1 ÷ 1.2	1,5 V_s
Sabbia fine	1.4 ÷ 1.5	1.1 ÷ 1.2	1,5 V_s
Sabbia limosa	1.4 ÷ 1.5	1.1 ÷ 1.2	$\left\{ \begin{array}{l} 1.6 \div 1.8 V_s \text{ per IRS} \\ 1,5 V_s \text{ per IGU} \end{array} \right.$
Limo	1.4 ÷ 1.6	1.1 ÷ 1.2	$\left\{ \begin{array}{l} 2 V_s \text{ per IRS} \\ 1,5 V_s \text{ per IGU} \end{array} \right.$
Argilla	1.8 ÷ 2	1.2	$\left\{ \begin{array}{l} 2,5 \div 3 V_s \text{ per IRS} \\ 1,5 \div 2 V_s \text{ per IGU} \end{array} \right.$
Marna	1.8	1.1 ÷ 1.2	1.5 ÷ 2 V_s per strati compatti
Marna calcarea	1.8	1.1 ÷ 1.2	
Arenaria alterata o fratturata	1.8	1.1 ÷ 1.2	
Roccia alterata o fratturata	1.2	1.1	1.1 ÷ 1,5 V_s per strati poco fessurati 2 V_s o superiori nel caso di roccia fratturata
V _s : Volume foro di perforazione IRS: Iniezione ripetuta selettiva IGU: Iniezione globale unica			* : con $p_1 \geq p_1$ **: con $0,5 p_1 < p_1 < p_1$

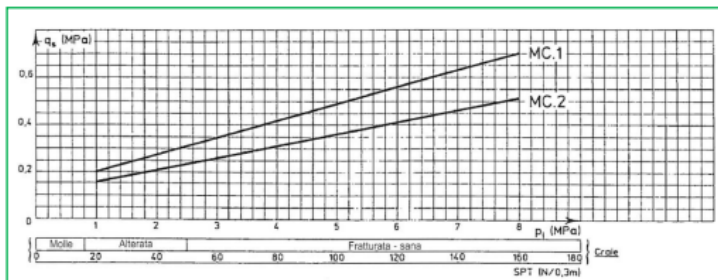
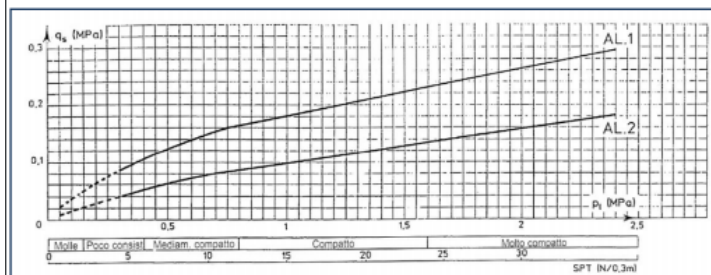
Tabella 6.2-3 - Valori del fattore amplificativo φ



VALORI DELLA RESISTENZA PER ATTRITO LATERALE q_s IN FUNZIONE DEL TIPO DI MICROPALO (I.G.U. O I.R.S.), DEL TIPO DI TERRENO E DEI DATI DI PROVA IN SITU DISPONIBILI

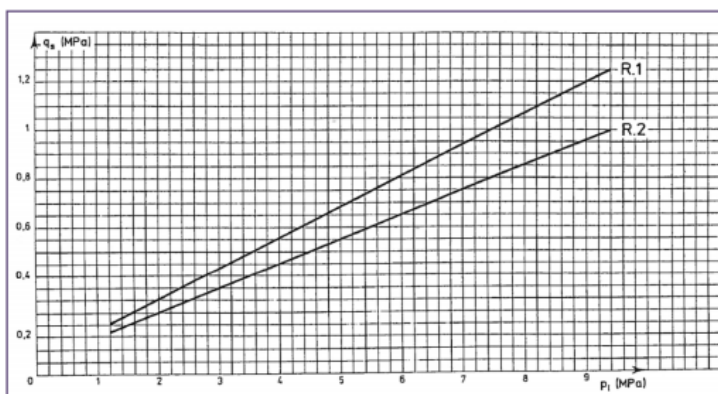
Tipo di terreno	Curva di riferimento	
	IRS*	IGU**
Ghiaia	SG. 1	SG. 2
Ghiaia sabbiosa		
Sabbia ghiaiosa		
Sabbia grossolana		
Sabbia media		
Sabbia fine		
Sabbia limosa	AL. 1	AL. 2
Limo		
Argilla	MC. 1	MC. 2
Marna		
Marna calcarea		
Arenaria alterata o fratturata	R. 1	R. 2
Roccia alterata o fratturata		

*: con $p_t \geq p_i$ **: con $0,5 p_i < p_t < p_i$



Tipo di terreno	Curva di riferimento	
	IRS*	IGU**
Ghiaia	SG. 1	SG. 2
Ghiaia sabbiosa		
Sabbia ghiaiosa		
Sabbia grossolana		
Sabbia media		
Sabbia fine		
Sabbia limosa	AL. 1	AL. 2
Limo		
Argilla	MC. 1	MC. 2
Marna		
Marna calcarea		
Arenaria alterata o fratturata	R. 1	R. 2
Roccia alterata o fratturata		

*: con $p_t \geq p_i$ **: con $0,5 p_i < p_t < p_i$



6.2.3 Verifiche agli stati limite ultimi (SLU)

- Verifica di capacità portante di pali e micropali

Le verifiche delle fondazioni su pali sono state effettuate con riferimento ai seguenti stati limite, come indicato nelle Nuove Norme Tecniche 2008 (§ 6.4.3.1):

- SLU di tipo geotecnico (GEO)
 - Collasso per carico limite del palo nei riguardi dei carichi assiali;
 - Collasso per carico limite di sfilamento nei riguardi dei carichi assiali di trazione;
- SLU di tipo strutturale (STR)
 - Raggiungimento della resistenza nei pali.

Tali verifiche sono state effettuate seguendo la Combinazione 2 dell'Approccio 1 (A2+M1+R2) tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nella seguente tabella (cfr. Norme Tecniche 2008, Tab. 6.4.I e 6.4.II).

RESISTENZA	SIMBOLO	PALI TRIVELLATI		
	γ_R	(R1)	(R2)	(R3)
Base	γ_b	1.00	1.70	1.35
Laterale in	γ_s	1.00	1.45	1.15
Totale	γ_t	1.00	1.60	1.30
Laterale in trazione	γ_{st}	1.00	1.60	1.25

Tabella 6.2–4 – Coefficienti parziali da applicare alle resistenze caratteristiche

Il valore di progetto R_d della resistenza si ottiene a partire dal valore caratteristico R_k applicando i coefficienti γ_R indicati nella tabella precedente.

La resistenza caratteristica R_k del palo (o micropalo) è stata dedotta con riferimento alle procedure analitiche descritte nei paragrafi precedenti. In particolare è stata calcolata una resistenza di calcolo minima ed una resistenza di calcolo media in funzione dei parametri geotecnici rispettivamente minimi e medi. Tali resistenze vengono a loro volta divise per un fattore di correlazione α riportato nella seguente tabella in funzione del numero delle verticali indagate.

NUMERO DI VERTICALI INDAGATE	1	2	3	4	5	7	≥10
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Tabella 6.2–5 – Fattori di correlazione x per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

In definitiva, il valore della resistenza di calcolo è data dal minimo tra quella calcolata considerando i valori minimi dei parametri geotecnici e quella calcolata considerando quelli medi, come indicato nelle seguente formula:

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{mean}}{\xi_3} ; \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{mean}}{\xi_3} ; \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

La verifica di resistenza per pali soggetti a carichi assiali risulta soddisfatta se

$$E_d \leq R_d$$

con E_d azione di progetto ottenuto amplificando i carichi caratteristici agenti in fondazione con i coefficienti di amplificazione indicati dal D.M. 2008 per l'Approccio 1 Combinazione 2 e per l'Approccio 2.

In aggiunta alle verifiche richieste dalle NTC08 dovrà essere verificata la seguente relazione:

$$\frac{R_{c,cal,LAT}}{1.25} > N_{ag}$$

Dove $R_{c,cal,LAT}$ è la resistenza laterale di calcolo e N_{ag} è il carico agente sul palo determinato per la combinazione caratteristica (rara) impiegata per le verifiche agli stati limite di esercizio (SLE).

- Verifica ai carichi trasversali

Per la verifica ai carichi trasversali del palo singolo si farà riferimento alla teoria di Broms (1965) in base alla quale per il calcolo del carico limite occorre distinguere i casi di palo

libero di ruotare in testa ovvero vincolato alla quota del piano di campagna ad una struttura di fondazione che ne impedisca la rotazione.

Per pali relativamente corti e rigidi il valore del carico limite orizzontale dipende solo dalle caratteristiche geometriche del palo e dalla resistenza del terreno.

Per pali relativamente lunghi il valore limite del carico orizzontale dipende anche dalle caratteristiche di resistenza del palo, in quanto la rottura avviene con formazione di una cerniera plastica nel palo.

Per la verifica del palo singolo sottoposto ai carichi orizzontali si determinerà il valore caratteristico $R_{tr,cal}$ con i criteri descritti nel paragrafo precedente. Il valore di progetto $R_{tr,d}$ si otterrà dal valore $R_{tr,k}$ applicando i coefficienti parziali γ_T riportati in Tabella 6.2–6 (cfr. anche Tabella 6.4.VI del D.M. 2008).

COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
$\gamma_T=1.0$	$\gamma_T=1.6$	$\gamma_T=1.3$

Tabella 6.2–6 – Coefficienti parziali γ_T per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali

Nei casi in esame, si assume la condizione di palo vincolato con incastro in sommità.

6.2.4 Analisi di pali e micropali in condizioni di esercizio

La valutazione degli spostamenti orizzontali del palo e della rotazione in testa, effettuata ai fini delle verifiche di deformabilità, è stata condotta mediante l'ausilio del programma di calcolo agli elementi finiti "Sap2000" della Computer and Structures Inc., considerando il palo immerso nel terreno e soggetto all'azione dei carichi orizzontali e verticali derivanti dalla struttura in elevazione.

Il terreno è stato schematizzato mediante una distribuzione di molle di diversa rigidità a seconda del tipo di terreno che il palo attraversa. In particolare, il palo è stato modellato con elementi di tipo "frame", prevedendo una discretizzazione delle aste pari a 50 cm; in ciascun nodo è stata applicata una molla con comportamento elastico lineare, con pari rigidità nelle due direzioni ortogonali, così come illustrato nella figura seguente.

La base del palo è stata vincolata impedendo lo spostamento nella direzione parallela alle aste.

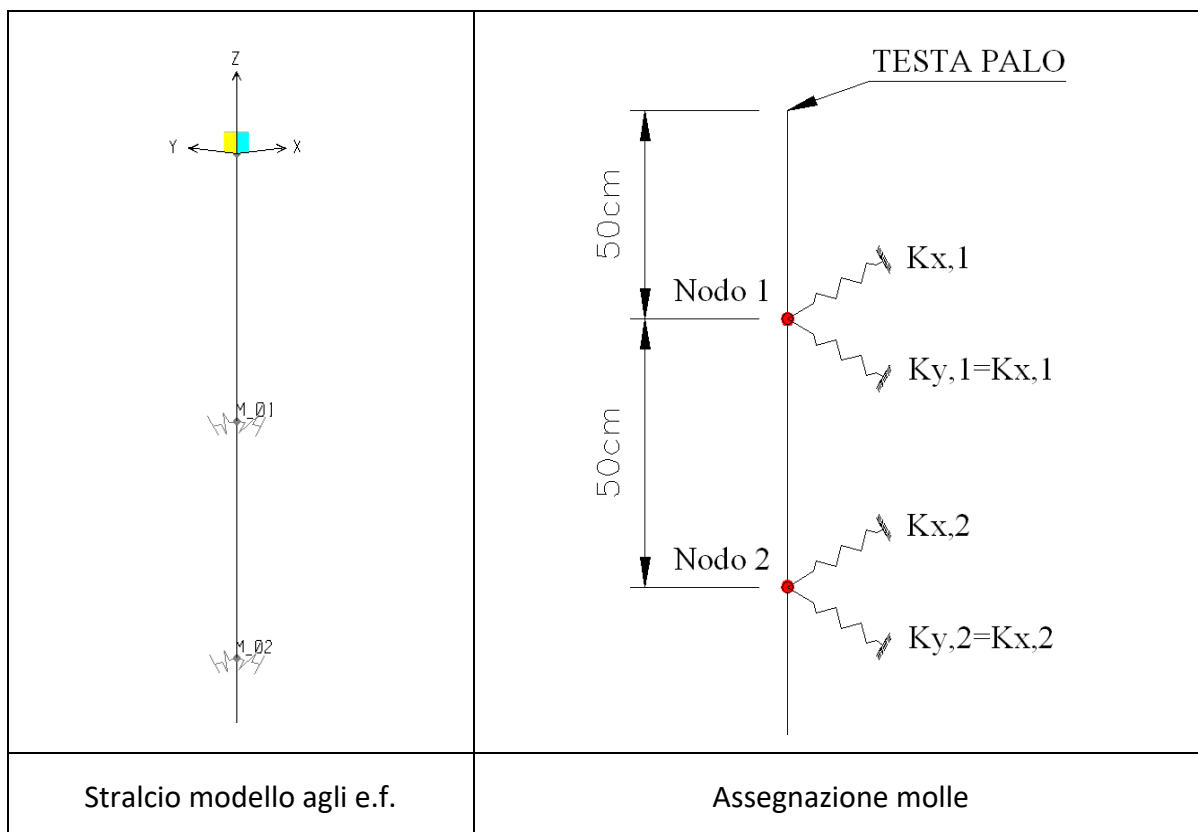


Figura 6-2 –Schema di calcolo

Per maggiori dettagli riguardanti l'individuazione della rigidità orizzontale delle molle utilizzate nella modellazione agli elementi finiti, si rimanda a quanto esposto nel paragrafo 7.1.

In particolare, coerentemente con quanto esposto nel paragrafo sopra citato, il valore della rigidità delle molle, nel caso di comportamento coesivo dei terreni, è costante con la profondità, mentre per terreni granulari è considerata variabile con la profondità.

6.2.5 Verifiche agli stati limite di esercizio (SLE)

Con riferimento alle disposizioni della norma UNI EN 1794-1, la deformazione elastica massima Δ_{max} sotto il carico trasversale di progetto per lo stato limite di esercizio in combinazione rara deve risultare:

$$\Delta_{max} \leq \Delta_{amm} = \frac{H}{100}$$

in cui H è l'altezza del profilo.

Lo spostamento della testa montante Δ_{max} è valutato su uno schema statico di trave a mensola tramite la seguente relazione:

$$\Delta_{max} = \frac{p \cdot i \cdot (L - h_{irr})^4}{8 \cdot E \cdot J_y}$$

Lo spostamento totale è costituito da tre componenti; la traslazione della testa del palo, la rotazione della testa del palo e la traslazione del montante soggetto al carico del vento.

7 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

Sono stati utilizzati, a favore di sicurezza, i seguenti parametri medi geotecnici dei terreni interessati all'installazione delle barriere antirumore:

- **MATERIALI IN SITO**

Per i materiali di rilevato possono assumersi i seguenti parametri di resistenza (di progetto e/o caratteristici):

- **SABBIE E GHIAIE**

Angolo di attrito: $\varphi = 32$

Coesione: $c = 0.00$ [kPa]

Peso di Volume: $\gamma = 18.0$ [kN/mc]

- **ARGILLE**

Coesione: $c = 40$ [kPa]

Peso di Volume: $\gamma = 18.0$ [kN/mc]

La falda si trova a piano campagna, pertanto interessa la fondazione delle barriere. Nel caso di rilevati alti, la falda non verrà considerata.

7.1 CALCOLO DEL MODULO DI REAZIONE ORIZZONTALE DEL TERRENO

Nel caso di terreni reali, la relazione tra la pressione sul terreno e lo spostamento indotto non è lineare, e la prima attinge un valore limite allorchè lo spostamento è sufficientemente elevato. Matlock & Reese (1956) sostengono l'adozione di un modulo crescente con la profondità, tenendo conto del cedimento e della non linearità del terreno. Per terreni granulari i moduli di reazione orizzontale iniziali (E_{si}) sono stati valutati in accordo alla seguente espressione:

$$E_{si} = k_{hi} \cdot z \quad [\text{kPa}]$$

essendo:

k_{hi} = gradiente con la profondità del modulo di reazione orizzontale

z = profondità dal piano campagna originario.

La determinazione più corretta del coefficiente di reazione orizzontale del terreno k_{hi} (kg/ml) può essere eseguita soltanto con prove di carico laterale a scala naturale o prove di carico su piastra.

Nel nostro caso, è possibile determinare tale parametro mediante correlazione empirica con le altre proprietà del terreno in esame.

In particolare per i terreni incoerenti, Terzaghi, nell'ipotesi che il modulo di elasticità dipenda dalla pressione litostatica e dalla densità della terra, suggerisce:

$$k_h = \frac{Ax \gamma}{1.35}$$

dove:

A = fattore adimensionale che dipende dallo stato di addensamento del terreno

γ = peso dell'unità di volume di terreno di rilevato

Risultati analoghi si possono ottenere tramite la teoria di Vesic, esprimendo il modulo di sottofondo k_h in funzione dei parametri elastici della massa E_t e ν_t con la relazione seguente:

$$k_h = \left(\frac{E_t}{D_p} \right) \times 12 \sqrt{\frac{E_t \times D^4}{E_p J_p}} \times \left(\frac{0.65}{1 - \nu_t^2} \right) \left[\frac{kN}{m^3} \right]$$

dove:

- **Sabbie e ghiaie palo $\phi 800$**

E_t = 150[bar] modulo elastico longitudinale in condizioni non drenate
dipendente dallo strato litologico considerato ;

ν_t = 0.10 coefficiente di Poisson;

E_p = 3.11769×10^5 [kg/cm²] modulo elastico minimo del palo per $R'_{ck}=300$ kg/cm²;

J_p = $(\pi \times D_p^4)/64$ [cm⁴] rigidezza del palo;

D_p = 80 [cm] diametro del palo.

Le costanti elastiche utilizzate nel modello di calcolo sono state determinate, con la relazione precedente per cui si ha:

$$k_h = 0.837311 \text{ [kg/cm}^3\text{]}$$

- **Sabbie e ghiaie palo $\phi 600$**

$E_t = 150[\text{bar}]$ modulo elastico longitudinale in condizioni non drenate
dipendente dallo strato litologico considerato ;

$\nu_t = 0.10$ coefficiente di Poisson;

$E_p = 3.11769 \times 10^5 [\text{kg/cm}^2]$ modulo elastico minimo del palo per $R'_{ck} = 300 \text{ kg/cm}^2$;

$J_p = (\pi \times D_p^4) / 64 [\text{cm}^4]$ rigidezza del palo;

$D_p = 60 [\text{cm}]$ diametro del palo.

Le costanti elastiche utilizzate nel modello di calcolo sono state determinate, con la relazione precedente per cui si ha:

$$k_h = 1.1164 [\text{kg/cm}^3]$$

Nel caso di pali di fondazione posizionati in cresta ad una scarpata naturale o artificiale, i moduli di reazione orizzontali saranno ridotti di una quantità pari al rapporto tra il coefficiente di spinta passiva del terreno calcolato per un piano di campagna con inclinazione pari alla pendenza della scarpata e lo stesso parametro calcolato per un piano di campagna orizzontale.

In particolare, noto il coefficiente di spinta passiva nel caso di piano campagna orizzontale dalla formula:

$$K_p = \frac{1 + \text{sen}(\varphi)}{1 - \text{sen}(\varphi)}$$

e calcolando il coefficiente di spinta passiva nel caso di piano campagna con inclinazione w nel modo seguente:

$$K_{p-w} = \frac{\cos(\omega) + \sqrt{\cos(\omega)^2 - \cos(\varphi)^2}}{\cos(\omega) - \sqrt{\cos(\omega)^2 - \cos(\varphi)^2}}$$

si ricava il coefficiente di riduzione delle molle orizzontali per la presenza della scarpata dal rapporto dei due coefficienti di spinta passiva appena descritti:

$$\eta = \frac{K_{p-w}}{K_p}$$

Tale coefficiente di riduzione viene applicato fino ad una quota di 5 m dal piano di posa della fondazione. Per profondità superiori l'inclinazione della scarpata viene considerata ininfluyente ai fini del calcolo della rigidezza delle molle orizzontali del terreno.

A questo punto, nel caso di comportamento granulare del terreno, il valore della rigidezza K_{orizz} della molla orizzontale alla generica profondità z risulterà pari a

$$K_{orizz}(z) = \eta \cdot E(z) \cdot d = \eta \cdot k_{hi} \cdot z \cdot d \quad \left[\frac{kN}{m} \right]$$

dove d è il diametro del palo o del micropalo di fondazione.

Nel caso di comportamento coesivo dei terreni, il modulo elastico del terreno è stato assunto costante con la profondità ed è stato calcolato, secondo la teoria di Skempton, con la seguente formula:

$$E_{coesivo} = (80 \div 320) \cdot c_u \quad [kPa]$$

dove c_u rappresenta la coesione non drenata minima del terreno considerato. In questo caso il valore della rigidezza della molla è costante con la profondità ed è soggetto anch'esso alla riduzione dovuta all'eventuale inclinazione della scarpata.

Il valore della rigidezza della molla risulterà pari a

$$K_{orizz:coesivo} = \eta \cdot E_{coesivo} \cdot \Delta z \quad \left[\frac{kN}{m} \right]$$

- **Argille**

$c_u = 40$ [kPa] coesione non drenata minima ;

$E_{coesivo} = 200 c_u = 8000$ [kPa] modulo elastico del terreno

Pertanto la costante elastica da applicare al fusto del palo per conci di 0.50 m per i vari strati litologici è:

$$k_{hpalo} = 8000 \cdot 0,5 = 4000 \quad [kN/m]$$

8 AZIONI A TESTA PALO

In condizioni statiche, le azioni agenti a testa palo sono:

- Azioni provenienti dalla struttura in elevazione in condizioni statiche (azioni alla base del montante), con i criteri descritti precedentemente;
- Peso proprio del cordolo di fondazione e dei pali.

Le combinazioni di carico delle azioni in fondazione sono uguali a quelle previste per la struttura in elevazione.

Il progetto tiene anche in considerazione la presenza della passerella metallica di ispezione, ancorata al cordolo esistente per uno sbalzo di 60cm.

Si riportano di seguito le sollecitazioni ottenute alla base dei montanti delle barriere per le combinazioni di carico riportate in §.4.

Pressione del vento + Pressione aerodinamica e sollecitazioni agenti sulle barriere								
Famiglia	Montante	Interasse montante [m]	altezza montante [m]	w_e [N/m ²]	f_w [N/m]	V [N]	M [Nm]	N [N/m]
2.95	HE 200 A	3.00	2.95	2500.00	7500.00	20625.00	28359.38	10700.0
3.95	HE 240 A	3.00	3.95	2500.00	7500.00	28125.00	52734.38	14820.0
4.95	HE 240 A	3.00	4.95	2500.00	7500.00	35625.00	84609.38	15520.0
5.95	HE 260 A	3.00	5.95	2500.00	7500.00	43125.00	123984.38	16370.0
6.95	HE 280 A	3.00	6.95	2500.00	7500.00	50625.00	170859.38	17300.0

dove:	
w_e [N/m ²]	pressione del vento agente sulle barriere
f_w [N/m]	carichi del vento
V [N]	sollecitazioni di taglio (schema statico a mensola)
M [Nm]	sollecitazioni di momento flettente (schema statico a mensola)
N [N/m]	sollecitazioni di sforzo normale a ml, dovuto ai peso del montante e a quello dei pannelli (3.75m in cls i restanti trasparenti)

Sollecitazioni massime non amplificate agenti sulle barriere

Famiglia	Montante	altezza montante [m]	V [N]	M [Nm]	N [N]
2.95	HE 200 A	2.95	20625	28359	32100
3.95	HE 240 A	3.95	28125	52734	44460
4.95	HE 240 A	4.95	35625	84609	46560
5.95	HE 260 A	5.95	43125	123984	49110
6.95	HE 280 A	6.95	50625	170859	51900

Sollecitazioni massime allo SLU-STR agenti sulle barriere

Famiglia	Montante	altezza montante [m]	V [N]	M [Nm]	N [N]
2.95	HE 200 A	2.95	30938	42539	41730
3.95	HE 240 A	3.95	42188	79102	57798
4.95	HE 240 A	4.95	53438	126914	60528
5.95	HE 260 A	5.95	64688	185977	63843
6.95	HE 280 A	6.95	75938	256289	67470

Sollecitazioni massime allo SLU-GEO agenti sulle barriere

Famiglia	Montante	altezza montante [m]	V [N]	M [Nm]	N [N]
2.95	HE 200 A	2.95	26813	36867	32100
3.95	HE 240 A	3.95	36563	68555	44460
4.95	HE 240 A	4.95	46313	109992	46560
5.95	HE 260 A	5.95	56063	161180	49110
6.95	HE 280 A	6.95	65813	222117	51900

9 PROGETTO GEOTECNICO DEI PALI

Analizzate le caratteristiche dei terreni e delle opere, la scelta è ricaduta su di un tipo di fondazione indiretta costituita da pali di diametro $\phi 800$ e $\phi 600$ al di sotto di ogni montante, sulla cui testa è posizionata un cordolo di dimensioni pari a m 1.0x1.0h.

La presenza della falda è stata considerata solo nel caso di rilevati con altezza inferiore ai 4m, in quanto le indagini preliminari hanno individuato la presenza di acqua alla quota del piano campagna.

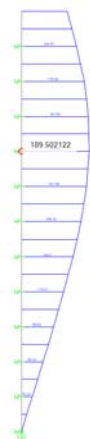
9.1 BARRIERA H=4.95M – RILEVATO > 5m – SABBIA

Verifiche strutturali e geotecniche (Sabbia asciutta)

La determinazione delle sollecitazioni lungo il palo è stata effettuata mediante il software di calcolo Sap2000, considerando il palo immerso nel terreno e soggetto all'azione dei carichi orizzontali e verticali derivanti dalla struttura in elevazione. Il terreno è stato schematizzato mediante una distribuzione di molle di diversa rigidezza a seconda del tipo di terreno che il palo attraversa. Una volta note le sollecitazioni agenti è stata effettuata una verifica a pressoflessione della sezione circolare del palo in c.a. mediante l'utilizzo del software di calcolo VCA-SLU.

9.1.1 Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1

Le sollecitazioni massime agenti sui pali risultano:



$M_{\max} = 189.50 \text{ kNm}$



$V_{\max} = 60.47 \text{ kN}$

I valori caratteristici delle azioni trasmesse al singolo palo di fondazione (si considerano le sollecitazioni del palo centrale, ossia quello più sollecitato), risultano:

	TESTA PALO			FUSTO
	N (kN)	T (kN)	M (kNm)	Mmax (kNm)
STR	158.17	53.46	154.62	189.48
GEO	117.16	46.33	133.87	164.10
SLE	117.16	35.64	103.15	126.38

Il palo è lungo 6,00 m ed è armato con ferri longitudinali 18 ϕ 16 e staffe ϕ 12/20.

- Verifica a flessione: $\Phi 600$

Di seguito si riporta la verifica a presso-flessione del palo:

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 30 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 18
 Diametro barre: 1.6 [cm]
 Copriferro (baric.): 6 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
 M_{xEd}: 0 kNm
 M_{yEd}: 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord. [cm] xN: 0 yN: 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀: 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} : 67.5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5 ‰
 E_s : 200 000 N/mm² f_{cd} : 14.17
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 9.75
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.6
 τ_{c1} : 1.829

M xRd: 298.5 kN m

σ_c : -14.17 N/mm²
 σ_s : 391.3 N/mm²
 ϵ_c : 3.5 ‰
 ϵ_s : 8.659 ‰
 d: 54 cm
 x: 15.54 x/d: 0.2878
 δ : 0.7998

VERIFICA STRUTTURALE PALO-FLESSIONE		
N [kN]	158.17	(Combo str)
T [kN]	53.46	
M [kN]	154.62	
Mmax [kNm]	189.48	
Armatura	18 Ø16	
M _{Rd} [kNm]	298.50	
M _{Ed} /M _{Rd}	0.63	<1
VERIFICA SODDISFATTA		

- Verifica a taglio

Di seguito si riporta la verifica a taglio:

VERIFICA STRUTTURALE PALO-TAGLIO		
N [kN]	172.48	(Combo str)
V [kN]	15.22	
M [kN]	189.48	
Vmax [kN]	60.49	
Caratteristiche sezione rettangolare equivalente		
α (rad)	0.53	
b (mm)	505.56	
h (mm)	559.27	
d (mm)	452.79	
Materiali		
f _{ck} (Mpa)	25.00	
γ _c	1.50	
f _{cd} (Mpa)	14.17	
f _{yk} (Mpa)	450.00	
γ _s	1.15	
f _{yd} (Mpa)	391.3	
Verifica senza armatura a taglio		
Asl (mm ²)	3618.00	18 Ø16
ρl (%)	0.02	

k	1.44			
vmin	0.30			
Vrd (kN)	203.97			
V_{Ed}/V_{Rd}	0.30	<1		VERIFICA SODDISFATTA
Verifica con armatura a taglio				
Asw (mm ²)	226.00	2 Ø12		
s (mm)	200.00			
α (°)	90.00			
cotgθ	2.50			
cotgα	0.00			
σcp (Mpa)	0.61			
αc	1.04			
Vrcd (kN)	402.72			
Vrsd (kN)	524.88			
V_{Ed}/V_{Rd}	0.15	<1		VERIFICA SODDISFATTA

9.1.2 Verifiche strutturali: SLE (Rara)

- Verifica tensionale

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 30 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 18
 Diametro barre: 1.6 [cm]
 Copriferro (baric.): 6 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 117.16 kN
 M_{xEd}: 0 126.38 kNm
 M_{yEd}: 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} : 67.5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5 ‰
 E_s : 200 000 N/mm² f_{cd} : 14.17
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 9.75
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.6
 τ_{c1} : 1.829

σ_c : -8.327 N/mm²
 σ_s : 194 N/mm²
 ϵ_s : 0.9702 ‰
 d: 54 cm
 x: 21.15 w/d: 0.3916
 δ : 0.9295

Vertici: 52
 Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

VERIFICA TENSIONALE PALO	
N [kN]	117.16 (Combo rara)
T [kN]	35.64
M [kN]	103.15
Mmax [kNm]	126.38
Armatura	18 Ø16
f_{ck} [N/mm ²]	25

f_{yk} [N/mm ²]	450		
$\sigma_{cls,max}$ [N/mm ²]	8.33	<	$\sigma_{cls,amm}$ [N/mm ²] VERIFICA SODDISFATTA
$\sigma_{acc,max}$ [N/mm ²]	194.00	<	$\sigma_{acc,amm}$ [N/mm ²] VERIFICA SODDISFATTA

- Verifica a fessurazione

<u>Verifica fessurazione sezione circolare</u>		
<u>CIRCOLARE 2/02/2009 N°617 Par.C.4.1.2.2.4.6</u>		
Dati		
ϑ_s	194 N/mm ²	Tensione massima armatura tesa sezione fessurata
Rck	30.0 N/mm ²	Resistenza caratteristica cubica cls
ϕ_l	16 mm	Diametro barre longitudinali
ϕ_s	12 mm	Diametro staffe o spirale
n	18	Numero ferri longitudinali
c	60 mm	Ricoprimento del calcestruzzo
D	600 mm	Diametro
k_t	0.4	$k_t=0,6 ; 0,4$ carichi breve durata/lunga durata
k_2	0.5	$k_2=0,5 ; 1,0$ caso flessione/trazione semplice
k_1	0.8	$k_1=0,8 ; 1,6$ barre aderenza migliorata/lisce
w	0.4 mm	Valore limite apertura fessure
Dati		
fck	24.9 N/mm ²	Resistenza caratteristica cilindrica cls
i	77 mm	Interasse ferri longitudinali
A_ϕ	201 mm ²	Area barra longitudinale
E_s	210000.0 N/mm ²	Modulo elastico acciaio da c.a
f_{ctm}	2.6 N/mm ²	Resistenza a trazione media cls
E_{cm}	31447.2 N/mm ²	Modulo elastico medio cls
α_e	6.68	Rapporto E_s/E_{cm}
f_{cm}	32.9 N/mm ²	Resistenza media cls
ρ_{eff}	0.0193	Rapporto area acciaio/area efficace
ϵ_{sm1}	0.000638	Deformazione unitaria media barre di calcolo

ϵ_{sm2}	0.000554	<i>Deformazione unitaria media barre valore minimo</i>	
ϵ_{sm}	0.000638	<i>Deformazione unitaria media</i>	
k_3	3.4	<i>Coefficiente</i>	
k_4	0.4	<i>Coefficiente</i>	
Δs_{max}	345.3 mm	<i>Distanza massima tra le fessure</i>	
w_d	0.220 mm	<i>Valore di calcolo apertura fessure</i>	
w_d/w	0.55	<1	VERIFICA SODDISFATTA

9.1.3 Verifiche geotecniche dei pali_TIPO A

- Verifiche della capacità portante

A favore di sicurezza nel calcolo della capacità portante dei pali, è sempre stata trascurata l'interazione terreno-struttura per il tratto di fusto del palo immerso nel rilevato, in quanto si è ritenuto che considerata la scarpa del rilevato stradale il terreno per tale altezza non offra resistenza passiva alle azioni prodotte dal palo.

	MEDIO	MINIMO	
Q_{Rm} [KN]	1199.82	1199.82	Valore di calcolo
Q_{Rk} [KN]	705.78	705.78	Valore caratteristico
$Q_{Rd\ comp}$ [kN]	474.87	474.87	Valore di progetto a compressione
$Q_{Rd\ traz}$ [kN]	483.52	483.52	Valore di progetto a trazione

PORTANZA IN COMPRESSIONE				
$E_{c,d}$ [kN]	117.16	<	474.87	$R_{c,d}$ [kN]
$E_{c,d}/R_{c,d}$	24.67%	Verificato		

Dalle verifiche risulta che il palo in calcestruzzo armato della lunghezza prevista risulta idoneo ad accogliere tutti i carichi trasmessi dalle barriere.

- Verifiche ai carichi trasversali

VERIFICA BROMS TERRENI GRANULARI					
Terreno:	Sabbie e ghiaie				
Falda:	NO				
<u>Caratteristiche medie del terreno</u>			<u>Caratteristiche minime del terreno</u>		
α	0	inclinazione rilevato	-	α	0
					inclinazione rilevato

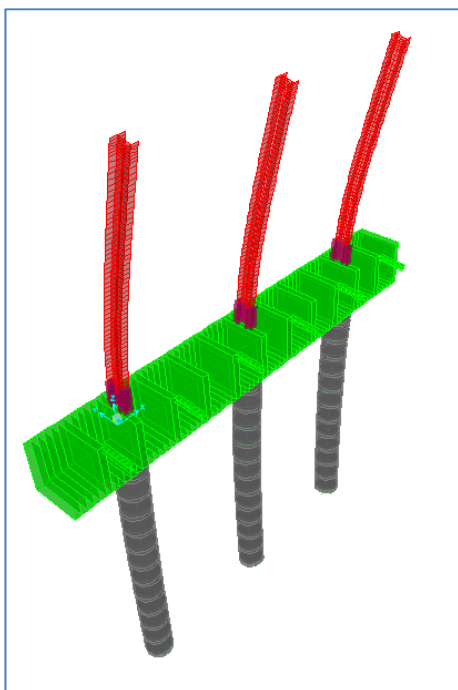
COMBO GEO A2+M1+R2	
$H_{tr,d\ media}$	128.12

ϕ_{medio} [°]	32	ϕ_{min} [°]	32
kp	3.25	kp	3.25
γ_{medio} [kN/m ³]	18	γ_{min} [kN/m ³]	18
Palo corto		Palo corto	
H1 [kN]	1898.08	H1 [kN]	1898.08
Mmax [kNm]	7592.30 >My	Mmax [kNm]	7592.30 >My
Palo intermedio		Palo intermedio	
H2 [kN]	682.44	H2 [kN]	682.44
Palo lungo		Palo lungo	
H3 [kN]	348.49	H3 [kN]	348.49
H _{media} [kN]	348.49	H _{min} [kN]	348.49
H _{tr,k media} [kN]	204.99	H _{tr,k min} [kN]	204.99

[kN]	
H _{tr,d min} [kN]	128.12
H _{RES} [kN]	128.12
H _{ES} [kN]	46.33
H _{ES} /H _{RES}	36.16%
Verificato	

COMBO STR A1+M1+R3	
H _{tr,d media} [kN]	157.69
H _{tr,d min} [kN]	157.69
H _{RES} [kN]	157.69
H _{ES} [kN]	53.46
H _{ES} /H _{RES}	33.90%
Verificato	

• Verifica di deformabilità



VERIFICA DI DEFORMABILITA'		
Spostamento testa montante da vento	1.88	cm
Traslazione testa palo	0.623	cm
Rotazione testa palo	0.00261	[rad]
Rotazione testa palo	0.1495	[°]
Spostamento testa montante da rotazione	1.50	cm
Spostamento totale testa montante E _d	3.38	cm
Spostamento ammissibile C _d = H/100	4.95	cm
Verificato Ed<Cd - Ed/Cd = 0.71		

Joint Displacements			
Joint Object	95	Joint Element	95
	1	2	3
Trans	0.	-0.00623	-9.099E-05
Rotn	0.00261	0.	0.

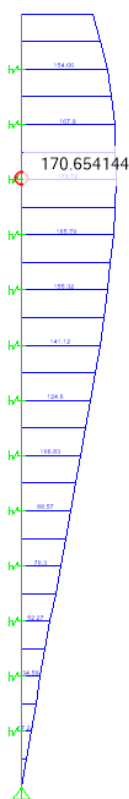
9.2 BARRIERA H=4.95M – RILEVATO > 5m – ARGILLA

Verifiche strutturali e geotecniche (Argilla)

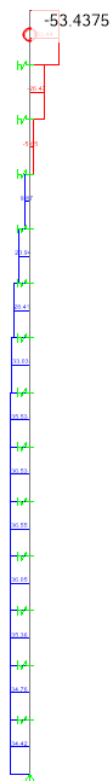
La determinazione delle sollecitazioni lungo il palo è stata effettuata mediante il software di calcolo Sap2000, considerando il palo immerso nel terreno e soggetto all'azione dei carichi orizzontali e verticali derivanti dalla struttura in elevazione. Il terreno è stato schematizzato mediante una distribuzione di molle di diversa rigidezza a seconda del tipo di terreno che il palo attraversa. Una volta note le sollecitazioni agenti è stata effettuata una verifica a pressoflessione della sezione circolare del palo in c.a. mediante l'utilizzo del software di calcolo VCA-SLU.

9.2.1 Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1

Le sollecitazioni massime agenti sui pali risultano:



$M_{\max}=170.72$ kNm



$V_{\max}=53.44$ kN

I valori caratteristici delle azioni trasmesse al singolo palo di fondazione (si considerano le sollecitazioni del palo centrale, ossia quello più sollecitato), risultano:

	TESTA PALO			FUSTO
	N (kN)	T (kN)	M (kNm)	Mmax (kNm)
STR	158.69	53.44	154.66	170.72
GEO	117.55	46.31	133.91	147.85
SLE	117.55	35.63	103.18	113.88

Il palo è lungo 7,00 m ed è armato con ferri longitudinali 18 ϕ 16 e staffe ϕ 12/20.

- Verifica a flessione: $\Phi 600$

Di seguito si riporta la verifica a presso-flessione del palo:

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 30 [cm]
 Raggio interno 0 [cm]
 N° barre uguali 18
 Diametro barre 1.6 [cm]
 Copriferro (baric.) 6 [cm]

N° barre 0 Zoom

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
 M_{xEd} 0 0 kNm
 M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

Vertici: 52 N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C	C25/30
ϵ_{su} 67.5 %	ϵ_{c2} 2 %
f_{yd} 391.3 N/mm ²	ϵ_{cu} 3.5
E_s 200 000 N/mm ²	f_{cd} 14.17
E_s/E_c 15	f_{cc}/f_{cd} 0.8
ϵ_{syd} 1.957 %	$\sigma_{c,adm}$ 9.75
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm ²	τ_{co} 0.6
	τ_{c1} 1.829

M_{xRd} 298.5 kN m

σ_c -14.17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 %
 ϵ_s 8.659 %
 d 54 cm
 x 15.54 x/d 0.2878
 δ 0.7998

VERIFICA STRUTTURALE PALO-FLESSIONE		
N [kN]	158.17	(Combo str)
T [kN]	53.46	
M [kN]	154.62	
Mmax [kNm]	189.48	
Armatura	18 Ø16	
M _{Rd} [kNm]	298.50	
M _{Ed} /M _{Rd}	0.63	<1
VERIFICA SODDISFATTA		

- Verifica a taglio

Di seguito si riporta la verifica a taglio:

VERIFICA STRUTTURALE PALO-TAGLIO		
N [kN]	172.48	(Combo str)
V [kN]	15.22	
M [kN]	189.48	
Vmax [kN]	60.49	
Caratteristiche sezione rettangolare equivalente		
α (rad)	0.53	
b (mm)	505.56	
h (mm)	559.27	
d (mm)	452.79	
Materiali		
f _{ck} (Mpa)	25.00	
γ _c	1.50	
f _{cd} (Mpa)	14.17	
f _{yk} (Mpa)	450.00	
γ _s	1.15	
f _{yd} (Mpa)	391.3	
Verifica senza armatura a taglio		
Asl (mm ²)	3618.00	18 Ø16
ρl (%)	0.02	

k	1.44			
vmin	0.30			
Vrd (kN)	203.97			
V_{Ed}/V_{Rd}	0.30	<1		VERIFICA SODDISFATTA
Verifica con armatura a taglio				
Asw (mm ²)	226.00	2 Ø12		
s (mm)	200.00			
α (°)	90.00			
cotgθ	2.50			
cotgα	0.00			
σcp (Mpa)	0.61			
αc	1.04			
Vrcd (kN)	402.72			
Vrsd (kN)	524.88			
V_{Ed}/V_{Rd}	0.15	<1		VERIFICA SODDISFATTA

9.2.2 Verifiche strutturali: SLE (Rara)

- Verifica tensionale

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 30 [cm]
Raggio interno 0 [cm]
N° barre uguali 18
Diametro barre 1.6 [cm]
Copriferro (baric.) 6 [cm]

N° barre 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 117.16 kN
M_{xEd} 0 126.38 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 14.17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

σ_c -8.327 N/mm²
 σ_s 194 N/mm²
 ϵ_s 0.9702 ‰
d 54 cm
x 21.15 x/d 0.3916
 δ 0.9295

Vertici: 52
Verifica
N° iterazioni: 4
 Precompresso

VERIFICA TENSIONALE PALO		
N [kN]	117.16	(Combo rara)
T [kN]	35.64	
M [kN]	103.15	
Mmax [kNm]	126.38	
Armatura	18 Ø16	
f_{ck} [N/mm ²]	25	

f_{yk} [N/mm ²]	450		
$\sigma_{cls,max}$ [N/mm ²]	8.33	< $\sigma_{cls,amm}$ [N/mm ²]	VERIFICA SODDISFATTA
$\sigma_{acc,max}$ [N/mm ²]	194.00	< $\sigma_{acc,amm}$ [N/mm ²]	VERIFICA SODDISFATTA

- Verifica a fessurazione

Dati		
<u>Verica fessurazione sezione circolare</u> <u>CIRCOLARE 2/02/2009 N°617 Par.C.4.1.2.2.4.6</u>		
ϑ_s	194 N/mm ²	Tensione massima armatura tesa sezione fessurata
Rck	30.0 N/mm ²	Resistenza caratteristica cubica cls
ϕ_l	16 mm	Diametro barre longitudinali
ϕ_s	12 mm	Diametro staffe o spirale
n	18	Numero ferri longitudinali
c	60 mm	Ricoprimento del calcestruzzo
D	600 mm	Diametro
k_t	0.4	$k_t=0,6 ; 0,4$ carichi breve durata/lunga durata
k_2	0.5	$k_2=0,5 ; 1,0$ caso flessione/trazione semplice
k_1	0.8	$k_1=0,8 ; 1,6$ barre aderenza migliorata/lisce
w	0.4 mm	Valore limite apertura fessure
Dati		
fck	24.9 N/mm ²	Resistenza caratteristica cilindrica cls
i	77 mm	Interasse ferri longitudinali
A_ϕ	201 mm ²	Area barra longitudinale
E_s	210000.0 N/mm ²	Modulo elastico acciaio da c.a
f_{ctm}	2.6 N/mm ²	Resistenza a trazione media cls
E_{cm}	31447.2 N/mm ²	Modulo elastico medio cls
α_e	6.68	Rapporto E_s/E_{cm}
f_{cm}	32.9 N/mm ²	Resistenza media cls
ρ_{eff}	0.0193	Rapporto area acciaio/area efficace
ϵ_{sm1}	0.000638	Deformazione unitaria media barre di calcolo

ϵ_{sm2}	0.000554	<i>Deformazione unitaria media barre valore minimo</i>	
ϵ_{sm}	0.000638	<i>Deformazione unitaria media</i>	
k_3	3.4	<i>Coefficiente</i>	
k_4	0.4	<i>Coefficiente</i>	
Δs_{max}	345.3 mm	<i>Distanza massima tra le fessure</i>	
w_d	0.220 mm	<i>Valore di calcolo apertura fessure</i>	
w_d/w	0.55	<1	VERIFICA SODDISFATTA

9.2.3 Verifiche geotecniche dei pali_TIPO B

- Verifiche della capacità portante

A favore di sicurezza nel calcolo della capacità portante dei pali, è sempre stata trascurata l'interazione terreno-struttura per il tratto di fusto del palo immerso nel rilevato, in quanto si è ritenuto che considerata la scarpa del rilevato stradale il terreno per tale altezza non offra resistenza passiva alle azioni prodotte dal palo.

	MEDIO	MINIMO	
Q_{Rm} [KN]	1199.82	1199.82	Valore di calcolo
Q_{Rk} [KN]	705.78	705.78	Valore caratteristico
$Q_{Rd\ comp}$ [kN]	474.87	474.87	Valore di progetto a compressione
$Q_{Rd\ traz}$ [kN]	483.52	483.52	Valore di progetto a trazione

PORTANZA IN COMPRESSIONE				
$E_{c,d}$ [kN]	117.16	<	474.87	$R_{c,d}$ [kN]
$E_{c,d}/R_{c,d}$	24.67%	Verificato		

Dalle verifiche risulta che il palo in calcestruzzo armato della lunghezza prevista risulta idoneo ad accogliere tutti i carichi trasmessi dalle barriere.

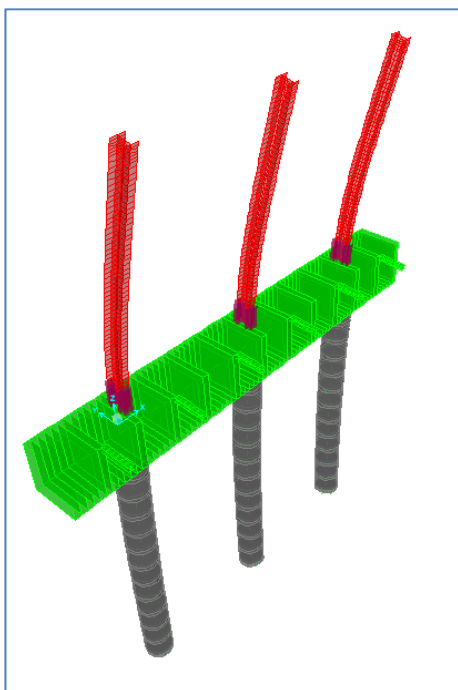
- Verifiche ai carichi trasversali

VERIFICA BROMS TERRENI GRANULARI					
Terreno:	Sabbie e ghiaie				
Falda:	NO				
Caratteristiche medie del terreno			Caratteristiche minime del terreno		
α	0	inclinazione rilevato	-	α	0
					inclinazione rilevato

COMBO GEO A2+M1+R2	
$H_{tr,d\ media}$	128.12

$\phi_{\text{medio}} [^\circ]$	32	$\phi_{\text{min}} [^\circ]$	32	[kN]	
kp	3.25	kp	3.25	$H_{\text{tr,d min}} [kN]$	128.12
$\gamma_{\text{medio}} [kN/m^3]$	18	$\gamma_{\text{min}} [kN/m^3]$	18	$H_{\text{RES}} [kN]$	128.12
Palo corto			Palo corto		
H1 [kN]	1898.08	H1 [kN]	1898.08	$H_{\text{ES}} [kN]$	46.33
Mmax [kNm]	7592.30 >My	Mmax [kNm]	7592.30 >My	$H_{\text{ES}}/H_{\text{RES}}$	36.16%
Palo intermedio			Palo intermedio		
H2 [kN]	682.44	H2 [kN]	682.44	Verificato	
Palo lungo			Palo lungo		
H3 [kN]	348.49	H3 [kN]	348.49	COMBO STR A1+M1+R3	
$H_{\text{media}} [kN]$	348.49	$H_{\text{min}} [kN]$	348.49	$H_{\text{tr,d media}} [kN]$	157.69
$H_{\text{tr,k media}} [kN]$	204.99	$H_{\text{tr,k min}} [kN]$	204.99	$H_{\text{tr,d min}} [kN]$	157.69
				$H_{\text{RES}} [kN]$	157.69
				$H_{\text{ES}} [kN]$	53.46
				$H_{\text{ES}}/H_{\text{RES}}$	33.90%
				Verificato	

• Verifica di deformabilità



VERIFICA DI DEFORMABILITA'		
Spostamento testa montante da vento	1.88	cm
Traslazione testa palo	0.623	cm
Rotazione testa palo	0.00261	[rad]
Rotazione testa palo	0.1495	[°]
Spostamento testa montante da rotazione	1.50	cm
Spostamento totale testa montante E_d	3.38	cm
Spostamento ammissibile $C_d = H/100$	4.95	cm
Verificato $E_d < C_d - E_d/C_d = 0.71$		

Joint Displacements			
Joint Object	95	Joint Element	95
	1	2	3
Trans	0.	-0.00623	-9.099E-05
Rotn	0.00261	0.	0.

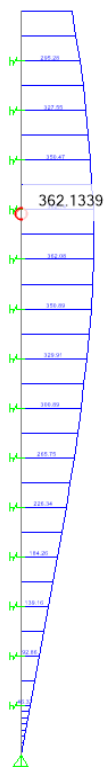
9.3 BARRIERA H=6.95M – RILEVATO > 5m – SABBIA

Verifiche strutturali e geotecniche (Sabbia asciutta)

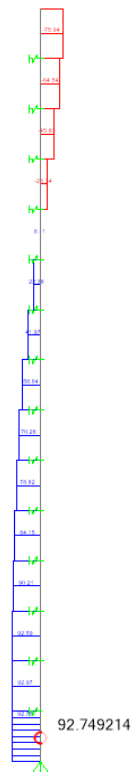
La determinazione delle sollecitazioni lungo il palo è stata effettuata mediante il software di calcolo Sap2000, considerando il palo immerso nel terreno e soggetto all'azione dei carichi orizzontali e verticali derivanti dalla struttura in elevazione. Il terreno è stato schematizzato mediante una distribuzione di molle di diversa rigidezza a seconda del tipo di terreno che il palo attraversa. Una volta note le sollecitazioni agenti è stata effettuata una verifica a pressoflessione della sezione circolare del palo in c.a. mediante l'utilizzo del software di calcolo VCA-SLU.

9.3.1 Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1

Le sollecitazioni massime agenti sui pali risultano:



$M_{\max}=362.14$ kNm



$V_{\max}=92.97$ kN

I valori caratteristici delle azioni trasmesse al singolo palo di fondazione (si considerano le sollecitazioni del palo centrale, ossia quello più sollecitato), risultano:

	TESTA PALO			FUSTO
	N (kN)	T (kN)	M (kNm)	Mmax (kNm)
STR	169.53	75.94	295.28	362.14
GEO	125.58	65.81	255.78	313.73
SLE	125.58	50.63	196.93	241.50

Il palo è lungo 7,00 m ed è armato con ferri longitudinali 16 ϕ 20 e staffe ϕ 12/20.

- Verifica a flessione: Φ 800

Di seguito si riporta la verifica a presso-flessione del palo:

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 40 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 16
 Diametro barre: 2 [cm]
 Copriferro (baric.): 6 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipologia sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
 M_{xEd}: 0 kNm
 M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N:
 Centro Baricentro cls
 Coord. [cm] xN: 0 yN: 0

Tipologia rottura:
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀: 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C25/30

ϵ_{su} : 67.5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5 ‰
 E_s : 200 000 N/mm² f_{cd} : 14.17
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 9.75
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.6
 τ_{c1} : 1.829

M_{xRd}: 591.2 kNm
 σ_c : -14.17 N/mm²
 σ_s : 391.3 N/mm²
 ϵ_c : 3.5 ‰
 ϵ_s : 10.71 ‰
 d: 74 cm
 x : 18.23 x/d : 0.2463
 δ : 0.7479

VERIFICA STRUTTURALE PALO		
N [kN]	169.53	(Combo str)
T [kN]	75.94	
M [kN]	295.28	
Mmax [kNm]	362.14	
Armatura	16 Ø20	
M _{Rd} [kNm]	591.20	
M_{Ed}/M_{Rd}	0.61	<1
VERIFICA SODDISFATTA		

- Verifica a taglio

Di seguito si riporta la verifica a taglio:

VERIFICA STRUTTURALE PALO-TAGLIO		
N [kN]	169.53	(Combo str)
V [kN]	75.94	
M [kN]	295.28	
Vmax [kN]	92.97	
Caratteristiche sezione rettangolare equivalente		
α (rad)	0.57	
b (mm)	674.22	
h (mm)	745.54	
d (mm)	616.45	
Materiali		
f _{ck} (Mpa)	25.00	
γ _c	1.50	
f _{cd} (Mpa)	14.17	
f _{yk} (Mpa)	450.00	
γ _s	1.15	
f _{yd} (Mpa)	391.3	
Verifica senza armatura a taglio		
Asl (mm ²)	5024.00	16 Ø20
ρ _l (%)	0.01	

k		1.32		
vmin		0.27		
Vrd (kN)		254.50		
V_{Ed}/V_{Rd}	0.37		<1	VERIFICA SODDISFATTA
Verifica con armatura a taglio				
Asw (mm ²)		226.00	2 Ø12	
s (mm)		200.00		
α (°)		90.00		
cotgθ		2.50		
cotgα		0.00		
σcp (Mpa)		0.34		
αc		1.02		
Vrcd (kN)		548.29		
Vrsd (kN)		935.40		
V_{Ed}/V_{Rd}	0.17		<1	VERIFICA SODDISFATTA

9.3.2 Verifiche strutturali: SLE (Rara)

- Verifica tensionale

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 40 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 16
 Diametro barre: 2 [cm]
 Copriferro (baric.): 6 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 125.58 kN
 M_{xEd}: 0 241.5 kNm
 M_{yEd}: 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

B450C	C25/30
ϵ_{su} : 67.5 ‰	ϵ_{c2} : 2 ‰
f_{yd} : 391.3 N/mm ²	ϵ_{cu} : 3.5 ‰
E_s : 200 000 N/mm ²	f_{cd} : 14.17
E_s/E_c : 15	f_{cc}/f_{cd} : 0.8
ϵ_{syd} : 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$: 9.75
$\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm ²	τ_{co} : 0.6
	τ_{c1} : 1.829

σ_c : -7.16 N/mm²
 σ_s : 198.6 N/mm²
 ϵ_s : 0.9928 ‰
 d: 74 cm
 x: 25.98 x/d: 0.351
 δ : 0.8788

Vertici: 52
 Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

VERIFICA TENSIONALE PALO		
N [kN]	125.58	(Combo rara)
T [kN]	50.63	
M [kN]	196.93	
Mmax [kNm]	241.50	
Armatura	16 Ø20	
f_{ck} [N/mm ²]	25	

f_{yk} [N/mm ²]	450		
$\sigma_{cls,max}$ [N/mm ²]	7.16	< $\sigma_{cls,amm}$ [N/mm ²]	VERIFICA SODDISFATTA
$\sigma_{acc,max}$ [N/mm ²]	198.60	< $\sigma_{acc,amm}$ [N/mm ²]	VERIFICA SODDISFATTA

- Verifica a fessurazione

Dati			<u>Verifica fessurazione sezione circolare</u> <u>CIRCOLARE 2/02/2009 N°617 Par.C.4.1.2.2.4.6</u>
ϑ_s	199 N/mm ²		Tensione massima armatura tesa sezione fessurata
Rck	30.0 N/mm ²		Resistenza caratteristica cubica cls
ϕ_l	20 mm		Diametro barre longitudinali
ϕ_s	12 mm		Diametro staffe o spirale
n	16		Numero ferri longitudinali
c	60 mm		Ricoprimento del calcestruzzo
D	800 mm		Diametro
k_t	0.4		$k_t=0,6 ; 0,4$ carichi breve durata/longa durata
k_2	0.5		$k_2=0,5 ; 1,0$ caso flessione/trazione semplice
k_1	0.8		$k_1=0,8 ; 1,6$ barre aderenza migliorata/lisce
w	0.4 mm		Valore limite apertura fessure
Dati			
fck	24.9 N/mm ²		Resistenza caratteristica cilindrica cls
i	125 mm		Interasse ferri longitudinali
A_ϕ	314 mm ²		Area barra longitudinale
E_s	210000.0 N/mm ²		Modulo elastico acciaio da c.a
f_{ctm}	2.6 N/mm ²		Resistenza a trazione media cls
E_{cm}	31447.2 N/mm ²		Modulo elastico medio cls
α_e	6.68		Rapporto E_s/E_{cm}
f_{cm}	32.9 N/mm ²		Resistenza media cls
ρ_{eff}	0.0180		Rapporto area acciaio/area efficace
ϵ_{sm1}	0.000642		Deformazione unitaria media barre di calcolo

ϵ_{sm2}	0.000567	<i>Deformazione unitaria media barre valore minimo</i>	
ϵ_{sm}	0.000642	<i>Deformazione unitaria media</i>	
k_3	3.4	<i>Coefficiente</i>	
k_4	0.4	<i>Coefficiente</i>	
Δs_{max}	393.2 mm	<i>Distanza massima tra le fessure</i>	
w_d	0.252 mm	<i>Valore di calcolo apertura fessure</i>	
w_d/w	0.63	<1	VERIFICA SODDISFATTA

9.3.3 Verifiche geotecniche dei pali_TIPO C

- Verifiche della capacità portante

	MEDIO	MINIMO	
Q_{Rm} [kN]	3399.92	3399.92	Valore di calcolo
Q_{Rk} [kN]	1999.95	1999.95	Valore caratteristico
$Q_{Rd\ comp}$ [kN]	1354.65	1354.65	Valore di progetto a compressione
$Q_{Rd\ traz}$ [kN]	1337.93	1337.93	Valore di progetto a trazione

PORTANZA IN COMPRESSIONE				
$E_{c,d}$ [kN]	125.18	<	1354.65	$R_{c,d}$ [kN]
$E_{c,d}/R_{c,d}$	9.24%	Verificato		

Dalle verifiche risulta che il palo in calcestruzzo armato della lunghezza prevista risulta idoneo ad accogliere tutti i carichi trasmessi dalle barriere.

- Verifiche ai carichi trasversali

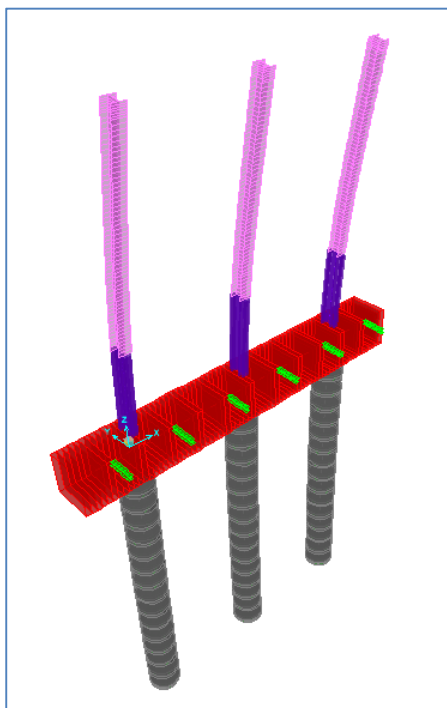
VERIFICA BROMS TERRENI GRANULARI					
Terreno:		Sabbie e ghiaie			
Falda:		NO			
Caratteristiche medie del terreno			Caratteristiche minime del terreno		
α	0	inclinazione rilevato	α	0	inclinazione rilevato
ϕ_{medio} [°]	32		ϕ_{min} [°]	32	
k_p	3.25		k_p	3.25	
γ_{medio} [kN/m ³]	18		γ_{min} [kN/m ³]	18	

COMBO GEO A2+M1+R2	
$H_{tr,d\ media}$ [kN]	222.39
$H_{tr,d\ min}$ [kN]	222.39
H_{RES} [kN]	222.39
H_{ES} [kN]	65.81
H_{ES}/H_{RES}	29.59%

Palo corto		Palo corto	
H1 [kN]	3444.66	H1 [kN]	3444.66
Mmax [kNm]	##### >My	Mmax [kNm]	##### >My
Palo intermedio		Palo intermedio	
H2 [kN]	1232.68	H2 [kN]	1232.68
Palo lungo		Palo lungo	
H3 [kN]	604.91	H3 [kN]	604.91
H _{media} [kN]	604.91	H _{min} [kN]	604.91
H _{tr,k media} [kN]	355.83	H _{tr,k min} [kN]	355.83

Verificato	
COMBO STR A1+M1+R3	
H _{tr,d media} [kN]	273.72
H _{tr,d min} [kN]	273.72
H _{RES} [kN]	273.72
H _{ES} [kN]	75.94
H _{ES} /H _{RES}	27.74%
Verificato	

• Verifica di deformabilità



VERIFICA DI DEFORMABILITA'		
Spostamento testa montante da vento	3.57	cm
Traslazione testa palo	0.611	cm
Rotazione testa palo	0.00199	[rad]
Rotazione testa palo	0.1140	[°]
Spostamento testa montante da rotazione	1.54	cm
Spostamento totale testa montante E _d	5.11	cm
Spostamento ammissibile C _d = H/100	6.95	cm
Verificato Ed < Cd - Ed/Cd = 0.76		

Joint Displacements			
Joint Object	95	Joint Element	95
Trans	1	2	3
Rotn	0.	-0.00611	-6.569E-05
	0.00199	0.	0.

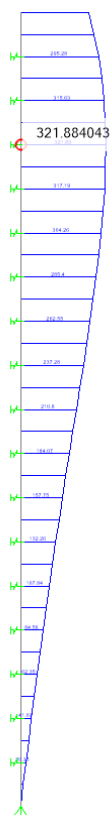
9.4 BARRIERA H=6.95M – RILEVATO > 5m – ARGILLA

Verifiche strutturali e geotecniche (Argilla)

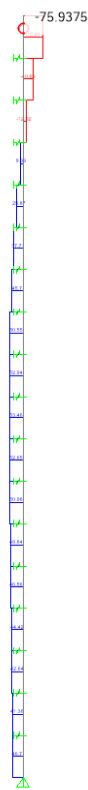
La determinazione delle sollecitazioni lungo il palo è stata effettuata mediante il software di calcolo Sap2000, considerando il palo immerso nel terreno e soggetto all'azione dei carichi orizzontali e verticali derivanti dalla struttura in elevazione. Il terreno è stato schematizzato mediante una distribuzione di molle di diversa rigidezza a seconda del tipo di terreno che il palo attraversa. Una volta note le sollecitazioni agenti è stata effettuata una verifica a pressoflessione della sezione circolare del palo in c.a. mediante l'utilizzo del software di calcolo VCA-SLU.

9.4.1 Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1

Le sollecitazioni massime agenti sui pali risultano:



$M_{\max} = 321.89 \text{ kNm}$



$V_{\max} = 75.94 \text{ kN}$

I valori caratteristici delle azioni trasmesse al singolo palo di fondazione (si considerano le sollecitazioni del palo centrale, ossia quello più sollecitato), risultano:

	TESTA PALO			FUSTO
	N (kN)	T (kN)	M (kNm)	Mmax (kNm)
STR	170.01	75.94	295.28	321.89
GEO	125.93	65.81	255.78	278.85
SLE	125.93	50.63	196.93	214.66

Il palo è lungo 9,00 m ed è armato con ferri longitudinali 16 ϕ 20 e staffe ϕ 12/20.

- Verifica a flessione: $\Phi 800$

Di seguito si riporta la verifica a presso-flessione del palo:

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: []

Sezione circolare cava

- Raggio esterno: 40 [cm]
- Raggio interno: 0 [cm]
- N° barre uguali: 16
- Diametro barre: 2 [cm]
- Copriferro (baric.): 6 [cm]

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 [] kN
M_{xEd}: 0 [] kNm
M_{yEd}: 0 [] kNm

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord. [cm] xN: 0 [] yN: 0 []

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} : 67.5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5 ‰
 E_s : 200 000 N/mm² f_{cd} : 14.17 ‰
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8 [?]
 ϵ_{syd} : 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 9.75 ‰
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.6 ‰
 τ_{c1} : 1.829 ‰

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀: 0 [] cm Col. modello

Precompresso

Calcolo Risultati

M_{xRd}: 591.2 [] kN m
 σ_c : -14.17 [] N/mm²
 σ_s : 391.3 [] N/mm²
 ϵ_c : 3.5 [] ‰
 ϵ_s : 10.71 [] ‰
d: 74 [] cm
x: 18.23 [] w/d: 0.2463
 δ : 0.7479

VERIFICA STRUTTURALE PALO		
N [kN]	170.01	(Combo str)
T [kN]	75.94	
M [kN]	295.28	
Mmax [kNm]	321.89	
Armatura	16 Ø20	
M _{Rd} [kNm]	591.20	
M _{Ed} /M _{Rd}	0.54	<1
VERIFICA SODDISFATTA		

- Verifica a taglio

Di seguito si riporta la verifica a taglio:

VERIFICA STRUTTURALE PALO-TAGLIO		
N [kN]	170.01	(Combo str)
V [kN]	75.94	
M [kN]	295.28	
Vmax [kN]	75.94	
Caratteristiche sezione rettangolare equivalente		
α (rad)	0.57	
b (mm)	674.22	
h (mm)	745.54	
d (mm)	616.45	
Materiali		
f _{ck} (Mpa)	25.00	
γ _c	1.50	
f _{cd} (Mpa)	14.17	
f _{yk} (Mpa)	450.00	
γ _s	1.15	
f _{yd} (Mpa)	391.3	
Verifica senza armatura a taglio		
Asl (mm ²)	5024.00	16 Ø20
ρ _l (%)	0.01	
k	1.32	

vmin	0.27		
Vrd (kN)	254.56		
V_{Ed}/V_{Rd}	0.30	<1	VERIFICA SODDISFATTA
Verifica con armatura a taglio			
Asw (mm ²)	226.00	2 Ø12	
s (mm)	200.00		
α (°)	90.00		
cotgθ	2.50		
cotgα	0.00		
σcp (Mpa)	0.34		
αc	1.02		
Vrcd (kN)	548.29		
Vrsd (kN)	935.46		
V_{Ed}/V_{Rd}	0.14	<1	VERIFICA SODDISFATTA

9.4.2 Verifiche strutturali: SLE (Rara)

- Verifica tensionale

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 40 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 16
 Diametro barre: 2 [cm]
 Copriferro (baric.): 6 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 125.93 kN
 M_{xEd}: 0 214.66 kNm
 M_{yEd}: 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

B450C C25/30

ε_{su}: 67.5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
 f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5 ‰
 E_s: 200 000 N/mm² f_{cd}: 14.17
 E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
 ε_{syd}: 1.957 ‰ σ_{c,adm}: 9.75
 σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.6
 τ_{c1}: 1.829

σ_c: -6.362 N/mm²
 σ_s: 173.3 N/mm²
 ε_s: 0.8667 ‰
 d: 74 cm
 x: 26.27 x/d: 0.3551
 δ: 0.8838

Vertici: 52
 Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

VERIFICA TENSIONALE PALO		
N [kN]	125.93	(Combo rara)
T [kN]	50.63	
M [kN]	196.93	
Mmax [kNm]	214.66	
Armatura	16 Ø20	
f _{ck} [N/mm ²]	25	

f_{yk} [N/mm ²]	450		
$\sigma_{cls,max}$ [N/mm ²]	6.36	< $\sigma_{cls,amm}$ [N/mm ²]	VERIFICA SODDISFATTA
$\sigma_{acc,max}$ [N/mm ²]	173.30	< $\sigma_{acc,amm}$ [N/mm ²]	VERIFICA SODDISFATTA

- Verifica a fessurazione

Dati		<u>Verifica fessurazione sezione circolare</u> <u>CIRCOLARE 2/02/2009 N°617 Par.C.4.1.2.2.4.6</u>	
ϑ_s	173 N/mm ²		Tensione massima armatura tesa sezione fessurata
Rck	30.0 N/mm ²		Resistenza caratteristica cubica cls
ϕ_l	20 mm		Diametro barre longitudinali
ϕ_s	12 mm		Diametro staffe o spirale
n	16		Numero ferri longitudinali
c	60 mm		Ricoprimento del calcestruzzo
D	800 mm		Diametro
k_t	0.4		$k_t=0,6 ; 0,4$ carichi breve durata/longa durata
k_2	0.5		$k_2=0,5 ; 1,0$ caso flessione/trazione semplice
k_1	0.8		$k_1=0,8 ; 1,6$ barre aderenza migliorata/lisce
w	0.4 mm		Valore limite apertura fessure
Dati			
fck	24.9 N/mm ²		Resistenza caratteristica cilindrica cls
i	125 mm		Interasse ferri longitudinali
A_ϕ	314 mm ²		Area barra longitudinale
E_s	210000.0 N/mm ²		Modulo elastico acciaio da c.a
f_{ctm}	2.6 N/mm ²		Resistenza a trazione media cls
E_{cm}	31447.2 N/mm ²		Modulo elastico medio cls
α_e	6.68		Rapporto E_s/E_{cm}
f_{cm}	32.9 N/mm ²		Resistenza media cls
ρ_{eff}	0.0180		Rapporto area acciaio/area efficace
ϵ_{sm1}	0.000522		Deformazione unitaria media barre di calcolo

ϵ_{sm2}	0.000495	<i>Deformazione unitaria media barre valore minimo</i>	
ϵ_{sm}	0.000522	<i>Deformazione unitaria media</i>	
k_3	3.4	<i>Coefficiente</i>	
k_4	0.4	<i>Coefficiente</i>	
Δs_{max}	393.2 mm	<i>Distanza massima tra le fessure</i>	
w_d	0.205 mm	<i>Valore di calcolo apertura fessure</i>	
w_d/w	0.51	<1	VERIFICA SODDISFATTA

9.4.3 Verifiche geotecniche dei pali_TIPO D

- Verifiche della capacità portante

	MEDIO	MINIMO	
Q_{Rm} [kN]	904.78	904.78	Valore di calcolo
Q_{Rk} [kN]	532.22	532.22	Valore caratteristico
$Q_{Rd\ comp}$ [kN]	335.38	335.38	Valore di progetto a compressione
$Q_{Rd\ traz}$ [kN]	445.74	445.74	Valore di progetto a trazione

PORTANZA IN COMPRESSIONE				
$E_{c,d}$ [kN]	125.93	<	335.38	$R_{c,d}$ [kN]
$E_{c,d}/R_{c,d}$	37.55%	Verificato		

Dalle verifiche risulta che il palo in calcestruzzo armato della lunghezza prevista risulta idoneo ad accogliere tutti i carichi trasmessi dalle barriere.

- Verifiche ai carichi trasversali

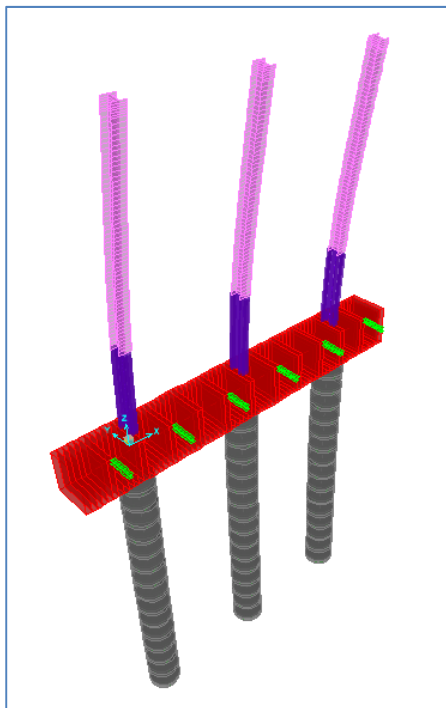
VERIFICA BROMS TERRENI COESIVI			
Terreno:	Argille		
Caratteristiche medie del terreno		Caratteristiche minime del terreno	
Parametri del terreno			
Cu_{media} [kPa]	40	Cu_{min} [kPa]	40
Palo corto		Palo corto	
H1 [kN]	2246.40	H1 [kN]	2246.40
Mmax [kNm]	11456.64 >My	Mmax [kNm]	11456.64

COMBO GEO A2+M1+R2	
$H_{tr,d\ media}$ [kN]	201.88
$H_{tr,d\ min}$ [kN]	201.88
H_{RES} [kN]	201.88
H_{ES} [kN]	65.81
H_{ES}/H_{RES}	32.60%
Verificato	

Palo intermedio		Palo intermedio	
H2 [kN]	851.45	H2 [kN]	851.45
Palo lungo		Palo lungo	
H3 [kN]	549.11	H3 [kN]	549.11
H _{media} [kN]	549.11	H _{min} [kN]	549.11
H _{tr,k media} [kN]	323.00	H _{tr,k min} [kN]	323.00

COMBO STR A1+M1+R3	
H _{tr,d media} [kN]	248.46
H _{tr,d min} [kN]	248.46
H _{RES} [kN]	248.46
H _{ES} [kN]	75.94
H _{ES} /H _{RES}	30.56%
Verificato	

- Verifica di deformabilità



VERIFICA DI DEFORMABILITA'		
Spostamento testa montante da vento	3.57	cm
Traslazione testa palo	0.449	cm
Rotazione testa palo	0.00169	[rad]
Rotazione testa palo	0.0968	[°]
Spostamento testa montante da rotazione	1.31	cm
Spostamento totale testa montante E _d	4.88	cm
Spostamento ammissibile C _d = H/100	6.95	cm
Verificato Ed < Cd - Ed/Cd = 0.72		

Joint Displacements				
Joint Object	95	Joint Element	95	
	1	2	3	
Trans	0.	-0.00449	-1.003E-04	
Rotn	0.00169	0.	0.	

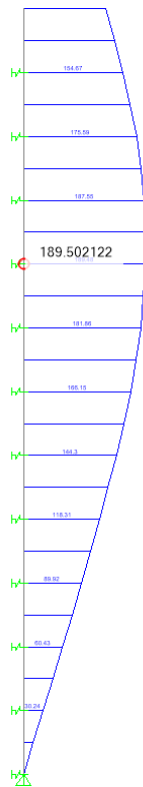
9.5 BARRIERA H=4.95M – RILEVATO 4m <H< 5m – SABBIA

Verifiche strutturali e geotecniche (Sabbia bagnata)

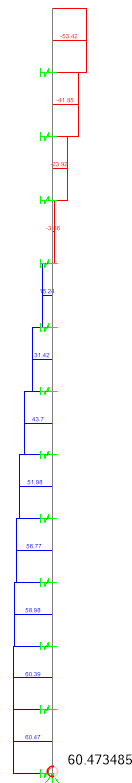
La determinazione delle sollecitazioni lungo il palo è stata effettuata mediante il software di calcolo Sap2000, considerando il palo immerso nel terreno e soggetto all'azione dei carichi orizzontali e verticali derivanti dalla struttura in elevazione. Il terreno è stato schematizzato mediante una distribuzione di molle di diversa rigidezza a seconda del tipo di terreno che il palo attraversa. Una volta note le sollecitazioni agenti è stata effettuata una verifica a pressoflessione della sezione circolare del palo in c.a. mediante l'utilizzo del software di calcolo VCA-SLU.

9.5.1 Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1

Le sollecitazioni massime agenti sui pali risultano:



$M_{\max} = 189.50 \text{ kNm}$



$V_{\max} = 60.47 \text{ kN}$

I valori caratteristici delle azioni trasmesse al singolo palo di fondazione (si considerano le sollecitazioni del palo centrale, ossia quello più sollecitato), risultano:

	TESTA PALO			FUSTO
	N (kN)	T (kN)	M (kNm)	Mmax (kNm)
STR	158.17	53.46	154.62	189.48
GEO	117.16	46.33	133.87	164.10
SLE	117.16	35.64	103.15	126.38

Il palo è lungo 6,00 m ed è armato con ferri longitudinali 18 ϕ 16 e staffe ϕ 12/20.

- Verifica a flessione: $\Phi 600$

Di seguito si riporta la verifica a presso-flessione del palo:

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 30 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 18
 Diametro barre: 1.6 [cm]
 Copriferro (baric.): 6 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
 M_{xEd}: 0 kNm
 M_{yEd}: 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord. [cm] xN: 0 yN: 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀: 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} : 67.5 % ϵ_{c2} : 2 %
 f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5 %
 E_s : 200 000 N/mm² f_{cd} : 14.17
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 % $\sigma_{c,adm}$: 9.75
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.6
 τ_{c1} : 1.829

M_{xRd}: 298.5 kN m

σ_c : -14.17 N/mm²
 σ_s : 391.3 N/mm²
 ϵ_c : 3.5 %
 ϵ_s : 8.659 %
 d: 54 cm
 x : 15.54 x/d : 0.2878
 δ : 0.7998

VERIFICA STRUTTURALE PALO-FLESSIONE		
N [kN]	158.17	(Combo str)
T [kN]	53.46	
M [kN]	154.62	
Mmax [kNm]	189.48	
Armatura	18 Ø16	
M _{Rd} [kNm]	298.50	
M _{Ed} /M _{Rd}	0.63	<1
VERIFICA SODDISFATTA		

- Verifica a taglio

Di seguito si riporta la verifica a taglio:

VERIFICA STRUTTURALE PALO-TAGLIO		
N [kN]	172.48	(Combo str)
V [kN]	15.22	
M [kN]	189.48	
Vmax [kN]	60.49	
Caratteristiche sezione rettangolare equivalente		
α (rad)	0.53	
b (mm)	505.56	
h (mm)	559.27	
d (mm)	452.79	
Materiali		
f _{ck} (Mpa)	25.00	
γ _c	1.50	
f _{cd} (Mpa)	14.17	
f _{yk} (Mpa)	450.00	
γ _s	1.15	
f _{yd} (Mpa)	391.3	
Verifica senza armatura a taglio		
Asl (mm ²)	3618.00	18 Ø16
ρl (%)	0.02	

k		1.44		
vmin		0.30		
Vrd (kN)		203.97		
V_{Ed}/V_{Rd}	0.30		<1	VERIFICA SODDISFATTA
Verifica con armatura a taglio				
Asw (mm ²)		226.00	2 Ø12	
s (mm)		200.00		
α (°)		90.00		
cotgθ		2.50		
cotgα		0.00		
σcp (Mpa)		0.61		
αc		1.04		
Vrcd (kN)		402.72		
Vrsd (kN)		524.88		
V_{Ed}/V_{Rd}	0.15		<1	VERIFICA SODDISFATTA

9.5.2 Verifiche strutturali: SLE (Rara)

- Verifica tensionale

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 30 [cm]
Raggio interno 0 [cm]
N° barre uguali 18
Diametro barre 1.6 [cm]
Copriferro (baric.) 6 [cm]

N° barre 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 117.16 kN
M_{xEd} 0 126.38 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 14.17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

σ_c -8.327 N/mm²
 σ_s 194 N/mm²
 ϵ_s 0.9702 ‰
d 54 cm
x 21.15 x/d 0.3916
 δ 0.9295

Vertici: 52
Verifica
N° iterazioni: 4
 Precompresso

VERIFICA TENSIONALE PALO	
N [kN]	117.16 (Combo rara)
T [kN]	35.64
M [kN]	103.15
Mmax [kNm]	126.38
Armatura	18 Ø16
f_{ck} [N/mm ²]	25

f_{yk} [N/mm ²]	450		
$\sigma_{cls,max}$ [N/mm ²]	8.33	< $\sigma_{cls,amm}$ [N/mm ²]	VERIFICA SODDISFATTA
$\sigma_{acc,max}$ [N/mm ²]	194.00	< $\sigma_{acc,amm}$ [N/mm ²]	VERIFICA SODDISFATTA

- Verifica a fessurazione

Dati		
<u>Verica fessurazione sezione circolare</u> <u>CIRCOLARE 2/02/2009 N°617 Par.C.4.1.2.2.4.6</u>		
ϑ_s	194 N/mm ²	Tensione massima armatura tesa sezione fessurata
Rck	30.0 N/mm ²	Resistenza caratteristica cubica cls
ϕ_l	16 mm	Diametro barre longitudinali
ϕ_s	12 mm	Diametro staffe o spirale
n	18	Numero ferri longitudinali
c	60 mm	Ricoprimento del calcestruzzo
D	600 mm	Diametro
k_t	0.4	$k_t=0,6 ; 0,4$ carichi breve durata/lunga durata
k_2	0.5	$k_2=0,5 ; 1,0$ caso flessione/trazione semplice
k_1	0.8	$k_1=0,8 ; 1,6$ barre aderenza migliorata/lisce
w	0.4 mm	Valore limite apertura fessure
Dati		
fck	24.9 N/mm ²	Resistenza caratteristica cilindrica cls
i	77 mm	Interasse ferri longitudinali
A_ϕ	201 mm ²	Area barra longitudinale
E_s	210000.0 N/mm ²	Modulo elastico acciaio da c.a
f_{ctm}	2.6 N/mm ²	Resistenza a trazione media cls
E_{cm}	31447.2 N/mm ²	Modulo elastico medio cls
α_e	6.68	Rapporto E_s/E_{cm}
f_{cm}	32.9 N/mm ²	Resistenza media cls
ρ_{eff}	0.0193	Rapporto area acciaio/area efficace
ϵ_{sm1}	0.000638	Deformazione unitaria media barre di calcolo

ϵ_{sm2}	0.000554	<i>Deformazione unitaria media barre valore minimo</i>	
ϵ_{sm}	0.000638	<i>Deformazione unitaria media</i>	
k_3	3.4	<i>Coefficiente</i>	
k_4	0.4	<i>Coefficiente</i>	
Δs_{max}	345.3 mm	<i>Distanza massima tra le fessure</i>	
w_d	0.220 mm	<i>Valore di calcolo apertura fessure</i>	
w_d/w	0.55	<1	VERIFICA SODDISFATTA

9.5.3 Verifiche geotecniche dei pali_TIPO E

- Verifiche della capacità portante

A favore di sicurezza nel calcolo della capacità portante dei pali, è sempre stata trascurata l'interazione terreno-struttura per il tratto di fusto del palo immerso nel rilevato, in quanto si è ritenuto che considerata la scarpa del rilevato stradale il terreno per tale altezza non offra resistenza passiva alle azioni prodotte dal palo.

	MEDIO	MINIMO	
Q_{Rm} [kN]	1000.81	1000.81	Valore di calcolo
Q_{Rk} [kN]	588.71	588.71	Valore caratteristico
$Q_{Rd\ comp}$ [kN]	394.13	394.13	Valore di progetto a compressione
$Q_{Rd\ traz}$ [kN]	410.36	410.36	Valore di progetto a trazione

PORTANZA IN COMPRESSIONE				
$E_{c,d}$ [kN]	117.16	<	394.13	$R_{c,d}$ [kN]
$E_{c,d}/R_{c,d}$	29.73%	Verificato		

Dalle verifiche risulta che il palo in calcestruzzo armato della lunghezza prevista risulta idoneo ad accogliere tutti i carichi trasmessi dalle barriere.

- Verifiche ai carichi trasversali

VERIFICA BROMS TERRENI GRANULARI					
Terreno:	Sabbie e ghiaie				
Falda:	SI				
Caratteristiche medie del terreno			Caratteristiche minime del terreno		
α	0	inclinazione rilevato	α	0	inclinazione rilevato

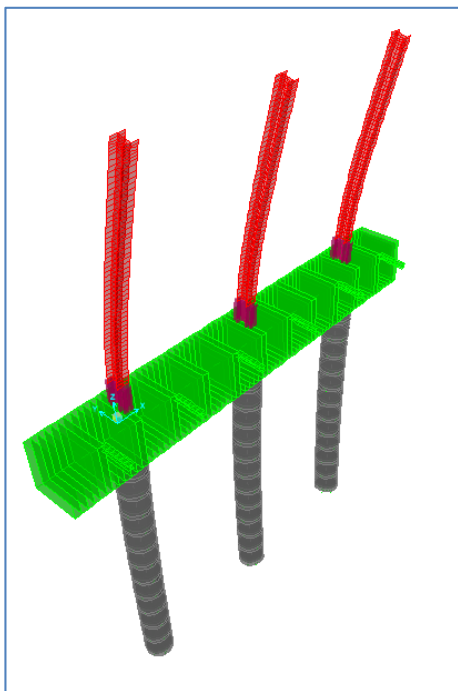
COMBO GEO A2+M1+R2	
$H_{tr,d\ media}$ [kN]	98.54

$\Phi_{\text{medio}} [^\circ]$	32	$\Phi_{\text{min}} [^\circ]$	32
kp	3.25	kp	3.25
$\gamma_{\text{medio}} [\text{kN/m}^3]$	8.19	$\gamma_{\text{min}} [\text{kN/m}^3]$	8.19
Palo corto		Palo corto	
H1 [kN]	863.62	H1 [kN]	863.62
Mmax [kNm]	3454.50 >My	Mmax [kNm]	3454.50 >My
Palo intermedio		Palo intermedio	
H2 [kN]	337.62	H2 [kN]	337.62
Palo lungo		Palo lungo	
H3 [kN]	268.03	H3 [kN]	268.03
$H_{\text{media}} [\text{kN}]$	268.03	$H_{\text{min}} [\text{kN}]$	268.03
$H_{\text{tr,k media}} [\text{kN}]$	157.67	$H_{\text{tr,k min}} [\text{kN}]$	157.67

$H_{\text{tr,d min}} [\text{kN}]$	98.54
$H_{\text{RES}} [\text{kN}]$	98.54
$H_{\text{ES}} [\text{kN}]$	46.33
$H_{\text{ES}}/H_{\text{RES}}$	47.02%
Verificato	

COMBO STR A1+M1+R3	
$H_{\text{tr,d media}} [\text{kN}]$	121.28
$H_{\text{tr,d min}} [\text{kN}]$	121.28
$H_{\text{RES}} [\text{kN}]$	121.28
$H_{\text{ES}} [\text{kN}]$	53.46
$H_{\text{ES}}/H_{\text{RES}}$	44.08%
Verificato	

• Verifica di deformabilità



VERIFICA DI DEFORMABILITA'		
Spostamento testa montante da vento	1.88	cm
Traslazione testa palo	0.623	cm
Rotazione testa palo	0.00261	[rad]
Rotazione testa palo	0.1495	[°]
Spostamento testa montante da rotazione	1.50	cm
Spostamento totale testa montante E_d	3.38	cm
Spostamento ammissibile $C_d = H/100$	4.75	cm
Verificato $E_d < C_d - E_d/C_d = 0.71$		

Joint Displacements				
Joint Object	95	Joint Element	95	
	1	2	3	
Trans	0.	-0.00623	-9.099E-05	
Rotn	0.00261	0.	0.	

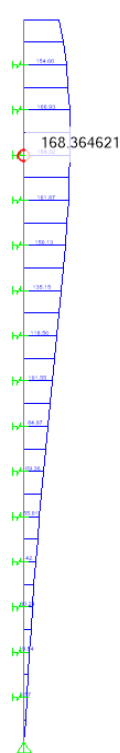
9.6 BARRIERA H=4.95M – RILEVATO 4m <H< 5m – ARGILLA

Verifiche strutturali e geotecniche (Argilla)

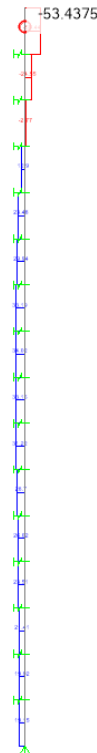
La determinazione delle sollecitazioni lungo il palo è stata effettuata mediante il software di calcolo Sap2000, considerando il palo immerso nel terreno e soggetto all'azione dei carichi orizzontali e verticali derivanti dalla struttura in elevazione. Il terreno è stato schematizzato mediante una distribuzione di molle di diversa rigidezza a seconda del tipo di terreno che il palo attraversa. Una volta note le sollecitazioni agenti è stata effettuata una verifica a pressoflessione della sezione circolare del palo in c.a. mediante l'utilizzo del software di calcolo VCA-SLU.

9.6.1 Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1

Le sollecitazioni massime agenti sui pali risultano:



$M_{max}=168.32 \text{ kNm}$



$V_{max}=53.44 \text{ kN}$

I valori caratteristici delle azioni trasmesse al singolo palo di fondazione (si considerano le sollecitazioni del palo centrale, ossia quello più sollecitato), risultano:

	TESTA PALO			FUSTO
	N (kN)	T (kN)	M (kNm)	Mmax (kNm)
STR	159.31	53.44	154.66	168.32
GEO	118.00	46.31	133.91	145.76
SLE	118.00	35.63	103.18	112.28

Il palo è lungo 8,00 m ed è armato con ferri longitudinali 18 ϕ 16 e staffe ϕ 12/20.

- Verifica a flessione: $\Phi 600$

Di seguito si riporta la verifica a presso-flessione del palo:

Verifica C.A. S.L.U. - File:

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: _____

Sezione circolare cava

- Raggio esterno: 30 [cm]
- Raggio interno: 0 [cm]
- N° barre uguali: 18
- Diametro barre: 1.6 [cm]
- Copriferro (baric.): 6 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
M_{xEd}: 0 kNm
M_{yEd}: 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
Coord. [cm] xN: 0 yN: 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C C25/30

- ϵ_{su} : 67.5 % ϵ_{c2} : 2 %
- f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5
- E_s : 200 000 N/mm² f_{cd} : 14.17
- E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
- ϵ_{syd} : 1.957 % $\sigma_{c,adm}$: 9.75
- $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.6
- τ_{c1} : 1.829

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀: 0 cm Col. modello

Precompresso

Calcolo Risultati:

- M_{xRd}: 298.5 kN m
- σ_c : -14.17 N/mm²
- σ_s : 391.3 N/mm²
- ϵ_c : 3.5 %
- ϵ_s : 8.659 %
- d: 54 cm
- x: 15.54 x/d: 0.2878
- δ : 0.7998

VERIFICA STRUTTURALE PALO		
N [kN]	159.31	(Combo str)
T [kN]	53.44	
M [kN]	154.66	
Mmax [kNm]	168.32	
Armatura	18 Ø16	
M _{Rd} [kNm]	298.50	
M _{Ed} /M _{Rd}	0.56	<1
VERIFICA SODDISFATTA		

- Verifica a taglio

Di seguito si riporta la verifica a taglio:

VERIFICA STRUTTURALE PALO-TAGLIO		
N [kN]	159.31	(Combo str)
V [kN]	53.44	
M [kN]	154.66	
Vmax [kN]	53.44	
Caratteristiche sezione rettangolare equivalente		
α (rad)	0.53	
b (mm)	505.56	
h (mm)	559.27	
d (mm)	452.79	
Materiali		
f _{ck} (Mpa)	25.00	
γ _c	1.50	
f _{cd} (Mpa)	14.17	
f _{yk} (Mpa)	450.00	
γ _s	1.15	
f _{yd} (Mpa)	391.3	
Verifica senza armatura a taglio		
Asl (mm ²)	3618.00	18 Ø16
ρ _l (%)	0.02	

k		1.44		
vmin		0.30		
Vrd (kN)		202.37		
V_{Ed}/V_{Rd}	0.26		<1	VERIFICA SODDISFATTA
Verifica con armatura a taglio				
Asw (mm ²)		226.00	2 Ø12	
s (mm)		200.00		
α (°)		90.00		
cotgθ		2.50		
cotgα		0.00		
σcp (Mpa)		0.56		
αc		1.04		
Vrcd (kN)		402.72		
Vrsd (kN)		523.22		
V_{Ed}/V_{Rd}	0.13		<1	VERIFICA SODDISFATTA

9.6.2 Verifiche strutturali: SLE (Rara)

- Verifica tensionale

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 30 [cm]
Raggio interno 0 [cm]
N° barre uguali 18
Diametro barre 1.6 [cm]
Copriferro (baric.) 6 [cm]

N° barre 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 118 kN
M_{xEd} 0 112.28 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 14.17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

σ_c -7.394 N/mm²
 σ_s 168.2 N/mm²
 ϵ_s 0.8409 ‰
d 54 cm
x 21.46 x/d 0.3974
 δ 0.9368

Vertici: 52
Verifica
N° iterazioni: 4
 Precompresso

VERIFICA TENSIONALE PALO		
N [kN]	118.00	(Combo rara)
T [kN]	35.63	
M [kN]	103.18	
Mmax [kNm]	112.28	
Armatura	18 Ø16	
f_{ck} [N/mm ²]	25	

f_{yk} [N/mm ²]	450		
$\sigma_{cls,max}$ [N/mm ²]	7.40	<	$\sigma_{cls,amm}$ [N/mm ²] VERIFICA SODDISFATTA
$\sigma_{acc,max}$ [N/mm ²]	168.20	<	$\sigma_{acc,amm}$ [N/mm ²] VERIFICA SODDISFATTA

- Verifica a fessurazione

Dati			Verifica fessurazione sezione circolare CIRCOLARE 2/02/2009 N°617 Par.C.4.1.2.2.4.6
ϑ_s	168 N/mm ²		Tensione massima armatura tesa sezione fessurata
Rck	30.0 N/mm ²		Resistenza caratteristica cubica cls
ϕ_l	18 mm		Diametro barre longitudinali
ϕ_s	12 mm		Diametro staffe o spirale
n	16		Numero ferri longitudinali
c	60 mm		Ricoprimento del calcestruzzo
D	600 mm		Diametro
k_t	0.4		$k_t=0,6 ; 0,4$ carichi breve durata/lunga durata
k_2	0.5		$k_2=0,5 ; 1,0$ caso flessione/trazione semplice
k_1	0.8		$k_1=0,8 ; 1,6$ barre aderenza migliorata/lisce
w	0.4 mm		Valore limite apertura fessure
Dati			
fck	24.9 N/mm ²		Resistenza caratteristica cilindrica cls
i	86 mm		Interasse ferri longitudinali
A_ϕ	254 mm ²		Area barra longitudinale
E_s	210000.0 N/mm ²		Modulo elastico acciaio da c.a
f_{ctm}	2.6 N/mm ²		Resistenza a trazione media cls
E_{cm}	31447.2 N/mm ²		Modulo elastico medio cls
α_e	6.68		Rapporto E_s/E_{cm}
f_{cm}	32.9 N/mm ²		Resistenza media cls
ρ_{eff}	0.0214		Rapporto area acciaio/area efficace
ϵ_{sm1}	0.000541		Deformazione unitaria media barre di calcolo

ϵ_{sm2}	0.000481	<i>Deformazione unitaria media barre valore minimo</i>	
ϵ_{sm}	0.000541	<i>Deformazione unitaria media</i>	
k_3	3.4	<i>Coefficiente</i>	
k_4	0.4	<i>Coefficiente</i>	
Δs_{max}	346.7 mm	<i>Distanza massima tra le fessure</i>	
w_d	0.188 mm	<i>Valore di calcolo apertura fessure</i>	
w_d/w	0.47	<1	VERIFICA SODDISFATTA

9.6.3 Verifiche geotecniche dei pali_TIPO F

- Verifiche della capacità portante

A favore di sicurezza nel calcolo della capacità portante dei pali, è sempre stata trascurata l'interazione terreno-struttura per il tratto di fusto del palo immerso nel rilevato, in quanto si è ritenuto che considerata la scarpa del rilevato stradale il terreno per tale altezza non offra resistenza passiva alle azioni prodotte dal palo.

	MEDIO	MINIMO	
Q_{Rm} [KN]	584.34	584.34	Valore di calcolo
Q_{Rk} [KN]	343.73	343.73	Valore caratteristico
$Q_{Rd\ comp}$ [kN]	221.22	221.22	Valore di progetto a compressione
$Q_{Rd\ traz}$ [kN]	271.38	271.38	Valore di progetto a trazione

PORTANZA IN COMPRESSIONE				
$E_{c,d}$ [kN]	118.00	<	221.22	$R_{c,d}$ [kN]
$E_{c,d}/R_{c,d}$	53.34%	Verificato		

Dalle verifiche risulta che il palo in calcestruzzo armato della lunghezza prevista risulta idoneo ad accogliere tutti i carichi trasmessi dalle barriere.

- Verifiche ai carichi trasversali

VERIFICA BROMS TERRENI COESIVI	
Terreno:	Argille
<u>Caratteristiche medie del terreno</u>	<u>Caratteristiche minime del terreno</u>

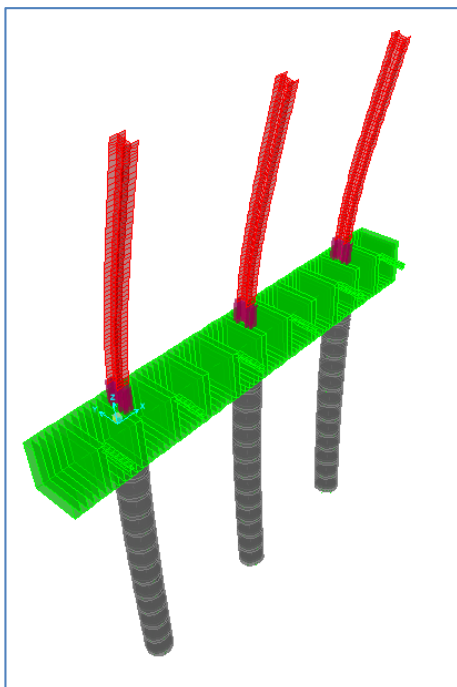
COMBO GEO A2+M1+R2

Parametri del terreno			Parametri del terreno		
CU _{media} [kPa]	40		CU _{min} [kPa]	40	
Palo corto			Palo corto		
H1 [kN]	1533.60		H1 [kN]	1533.60	
Mmax [kNm]	6824.52	>My	Mmax [kNm]	6824.52	
Palo intermedio			Palo intermedio		
H2 [kN]	588.67		H2 [kN]	588.67	
Palo lungo			Palo lungo		
H3 [kN]	349.38		H3 [kN]	349.38	
H _{media} [kN]	349.38		H _{min} [kN]	349.38	
H _{tr,k media} [kN]	205.52		H _{tr,k min} [kN]	205.52	

H _{tr,d media} [kN]	128.45
H _{tr,d min} [kN]	128.45
H _{RES} [kN]	128.45
H _{ES} [kN]	46.31
H _{ES} /H _{RES}	36.06%
Verificato	

COMBO STR A1+M1+R3	
H _{tr,d media} [kN]	158.09
H _{tr,d min} [kN]	158.09
H _{RES} [kN]	158.09
H _{ES} [kN]	53.44
H _{ES} /H _{RES}	33.80%
Verificato	

• Verifica di deformabilità



VERIFICA DI DEFORMABILITA'		
Spostamento testa montante da vento	1.88	cm
Traslazione testa palo	0.513	cm
Rotazione testa palo	0.00234	[rad]
Rotazione testa palo	0.1341	[°]
Spostamento testa montante da rotazione	1.35	cm
Spostamento totale testa montante E _d	3.22	cm
Spostamento ammissibile C _d = H/100	4.95	cm
Verificato Ed < Cd - Ed/Cd = 0.68		

Joint Displacements				
Joint Object	95	Joint Element	95	
Trans	1	2	3	
	0.	-0.00513	-1.284E-04	
Rotn	0.00234	0.	0.	

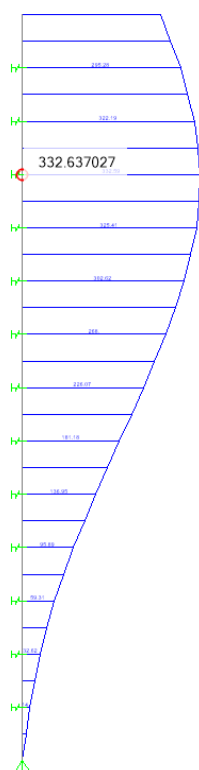
9.7 BARRIERA H=6.95M – RILEVATO 4m <H< 5m – SABBIA

Verifiche strutturali e geotecniche (Sabbia bagnata)

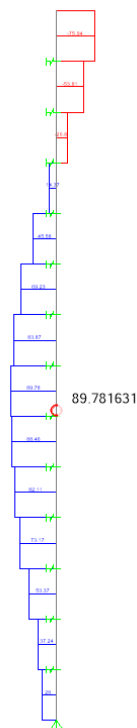
La determinazione delle sollecitazioni lungo il palo è stata effettuata mediante il software di calcolo Sap2000, considerando il palo immerso nel terreno e soggetto all'azione dei carichi orizzontali e verticali derivanti dalla struttura in elevazione. Il terreno è stato schematizzato mediante una distribuzione di molle di diversa rigidezza a seconda del tipo di terreno che il palo attraversa. Una volta note le sollecitazioni agenti è stata effettuata una verifica a pressoflessione della sezione circolare del palo in c.a. mediante l'utilizzo del software di calcolo VCA-SLU.

9.7.1 Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1

Le sollecitazioni massime agenti sui pali risultano:



$M_{\max} = 332.63 \text{ kNm}$



$V_{\max} = 89.78 \text{ kN}$

I valori caratteristici delle azioni trasmesse al singolo palo di fondazione (si considerano le sollecitazioni del palo centrale, ossia quello più sollecitato), risultano:

	TESTA PALO			FUSTO
	N (kN)	T (kN)	M (kNm)	Mmax (kNm)
STR	166.67	75.94	295.28	332.59
GEO	123.46	65.81	255.78	288.13
SLE	123.46	50.63	196.93	221.80

Il palo è lungo 7,00 m ed è armato con ferri longitudinali 16 ϕ 20 e staffe ϕ 12/20.

- Verifica a flessione: $\Phi 800$

Di seguito si riporta la verifica a presso-flessione del palo:

Verifica C.A. S.L.U. - File:

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: []

Sezione circolare cava

- Raggio esterno: 40 [cm]
- Raggio interno: 0 [cm]
- N° barre uguali: 16
- Diametro barre: 2 [cm]
- Copriferro (baric.): 6 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Selecitazioni: S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls Coord.[cm]

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

Tipo flessione: Retta Deviata

Materiali: B450C C25/30

Materiali Properties:

- ϵ_{su} : 67.5 ‰
- ϵ_{c2} : 2 ‰
- f_{yd} : 391.3 N/mm²
- ϵ_{cu} : 3.5 ‰
- E_s : 200 000 N/mm²
- f_{cd} : 14.17
- E_s/E_c : 15
- f_{cc}/f_{cd} : 0.8
- ϵ_{syd} : 1.957 ‰
- $\sigma_{c,adm}$: 9.75
- $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm²
- τ_{co} : 0.6
- τ_{c1} : 1.829

Calculation Results:

- M_{xRd} : 591.2 kNm
- σ_c : -14.17 N/mm²
- σ_s : 391.3 N/mm²
- ϵ_c : 3.5 ‰
- ϵ_s : 10.71 ‰
- d : 74 cm
- x : 18.23
- x/d : 0.2463
- δ : 0.7479

Other Parameters:

- Vertici: 52
- N° rett.: 100
- Calcola MRd
- Dominio M-N
- L_0 : 0 cm
- Col. modello
- Precompresso

VERIFICA STRUTTURALE PALO		
N [kN]	166.67	(Combo str)
T [kN]	75.94	
M [kN]	295.28	
Mmax [kNm]	332.59	
Armatura	16 Ø20	
M _{Rd} [kNm]	591.20	
M _{Ed} /M _{Rd}	0.56	<1
VERIFICA SODDISFATTA		

- Verifica a taglio

Di seguito si riporta la verifica a taglio:

VERIFICA STRUTTURALE PALO-TAGLIO		
N [kN]	166.67	(Combo str)
V [kN]	75.94	
M [kN]	295.28	
Vmax [kN]	89.78	
Caratteristiche sezione rettangolare equivalente		
α (rad)	0.57	
b (mm)	674.22	
h (mm)	745.54	
d (mm)	616.45	
Materiali		
f _{ck} (Mpa)	25.00	
γ _c	1.50	
f _{cd} (Mpa)	14.17	
f _{yk} (Mpa)	450.00	
γ _s	1.15	
f _{yd} (Mpa)	391.3	
Verifica senza armatura a taglio		
Asl (mm ²)	5024.00	16 Ø20
ρ _l (%)	0.01	

k	1.32			
vmin	0.27			
Vrd (kN)	254.15			
V_{Ed}/V_{Rd}	0.35	<1		VERIFICA SODDISFATTA
Verifica con armatura a taglio				
Asw (mm ²)	226.00	2 Ø12		
s (mm)	200.00			
α (°)	90.00			
cotgθ	2.50			
cotgα	0.00			
σcp (Mpa)	0.33			
αc	1.02			
Vrcd (kN)	548.29			
Vrsd (kN)	935.03			
V_{Ed}/V_{Rd}	0.16	<1		VERIFICA SODDISFATTA

9.7.2 Verifiche strutturali: SLE (Rara)

- Verifica tensionale

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 40 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 16
 Diametro barre: 2 [cm]
 Copriferro (baric.): 6 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 123.46 kN
 M_{xEd}: 0 221.8 kNm
 M_{yEd}: 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} : 67.5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5 ‰
 E_s : 200 000 N/mm² f_{cd} : 14.17
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 9.75
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.6
 τ_{c1} : 1.829

σ_c : -6.575 N/mm²
 σ_s : 180.6 N/mm²
 ϵ_s : 0.9028 ‰
 d: 74 cm
 x: 26.14 x/d: 0.3532
 δ : 0.8816

Vertici: 52
 Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

VERIFICA TENSIONALE PALO		
N [kN]	123.46	(Combo rara)
T [kN]	50.63	
M [kN]	196.93	
Mmax [kNm]	221.80	
Armatura	16 Ø20	
f_{ck} [N/mm ²]	25	

f_{yk} [N/mm ²]	450		
$\sigma_{cls,max}$ [N/mm ²]	6.58	<	$\sigma_{cls,amm}$ [N/mm ²] VERIFICA SODDISFATTA
$\sigma_{acc,max}$ [N/mm ²]	180.60	<	$\sigma_{acc,amm}$ [N/mm ²] VERIFICA SODDISFATTA

- Verifica a fessurazione

Dati		<u>Verifica fessurazione sezione circolare</u> <u>CIRCOLARE 2/02/2009 N°617 Par.C.4.1.2.2.4.6</u>	
ϑ_s	181 N/mm ²		Tensione massima armatura tesa sezione fessurata
Rck	30.0 N/mm ²		Resistenza caratteristica cubica cls
ϕ_l	20 mm		Diametro barre longitudinali
ϕ_s	12 mm		Diametro staffe o spirale
n	16		Numero ferri longitudinali
c	60 mm		Ricoprimento del calcestruzzo
D	800 mm		Diametro
k_t	0.4		$k_t=0,6 ; 0,4$ carichi breve durata/lunga durata
k_2	0.5		$k_2=0,5 ; 1,0$ caso flessione/trazione semplice
k_1	0.8		$k_1=0,8 ; 1,6$ barre aderenza migliorata/lisce
w	0.4 mm		Valore limite apertura fessure
Dati			
fck	24.9 N/mm ²		Resistenza caratteristica cilindrica cls
i	125 mm		Interasse ferri longitudinali
A_ϕ	314 mm ²		Area barra longitudinale
E_s	210000.0 N/mm ²		Modulo elastico acciaio da c.a
f_{ctm}	2.6 N/mm ²		Resistenza a trazione media cls
E_{cm}	31447.2 N/mm ²		Modulo elastico medio cls
α_e	6.68		Rapporto E_s/E_{cm}
f_{cm}	32.9 N/mm ²		Resistenza media cls
ρ_{eff}	0.0180		Rapporto area acciaio/area efficace
ϵ_{sm1}	0.000556		Deformazione unitaria media barre di calcolo

ϵ_{sm2}	0.000516	<i>Deformazione unitaria media barre valore minimo</i>	
ϵ_{sm}	0.000556	<i>Deformazione unitaria media</i>	
k_3	3.4	<i>Coefficiente</i>	
k_4	0.4	<i>Coefficiente</i>	
Δs_{max}	393.2 mm	<i>Distanza massima tra le fessure</i>	
w_d	0.219 mm	<i>Valore di calcolo apertura fessure</i>	
w_d/w	0.55	<1	VERIFICA SODDISFATTA

9.7.3 Verifiche geotecniche dei pali_TIPO G

- Verifiche della capacità portante

	MEDIO	MINIMO	
Q_{Rm} [kN]	2687.23	2687.23	Valore di calcolo
Q_{Rk} [kN]	1580.73	1580.73	Valore caratteristico
$Q_{Rd\ comp}$ [kN]	1065.53	1065.53	Valore di progetto a compressione
$Q_{Rd\ traz}$ [kN]	1075.92	1075.92	Valore di progetto a trazione

PORTANZA IN COMPRESSIONE				
$E_{c,d}$ [kN]	123.46	<	1065.53	$R_{c,d}$ [kN]
$E_{c,d}/R_{c,d}$	11.59%	Verificato		

Dalle verifiche risulta che il palo in calcestruzzo armato della lunghezza prevista risulta idoneo ad accogliere tutti i carichi trasmessi dalle barriere.

- Verifiche ai carichi trasversali

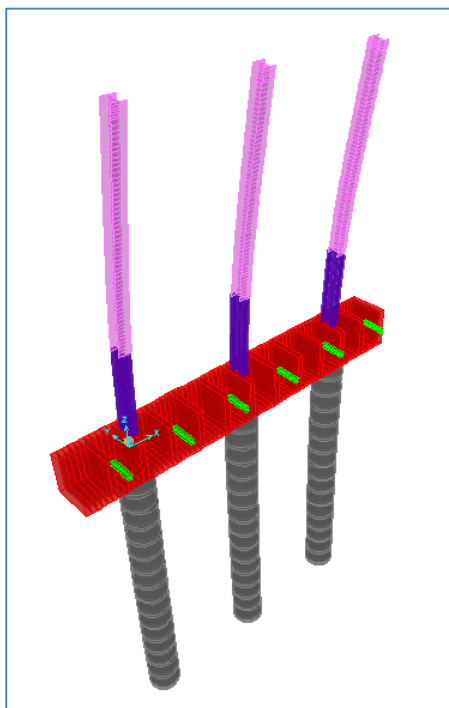
VERIFICA BROMS TERRENI GRANULARI					
Terreno:		Sabbie e ghiaie			
Falda:		SI			
Caratteristiche medie del terreno			Caratteristiche minime del terreno		
α	0	inclinazione rilevato	α	0	inclinazione rilevato
ϕ_{medio} [°]	32		ϕ_{min} [°]	32	
k_p	3.25		k_p	3.25	
γ_{medio} [kN/m ³]	8.19		γ_{min} [kN/m ³]	8.19	

COMBO GEO A2+M1+R2	
$H_{tr,d\ media}$ [kN]	171.05
$H_{tr,d\ min}$ [kN]	171.05
H_{RES} [kN]	171.05
H_{ES} [kN]	65.81
H_{ES}/H_{RES}	38.48%

Palo corto		Palo corto	
H1 [kN]	1567.32	H1 [kN]	1567.32
Mmax [kNm]	7314.15 >My	Mmax [kNm]	7314.15 >My
Palo intermedio		Palo intermedio	
H2 [kN]	606.90	H2 [kN]	606.90
Palo lungo		Palo lungo	
H3 [kN]	465.26	H3 [kN]	465.26
H _{media} [kN]	465.26	H _{min} [kN]	465.26
H _{tr,k media} [kN]	273.68	H _{tr,k min} [kN]	273.68

Verificato	
COMBO STR A1+M1+R3	
H _{tr,d media} [kN]	210.53
H _{tr,d min} [kN]	210.53
H _{RES} [kN]	210.53
H _{ES} [kN]	75.94
H _{ES} /H _{RES}	36.07%
Verificato	

• Verifica di deformabilità



VERIFICA DI DEFORMABILITA'		
Spostamento testa montante da vento	3.57	cm
Traslazione testa palo	0.51	cm
Rotazione testa palo	0.00183	[rad]
Rotazione testa palo	0.1049	[°]
Spostamento testa montante da rotazione	1.42	cm
Spostamento totale testa montante E _d	4.99	cm
Spostamento ammissibile C _d = H/100	6.95	cm
Verificato Ed < Cd - Ed/Cd = 0.74		

Joint Displacements			
Joint Object	95	Joint Element	95
	1	2	3
Trans	0.	-0.00509	-7.225E-05
Rotn	0.00183	0.	0.

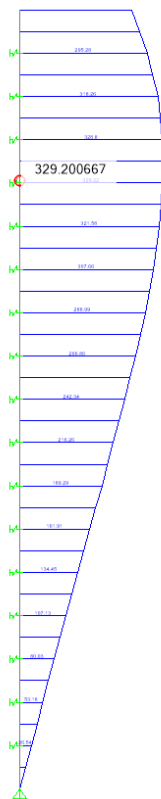
9.8 BARRIERA H=6.95M – RILEVATO 4m <H< 5m – ARGILLA

Verifiche strutturali e geotecniche (Argilla)

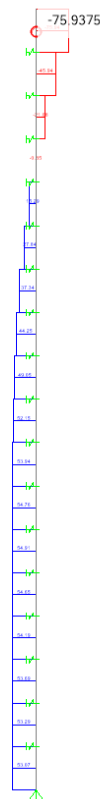
La determinazione delle sollecitazioni lungo il palo è stata effettuata mediante il software di calcolo Sap2000, considerando il palo immerso nel terreno e soggetto all'azione dei carichi orizzontali e verticali derivanti dalla struttura in elevazione. Il terreno è stato schematizzato mediante una distribuzione di molle di diversa rigidezza a seconda del tipo di terreno che il palo attraversa. Una volta note le sollecitazioni agenti è stata effettuata una verifica a pressoflessione della sezione circolare del palo in c.a. mediante l'utilizzo del software di calcolo VCA-SLU.

9.8.1 Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1

Le sollecitazioni massime agenti sui pali risultano:



$$M_{\max} = 329.21 \text{ kNm}$$



$$V_{\max} = 75.94 \text{ kN}$$

I valori caratteristici delle azioni trasmesse al singolo palo di fondazione (si considerano le sollecitazioni del palo centrale, ossia quello più sollecitato), risultano:

	TESTA PALO			FUSTO
	N (kN)	T (kN)	M (kNm)	Mmax (kNm)
STR	166.05	75.94	295.28	329.22
GEO	123.00	65.81	255.78	285.21
SLE	123.00	50.63	196.93	219.55

Il palo è lungo 9,00 m ed è armato con ferri longitudinali 16 ϕ 20 e staffe ϕ 12/20.

- Verifica a flessione: $\Phi 800$

Di seguito si riporta la verifica a presso-flessione del palo:

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: _____

Sezione circolare cava

- Raggio esterno: 40 [cm]
- Raggio interno: 0 [cm]
- N° barre uguali: 16
- Diametro barre: 2 [cm]
- Copriferro (baric.): 6 [cm]

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 [kN]
M_{xEd}: 0 [kNm]
M_{yEd}: 0 [kNm]

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord. [cm] xN: 0 yN: 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} : 67.5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5 ‰
 E_s : 200 000 N/mm² f_{cd} : 14.17
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 9.75
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.6
 τ_{c1} : 1.829

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀: 0 cm Col. modello

Precompresso

Calcolo Risultati:

- M_{xRd}: 591.2 kN m
- σ_c : -14.17 N/mm²
- σ_s : 391.3 N/mm²
- ϵ_c : 3.5 ‰
- ϵ_s : 10.71 ‰
- d: 74 cm
- x: 18.23 x/d: 0.2463
- δ : 0.7479

VERIFICA STRUTTURALE PALO		
N [kN]	166.05	(Combo str)
T [kN]	75.94	
M [kN]	295.28	
Mmax [kNm]	329.22	
Armatura	16 Ø20	
M _{Rd} [kNm]	591.20	
M _{Ed} /M _{Rd}	0.56	<1
VERIFICA SODDISFATTA		

- Verifica a taglio

Di seguito si riporta la verifica a taglio:

VERIFICA STRUTTURALE PALO-TAGLIO		
N [kN]	166.05	(Combo str)
V [kN]	75.94	
M [kN]	295.28	
Vmax [kN]	75.94	
Caratteristiche sezione rettangolare equivalente		
α (rad)	0.57	
b (mm)	674.22	
h (mm)	745.54	
d (mm)	616.45	
Materiali		
f _{ck} (Mpa)	25.00	
γ _c	1.50	
f _{cd} (Mpa)	14.17	
f _{yk} (Mpa)	450.00	
γ _s	1.15	
f _{yd} (Mpa)	391.3	
Verifica senza armatura a taglio		
Asl (mm ²)	5024.00	16 Ø20
ρ _l (%)	0.01	
k	1.32	

vmin	0.27			
Vrd (kN)	254.07			
V_{Ed}/V_{Rd}	0.30	<1		VERIFICA SODDISFATTA
Verifica con armatura a taglio				
Asw (mm ²)	226.00	2 Ø12		
s (mm)	200.00			
α (°)	90.00			
cotgθ	2.50			
cotgα	0.00			
σcp (Mpa)	0.33			
αc	1.02			
Vrcd (kN)	548.29			
Vrsd (kN)	934.95			
V_{Ed}/V_{Rd}	0.14	<1		VERIFICA SODDISFATTA

9.8.2 Verifiche strutturali: SLE (Rara)

- Verifica tensionale

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 40 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 16
 Diametro barre: 2 [cm]
 Copriferro (baric.): 6 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 123 kN
 M_{xEd}: 0 219.55 kNm
 M_{yEd}: 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} : 67.5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5 ‰
 E_s : 200 000 N/mm² f_{cd} : 14.17
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 9.75
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.6
 τ_{c1} : 1.829

σ_c : -6.508 N/mm²
 σ_s : 178.6 N/mm²
 ϵ_s : 0.8928 ‰
 d: 74 cm
 x : 26.16 x/d : 0.3535
 δ : 0.8818

Vertici: 52
 Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

VERIFICA TENSIONALE PALO		
N [kN]	123.00	(Combo rara)
T [kN]	50.63	
M [kN]	196.93	
Mmax [kNm]	219.55	
Armatura	16 \emptyset 20	
f_{ck} [N/mm ²]	25	

f_{yk} [N/mm ²]	450		
$\sigma_{cls,max}$ [N/mm ²]	6.50	<	$\sigma_{cls,amm}$ [N/mm ²] VERIFICA SODDISFATTA
$\sigma_{acc,max}$ [N/mm ²]	178.60	<	$\sigma_{acc,amm}$ [N/mm ²] VERIFICA SODDISFATTA

- Verifica a fessurazione

Verifica fessurazione sezione circolare		
CIRCOLARE 2/02/2009 N°617 Par.C.4.1.2.2.4.6		
Dati		
ϑ_s	179 N/mm ²	Tensione massima armatura tesa sezione fessurata
Rck	30.0 N/mm ²	Resistenza caratteristica cubica cls
ϕ_l	20 mm	Diametro barre longitudinali
ϕ_s	12 mm	Diametro staffe o spirale
n	16	Numero ferri longitudinali
c	60 mm	Ricoprimento del calcestruzzo
D	800 mm	Diametro
k_t	0.4	$k_t=0,6 ; 0,4$ carichi breve durata/lunga durata
k_2	0.5	$k_2=0,5 ; 1,0$ caso flessione/trazione semplice
k_1	0.8	$k_1=0,8 ; 1,6$ barre aderenza migliorata/lisce
w	0.4 mm	Valore limite apertura fessure
Dati		
fck	24.9 N/mm ²	Resistenza caratteristica cilindrica cls
i	125 mm	Interasse ferri longitudinali
A_ϕ	314 mm ²	Area barra longitudinale
E_s	210000.0 N/mm ²	Modulo elastico acciaio da c.a
f_{ctm}	2.6 N/mm ²	Resistenza a trazione media cls
E_{cm}	31447.2 N/mm ²	Modulo elastico medio cls
α_e	6.68	Rapporto E_s/E_{cm}
f_{cm}	32.9 N/mm ²	Resistenza media cls
ρ_{eff}	0.0180	Rapporto area acciaio/area efficace
ϵ_{sm1}	0.000547	Deformazione unitaria media barre di calcolo

ϵ_{sm2}	0.000510	<i>Deformazione unitaria media barre valore minimo</i>	
ϵ_{sm}	0.000547	<i>Deformazione unitaria media</i>	
k_3	3.4	<i>Coefficiente</i>	
k_4	0.4	<i>Coefficiente</i>	
Δs_{max}	393.2 mm	<i>Distanza massima tra le fessure</i>	
w_d	0.215 mm	<i>Valore di calcolo apertura fessure</i>	
w_d/w	0.54	<1	VERIFICA SODDISFATTA

9.8.3 Verifiche geotecniche dei pali_TIPO H

- Verifiche della capacità portante

	MEDIO	MINIMO	
Q_{Rm} [kN]	904.78	904.78	Valore di calcolo
Q_{Rk} [kN]	532.22	532.22	Valore caratteristico
$Q_{Rd\ comp}$ [kN]	335.38	335.38	Valore di progetto a compressione
$Q_{Rd\ traz}$ [kN]	445.74	445.74	Valore di progetto a trazione

PORTANZA IN COMPRESSIONE				
$E_{c,d}$ [kN]	123.00	<	335.38	$R_{c,d}$ [kN]
$E_{c,d}/R_{c,d}$	36.67%	Verificato		

Dalle verifiche risulta che il palo in calcestruzzo armato della lunghezza prevista risulta idoneo ad accogliere tutti i carichi trasmessi dalle barriere.

- Verifiche ai carichi trasversali

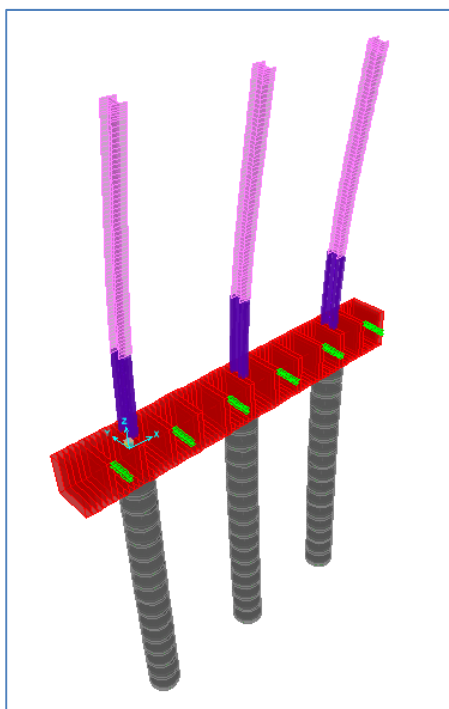
VERIFICA BROMS TERRENI COESIVI			
Terreno:	Argille		
Caratteristiche medie del terreno		Caratteristiche minime del terreno	
Parametri del terreno		Parametri del terreno	
Cu_{media} [kPa]	40	Cu_{min} [kPa]	40
Palo corto		Palo corto	
H1 [kN]	2246.40	H1 [kN]	2246.40
Mmax [kNm]	##### >My	Mmax [kNm]	#####

COMBO GEO A2+M1+R2	
$H_{tr,d\ media}$ [kN]	201.88
$H_{tr,d\ min}$ [kN]	201.88
H_{RES} [kN]	201.88
H_{ES} [kN]	65.81
H_{ES}/H_{RES}	32.60%
Verificato	

Palo intermedio		Palo intermedio	
H2 [kN]	851.45	H2 [kN]	851.45
Palo lungo		Palo lungo	
H3 [kN]	549.11	H3 [kN]	549.11
H _{media} [kN]	549.11	H _{min} [kN]	549.11
H _{tr,k media} [kN]	323.00	H _{tr,k min} [kN]	323.00

COMBO STR A1+M1+R3	
H _{tr,d media} [kN]	248.46
H _{tr,d min} [kN]	248.46
H _{RES} [kN]	248.46
H _{ES} [kN]	75.94
H _{ES} /H _{RES}	30.56%
Verificato	

• Verifica di deformabilità



VERIFICA DI DEFORMABILITA'		
Spostamento testa montante da vento	3.57	cm
Traslazione testa palo	0.593	cm
Rotazione testa palo	0.00193	[rad]
Rotazione testa palo	0.1106	[°]
Spostamento testa montante da rotazione	1.50	cm
Spostamento totale testa montante E _d	5.07	cm
Spostamento ammissibile C _d = H/100	6.95	cm
Verificato Ed < Cd - Ed/Cd = 0.75		

Joint Displacements			
Joint Object	95	Joint Element	95
Trans	1	2	3
Rotn	0.	-0.00593	-9.865E-05
	0.00193	0.	0.

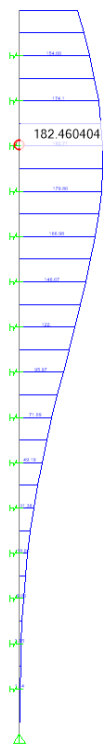
9.9 BARRIERA H=4.95M – RILEVATO H < 4m – SABBIA

Verifiche strutturali e geotecniche (Sabbia bagnata)

La determinazione delle sollecitazioni lungo il palo è stata effettuata mediante il software di calcolo Sap2000, considerando il palo immerso nel terreno e soggetto all'azione dei carichi orizzontali e verticali derivanti dalla struttura in elevazione. Il terreno è stato schematizzato mediante una distribuzione di molle di diversa rigidezza a seconda del tipo di terreno che il palo attraversa. Una volta note le sollecitazioni agenti è stata effettuata una verifica a pressoflessione della sezione circolare del palo in c.a. mediante l'utilizzo del software di calcolo VCA-SLU.

9.9.1 Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1

Le sollecitazioni massime agenti sui pali risultano:



$M_{\max} = 182.72 \text{ kNm}$



$V_{\max} = 53.44 \text{ kN}$

I valori caratteristici delle azioni trasmesse al singolo palo di fondazione (si considerano le sollecitazioni del palo centrale, ossia quello più sollecitato), risultano:

	TESTA PALO			FUSTO
	N (kN)	T (kN)	M (kNm)	Mmax (kNm)
STR	160.50	53.44	154.66	182.71
GEO	118.89	46.31	133.91	158.23
SLE	118.89	35.63	103.18	121.87

Il palo è lungo 8,00 m ed è armato con ferri longitudinali 18 ϕ 16 e staffe ϕ 12/20.

- Verifica a flessione: $\Phi 600$

Di seguito si riporta la verifica a presso-flessione del palo:

Verifica C.A. S.L.U. - File:

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: _____

Sezione circolare cava

- Raggio esterno: 30 [cm]
- Raggio interno: 0 [cm]
- N° barre uguali: 18
- Diametro barre: 1.6 [cm]
- Copriferro (baric.): 6 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

- Rettan.re
- Trapezi
- a T
- Circolare
- Rettangoli
- Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN

M_{xEd} 0 0 kNm

M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N

- Centro
- Baricentro cls
- Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo

- S.L.U.+
- S.L.U.-
- Metodo n

Tipo flessione

- Retta
- Deviata

Vertici: 52 N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C		C25/30	
ϵ_{su}	67.5 %	ϵ_{c2}	2 %
f_{yd}	391.3 N/mm ²	ϵ_{cu}	3.5
E_s	200 000 N/mm ²	f_{cd}	14.17
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 %	$\sigma_{c,adm}$	9.75
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm ²	τ_{co}	0.6
		τ_{c1}	1.829

Calcolo

M_{xRd} 298.5 kN m

σ_c -14.17 N/mm²

σ_s 391.3 N/mm²

ϵ_c 3.5 %

ϵ_s 8.659 %

d 54 cm

x 15.54 x/d 0.2878

δ 0.7998

VERIFICA STRUTTURALE PALO		
N [kN]	160.50	(Combo str)
T [kN]	53.44	
M [kN]	154.66	
Mmax [kNm]	182.71	
Armatura	18 Ø16	
M _{Rd} [kNm]	298.50	
M _{Ed} /M _{Rd}	0.61	<1
VERIFICA SODDISFATTA		

- Verifica a taglio

Di seguito si riporta la verifica a taglio:

VERIFICA STRUTTURALE PALO-TAGLIO		
N [kN]	160.50	(Combo str)
V [kN]	53.44	
M [kN]	154.66	
Vmax [kN]	53.44	
Caratteristiche sezione rettangolare equivalente		
α (rad)	0.53	
b (mm)	505.56	
h (mm)	559.27	
d (mm)	452.79	
Materiali		
f _{ck} (Mpa)	25.00	
γ _c	1.50	
f _{cd} (Mpa)	14.17	
f _{yk} (Mpa)	450.00	
γ _s	1.15	
f _{yd} (Mpa)	391.3	
Verifica senza armatura a taglio		
Asl (mm ²)	3618.00	18 Ø16
ρ _l (%)	0.02	

k	1.44			
vmin	0.30			
Vrd (kN)	202.51			
V_{Ed}/V_{Rd}	0.26	<1		VERIFICA SODDISFATTA
Verifica con armatura a taglio				
Asw (mm ²)	226.00	2 Ø12		
s (mm)	200.00			
α (°)	90.00			
cotgθ	2.50			
cotgα	0.00			
σcp (Mpa)	0.57			
αc	1.04			
Vrcd (kN)	402.72			
Vrsd (kN)	523.37			
V_{Ed}/V_{Rd}	0.13	<1		VERIFICA SODDISFATTA

9.9.2 Verifiche strutturali: SLE (Rara)

- Verifica tensionale

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 30 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 18
 Diametro barre: 1.6 [cm]
 Copriferro (baric.): 6 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 118.89 kN
 M_{xEd}: 0 121.87 kNm
 M_{yEd}: 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} : 67.5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5 ‰
 E_s : 200 000 N/mm² f_{cd} : 14.17
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 9.75
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.6
 τ_{c1} : 1.829

σ_c : -8.028 N/mm²
 σ_s : 185.3 N/mm²
 ϵ_s : 0.9266 ‰
 d: 54 cm
 x: 21.27 x/d: 0.3939
 δ : 0.9323

Vertici: 52
 Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

VERIFICA TENSIONALE PALO	
N [kN]	118.89 (Combo rara)
T [kN]	35.63
M [kN]	103.18
Mmax [kNm]	121.87
Armatura	18 Ø16
f_{ck} [N/mm ²]	25

f_{yk} [N/mm ²]	450		
$\sigma_{cls,max}$ [N/mm ²]	8.00	< $\sigma_{cls,amm}$ [N/mm ²]	VERIFICA SODDISFATTA
$\sigma_{acc,max}$ [N/mm ²]	185.30	< $\sigma_{acc,amm}$ [N/mm ²]	VERIFICA SODDISFATTA

- Verifica a fessurazione

Dati			<u>Verifica fessurazione sezione circolare</u> <u>CIRCOLARE 2/02/2009 N°617 Par.C.4.1.2.2.4.6</u>
ϑ_s	185 N/mm ²		Tensione massima armatura tesa sezione fessurata
Rck	30.0 N/mm ²		Resistenza caratteristica cubica cls
ϕ_l	16 mm		Diametro barre longitudinali
ϕ_s	12 mm		Diametro staffe o spirale
n	18		Numero ferri longitudinali
c	60 mm		Ricoprimento del calcestruzzo
D	600 mm		Diametro
k_t	0.4		$k_t=0,6 ; 0,4$ carichi breve durata/lunga durata
k_2	0.5		$k_2=0,5 ; 1,0$ caso flessione/trazione semplice
k_1	0.8		$k_1=0,8 ; 1,6$ barre aderenza migliorata/lisce
w	0.4 mm		Valore limite apertura fessure
Dati			
fck	24.9 N/mm ²		Resistenza caratteristica cilindrica cls
i	77 mm		Interasse ferri longitudinali
A_ϕ	201 mm ²		Area barra longitudinale
E_s	210000.0 N/mm ²		Modulo elastico acciaio da c.a
f_{ctm}	2.6 N/mm ²		Resistenza a trazione media cls
E_{cm}	31447.2 N/mm ²		Modulo elastico medio cls
α_e	6.68		Rapporto E_s/E_{cm}
f_{cm}	32.9 N/mm ²		Resistenza media cls
ρ_{eff}	0.0193		Rapporto area acciaio/area efficace
ϵ_{sm1}	0.000597		Deformazione unitaria media barre di calcolo

ϵ_{sm2}	0.000529	<i>Deformazione unitaria media barre valore minimo</i>	
ϵ_{sm}	0.000597	<i>Deformazione unitaria media</i>	
k_3	3.4	<i>Coefficiente</i>	
k_4	0.4	<i>Coefficiente</i>	
Δs_{max}	345.3 mm	<i>Distanza massima tra le fessure</i>	
w_d	0.206 mm	<i>Valore di calcolo apertura fessure</i>	
w_d/w	0.52	<1	VERIFICA SODDISFATTA

9.9.3 Verifiche geotecniche dei pali_TIPO I

- Verifiche della capacità portante

A favore di sicurezza nel calcolo della capacità portante dei pali, è sempre stata trascurata l'interazione terreno-struttura per il tratto di fusto del palo immerso nel rilevato, in quanto si è ritenuto che considerata la scarpa del rilevato stradale il terreno per tale altezza non offra resistenza passiva alle azioni prodotte dal palo.

	MEDIO	MINIMO	
Q_{Rm} [kN]	890.15	890.15	Valore di calcolo
Q_{Rk} [kN]	523.62	523.62	Valore caratteristico
$Q_{Rd\ comp}$ [kN]	345.28	345.28	Valore di progetto a compressione
$Q_{Rd\ traz}$ [kN]	383.81	383.81	Valore di progetto a trazione

PORTANZA IN COMPRESSIONE				
$E_{c,d}$ [kN]	118.89	<	345.28	$R_{c,d}$ [kN]
$E_{c,d}/R_{c,d}$	34.43%	Verificato		

Dalle verifiche risulta che il palo in calcestruzzo armato della lunghezza prevista risulta idoneo ad accogliere tutti i carichi trasmessi dalle barriere.

- Verifiche ai carichi trasversali

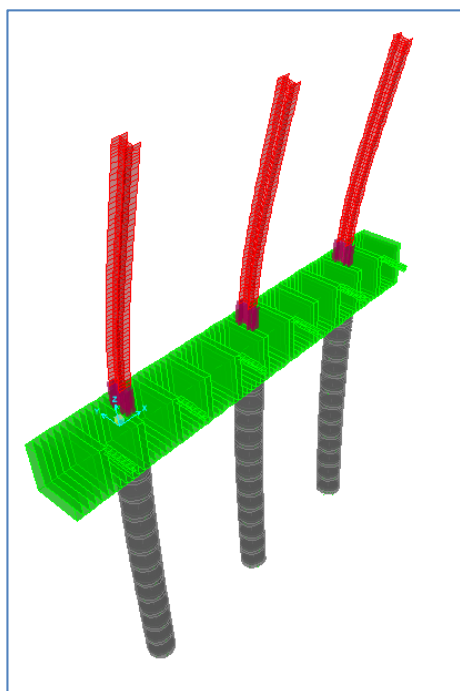
VERIFICA BROMS TERRENI GRANULARI	
Terreno:	Sabbie e ghiaie

Falda:	SI	
Caratteristiche medie del terreno		
α	0	inclinazione rilevato
$\Phi_{\text{medio}} [^\circ]$	32	
k_p	3.25	
$\gamma_{\text{medio}} [\text{kN}/\text{m}^3]$	8.19	
Palo corto		
H1 [kN]	1535.33	
Mmax [kNm]	8188.44	>My
Palo intermedio		
H2 [kN]	549.09	
Palo lungo		
H3 [kN]	268.03	
H_{media} [kN]	268.03	
$H_{\text{tr,k media}}$ [kN]	157.67	
Caratteristiche minime del terreno		
α	0	inclinazione rilevato
$\Phi_{\text{min}} [^\circ]$	32	
k_p	3.25	
$\gamma_{\text{min}} [\text{kN}/\text{m}^3]$	8.19	
Palo corto		
H1 [kN]	1535.33	
Mmax [kNm]	8188.44	>My
Palo intermedio		
H2 [kN]	549.09	
Palo lungo		
H3 [kN]	268.03	
H_{min} [kN]	268.03	
$H_{\text{tr,k min}}$ [kN]	157.67	

COMBO GEO A2+M1+R2	
$H_{\text{tr,d media}}$ [kN]	98.54
$H_{\text{tr,d min}}$ [kN]	98.54
H_{RES} [kN]	98.54
H_{ES} [kN]	46.31
$H_{\text{ES}}/H_{\text{RES}}$	47.00%
Verificato	

COMBO STR A1+M1+R3	
$H_{\text{tr,d media}}$ [kN]	121.28
$H_{\text{tr,d min}}$ [kN]	121.28
H_{RES} [kN]	121.28
H_{ES} [kN]	53.44
$H_{\text{ES}}/H_{\text{RES}}$	44.06%
Verificato	

• Verifica di deformabilità



VERIFICA DI DEFORMABILITA'		
Spostamento testa montante da vento	1.07	cm
Traslazione testa palo	0.499	cm
Rotazione testa palo	0.00235	[rad]
Rotazione testa palo	0.1346	[°]
Spostamento testa montante da rotazione	1.35	cm
Spostamento totale testa montante E_d	2.42	cm
Spostamento ammissibile $C_d = H/100$	4.95	cm
Verificato $E_d < C_d - E_d/C_d = 0.51$		

Joint Displacements			
Joint Object	95	Joint Element	95
Trans	1	2	3
Rotn	0.	-0.00499	-1.292E-04
	0.00235	0.	0.

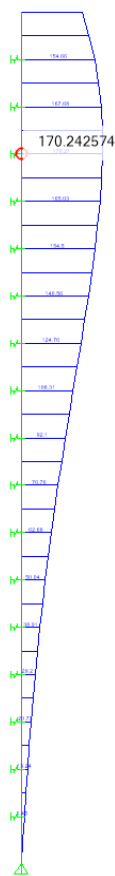
9.10 BARRIERA H=4.95M – RILEVATO H < 4m – ARGILLA

Verifiche strutturali e geotecniche (Argilla)

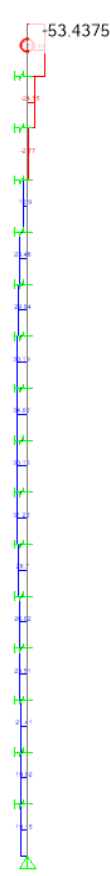
La determinazione delle sollecitazioni lungo il palo è stata effettuata mediante il software di calcolo Sap2000, considerando il palo immerso nel terreno e soggetto all'azione dei carichi orizzontali e verticali derivanti dalla struttura in elevazione. Il terreno è stato schematizzato mediante una distribuzione di molle di diversa rigidezza a seconda del tipo di terreno che il palo attraversa. Una volta note le sollecitazioni agenti è stata effettuata una verifica a pressoflessione della sezione circolare del palo in c.a. mediante l'utilizzo del software di calcolo VCA-SLU.

9.10.1 Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1

Le sollecitazioni massime agenti sui pali risultano:



$M_{\max}=170.24 \text{ kNm}$



$V_{\max}=53.44 \text{ kN}$

I valori caratteristici delle azioni trasmesse al singolo palo di fondazione (si considerano le sollecitazioni del palo centrale, ossia quello più sollecitato), risultano:

	TESTA PALO			FUSTO
	N (kN)	T (kN)	M (kNm)	Mmax (kNm)
STR	159.79	53.44	154.66	147.40
GEO	118.37	46.31	133.91	113.54
SLE	118.37	35.63	103.18	147.40

Il palo è lungo 8,00 m ed è armato con ferri longitudinali 18 ϕ 16 e staffe ϕ 12/20.

- Verifica a flessione: $\Phi 600$

Di seguito si riporta la verifica a presso-flessione del palo:

Verifica C.A. S.L.U. - File:

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: []

Sezione circolare cava

- Raggio esterno: 30 [cm]
- Raggio interno: 0 [cm]
- N° barre uguali: 18
- Diametro barre: 1.6 [cm]
- Copriferro (baric.): 6 [cm]

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 [] kN
M_{xEd} 0 [] kNm
M_{yEd} 0 [] kNm

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 [] yN 0 []

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C		C25/30	
ϵ_{su}	67.5 %	ϵ_{c2}	2 %
f_{yd}	391.3 N/mm ²	ϵ_{cu}	3.5 %
E_s	200 000 N/mm ²	f_{cd}	14.17 N/mm ²
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 %	$\sigma_{c,adm}$	9.75 N/mm ²
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm ²	τ_{co}	0.6
		τ_{c1}	1.829

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

Vertici: 52 N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 [] cm Col. modello

Precompresso

Calcolo Risultati:

- M_{xRd} 298.5 kN m
- σ_c -14.17 N/mm²
- σ_s 391.3 N/mm²
- ϵ_c 3.5 %
- ϵ_s 8.659 %
- d 54 cm
- x 15.54 x/d 0.2878
- δ 0.7998

VERIFICA STRUTTURALE PALO		
N [kN]	159.79	(Combo str)
T [kN]	53.44	
M [kN]	154.66	
Mmax [kNm]	170.21	
Armatura	18 Ø16	
M _{Rd} [kNm]	298.50	
M_{Ed}/M_{Rd}	0.57	<1

VERIFICA SODDISFATTA

- Verifica a taglio

Di seguito si riporta la verifica a taglio:

VERIFICA STRUTTURALE PALO-TAGLIO		
N [kN]	159.79	(Combo str)
V [kN]	53.44	
M [kN]	154.66	
Vmax [kN]	53.44	
Caratteristiche sezione rettangolare equivalente		
α (rad)	0.53	
b (mm)	505.56	
h (mm)	559.27	
d (mm)	452.79	
Materiali		
f _{ck} (Mpa)	25.00	
γ _c	1.50	
f _{cd} (Mpa)	14.17	
f _{yk} (Mpa)	450.00	
γ _s	1.15	
f _{yd} (Mpa)	391.3	
Verifica senza armatura a taglio		
Asl (mm ²)	3618.00	18 Ø16
ρ _l (%)	0.02	

k		1.44		
vmin		0.30		
Vrd (kN)		202.43		
V_{Ed}/V_{Rd}	0.26		<1	VERIFICA SODDISFATTA
Verifica con armatura a taglio				
Asw (mm ²)		226.00	2 Ø12	
s (mm)		200.00		
α (°)		90.00		
cotgθ		2.50		
cotgα		0.00		
σcp (Mpa)		0.57		
αc		1.04		
Vrcd (kN)		402.72		
Vrsd (kN)		523.28		
V_{Ed}/V_{Rd}	0.13		<1	VERIFICA SODDISFATTA

9.10.2 Verifiche strutturali: SLE (Rara)

• Verifica tensionale

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 30 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 18
 Diametro barre: 1.6 [cm]
 Copriferro (baric.): 6 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 118.37 kN
 M_{xEd}: 0 113.54 kNm
 M_{yEd}: 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} : 67.5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5 ‰
 E_s : 200 000 N/mm² f_{cd} : 14.17
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 9.75
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.6
 τ_{c1} : 1.829

σ_c : -7.477 N/mm²
 σ_s : 170.4 N/mm²
 ϵ_s : 0.8518 ‰
 d: 54 cm
 x: 21.44 x/d: 0.397
 δ : 0.9363

Vertici: 52
 Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

VERIFICA TENSIONALE PALO		
N [kN]	118.37	(Combo rara)
T [kN]	35.63	
M [kN]	103.18	
Mmax [kNm]	113.54	
Armatura	18 Ø16	
f_{ck} [N/mm ²]	25	

f_{yk} [N/mm ²]	450		
$\sigma_{cls,max}$ [N/mm ²]	7.47	<	$\sigma_{cls,amm}$ [N/mm ²] VERIFICA SODDISFATTA
$\sigma_{acc,max}$ [N/mm ²]	170.40	<	$\sigma_{acc,amm}$ [N/mm ²] VERIFICA SODDISFATTA

- Verifica a fessurazione

Verifica fessurazione sezione circolare		
CIRCOLARE 2/02/2009 N°617 Par.C.4.1.2.2.4.6		
Dati		
ϑ_s	170 N/mm ²	Tensione massima armatura tesa sezione fessurata
Rck	30.0 N/mm ²	Resistenza caratteristica cubica cls
ϕ_l	16 mm	Diametro barre longitudinali
ϕ_s	12 mm	Diametro staffe o spirale
n	18	Numero ferri longitudinali
c	60 mm	Ricoprimento del calcestruzzo
D	600 mm	Diametro
k_t	0.4	$k_t=0,6 ; 0,4$ carichi breve durata/lunga durata
k_2	0.5	$k_2=0,5 ; 1,0$ caso flessione/trazione semplice
k_1	0.8	$k_1=0,8 ; 1,6$ barre aderenza migliorata/lisce
w	0.4 mm	Valore limite apertura fessure
Dati		
fck	24.9 N/mm ²	Resistenza caratteristica cilindrica cls
i	77 mm	Interasse ferri longitudinali
A_ϕ	201 mm ²	Area barra longitudinale
E_s	210000.0 N/mm ²	Modulo elastico acciaio da c.a
f_{ctm}	2.6 N/mm ²	Resistenza a trazione media cls
E_{cm}	31447.2 N/mm ²	Modulo elastico medio cls
α_e	6.68	Rapporto E_s/E_{cm}
f_{cm}	32.9 N/mm ²	Resistenza media cls
ρ_{eff}	0.0193	Rapporto area acciaio/area efficace
ϵ_{sm1}	0.000526	Deformazione unitaria media barre di calcolo

ϵ_{sm2}	0.000487	<i>Deformazione unitaria media barre valore minimo</i>	
ϵ_{sm}	0.000526	<i>Deformazione unitaria media</i>	
k_3	3.4	<i>Coefficiente</i>	
k_4	0.4	<i>Coefficiente</i>	
Δs_{max}	345.3 mm	<i>Distanza massima tra le fessure</i>	
w_d	0.182 mm	<i>Valore di calcolo apertura fessure</i>	
w_d/w	0.45	<1	VERIFICA SODDISFATTA

9.10.3 Verifiche geotecniche dei pali_TIPO L

- Verifiche della capacità portante

A favore di sicurezza nel calcolo della capacità portante dei pali, è sempre stata trascurata l'interazione terreno-struttura per il tratto di fusto del palo immerso nel rilevato, in quanto si è ritenuto che considerata la scarpa del rilevato stradale il terreno per tale altezza non offra resistenza passiva alle azioni prodotte dal palo.

	MEDIO	MINIMO	
Q_{Rm} [kN]	644.65	644.65	Valore di calcolo
Q_{Rk} [kN]	379.21	379.21	Valore caratteristico
$Q_{Rd\ comp}$ [kN]	243.71	243.71	Valore di progetto a compressione
$Q_{Rd\ traz}$ [kN]	300.62	300.62	Valore di progetto a trazione

PORTANZA IN COMPRESSIONE				
$E_{c,d}$ [kN]	118.37	<	243.71	$R_{c,d}$ [kN]
$E_{c,d}/R_{c,d}$	48.57%	Verificato		

Dalle verifiche risulta che il palo in calcestruzzo armato della lunghezza prevista risulta idoneo ad accogliere tutti i carichi trasmessi dalle barriere.

- Verifiche ai carichi trasversali

VERIFICA BROMS TERRENI COESIVI	
Terreno:	Argille
<u>Caratteristiche medie del terreno</u>	<u>Caratteristiche minime del terreno</u>

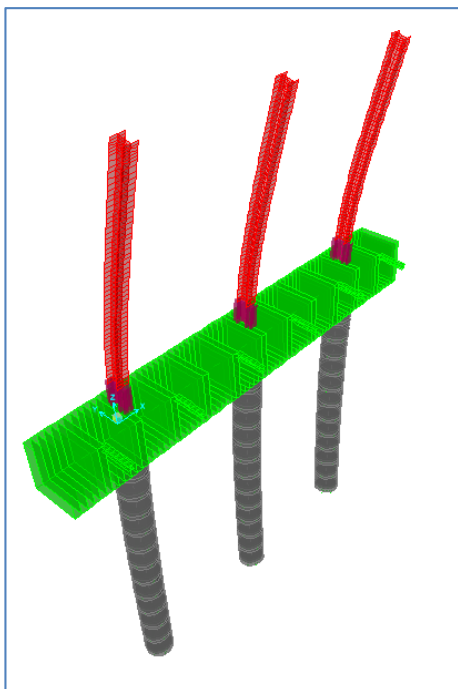
COMBO GEO A2+M1+R2

Parametri del terreno			Parametri del terreno		
CU _{media} [kPa]	40		CU _{min} [kPa]	40	
<u>Palo corto</u>			<u>Palo corto</u>		
H1 [kN]	1749.60		H1 [kN]	1749.60	
Mmax [kNm]	8660.52	>My	Mmax [kNm]	8660.52	
<u>Palo intermedio</u>			<u>Palo intermedio</u>		
H2 [kN]	670.83		H2 [kN]	670.83	
<u>Palo lungo</u>			<u>Palo lungo</u>		
H3 [kN]	349.38		H3 [kN]	349.38	
H _{media} [kN]	349.38		H _{min} [kN]	349.38	
H _{tr,k media} [kN]	205.52		H _{tr,k min} [kN]	205.52	

H _{tr,d media} [kN]	128.45
H _{tr,d min} [kN]	128.45
H _{RES} [kN]	128.45
H _{ES} [kN]	46.31
H _{ES} /H _{RES}	36.06%
Verificato	

COMBO STR A1+M1+R3	
H _{tr,d media} [kN]	158.09
H _{tr,d min} [kN]	158.09
H _{RES} [kN]	158.09
H _{ES} [kN]	53.44
H _{ES} /H _{RES}	33.80%
Verificato	

• Verifica di deformabilità



VERIFICA DI DEFORMABILITA'		
Spostamento testa montante da vento	1.88	cm
Traslazione testa palo	0.577	cm
Rotazione testa palo	0.0025	[rad]
Rotazione testa palo	0.1432	[°]
Spostamento testa montante da rotazione	1.44	cm
Spostamento totale testa montante E _d	3.31	cm
Spostamento ammissibile C _d = H/100	4.95	cm
Verificato Ed < Cd - Ed/Cd = 0.70		

Joint Displacements			
Joint Object	95	Joint Element	95
	1	2	3
Trans	0.	-0.00577	-1.484E-04
Rotn	0.0025	0.	0.

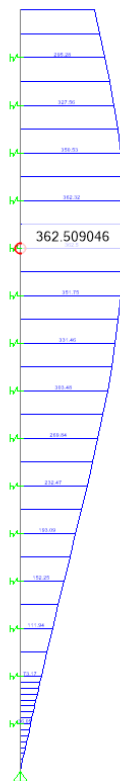
9.11 BARRIERA H=6.95M – RILEVATO < 4m – SABBIA

Verifiche strutturali e geotecniche (Sabbia bagnata)

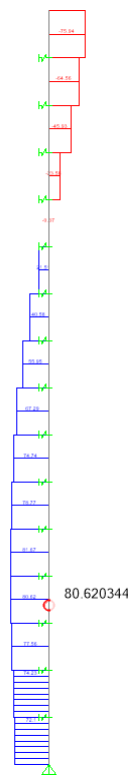
La determinazione delle sollecitazioni lungo il palo è stata effettuata mediante il software di calcolo Sap2000, considerando il palo immerso nel terreno e soggetto all'azione dei carichi orizzontali e verticali derivanti dalla struttura in elevazione. Il terreno è stato schematizzato mediante una distribuzione di molle di diversa rigidezza a seconda del tipo di terreno che il palo attraversa. Una volta note le sollecitazioni agenti è stata effettuata una verifica a pressoflessione della sezione circolare del palo in c.a. mediante l'utilizzo del software di calcolo VCA-SLU.

9.11.1 Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1

Le sollecitazioni massime agenti sui pali risultano:



$M_{max}=362.51 \text{ kNm}$



$V_{max}=80.62 \text{ kN}$

I valori caratteristici delle azioni trasmesse al singolo palo di fondazione (si considerano le sollecitazioni del palo centrale, ossia quello più sollecitato), risultano:

	TESTA PALO			FUSTO
	N (kN)	T (kN)	M (kNm)	Mmax (kNm)
STR	169.79	75.94	295.28	362.50
GEO	125.77	65.81	255.78	314.06
SLE	125.77	50.63	196.93	241.73

Il palo è lungo 8,00 m ed è armato con ferri longitudinali 16 ϕ 20 e staffe ϕ 12/20.

- Verifica a flessione: $\Phi 800$

Di seguito si riporta la verifica a presso-flessione del palo:

Verifica C.A. S.L.U. - File:

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: []

Sezione circolare cava

- Raggio esterno: 40 [cm]
- Raggio interno: 0 [cm]
- N° barre uguali: 16
- Diametro barre: 2 [cm]
- Copriferro (baric.): 6 [cm]

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 [] kN
M_{xEd}: 0 [] kNm
M_{yEd}: 0 [] kNm

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord. [cm] xN: 0 [] yN: 0 []

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} : 67.5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5 ‰
 E_s : 200 000 N/mm² f_{cd} : 14.17 ‰
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8 [?]
 ϵ_{syd} : 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 9.75 ‰
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.6 ‰
 τ_{c1} : 1.829 ‰

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀: 0 [] cm Col. modello

Precompresso

Calcolo Risultati:

M_{xRd}: 591.2 [] kN m
 σ_c : -14.17 [] N/mm²
 σ_s : 391.3 [] N/mm²
 ϵ_c : 3.5 [] ‰
 ϵ_s : 10.71 [] ‰
d: 74 [] cm
x: 18.23 [] w/d: 0.2463
 δ : 0.7479

VERIFICA STRUTTURALE PALO		
N [kN]	169.79	(Combo str)
T [kN]	75.94	
M [kN]	295.28	
Mmax [kNm]	362.50	
Armatura	18 Ø16	
M _{Rd} [kNm]	591.20	
M_{Ed}/M_{Rd}	0.61	<1

VERIFICA SODDISFATTA

- Verifica a taglio

Di seguito si riporta la verifica a taglio:

VERIFICA STRUTTURALE PALO-TAGLIO		
N [kN]	169.79	(Combo str)
V [kN]	75.94	
M [kN]	295.28	
Vmax [kN]	80.62	
Caratteristiche sezione rettangolare equivalente		
α (rad)	0.57	
b (mm)	674.22	
h (mm)	745.54	
d (mm)	616.45	
Materiali		
f _{ck} (Mpa)	25.00	
γ _c	1.50	
f _{cd} (Mpa)	14.17	
f _{yk} (Mpa)	450.00	
γ _s	1.15	
f _{yd} (Mpa)	391.3	
Verifica senza armatura a taglio		
Asl (mm ²)	3618.00	18 Ø16
ρ _l (%)	0.01	

k		1.32		
vmin		0.27		
Vrd (kN)		189.19		
V_{Ed}/V_{Rd}	0.43		<1	VERIFICA SODDISFATTA
Verifica con armatura a taglio				
Asw (mm ²)		226.00	2 Ø12	
s (mm)		200.00		
α (°)		90.00		
cotgθ		2.50		
cotgα		0.00		
σcp (Mpa)		0.34		
αc		1.02		
Vrcd (kN)		548.29		
Vrsd (kN)		935.43		
V_{Ed}/V_{Rd}	0.15		<1	VERIFICA SODDISFATTA

9.11.2 Verifiche strutturali: SLE (Rara)

• Verifica tensionale

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 40 [cm]
Raggio interno 0 [cm]
N° barre uguali 16
Diametro barre 2 [cm]
Copriferro (baric.) 6 [cm]

N° barre 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 125.77 kN
M_{xEd} 0 241.73 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 14.17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

σ_c -7.167 N/mm²
 σ_s 198.7 N/mm²
 ϵ_s 0.9936 ‰
d 74 cm
x 25.98 x/d 0.3511
 δ 0.8788

Vertici: 52
Verifica
N° iterazioni: 4
 Precompresso

VERIFICA TENSIONALE PALO		
N [kN]	125.77	(Combo rara)
T [kN]	50.63	
M [kN]	196.93	
Mmax [kNm]	241.73	
Armatura	18 Ø16	
f_{ck} [N/mm ²]	25	

f_{yk} [N/mm ²]	450		
$\sigma_{cls,max}$ [N/mm ²]	7.17	<	$\sigma_{cls,amm}$ [N/mm ²] VERIFICA SODDISFATTA
$\sigma_{acc,max}$ [N/mm ²]	198.70	<	$\sigma_{acc,amm}$ [N/mm ²] VERIFICA SODDISFATTA

- Verifica a fessurazione

Verifica fessurazione sezione circolare		
CIRCOLARE 2/02/2009 N°617 Par.C.4.1.2.2.4.6		
Dati		
ϑ_s	199 N/mm ²	Tensione massima armatura tesa sezione fessurata
Rck	30.0 N/mm ²	Resistenza caratteristica cubica cls
ϕ_l	20 mm	Diametro barre longitudinali
ϕ_s	12 mm	Diametro staffe o spirale
n	16	Numero ferri longitudinali
c	60 mm	Ricoprimento del calcestruzzo
D	800 mm	Diametro
k_t	0.4	$k_t=0,6 ; 0,4$ carichi breve durata/lunga durata
k_2	0.5	$k_2=0,5 ; 1,0$ caso flessione/trazione semplice
k_1	0.8	$k_1=0,8 ; 1,6$ barre aderenza migliorata/lisce
w	0.4 mm	Valore limite apertura fessure
Dati		
fck	24.9 N/mm ²	Resistenza caratteristica cilindrica cls
i	125 mm	Interasse ferri longitudinali
A_ϕ	314 mm ²	Area barra longitudinale
E_s	210000.0 N/mm ²	Modulo elastico acciaio da c.a
f_{ctm}	2.6 N/mm ²	Resistenza a trazione media cls
E_{cm}	31447.2 N/mm ²	Modulo elastico medio cls
α_e	6.68	Rapporto E_s/E_{cm}
f_{cm}	32.9 N/mm ²	Resistenza media cls
ρ_{eff}	0.0180	Rapporto area acciaio/area efficace
ϵ_{sm1}	0.000642	Deformazione unitaria media barre di calcolo

ϵ_{sm2}	0.000568	<i>Deformazione unitaria media barre valore minimo</i>	
ϵ_{sm}	0.000642	<i>Deformazione unitaria media</i>	
k_3	3.4	<i>Coefficiente</i>	
k_4	0.4	<i>Coefficiente</i>	
Δs_{max}	393.2 mm	<i>Distanza massima tra le fessure</i>	
w_d	0.253 mm	<i>Valore di calcolo apertura fessure</i>	
w_d/w	0.63	<1	VERIFICA SODDISFATTA

9.11.3 Verifiche geotecniche dei pali_TIPO M

- Verifiche della capacità portante

	MEDIO	MINIMO	
Q_{Rm} [KN]	1513.89	1513.89	Valore di calcolo
Q_{Rk} [KN]	890.52	890.52	Valore caratteristico
$Q_{Rd\ comp}$ [kN]	586.01	586.01	Valore di progetto a compressione
$Q_{Rd\ traz}$ [kN]	657.11	657.11	Valore di progetto a trazione

PORTANZA IN COMPRESSIONE				
$E_{c,d}$ [kN]	125.77	<	586.01	$R_{c,d}$ [kN]
$E_{c,d}/R_{c,d}$	21.46%	Verificato		

Dalle verifiche risulta che il palo in calcestruzzo armato della lunghezza prevista risulta idoneo ad accogliere tutti i carichi trasmessi dalle barriere.

- Verifiche ai carichi trasversali

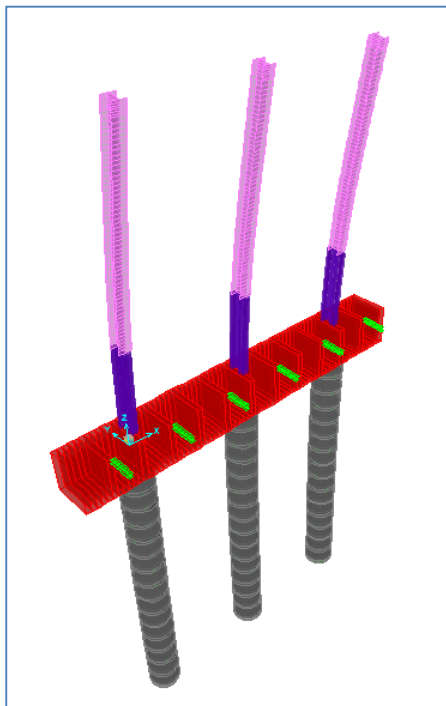
VERIFICA BROMS TERRENI GRANULARI					
Terreno:		Sabbie e ghiaie			
Falda:		SI			
Caratteristiche medie del terreno			Caratteristiche minime del terreno		
α	0	inclinazione rilevato	α	0	inclinazione rilevato
ϕ_{medio} [°]	32		ϕ_{min} [°]	32	
k_p	3.25		k_p	3.25	
γ_{medio} [kN/m ³]	8.19		γ_{min} [kN/m ³]	8.19	

COMBO GEO A2+M1+R2	
$H_{tr,d\ media}$ [kN]	171.05
$H_{tr,d\ min}$ [kN]	171.05
H_{RES} [kN]	171.05
H_{ES} [kN]	65.81
H_{ES}/H_{RES}	38.47%

Palo corto		Palo corto	
H1 [kN]	2047.11	H1 [kN]	2047.11
Mmax [kNm]	10917.92 >My	Mmax [kNm]	10917.92 >My
Palo intermedio		Palo intermedio	
H2 [kN]	756.27	H2 [kN]	756.27
Palo lungo		Palo lungo	
H3 [kN]	465.26	H3 [kN]	465.26
H _{media} [kN]	465.26	H _{min} [kN]	465.26
H _{tr,k media} [kN]	273.68	H _{tr,k min} [kN]	273.68

Verificato	
COMBO STR A1+M1+R3	
H _{tr,d media} [kN]	210.53
H _{tr,d min} [kN]	210.53
H _{RES} [kN]	210.53
H _{ES} [kN]	75.94
H _{ES} /H _{RES}	36.07%
Verificato	

• Verifica di deformabilità



VERIFICA DI DEFORMABILITA'		
Spostamento testa montante da vento	3.57	cm
Traslazione testa palo	0.586	cm
Rotazione testa palo	0.002	[rad]
Rotazione testa palo	0.1146	[°]
Spostamento testa montante da rotazione	1.55	cm
Spostamento totale testa montante E _d	5.12	cm
Spostamento ammissibile C _d = H/100	6.95	cm
Verificato Ed < Cd - Ed/Cd = 0.76		

Joint Displacements			
Joint Object	95	Joint Element	95
	1	2	3
Trans	0.	-0.00586	-8.591E-05
Rotn	0.002	0.	0.

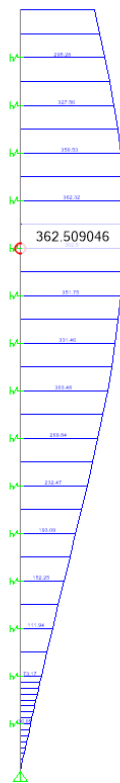
9.12 BARRIERA H=6.95M – RILEVATO < 4m – ARGILLA

Verifiche strutturali e geotecniche (Argilla)

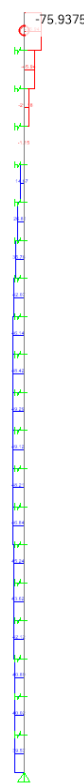
La determinazione delle sollecitazioni lungo il palo è stata effettuata mediante il software di calcolo Sap2000, considerando il palo immerso nel terreno e soggetto all'azione dei carichi orizzontali e verticali derivanti dalla struttura in elevazione. Il terreno è stato schematizzato mediante una distribuzione di molle di diversa rigidezza a seconda del tipo di terreno che il palo attraversa. Una volta note le sollecitazioni agenti è stata effettuata una verifica a pressoflessione della sezione circolare del palo in c.a. mediante l'utilizzo del software di calcolo VCA-SLU.

9.12.1 Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1

Le sollecitazioni massime agenti sui pali risultano:



$M_{max}=362.51 \text{ kNm}$



$V_{max}=75.94 \text{ kN}$

I valori caratteristici delle azioni trasmesse al singolo palo di fondazione (si considerano le sollecitazioni del palo centrale, ossia quello più sollecitato), risultano:

	TESTA PALO			FUSTO
	N (kN)	T (kN)	M (kNm)	Mmax (kNm)
STR	170.24	75.94	295.28	329.42
GEO	126.10	65.81	255.78	285.38
SLE	126.10	50.63	196.93	219.68

Il palo è lungo 10,00 m ed è armato con ferri longitudinali 16 ϕ 20 e staffe ϕ 12/20.

- Verifica a flessione: $\Phi 800$

Di seguito si riporta la verifica a presso-flessione del palo:

VERIFICA STRUTTURALE PALO		
N [kN]	170.24	(Combo str)
T [kN]	75.94	
M [kN]	295.28	
Mmax [kNm]	329.42	
Armatura	16 Ø20	
M _{Rd} [kNm]	591.20	
M _{Ed} /M _{Rd}	0.56	<1
VERIFICA SODDISFATTA		

- Verifica a taglio

Di seguito si riporta la verifica a taglio:

VERIFICA STRUTTURALE PALO-TAGLIO		
N [kN]	170.24	(Combo str)
V [kN]	75.94	
M [kN]	295.28	
Vmax [kN]	75.94	
Caratteristiche sezione rettangolare equivalente		
α (rad)	0.57	
b (mm)	674.22	
h (mm)	745.54	
d (mm)	616.45	
Materiali		
f _{ck} (Mpa)	25.00	
γ _c	1.50	
f _{cd} (Mpa)	14.17	
f _{yk} (Mpa)	450.00	
γ _s	1.15	
f _{yd} (Mpa)	391.3	
Verifica senza armatura a taglio		
Asl (mm ²)	5024.00	16 Ø20
ρ _l (%)	0.01	

k		1.32		
vmin		0.27		
Vrd (kN)		254.59		
V_{Ed}/V_{Rd}	0.30		<1	VERIFICA SODDISFATTA
Verifica con armatura a taglio				
Asw (mm ²)		226.00	2 Ø12	
s (mm)		200.00		
α (°)		90.00		
cotgθ		2.50		
cotgα		0.00		
σcp (Mpa)		0.34		
αc		1.02		
Vrcd (kN)		548.29		
Vrsd (kN)		935.49		
V_{Ed}/V_{Rd}	0.14		<1	VERIFICA SODDISFATTA

9.12.2 Verifiche strutturali: SLE (Rara)

• Verifica tensionale

Verifica C.A. S.L.U. - File:

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 40 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 16
 Diametro barre: 2 [cm]
 Copriferro (baric.): 6 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 126.1 kN
 M_{xEd}: 0 219.68 kNm
 M_{yEd}: 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

B450C	C25/30
ϵ_{su} : 67.5 ‰	ϵ_{c2} : 2 ‰
f_{yd} : 391.3 N/mm ²	ϵ_{cu} : 3.5 ‰
E_s : 200 000 N/mm ²	f_{cd} : 14.17
E_s/E_c : 15	f_{cc}/f_{cd} : 0.8
ϵ_{syd} : 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$: 9.75
$\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm ²	τ_{co} : 0.6
	τ_{c1} : 1.829

σ_c : -6.511 N/mm²
 σ_s : 178 N/mm²
 ϵ_s : 0.89 ‰
 d: 74 cm
 x: 26.22 x/d: 0.3543
 δ : 0.8829

Vertici: 52
 Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

VERIFICA TENSIONALE PALO	
N [kN]	126.10 (Combo rara)
T [kN]	50.63
M [kN]	196.93
Mmax [kNm]	219.68
Armatura	16 Ø20
f_{ck} [N/mm ²]	25

f_{yk} [N/mm ²]	450		
$\sigma_{cls,max}$ [N/mm ²]	6.51	< $\sigma_{cls,amm}$ [N/mm ²]	VERIFICA SODDISFATTA
$\sigma_{acc,max}$ [N/mm ²]	178.00	< $\sigma_{acc,amm}$ [N/mm ²]	VERIFICA SODDISFATTA

- Verifica a fessurazione

Dati		Verica fessurazione sezione circolare CIRCOLARE 2/02/2009 N°617 Par.C.4.1.2.2.4.6	
ϑ_s	178 N/mm ²	<i>Tensione massima armatura tesa sezione fessurata</i>	
Rck	30.0 N/mm ²	<i>Resistenza caratteristica cubica cls</i>	
ϕ_l	20 mm	<i>Diametro barre longitudinali</i>	
ϕ_s	12 mm	<i>Diametro staffe o spirale</i>	
n	16	<i>Numero ferri longitudinali</i>	
c	60 mm	<i>Ricoprimento del calcestruzzo</i>	
D	800 mm	<i>Diametro</i>	
k_t	0.4	<i>kt=0,6 ;0,4 carichi breve durata/lunga durata</i>	
k_2	0.5	<i>k2=0,5 ;1,0 caso flessione/trazione semplice</i>	
k_1	0.8	<i>k1=0,8 ;1,6 barre aderenza migliorata/lisce</i>	
w	0.4 mm	<i>Valore limite apertura fessure</i>	
Dati			
fck	24.9 N/mm ²	<i>Resistenza caratteristica cilindrica cls</i>	
i	125 mm	<i>Interasse ferri longitudinali</i>	
A_ϕ	314 mm ²	<i>Area barra longitudinale</i>	
E_s	210000.0 N/mm ²	<i>Modulo elastico acciaio da c.a</i>	
f_{ctm}	2.6 N/mm ²	<i>Resistenza a trazione media cls</i>	
E_{cm}	31447.2 N/mm ²	<i>Modulo elastico medio cls</i>	
α_e	6.68	<i>Rapporto Es/Ecm</i>	
f_{cm}	32.9 N/mm ²	<i>Resistenza media cls</i>	
ρ_{eff}	0.0180	<i>Rapporto area acciaio/area efficace</i>	
ϵ_{sm1}	0.000544	<i>Deformazione unitaria media barre di calcolo</i>	

ϵ_{sm2}	0.000509	<i>Deformazione unitaria media barre valore minimo</i>	
ϵ_{sm}	0.000544	<i>Deformazione unitaria media</i>	
k_3	3.4	<i>Coefficiente</i>	
k_4	0.4	<i>Coefficiente</i>	
Δs_{max}	393.2 mm	<i>Distanza massima tra le fessure</i>	
w_d	0.214 mm	<i>Valore di calcolo apertura fessure</i>	
w_d/w	0.54	<1	VERIFICA SODDISFATTA

9.12.3 Verifiche geotecniche dei pali_TIPO N

- Verifiche della capacità portante

	MEDIO	MINIMO	
Q_{Rm} [kN]	985.20	985.20	Valore di calcolo
Q_{Rk} [kN]	579.53	579.53	Valore caratteristico
$Q_{Rd\ comp}$ [kN]	364.49	364.49	Valore di progetto a compressione
$Q_{Rd\ traz}$ [kN]	487.87	487.87	Valore di progetto a trazione

PORTANZA IN COMPRESSIONE				
$E_{c,d}$ [kN]	126.10	<	364.49	$R_{c,d}$ [kN]
$E_{c,d}/R_{c,d}$	34.60%	Verificato		

Dalle verifiche risulta che il palo in calcestruzzo armato della lunghezza prevista risulta idoneo ad accogliere tutti i carichi trasmessi dalle barriere.

- Verifiche ai carichi trasversali

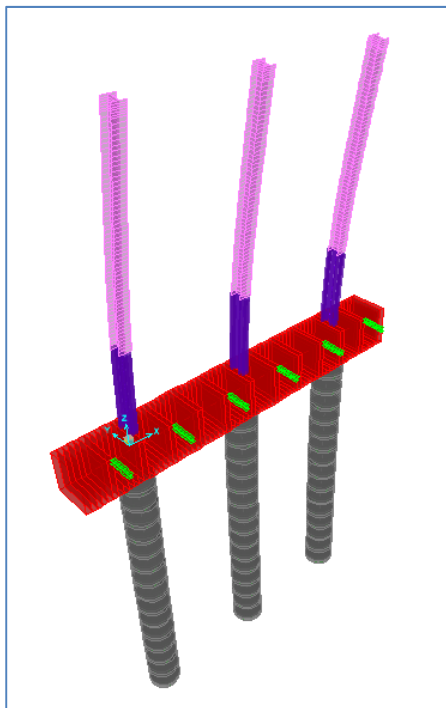
VERIFICA BROMS TERRENI COESIVI			
Terreno:	Argille		
Caratteristiche medie del terreno		Caratteristiche minime del terreno	
Parametri del terreno		Parametri del terreno	
Cu_{media} [kPa]	40	Cu_{min} [kPa]	40
Palo corto		Palo corto	
H1 [kN]	2534.40	H1 [kN]	2534.40
Mmax [kNm]	##### >My	Mmax [kNm]	#####

COMBO GEO A2+M1+R2	
$H_{tr,d\ media}$ [kN]	201.88
$H_{tr,d\ min}$ [kN]	201.88
H_{RES} [kN]	201.88
H_{ES} [kN]	65.81
H_{ES}/H_{RES}	32.60%
Verificato	

Palo intermedio		Palo intermedio	
H2 [kN]	958.74	H2 [kN]	958.74
Palo lungo		Palo lungo	
H3 [kN]	549.11	H3 [kN]	549.11
H _{media} [kN]	549.11	H _{min} [kN]	549.11
H _{tr,k media} [kN]	323.00	H _{tr,k min} [kN]	323.00

COMBO STR A1+M1+R3	
H _{tr,d media} [kN]	248.46
H _{tr,d min} [kN]	248.46
H _{RES} [kN]	248.46
H _{ES} [kN]	75.94
H _{ES} /H _{RES}	30.56%
Verificato	

- Verifica di deformabilità



VERIFICA DI DEFORMABILITA'		
Spostamento testa montante da vento	3.57	cm
Traslazione testa palo	0.595	cm
Rotazione testa palo	0.00197	[rad]
Rotazione testa palo	0.1129	[°]
Spostamento testa montante da rotazione	1.53	cm
Spostamento totale testa montante E _d	5.10	cm
Spostamento ammissibile C _d = H/100	6.95	cm
Verificato Ed < Cd - Ed/Cd = 0.76		

Joint Displacements			
Joint Object	95	Joint Element	95
	1	2	3
Trans	0.	-0.00595	-1.156E-04
Rotn	0.00197	0.	0.

10 PROGETTO GEOTECNICO DEI MICROPALI

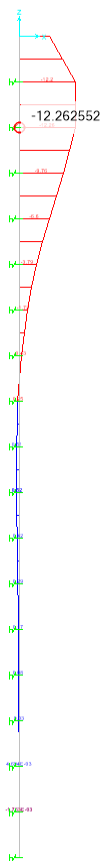
10.1 BARRIERA H=4.95M – RILEVATO < 4m – ARGILLA

Verifiche strutturali e geotecniche (Argilla)

La determinazione delle sollecitazioni lungo il palo è stata effettuata mediante il software di calcolo Sap2000, considerando il palo immerso nel terreno e soggetto all'azione dei carichi orizzontali e verticali derivanti dalla struttura in elevazione. Il terreno è stato schematizzato mediante una distribuzione di molle di diversa rigidezza a seconda del tipo di terreno che il palo attraversa. Una volta note le sollecitazioni agenti è stata effettuata una verifica a pressoflessione della sezione circolare del palo in c.a. mediante l'utilizzo del software di calcolo VCA-SLU.

10.1.1 Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1

Le sollecitazioni massime agenti sui pali risultano:



$M_{\max} = 12.26 \text{ kNm}$



$V_{\max} = 11.34 \text{ kN}$

I valori caratteristici delle azioni trasmesse al singolo palo di fondazione (si considerano le sollecitazioni del palo centrale, ossia quello più sollecitato), risultano:

Vento VERSO strada (verso MONTE)			
SOLLECITAZIONI TESTA PALO LATO ESTERNO			
P4	STR	GEO	SLE
N [kN]	-44.47	-40.13	-27.98
T [kN]	-11.30	-9.80	-7.54
M [kNm]	12.21	10.59	8.14

Vento DA strada (verso VALLE)			
SOLLECITAZIONI TESTA PALO LATO ESTERNO			
P4	STR	GEO	SLE
N [kN]	121.43	103.66	82.62
T [kN]	11.30	9.79	7.53
M [kNm]	-12.22	-10.59	-8.14

SOLLECITAZIONI TESTA PALO LATO STRADA			
P3	STR	GEO	SLE
N [kN]	120.35	102.74	81.88
T [kN]	-11.34	-9.83	-7.56
M [kNm]	12.20	10.57	8.13

SOLLECITAZIONI TESTA PALO LATO STRADA			
P3	STR	GEO	SLE
N [kN]	-45.35	-40.87	-28.59
T [kN]	11.35	9.83	7.56
M [kNm]	-12.20	-10.57	-8.13

Il palo ha sezione $\Phi 250$, è lungo 9,00 m ed è armato con un'armatura tubolare $\Phi 139.7$ sp.10mm.

VERIFICA STRUTTURALE MICROPALO			
N [kN]	121.43	(Combo str)	
T [kN]	11.30		
M [kN]	12.21		
Mmax [kNm]	12.27		
CANNA MICROPALO			
Armatura	$\Phi 139.7 - Sp 10$	ACCIAIO S355	
Φ_{est} [mm]	139.70	f_{yk} [N/mm ²]	355
Φ_{int} [mm]	119.70	γ_{M0}	1.05
sp [mm]	10.00		
A [mm ²]	4075	M_{pl} [kNm]	41.72
W_{pl} [cm ³]	123.39		
VERIFICA A FLESSIONE, TAGLIO, SFORZO NORMALE			
$N_{pl,Rd}$ [kN]	1377.62		
n	0.09		

A_v [mm ²]=2A/p	2594.00			
$V_{c,Rd}$ [kN]	506.35			
$V_{Ed}/V_{c,Rd}$	0.02	<0.5		TAGLIO TRASCURABILE
ρ	0.00			
$M_{y,N V,Rd}$ [kNm]	38.04			
$M_{Ed}/M_{N,y,Rd}$	0.32	<1		VERIFICA SODDISFATTA

10.1.2 Verifiche geotecniche dei pali TIPO O

- Verifiche della capacità portante

	MEDIO	MINIMO	
Q_{Rm} [kN]	1158.36	1158.36	Valore di calcolo
Q_{Rk} [kN]	681.39	681.39	Valore caratteristico
$Q_{Rd comp}$ [kN]	469.92	469.92	Valore di progetto a compressione
$Q_{Rd traz}$ [kN]	425.87	425.87	Valore di progetto a trazione

PORTANZA IN COMPRESSIONE				
$E_{c,d}$ [kN]	103.66	<	469.92	$R_{c,d}$ [kN]
$E_{c,d}/R_{c,d}$	22.06%	Verificato		

PORTANZA IN TRAZIONE				
$E_{t,d}$ [kN]	40.87	<	425.87	$R_{t,d}$ [kN]
Q_{Ed}/Q_{Rd}	9.60%	Verificato		

Dalle verifiche risulta che il palo in calcestruzzo armato della lunghezza prevista risulta idoneo ad accogliere tutti i carichi trasmessi dalle barriere.

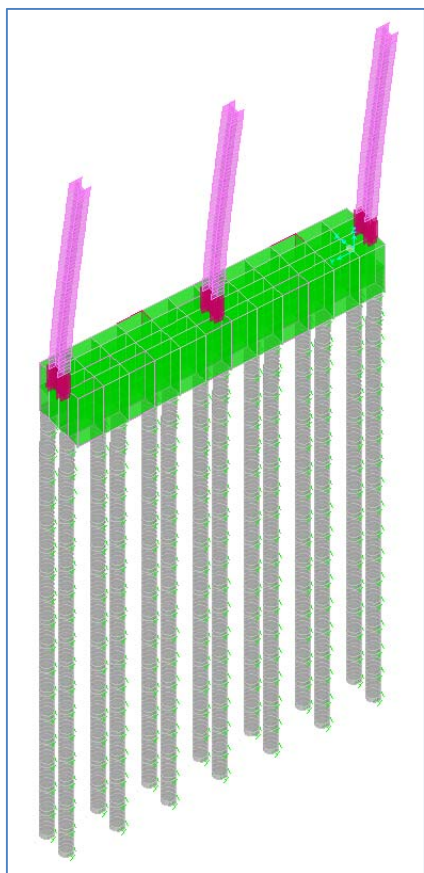
- Verifiche ai carichi trasversali

VERIFICA BROMS TERRENI COESIVI			
Terreno:	Argille		
<u>Caratteristiche medie del terreno</u>		<u>Caratteristiche minime del terreno</u>	
Parametri del terreno		Parametri del terreno	
Cu_{media} [kPa]	40	Cu_{min} [kPa]	40

COMBO GEO A2+M1+R2	
$H_{tr,d media}$ [kN]	46.67
$H_{tr,d min}$ [kN]	46.67

Palo corto		Palo corto		H _{RES} [kN] 46.67	
H1 [kN]	776.25	H1 [kN]	776.25	H _{ES} [kN]	9.79
Mmax [kNm]	3638.67 >My	Mmax [kNm]	3638.67	H_{ES}/H_{RES} 20.98%	
Palo intermedio		Palo intermedio		Verificato	
H2 [kN]	313.47	H2 [kN]	313.47	COMBO STR A1+M1+R3	
Palo lungo		Palo lungo		H _{tr,d media} [kN]	57.44
H3 [kN]	126.94	H3 [kN]	126.94	H _{tr,d min} [kN]	57.44
H _{media} [kN]	126.94	H _{min} [kN]	126.94	H _{RES} [kN]	57.44
H _{tr,k media} [kN]	74.67	H _{tr,k min} [kN]	74.67	H _{ES} [kN]	11.30
				H_{ES}/H_{RES} 19.67%	
				Verificato	

• Verifica di deformabilità



VERIFICA DI DEFORMABILITA'		
Spostamento testa montante da vento	1.29	cm
Traslazione testa palo	0.337	cm
Rotazione testa palo	0.00312	[rad]
Rotazione testa palo	0.1788	[°]
Spostamento testa montante da rotazione	1.79	cm
Spostamento totale testa montante E _d	3.09	cm
Spostamento ammissibile C _d = H/100	4.95	cm
Verificato Ed < Cd - Ed/Cd = 0.65		

Joint Displacements			
Joint Object	321	Joint Element	321
	1	2	3
Trans	-0.00337	5.517E-06	-0.0013
Rotn	-1.332E-05	-0.00312	-7.066E-06

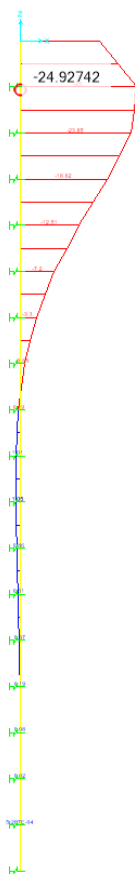
10.3 BARRIERA H=6.95M – RILEVATO < 4m – ARGILLA

Verifiche strutturali e geotecniche (Argilla)

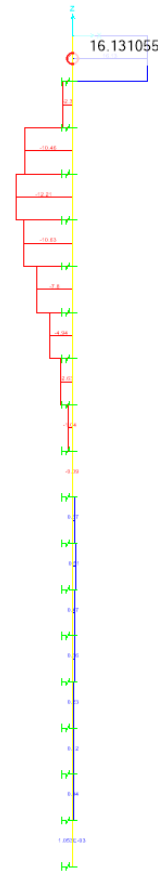
La determinazione delle sollecitazioni lungo il palo è stata effettuata mediante il software di calcolo Sap2000, considerando il palo immerso nel terreno e soggetto all'azione dei carichi orizzontali e verticali derivanti dalla struttura in elevazione. Il terreno è stato schematizzato mediante una distribuzione di molle di diversa rigidezza a seconda del tipo di terreno che il palo attraversa. Una volta note le sollecitazioni agenti è stata effettuata una verifica a pressoflessione della sezione circolare del palo in c.a. mediante l'utilizzo del software di calcolo VCA-SLU.

10.3.1 Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1

Le sollecitazioni massime agenti sui pali risultano:



$M_{max}=24.93 \text{ kNm}$



$V_{max}=16.13 \text{ kN}$

I valori caratteristici delle azioni trasmesse al singolo palo di fondazione (si considerano le sollecitazioni del palo centrale, ossia quello più sollecitato), risultano:

Vento VERSO strada (verso MONTE)			
SOLLECITAZIONI TESTA PALO LATO ESTERNO			
P4	STR	GEO	SLE
N [kN]	-115.96	-102.17	-75.55
T [kN]	-16.06	-13.92	-10.71
M [kNm]	25.03	21.69	16.69

Vento DA strada (verso VALLE)			
SOLLECITAZIONI TESTA PALO LATO ESTERNO			
P4	STR	GEO	SLE
N [kN]	188.54	161.73	127.45
T [kN]	16.05	13.91	10.70
M [kNm]	-25.04	-21.70	-16.69

SOLLECITAZIONI TESTA PALO LATO STRADA			
P3	STR	GEO	SLE
N [kN]	187.77	161.09	126.92
T [kN]	-16.13	-13.98	-10.75
M [kNm]	25.00	21.67	16.67

SOLLECITAZIONI TESTA PALO LATO STRADA			
P3	STR	GEO	SLE
N [kN]	-116.27	-102.41	-75.78
T [kN]	16.13	13.98	10.75
M [kNm]	-25.00	-21.66	-16.66

Il palo ha sezione $\Phi 250$, è lungo 9,00 m ed è armato con un'armatura tubolare $\Phi 139.7$ sp.10mm.

VERIFICA STRUTTURALE MICROPALO - VENTO			
N [kN]	188.54	(Combo str)	
T [kN]	16.05		
M [kN]	25.03		
Mmax [kNm]	25.04		
CANNA MICROPALO			
Armatura	$\Phi 139.7 - Sp 10$	ACCIAIO S355	
Φ_{est} [mm]	139.70	f_{yk} [N/mm ²]	355
Φ_{int} [mm]	119.70	γ_{M0}	1.05
sp [mm]	10.00		
A [mm ²]	4075	M_{pl} [kNm]	41.72
W_{pl} [cm ³]	123.39		
VERIFICA A FLESSIONE, TAGLIO, SFORZO NORMALE			
$N_{pl,Rd}$ [kN]	1377.62		
n	0.14		
A_v [mm ²]=2A/p	2594.00		

$V_{c,Rd}$ [kN]	506.35		
$V_{Ed}/V_{c,Rd}$	0.03	<0.5	TAGLIO TRASCURABILE
ρ	0.00		
$M_{y,N V,Rd}$ [kNm]	36.01		
$M_{Ed}/M_{N,y,Rd}$	0.70	<1	VERIFICA SODDISFATTA

10.3.2 Verifiche geotecniche dei pali_TIPO P

- Verifiche della capacità portante

	MEDIO	MINIMO	
Q_{Rm} [KN]	1158.36	1158.36	Valore di calcolo
Q_{Rk} [KN]	681.39	681.39	Valore caratteristico
$Q_{Rd comp}$ [kN]	469.92	469.92	Valore di progetto a compressione
$Q_{Rd traz}$ [kN]	425.87	425.87	Valore di progetto a trazione

PORTANZA IN COMPRESSIONE				
$E_{c,d}$ [kN]	161.73	<	469.92	$R_{c,d}$ [kN]
$E_{c,d}/R_{c,d}$	34.42%	Verificato		

PORTANZA IN TRAZIONE				
$E_{t,d}$ [kN]	102.41	<	425.87	$R_{t,d}$ [kN]
Q_{Ed}/Q_{Rd}	24.05%	Verificato		

Dalle verifiche risulta che il palo in calcestruzzo armato della lunghezza prevista risulta idoneo ad accogliere tutti i carichi trasmessi dalle barriere.

- Verifiche ai carichi trasversali

VERIFICA BROMS TERRENI COESIVI	
Terreno:	Argille
Caratteristiche medie del terreno	Caratteristiche minime del terreno
Parametri del terreno	Parametri del terreno
Cu_{media} [kPa] 40	Cu_{min} [kPa] 40
Palo corto	Palo corto

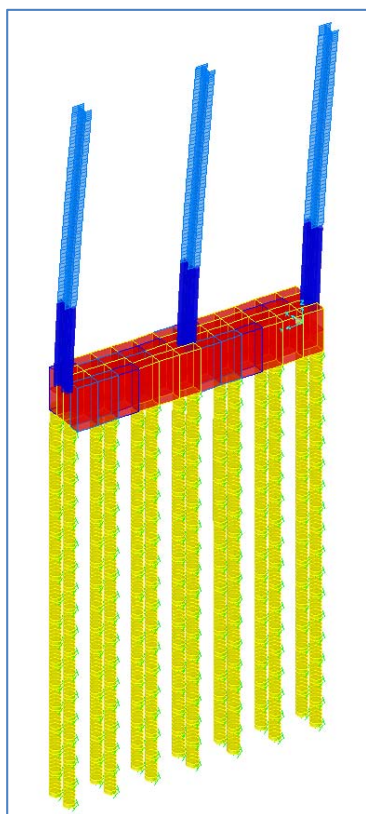
COMBO GEO A2+M1+R2	
$H_{tr,d media}$ [kN]	46.67
$H_{tr,d min}$ [kN]	46.67
H_{RES} [kN]	46.67
H_{ES} [kN]	13.91

H1 [kN]	776.25		H1 [kN]	776.25
Mmax [kNm]	3638.67	>My	Mmax [kNm]	3638.67
Palo intermedio			Palo intermedio	
H2 [kN]	313.47		H2 [kN]	313.47
Palo lungo			Palo lungo	
H3 [kN]	126.94		H3 [kN]	126.94
H _{media} [kN]	126.94		H _{min} [kN]	126.94
H _{tr,k media} [kN]	74.67		H _{tr,k min} [kN]	74.67

H _{ES} /H _{RES}	29.81%
Verificato	

COMBO STR A1+M1+R3	
H _{tr,d media} [kN]	57.44
H _{tr,d min} [kN]	57.44
H _{RES} [kN]	57.44
H _{ES} [kN]	16.05
H _{ES} /H _{RES}	27.95%
Verificato	

• Verifica di deformabilità



VERIFICA DI DEFORMABILITA'		
Spostamento testa montante da vento	1.66	cm
Traslazione testa palo	0.54	cm
Rotazione testa palo	0.0052	[rad]
Rotazione testa palo	0.2979	[°]
Spostamento testa montante da rotazione	3.77	cm
Spostamento totale testa montante E _d	5.97	cm
Spostamento ammissibile C _d = H/100	6.95	cm
Verificato Ed < Cd - Ed/Cd = 0.88		

Joint Displacements				
Joint Object	1185	Joint Element	1185	
	1	2	3	
Trans	-0.00544	-2.602E-06	8.300E-04	
Rotn	-8.742E-06	-0.00526	-1.002E-05	

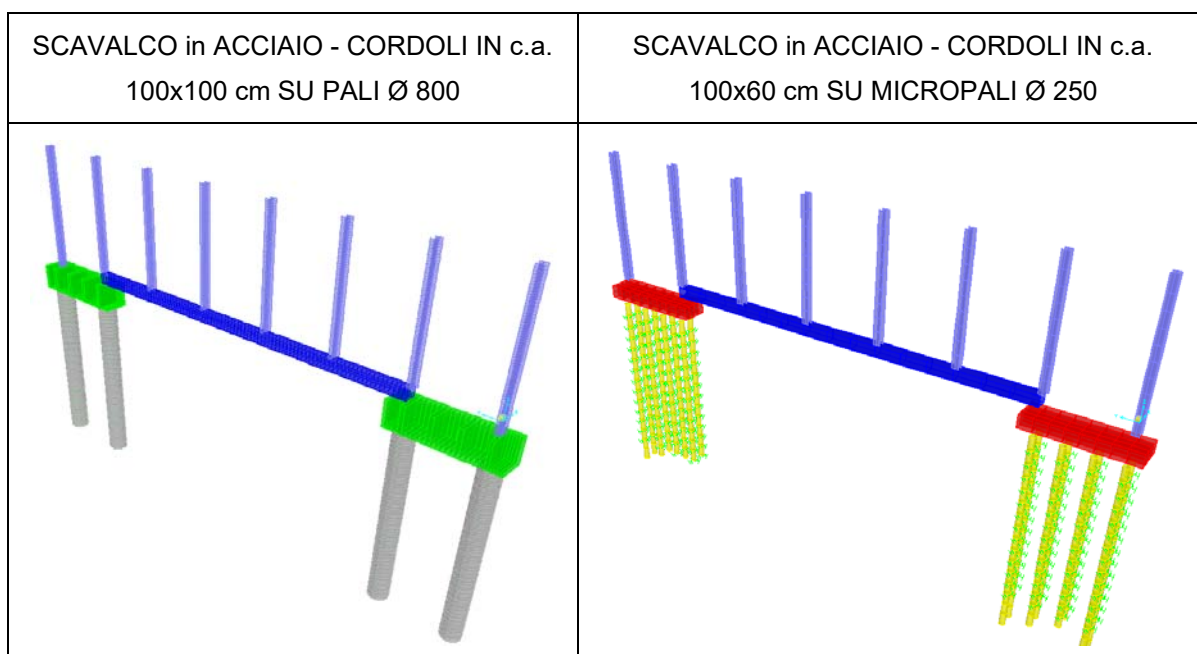
11 TRAVI DI SCAVALCO IN ACCIAIO

Le fondazioni delle travi di scavalco in acciaio vengono realizzate mediante cordolo di fondazione su pali trivellati in c.a. di diametro Ø600 per la linea di progetto e micropali di diametro Ø250, per la linea storica.

Le sollecitazioni scaricanti sulla fondazione dello scavalco sono quindi lo sforzo normale, il taglio ed i momenti M_x , M_y e M_z dello scavalco stesso, sommato allo scarico dello sforzo normale, taglio e momento di un montante singolo. La ripartizione delle sollecitazioni sui vari pali e sul cordolo di collegamento è stata verificata attraverso un modello agli elementi finiti realizzato con il programma di calcolo SAP2000.

Il terreno è stato schematizzato mediante una distribuzione di molle di diversa rigidezza a seconda del tipo di terreno che il palo attraversa. Il modello di calcolo agli elementi finiti è stato realizzato mediante l'ausilio del programma di calcolo "Sap2000" della Computer and Structures Inc.

Di seguito si riportano le verifiche strutturali e geotecniche effettuate sulle travi di scavalco in acciaio.



11.1 PROGETTO GEOTECNICO DEI PALI

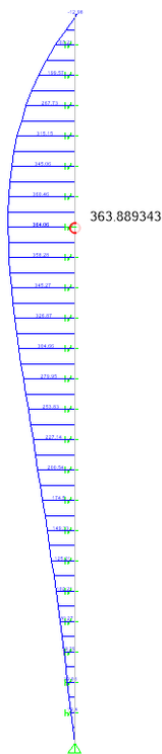
Il progetto geotecnico dei pali di seguito riportato, riguarda il caso più gravoso di rilevato basso composto da terreno argilloso.

11.1.1 TRAVE DI SCAVALCO: TIPO D Verifiche strutturali e geotecniche

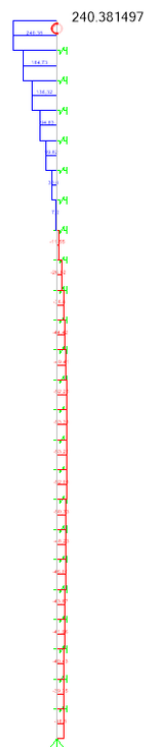
La determinazione delle sollecitazioni lungo il palo è stata effettuata mediante il software di calcolo Sap2000, considerando il palo immerso nel terreno e soggetto all'azione dei carichi orizzontali e verticali derivanti dalla struttura in elevazione. Il terreno è stato schematizzato mediante una distribuzione di molle di diversa rigidezza a seconda del tipo di terreno che il palo attraversa. Una volta note le sollecitazioni agenti è stata effettuata una verifica a pressoflessione della sezione circolare del palo in c.a. mediante l'utilizzo del software di calcolo VCA-SLU.

- Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1

Le sollecitazioni massime agenti sui pali risultano:



$M_{\max}=364 \text{ kNm}$



$V_{\max}=240.38 \text{ kN}$

I valori caratteristici delle azioni trasmesse al singolo palo di fondazione (si considerano le sollecitazioni del palo centrale, ossia quello più sollecitato), risultano:

	TESTA PALO			FUSTO
	N (kN)	T (kN)	M (kNm)	Mmax (kNm)
STR	478,79	240,38	107,21	364,06
GEO	403,30	208,33	92,92	364,06
SLE	331,45	160,25	71,47	315,51

Il palo è lungo 12,00 m ed è armato con ferri longitudinali 18φ20 e staffe φ12/20.

Verifica a flessione: Φ800

Di seguito si riporta la verifica a presso-flessione del palo:

The screenshot shows a software interface for structural analysis. Key sections include:

- Sezione circolare cava:**
 - Raggio esterno: 40 [cm]
 - Raggio interno: 0 [cm]
 - N° barre uguali: 18
 - Diametro barre: 2 [cm]
 - Copriferro (baric.): 6 [cm]
- Sollecitazioni:**
 - Metodo n
 - N_{Ed}: 0 kN
 - M_{xEd}: 0 kNm
 - M_{yEd}: 0 kNm
- P.to applicazione N:**
 - Centro (selected)
 - Baricentro cls
 - Coord.[cm]: xN=0, yN=0
- Materiali:**
 - B450C, C25/30
 - ε_{su}: 67,5 ‰, ε_{c2}: 2 ‰
 - f_{yd}: 391,3 N/mm², ε_{cu}: 3,5 ‰
 - E_s: 200.000 N/mm², f_{cd}: 14,17
 - E_s/E_c: 15, f_{cc}/f_{cd}: 0,8
 - ε_{syd}: 1,957 ‰, σ_{c,adm}: 9,75
 - σ_{s,adm}: 255 N/mm², τ_{co}: 0,6
 - τ_{c1}: 1,829
- Calcoli e Risultati:**
 - M_{xRd}: 654,4 kN m
 - σ_c: -14,17 N/mm²
 - σ_s: 391,3 N/mm²
 - ε_c: 3,5 ‰
 - ε_s: 10,16 ‰
 - d: 74 cm
 - x: 18,96, x/d: 0,2563
 - δ: 0,7604
- Metodo di calcolo:** S.L.U.+ (selected), Metodo n
- Tipo flessione:** Retta (selected), Deviata
- Vertici: 52, N° rett.: 100
- Bottoni: Calcola MRd, Dominio M-N, L_o: 0 cm, Col. modello
- Precompresso:

VERIFICA STRUTTURALE PALO

N [kN]	478,79	(Combo str)	
T [kN]	240,38		
M [kN]	107,21		
Mmax [kNm]	364,06		
Armatura	18 Ø20		
M _{Rd} [kNm]	654,40		
M _{Ed} /M _{Rd}	0,56	<1	VERIFICA SODDISFATTA

Verifica a taglio

Di seguito si riporta la verifica a taglio:

VERIFICA STRUTTURALE PALO-TAGLIO

N [kN]	478,79	(Combo str)
V [kN]	240,38	
M [kN]	107,21	
Vmax [kN]	240,38	
Caratteristiche sezione rettangolare equivalente		
α (rad)	0,57	
b (mm)	674,22	
h (mm)	745,54	
d (mm)	616,45	
Materiali		
f _{ck} (Mpa)	25,00	
γ _c	1,50	
f _{cd} (Mpa)	14,17	
f _{yk} (Mpa)	450,00	
γ _s	1,15	
f _{yd} (Mpa)	391,3	
Verifica senza armatura a taglio		
Asl (mm ²)	5655,00	18 Ø20
ρ _l (%)	0,01	
k	1,32	

vmin	0,27		
Vrd (kN)	322,18		
V_{Ed}/V_{Rd}	0,75	<1	VERIFICA SODDISFATTA
Verifica con armatura a taglio			
Asw (mm ²)	226,00	2 Ø12	
s (mm)	200,00		
α (°)	90,00		
cotgθ	2,50		
cotgα	0,00		
σcp (Mpa)	0,95		
αc	1,07		
Vrcd (kN)	548,29		
Vrsd (kN)	975,08		
V_{Ed}/V_{Rd}	0,44	<1	VERIFICA SODDISFATTA

- Verifiche strutturali: SLE (Rara)

Verifica tensionale

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 40 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 18
 Diametro barre: 2 [cm]
 Copriferro (baric.): 6 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 331,45 kN
 M_{xEd}: 0 315,51 kNm
 M_{yEd}: 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

B450C C25/30

ε_{su}: 67,5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
 f_{yd}: 391,3 N/mm² ε_{cu}: 3,5 ‰
 E_s: 200.000 N/mm² f_{cd}: 14,17
 E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0,8
 ε_{syd}: 1,957 ‰ σ_{c,adm}: 9,75
 σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0,6
 τ_{c1}: 1,829

σ_c: -8,789 N/mm²
 σ_s: 201,7 N/mm²
 ε_s: 1,008 ‰
 d: 74 cm
 x: 29,25 x/d: 0,3953
 δ: 0,9341

Vertici: 52
 Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

VERIFICA TENSIONALE PALO	
N [kN]	331,45 (Combo rara)
T [kN]	160,25
M [kN]	71,47
Mmax [kNm]	315,51
Armatura	18 Ø20
f _{ck} [N/mm ²]	25
f _{yk} [N/mm ²]	450
σ _{cls,max} [N/mm ²]	8,79 < σ _{cls,amm} [N/mm ²]

VERIFICA SODDISFATTA

$\sigma_{acc,max} [N/mm^2]$
201,70
 $< \sigma_{acc,amm} [N/mm^2]$
VERIFICA SODDISFATTA
Verifica a fessurazione

<u>Verifica fessurazione sezione circolare</u>		
<u>CIRCOLARE 2/02/2009 N°617 Par.C.4.1.2.2.4.6</u>		
Dati		
ϑ_s	202 N/mm ²	Tensione massima armatura tesa sezione fessurata
R _{ck}	30,0 N/mm ²	Resistenza caratteristica cubica cls
ϕ_l	20 mm	Diametro barre longitudinali
ϕ_s	12 mm	Diametro staffe o spirale
n	18	Numero ferri longitudinali
c	60 mm	Ricoprimento del calcestruzzo
D	800 mm	Diametro
k_t	0,4	$k_t=0,6 ; 0,4$ carichi breve durata/lunga durata
k_2	0,5	$k_2=0,5 ; 1,0$ caso flessione/trazione semplice
k_1	0,8	$k_1=0,8 ; 1,6$ barre aderenza migliorata/lisce
w	0,3 mm	Valore limite apertura fessure
Dati		
f _{ck}	24,9 N/mm ²	Resistenza caratteristica cilindrica cls
i	111 mm	Interasse ferri longitudinali
A _φ	314 mm ²	Area barra longitudinale
E _s	210000,0 N/mm ²	Modulo elastico acciaio da c.a
f _{ctm}	2,6 N/mm ²	Resistenza a trazione media cls
E _{cm}	31447,2 N/mm ²	Modulo elastico medio cls
α_e	6,68	Rapporto E _s /E _{cm}
f _{cm}	32,9 N/mm ²	Resistenza media cls
ρ_{eff}	0,0202	Rapporto area acciaio/area efficace
ϵ_{sm1}	0,000687	Deformazione unitaria media barre di calcolo
ϵ_{sm2}	0,000576	Deformazione unitaria media barre valore minimo
ϵ_{sm}	0,000687	Deformazione unitaria media
k ₃	3,4	Coefficiente

k4	0,4	Coefficiente	
Δs_{max}	372,2 mm	Distanza massima tra le fessure	
w _d	0,256 mm	Valore di calcolo apertura fessure	
w _d /w	0.64	<1	VERIFICA SODDISFATTA

- Verifiche geotecniche dei pali TIPO Q

Verifiche della capacità portante

	MEDIO	MINIMO	
Q_{Rm} [kN]	1146,05	1146,05	Valore di calcolo
Q_{Rk} [kN]	674,15	674,15	Valore caratteristico
Q_{Rd comp} [kN]	422,71	422,71	Valore di progetto a compressione
Q_{Rd traz} [kN]	572,14	572,14	Valore di progetto a trazione

PORTANZA IN COMPRESSIONE				
E_{c,d} [kN]	403,30	<	422,71	R_{c,d} [kN]
E_{c,d}/R_{c,d}	95,41%	Verificato		

Dalle verifiche risulta che il palo in calcestruzzo armato della lunghezza prevista risulta idoneo ad accogliere tutti i carichi trasmessi dalle barriere.

Verifiche ai carichi trasversali

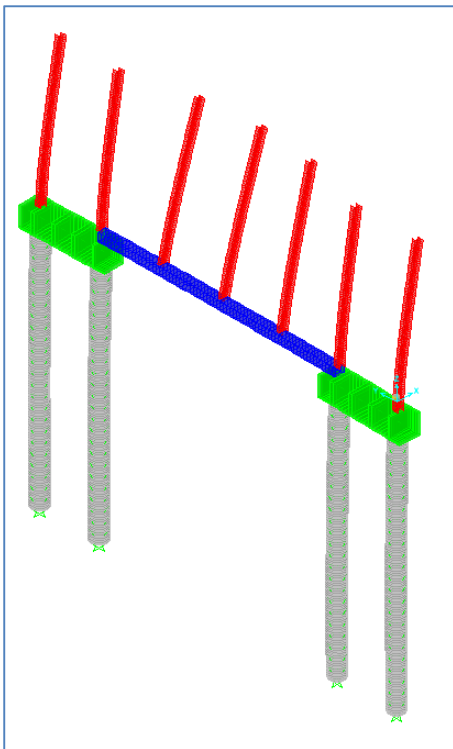
VERIFICA BROMS TERRENI COESIVI				
Terreno:	Argille			
Caratteristiche medie del terreno			Caratteristiche minime del terreno	
Parametri del terreno			Parametri del terreno	
Cu _{media} [kPa]	40		Cu _{min} [kPa]	40
Palo corto			Palo corto	
H1 [kN]	3110,40		H1 [kN]	3110,40
Mmax [kNm]	#####	>My	Mmax [kNm]	#####
Palo intermedio			Palo intermedio	
H2 [kN]	1186,45		H2 [kN]	1186,45
Palo lungo			Palo lungo	
H3 [kN]	588,91		H3 [kN]	588,91

COMBO GEO A2+M1+R2	
H _{tr,d media} [kN]	216,51
H _{tr,d min} [kN]	216,51
H _{RES} [kN]	216,51
H _{ES} [kN]	208,33
H_{ES}/H_{RES}	96,22%
Verificato	

COMBO STR A1+M1+R3	
H _{tr,d media} [kN]	266,47
H _{tr,d min} [kN]	266,47
H _{RES} [kN]	266,47
H _{ES} [kN]	240,38
H_{ES}/H_{RES}	90,21%

H _{media} [kN]	588,91	H _{min} [kN]	588,91	Verificato
H _{tr,k media} [kN]	346,42	H _{tr,k min} [kN]	346,42	

Verifica di deformabilità



VERIFICA DI DEFORMABILITA'		
Spostamento testa montante da vento	0,80	cm
Traslazione testa palo	0,657	cm
Rotazione testa palo	0,0021	[rad]
Rotazione testa palo	0,1203	[°]
Spostamento testa montante da rotazione	1,25	cm
Spostamento totale testa montante E _d	2,04	cm
Spostamento ammissibile C _d = H/100	4,95	cm
Verificato Ed < Cd - Ed/Cd = 0,41		

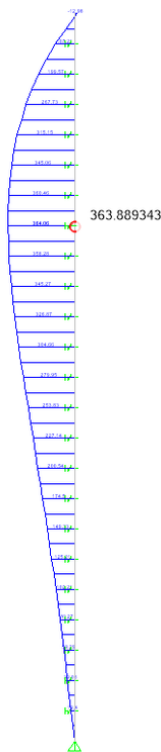
Joint	Object	201	Joint Element	201	3
Trans		1	2		
		0,00657	-8,138E-05		-4,144E-04
Rotn		-2,514E-05	6,431E-04		-0,0021

11.1.2 TRAVE DI SCAVALCO: TIPO Z
Verifiche strutturali e geotecniche

La determinazione delle sollecitazioni lungo il palo è stata effettuata mediante il software di calcolo Sap2000, considerando il palo immerso nel terreno e soggetto all'azione dei carichi orizzontali e verticali derivanti dalla struttura in elevazione. Il terreno è stato schematizzato mediante una distribuzione di molle di diversa rigidezza a seconda del tipo di terreno che il palo attraversa. Una volta note le sollecitazioni agenti è stata effettuata una verifica a pressoflessione della sezione circolare del palo in c.a. mediante l'utilizzo del software di calcolo VCA-SLU.

- Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1

Le sollecitazioni massime agenti sui pali risultano:



$M_{max}=363.889 \text{ kNm}$



$V_{max}=75.94 \text{ kN}$

I valori caratteristici delle azioni trasmesse al singolo palo di fondazione (si considerano le sollecitazioni del palo centrale, ossia quello più sollecitato), risultano:

	TESTA PALO			FUSTO
	N (kN)	T (kN)	M (kNm)	Mmax (kNm)
STR	399,65	60,39	418,95	548,15
GEO	341,23	46,45	322,27	475,06
SLE	474,38	59,64	513,22	365,43

Il palo è lungo 12,00 m ed è armato con ferri longitudinali 18φ20 e staffe φ12/20.

Verifica a flessione: Φ800

Di seguito si riporta la verifica a presso-flessione del palo:

The screenshot shows a software interface for structural analysis. Key sections include:

- Sezione circolare cava:**
 - Raggio esterno: 40 [cm]
 - Raggio interno: 0 [cm]
 - N° barre uguali: 18
 - Diametro barre: 2 [cm]
 - Copriferro (baric.): 6 [cm]
- Sollecitazioni:**
 - Metodo n
 - N_{Ed}: 0 kN
 - M_{xEd}: 0 kNm
 - M_{yEd}: 0 kNm
- P.to applicazione N:**
 - Centro (selected)
 - Baricentro cls
 - Coord.[cm]: xN=0, yN=0
- Materiali:**
 - B450C, C25/30
 - ε_{su}: 67,5 ‰, ε_{c2}: 2 ‰
 - f_{yd}: 391,3 N/mm², ε_{cu}: 3,5 ‰
 - E_s: 200.000 N/mm², f_{cd}: 14,17
 - E_s/E_c: 15, f_{cc}/f_{cd}: 0,8
 - ε_{syd}: 1,957 ‰, σ_{c,adm}: 9,75
 - σ_{s,adm}: 255 N/mm², τ_{co}: 0,6
 - τ_{c1}: 1,829
- Calcolo:**
 - M_{xRd}: 654,4 kN m
 - σ_c: -14,17 N/mm²
 - σ_s: 391,3 N/mm²
 - ε_c: 3,5 ‰
 - ε_s: 10,16 ‰
 - d: 74 cm
 - x: 18,96, x/d: 0,2563
 - δ: 0,7604
- Metodo di calcolo:** S.L.U.+ (selected), Metodo n
- Tipo flessione:** Retta (selected), Deviata
- Vertici: 52, N° rett.: 100
- Buttons: Calcola MRd, Dominio M-N, L₀: 0 cm, Col. modello
- Checkbox: Precompresso

VERIFICA STRUTTURALE PALO

N [kN]	399,65	(Combo str)	
T [kN]	60,39		
M [kN]	418,95		
Mmax [kNm]	548,15		
Armatura	18 Ø20		
M _{Rd} [kNm]	654,40		
M _{Ed} /M _{Rd}	0,84	<1	VERIFICA SODDISFATTA

Verifica a taglio

Di seguito si riporta la verifica a taglio:

VERIFICA STRUTTURALE PALO-TAGLIO

N [kN]	399,65	(Combo str)
V [kN]	60,39	
M [kN]	418,95	
Vmax [kN]	257,82	
Caratteristiche sezione rettangolare equivalente		
α (rad)	0,57	
b (mm)	674,22	
h (mm)	745,54	
d (mm)	616,45	
Materiali		
f _{ck} (Mpa)	25,00	
γ _c	1,50	
f _{cd} (Mpa)	14,17	
f _{yk} (Mpa)	450,00	
γ _s	1,15	
f _{yd} (Mpa)	391,3	
Verifica senza armatura a taglio		
Asl (mm ²)	5655,00	18 Ø20
ρ _l (%)	0,01	
k	1,32	

vmin	0,27		
Vrd (kN)	312,37		
V_{Ed}/V_{Rd}	0,83	<1	VERIFICA SODDISFATTA
Verifica con armatura a taglio			
Asw (mm ²)	226,00	2 Ø12	
s (mm)	200,00		
α (°)	90,00		
cotgθ	2,50		
cotgα	0,00		
σcp (Mpa)	0,80		
αc	1,06		
Vrcd (kN)	548,29		
Vrsd (kN)	964,93		
V_{Ed}/V_{Rd}	0,47	<1	VERIFICA SODDISFATTA

- Verifiche strutturali: SLE (Rara)

Verifica tensionale

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 40 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 18
 Diametro barre: 2 [cm]
 Copriferro (baric.): 6 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 474,38 kN
 M_{xEd}: 0 365,43 kNm
 M_{yEd}: 0 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} : 67,5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 391,3 N/mm² ϵ_{cu} : 3,5 ‰
 E_s : 200.000 N/mm² f_{cd} : 14,17
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0,8
 ϵ_{syd} : 1,957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 9,75
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0,6
 τ_{c1} : 1,829

σ_c : -10,15 N/mm²
 σ_s : 216,9 N/mm²
 ϵ_s : 1,085 ‰
 d: 74 cm
 x: 30,52 w/d: 0,4124
 δ : 0,9555

Vertici: 52
 Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

VERIFICA TENSIONALE PALO	
N [kN]	474,38 (Combo rara)
T [kN]	59,64
M [kN]	513,22
Mmax [kNm]	365,43
Armatura	18 Ø20
f_{ck} [N/mm ²]	25
f_{yk} [N/mm ²]	450
$\sigma_{cls,max}$ [N/mm ²]	10,15 < $\sigma_{cls,amm}$ [N/mm ²]
	VERIFICA SODDISFATTA

$\sigma_{acc,max} [N/mm^2]$
216,90
 $< \sigma_{acc,amm} [N/mm^2]$
VERIFICA SODDISFATTA
Verifica a fessurazione

Verifica fessurazione sezione circolare		
CIRCOLARE 2/02/2009 N°617 Par.C.4.1.2.2.4.6		
Dati		
σ_s	217 N/mm ²	Tensione massima armatura tesa sezione fessurata
R _{ck}	30,0 N/mm ²	Resistenza caratteristica cubica cls
ϕ_l	20 mm	Diametro barre longitudinali
ϕ_s	12 mm	Diametro staffe o spirale
n	18	Numero ferri longitudinali
c	60 mm	Ricoprimento del calcestruzzo
D	800 mm	Diametro
k_t	0,4	$k_t=0,6 ; 0,4$ carichi breve durata/lunga durata
k_2	0,5	$k_2=0,5 ; 1,0$ caso flessione/trazione semplice
k_1	0,8	$k_1=0,8 ; 1,6$ barre aderenza migliorata/lisce
w	0,3 mm	Valore limite apertura fessure
Dati		
f _{ck}	24,9 N/mm ²	Resistenza caratteristica cilindrica cls
i	111 mm	Interasse ferri longitudinali
A _φ	314 mm ²	Area barra longitudinale
E _s	210000,0 N/mm ²	Modulo elastico acciaio da c.a
f _{ctm}	2,6 N/mm ²	Resistenza a trazione media cls
E _{cm}	31447,2 N/mm ²	Modulo elastico medio cls
α_e	6,68	Rapporto E _s /E _{cm}
f _{cm}	32,9 N/mm ²	Resistenza media cls
ρ_{eff}	0,0202	Rapporto area acciaio/area efficace
ϵ_{sm1}	0,000759	Deformazione unitaria media barre di calcolo
ϵ_{sm2}	0,000620	Deformazione unitaria media barre valore minimo
ϵ_{sm}	0,000759	Deformazione unitaria media
k ₃	3,4	Coefficiente

k ₄	0,4	Coefficiente	
Δs _{max}	372,2 mm	Distanza massima tra le fessure	
w _d	0,283 mm	Valore di calcolo apertura fessure	
w _d /w	0.71	<1	VERIFICA SODDISFATTA

- Verifiche geotecniche dei pali TIPO Q

Verifiche della capacità portante

	MEDIO	MINIMO	
Q_{Rm} [kN]	1065,63	1065,63	Valore di calcolo
Q_{Rk} [kN]	626,84	626,84	Valore caratteristico
Q_{Rd comp} [kN]	393,60	393,60	Valore di progetto a compressione
Q_{Rd traz} [kN]	530,01	530,01	Valore di progetto a trazione

PORTANZA IN COMPRESSIONE				
E_{c,d} [kN]	341,23	<	393,60	R_{c,d} [kN]
E_{c,d}/R_{c,d}	86,69%	Verificato		

Dalle verifiche risulta che il palo in calcestruzzo armato della lunghezza prevista risulta idoneo ad accogliere tutti i carichi trasmessi dalle barriere.

Verifiche ai carichi trasversali

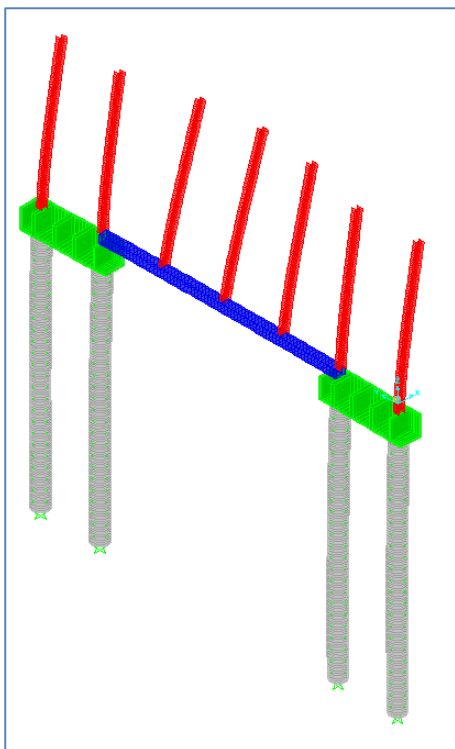
VERIFICA BROMS TERRENI COESIVI				
Terreno:	Argille			
Caratteristiche medie del terreno			Caratteristiche minime del terreno	
Parametri del terreno			Parametri del terreno	
Cu _{media} [kPa]	40		Cu _{min} [kPa]	40
Palo corto			Palo corto	
H1 [kN]	2822,40		H1 [kN]	2822,40
Mmax [kNm]	##### >My		Mmax [kNm]	#####
Palo intermedio			Palo intermedio	
H2 [kN]	1076,08		H2 [kN]	1076,08
Palo lungo			Palo lungo	
H3 [kN]	588,91		H3 [kN]	588,91

COMBO GEO A2+M1+R2	
H _{tr,d media} [kN]	216,51
H _{tr,d min} [kN]	216,51
H _{RES} [kN]	216,51
H _{ES} [kN]	46,45
H_{ES}/H_{RES}	21,45%
Verificato	

COMBO STR A1+M1+R3	
H _{tr,d media} [kN]	266,47
H _{tr,d min} [kN]	266,47
H _{RES} [kN]	266,47
H _{ES} [kN]	60,39
H_{ES}/H_{RES}	22,66%

H _{media} [kN]	588,91	H _{min} [kN]	588,91	Verificato
H _{tr,k media} [kN]	346,42	H _{tr,k min} [kN]	346,42	

Verifica di deformabilità



VERIFICA DI DEFORMABILITA'		
Spostamento testa montante da vento	3,57	cm
Traslazione testa palo	0,665	cm
Rotazione testa palo	0,001357	[rad]
Rotazione testa palo	0,0778	[°]
Spostamento testa montante da rotazione	1,05	cm
Spostamento totale testa montante E _d	4,62	cm
Spostamento ammissibile C _d = H/100	6,95	cm
Verificato Ed < Cd - Ed/Cd = 0,68		

Joint	Object	201	Joint Element	201	
		1	2	3	
Trans		0,00665	-5,018E-05	-4,242E-04	
Rotn		-1,585E-05	8,165E-04	-0,00178	

11.2 PROGETTO GEOTECNICO DEI MICROPALI

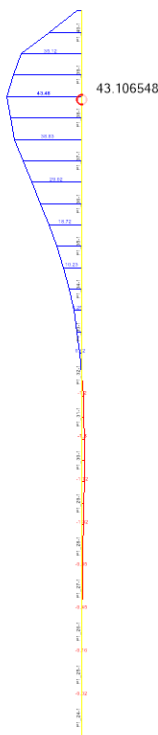
Il progetto geotecnico dei pali di seguito riportato, riguarda il caso più gravoso di rilevato basso composto da terreno argilloso.

11.2.1 TRAVE DI SCAVALCO: TIPO D Verifiche strutturali e geotecniche

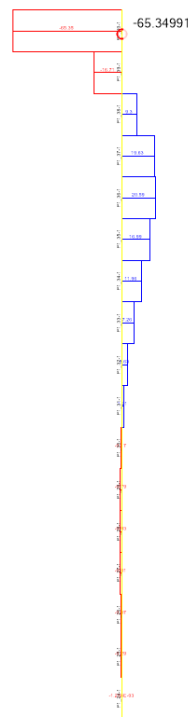
La determinazione delle sollecitazioni lungo il palo è stata effettuata mediante il software di calcolo Sap2000, considerando il palo immerso nel terreno e soggetto all'azione dei carichi orizzontali e verticali derivanti dalla struttura in elevazione. Il terreno è stato schematizzato mediante una distribuzione di molle di diversa rigidezza a seconda del tipo di terreno che il palo attraversa. Una volta note le sollecitazioni agenti è stata effettuata una verifica a pressoflessione della sezione circolare del palo in c.a. mediante l'utilizzo del software di calcolo VCA-SLU.

- Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1

Le sollecitazioni massime agenti sui pali risultano:



$M_{\max} = 40.15 \text{ kNm}$



$V_{\max} = 64.70 \text{ kN}$

I valori caratteristici delle azioni trasmesse al singolo palo di fondazione (si considerano le sollecitazioni del palo centrale, ossia quello più sollecitato), risultano:

Vento VERSO strada (verso MONTE)			
SOLLECITAZIONI TESTA PALO LATO ESTERNO			
P2	STR	GEO	SLE
N [kN]	-305.662	-263.617	-205.133
T [kN]	42.422	36.762	28.285
M [kNm]	-40.1488	-34.7985	-26.7628

Vento DA strada (verso VALLE)			
SOLLECITAZIONI TESTA PALO LATO ESTERNO			
P2	STR	GEO	SLE
N [kN]	231.459	201.888	152.948
T [kN]	-41.893	-36.31	-27.925
M [kNm]	40.6006	35.1843	27.0701

SOLLECITAZIONI TESTA PALO LATO STRADA			
P1	STR	GEO	SLE
N [kN]	147.183	130.064	95.485
T [kN]	64.699	56.076	43.128
M [kNm]	-35.6783	-30.9176	-23.7893

SOLLECITAZIONI TESTA PALO LATO STRADA			
P1	STR	GEO	SLE
N [kN]	-412.62	-355.099	-277.717
T [kN]	-65.35	-56.632	-43.571
M [kNm]	35.1225	30.4431	23.4112

Il palo ha sezione $\Phi 250$, è lungo 10,00 m ed è armato con un'armatura tubolare $\Phi 177.8$ sp.12,5mm.

VERIFICA STRUTTURALE MICROPALO			
N [kN]	231.46	(Combo str)	
T [kN]	42.42		
M [kN]	40.60		
Mmax [kNm]	43.77		
CANNA MICROPALO			
Armatura	$\Phi 177.8 - Sp 12.5$	ACCIAIO S355	
Φ_{est} [mm]	177.80	f_{yk} [N/mm ²]	355
Φ_{int} [mm]	152.80	γ_{Mo}	1.05
sp [mm]	12.50		
A [mm ²]	6491	M_{pl} [kNm]	84.80
W_{pl} [cm ³]	250.82		
VERIFICA A FLESSIONE, TAGLIO, SFORZO NORMALE			
$N_{pl,Rd}$ [kN]	2194.68		
n	0.11		
A_v [mm ²]=2A/p	4132.50		

$V_{c,Rd}$ [kN]	806.66		
$V_{Ed}/V_{c,Rd}$	0.05	<0.5	TAGLIO TRASCURABILE
ρ	0.00		
$M_{y,N V,Rd}$ [kNm]	84.80		
$M_{Ed}/M_{N,y,Rd}$	0.52	<1	VERIFICA SODDISFATTA

- Verifiche geotecniche dei pali TIPO R

Verifiche della capacità portante

	MEDIO	MINIMO	
Q_{Rm} [kN]	1287.07	1287.07	Valore di calcolo
Q_{Rk} [kN]	757.10	757.10	Valore caratteristico
$Q_{Rd comp}$ [kN]	522.14	522.14	Valore di progetto a compressione
$Q_{Rd traz}$ [kN]	473.19	473.19	Valore di progetto a trazione

PORTANZA IN COMPRESIONE				
$E_{c,d}$ [kN]	201.89	<	522.14	$R_{c,d}$ [kN]
$E_{c,d}/R_{c,d}$	38.67%	Verificato		

PORTANZA IN TRAZIONE				
$E_{t,d}$ [kN]	355.10	<	473.19	$R_{t,d}$ [kN]
Q_{Ed}/Q_{Rd}	75.04%	Verificato		

Dalle verifiche risulta che il palo in calcestruzzo armato della lunghezza prevista risulta idoneo ad accogliere tutti i carichi trasmessi dalle barriere.

Verifiche ai carichi trasversali

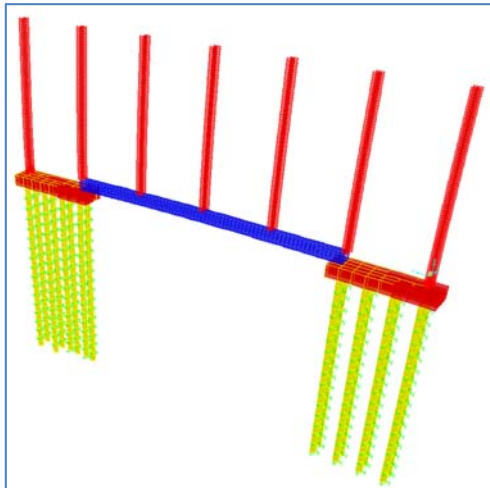
VERIFICA BROMS TERRENI COESIVI			
Terreno:	Argille		
<u>Caratteristiche medie del terreno</u>		<u>Caratteristiche minime del terreno</u>	
Parametri del terreno			
Cu_{media} [kPa]	40	Cu_{min} [kPa]	40
<u>Palo corto</u>		<u>Palo corto</u>	
H1 [kN]	866.25	H1 [kN]	866.25
Mmax [kNm]	4493.67 >My	Mmax [kNm]	4493.67

COMBO GEO A2+M1+R2	
$H_{tr,d media}$ [kN]	69.62
$H_{tr,d min}$ [kN]	69.62
H_{RES} [kN]	69.62
H_{ES} [kN]	56.08
H_{ES}/H_{RES}	80.55%
Verificato	

<u>Palo intermedio</u>		<u>Palo intermedio</u>	
H2 [kN]	358.89	H2 [kN]	358.89
<u>Palo lungo</u>		<u>Palo lungo</u>	
H3 [kN]	189.35	H3 [kN]	189.35
H _{media} [kN]	189.35	H _{min} [kN]	189.35
H _{tr,k media} [kN]	111.38	H _{tr,k min} [kN]	111.38

COMBO STR A1+M1+R3	
H _{tr,d media} [kN]	85.68
H _{tr,d min} [kN]	85.68
H _{RES} [kN]	85.68
H _{ES} [kN]	64.70
H_{ES}/H_{RES}	75.51%
Verificato	

Verifica di deformabilità



VERIFICA DI DEFORMABILITA'		
Spostamento testa montante da vento	1.96	cm
Traslazione testa palo	0.407	cm
Rotazione testa palo	0.00179	[rad]
Rotazione testa palo	0.1026	[°]
Spostamento testa montante da rotazione	1.35	cm
Spostamento totale testa montante E _d	3.72	cm
Spostamento ammissibile C _d = H/100	6.95	cm
Verificato Ed<Cd - Ed/Cd = 0.54		

Joint Displacements			
Joint Object	1299	Joint Element	1299
	1	2	3
Trans	0.00407	-5.226E-04	-4.768E-04
Rotn	3.461E-05	6.799E-04	0.00179

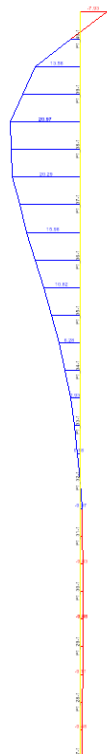
11.2.2 TRAVE DI SCAVALCO: TIPO Z

Verifiche strutturali e geotecniche

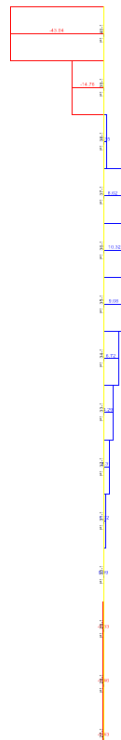
La determinazione delle sollecitazioni lungo il palo è stata effettuata mediante il software di calcolo Sap2000, considerando il palo immerso nel terreno e soggetto all'azione dei carichi orizzontali e verticali derivanti dalla struttura in elevazione. Il terreno è stato schematizzato mediante una distribuzione di molle di diversa rigidezza a seconda del tipo di terreno che il palo attraversa. Una volta note le sollecitazioni agenti è stata effettuata una verifica a pressoflessione della sezione circolare del palo in c.a. mediante l'utilizzo del software di calcolo VCA-SLU.

- Verifiche strutturali: SLU:A1;M1;R1

Le sollecitazioni massime agenti sui pali risultano:



$M_{\max}=21.24$ kNm



$V_{\max}=43.04$ kN

I valori caratteristici delle azioni trasmesse al singolo palo di fondazione (si considerano le sollecitazioni del palo centrale, ossia quello più sollecitato), risultano:

Vento VERSO strada (verso MONTE)			
SOLLECITAZIONI TESTA PALO LATO ESTERNO			
P2	STR	GEO	SLE
N [kN]	-164.861	-141.694	-111.156
T [kN]	27.905	24.182	18.606
M [kNm]	-17.2429	-14.9461	-11.4928

Vento DA strada (verso VALLE)			
SOLLECITAZIONI TESTA PALO LATO ESTERNO			
P2	STR	GEO	SLE
N [kN]	95.362	83.833	62.327
T [kN]	-27.415	-23.762	-18.274
M [kNm]	17.661	15.3039	11.7764

SOLLECITAZIONI TESTA PALO LATO STRADA			
P1	STR	GEO	SLE
N [kN]	11.868	12.444	5.64
T [kN]	42.436	36.781	28.287
M [kNm]	-14.0985	-12.2159	-9.402

SOLLECITAZIONI TESTA PALO LATO STRADA			
P1	STR	GEO	SLE
N [kN]	-258.678	-222.03	-174.724
T [kN]	-43.039	-37.297	-28.696
M [kNm]	13.5843	11.7759	9.0532

Il palo ha sezione $\Phi 250$, è lungo 10,00 m ed è armato con un'armatura tubolare $\Phi 177.8$ sp.12,5mm.

VERIFICA STRUTTURALE MICROPALO			
N [kN]	95.36	(Combo str)	
T [kN]	27.91		
M [kN]	17.66		
Mmax [kNm]	21.24		
CANNA MICROPALO			
Armatura	$\Phi 177.8$ - Sp 12.5	ACCIAIO S355	
Φ_{est} [mm]	177.80	f_{yk} [N/mm ²]	355
Φ_{int} [mm]	152.80	γ_{Mo}	1.05
sp [mm]	12.50		
A [mm ²]	6491	M_{pl} [kNm]	84.80
W_{pl} [cm ³]	250.82		
VERIFICA A FLESSIONE, TAGLIO, SFORZO NORMALE			
$N_{pl,Rd}$ [kN]	2194.68		
n	0.04		
A_v [mm ²]=2A/p	4132.50		

$V_{c,Rd}$ [kN]	806.66		
$V_{Ed}/V_{c,Rd}$	0.03	<0.5	TAGLIO TRASCURABILE
ρ	0.00		
$M_{y,N V,Rd}$ [kNm]	84.80		
$M_{Ed}/M_{N,y,Rd}$	0.25	<1	VERIFICA SODDISFATTA

- Verifiche geotecniche dei pali TIPO R

Verifiche della capacità portante

	MEDIO	MINIMO	
Q_{Rm} [kN]	1287.07	1287.07	Valore di calcolo
Q_{Rk} [kN]	757.10	757.10	Valore caratteristico
$Q_{Rd comp}$ [kN]	522.14	522.14	Valore di progetto a compressione
$Q_{Rd traz}$ [kN]	473.19	473.19	Valore di progetto a trazione

PORTANZA IN COMPRESIONE				
$E_{c,d}$ [kN]	83.83	<	522.14	$R_{c,d}$ [kN]
$E_{c,d}/R_{c,d}$	16.06%	Verificato		

PORTANZA IN TRAZIONE				
$E_{t,d}$ [kN]	222.03	<	473.19	$R_{t,d}$ [kN]
Q_{Ed}/Q_{Rd}	46.92%	Verificato		

Dalle verifiche risulta che il palo in calcestruzzo armato della lunghezza prevista risulta idoneo ad accogliere tutti i carichi trasmessi dalle barriere.

Verifiche ai carichi trasversali

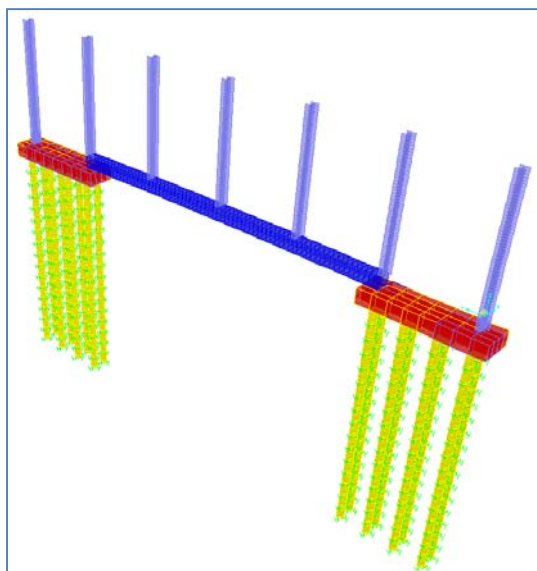
VERIFICA BROMS TERRENI COESIVI			
Terreno:	Argille		
Caratteristiche medie del terreno		Caratteristiche minime del terreno	
Parametri del terreno			
Cu_{media} [kPa]	40	Cu_{min} [kPa]	40
Palo corto		Palo corto	
H1 [kN]	866.25	H1 [kN]	866.25
Mmax [kNm]	4493.67	Mmax [kNm]	4493.67
	>My		

COMBO GEO A2+M1+R2	
$H_{tr,d media}$ [kN]	69.62
$H_{tr,d min}$ [kN]	69.62
H_{RES} [kN]	69.62
H_{ES} [kN]	36.78
H_{ES}/H_{RES}	52.83%
Verificato	

<u>Palo intermedio</u>		<u>Palo intermedio</u>	
H2 [kN]	358.89	H2 [kN]	358.89
<u>Palo lungo</u>		<u>Palo lungo</u>	
H3 [kN]	189.35	H3 [kN]	189.35
H _{media} [kN]	189.35	H _{min} [kN]	189.35
H _{tr,k media} [kN]	111.38	H _{tr,k min} [kN]	111.38

COMBO STR A1+M1+R3	
H _{tr,d media} [kN]	85.68
H _{tr,d min} [kN]	85.68
H _{RES} [kN]	85.68
H _{ES} [kN]	42.44
H_{ES}/H_{RES}	49.53%
Verificato	

Verifica di deformabilità



VERIFICA DI DEFORMABILITA'		
Spostamento testa montante da vento	0.32	cm
Traslazione testa palo	0.409	cm
Rotazione testa palo	0.0008399	[rad]
Rotazione testa palo	0.0481	[°]
Spostamento testa montante da rotazione	0.47	cm
Spostamento totale testa montante E _d	1.20	cm
Spostamento ammissibile C _d = H/100	4.95	cm
Verificato Ed < Cd - Ed/Cd = 0.24		

Joint Displacements			
Joint	Object	Joint Element	672
	1	2	3
Trans	0.00409	-3.172E-04	-4.853E-04
Rotn	4.894E-05	3.514E-04	8.399E-04

12 TRAVI DI SCAVALCO IN C.A.

Le fondazioni di tali elementi strutturali vengono realizzate mediante cordolo di fondazione su pali trivellati in c.a. di diametro Ø800 o micropali Ø250.

Le sollecitazioni scaricanti sulla fondazione dello scavalco sono quindi lo sforzo normale, il taglio ed i momenti M_x , M_y e M_z dello scavalco stesso, sommato allo scarico dello sforzo normale, taglio e momento di un montante singolo.

La ripartizione delle sollecitazioni sui vari pali e sul cordolo di collegamento è stata verificata attraverso un modello agli elementi finiti realizzato con il programma di calcolo SAP2000.

Il terreno è stato schematizzato mediante una distribuzione di molle di diversa rigidità a seconda del tipo di terreno che il palo attraversa.

Il modello di calcolo agli elementi finiti è stato realizzato mediante l'ausilio del programma di calcolo "Sap2000" della Computer and Structures Inc.

Il dimensionamento del sistema di fondazione delle travi di scavalco in CLS è stato eseguito per la tipologia H (L=12,00m), nel caso di barriera H=6,95m, rilevato basso composto da terreno argilloso; tali condizioni riportano alle stesse considerazioni già effettuate nel caso di trave di scavalco tipo D, pertanto si rimanda ai paragrafi § 13.1.1 e 13.1.1 per le verifiche di pali e micropali.