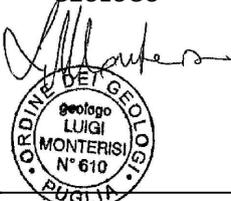


**NUOVA S.S. 341 "GALLARATESE" - TRATTO DA SAMARATE A CONFINE
CON LA PROVINCIA DI NOVARA - TRATTO NORD**

**STRALCIO FUNZIONALE DAL KM 6+500 (SVINCOLO S.S. 336 NORD)
AL KM 8+844 (SVINCOLO AUTOSTRADA A8)
"BRETELLA DI GALLARATE"**

PROGETTO ESECUTIVO

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|--|
|  Ing. Renato Vaira (Ordine degli Ingg. di Torino e Provincia n° 4863 W) |  Ing. Valerio Bajetti Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-28211 | ING. RENATO DEL PRETE Ing. Renato Del Prete Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5073 |  Arch. Nicoletta Frattini Ordine degli Arch. di Torino e provincia n° A-8433 |  Ing. Gabriele Incecchi Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-12102 | |
| |  Società designata: GA&M Prof. Ing. Matteo Ranieri Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1137 | SETAC Srl Servizi & Engineering Trasporti Ambiente Costruzioni Prof. Ing. Luigi Monterisi Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1771 |  Ing. Gioacchino Angarano Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5970 | DOTT. GEOL. DANILO GALLO Dott. Geol. Danilo Gallo Ordine dei Geologi della Regione Puglia n° 588 | |
| VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO Dott. Ing. Giancarlo LUONGO | RESPONSABILE INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE  Ing. Renato DEL PRETE | IL PROGETTISTA FIRMATARIO DELLA PRESTAZIONE  Ing. Valerio BAJETTI | GEOLOGO  Prof. Ing. Geol. Luigi MONTERISI | COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE  Ing. Fabrizio BAJETTI | |

HM004

**H - PROGETTO STRUTTURALE - OPERE PRINCIPALI
HM - ST05 - AMPLIAMENTO SOTTOVIA - CARREGGIATA NORD A8
RELAZIONE DI CALCOLO MURI DI SOSTEGNO**

| | | | | | | |
|--|-------------|--|--------------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| CODICE PROGETTO PROGETTO LIV. PROG. N. PROG. MI533 E 1801 | | | NOME FILE Testatine relazioni.dwg | | REVISIONE A | SCALA: - |
| CODICE ELAB. V03ST02STRRE03 | | | | | | |
| C | | | | | | |
| B | | | | | | |
| A | EMISSIONE | | MAGGIO 2021 | ING. VALERIO POLINI | ING. VALERIO BAJETTI | ING. RENATO DEL PRETE |
| REV. | DESCRIZIONE | | DATA | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |

INDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. PREMESSA | 3 |
| 2. DESCRIZIONE DELLE OPERE | 3 |
| 3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 4 |
| 4. MATERIALI | 5 |
| 4.1. Calcestruzzo..... | 5 |
| 4.1.1. Calcestruzzo per magrone..... | 5 |
| 4.1.2. Calcestruzzo per opere in c.a..... | 5 |
| 4.2. Acciaio | 8 |
| 4.2.1. Acciaio per c.a. | 8 |
| 5. PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO | 9 |
| 6. CRITERI DI VERIFICA | 12 |
| 7. COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE | 14 |
| 7.1. Verifiche statiche..... | 14 |
| 7.2. Verifiche sismiche..... | 15 |
| 8. ANALISI DEI CARICHI MURI | 17 |
| 8.1. Spinta delle terre..... | 17 |
| 8.2. Pesi propri e permanenti portati..... | 17 |
| 8.3. Peso ballast e peso terreno..... | 17 |
| 8.4. Sovraccarico stradale..... | 17 |
| 8.5. Sisma..... | 17 |
| 8.5.1. Muro su pali | 24 |
| 9. MURO DI SOSTEGNO | 26 |
| 9.1. Input generale | 27 |
| 9.2. Comb. A1+M1+R3..... | 29 |
| 9.2.1. Caratteristiche di progetto..... | 29 |
| 9.2.2. Sollecitazioni STR paramento..... | 30 |
| 9.2.3. Sollecitazioni in testa ai pali..... | 30 |

| | |
|--|----|
| 9.3. Comb. SISMA | 31 |
| 9.3.1. <i>Caratteristiche di progetto</i> | 31 |
| 9.3.2. <i>Sollecitazioni in fase sismica paramento</i> | 33 |
| 9.3.3. <i>Sollecitazioni in testa ai pali</i> | 33 |
| 9.4. Verifiche geotecniche pali | 35 |
| 9.4.1. <i>Criteri di verifica</i> | 35 |
| 9.5. Calcolo della capacità portante limite..... | 37 |
| 9.6. Calcolo del carico limite orizzontale..... | 40 |
| 9.7. Cedimenti | 45 |
| 9.8. Verifiche strutturali | 46 |
| 9.8.1. <i>Paramento</i> | 46 |
| 9.8.2. <i>Armatura palo</i> | 50 |
| 9.8.3. <i>Zattera di fondazione</i> | 54 |

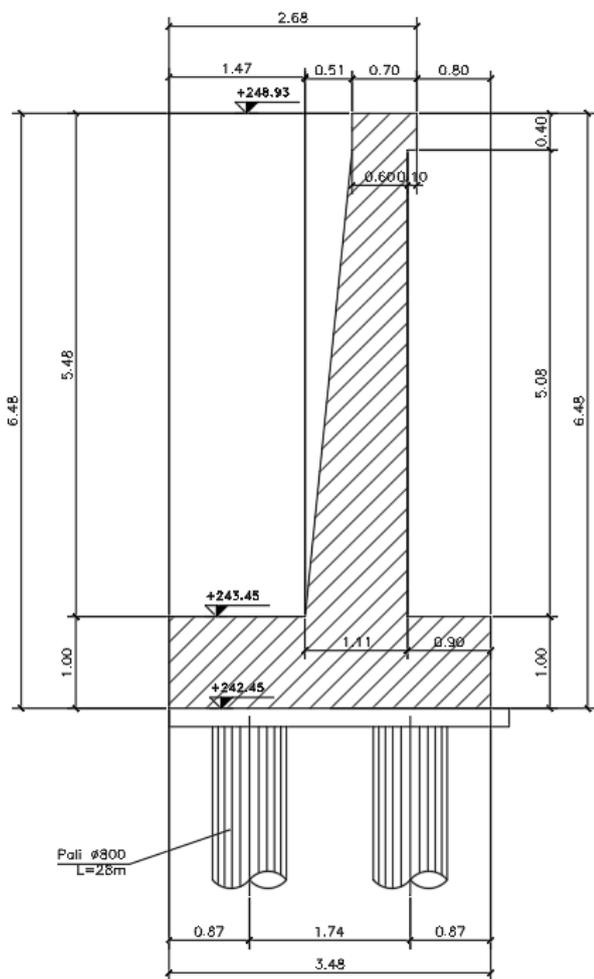
1. PREMESSA

La presente relazione riporta i calcoli statici relativi all'opera in oggetto, in merito al collegamento stradale tra Samarate ed il confine con la Provincia di Novara, dal km 6+500 (svincolo S.S.336 nord) al km 8+844 (svincolo autostrada A8) – "Bretella di Gallarate".

2. DESCRIZIONE DELLE OPERE

Si prevede la realizzazione di muri di sostegno ai lati alla nuova opera di scavalco, di cui si rimanda alla relazione di calcolo corrispondente.

I nuovi muri in c.a. di contenimento del rilevato presentano un'altezza massima del paramento pari a circa 5.48m; la larghezza in testa è pari a 0.70m con gocciolatoio lato valle di altezza pari a 0.40m e larghezza pari a 0.10m, il paramento lato valle è verticale mentre il paramento lato monte presenta un'inclinazione pari a 10:1 (verticale:orizzontale).



3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le verifiche sono state eseguite secondo i metodi classici della scienza delle costruzioni e nel rispetto della seguente normativa:

- L. 5 novembre 1971 n. 1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni "Approvate con Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018".
- Circolare esplicativa 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.
- D.M. LL.PP. 11 Marzo 1988 - "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Circolare LL.PP. 24 Settembre 1988 n° 30483 – "Legge 2/2/1974 n° 64 art.1 – "Istruzioni per l'applicazione delle norme riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione di cui al D.M. 11.3.1988".

4. MATERIALI

4.1. Calcestruzzo

4.1.1. Calcestruzzo per magrone

Il progetto sarà realizzato utilizzando i seguenti materiali:

| Classe di resistenza: MAGRONE | C12/15 | | |
|---|---------------|--------|--------------------|
| Resistenza a compressione cubica caratteristica | $R_{ck} =$ | 15 | N/mm ² |
| Resistenza a compressione cilindrica caratteristica | $f_{ck} =$ | 12.45 | N/mm ² |
| Classe di esposizione | | X0 | |
| Classe di consistenza slump: | | S3 | |
| Contenuto minimo di cemento: | | 150 | daN/m ³ |
| Rapporto A/C | | ≤ 0.60 | |

4.1.2. Calcestruzzo per opere in c.a.

| Classe di resistenza: | C32/40 | | |
|---|-------------------|----------|--------------------|
| Resistenza a compressione cubica caratteristica | $R_{ck} =$ | 40 | N/mm ² |
| Resistenza a compressione cilindrica caratteristica | $f_{ck} =$ | 33.2 | N/mm ² |
| Resistenza a compressione cilindrica media | $f_{cm} =$ | 41.2 | N/mm ² |
| Resistenza a trazione semplice | $f_{ctm} =$ | 3.10 | N/mm ² |
| Resistenza a trazione per flessione | $f_{ctm} =$ | 3.72 | N/mm ² |
| Modulo elastico secante medio | $E_{cm} =$ | 33643 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica a trazione semplice (5%) | $f_{ctk} =$ | 2.17 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica a trazione semplice (95%) | $f_{ctk} =$ | 4.03 | N/mm ² |
| <i>Coefficiente di sicurezza SLU:</i> | $\gamma_c =$ | 1.5 | |
| Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLU: | $f_{cd} =$ | 18.8 | N/mm ² |
| Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLU: | $f_{ctd} =$ | 1.45 | N/mm ² |
| <i>Coefficiente di sicurezza SLE:</i> | $\gamma_c =$ | 1.0 | |
| Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLE: | $f_{cd} =$ | 33.2 | N/mm ² |
| Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLE: | $f_{ctd} =$ | 2.17 | N/mm ² |
| Massime tensioni di compressione in esercizio: | | | |
| Combinazione rara | $\sigma_{c,ad} =$ | 19.92 | N/mm ² |
| Combinazione quasi permanente | $\sigma_{c,ad} =$ | 14.94 | N/mm ² |
| Classe di esposizione | | XC3, XF1 | |
| Classe di consistenza slump: | | S4 | |
| Contenuto minimo di cemento: | | 340 | daN/m ³ |
| Massima dimensione aggregato | | 25 | mm |
| Copriferro | | 50 | mm |
| Rapporto A/C | | 0.5 | |

| Classe di resistenza: FONDAZIONE | C28/35 | | |
|---|-------------------|-------|-----------|
| Resistenza a compressione cubica caratteristica | $R_{ck} =$ | 35 | N/mm^2 |
| Resistenza a compressione cilindrica caratteristica | $f_{ck} =$ | 28 | N/mm^2 |
| Resistenza a compressione cilindrica media | $f_{cm} =$ | 36 | N/mm^2 |
| Resistenza a trazione semplice | $f_{ctm} =$ | 2.77 | N/mm^2 |
| Resistenza a trazione per flessione | $f_{ctm} =$ | 3.32 | N/mm^2 |
| Modulo elastico secante medio | $E_{cm} =$ | 32308 | N/mm^2 |
| Resistenza caratteristica a trazione semplice (5%) | $f_{ctk} =$ | 1.94 | N/mm^2 |
| Resistenza caratteristica a trazione semplice (95%) | $f_{ctk} =$ | 3.60 | N/mm^2 |
| <i>Coefficiente di sicurezza SLU:</i> | $\gamma_c =$ | 1.5 | |
| Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLU: | $f_{cd} =$ | 15.9 | N/mm^2 |
| Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLU: | $f_{ctd} =$ | 1.29 | N/mm^2 |
| <i>Coefficiente di sicurezza SLE:</i> | $\gamma_c =$ | 1.0 | |
| Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLE: | $f_{cd} =$ | 28.0 | N/mm^2 |
| Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLE: | $f_{ctd} =$ | 1.94 | N/mm^2 |
| Massime tensioni di compressione in esercizio: | | | |
| Combinazione rara | $\sigma_{c,ad} =$ | 16.80 | N/mm^2 |
| Combinazione quasi permanente | $\sigma_{c,ad} =$ | 12.60 | N/mm^2 |
| Classe di esposizione | | XC2 | |
| Classe di consistenza slump: | | S4 | |
| Contenuto minimo di cemento: | | 320 | daN/m^3 |
| Rapporto A/C | | 0.55 | |
| Massima dimensione aggregato | | 32 | mm |
| Copriferro | | 50 | mm |

Pali di fondazione

| Classe di resistenza: | C25/30 | |
|---|-------------------|-------------------------|
| Resistenza a compressione cubica caratteristica | $R_{ck} =$ | 30 N/mm ² |
| Resistenza a compressione cilindrica caratteristica | $f_{ck} =$ | 24.9 N/mm ² |
| Resistenza a compressione cilindrica media | $f_{cm} =$ | 32.9 N/mm ² |
| Resistenza a trazione semplice | $f_{ctm} =$ | 2.56 N/mm ² |
| Resistenza a trazione per flessione | $f_{ctm} =$ | 3.07 N/mm ² |
| Modulo elastico secante medio | $E_{cm} =$ | 31447 N/mm ² |
| Resistenza caratteristica a trazione semplice (5%) | $f_{ctk} =$ | 1.79 N/mm ² |
| Resistenza caratteristica a trazione semplice (95%) | $f_{ctk} =$ | 3.33 N/mm ² |
| <i>Coefficiente di sicurezza SLU:</i> | $\gamma_c =$ | 1.5 |
| Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLU: | $f_{cd} =$ | 14.1 N/mm ² |
| Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLU: | $f_{ctd} =$ | 1.19 N/mm ² |
| <i>Coefficiente di sicurezza SLE:</i> | $\gamma_c =$ | 1.0 |
| Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLE: | $f_{cd} =$ | 24.9 N/mm ² |
| Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLE: | $f_{ctd} =$ | 1.79 N/mm ² |
| Massime tensioni di compressione in esercizio: | | |
| Combinazione rara | $\sigma_{c,ad} =$ | 14.94 N/mm ² |
| Combinazione quasi permanente | $\sigma_{c,ad} =$ | 11.21 N/mm ² |
| Classe di esposizione | | XC2 |
| Classe di consistenza slump: | | S4 |
| Contenuto minimo di cemento: | | 300 daN/m ³ |
| Massima dimensione aggregato | | 32 mm |
| Copriferro | | 80 mm |
| Rapporto A/C | | 0.6 |

4.2. Acciaio

4.2.1. Acciaio per c.a.

Acciaio per cemento armato

Acciaio per cemento armato tipo B450C secondo D.M. 17.01.2018, avente le seguenti caratteristiche:

| | | | |
|--|-------------------|---------|-------------------|
| Tensione caratteristica di snervamento | $f_{yk} \geq$ | 450 | N/mm ² |
| Tensione caratteristica di rottura | $f_{tk} \geq$ | 540 | N/mm ² |
| Modulo elastico | $E_s =$ | 2.1E+05 | N/mm ² |
| Coefficiente di sicurezza SLU: | $\gamma_s =$ | 1.15 | |
| Resistenza di calcolo SLU: | $f_{sd} =$ | 391.30 | N/mm ² |
| Tensione di calcolo SLE: | $\sigma_{y,ad} =$ | 360 | N/mm ² |

Deve rispettare i requisiti indicati nella seguente tabella

| CARATTERISTICHE | REQUISITI | FRATTILE (%) |
|---|-------------------|--------------|
| Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} | $\geq f_{y, nom}$ | 5.0 |
| Tensione caratteristica di rottura f_{tk} | $\geq f_{t, nom}$ | 5.0 |
| $(f_t/f_y)_k$ | $\geq 1,15$ | 10.0 |
| $(f_y/f_{y, nom})_k$ | $< 1,35$ | 10.0 |
| Allungamento $(A_{gt})_k$: | $\leq 1,25$ | 10.0 |
| Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche: | | |
| $\phi < 12$ mm | 4 ϕ | |
| 12 $\leq \phi \leq 16$ mm | 5 ϕ | |
| per 16 $< \phi \leq 25$ mm | 8 ϕ | |
| per 25 $< \phi \leq 40$ mm | 10 ϕ | |

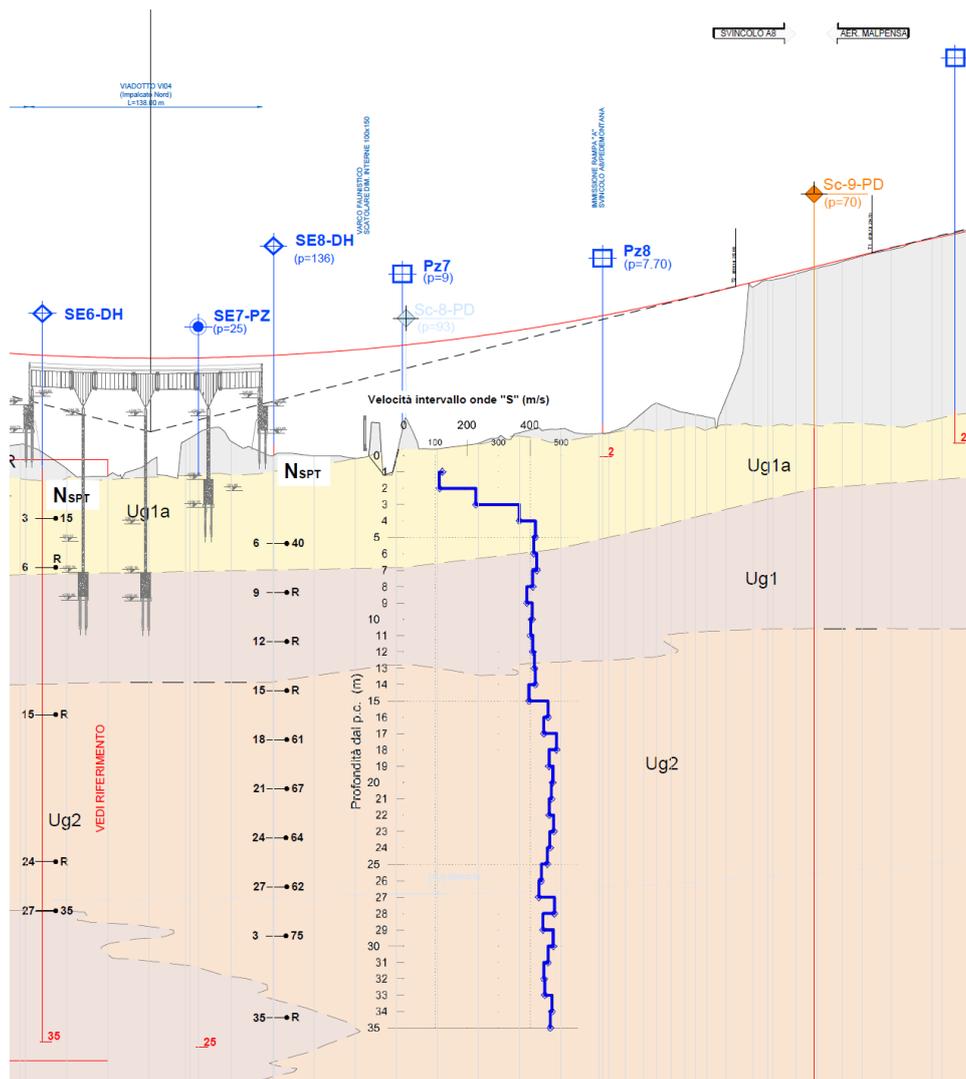
5. PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

Con riferimento alla relazione geotecnica BB01_T00GE00GETRE01 alla quale si rimanda per maggiori dettagli, le varie unità geotecniche analizzate possono essere caratterizzate mediante i parametri geotecnici riportati nella tabella seguente; per alcuni litotipi per ciascuno dei principali parametri geotecnici si propone un intervallo di valori più o meno ampio, per tener conto del numero ridotto di dati disponibili, soprattutto per quanto riguarda le prove per la determinazione delle proprietà meccaniche, della variabilità sia laterale che verticale delle litologie e dell'eterogeneità compositiva dei terreni presenti.

| UG | Litotipo | γ_t | c' | Φ' | E | G |
|------|--|------------|------|---------|---------------------------------|------------------------------|
| | | kN/mc | kPa | | MPa | MPa |
| Ug1a | Ghiaia in matrice sabbiosa e sabbia con ghiaia | 18-20 | 0-5 | 27-34° | 10-40 | 5-15 |
| Ug1 | Ghiaia in matrice sabbiosa | 19-21 | --- | 35-40° | 70-130 (<25m) 150-200 (>25m) | 15-30 (<25m) 45-60 (>25m) |
| Ug2 | Sabbia e sabbia limosa con ghiaia | 18-20 | 0-10 | 30-35° | 80-130 (<25m) 150-200 (>25m) | 10-40 (<25m) 45-60 (>25m) |

| UG | Litotipo | PL | Mp | k | Vs,30 |
|------|--|---------------|-----------------|-------|----------------------------------|
| | | MPa | MPa | cm/s | m/s |
| Ug1a | Ghiaia in matrice sabbiosa e sabbia con ghiaia | | | 1E-04 | 100-350 |
| Ug1 | Ghiaia in matrice sabbiosa | 2,5 (<25m) | 40-45 (<25m) | 1E-05 | 250-450 (<25m) 400-700 (>25m) |
| Ug2 | Sabbia e sabbia limosa con ghiaia | 2,5 (<25m) | 35-40 (<25m) | 1E-05 | 300-500 (<25m) 400-700 (>25m) |

Caratterizzazione geotecnica dei vari litotipi



Stralcio profilo longitudinale 3° tratto geotecnico

Per la stratigrafia si assume:

da p.c. a q.ta -4.0m UNITA' Ug1a

da q.ta -4.0m a -11.0m UNITA' Ug1

da q.ta >11.0m UNITA' Ug2

Per il terreno di rinterro si assume quanto segue:

$$\gamma = 20 \quad \phi = 35^\circ$$

La falda risulta a una profondità di circa 27m da p.c.

Secondo la formulazione suggerita da Vesic (1961) la costante di Winkler k_s di una fondazione di larghezza B può essere calcolata noto il modulo elastico E e il coefficiente di Poisson ν del terreno:

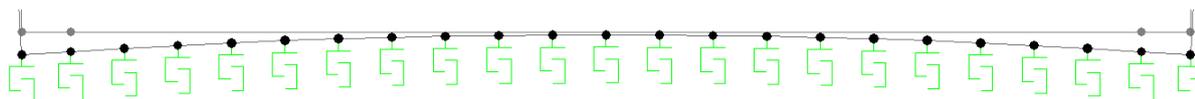
$$k_{rs} = \frac{E}{B \cdot (1 - \nu^2)}$$

I dati sono i seguenti:

- Larghezza media della fondazione $B=3.00\text{m}$;
- E il modulo elastico operativo del terreno medio
- Il modulo elastico E_o alle profondità di interesse, calcolato come media pesata dei moduli degli strati nel volume significativo dell'opera, vale 100 MPa ;
- Coefficiente di Poisson $\nu=0.3$.

La costante di Winkler si assume pari a $K= 36630 \text{ kN/mc}$

Nell'ipotesi di analisi elastico-lineare, si assegna alle aste di fondazione del modello un valore di "linear spring" pari a K , sfruttando la funzione del SAP2000 che distribuisce automaticamente l'assegnazione del K ai nodi della mesh:



Mediante le risultanze scaturite dalla prospezione MASW l'elaborazione dei dati ha permesso di calcolare un valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, tale da attribuire al suolo di fondazione può essere attribuito alla Categoria di tipo "C".

6. CRITERI DI VERIFICA

Nel calcolo dei muri di sostegno devono essere effettuate le verifiche con riferimento almeno ai seguenti stati limite, accertando che la condizione $E_d < R_d$ sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

SLU di tipo geotecnico (GEO)

- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale

SLU di tipo strutturale (STR)

- Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo l'Approccio 1, con la Combinazione 2 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le verifiche di sicurezza.

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

| | Effetto | Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E) | EQU | (A1) | (A2) |
|---|-------------|---|-----|------|------|
| Carichi permanenti G_1 | Favorevole | γ_{G1} | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
| | Sfavorevole | | 1,1 | 1,3 | 1,0 |
| Carichi permanenti G_2 ⁽¹⁾ | Favorevole | γ_{G2} | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| | Sfavorevole | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |
| Azioni variabili Q | Favorevole | γ_{Q1} | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Sfavorevole | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

| Parametro | Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale | Coefficiente parziale γ_M | (M1) | (M2) |
|--|---|----------------------------------|------|------|
| Tangente dell'angolo di resistenza al taglio | $\tan \varphi'_k$ | $\gamma_{\varphi'}$ | 1,0 | 1,25 |
| Coesione efficace | c'_k | γ_c | 1,0 | 1,25 |
| Resistenza non drenata | c_{uk} | γ_{cu} | 1,0 | 1,4 |
| Peso dell'unità di volume | γ_γ | γ_γ | 1,0 | 1,0 |

Tab. 6.8.I - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

| COEFFICIENTE | R2 |
|--------------|-----|
| γ_R | 1,1 |

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II e 6.5.I. Nella verifica a ribaltamento i coefficienti R3 della Tab. 6.5.I si applicano agli effetti delle azioni stabilizzanti.

 Tab. 6.5.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno

| Verifica | Coefficiente parziale (R3) |
|------------------------------------|----------------------------|
| Capacità portante della fondazione | $\gamma_R = 1,4$ |
| Scorrimento | $\gamma_R = 1,1$ |
| Ribaltamento | $\gamma_R = 1,15$ |
| Resistenza del terreno a valle | $\gamma_R = 1,4$ |

Nelle verifiche di sicurezza in condizioni sismiche si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto con i coefficienti parziali γ_R indicati nella tabella 7.11.III.

 Tab. 7.11.III - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche degli stati limite (SLV) dei muri di sostegno.

| Verifica | Coefficiente parziale γ_R |
|--------------------------------|----------------------------------|
| Carico limite | 1.2 |
| Scorrimento | 1.0 |
| Ribaltamento | 1.0 |
| Resistenza del terreno a valle | 1.2 |

7. COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE

Di seguito si riportano esplicitamente i coefficienti di combinazione usati nel caso in esame.

Tra i carichi variabili si intendono l'azione del vento e la forza applicata sul parapetto.

7.1. Verifiche statiche

Per le verifiche in fase statica si utilizzeranno i seguenti coefficienti di combinazione:

| CARICHI | comb: A1+M1+R3 STR | |
|----------------------------|--------------------|-------------|
| | A1 | |
| | favorevoli | sfavorevoli |
| PERMANENTI | 1 | 1.3 |
| PERMANENTI NON STRUTTURALI | 0 | 1.5 |
| VARIABILI | 0 | 1.5 |

| PARAMETRO | M1 |
|----------------------------------|----|
| ANGOLO DI ATTRITO DEL TERRAPIENO | 1 |
| COESIONE DRENATA | 1 |
| COESIONE NON DRENATA | 1 |
| PESO SPECIFICO TERRAPIENO | 1 |

| PARAMETRO | R3 |
|-------------------------------|------|
| CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE | 1.4 |
| SCORRIMENTO | 1.1 |
| RIBALTAMENTO | 1.15 |

| CARICHI | Comb. A2+M2+R2 | |
|----------------------------|----------------|-------------|
| | A2 | |
| | favorevoli | sfavorevoli |
| PERMANENTI | 1 | 1 |
| PERMANENTI NON STRUTTURALI | 0 | 1.3 |
| VARIABILI | 0 | 1.3 |

| PARAMETRO | M2 |
|----------------------------------|------|
| ANGOLO DI ATTRITO DEL TERRAPIENO | 1.25 |
| COESIONE DRENATA | 1.25 |
| COESIONE NON DRENATA | 1.4 |
| PESO SPECIFICO TERRAPIENO | 1 |

| PARAMETRO | R2 |
|--------------------|-----|
| STABILITA' GLOBALE | 1.1 |

| CARICHI | URTO STR | |
|----------------------------|------------|-------------|
| | A1 | |
| | favorevoli | sfavorevoli |
| PERMANENTI | 1 | 1 |
| PERMANENTI NON STRUTTURALI | 0 | 1 |
| VARIABILI | 0 | 1 |

| PARAMETRO | M1 |
|----------------------------------|----|
| ANGOLO DI ATTRITO DEL TERRAPIENO | 1 |
| COESIONE DRENATA | 1 |
| COESIONE NON DRENATA | 1 |
| PESO SPECIFICO TERRAPIENO | 1 |

| PARAMETRO | R3 |
|-------------------------------|------|
| CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE | 1.4 |
| SCORRIMENTO | 1.1 |
| RIBALTAMENTO | 1.15 |

7.2. Verifiche sismiche

Per le verifiche in fase sismica si utilizzeranno i seguenti coefficienti di combinazione:

| CARICHI | SISMA | |
|----------------------------|------------|-------------|
| | A1 | |
| | favorevoli | sfavorevoli |
| PERMANENTI | 1 | 1 |
| PERMANENTI NON STRUTTURALI | 0 | 1 |
| PERMANENTI NON STRUTTURALI | 0 | 1 |
| VARIABILI | 0 | 1 |

| PARAMETRO | M1 |
|----------------------------------|----|
| ANGOLO DI ATTRITO DEL TERRAPIENO | 1 |
| COESIONE DRENATA | 1 |
| COESIONE NON DRENATA | 1 |
| PESO SPECIFICO TERRAPIENO | 1 |

| PARAMETRO | R3 |
|-------------------------------|-----|
| CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE | 1.2 |
| SCORRIMENTO | 1 |
| RIBALTAMENTO | 1 |

| CARICHI | SISMA STAB. GLOB. | |
|----------------------------|-------------------|-------------|
| | A1 | |
| | favorevoli | sfavorevoli |
| PERMANENTI | 1 | 1 |
| PERMANENTI NON STRUTTURALI | 0 | 1 |
| PERMANENTI NON STRUTTURALI | 0 | 1 |
| VARIABILI | 0 | 1 |

| PARAMETRO | M2 |
|----------------------------------|------|
| ANGOLO DI ATTRITO DEL TERRAPIENO | 1.25 |
| COESIONE DRENATA | 1.25 |
| COESIONE NON DRENATA | 1.4 |
| PESO SPECIFICO TERRAPIENO | 1 |

| PARAMETRO | R2 |
|--------------------|-----|
| STABILITA' GLOBALE | 1.1 |

8. ANALISI DEI CARICHI MURI

8.1. Spinta delle terre

Si adotta in fase statica il coefficiente di spinta a riposo in fase statica e in fase sismica il metodo di Wood.

8.2. Pesì propri e permanenti portati

Il peso del muro è calcolato automaticamente dal foglio excel usato per il calcolo, una volta inserita la geometria. Si assume un peso specifico di 25kN/mc.

8.3. Peso ballast e peso terreno

Si considera terreno di rinterro con $\gamma=20$ kN/mc

8.4. Sovraccarico stradale

Ove presente, si considera il carico laterale di spinta associato al sovraccarico accidentale pari a $Q_t = P \cdot k_a$

$$P = 20.00 \text{ kN/mq}$$

In fase sismica si considererà il contributo di 20% di tale carico.

8.5. Sisma

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti. Nel presente progetto è stata verificata la combinazione di carico sismica con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della esistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

L'analisi viene condotta secondo il metodo pseudo statico.

Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. Nel caso in oggetto si assume vita nominale $VN > 50$ anni.

Classi d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un'eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Nel caso in oggetto si fa riferimento alla Classe **IV**: "Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importante, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico."

Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU . Tale coefficiente è funzione della classe d'uso e nel caso specifico assume valore pari a **2** per la classe d'uso IV. $VR = VN \times CU = 50 \text{ anni} \times 2 = 100 \text{ anni}$

Azioni di progetto

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_R considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo ad a_g il valore previsto da pericolosità sismica. F_0 e T_c^* i valori ottenuti

imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica. Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento V_R della costruzione.
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento P_{VR} associate agli stati limite considerati per individuare infine a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

A tal fine è conveniente utilizzare come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni. Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e P_{VR} sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = -\frac{200}{\ln(1 - 0.1)} = 949$$

I valori dei parametri a_g , F_0 e T_C^* relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento sono forniti nelle tabelle riportate nell'ALLEGATO B delle NTC, in funzione di prefissati valori del periodo di ritorno T_R . L'accelerazione al sito a_g è espressa in $g/10$; F_0 è adimensionale. T_C^* è espresso in secondi. I punti del reticolo di riferimento sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine ed ordinati a Latitudine e Longitudine crescenti, facendo variare prima la Longitudine e poi la Latitudine. L'opera in progetto ricade nel comune di [Milano](#).

Parametri per la determinazione dell'azione sismica dell'impalcato

Categoria di sottosuolo C

Categoria topografica T1

Coeff. di combinazione sismica carichi da traffico $\psi_E = 0.2$

q Coefficiente di struttura

η $1/q$

- a_g Accelerazione orizzontale massima al sito
- T_c^* Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale
- F_0 Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

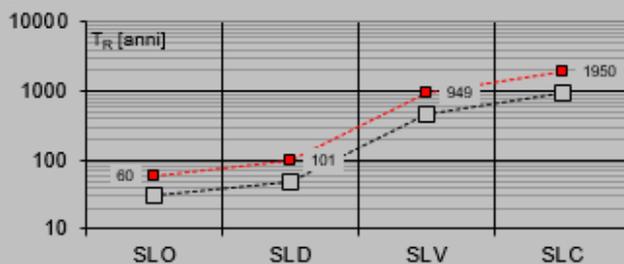
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

| | | |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| Stati limite di esercizio - SLE | SLD - $P_{VR} = 81\%$ | <input type="text" value="60"/> |
| | SLD - $P_{VR} = 63\%$ | <input type="text" value="101"/> |
| Stati limite ultimi - SLU | SLV - $P_{VR} = 10\%$ | <input type="text" value="949"/> |
| | SLC - $P_{VR} = 5\%$ | <input type="text" value="1950"/> |

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
-■..... Strategia scelta

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **C** info

$S_S = 1.500$ $C_C = 1.558$ info

Categoria topografica **T1** info

$h/H = 1.000$ $S_T = 1.000$ info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento ξ (%) **5** $\eta = 1.000$ info

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore q_0 **1** Regol. in altezza **si** info

Compon. verticale

Spettro di progetto

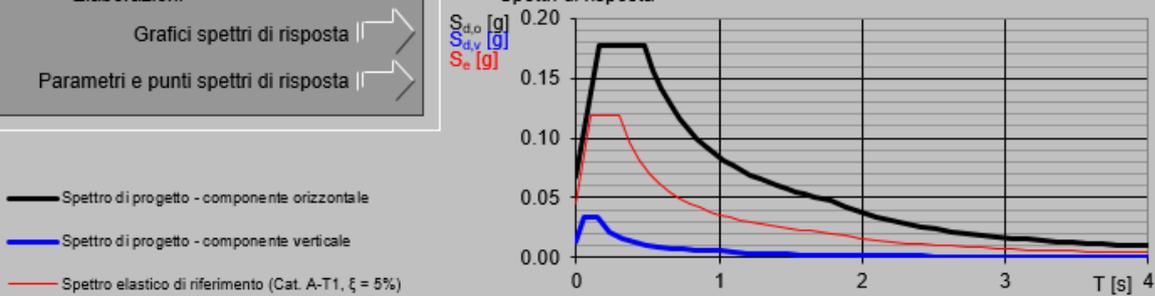
Fattore q **1** $\eta = 1.000$ info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta

Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta



INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limiSLV

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV |
|--------------|---------|
| a_s | 0.045 g |
| F_a | 2.633 |
| T_c | 0.302 s |
| S_c | 1.500 |
| C_c | 1.558 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.000 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1.500 |
| η | 1.000 |
| T_B | 0.157 s |
| T_C | 0.471 s |
| T_D | 1.780 s |

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_c \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(S+2)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^2 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_s / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_a} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_a$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

| | T [s] | S_e [g] |
|-------|---------|-----------|
| | 0.000 | 0.068 |
| T_B | 0.157 | 0.178 |
| T_C | 0.471 | 0.178 |
| | 0.533 | 0.157 |
| | 0.596 | 0.141 |
| | 0.658 | 0.127 |
| | 0.720 | 0.116 |
| | 0.783 | 0.107 |
| | 0.845 | 0.099 |
| | 0.907 | 0.092 |
| | 0.970 | 0.086 |
| | 1.032 | 0.081 |
| | 1.095 | 0.077 |
| | 1.157 | 0.073 |
| | 1.219 | 0.069 |
| | 1.282 | 0.065 |
| | 1.344 | 0.062 |
| | 1.406 | 0.060 |
| | 1.469 | 0.057 |
| | 1.531 | 0.055 |
| | 1.593 | 0.053 |
| | 1.656 | 0.051 |
| | 1.718 | 0.049 |
| T_D | 1.780 | 0.047 |
| | 1.886 | 0.042 |
| | 1.992 | 0.038 |
| | 2.097 | 0.034 |
| | 2.203 | 0.031 |
| | 2.309 | 0.028 |
| | 2.415 | 0.026 |
| | 2.520 | 0.024 |
| | 2.626 | 0.022 |
| | 2.732 | 0.020 |
| | 2.837 | 0.019 |
| | 2.943 | 0.017 |
| | 3.049 | 0.016 |
| | 3.154 | 0.015 |
| | 3.260 | 0.014 |
| | 3.366 | 0.013 |
| | 3.472 | 0.012 |
| | 3.577 | 0.012 |
| | 3.683 | 0.011 |
| | 3.789 | 0.010 |
| | 3.894 | 0.010 |
| | 4.000 | 0.009 |

L'accelerazione di picco a_{\max} , in assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, è valutata mediante un'analisi di risposta sismica mediante l'espressione:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove S è il coefficiente esplicitato nel paragrafo precedente. Si ricava pertanto coefficiente sismico in direzione orizzontale il k_h per i muri di sostegno, che risulta essere pari a:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{S_S \cdot S_T \cdot a_g}{g}$$

dove:

a_g è l'accelerazione massima attesa al sito

g è l'accelerazione di gravità

k_h è il coefficiente sismico in direzione orizzontale

β_m è un coefficiente riduttivo dell'accelerazione massima attesa a_{\max} .

Nel caso di muri su fondazioni profonde $\beta_m = 1$

8.5.1. Muro su pali

Si considera un'accelerazione da applicare con il metodo pseudostatico di Wood.

Parametri sismici (D.M. 17/1/2018) - Passo 2 ✕

Categoria di sottosuolo

A ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi

B rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti

C depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti

D depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti

E terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m

Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s

Categoria topografica

T1 superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

T2 pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$

T3 rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15 \leq i \leq 30^\circ$

T4 rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Coefficiente di amplificazione topografica S_t

NOTA: la variazione del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove S_t assume valore unitario.

Coeff. di riduzione ag massima per verifiche locali

Muro non libero di subire spostamenti relativi rispetto al terreno

Scorrimento, carico limite e resistenza

β_m k_h k_v

Ribaltamento

β_m k_h k_v

Coeff. di riduzione ag massima per stabilità globale

β_s k_h k_v

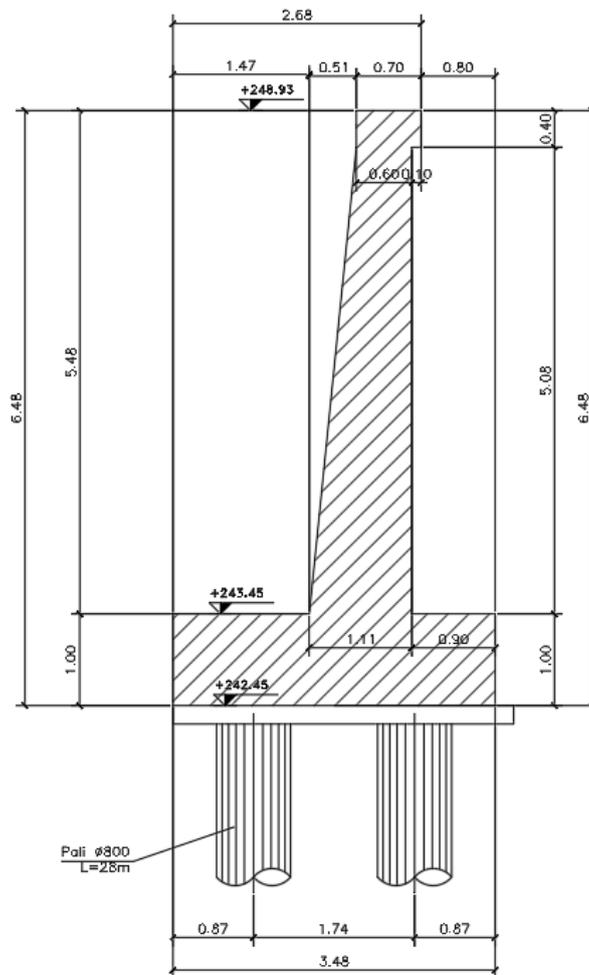
Muro rigido completamente vincolato

Muro libero di traslare o di ruotare intorno al piede

9. MURO DI SOSTEGNO

Si verifica la sezione di altezza 6.48m indicata nella figura seguente, considerando l'effettiva altezza di terreno spingente pari a 5.48m.

Il muro è realizzato su fondazione su pali $\phi 800$ mm L =10m



9.1. Input generale

Di seguito si riportano i dati geometrici del muro e i valori caratteristici dei parametri geotecnici, validi per tutte le combinazioni prese in esame.

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

| | | |
|--|-------|-------------------|
| PESO SPECIFICO CLS | 25.00 | kN/m ³ |
| SBALZO PLINTO VALLE | 0.90 | m |
| SBALZO PLINTO MONTE | 1.47 | m |
| SPESSORE TESTA MURO | 0.60 | m |
| ALTEZZA ELEVAZIONE MURO | 5.48 | m |
| ALTEZZA DEL TERRENO SULLO SBALZO DI VALLE | 0.00 | m |
| SPESSORE PLINTO A VALLE | 1.00 | m |
| SPESSORE PLINTO A MONTE | 1.00 | m |
| ANGOLO PARAMENTO DI MONTE DEL MURO | 5.30 | ° |
| ANGOLO PARAMENTO DI VALLE DEL MURO | 0.00 | ° |
| INCLINAZIONE TERRAPIENO CON ORIZZONTALE | 0.00 | ° |
| LARGHEZZA MURO ANALIZZATO | 1.00 | m |
| LUNGHEZZA MURO PER ANALISI CAPACITA' PORTANTE | 3.00 | m |
| INCLINAZIONE BASE PLINTO CON ORIZZONTALE | 0.00 | ° |
| ALTEZZA SPERONE (MONTE) | 0.00 | m |
| SPESSORE SPERONE | 0.00 | m |
| INCLINAZIONE PIANO SCORRIMENTO | 0.00 | rad |
| | gradi | 0.00 ° |
| ALTEZZA SPERONE (Valle) | 0.00 | m |
| ALTEZZA BARRIERA ANTIRUMORE | 0.00 | m |
| LUNGHEZZA LONGITUDINALE PER RIPARTIZIONE PALI | 3.00 | m |
| INTERASSE TRASVERSALE PALI | 1.74 | m |
| NUMERO PALI TRASVERSALI | 2.00 | m |
| incremento sezione dovuto inclinazione paramento monte | 0.51 | |
| incremento sezione dovuto inclinazione paramento vallo | 0.00 | |
| SPESSORE MURO ALLO SPICCATO | 1.11 | m |
| ALTEZZA TOTALE DEL MURO | 6.48 | m |
| INCREMENTO ALTEZZA DEL TERRENO | 0.00 | m |
| LARGHEZZA TOTALE DEL PLINTO | 3.48 | m |

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE (valori caratteristici)

| | | |
|---|-------|-------------------|
| PESO SPECIFICO TERRAPIENO | 20.00 | kN/m ³ |
| PESO SPECIFICO TERRENO FONDAZIONE | 20.00 | kN/m ³ |
| PESO SPECIFICO TERRENO VALLE | 20.00 | kN/m ³ |
| COESIONE NON DRENATA | 0.00 | KPA |
| COESIONE DRENATA | 0.00 | KPA |
| ANGOLO DI ATTRITO DEL TERRAPIENO | 35.00 | ° |
| ANGOLO DI ATTRITO DEL TERRENO DI FONDAZIONE | 30.00 | ° |
| ADESIONE TERRENO-PLINTO | 0.00 | KPA |

AZIONI ESTERNE (valori caratteristici) - CONDIZIONI STATICHE

| | |
|---|-------------------------|
| SOVRACCARICO ACCIDENTALE SUL TERRAPIENO | 57.50 kN/m ² |
| SOVRACCARICO PERMANENTE SUL TERRAPIENO | 0.00 kN/m ² |
| PRESENZA BARRIERA GUARD-RAIL IN TESTA (0=SI 1=NO) | 1.00 |
| AZIONE SUL PARAPETTO | 0.00 kN/m |
| FORZA ORIZZONTALE VENTO | 14.40 kN |
| COPPIA DOVUTA AL VENTO | 43.20 kNm |

AZIONI ESTERNE (valori caratteristici) - CONDIZIONI SISMICHE

| | |
|---|------------------------|
| SOVRACCARICO ACCIDENTALE SUL TERRAPIENO | 4.00 kN/m ² |
| SOVRACCARICO PERMANENTE SUL TERRAPIENO | 0.00 kN/m ² |
| PRESENZA BARRIERA GUARD-RAIL IN TESTA (0=SI 1=NO) | 0 |
| PESO FOA | 0.0 kN/m |
| FORZA ORIZZONTALE per FOA | 0.00 kN |
| COPPIA per FOA (in testa al muro) | 0.00 kNm |

9.2. Comb. A1+M1+R3

9.2.1. Caratteristiche di progetto

| CARICHI | comb: A1+M1+R3 STR | |
|----------------------------|--------------------|-------------|
| | A1 | |
| | favorevoli | sfavorevoli |
| PERMANENTI | 1 | 1.3 |
| PERMANENTI NON STRUTTURALI | 0 | 1.5 |
| VARIABILI | 0 | 1.5 |

| PARAMETRO | M1 |
|----------------------------------|----|
| ANGOLO DI ATTRITO DEL TERRAPIENO | 1 |
| COESIONE DRENATA | 1 |
| COESIONE NON DRENATA | 1 |
| PESO SPECIFICO TERRAPIENO | 1 |

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DI PROGETTO

| | |
|---|-------------------------|
| PESO SPECIFICO TERRAPIENO | 20.00 kN/m ³ |
| PESO SPECIFICO TERRENO FONDAZIONE | 20.00 kN/m ³ |
| PESO SPECIFICO TERRENO VALLE | 20.00 kN/m ³ |
| COESIONE NON DRENATA | 0.00 KPA |
| COESIONE DRENATA | 0.00 KPA |
| ANGOLO DI ATTRITO DEL TERRAPIENO | 35.00 ° |
| ANGOLO DI ATTRITO DEL TERRENO DI FONDAZIONE | 30.00 ° |
| ADESIONE TERRENO-PLINTO | 0.00 KPA |
| ANGOLO DI ATTRITO TERRA-MURO | 0.00 ° |
| ANGOLO DI ATTRITO TERRA - PLINTO (2/3 φ) | 20.00 ° |
| ANGOLO ATTRITO TERRA-TERRA | 20.00 ° |
| COEFFICIENTE DI SPINTA A RIPOSO | 0.426 |

AZIONI ESTERNE (VALORI DI PROGETTO)

| | |
|---|-------------------------|
| SOVRACCARICO ACCIDENTALE SUL TERRAPIENO | 30.00 kN/m ² |
| SOVRACCARICO PERMANENTE SUL TERRAPIENO | 0.00 kN/m ² |
| PRESENZA BARRIERA GUARD-RAIL IN TESTA (0=SI 1=NO) | 0 |
| AZIONE SUL PARAPETTO | 0.00 kN/m |
| PESO FOA | 0.00 kN |
| FORZA ORIZZONTALE VENTO | 0.00 kN |
| COPPIA DOVUTA AL VENTO (in testa al muro) | 0.00 kNm |

9.2.2. Sollecitazioni STR paramento

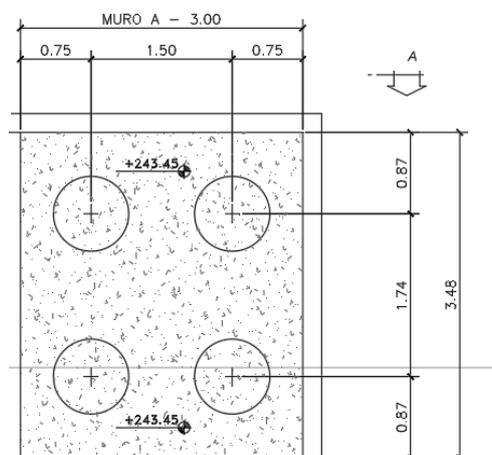
Per le verifiche agli SLE si considerano a favore di sicurezza le sollecitazioni agli SLU/1.2.

| SEZIONE DI SPICCATO DEL MURO | SLU | SLE |
|---------------------------------------|-------|-------|
| Momento flettente risultante (kNm/ml) | 435.5 | 362.9 |
| Azione di taglio risultante (kN/ml) | 207.6 | 173.0 |

Per le verifiche d'armatura si rimanda al paragrafo "Verifiche strutturali".

9.2.3. Sollecitazioni in testa ai pali

Si ricavano le sollecitazioni massime in testa ai pali.



| | | | |
|---------|------|-------|--|
| $f =$ | 0.80 | m | Diametro pali |
| $A_p =$ | 0.50 | m^2 | Area singolo palo |
| $n_p =$ | 4.00 | | Numero totale pali |
| $B_x =$ | 3.48 | m | Lunghezza zattera di fondazione dir. X |
| $B_y =$ | 3.00 | m | Lunghezza zattera di fondazione dir. Y |

COORD. CENTRO PALI RISPETTO BARICENTRO FONDAZ.

| Palo | X | Y | r_i | X^2 | Y^2 | r_i^2 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| n° | m | m | m | m^2 | m^2 | m^2 |
| 1 | 0.87 | -0.75 | 1.15 | 0.76 | 0.56 | 1.32 |
| 2 | 0.87 | 0.75 | 1.15 | 0.76 | 0.56 | 1.32 |
| 3 | -0.87 | -0.75 | 1.15 | 0.76 | 0.56 | 1.32 |
| 4 | -0.87 | 0.75 | 1.15 | 0.76 | 0.56 | 1.32 |
| | | | | 3.03 | 2.25 | 5.28 |

| SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA FOND L=3m | | | | | | | | |
|---|------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------|-----------------------|--------|
| C.C. | N | T _x | T _y | M _x | M _y | N _{max/palo} | N _{min/palo} | T/palo |
| n° | kN | kN | kN | kNm | kNm | kN | kN | kN |
| SLU | 1481 | 831 | 0 | 0 | 1430 | 781 | -41 | 208 |

Per le verifiche d'armatura si rimanda al paragrafo "Verifiche strutturali".

9.3. Comb. SISMA

9.3.1. Caratteristiche di progetto

| CARICHI | SISMA | |
|----------------------------|------------|-------------|
| | A1 | |
| | favorevoli | sfavorevoli |
| PERMANENTI | 1 | 1 |
| PERMANENTI NON STRUTTURALI | 0 | 1 |
| PERMANENTI NON STRUTTURALI | 0 | 1 |
| VARIABILI | 0 | 1 |

| PARAMETRO | M1 |
|----------------------------------|----|
| ANGOLO DI ATTRITO DEL TERRAPIENO | 1 |
| COESIONE DRENATA | 1 |
| COESIONE NON DRENATA | 1 |
| PESO SPECIFICO TERRAPIENO | 1 |

| PARAMETRO | R3 |
|-------------------------------|-----|
| CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE | 1.2 |
| SCORRIMENTO | 1 |
| RIBALTAMENTO | 1 |

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DI PROGETTO

| | |
|---|-------------------------|
| PESO SPECIFICO TERRAPIENO | 20.00 kN/m ³ |
| PESO SPECIFICO TERRENO FONDAZIONE | 20.00 kN/m ³ |
| PESO SPECIFICO TERRENO VALLE | 20.00 kN/m ³ |
| COESIONE NON DRENATA | 0.00 KPA |
| COESIONE DRENATA | 0.00 KPA |
| ANGOLO DI ATTRITO DEL TERRAPIENO | 35.00 ° |
| ANGOLO DI ATTRITO DEL TERRENO DI FONDAZIONE | 30.00 ° |
| ADESIONE TERRENO-PLINTO | 0.00 KPA |
| ANGOLO DI ATTRITO TERRA-MURO | 0.00 ° |
| ANGOLO DI ATTRITO TERRA - PLINTO (2/3 φ) | 20.00 ° |
| ANGOLO ATTRITO TERRA-TERRA | 20.00 ° |
| COEFFICIENTE DI SPINTA A RIPOSO | 0.426 |

AZIONI ESTERNE (VALORI DI PROGETTO)

| | |
|---|------------------------|
| SOVRACCARICO ACCIDENTALE SUL TERRAPIENO | 4.00 kN/m ² |
| SOVRACCARICO PERMANENTE SUL TERRAPIENO | 0.00 kN/m ² |
| PRESENZA BARRIERA GUARD-RAIL IN TESTA (0=SI 1=NO) | 0.00 |
| AZIONE SUL PARAPETTO | 0.00 kN/m |
| PESO FOA | 0.00 kN |
| FORZA ORIZZONTALE per FOA | 0.00 kN |
| COPPIA per FOA (in testa al muro) | 0.00 kNm |

CONDIZIONI SISMICHE

| | |
|--|---------|
| COEFF. DI PROTEZIONE SISMICA | 1.00 |
| <i>Coefficienti parziali sui parametri di resistenza</i> | |
| γ_{ϕ} = | 1.00 |
| γ_{cu} = | 1.00 |
| γ_c = | 1.00 |
| γ_{γ} = | 1.00 |
| Tangente dell'angolo di resistenza a taglio ridotto | 0.700 |
| Angolo di attrito ridotto | 35.00 ° |
| COEFF. DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA | 1.50 |
| ACCELERAZIONE DI PICCO AL SUOLO (a_g/g) | 0.045 |
| COEFF. DI RIDUZIONE ACCELERAZIONE β_m | 1.00 |
| ACCELERAZIONE RIDOTTA (a_g^*/g) | 0.05 |
| COEFF. DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA | 1.00 |
| COEFF. DI INTENSITA' SISMICA | 0.068 |
| ACCELERAZIONE MASSIMA (a^*_{max}/g) | 0.068 |
| COEFFICIENTE RIDUTTIVO | 1.00 |
| COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE DI PROGETTO | 0.068 |
| COEFFICIENTE SISMICO VERTICALE | 0.034 |

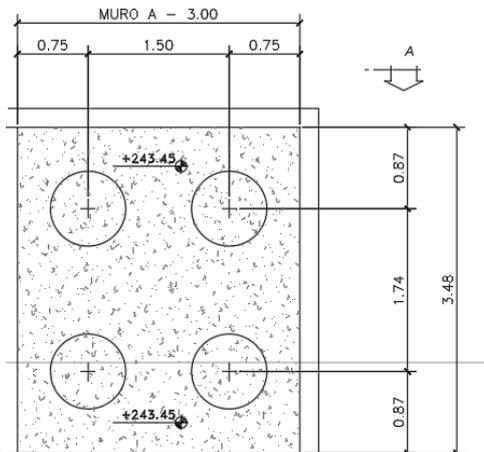
9.3.2. Sollecitazioni in fase sismica paramento

| SEZIONE DI SPICCATO DEL MURO | COND. SISMICHE |
|---------------------------------------|----------------|
| Momento flettente risultante (kNm/ml) | 369.89 |
| Azione di taglio risultante (kN/ml) | 177.65 |

Per le verifiche d'armatura si rimanda al paragrafo "Verifiche strutturali"

9.3.3. Sollecitazioni in testa ai pali

Si ricavano le sollecitazioni massime in testa ai pali.



| | | | |
|---------|------|-------|--|
| $f =$ | 0.80 | m | Diametro pali |
| $A_p =$ | 0.50 | m^2 | Area singolo palo |
| $n_p =$ | 4.00 | | Numero totale pali |
| $B_x =$ | 3.48 | m | Lunghezza zattera di fondazione dir. X |
| $B_y =$ | 3.00 | m | Lunghezza zattera di fondazione dir. Y |

COORD. CENTRO PALI RISPETTO BARICENTRO FONDAZI

| Palo | X | Y | r_i | X^2 | Y^2 | r_i^2 |
|------|-------|-------|-------|----------------|----------------|----------------|
| n° | m | m | m | m ² | m ² | m ² |
| 1 | 0.87 | -0.75 | 1.15 | 0.76 | 0.56 | 1.32 |
| 2 | 0.87 | 0.75 | 1.15 | 0.76 | 0.56 | 1.32 |
| 3 | -0.87 | -0.75 | 1.15 | 0.76 | 0.56 | 1.32 |
| 4 | -0.87 | 0.75 | 1.15 | 0.76 | 0.56 | 1.32 |
| | | | | | | |
| | | | | 3.03 | 2.25 | 5.28 |

SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA FOND L=3m

| C.C. | N | T_x | T_y | M_x | M_y | $N_{max/palo}$ | $N_{min/palo}$ | $T_{/palo}$ |
|------|------|-------|-------|-------|-------|----------------|----------------|-------------|
| n° | kN | kN | kN | kNm | kNm | kN | kN | kN |
| SIS | 1196 | 568 | 0 | 896 | 0 | 598 | 1 | 142 |

Per le verifiche d'armatura si rimanda al paragrafo "Verifiche strutturali".

9.4. Verifiche geotecniche pali

9.4.1. Criteri di verifica

Le verifiche delle fondazioni su pali devono essere effettuate con riferimento almeno ai seguenti stati limite, accertando che la condizione $E_d < R_d$ sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

SLU di tipo geotecnico (GEO)

- collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali;
- collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi trasversali;
- collasso per carico limite di sfilamento nei riguardi dei carichi assiali di trazione;
- stabilità globale.

SLU di tipo strutturale (STR)

- Raggiungimento della resistenza dei pali;
- raggiungimento della resistenza della struttura di collegamento dei pali.

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo l'Approccio 1, con la Combinazione 2 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le resistenze globali.

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

| | Effetto | Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E) | EQU | (A1) | (A2) |
|--------------------------------|-------------|---|-----|------|------|
| Carichi permanenti G_1 | Favorevole | γ_{G1} | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
| | Sfavorevole | | 1,1 | 1,3 | 1,0 |
| Carichi permanenti $G_2^{(1)}$ | Favorevole | γ_{G2} | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| | Sfavorevole | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |
| Azioni variabili Q | Favorevole | γ_{Q1} | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Sfavorevole | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

| Parametro | Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale | Coefficiente parziale γ_M | (M1) | (M2) |
|--|---|----------------------------------|------|------|
| Tangente dell'angolo di resistenza al taglio | $\tan \varphi'_k$ | $\gamma_{\varphi'}$ | 1,0 | 1,25 |
| Coesione efficace | c'_k | γ_c | 1,0 | 1,25 |
| Resistenza non drenata | c_{uk} | γ_{cu} | 1,0 | 1,4 |
| Peso dell'unità di volume | γ_r | γ_r | 1,0 | 1,0 |

Tab. 6.8.I - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

| COEFFICIENTE | R2 |
|--------------|-----|
| γ_R | 1,1 |

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II e 6.4.II, 6.4.VI. Nelle verifiche nei confronti di SLU di tipo strutturale, il coefficiente γ_r non deve essere portato in conto.

 Tab. 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

| Resistenza | Simbolo | Pali infissi (R3) | Pali trivellati (R3) | Pali ad elica continua (R3) |
|--------------------------|---------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|
| | γ_R | (R3) | (R3) | (R3) |
| Base | γ_b | 1,15 | 1,35 | 1,3 |
| Laterale in compressione | γ_s | 1,15 | 1,15 | 1,15 |
| Totale (*) | γ | 1,15 | 1,30 | 1,25 |
| Laterale in trazione | γ_{st} | 1,25 | 1,25 | 1,25 |

* da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

 Tab. 6.4.VI - Coefficiente parziale γ_T per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali

| Coefficiente parziale (R3) |
|----------------------------|
| $\gamma_T = 1,3$ |

In funzione delle verticali indagate si ha:

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

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

 Tab. 6.4.IV - Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

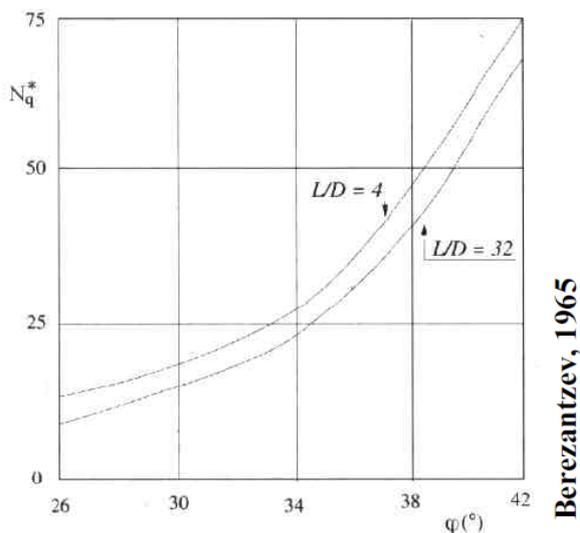
| Numero di verticali indagate | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | ≥ 10 |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| ξ_3 | 1,70 | 1,65 | 1,60 | 1,55 | 1,50 | 1,45 | 1,40 |
| ξ_4 | 1,70 | 1,55 | 1,48 | 1,42 | 1,34 | 1,28 | 1,21 |

9.5. Calcolo della capacità portante limite

Nel calcolo della resistenza della capacità portante limite per pali di grande diametro si considera il seguente grafico per il calcolo di N_q^* di Berezantzev, 1965.

CARICO LIMITE

Pali di grande diametro



CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO
OPERA: CV16

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D): **0.80** (m) Area del Palo (A_p): **0.503** (m²)
 Carico massimo sul palo Nd = **781** (kN) Lpalo= **10.00** (m)
 (Comb. A1+M1+R3)

Fattori di correlazione in funzione delle verticali indagate:
 ξ
1.65
Coefficienti parziali γ_r da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

R3 Pali trivellati
 γ_b **1.35**
 γ_s **1.15**

Coefficiente parziale γ_r per le verifiche agli SLU di pali soggetti a carichi trasversali

R3
 γ_t **1.3**

| n° strato | tipo terreno | ΔH_i [m] | H_f [m] | γ_n [kN/m ³] | γ' [kN/m ³] | N_{SPT} [-] | ϕ [°] | K [-] | c_u [kPa] | α [-] | c_a [kPa] |
|-----------|-----------------|---------------------|--------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------|---------------|------------|----------------|-----------------|----------------|
| 1 | Ghiaia e sabbia | 4.00 | 0.00 | 18.00 | 18.00 | 10.00 | 27.00 | 0.43 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | Ghiaia e sabbia | 6.00 | 10.00 | 19.00 | 19.00 | 10.00 | 35.00 | 0.43 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

LEGENDA

ΔH_i spessore dello strato
 H_f profondità dello strato dal p.c.
 γ_n peso specifico del terreno naturale
 γ' peso specifico efficace
 N_{SPT} Numero colpi al piede (solo granulari)
 ϕ angolo di attrito (solo granulari)
 K rapporto tra σ_n/σ_v
 c_u coesione non drenata (solo coesivi)
 c_a adesione (solo coesivi)

 (per il corretto funzionamento del foglio di calcolo si è indicato $\gamma_n=\gamma'$)

| n° strato | tipo terreno | ΔH_i [m] | H_i [m] | γ_n [kN/m ³] | γ' [kN/m ³] | N_{SPT} [-] | ϕ [°] | K [-] | c_u [kPa] | α [-] | c_a [kPa] |
|-----------|--------------|------------------|-----------|---------------------------------|--------------------------------|---------------|------------|---------|-------------|--------------|-------------|
| 2 | | 6.00 | 10.00 | 19.00 | 19.00 | 10.00 | 35.00 | 0.43 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

| | | | |
|-----------------|--------------------------------|---------|-------------------|
| A_b | Area della base del palo | 0.50 | [m ²] |
| σ_{vL} | Pressione geostatica di base | 186 | [kPa] |
| $N_q = \nu B_k$ | Coeff. di pressione geostatica | 46 | |
| c | Coesione alla base | 0.00 | [kPa] |
| N_c | Coeff. di coesione | 0 | |
| $Q_{b,lim}$ | Portata limite di base | 4300.72 | [kN] |
| $Q_{b,amm}$ | Portata amm. di base | 1928.57 | [kN] |

PORTATA LATERALE - protocollo di Viggiani

| | $\sigma_{v,i}$ | $\sigma_{v,(i+1)}$ | $\sigma_{v,med}$ | $\sigma_{h,med}$ | | c_a | s | |
|----------------|-----------------------------|--------------------|------------------|------------------|--------|-------|------|-------|
| $\sigma_{h,1}$ | tensione laterale strato 1° | 0 | 72 | 36 | 15.624 | [kPa] | 0.00 | 7.96 |
| $\sigma_{h,2}$ | tensione laterale strato 2° | 72 | 186 | 129 | 55.986 | [kPa] | 0.00 | 39.20 |
| $\sigma_{h,3}$ | tensione laterale strato 3° | 0 | 0 | 0 | 0 | [kPa] | 0.00 | 0.00 |
| $\sigma_{h,4}$ | tensione laterale strato 4° | 0 | 0 | 0 | 0 | [kPa] | 0.00 | 0.00 |
| $\sigma_{h,5}$ | tensione laterale strato 5° | 0 | 0 | 0 | 0 | [kPa] | 0.00 | 0.00 |
| $\sigma_{h,6}$ | tensione laterale strato 6° | 0 | 0 | 0 | 0 | [kPa] | 0.00 | 0.00 |
| $\sigma_{h,7}$ | tensione laterale strato 7° | 0 | 0 | 0 | 0 | [kPa] | 0.00 | 0.00 |
| $\sigma_{h,8}$ | tensione laterale strato 8° | 0 | 0 | 0 | 0 | [kPa] | 0.00 | 0.00 |
| $\sigma_{h,9}$ | tensione laterale strato 9° | 0 | 0 | 0 | 0 | [kPa] | 0.00 | 0.00 |

| | | | | | | |
|-------------|-------------------------|--------|------|--------------------------|--------|------|
| $Q_{l,lim}$ | Portata limite laterale | 671.18 | [kN] | Peso proprio palo | 125.66 | [kN] |
| $Q_{l,amm}$ | Portata amm. laterale | 300.98 | [kN] | | | |

Si considera il contributo del peso del palo considerando però che il volume dello stesso va a sostituire un egual volume di terreno:

| | |
|--------------------|----------|
| $\gamma_{terreno}$ | 20 kN/mc |
| γ_{cls} | 25 kN/mc |
| Peso palo = | 352 kN |
| Peso terreno = | 281 kN |
| $\Delta W =$ | 70 kN |

| | | | |
|---------------|-----|--------------------------|------|
| Nslu | 781 | Q_{punta} | 1307 |
| W*1.35 | 34 | Q_{lat} | 1666 |
| | 815 | | 2973 |

VERIFICA SODDISFATTA

I pali non sono ad interasse di 3 diametri e pertanto si assume un fattore di efficienza $E = 0,69$. Da qui la portata totale ammissibile di gruppo vale $(Q_{punta} + Q_{lat}) * n^{\circ} \text{pali} - W_{pali}$

| | | | |
|--|---|--------------|-----------------------------|
| n°pali | 4 | kN | |
| PORTATA TOTALE AMM. DI GRUPPO = | | 11792 | |
| CARICO MASSIMO SULLA PALIFICATA = | | 1481 | VERIFICA SODDISFATTA |

9.6. Calcolo del carico limite orizzontale

Metodo di Broms

Si assume che il comportamento dell'interfaccia palo/terreno sia di tipo rigido–perfettamente plastico, e cioè che la resistenza del terreno si mobiliti interamente per qualsiasi valore non nullo dello spostamento e rimanga costante al crescere dello spostamento stesso. Si assume inoltre che la forma della sezione del palo sia ininfluyente e che il valore della pressione p sia determinato solo dalla dimensione d della sezione del palo misurata normalmente alla direzione dello spostamento. Per un terreno incoerente, si assume che la resistenza del terreno vari linearmente con la profondità z secondo la legge:

$$p = 3 k_p \gamma z d$$

dove:

- γ = peso di volume del terreno
- d = diametro del palo
- z = profondità
- $k_p = (1 + \text{sen } \varphi) / (1 - \text{sen } \varphi)$

I possibili meccanismi di rottura di pali vincolati in testa sono illustrati nelle figure seguenti relativamente al caso di palo "corto" e "lungo" insieme alle distribuzioni delle reazioni del terreno.

I pali "corti" sono quelli indicati in cui il carico limite dipende esclusivamente dalla resistenza del terreno, mentre il carico limite dei pali "lunghi" dipende principalmente dal momento di plasticizzazione del palo stesso.

Nel caso di palo "corto" l'equilibrio orizzontale fornisce:

- $H_u = 1.5 \gamma L^2 d k_p$

mentre il momento massimo è:

- $M_{max} = 2/3 H_u L$

Occorre comunque verificare la condizione $M_{max} < M_y$ (M_y : momento ultimo del palo).

Per il palo "lungo" il massimo momento lungo il fusto del palo, che si verifica alla profondità f , uguaglia il momento di plasticizzazione; si forma pertanto una seconda cerniera plastica.

L'equilibrio alla rotazione del tratto di palo compreso fra le due cerniere fornisce:

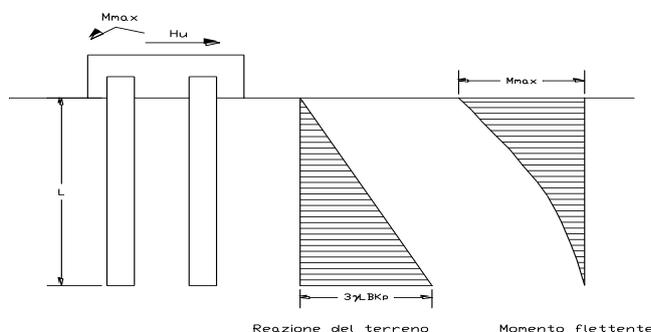
- $H_u (e+2/3f) = 2 M_y$

dove:

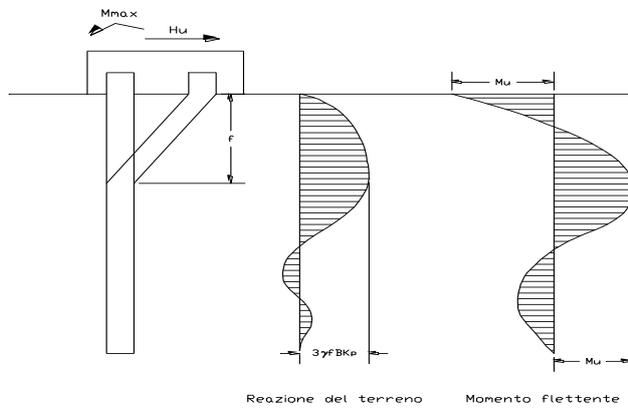
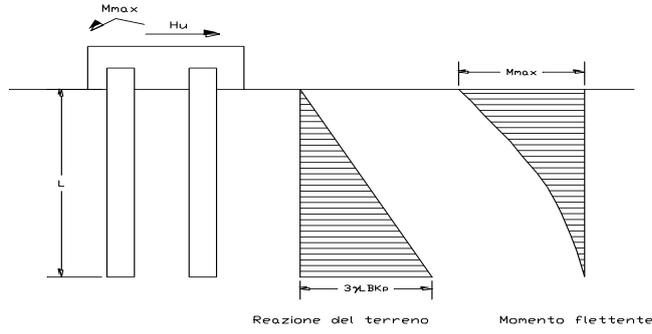
- $f = 0.82 [H_u / (\gamma d k_p)]^{0.5}$.

Schemi di rottura metodo di Broms:

Pali corti:



Pali lunghi:



Calcolo del momento di plasticizzazione:

Calcolo del momento di plasticizzazione di una sezione circolare

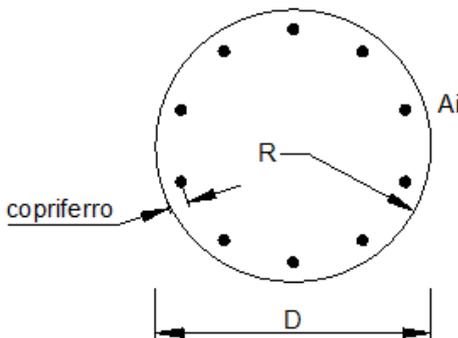
Diametro = 800 (mm)
 Raggio = 400 (mm)
 Sforzo Normale = 1 (kN)

Caratteristiche dei Materiali

calcestruzzo

Rck = 30 (N/mm²)
 $\gamma_{m,c}$ = 2.1
 α = 0.8

fcd = Rck / γ_c = 14.29 (N/mm²)



Acciaio

tipo di acciaio

f_{yk} = 450 (N/mm²)

γ_E = 1.00

γ_s = 1.15

f_{yd} = f_{yk} / γ_s / γ_E = 391.3 (N/mm²)

E_s = 210000 (N/mm²)

ϵ_{ys} = 0.186%

ϵ_{uk} = 7.500%

ϵ_{ud} = 6.750%

α = 0.9

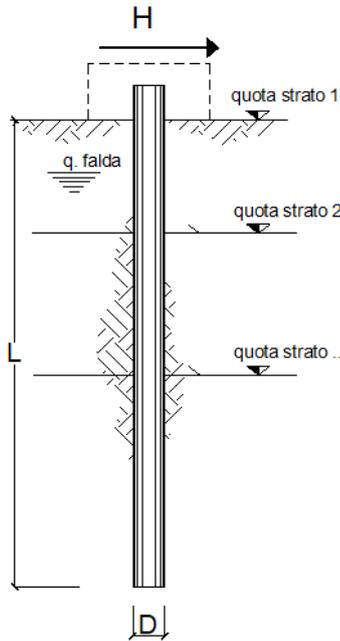
Armature

| numero | diametro (mm) | area (mm ²) | copriferro (mm) |
|--------|---------------|-------------------------|-----------------|
| 15 | 26 | 7963.94 | 90 |
| | | 0.00 | |
| | | 0.00 | |

calcolo

Momento di Plasticizzazione

M_y = 807.0 (kN m)

opera **ST05**


| strati terreno | descrizione | quote (m) | γ (kN/m ³) | γ' (kN/m ³) | φ (°) | k_p | c_u (kPa) |
|-------------------------------------|---------------|-----------|-------------------------------|--------------------------------|---------------|-------|-------------|
| | p.c.=strato 1 | 0.00 | 18 | 18 | 27 | 2.66 | 0 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | strato 2 | -11.00 | 19 | 19 | 35 | 3.69 | 0 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | strato 3 | -28.00 | 18 | 8 | 30 | 3.00 | 0 |
| <input type="checkbox"/> | strato 4 | | | | | 1.00 | |
| <input type="checkbox"/> | strato 5 | | | | | 1.00 | |
| <input type="checkbox"/> | strato 6 | | | | | 1.00 | |

Quota falda -27 (m)
 Diametro del palo D 0.80 (m)
 Lunghezza del palo L 10.00 (m)
 Momento di plasticizzazione palo M_y 807 (kNm)
 Step di calcolo 0.01 (m)

- palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo
(ctrl+r)

Palo lungo H = 694.6 (kN)
 Palo intermedio H = 1601.3 (kN)
 Palo corto H = 5752.0 (kN)

Hlim = 694.6 (kN) Palo lungo

Fattori di correlazione in funzione delle verticali indagate:

ξ
 1.65

Coefficiente parziale γ_t per le verifiche agli SLU di pali soggetti a carichi trasversali

R3
 γ_t 1.3

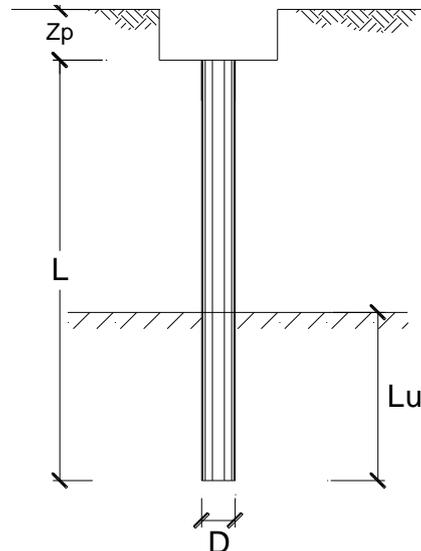
$$R_t = H_{lim} / (\xi * \gamma) = 695 \text{ kN} / (1.65 * 1.3) = 324 > T_{max} = 142 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

9.7. Cedimenti

Il cedimento della palificata e del singolo palo maggiormente sollecitato, risulta:

DATI DI IMPUT:

| | | |
|--------------------------------------|-------|-------|
| Diametro del Palo (D): | 0.80 | (m) |
| Carico sul palo (P): | 651.0 | (kN) |
| Lunghezza del Palo (L): | 10.00 | (m) |
| Lunghezza Utile del Palo (Lu): | 8.00 | (m) |
| Modulo di Deformazione (E): | 70.00 | (MPa) |
| Numero di pali della Palificata (n): | 4 | (-) |
| Spaziatura dei pali (s) | 1.5 | (m) |



CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D): \quad 1.50 \quad (-)$$

Cedimento del palo

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile} = 1.74 \quad (\text{mm})$$

CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$$\delta_p = R_s * \delta = n * R_g * \delta$$

Coefficiente di Gruppo

$$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2 \quad (\text{Viggiani, 1999})$$

$$R = (n * s / L)^{0,5} \quad R = 0.775$$

Cedimento della palificata

$$\delta_p = n * R_g * \delta = 4 * 0.86 * 1.74 = 6.01 \quad (\text{mm})$$

Tali valori risultano compatibili con la funzionalità dell'opera.

9.8. Verifiche strutturali

9.8.1. Paramento

Dalla combinazione STR:

| SEZIONE DI SPICCATO DEL MURO | SLU | SLE |
|---------------------------------------|-------|-------|
| Momento flettente risultante (kNm/ml) | 435.5 | 362.9 |
| Azione di taglio risultante (kN/ml) | 207.6 | 173.0 |

Dalla combinazione Sismica:

| SEZIONE DI SPICCATO DEL MURO | COND. SISMICHE |
|---------------------------------------|----------------|
| Momento flettente risultante (kNm/ml) | 369.89 |
| Azione di taglio risultante (kN/ml) | 177.65 |

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: Muro-spicc

| | |
|-------------------------------|---|
| Descrizione Sezione: | |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze agli Stati Limite Ultimi |
| Tipologia sezione: | Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe |
| Normativa di riferimento: | N.T.C. |
| Percorso sollecitazione: | A Sforzo Norm. costante |
| Condizioni Ambientali: | Poco aggressive |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia |
| Riferimento alla sismicità: | Zona non sismica |

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | | |
|------------------------------|--|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C32/40 | |
| | Resis. compr. di progetto fcd: | 188.00 | daN/cm ² |
| | Def.unit. max resistenza ec2: | 0.0020 | |
| | Def.unit. ultima ecu: | 0.0035 | |
| | Diagramma tensione-deformaz.: | Parabola-Rettangolo | |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 352205 | daN/cm ² |
| | Resis. media a trazione fctm: | 31.00 | daN/cm ² |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 | |
| | Sc limite S.L.E. comb. Rare: | 199.20 | daN/cm ² |
| | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: | 199.20 | daN/cm ² |
| | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.400 | mm |
| | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: | 149.40 | daN/cm ² |
| | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: | 0.300 | mm |
| ACCIAIO - | Tipo: | B450C | |
| | Resist. caratt. snervam. fyk: | 4500.0 | daN/cm ² |
| | Resist. caratt. rottura ftk: | 4500.0 | daN/cm ² |
| | Resist. snerv. di progetto fyd: | 3913.0 | daN/cm ² |
| | Resist. ultima di progetto ftd: | 3913.0 | daN/cm ² |
| | Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068 | |
| | Modulo Elastico Ef | 2000000 | daN/cm ² |
| | Diagramma tensione-deformaz.: | Bilineare finito | |
| | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 1.00 | |
| | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 0.50 | |
| Sf limite S.L.E. Comb. Rare: | 3600.0 | daN/cm ² | |

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

| | | |
|----------------------|------------|--------|
| Forma del Dominio: | Poligonale | |
| Classe Conglomerato: | C32/40 | |
| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |

| | | |
|---|-------|-------|
| 1 | -50.0 | 0.0 |
| 2 | -50.0 | 110.0 |
| 3 | 50.0 | 110.0 |
| 4 | 50.0 | 0.0 |

DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1 | -41.7 | 8.3 | 24 |
| 2 | -41.7 | 101.7 | 22 |
| 3 | 41.7 | 101.7 | 22 |
| 4 | 41.7 | 8.3 | 24 |

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

| | |
|--------------|---|
| N°Gen. | Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre |
| N°Barra Ini. | Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione |
| N°Barra Fin. | Numero della barra finale cui si riferisce la generazione |
| N°Barre | Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione |
| Ø | Diametro in mm delle barre della generazione |

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1 | 2 | 3 | 3 | 22 |
| 2 | 4 | 1 | 3 | 24 |

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| | | | | | |
|----|--|--|--|--|--|
| N | Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione) | | | | |
| Mx | Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez. | | | | |
| My | Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez. | | | | |
| Vy | Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y | | | | |
| Vx | Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x | | | | |

| N°Comb. | N | Mx | My | Vy | Vx |
|---------|---|-------|----|-------|----|
| 1 | 0 | 43550 | 0 | 20760 | 0 |

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| | | | |
|----|---|--|--|
| N | Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione) | | |
| Mx | Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione | | |
| My | Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione | | |

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|---|-------|----|
| 1 | 0 | 36990 | 0 |

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| | | | |
|----|---|--|--|
| N | Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione) | | |
| Mx | Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione | | |
| My | Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione | | |

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|---|----|----|
| | | | |

| | | | |
|---|---|---------------|-------|
| 1 | 0 | 36990 (70468) | 0 (0) |
|---|---|---------------|-------|

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|---|---------------|-------|
| 1 | 0 | 36990 (70468) | 0 (0) |

RISULTATI DEL CALCOLO
Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.1 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 18.5 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sn Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
 Mx Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

| N°Comb | Ver | N | Mx | My | N Res | Mx Res | My Res | Mis.Sic. | As Tesa |
|--------|-----|---|-------|----|-------|--------|--------|----------|------------|
| 1 | S | 0 | 43550 | 0 | 0 | 88470 | 0 | 2.03 | 41.6(18.2) |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

| N°Comb | ec max | x/d | Xc max | Yc max | es min | Xs min | Ys min | es max | Xs max | Ys max |
|--------|---------|-------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1 | 0.00350 | 0.071 | -50.0 | 110.0 | -0.00055 | -41.7 | 101.7 | -0.04607 | -41.7 | 8.3 |

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N°Comb | a | b | c | x/d | C.Rid. |
|--------|-------------|-------------|--------------|-------|--------|
| 1 | 0.000000000 | 0.000487387 | -0.050112605 | 0.071 | 0.700 |

METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

| | |
|------|---|
| Ver | S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata |
| Ved | Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta) |
| Vwct | Taglio trazione resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC] |
| d | Altezza utile sezione [cm] |
| bw | Larghezza minima sezione [cm] |
| Ro | Rapporto geometrico di armatura longitudinale [<0.02] |
| Scp | Tensione media di compressione nella sezione [daN/cm ²] |

| N°Comb | Ver | Ved | Vwct | d | bw | Ro | Scp |
|--------|-----|-------|-------|-------|-------|--------|-----|
| 1 | S | 20760 | 42037 | 101.7 | 100.0 | 0.0041 | 0.0 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| | |
|----------------|--|
| Ver | S = comb. verificata/ N = comb. non verificata |
| Sc max | Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm ²] |
| Xc max, Yc max | Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O) |
| Sf min | Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm ²] |
| Xs min, Ys min | Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O) |
| Ac eff. | Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre |
| As eff. | Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure |

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 16.4 | -50.0 | 110.0 | -207 | -41.7 | 8.3 | --- | --- |

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 16.4 | -50.0 | 110.0 | -207 | -41.7 | 8.3 | --- | --- |

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| | |
|-------------|--|
| Ver. | La sezione viene assunta come fessurata solo se la trazione nel calcestruzzo supera f_{ctm} in almeno una combinazione |
| e1 | Esito della verifica |
| e2 | Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata |
| k1 | Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata |
| kt | = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2] |
| k2 | = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2] |
| k3 | = 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2] |
| k4 | = Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali |
| Ø | = Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali |
| Cf | Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2] |
| e sm - e cm | Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa |
| sr max | Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] |
| wk | Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC] |
| Mx fess. | Massima distanza tra le fessure [mm] |
| My fess. | Apertura fessure in mm calcolata = $sr_{max} * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi |
| | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm] |
| | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm] |

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm | sr max | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|---------|---------|-----|-----|-----|-------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (0.40) | 70468 | 0 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 16.4 | -50.0 | 110.0 | -207 | -41.7 | 8.3 | --- | --- |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm | sr max | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|---------|---------|-----|-----|-----|-------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (0.30) | 70468 | 0 |

9.8.2. Armatura palo

Si dispone una gabbia di 15 ϕ 26:

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: palo

| | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| Descrizione Sezione: | |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze agli Stati Limite Ultimi |
| Tipologia sezione: | Sezione generica di Pilastro |
| Normativa di riferimento: | N.T.C. |
| Percorso sollecitazione: | A Sforzo Norm. costante |
| Condizioni Ambientali: | Poco aggressive |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia |
| Riferimento alla sismicit : | Zona non sismica |

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | | |
|--------------------------------------|--|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C25/30 | |
| | Resis. compr. di progetto fcd: | 141.60 | daN/cm ² |
| | Resis. compr. ridotta fcd': | 70.80 | daN/cm ² |
| | Def.unit. max resistenza ec2: | 0.0020 | |
| | Def.unit. ultima ecu: | 0.0035 | |
| | Diagramma tensione-deformaz.: | Parabola-Rettangolo | |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 314750 | daN/cm ² |
| | Resis. media a trazione fctm: | 25.60 | daN/cm ² |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 | |
| | Sc limite S.L.E. comb. Rare: | 150.00 | daN/cm ² |
| | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: | 150.00 | daN/cm ² |
| | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.400 | mm |
| | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: | 112.50 | daN/cm ² |
| Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: | 0.300 | mm | |
| ACCIAIO - | Tipo: | B450C | |
| | Resist. caratt. snervam. fyk: | 4500.0 | daN/cm ² |
| | Resist. caratt. rottura ftk: | 4500.0 | daN/cm ² |
| | Resist. snerv. di progetto fyd: | 3913.0 | daN/cm ² |
| | Resist. ultima di progetto ftd: | 3913.0 | daN/cm ² |
| | Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068 | |
| | Modulo Elastico Ef | 2000000 | daN/cm ² |
| | Diagramma tensione-deformaz.: | Bilineare finito | |
| | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 1.00 | |
| | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 0.50 | |
| Sf limite S.L.E. Comb. Rare: | 3600.0 | daN/cm ² | |

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

| | |
|----------------------|-----------|
| Forma del Dominio: | Circolare |
| Classe Conglomerato: | C25/30 |

| | |
|-----------------|---------|
| Raggio circ.: | 40.0 cm |
| X centro circ.: | 0.0 cm |
| Y centro circ.: | 0.0 cm |

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

| | | | | | |
|---------|---|--|--|--|--|
| N°Gen. | Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre | | | | |
| Xcentro | Ascissa [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate | | | | |
| Ycentro | Ordinata [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate | | | | |
| Raggio | Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate | | | | |
| N°Barre | Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza | | | | |
| Ø | Diametro [mm] della singola barra generata | | | | |

| | | | | | |
|--------|---------|---------|--------|---------|---|
| N°Gen. | Xcentro | Ycentro | Raggio | N°Barre | Ø |
|--------|---------|---------|--------|---------|---|

1 0.0 0.0 30.0 15 26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 16 mm
 Passo staffe: 20.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

| N°Comb. | N | Mx | My | Vy | Vx |
|---------|-------|----|----|-------|----|
| 1 | -4100 | 10 | 0 | 20800 | 0 |
| 2 | 78100 | 0 | 0 | 0 | 0 |

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|-------|----|----|
| 1 | 65100 | 0 | 0 |

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|-------|-------|-------|
| 1 | 65100 | 0 (0) | 0 (0) |

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|-------|-------|-------|
| 1 | 65100 | 0 (0) | 0 (0) |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

| | |
|--|--------|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 8.7 cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 9.9 cm |
| Copriferro netto minimo staffe: | 7.1 cm |

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

| | |
|-----------|--|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata |
| N Sn | Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione) |
| Mx Sn | Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia |
| My Sn | Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia |
| N Res | Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.) |
| Mx Res | Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia |
| My res | Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000 |
| As Totale | Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa] |

| N°Comb | Ver | N | Mx | My | N Res | Mx Res | My Res | Mis.Sic. | As Totale |
|--------|-----|-------|----|----|-------|--------|--------|----------|------------|
| 1 | S | -4100 | 10 | 0 | -4078 | 81035 | 0 | 999.00 | 79.6(15.1) |
| 2 | S | 78100 | 0 | 0 | 78079 | 93806 | 0 | 999.00 | 79.6(15.1) |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

| | |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del conglomerato a compressione |
| Xc max | Deform. unit. massima del conglomerato a compressione |
| Yc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| Xs min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione) |
| Ys min | Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| Xs max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.) |
| Ys max | Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max | Xc max | Yc max | es min | Xs min | Ys min | es max | Xs max | Ys max |
|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1 | 0.00350 | 0.0 | 40.0 | 0.00187 | 6.2 | 29.3 | -0.00718 | 0.0 | -30.0 |
| 2 | 0.00350 | 0.0 | 40.0 | 0.00216 | -6.2 | 29.3 | -0.00529 | 0.0 | -30.0 |

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

| | |
|---------|---|
| a, b, c | Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen. |
| x/d | Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45 |
| C.Rid. | Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue |

| N°Comb | a | b | c | x/d | C.Rid. |
|--------|-------------|-------------|--------------|-----|--------|
| 1 | 0.000000000 | 0.000152509 | -0.002600351 | --- | --- |
| 2 | 0.000000000 | 0.000125571 | -0.001522833 | --- | --- |

VERIFICHE A TAGLIO

| | |
|---------------|--|
| Diam. Staffe: | 16 mm |
| Passo staffe: | 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm] |

| | |
|-------|--|
| Ver | S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata |
| Ved | Taglio di progetto [daN] = proiezz. di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro |
| Vcd | Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC] |
| Vvd | Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe |
| d z | Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro Braccio coppia interna [cm] Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce. |
| bw | Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed. |
| Ctg | Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato |
| Acw | Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione |
| Ast | Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m] |
| A.Eff | Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m] |

Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con $L=lungh.legat.proietta-$
ta sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio.

| N°Comb | Ver | Ved | Vcd | Vwd | d z | bw | Ctg | Acw | Ast | A.Eff |
|--------|-----|-------|--------|--------|------------|------|-------|-------|-----|-----------|
| 1 | S | 20800 | 88921 | 104508 | 62.6 52.6 | 69.3 | 2.500 | 1.000 | 4.0 | 20.3(0.0) |
| 2 | S | 0 | 140510 | 39767 | 60.0 50.0 | 71.5 | 1.000 | 1.110 | 0.0 | 20.3(0.0) |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| | |
|----------------|--|
| Ver | S = comb. verificata/ N = comb. non verificata |
| Sc max | Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm ²] |
| Xc max, Yc max | Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O) |
| Sf min | Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm ²] |
| Xs min, Ys min | Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O) |
| Ac eff. | Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre |
| As eff. | Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure |

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 10.5 | 0.0 | 0.0 | 157 | 0.0 | -30.0 | ---- | ---- |

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 10.5 | 0.0 | 0.0 | 157 | 0.0 | -30.0 | ---- | ---- |

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| | |
|-------------|--|
| Ver. | La sezione viene assunta come fessurata solo se la trazione nel calcestruzzo supera f_{ctm} in almeno una combinazione |
| e1 | Esito della verifica |
| e2 | Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata |
| k1 | Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2] |
| kt | = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2] |
| k2 | = 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2] |
| k3 | = Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali |
| k4 | = Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali |
| Ø | Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac_{eff} [eq.(7.11)EC2] |
| Cf | Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa |
| e sm - e cm | Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC] |
| sr max | Massima distanza tra le fessure [mm] |
| wk | Apertura fessure in mm calcolata = $sr_{max} * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi |
| Mx fess. | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm] |
| My fess. | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm] |

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm | sr max | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|---------|---------|------|------|------|-------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1 | S | 0.00000 | 0.00000 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.000 (0.40) | 0 | 0 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 10.5 | 0.0 | 0.0 | 157 | 0.0 | -30.0 | ---- | ---- |

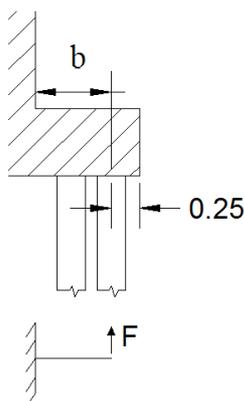
COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm | sr max | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|---------|---------|------|------|------|-------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1 | S | 0.00000 | 0.00000 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.000 (0.30) | 0 | 0 |

9.8.3. Zattera di fondazione

Si riporta la verifica della sezione di dimensioni 1m*1.50m considerando la sollecitazioni al metro lineare calcolata per la zattera di fondazione

Le massime sollecitazioni agenti sulla suola di fondazione sono ricavate in relazione ai massimi sforzi in testa ai pali, introdotti nel paragrafo relativo. La suola viene schematizzata come una mensola incastrata lungo il paramento e su di essa agisce il massimo sforzo in testa al palo. Si fa riferimento al palo più distante rispetto al paramento del muro. In questo modo si calcola:



Larghezza sezione di verifica = 1.50 m → si calcola così il momento per fessurazione e il taglio a metro lineare agenti sulla fondazione

| | | |
|---|-----|---|
| b | 1.1 | m |
| L | 1.5 | m |

| C.C. | N _{max/palo} | M=N*b | M _{max} =M/L | V _{max} =N/L |
|------|-----------------------|-------|-----------------------|-----------------------|
| n° | kN | kN | kN | kNm |
| SLU | 781 | 859 | 573 | 521 |
| SIS | 598 | 658 | 439 | 399 |
| SLE | 651 | 716 | 477 | 434 |

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: Muro-fond

| | |
|-------------------------------|---|
| Descrizione Sezione: | |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze agli Stati Limite Ultimi |
| Tipologia sezione: | Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe |
| Normativa di riferimento: | N.T.C. |
| Percorso sollecitazione: | A Sforzo Norm. costante |
| Condizioni Ambientali: | Poco aggressive |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia |
| Riferimento alla sismicità: | Zona non sismica |

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | |
|----------------|--------------------------------|----------------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C28/35 |
| | Resis. compr. di progetto fcd: | 158.60 daN/cm ² |
| | Def.unit. max resistenza ec2: | 0.0020 |

| | | | |
|-----------|--|---------------------|---------------------|
| | Def.unit. ultima ecu: | 0.0035 | |
| | Diagramma tensione-deformaz.: | Parabola-Rettangolo | |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 323080 | daN/cm ² |
| | Resis. media a trazione fctm: | 27.60 | daN/cm ² |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 | |
| | Sc limite S.L.E. comb. Rare: | 168.00 | daN/cm ² |
| | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: | 168.00 | daN/cm ² |
| | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.400 | mm |
| | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: | 126.00 | daN/cm ² |
| | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: | 0.300 | mm |
| ACCIAIO - | Tipo: | B450C | |
| | Resist. caratt. snervam. fyk: | 4500.0 | daN/cm ² |
| | Resist. caratt. rottura ftk: | 4500.0 | daN/cm ² |
| | Resist. snerv. di progetto fyd: | 3913.0 | daN/cm ² |
| | Resist. ultima di progetto ftd: | 3913.0 | daN/cm ² |
| | Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068 | |
| | Modulo Elastico Ef | 2000000 | daN/cm ² |
| | Diagramma tensione-deformaz.: | Bilineare finito | |
| | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 1.00 | |
| | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 0.50 | |
| | Sf limite S.L.E. Comb. Rare: | 3600.0 | daN/cm ² |

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

| | | |
|----------------------|------------|--------|
| Forma del Dominio: | Poligonale | |
| Classe Conglomerato: | C28/35 | |
| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
| 1 | -75.0 | 0.0 |
| 2 | -75.0 | 100.0 |
| 3 | 75.0 | 100.0 |
| 4 | 75.0 | 0.0 |

DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1 | -66.7 | 8.0 | 20 |
| 2 | -66.7 | 92.0 | 20 |
| 3 | 66.7 | 92.0 | 20 |
| 4 | 66.7 | 8.0 | 20 |

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

| | | | | |
|--------------|---|--------------|---------|----|
| N°Gen. | Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre | | | |
| N°Barra Ini. | Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione | | | |
| N°Barra Fin. | Numero della barra finale cui si riferisce la generazione | | | |
| N°Barre | Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione | | | |
| Ø | Diametro in mm delle barre della generazione | | | |
| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø |
| 1 | 2 | 3 | 6 | 20 |
| 2 | 4 | 1 | 6 | 20 |

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| | |
|----|--|
| N | Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione) |
| Mx | Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez. |
| My | Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia |

| | | | | con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez. | |
|---------|-------|-------|----|---|-------|
| | | | | Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y | |
| | | | | Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x | |
| | V_y | | | | |
| | V_x | | | | |
| N°Comb. | N | Mx | My | V_y | V_x |
| 1 | 0 | 57300 | 0 | 0 | 0 |

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| | N | Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione) | |
|---------|----|---|----|
| | Mx | Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) | |
| | | con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione | |
| | My | Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) | |
| | | con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione | |
| N°Comb. | N | Mx | My |
| 1 | 0 | 47700 | 0 |

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| | N | Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione) | |
|---------|----|---|-------|
| | Mx | Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) | |
| | | con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione | |
| | My | Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) | |
| | | con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione | |
| N°Comb. | N | Mx | My |
| 1 | 0 | 47700 (76342) | 0 (0) |

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| | N | Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione) | |
|---------|----|---|-------|
| | Mx | Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) | |
| | | con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione | |
| | My | Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) | |
| | | con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione | |
| N°Comb. | N | Mx | My |
| 1 | 0 | 47700 (76342) | 0 (0) |

RISULTATI DEL CALCOLO
Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

| | | |
|--|------|----|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 7.0 | cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 17.1 | cm |

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

| | |
|----------|---|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata |
| N Sn | Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione) |
| Mx Sn | Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia |
| My Sn | Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia |
| N Res | Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.) |
| Mx Res | Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia |
| My res | Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My) |
| | Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000 |
| As Tesa | Area armature trave [cm ²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC] |

| N°Comb | Ver | N | Mx | My | N Res | Mx Res | My Res | Mis.Sic. | As Tesa |
|--------|-----|---|----|----|-------|--------|--------|----------|---------|
|--------|-----|---|----|----|-------|--------|--------|----------|---------|

1 S 0 57300 0 0 89373 0 1.56 50.3(21.9)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

| N°Comb | ec max | x/d | Xc max | Yc max | es min | Xs min | Ys min | es max | Xs max | Ys max |
|--------|---------|-------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1 | 0.00350 | 0.074 | -75.0 | 100.0 | -0.00063 | -66.7 | 92.0 | -0.04404 | -66.7 | 8.0 |

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N°Comb | a | b | c | x/d | C.Rid. |
|--------|-------------|-------------|--------------|-------|--------|
| 1 | 0.000000000 | 0.000516776 | -0.048177631 | 0.074 | 0.700 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm²]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm²]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 17.2 | -75.0 | 100.0 | -217 | -47.6 | 8.0 | --- | --- |

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 17.2 | -75.0 | 100.0 | -217 | -47.6 | 8.0 | --- | --- |

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta come fessurata solo se la trazione nel calcestruzzo supera f_{ctm} in almeno una combinazione
 e1 Esito della verifica
 e2 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
 k2 = 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
 k3 = Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 k4 = Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 e_{sm} - e_{cm} Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
 Tra parentesi: valore minimo = 0.6 S_{max} / E_s [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
 wk Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm]

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm | sr max | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|---------|---------|-----|-----|-----|-------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (0.40) | 76342 | 0 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 17.2 | -75.0 | 100.0 | -217 | -47.6 | 8.0 | --- | --- |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm | sr max | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|---------|---------|-----|-----|-----|-------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (0.30) | 76342 | 0 |

Per la verifica a taglio si considerano cavallotti $\phi 20/100 \times 100$:

| GEOMETRIA DELLA SEZIONE | |
|---|---------|
| Base sezione: b= | 1500 mm |
| Altezza sezione: h = | 1000 mm |
| Copriferro: c = | 50 mm |
| DATI ARMATURA | |
| Armatura Longitudinale | |
| Diametro armatura tesa= | 20 mm |
| N° barre tese = | 8 |
| Diametro armatura compressa = | 20 mm |
| N° barre compresse = | 8 |
| Armatura Trasversale | |
| Diametro armatura a Taglio (// alla sezione)= | 20 mm |
| Passo armatura a Taglio= | 1000 mm |
| N° bracci delle staffe= | 2 |
| Inclinazione staffe : α = | 90 ° |
| Inclinazione puntone : θ = | 22 ° |

| AZIONI | |
|----------------------------------|-----------|
| N_{Ed} = | 0.00 kN |
| V = | 521.00 kN |
| γ_{Rd} = | 1.00 |
| $V_{Ed} = V \cdot \gamma_{Rd} =$ | 521.00 kN |

| Resistenza sezioni non armate a taglio | V_{Rd} | 535.14 kN |
|---|----------|--|
| $V_{Rd} = \{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$ | | NON NECESSITA ARMATURA A TAGLIO |

Verifica a punzonamento

| | | |
|-------------------------------|--------|----------------------|
| Ved= | 521000 | [N] |
| My= | 0 | [Nm] |
| Mz= | 0 | [Nm] |
| Dimensione Pilastro y = By | 0.8 | [m] |
| Dimensione Pilastro z = Bz | 0.8 | [m] |
| spessore piastre= s = | 1 | [m] |
| copriferro medio =c= | 0.050 | [m] |
| d=s-c= | 0.950 | [m] |
| ey=Mz/Ved= | 0 | [m] |
| ez=My/Ved= | 0 | [m] |
| fck= | 35 | [N/mm ²] |
| [Fe B450C] fyk= | 450 | [N/mm ²] |
| γc= | 1.5 | |
| β= (1.4 bordo, 1.15 interno)= | 1.4 | |

| | | |
|---------------------------------|-------------|----------------------|
| u0 (circonferenza palo)= | 2.51 | [m] |
| v0Ed = β·Ved/(u0·d)= | 0.306 | [N/mm ²] |
| fcd = 0,85·fck/γc= | 19.83 | [N/mm ²] |
| v=0.7*(1-f _{ck} /250)= | 0.602 | |
| Vrd,max = 0,5·v·fcd = | 5.970 | [N/mm ²] |
| v0Ed/Vrd,max = | 0.05 | verificato |

| | | |
|---|-------------|----------------------|
| Øly | 20 | mm |
| iy | 0.2 | m |
| Ølz | 20 | mm |
| iz | 0.2 | m |
| u1 (perimetro di verifica a distanza 2d)= | 18.4 | [m] |
| vEd = β·Ved/(u1·d)= | 0.042 | [N/mm ²] |
| ρly = Øly·π/(4·iy·d)= | 0.00165 | |
| ρlz = Ølz·π/(4·iz·d)= | 0.00165 | |
| ρl = min {0,02; (ρly·ρlz) ^{1/2} }= | 0.00165 | |
| Cr _{d,c} = 0,18/γc = | 0.12 | |
| k = min{2; 1+(0,2/d) ^{1/2} }= | 1.46 | |
| v _{min} = 0,035·k ^(3/2) ·fck ^{1/2} = | 0.365 | [N/mm ²] |
| v1 = Cr _{d,c} ·k·(100·ρl·fck) ^(1/3) = | 0.314 | [N/mm ²] |
| vrd,c = max{v1; v _{min} }= | 0.365 | [N/mm ²] |
| vEd/Vrd,c = | 0.11 | verificato |