

LAVORI DI COLLEGAMENTO TRA LA S.S.11 A MAGENTA E LA TANGENZIALE OVEST DI MILANO

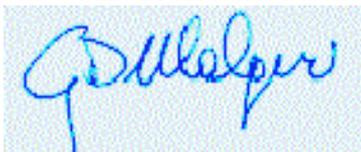
VARIANTE DI ABBIATEGRASSO E ADEGUAMENTO IN SEDE DEL TRATTO ABBIATEGRASSO-VIGEVANO FINO AL PONTE SUL FIUME TICINO

1° STRALCIO DA MAGENTA A VIGEVANO - TRATTA C

PROGETTO ESECUTIVO

 <p>Ing. Renato Vaira (Ordine degli Ingg. di Torino e Provincia n° 4863 W)</p>	 <p>Ing. Valerio Bajetti Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-26211</p>	<p>ING. RENATO DEL PRETE</p> <p>Ing. Renato Del Prete Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5073</p>	 <p>Arch. Nicoletta Frattini Ordine degli Arch. di Torino e provincia n° A-8433</p>	 <p>Ing. Gabriele Incechi Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-12102</p>
	<p>CONSORZIO UNING</p> <p>Società designata: GA&M s.r.l.</p> <p>Prof. Ing. Matteo Ranieri Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1137</p>	 <p>Prof. Ing. Luigi Monterisi Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1771</p>	 <p>Ing. Gioacchino Angarano Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5970</p>	<p>DOTT. GEOL. DANILO GALLO</p> <p>Dott. Geol. Danilo Gallo Ordine dei Geologi della Regione Puglia n° 588</p>

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO



Dott. Ing. Giuseppe Danilo MALGERI

INTEGRATORE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE



Ing. Valerio BAJETTI

GEOLOGO



Prof. Ing. Geol. Luigi MONTERISI

IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE



Ing. Gianluca CICIRIELLO

HR09

H - PROGETTO STRUTTURALE - OPERE PRINCIPALI

HR - CV19 - CAVALCAVIA SVINCOLO n°10

RELAZIONE DI CALCOLO GEOTECNICA - PALI DI FONDAZIONE MURI DI SOSTEGNO

CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG.

N. PROG.

LO203

E

1801

NOME FILE

HR09-P03CV19STRRE08_B.PDF

REVISIONE

SCALA:

CODICE

ELAB.

P03CV19STRRE08

B

-

C					
B	EMISSIONE A SEGUITO DI RAPPORTO INTERMEDIO DI VERIFICA ITCF-C186001-01-ATF-RA-00001	MARZO 2019	ING. STEFANIA RUGGIERI	ING. GAETANO RANIERI	ING. VALERIO BAJETTI
A	EMISSIONE	NOVEMBRE 2018	ING. STEFANIA RUGGIERI	ING. GAETANO RANIERI	ING. VALERIO BAJETTI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Sommario

1. PREMESSA	1
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3. MATERIALI	5
3.1 CALCESTRUZZO	5
3.2 ACCIAIO	8
4. PARAMETRI GEOTECNICI	9
4.1 SCAVI E RIEMPIMENTI	11
5. AZIONE SISMICA	12
6. SOLLECITAZIONI IN TESTA AI PALI	17
6.1 SOLLECITAZIONI SLU	17
6.2 SOLLECITAZIONI SLE	17
6.2.1 SOLLECITAZIONI ALLA TESTA DEI PALI COMB.SLERARA	17
6.2.2 SOLLECITAZIONI ALLA TESTA DEI PALI COMB.SLEFREQ	18
6.2.3 SOLLECITAZIONI ALLA TESTA DEI PALI COMB.SLEQP	18
7. CRITERI DI VERIFICA	19
7.1 CALCOLO DELLA CAPACITÀ PORTANTE LIMITE	21
7.2 CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE	24
7.3 CEDIMENTI	30
7.4 SOLLECITAZIONI SUL PALO	31
7.5 VERIFICA ARMATURA PALO	39
7.5.1 VERIFICA IN TESTA AI PALI	39
7.5.2 VERIFICA PRIMA RIDUZIONE DI ARMATURA	42
7.5.3 VERIFICA SECONDA RIDUZIONE DI ARMATURA	46
8. SOTTOSCRIZIONE DELL'ELABORATO DA PARTE DEL R.T.P	51

1. PREMESSA

Si considera un'opera di scavalcamento da realizzarsi nell'ambito dei lavori per il collegamento tra la S.S.11 a Magenta e la Tangenziale Ovest di Milano, tratto Albairate – Ozzero. Il cavalcavia copre una luce di calcolo uguale a 23.0m e si trova in corrispondenza della rampa GH dello svincolo n°10.

A sostegno del rilevato è prevista la realizzazione di muri di sostegno di altezza media pari a circa 8.0m, su fondazioni su pali.

Si consultino per maggior chiarezza gli elaborati grafici di progetto: planimetria e profilo longitudinale dell'opera.

Le azioni considerate nel calcolo sono quelle tipiche delle strutture da ponte stradale soggetto alle azioni da traffico come previsto dall' "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni – D.M. 17 gennaio 2018".

Dal punto di vista sismico l'opera ricade nel comune di Albairate (MI).

Nel presente documento si riporta la verifica dei pali di fondazione di muri di sostegno. Per le verifiche dell'elevazione e delle fondazioni del muro di sostegno si rimanda alla relazione P03CV19STRRE07.pdf

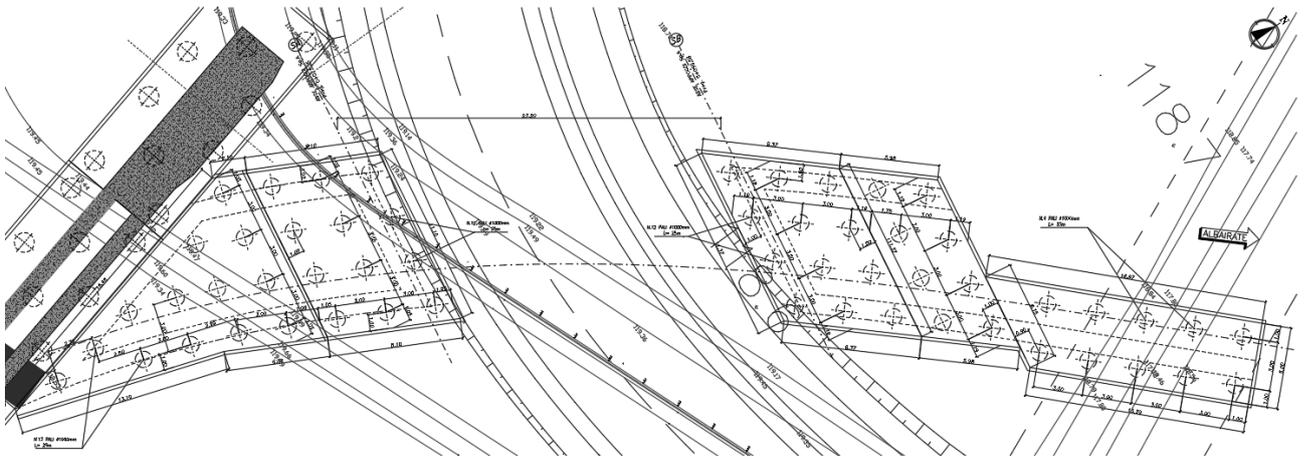


Figura 1: Pianta fondazioni

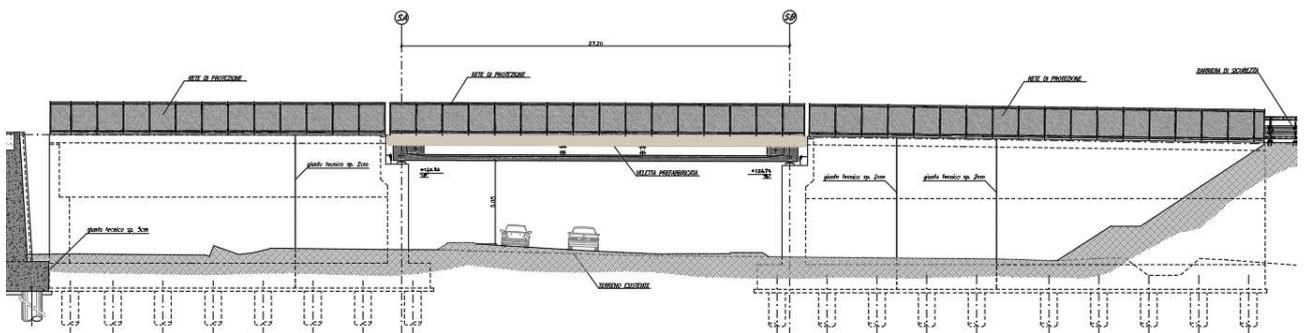


Figura 3: Prospetto longitudinale

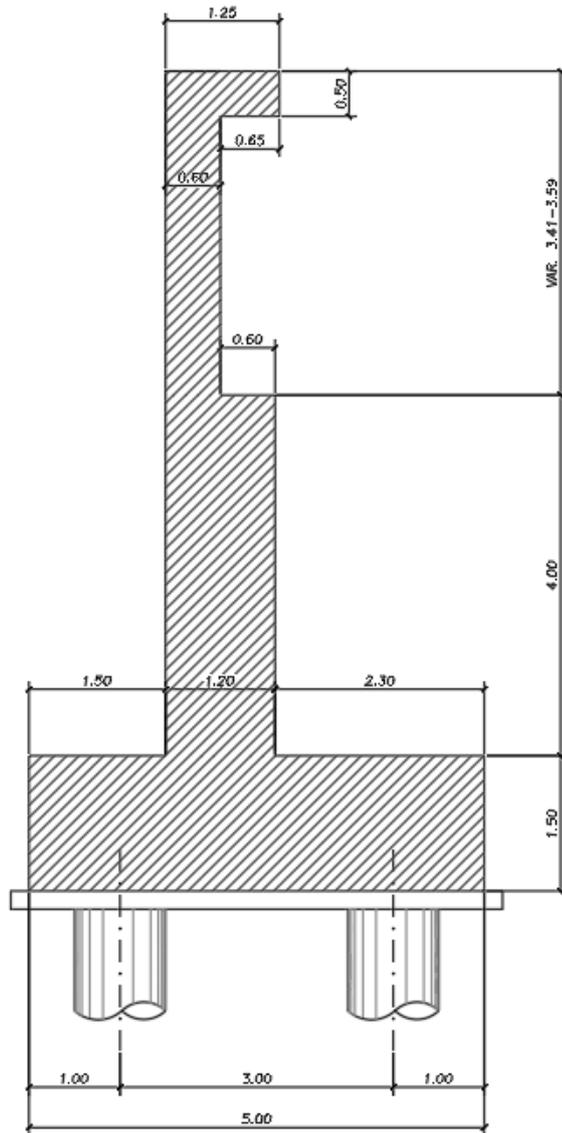


Figura 3: Sezione trasversale muro di sostegno

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

- Legge 5/11/1971 n° 1086: “Norme per le discipline delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- D.M. 17/01/2018: “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”.
- UNI EN 206:2016: “Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- UNI ENV 197 Parte 1a: “Cemento. Composizione, specificazioni e criteri di conformità”.
- Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale.
- UNI EN 197-1 giugno 2011: “Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni”.
- UNI EN 11104:2016: “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1”.

Ulteriori riferimenti normativi

- UNI EN 1990 (Eurocodice 0) – Aprile 2006: “Criteri generali di progettazione strutturale”;
- UNI EN 1991-1-1 (Eurocodice 1) – Agosto 2004 – Azioni in generale- Parte 1-1: “Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici”;
- UNI EN 1991-2 (Eurocodice 1) – Marzo 2005 – Azioni sulle strutture- Parte 2: “Carico da traffico sui ponti”;
- UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) – Novembre 2005: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: “Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1993-1-1 (Eurocodice 3) – Ottobre 1993: “Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1998-1 (Eurocodice 8) – Marzo 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali – Azioni sismiche e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1998-2 (Eurocodice 8) – Febbraio 2006: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti”.

3. MATERIALI

Il progetto sarà realizzato utilizzando i seguenti materiali:

3.1 CALCESTRUZZO

Magroni:

Classe di resistenza:	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	

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
Coefficiente di sicurezza SLU:	$\gamma_c =$	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
Coefficiente di sicurezza SLE:	$\gamma_c =$	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		60	mm
Rapporto A/C		0,6	

Plinti di fondazione spalle e muri

Classe di resistenza:	C28/35		
Resistenza a compressione cubica caratteristica	$R_{ck} =$	35	N/mm ²
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	$f_{ck} =$	29,05	N/mm ²
Resistenza a compressione cilindrica media	$f_{cm} =$	37,05	N/mm ²
Resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} =$	2,83	N/mm ²
Resistenza a trazione per flessione	$f_{ctm} =$	3,40	N/mm ²
Modulo elastico secante medio	$E_{cm} =$	32588	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione semplice (5%)	$f_{ctk} =$	1,98	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione semplice (95%)	$f_{ctk} =$	3,69	N/mm ²
<i>Coefficiente di sicurezza SLU:</i>	$\gamma_c =$	1,5	
Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLU:	$f_{cd} =$	16,5	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLU:	$f_{ctd} =$	1,32	N/mm ²
<i>Coefficiente di sicurezza SLE:</i>	$\gamma_c =$	1,0	
Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLE:	$f_{cd} =$	29,1	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLE:	$f_{ctd} =$	1,98	N/mm ²
Massime tensioni di compressione in esercizio:			
Combinazione rara	$\sigma_{c,ad} =$	17,43	N/mm ²
Combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,ad} =$	13,07	N/mm ²
Classe di esposizione		XC2	
Classe di consistenza slump:		S4	
Contenuto minimo di cemento:		320	daN/m ³
Massima dimensione aggregato		32	mm
Copriferro		40	mm
Rapporto A/C		0,55	

Elevazioni spalle, muri, paraghiaia

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	XC4+XD1		
Classe di consistenza slump:	S4		
Contenuto minimo di cemento:	360		daN/m^3
Massima dimensione aggregato	25		mm
Copriferro	40		mm
Rapporto A/C	0,45		

3.2 ACCIAIO

Acciaio per cemento armato:

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
$(f_t/f_y)_k$	≥ 1.15	10.0
$(E_v/f_{v, nom})_k$	< 1.35	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$:	$\geq 7,5 \%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
$\phi < 12 \text{ mm}$	4 ϕ	
$12 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$	5 ϕ	
per $16 < \phi \leq 25 \text{ mm}$	8 ϕ	
per $25 < \phi \leq 40 \text{ mm}$	10 ϕ	

Acciaio per armatura da precompressione:

Tensione caratteristica di rottura	$f_{ptk} > 1860 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica all'1%	$f_{p(1)k} > 1670 \text{ N/mm}^2$
Tensione di tesatura trefoli	$ss_{pi} = 1425 \text{ N/mm}^2$

4. PARAMETRI GEOTECNICI

Sotto il profilo geotecnico non si osservano grandi differenze di comportamento fra gli strati sabbioso-ghiaiosi e quelli ghiaioso-sabbiosi, per cui si ritiene di poter raggruppare i terreni indagati in due sole unità geotecniche principali più una aggiuntiva occasionale:

UNITA' Ug1 – terreni a grana grossa (ghiaia e sabbia, sabbie ghiaiose, ecc.) (G3)

UNITA' Ug2 – terreni a grana medio-fine (limo sabbioso / sabbia limosa) (S1+S2)

UNITA' Ug3 – terreni a grana fine (limi argillosi) (L5)

Per quanto riguarda i parametri geotecnici generali, essi sono riportati nella tabella seguente:

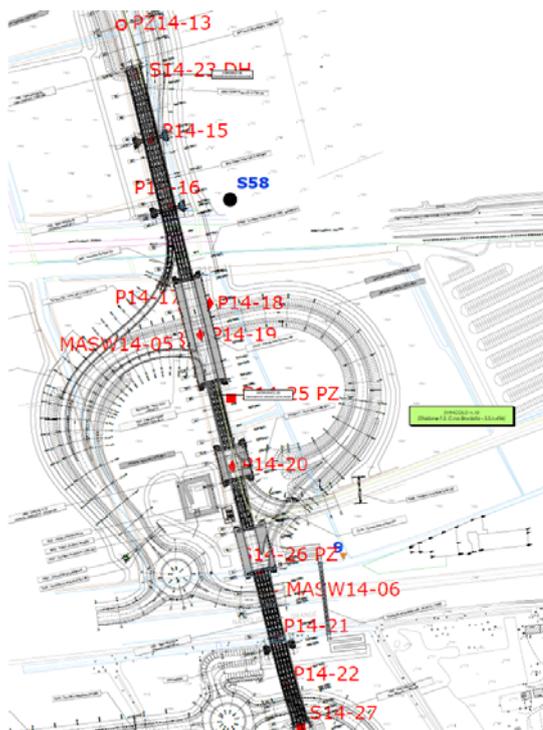
	DR	γ_t	Φ'	c'	LL	Cu	E
	(%)	(kN/m ³)		(kPa)	(%)	(kPa)	(MPa)
Unità Ug1	40-70	18.5-19.5	28°-38°	0	---	0	20-40
Unità Ug2	---	18-20	26°-35°	0	26-36	0	20-40
Unità Ug3		18-19	20°-30°	0	26-34	15-30	21-32

Rispetto alle due unità geotecniche principali (Ug1 e Ug2) è stata inserita anche l'Unità Ug3 (=L5), presente solo in alcune zone della tratta C, per un'estensione planimetrica ridotta e con spessori generalmente ridotti, intorno ad 1-2 m.

Per l'opera in esame, la stratigrafia di progetto è stata desunta dal sondaggio S14-25PZ. Alla stratigrafia compresa tra il piano campagna e la profondità pari a 13 m è stata associata l'unità litostrafica Ug1(G3) corrispondente a terreni a grana grossa, mentre da 13 m in poi è stata assunta l'unità litostrafica Ug2(S1), corrispondente a terreni a grana medio-fine.

Nello stralcio planimetrico di seguito allegato si riportano, inoltre, tutte le indagini geognostiche effettuate nell'intorno dell'opera da cui è possibile ricavare indicazioni utili alla progettazione delle fondazioni.

MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBOLOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA
			tipo	num	PROF	
1	2.00					Terreno Vegetale
2	1.60					Riparto di ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa con frammenti di laterizzi
3						
4	4.00					Sabbia media con ghiaia e ciottoli marrone
5	5.00		RI	1	4.5-5.00	Sabbia fine limosa con rara ghiaia marrone rossastra
6						
7						Sabbia con ghiaia marrone rossastra
8	7.50					
9			RI	2	9-9.50	Sabbia medio grossa a tratti debolmente ghiaiosa
10						
11						
12						
13	13.00					
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						Sabbia media marrone
23						
24			RI	3	24-24.50	
25						
26						
27						
28						
29	30.00					



- S14-23DH: 30.00 m
- S14-25Pz: 30.00 m
- S14-26Pz: 30.00 m
- S14-27
- P14-15: 15.00 m
- P14-16: 15.00 m
- P14-17: 15.00 m
- P14-18: 15.00 m
- P14-19: 15.00 m
- P14-20: 15.00 m
- P14-21: 15.00 m
- P14-22: 15.00 m
- Pz14-13: 2.00 m
- MASW14-05: 30.00 m
- MASW14-06: 30.00 m

In base ai dati disponibili, la profondità della falda si colloca a quota 2.41 m dal piano campagna.

Ai fini delle verifiche sismiche risulta:

- Categoria sottosuolo: C
- Categoria topografica: T1

Nella tabella seguente si riportano gli intervalli di valori dei parametri geotecnici relativi alla zona in cui ricade l'opera.

PARAMETRI GEOTECNICI GENERALI								
UNITA'	D _R (%)	γ _t (kN/mc)	Φ'	Φ' _{op}	LL (%)	cu (kPa)	E (MPa)	E _{op}
Ug1 (G3)	40 ÷ 70	18.50 ÷ 19.50	28° ÷ 36°	33°			24 ÷ 30	28
Ug2 (S1)	---	18.00 ÷ 20.00	32° ÷ 36°	33°	26 ÷ 36		30 ÷ 34	32

I valori di progetto di Φ' e E sono indicati con Φ'_{op} e E_{op}

Dato che la quota di imposta dei pali (q.i.p.) si trova a circa -2.0m da p.c. la stratigrafia di progetto deve essere impostata come segue:

STRATO 1 (G3) - sino a 11 m sotto la q.i.p.

Ghiaia con sabbia

Angolo di attrito interno: 33°

Peso specifico: 19.0 kN/m³.

STRATO 2 (S1) - sino a 30 m sotto la q.i.p.

Sabbia

Angolo di attrito interno: 33°

Peso specifico: 19.0 kN/m³.

Nelle verifiche si considererà la falda a -1m da p.c.

Ai fini delle verifiche dei pali si potrà tenere conto che il numero delle verticali indagate fino alla profondità di lunghezza dei pali stessi è pari a 2 e che

$N_{spt\text{medio}} = 15\text{colpi}/30\text{cm}$

4.1 SCAVI E RIEMPIMENTI

Lo scavo avviene a cielo aperto con pendenza 1:1.

Il terreno di ritombamento dell'opera dovrà avere un angolo d'attrito minimo di 35° e un $\gamma = 20\text{kN/mc}$.

5. AZIONE SISMICA

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 rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della esistenza e rigidezza 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:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = -\frac{200}{\ln(1 - 0.1)} = -1898$$

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 Abbiategrasso.

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

Nodi del reticolo intorno al sito

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".

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	SLO - $P_{VR} = 81\%$	60
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	101
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	949
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	1950

Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

---■--- Strategia scelta

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **C** info

$S_S = 1.500$

$C_C = 1.556$ info

Categoria topografica **T1** info

$h/H = 1.000$
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

$S_T = 1.000$ info

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento ξ (%) **5**

$\eta = 1.000$ info

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore q_e **1**

Regol. in altezza **si** info

Compon. verticale

Spettro di progetto

Fattore q **1.5**

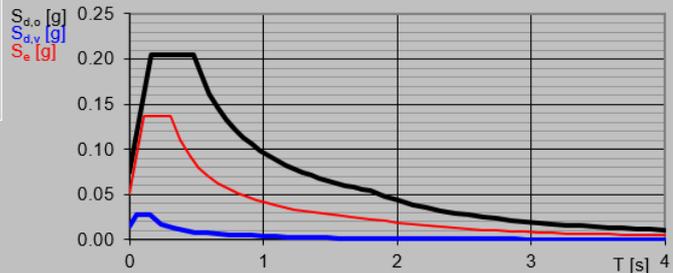
$\eta = 0.667$ info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta

Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta



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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.050 g
F_a	2.730
T_c	0.304 s
S_s	1.500
C_c	1.556
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.500
η	1.000
T_B	0.157 s
T_C	0.472 s
T_D	1.800 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

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

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

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

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

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

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]	Se [g]
	0.000	0.075
$T_B \leftarrow$	0.157	0.205
$T_C \leftarrow$	0.472	0.205
	0.536	0.180
	0.599	0.161
	0.662	0.146
	0.725	0.133
	0.788	0.123
	0.852	0.113
	0.915	0.106
	0.978	0.099
	1.041	0.093
	1.105	0.088
	1.168	0.083
	1.231	0.079
	1.294	0.075
	1.357	0.071
	1.421	0.068
	1.484	0.065
	1.547	0.062
	1.610	0.060
	1.673	0.058
	1.737	0.056
$T_D \leftarrow$	1.800	0.054
	1.905	0.048
	2.009	0.043
	2.114	0.039
	2.219	0.035
	2.324	0.032
	2.428	0.030
	2.533	0.027
	2.638	0.025
	2.743	0.023
	2.848	0.021
	2.952	0.020
	3.057	0.019
	3.162	0.017
	3.267	0.016
	3.371	0.015
	3.476	0.014
	3.581	0.014
	3.686	0.013
	3.790	0.012
	3.895	0.011
	4.000	0.011

6. SOLLECITAZIONI IN TESTA AI PALI

Per il calcolo delle sollecitazioni agenti sul muro si utilizza il programma PRO_MST. Per tutti i dettagli si rimanda alla relazione HR08_P03CV19STRRE07.

6.1 0SOLLECITAZIONI SLU

Dettaglio condizioni di massima compressione (Combinazione 1)

Sforzi alla testa dei pali

N_f	X_f [m]	D_m [m]	N_i [kN]	T_i [kN]
1	4.000	1.500	-547.80	737.12
2	1.000	1.500	-2997.59	737.12

Dettaglio condizioni di massimo sforzo di taglio (Combinazione 9)

Sforzi alla testa dei pali

N_f	X_f [m]	D_m [m]	N_i [kN]	T_i [kN]
1	4.000	1.500	-72.56	758.34
2	1.000	1.500	-2890.14	758.34

Legenda

- N_f numero della fila di pali
- X_f ascissa della fila di pali
- D_m distanza della fila dal punto centrale della fondazione
- N_i Sforzo normale agente su ogni palo dell'i-esima fila
- T_i Sforzo di taglio agente su ogni palo dell'i-esima fila

6.2 SOLLECITAZIONI SLE

6.2.1 SOLLECITAZIONI ALLA TESTA DEI PALI COMB.SLERARA

Sforzi alla testa dei pali

N_f	X_f [m]	D_m [m]	N_i [kN]	T_i [kN]
1	4.000	1.500	-465.57	556.20
2	1.000	1.500	-2261.66	556.20

6.2.2 SOLLECITAZIONI ALLA TESTA DEI PALI COMB.SLEFREQ

Sforzi alla testa dei pali

N _f	X _f [m]	D _m [m]	N _i [kN]	T _i [kN]
1	4.000	1.500	-537.36	538.64
2	1.000	1.500	-2189.86	538.64

6.2.3 SOLLECITAZIONI ALLA TESTA DEI PALI COMB.SLEQP

Sforzi alla testa dei pali

N _f	X _f [m]	D _m [m]	N _i [kN]	T _i [kN]
1	4.000	1.500	-752.76	485.93
2	1.000	1.500	-1974.47	485.93

7. CRITERI DI VERIFICA

Per quanto attiene alla verifica dei pali di fondazione, secondo le indicazioni contenute nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni" 2018, le verifiche di sicurezza relative allo Stato Limite Ultimo e in condizioni sismiche, con riferimento alla combinazione di Salvaguardia della Vita (SLV) impongono che:

$$Ed \leq Rd$$

essendo E_d il valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni ed R_d il valore di progetto della resistenza del terreno.

Rimandando al N.T.C. per i dettagli, le verifiche saranno svolte con la seguente combinazione:

Approccio 2 "A1+M1+R3";

Nel seguente prospetto sono indicati i coefficienti parziali da applicare ai principali parametri fisico-meccanici del terreno:

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	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma\gamma$	γ_γ	1,0	1,0

I coefficienti parziali da applicare alle Resistenze per carichi assiali, risultano i seguenti:

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

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	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.

Il coefficiente parziali da applicare alle Resistenze per carichi trasversali invece, risulta il seguente:

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

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

La resistenza di progetto del palo soggetto a carichi assiali si ottiene mediante le seguenti relazioni:

$$R_d = \frac{R_{c,k}}{\gamma_R} : \text{resistenza a compressione}$$

$$R_d = \frac{R_{t,k}}{\gamma_R} : \text{resistenza a trazione}$$

con:

- $R_{c,k} = \min \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$: resistenza caratt. palo soggetto a carichi assiali di compressione;
- $R_{t,k} = \min \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$: resistenza caratt. del palo soggetto a carichi assiali di trazione;
- $R_{c,cal}$ ($R_{t,cal}$): resistenza di calcolo del palo soggetto a carichi assiali di compressione (di trazione);
- ξ_3 e ξ_4 : coefficienti che dipendono dal numero di verticali di indagini considerate per la singola opera, sulla base dell'affidabilità della caratterizzazione geotecnica nel volume significativo, i cui valori sono indicati nella Tabella 6.4.IV seguente tratta dal D.M. 17/01/2018.

Tabella 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

- γ_R : coefficiente parziale per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi assiali i cui valori sono riportati nella Tabella 6.4.II seguente tratta dal D.M. 17/01/2018.

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

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	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

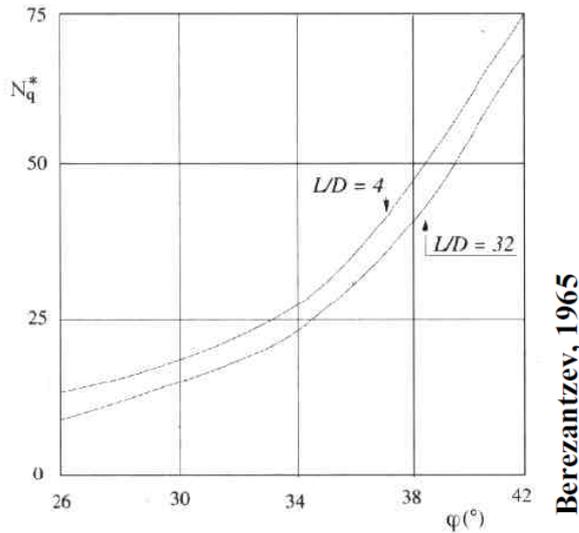
(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

7.1 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



DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D):	1.00 (m)	Area del Palo (A_p):	0.785 (m ²)
Carico massimo sul palo (Comb. A1+M1+R3)	Nd = 2998 (kN)	Lpalo=	25.00 (m)

Fattori di correlazione in funzione delle verticali indagate:

ξ_3
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_t 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 fald	25.00	25.00	9.00	9.00	15.00	33.00	0.47	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 granula)
- ϕ angolo di attrito (solo granulari)
- K rapporto tra σ_h/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 $\gamma_n=\gamma'$)

PORTATA ALLA BASE - protocollo di Berenzantzev

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		25.00	25.00	9.00	9.00	15.00	33.00	0.47	0.00	0.00	0.00

A_b	Area della base del palo	0.79	[m ²]
σ_{vL}	Pressione geostatica di base	225	[kPa]
$N_q=ub_k$	Coeff. di pressione geostatica	23	
c	Coesione alla base	0.00	[kPa]
N_c	Coeff. di coesione	0	
$Q_{b,lim}$	Portata limite di base	4064.44	[kN]
$Q_{b,amm}$	Portata amm. di base	1822.62	[kN]

PORTATA LATERALE - protocollo di Viggiani

		$\sigma_{v,i}$	$\sigma_{v,(i+1)}$	$\sigma_{v,med}$	$\sigma_{n,med}$		c_a	s
$\sigma_{n,1}$	tensione laterale strato 1°	0	225	112.5	52.875	[kPa]	0.00	34.34
$\sigma_{n,2}$	tensione laterale strato 2°	0	0	0	0	[kPa]	0.00	0.00
$\sigma_{n,3}$	tensione laterale strato 3°	0	0	0	0	[kPa]	0.00	0.00
$\sigma_{n,4}$	tensione laterale strato 4°	0	0	0	0	[kPa]	0.00	0.00
$\sigma_{n,5}$	tensione laterale strato 5°	0	0	0	0	[kPa]	0.00	0.00
$\sigma_{n,6}$	tensione laterale strato 6°	0	0	0	0	[kPa]	0.00	0.00
$\sigma_{n,7}$	tensione laterale strato 7°	0	0	0	0	[kPa]	0.00	0.00
$\sigma_{n,8}$	tensione laterale strato 8°	0	0	0	0	[kPa]	0.00	0.00
$\sigma_{n,9}$	tensione laterale strato 9°	0	0	0	0	[kPa]	0.00	0.00
$Q_{l,lim}$	Portata limite laterale	2696.86	[kN]	Peso proprio palo	490.87	[kN]		
$Q_{l,amm}$	Portata amm. laterale	1419.40	[kN]					

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

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

γ_{terreno}	19 kN/mc		
γ_{cls}	25 kN/mc		
Peso palo =		491	kN
Peso terreno =		373	kN
$\Delta W =$		118	kN

N_{slu}	2998	Q_{punta}	1823	
W*1.35	159	Q_{lat}	1419	
	<u>3157</u>		<u>3242</u>	VERIFICA SODDISFATTA
	1.03			

I pali sono ad interasse di 3 diametri e pertanto si assume un fattore di efficienza $E = 1$. Da qui la portata totale ammissibile di gruppo vale $(Q_{\text{punta}} + Q_{\text{lat}}) * n^{\circ} \text{pali} - \text{Pesopali}$

n°pali	10	kN	
PORTATA TOTALE AMM. DI GRUPPO =		31242	
CARICO MASSIMO SULLA PALIFICATA =		17725	VERIFICA SODDISFATTA

(dove 17725 kN deriva dalla risultante agente in fondazione di cui al cap.8.1 della relazione P03CV19STRRE07, considerata su una lunghezza di fondazione di 15.0m)

7.2 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
- $k_p = (1 + \sin \varphi) / (1 - \sin \varphi)$

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:

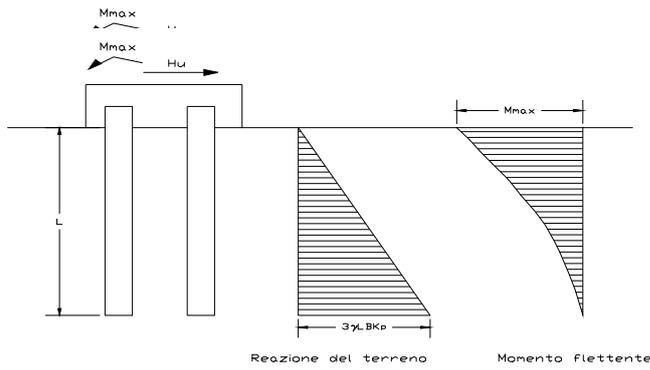
- $H_u (e + 2/3f) = 2 M_y$

dove:

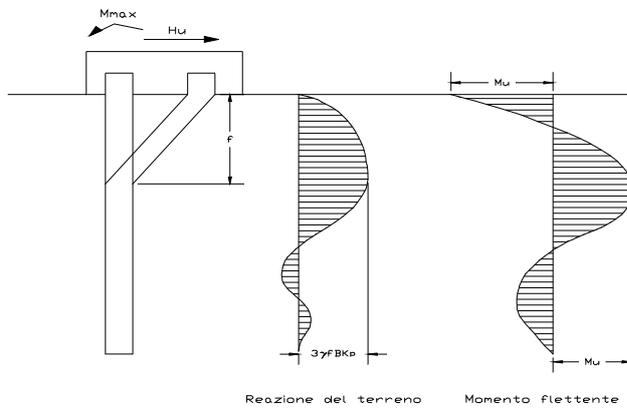
- $f = 0.82 [H_u / (\gamma d k_p)]^{0.5}$.

Schemi di rottura metodo di Broms:

Pali corti:



Pali lunghi:



Calcolo del momento di plasticizzazione considerando l'armatura in testa ai pali:

Calcolo del momento di plasticizzazione di una sezione circolare

Diametro = 1000 (mm)
 Raggio = 500 (mm)
 Sforzo Normale = 550 (kN)

Caratteristiche dei Materiali

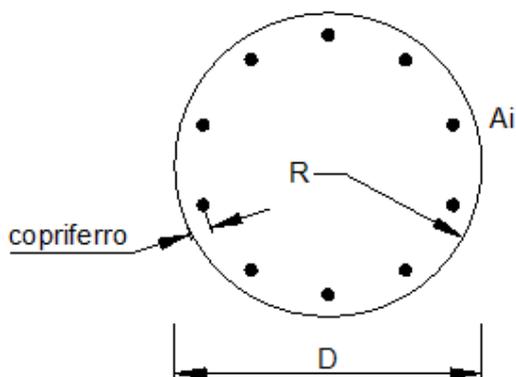
calcestruzzo

Rck = 30 (N/mm²)

$\gamma_{m,c}$ = 2.1

α = 0.8

fcd = Rck / γ_c = 14.29 (N/mm²)



Acciaio

tipo di acciaio

fyk = 450 (N/mm²)

γ_E = 1.00

γ_s = 1.15

fyd = fyk / γ_s / γ_E = 391.3 (N/mm²)

Es = 206000 (N/mm²)

ϵ_{ys} = 0.190%

ϵ_{uk} = 7.500% α = 0.9

ϵ_{ud} = 6.750%

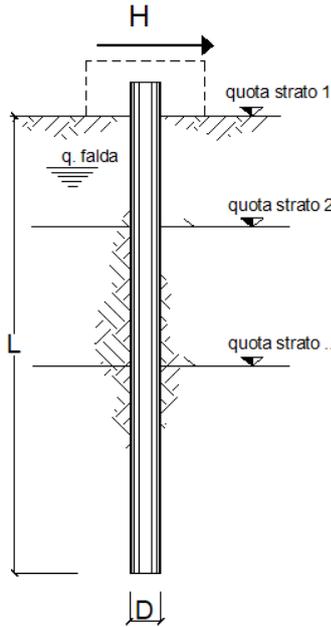
Armature

numero	diametro (mm)	area (mm ²)	copriferro (mm)
25	26	13273.23	60
25	26	13273.23	90
0	8	0.00	30

Momento di Plasticizzazione

My = 3315.5 (kN m)

opera **CV19-muro**



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	19	9	33	3.39	0
<input type="checkbox"/> strato 2						1.00	
<input type="checkbox"/> strato 3						1.00	
<input type="checkbox"/> strato 4						1.00	
<input type="checkbox"/> strato 5						1.00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00	

Quota falda 0 (m)
 Diametro del palo D 1.00 (m)
 Lunghezza del palo L 25.00 (m)
 Momento di plasticizzazione palo M_y 3315 (kNm)
 Step di calcolo 0.01 (m)

- palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo
(ctrl+r)

Palo lungo H = 1656.8 (kN)
 Palo intermedio H = 7593.8 (kN)
 Palo corto H = 28621.0 (kN)

Hlim = 1656.8 (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

$$R_t = H_{lim} / (\xi * \gamma_t) = 1657 \text{ kN} / (1.65 * 1.3) = 772 > T_{max} = 758 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

Calcolo del momento di plasticizzazione considerando l'armatura nel secondo tratto:

Caratteristiche dei Materiali

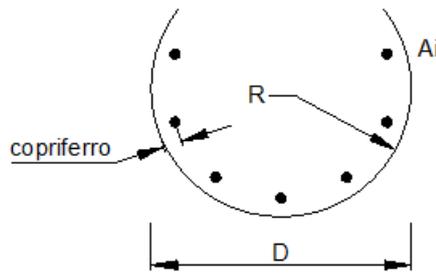
calcestruzzo

$R_{ck} = 30 \frac{N}{mm^2}$

$\gamma_{m,c} = 2.1$

$\alpha = 0.8$

$f_{cd} = R_{ck} / \gamma_c = 14.29 \frac{N}{mm^2}$



Acciaio

tipo di acciaio

$f_{yk} = 450 \frac{N}{mm^2}$

$\gamma_E = 1.00$

$\gamma_S = 1.15$

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S / \gamma_E = 391.3 \frac{N}{mm^2}$

$E_s = 206000 \frac{N}{mm^2}$

$\epsilon_{ys} = 0.190\%$

$\epsilon_{uk} = 1.111\%$

$\epsilon_{ud} = 1.000\%$

$\alpha = 0.9$

Armature

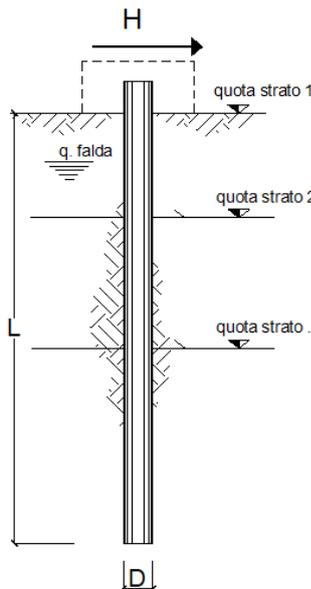
numero	diametro (mm)	area (mm ²)	copriferro (mm)
18	26	9556.72	60
0	0	0.00	90
0	0	0.00	30

calcolo

Momento di Plasticizzazione

$M_y = 1493.6 \text{ (kN m)}$

opera **CV19-muro**



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	19	9	33	3.39	0
<input type="checkbox"/> strato 2						1.00	
<input type="checkbox"/> strato 3						1.00	
<input type="checkbox"/> strato 4						1.00	
<input type="checkbox"/> strato 5						1.00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00	

Quota falda 0 (m)
 Diametro del palo D 1.00 (m)
 Lunghezza del palo L 25.00 (m)
 Momento di plasticizzazione palo My 1494 (kNm)
 Step di calcolo 0.01 (m)

palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo
(ctrl+r)

Palo lungo H = 971.1 (kN)
 Palo intermedio H = 7521.0 (kN)
 Palo corto H = 28621.0 (kN)
Hlim = 971.1 (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

$R_t = H_{lim}/(\xi \cdot \gamma) = 971 \text{ kN} / (1.65 \cdot 1.3) = 453 \text{ kN} > T$ al di sotto di 2.00m di profondità (cfr. par.7.4)

In sintesi, considerando la lunghezza di sovrapposizione delle armature, si considererà una doppia gabbia di lunghezza 5.0m costituita da 25 ϕ 26 + 25 ϕ 26. A seguire si dispone una gabbia singola di lunghezza 8.0m costituita da 18 ϕ 26.

Nei tratti successivi si disporranno gabbie di lunghezza massima 12.0m di 8 ϕ 20.

7.3 CEDIMENTI

Il cedimento del palo è ricavato tramite la formula di Poulos e Davis:

$$\delta = (\beta \cdot P_{\max}) / (E \cdot L_u)$$

in cui

$$\beta = 0.5 + \text{Log}(L_u / D);$$

P_{\max} = carico massimo a cui è sottoposto il palo;

E = modulo di deformazione del materiale in cui è ammorsato il palo;

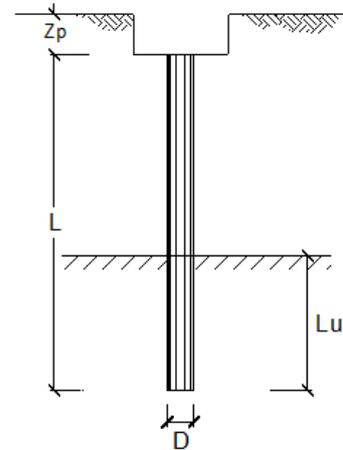
L_u = lunghezza utile

CALCOLO DEL CEDIMENTO DELLA PALIFICATA

OPERA: CV19 sostegno

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D):	1.00	(m)
Carico sul palo (P):	2190.0	(kN)
Lunghezza del Palo (L):	25.00	(m)
Lunghezza Utile del Palo (L_u):	25.00	(m)
Modulo di Deformazione (E):	25.00	(MPa)
Numero di pali della Palificata (n):	10	(-)
Spaziatura dei pali (s)	3.0	(m)



CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

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

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{\text{utile}} / D); \quad 1.90 \quad (-)$$

Cedimento del palo

$$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{\text{utile}} = 6.65 \text{ (mm)}$$

7.4 SOLLECITAZIONI SUL PALO

Di seguito si ricavano i momenti agenti in testa al palo per la verifica strutturale:

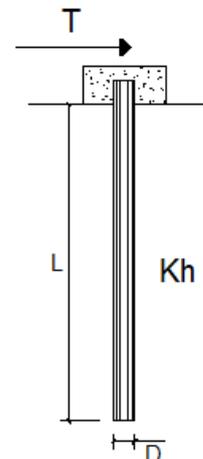
Comb. SLU

PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

OPERA: CA19

DATI DI IMPUT:

Diametro del palo (D):	1	(m)
Lunghezza del palo (L)	25	(m)
Coefficiente di reazione laterale (k_h):	15	(N/cm ³)
Forza orizzontale agente (T):	737	(kN)
Rbk del calcestruzzo:	30.0	(MPa)
Ecls ($E = 5700(Rbk)^{1/2}$):	31220	(MPa)
J ($J = \pi \cdot D^4 / 64$):	4908739	(cm ⁴)
λ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot E \cdot J / k_h \cdot D)^{1/4}$):	449.62	(cm)



z	y(z)	p(z)	$\alpha(z)$	M(z)	T(z)
Prof.	Spont.	Press. Lat.	Rotaz.	Mom. Flett.	Taglio
(m)	(cm)	(N/cm ²)	(rad)	(kNm)	(kN)
0.00	1.093	16.39	0.00000	1656.842	-737.000
0.50	1.080	16.20	-0.00048	1308.791	-655.361
1.00	1.046	15.69	-0.00086	1001.182	-575.499
1.50	0.996	14.94	-0.00114	732.759	-498.826
2.00	0.934	14.00	-0.00134	501.646	-426.404
2.50	0.863	12.95	-0.00147	305.519	-358.987
3.00	0.787	11.81	-0.00154	141.742	-297.070
3.50	0.710	10.64	-0.00157	7.487	-240.925
4.00	0.631	9.47	-0.00155	-100.162	-190.645
4.50	0.555	8.32	-0.00150	-184.127	-146.172
5.00	0.481	7.22	-0.00143	-247.274	-107.333
5.50	0.412	6.18	-0.00134	-292.356	-73.864
6.00	0.347	5.21	-0.00124	-321.978	-45.434
6.50	0.288	4.31	-0.00114	-338.567	-21.668
7.00	0.234	3.50	-0.00102	-344.356	-2.162
7.50	0.185	2.78	-0.00091	-341.370	13.502
8.00	0.142	2.13	-0.00080	-331.425	25.744
8.50	0.105	1.57	-0.00070	-316.128	34.975
9.00	0.072	1.09	-0.00060	-296.886	41.591
9.50	0.045	0.68	-0.00050	-274.910	45.967
10.00	0.022	0.33	-0.00042	-251.233	48.453
10.50	0.003	0.05	-0.00034	-226.718	49.372
11.00	-0.012	-0.18	-0.00027	-202.074	49.014
11.50	-0.024	-0.36	-0.00021	-177.873	47.643
12.00	-0.033	-0.49	-0.00015	-154.561	45.492
12.50	-0.039	-0.59	-0.00011	-132.477	42.762
13.00	-0.044	-0.66	-0.00007	-111.866	39.631
13.50	-0.046	-0.69	-0.00003	-92.889	36.246

z	y(z)	p(z)	$\alpha(z)$	M(z)	T(z)
Prof.	Spost.	Press. Lat.	Rotaz.	Mom. Flett.	Taglio
(m)	(cm)	(N/cm²)	(rad)	(kNm)	(kN)
14.00	-0.047	-0.71	-0.00001	-75.640	32.735
14.50	-0.047	-0.70	0.00002	-60.158	29.199
15.00	-0.046	-0.68	0.00003	-46.431	25.723
15.50	-0.044	-0.65	0.00005	-34.414	22.370
16.00	-0.041	-0.62	0.00006	-24.032	19.191
16.50	-0.038	-0.57	0.00006	-15.188	16.221
17.00	-0.035	-0.52	0.00007	-7.772	13.484
17.50	-0.032	-0.47	0.00007	-1.663	10.995
18.00	-0.028	-0.42	0.00007	3.265	8.759
18.50	-0.025	-0.37	0.00007	7.138	6.775
19.00	-0.022	-0.32	0.00006	10.080	5.036
19.50	-0.019	-0.28	0.00006	12.213	3.533
20.00	-0.016	-0.24	0.00005	13.650	2.251
20.50	-0.013	-0.20	0.00005	14.499	1.175
21.00	-0.011	-0.16	0.00005	14.857	0.288
21.50	-0.009	-0.13	0.00004	14.815	-0.429
22.00	-0.007	-0.10	0.00004	14.454	-0.993
22.50	-0.005	-0.07	0.00003	13.845	-1.423
23.00	-0.003	-0.05	0.00003	13.051	-1.735
23.50	-0.002	-0.03	0.00002	12.126	-1.947
24.00	-0.001	-0.02	0.00002	11.118	-2.074
24.50	0.000	0.00	0.00002	10.064	-2.129
25.00	0.000	0.01	0.00001	8.998	-2.126

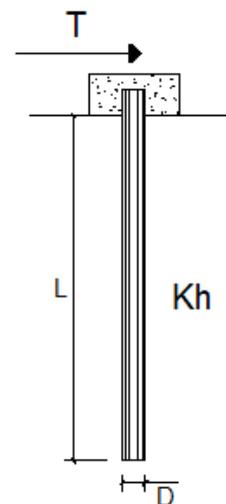
Comb. SLE rare

PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

OPERA: CA19

DATI DI IMPUT:

Diametro del palo (D):	1	(m)
Lunghezza del palo (L)	25	(m)
Coefficiente di reazione laterale (k_h):	15	(N/cm ³)
Forza orizzontale agente (T):	556	(kN)
Rbk del calcestruzzo:	30.0	(MPa)
Ecls ($E = 5700(Rbk)^{1/2}$):	31220	(MPa)
J ($J = \pi \cdot D^4 / 64$):	4908739	(cm ⁴)
λ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ / k_h \cdot D)^{1/4}$):	449.62	(cm)



z	y(z)	p(z)	$\alpha(z)$	M(z)	T(z)
Prof. (m)	Spost. (cm)	Press. Lat. (N/cm ²)	Rotaz. (rad)	Mom. Flett. (kNm)	Taglio (kN)
0.00	0.824	12.37	0.00000	1249.938	-556.000
0.50	0.815	12.22	-0.00036	987.365	-494.411
1.00	0.789	11.84	-0.00065	755.302	-434.162
1.50	0.751	11.27	-0.00086	552.800	-376.319
2.00	0.704	10.57	-0.00101	378.447	-321.683
2.50	0.651	9.77	-0.00111	230.487	-270.823
3.00	0.594	8.91	-0.00116	106.931	-224.112
3.50	0.535	8.03	-0.00118	5.648	-181.756
4.00	0.476	7.15	-0.00117	-75.563	-143.824
4.50	0.419	6.28	-0.00113	-138.907	-110.274
5.00	0.363	5.45	-0.00108	-186.546	-80.973
5.50	0.311	4.66	-0.00101	-220.556	-55.724
6.00	0.262	3.93	-0.00094	-242.903	-34.276
6.50	0.217	3.25	-0.00086	-255.419	-16.347
7.00	0.176	2.64	-0.00077	-259.786	-1.631
7.50	0.140	2.09	-0.00069	-257.533	10.186
8.00	0.107	1.61	-0.00061	-250.030	19.421
8.50	0.079	1.19	-0.00053	-238.490	26.385
9.00	0.055	0.82	-0.00045	-223.973	31.376
9.50	0.034	0.51	-0.00038	-207.395	34.678
10.00	0.017	0.25	-0.00031	-189.533	36.554
10.50	0.002	0.04	-0.00026	-171.038	37.247
11.00	-0.009	-0.14	-0.00020	-152.447	36.977
11.50	-0.018	-0.27	-0.00016	-134.189	35.943
12.00	-0.025	-0.37	-0.00012	-116.602	34.319
12.50	-0.030	-0.45	-0.00008	-99.942	32.260
13.00	-0.033	-0.49	-0.00005	-84.393	29.898
13.50	-0.035	-0.52	-0.00003	-70.076	27.345

z	y(z)	p(z)	$\alpha(z)$	M(z)	T(z)
Prof.	Spost.	Press. Lat.	Rotaz.	Mom. Flett.	Taglio
(m)	(cm)	(N/cm²)	(rad)	(kNm)	(kN)
14.00	-0.036	-0.53	0.00000	-57.064	24.696
14.50	-0.035	-0.53	0.00001	-45.383	22.028
15.00	-0.034	-0.52	0.00003	-35.028	19.405
15.50	-0.033	-0.49	0.00004	-25.962	16.876
16.00	-0.031	-0.46	0.00004	-18.130	14.478
16.50	-0.029	-0.43	0.00005	-11.458	12.237
17.00	-0.026	-0.39	0.00005	-5.863	10.173
17.50	-0.024	-0.36	0.00005	-1.255	8.295
18.00	-0.021	-0.32	0.00005	2.463	6.608
18.50	-0.019	-0.28	0.00005	5.385	5.111
19.00	-0.016	-0.24	0.00005	7.605	3.799
19.50	-0.014	-0.21	0.00004	9.214	2.665
20.00	-0.012	-0.18	0.00004	10.298	1.698
20.50	-0.010	-0.15	0.00004	10.938	0.887
21.00	-0.008	-0.12	0.00003	11.208	0.217
21.50	-0.006	-0.10	0.00003	11.177	-0.323
22.00	-0.005	-0.07	0.00003	10.904	-0.749
22.50	-0.004	-0.06	0.00002	10.445	-1.073
23.00	-0.003	-0.04	0.00002	9.846	-1.309
23.50	-0.002	-0.03	0.00002	9.148	-1.469
24.00	-0.001	-0.01	0.00001	8.387	-1.565
24.50	0.000	0.00	0.00001	7.593	-1.606
25.00	0.000	0.00	0.00001	6.788	-1.604

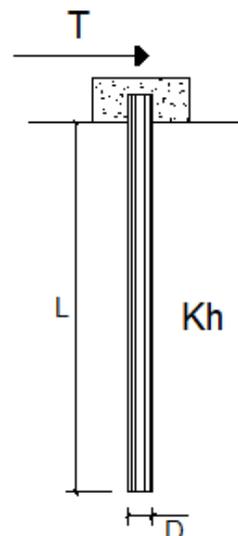
Comb. SLE freq.

PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

OPERA: CA19

DATI DI IMPUT:

Diametro del palo (D):	1	(m)
Lunghezza del palo (L)	25	(m)
Coefficiente di reazione laterale (k_h):	15	(N/cm ³)
Forza orizzontale agente (T):	539	(kN)
Rbk del calcestruzzo:	30.0	(MPa)
Ecls ($E = 5700(Rbk)^{1/2}$):	31220	(MPa)
J ($J = \pi \cdot D^4 / 64$):	4908739	(cm ⁴)
λ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ / k_h \cdot D)^{1/4}$):	449.62	(cm)



z	y(z)	p(z)	$\alpha(z)$	M(z)	T(z)
Prof.	Spost.	Press. Lat.	Rotaz.	Mom. Flett.	Taglio
(m)	(cm)	(N/cm ²)	(rad)	(kNm)	(kN)
0.00	0.799	11.99	0.00000	1211.720	-539.000
0.50	0.790	11.85	-0.00035	957.175	-479.294
1.00	0.765	11.48	-0.00063	732.208	-420.887
1.50	0.728	10.93	-0.00083	535.898	-364.813
2.00	0.683	10.24	-0.00098	366.876	-311.847
2.50	0.631	9.47	-0.00108	223.440	-262.543
3.00	0.576	8.64	-0.00113	103.662	-217.260
3.50	0.519	7.78	-0.00115	5.475	-176.199
4.00	0.462	6.93	-0.00113	-73.253	-139.427
4.50	0.406	6.09	-0.00110	-134.660	-106.902
5.00	0.352	5.28	-0.00105	-180.842	-78.498
5.50	0.301	4.52	-0.00098	-213.812	-54.020
6.00	0.254	3.81	-0.00091	-235.476	-33.228
6.50	0.210	3.15	-0.00083	-247.609	-15.847
7.00	0.171	2.56	-0.00075	-251.843	-1.581
7.50	0.135	2.03	-0.00067	-249.659	9.875
8.00	0.104	1.56	-0.00059	-242.385	18.828
8.50	0.077	1.15	-0.00051	-231.198	25.578
9.00	0.053	0.80	-0.00044	-217.125	30.417
9.50	0.033	0.49	-0.00037	-201.054	33.618
10.00	0.016	0.24	-0.00031	-183.738	35.436
10.50	0.002	0.03	-0.00025	-165.809	36.108
11.00	-0.009	-0.13	-0.00020	-147.786	35.846
11.50	-0.018	-0.26	-0.00015	-130.086	34.844
12.00	-0.024	-0.36	-0.00011	-113.037	33.270
12.50	-0.029	-0.43	-0.00008	-96.886	31.274
13.00	-0.032	-0.48	-0.00005	-81.812	28.984
13.50	-0.034	-0.51	-0.00002	-67.933	26.509

z	y(z)	p(z)	$\alpha(z)$	M(z)	T(z)
Prof.	Spost.	Press. Lat.	Rotaz.	Mom. Flett.	Taglio
(m)	(cm)	(N/cm²)	(rad)	(kNm)	(kN)
14.00	-0.035	-0.52	0.00000	-55.319	23.941
14.50	-0.034	-0.51	0.00001	-43.996	21.355
15.00	-0.033	-0.50	0.00002	-33.957	18.812
15.50	-0.032	-0.48	0.00003	-25.169	16.360
16.00	-0.030	-0.45	0.00004	-17.576	14.035
16.50	-0.028	-0.42	0.00005	-11.108	11.863
17.00	-0.025	-0.38	0.00005	-5.684	9.862
17.50	-0.023	-0.35	0.00005	-1.216	8.041
18.00	-0.021	-0.31	0.00005	2.388	6.406
18.50	-0.018	-0.27	0.00005	5.220	4.955
19.00	-0.016	-0.24	0.00005	7.372	3.683
19.50	-0.014	-0.20	0.00004	8.932	2.584
20.00	-0.011	-0.17	0.00004	9.983	1.647
20.50	-0.010	-0.14	0.00004	10.604	0.860
21.00	-0.008	-0.12	0.00003	10.866	0.211
21.50	-0.006	-0.09	0.00003	10.835	-0.313
22.00	-0.005	-0.07	0.00003	10.571	-0.726
22.50	-0.004	-0.05	0.00002	10.125	-1.041
23.00	-0.003	-0.04	0.00002	9.545	-1.269
23.50	-0.002	-0.02	0.00002	8.868	-1.424
24.00	-0.001	-0.01	0.00001	8.131	-1.517
24.50	0.000	0.00	0.00001	7.360	-1.557
25.00	0.000	0.00	0.00001	6.581	-1.555

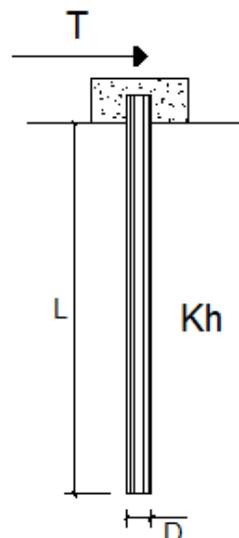
Comb. SLE q.p.

PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

OPERA: CA19

DATI DI IMPUT:

Diametro del palo (D):	1	(m)
Lunghezza del palo (L)	25	(m)
Coefficiente di reazione laterale (k_h):	15	(N/cm ³)
Forza orizzontale agente (T):	486	(kN)
Rbk del calcestruzzo:	30.0	(MPa)
Ecls ($E = 5700(Rbk)^{1/2}$):	31220	(MPa)
J ($J = \pi \cdot D^4/64$):	4908739	(cm ⁴)
λ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot E \cdot J / k_h \cdot D)^{1/4}$):	449.62	(cm)



z	y(z)	p(z)	$\alpha(z)$	M(z)	T(z)
Prof.	Spost.	Press. Lat.	Rotaz.	Mom. Flett.	Taglio
(m)	(cm)	(N/cm ²)	(rad)	(kNm)	(kN)
0.00	0.721	10.81	0.00000	1092.571	-486.000
0.50	0.712	10.69	-0.00032	863.056	-432.165
1.00	0.690	10.35	-0.00057	660.210	-379.501
1.50	0.657	9.85	-0.00075	483.203	-328.941
2.00	0.616	9.23	-0.00088	330.801	-281.183
2.50	0.569	8.54	-0.00097	201.469	-236.727
3.00	0.519	7.79	-0.00102	93.469	-195.897
3.50	0.468	7.02	-0.00103	4.937	-158.873
4.00	0.416	6.25	-0.00102	-66.050	-125.717
4.50	0.366	5.49	-0.00099	-121.419	-96.390
5.00	0.317	4.76	-0.00095	-163.060	-70.779
5.50	0.272	4.07	-0.00089	-192.788	-48.708
6.00	0.229	3.43	-0.00082	-212.322	-29.961
6.50	0.190	2.84	-0.00075	-223.262	-14.289
7.00	0.154	2.31	-0.00068	-227.079	-1.426
7.50	0.122	1.83	-0.00060	-225.110	8.904
8.00	0.094	1.41	-0.00053	-218.551	16.976
8.50	0.069	1.04	-0.00046	-208.464	23.063
9.00	0.048	0.72	-0.00039	-195.775	27.426
9.50	0.030	0.45	-0.00033	-181.284	30.312
10.00	0.015	0.22	-0.00028	-165.671	31.952
10.50	0.002	0.03	-0.00022	-149.505	32.557
11.00	-0.008	-0.12	-0.00018	-133.254	32.321
11.50	-0.016	-0.24	-0.00014	-117.295	31.417
12.00	-0.022	-0.33	-0.00010	-101.922	29.998
12.50	-0.026	-0.39	-0.00007	-87.359	28.199
13.00	-0.029	-0.43	-0.00004	-73.768	26.134
13.50	-0.030	-0.46	-0.00002	-61.254	23.902

z	y(z)	p(z)	$\alpha(z)$	M(z)	T(z)
Prof.	Spost.	Press. Lat.	Rotaz.	Mom. Flett.	Taglio
(m)	(cm)	(N/cm²)	(rad)	(kNm)	(kN)
14.00	-0.031	-0.47	0.00000	-49.879	21.586
14.50	-0.031	-0.46	0.00001	-39.670	19.255
15.00	-0.030	-0.45	0.00002	-30.618	16.962
15.50	-0.029	-0.43	0.00003	-22.694	14.751
16.00	-0.027	-0.41	0.00004	-15.847	12.655
16.50	-0.025	-0.38	0.00004	-10.016	10.697
17.00	-0.023	-0.34	0.00004	-5.125	8.892
17.50	-0.021	-0.31	0.00004	-1.097	7.250
18.00	-0.019	-0.28	0.00004	2.153	5.776
18.50	-0.016	-0.25	0.00004	4.707	4.467
19.00	-0.014	-0.21	0.00004	6.647	3.321
19.50	-0.012	-0.18	0.00004	8.054	2.330
20.00	-0.010	-0.16	0.00004	9.001	1.485
20.50	-0.009	-0.13	0.00003	9.561	0.775
21.00	-0.007	-0.11	0.00003	9.797	0.190
21.50	-0.006	-0.08	0.00003	9.770	-0.283
22.00	-0.004	-0.07	0.00002	9.531	-0.655
22.50	-0.003	-0.05	0.00002	9.130	-0.938
23.00	-0.002	-0.03	0.00002	8.606	-1.144
23.50	-0.001	-0.02	0.00001	7.996	-1.284
24.00	-0.001	-0.01	0.00001	7.331	-1.368
24.50	0.000	0.00	0.00001	6.637	-1.404
25.00	0.000	0.00	0.00001	5.934	-1.402

7.5 VERIFICA ARMATURA PALO

7.5.1 VERIFICA IN TESTA AI PALI

Si dispone una doppia gabbia di 25 ϕ 26 e 25 ϕ 26.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: palo1000

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
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 calcolo 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.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	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 calcolo fyd:	3913.0 daN/cm ²
	Resist. ultima di calcolo ftd:	3913.0 daN/cm ²
	Deform. ultima di calcolo 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.:	50.0 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	39.0	25	26
2	0.0	0.0	33.0	25	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
 Passo staffe: 15.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

ST.LIM.ULTIMI - 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	165700	0	73700	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	226200	125000	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	219000	121200 (49865)	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	197500	109300 (49866)	0 (0)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 9.7 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.4 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 8.5 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult	Sforzo normale ultimo [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
My ult	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mx ult	Momento flettente ultimo [daNm] intorno all'asse X di riferimento della sezione
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0	165700	0	0	289833	0	1.749	138.0(11.5)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
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	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00059	0.0	50.0	0.00242	-4.9	38.7	-0.00499	0.0	-39.0

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 a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000095446	-0.001272275	0.412	0.955

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Passo staffe:	15.0 cm
Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Vsdu	Taglio di progetto [daN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
Vwd	Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. 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.
Teta	Angolo [gradi sessadec.] 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	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Ast	A.Eff
1	S	73700	157940	99759	79.0	91.0	21.80°	1.000	10.6	14.3(0.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

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
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	124.2	0.0	0.0	-1372	0.0	-39.0	1493	63.7	6.0	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	120.4	0.0	0.0	-1332	0.0	-39.0	1493	63.7	6.0	0.50

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

Ver.	Esito della verifica
S1	Massima tensione [daN/cm ²] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
S2	Minima tensione [daN/cm ²] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k2	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3	= 0.125 per flessione e presso-flessione; =(e1 + e2)/(2*e1) per trazione eccentrica
Ø	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf	Coprifero [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi	= 1-Beta12*(Ssr/Ss) ² = 1-Beta12*(fctm/S2) ² = 1-Beta12*(Mfess/M) ²
e sm	Deformazione unitaria media tra le fessure Il valore limite = 0.4*Ss/Es è tra parentesi
srm	Distanza media tra le fessure [mm]
wk	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = 1.7 * e sm * srm . 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	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-62.2	0	0.125	26	52.0	0.915	0.00061 (0.00027)	146	0.152 (0.40)	49865	0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	108.6	0.0	0.0	-1201	0.0	-39.0	1493	63.7	6.0	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-56.1	0	0.125	26	52.0	0.896	0.00054 (0.00024)	146	0.134 (0.30)	49866	0

7.5.2 VERIFICA PRIMA RIDUZIONE DI ARMATURA

Si verifica una sezione con una singola gabbia di armatura di 18φ26

**DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.
NOME SEZIONE: palo1000 - tratto2**

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
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:	C25/30	
	Resis. compr. di calcolo 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.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	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 calcolo fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di calcolo ftd:	3913.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di calcolo 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.: 50.0 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 circonf. lungo cui sono disposte le barre generate
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonf. 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	39.0	18	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
 Passo staffe: 15.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

ST.LIM.ULTIMI - 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	35000	0	20000	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	226200	26000	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	219000	25200 (49865)	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	197500	23000 (49866)	0 (0)	

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	9.7	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	10.9	cm
Copriferro netto minimo staffe:	8.5	cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata				
N	Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)				
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia				
My	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia				
N ult	Sforzo normale ultimo [daN] baricentrico (positivo se di compress.)				
Mx ult	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia				
My ult	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia				
My ult	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia				
Mx ult	Momento flettente ultimo [daNm] intorno all'asse X di riferimento della sezione				
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)				
	Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000				
As Tesa	Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa				

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0	35000	0	0	130267	0	3.722	58.4(11.6)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00232	0.0	50.0	0.00201	0.0	39.0	-0.00859	0.0	-39.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

	a, b, c	x/d	C.Rid.		
	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue		
N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000135884	-0.003294206	0.289	0.802

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

	Passo staffe:	15.0 cm								
Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata									
Vsdu	Taglio di progetto [daN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro									
Vcd	Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso									
Vwd	Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe									
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. 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.									
Teta	Angolo [gradi sessadec.] 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	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Ast	A.Eff
1	S	20000	151918	110030	80.9	85.5	21.80°	1.000	2.8	15.4(0.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

	Ver	Sc max	Xc max, Yc max	Sf min	Xs min, Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12		
	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm²]	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm²]	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $\beta_1 \cdot \beta_2$		
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	46.0	0.0	0.0	112	0.0	-39.0	----	----	----	----

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	44.6	0.0	0.0	108	0.0	-39.0	----	----	----	----

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm} Esito della verifica
S1	Massima tensione [daN/cm ²] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
S2	Minima tensione [daN/cm ²] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k2	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica
Ø	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi	$= 1 - \text{Beta}12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (M_{fess}/M)^2$
e sm	Deformazione unitaria media tra le fessure . Il valore limite = $0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi
srm	Distanza media tra le fessure [mm]
wk	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot sm \cdot srm$. 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	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	2.6	0	----	----	----	----	----	----	----	49865	0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	40.4	0.0	0.0	95	0.0	-39.0	----	----	----	----

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	2.1	0	----	----	----	----	----	----	----	49866	0

7.5.3 VERIFICA SECONDA RIDUZIONE DI ARMATURA

Le sollecitazioni di cui al paragrafo precedente si utilizzano per verificare le sezioni di armatura delle gabbie che si dispongono per il resto della lunghezza del palo. Si adotta una gabbia composta da 8φ20 corrispondente a uno 0.32% di armatura della sezione di calcestruzzo.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A. NOME SEZIONE: palo1000 - tratto3

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
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:	C25/30
	Resis. compr. di calcolo 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.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	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 calcolo fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di calcolo ftd:	3913.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di calcolo 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.:	50.0 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 circonf. lungo cui sono disposte le barre generate				
Ycentro	Ordinata [cm] del centro della circonf. 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	39.0	8	20

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	10 mm
Passo staffe:	15.0 cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale

ST.LIM.ULTIMI - 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	35000	0	20000	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	226200	26000	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	219000	25200 (49865)	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	197500	23000 (49866)	0 (0)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	10.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	27.8 cm
Copriferro netto minimo staffe:	9.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N ult Sforzo normale ultimo [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
 Mx ult Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My ult Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 My ult Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mx ult Momento flettente ultimo [daNm] intorno all'asse X di riferimento della sezione
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0	35000	0	0	40767	0	1.165	22.0(11.6)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
 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	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

1	0.00350	-0.00652	0.0	50.0	0.00093	0.0	39.0	-0.01730	0.0	-39.0
---	---------	----------	-----	------	---------	-----	------	----------	-----	-------

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 a rottura in presenza di sola fless.(travi)				
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue				
N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000233696	-0.008184781	0.168	0.700

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Passo staffe:	15.0 cm									
Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata									
Vsdu	Taglio di progetto [daN] = proiez. di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro									
Vcd	Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso									
Vwd	Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe									
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. 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.									
Teta	Angolo [gradi sessadec.] 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	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Ast	A.Eff
1	S	20000	133019	85466	84.9	71.3	21.80°	1.000	2.7	11.4(0.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

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										
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure										
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$										
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	52.5	0.0	0.0	119	0.0	-39.0	----	----	----	----

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	50.9	0.0	0.0	115	0.0	-39.0	----	----	----	----

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
S1	Esito della verifica
S2	Massima tensione [daN/cm²] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
k2	Minima tensione [daN/cm²] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
Ø	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica
Ø	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff

Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 Psi = $1 - \text{Beta}12 \cdot (\text{Ssr}/\text{Ss})^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (\text{fctm}/\text{S2})^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (\text{Mfess}/\text{M})^2$
 e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [Il valore limite = $0.4 \cdot \text{Ss}/\text{Es}$ è tra parentesi]
 srm Distanza media tra le fessure [mm]
 wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot \text{sm} \cdot \text{srm}$. 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	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	2.4	0	----	----	----	----	----	----	----	49865	0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	46.1	0.0	0.0	101	0.0	-39.0	----	----	----	----

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	1.9	0	----	----	----	----	----	----	----	49866	0

8. SOTTOSCRIZIONE DELL'ELABORATO DA PARTE DEL R.T.P

STUDIO CORONA S.r.l.

I.T. S.r.l.

CONSORZIO UNING

SETAC S.r.l.

DOTT. DANILO GALLO

ECOPLAN S.r.l.

E&G S.r.l.

ARKE' INGEGNERIA S.r.l.

ING. RENATO DEL PRETE
