

**AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA
NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO**

PROGETTO DEFINITIVO

COD. UC 162

PROGETTAZIONE: R.T.I.: PROGIN S.p.A. (capogruppo mandataria)
CREW Cremonesi Workshop S.r.l - ART Risorse Ambiente Territorio S.r.l
ECOPLAME S.r.l. - InArPRO S.r.l.

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Dott. Ing. Antonio GRIMALDI (Progin S.p.A.)

CAPOGRUPPO MANDATARIA:



Direttore Tecnico:
Dott. Ing. Paolo IORIO

IL GEOLOGO:
Dott. Geol. Giovanni CARRA (ART Ambiente Risorse e Territorio S.r.l.)

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:
Dott. Ing. Michele CURIALE (Progin S.p.A.)

MANDANTI:



Direttore Tecnico
Dott. Arch. Claudio TURRINI



Direttore Tecnico:
Dott. Ing. Ivo FRESIA

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:
Dott. Ing. Antonio CITARELLA



Direttore Tecnico:
Dott. Arch. Pasquale Pisano



Direttore Tecnico
Dott. Ing. Massimo T. DE IORIO

**PROGETTO OPERE D'ARTE MINORI
SEMISVINCOLO SUD – OS04 – MURO DI SOSTEGNO IN SX
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO**

CODICE PROGETTO

NOME FILE

T00OS04STRRE01B

REVISIONE

SCALA:

D P U C 1 6 2 D 2 0

CODICE
ELAB.

T 0 0 O S 0 4 S T R R E 0 1

B

-

B	Emissione a seguito istruttoria ANAS	Marzo 2022	M. Piccolo	P. Valente	P. Iorio
A	Emissione definitiva	Maggio 2020	M. Piscitelli	P. Valente	P. Iorio
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
1	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO	5
2	DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO	8
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	9
3.1	CALCESTRUZZO PER PALI.....	9
3.2	CALCESTRUZZO MURI.....	10
3.3	ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE B450C	10
4	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	11
4.1	AZIONI SISMICHE.....	11
4.2	SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI	14
5	INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	15
5.1	MODELLO GEOTECNICO DI PROGETTO.....	16
6	CRITERI GENERALI DI VERIFICA DELLE OPERE	18
6.1	METODO AGLI STATI LIMITE ED APPROCCI DI PROGETTO	18
6.2	CRITERI DI ANALISI E VERIFICA DEI MURI DI SOSTEGNO	21
6.3	PRESCRIZIONI GENERALI PER LE VERIFICHE IN FASE SISMICA.....	23
6.4	PRESCRIZIONI GENERALI PER LE VERIFICHE DOVUTE A CARICHI ECCEZIONALI	24
7	CRITERI DI ANALISI E VERIFICHE DELLE OPERE	26
7.1	VERIFICHE GEOTECNICHE.....	26
7.1.1	Verifica allo scorrimento	26
7.1.2	Verifica a ribaltamento	27
7.1.3	Verifica di stabilità globale.....	27
7.1.4	Capacità portante dei pali nei confronti dei carichi verticali.....	29
7.1.5	Capacità portante dei pali nei confronti dei carichi orizzontali	30
7.1.6	Verifica a carico limite per fondazioni superficiali	34
7.2	VERIFICHE STRUTTURALI- SLU.....	36
7.2.1	Pressoflessione.....	36
7.2.2	Taglio	37
7.3	VERIFICHE STRUTTURALI- SLE	39
7.3.1	Stato limite di limitazione delle tensioni.....	39
7.3.2	Stato limite di fessurazione.....	40
8	ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI	42
8.1	PESO PROPRIO ELEMENTI STRUTTURALI.....	42
8.2	SPINTE IN FASE STATICA	42
8.3	COEFFICIENTI SISMICI.....	44
8.4	SPINTE DEL TERRENO IN FASE SISMICA	44
8.5	CARICHI VARIABILI DA TRAFFICO	45
8.6	AZIONE ECCEZIONALE DOVUTA ALL'URTO DELL'AUTOVEICOLO IN FASE DI SVIO	45
9	ANALISI E VERIFICHE MURO TIPO 1.....	49
9.1	49	
9.2	MURO TIPOLOGICO 1C_HPARAMENTO=4.5M.....	50
9.2.1	Modello di calcolo e geometria muro.....	50
9.2.2	Sollecitazioni Paramento	52
9.2.3	Verifiche strutturali paramento e piastra fondazione	54
9.2.4	Sollecitazioni in testa ai pali.....	55
9.2.5	Verifiche strutturali pali	61
9.2.6	Verifiche geotecniche dei pali.....	62
9.2.7	Verifiche locali per azioni d'urto	65
9.3	MURO TIPOLOGICO 1B_HPARAMENTO=6M.....	69
9.3.1	Modello di calcolo e geometria muro.....	69
9.3.2	Sollecitazioni Paramento	72
9.3.3	Verifiche strutturali paramento e piastra fondazione	73
9.3.4	Sollecitazioni in testa ai pali.....	75
9.3.5	Verifiche strutturali pali	81
9.3.6	Verifiche geotecniche dei pali.....	83
9.3.7	Verifiche locali per azioni d'urto	86
9.4	MURO TIPOLOGICO 1A_HPARAMENTO=7M	89

9.4.1	Modello di calcolo e geometria muro	89
9.4.2	Sollecitazioni Paramento	92
9.4.3	Verifiche strutturali paramento e piastra fondazione	93
9.4.4	Sollecitazioni in testa ai pali.....	95
9.4.5	Verifiche strutturali pali	101
9.4.6	Verifiche geotecniche dei pali.....	103
9.4.7	Verifiche locali per azioni d'urto	107
10	ANALISI E VERIFICHE MURO TIPO 2.....	110
10.1	MODELLO DI CALCOLO.....	110
10.2	RISULTATI E SOLLECITAZIONI	111
10.3	ARMATURA PARAMENTO E PIASTRA DI FONDAZIONE	113
10.4	VERIFICHE ALLO SLU	113
10.5	VERIFICHE ALLO SLE	114
10.6	VERIFICHE LOCALI PER AZIONI D'URTO	115
11	ANALISI E VERIFICHE MURO TIPO 3.....	119
11.1	MODELLO DI CALCOLO.....	119
11.2	RISULTATI E SOLLECITAZIONI	120
11.3	ARMATURA PARAMENTO E PIASTRA DI FONDAZIONE	122
11.4	VERIFICHE ALLO SLU	123
11.5	VERIFICHE ALLO SLE	124
11.6	VERIFICHE LOCALI PER AZIONI D'URTO	125
12	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO	128
12.1	DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2018.....	128
13	TABULATI DI CALCOLO.....	130
13.1	MURO TIPOLOGICO 1A.....	130
13.1.1	Condizione statica	130
13.1.2	Condizione sismica	145
13.1.3	Condizione eccezionale d'urto.....	156
13.2	MURO TIPOLOGICO 1B	167
13.2.1	Condizione statica	167
13.2.2	Condizione sismica	182
13.2.3	Condizione eccezionale d'urto.....	193
13.3	MURO TIPOLOGICO 1C.....	204
13.3.1	Condizione statica	204
13.3.2	Condizione sismica	217
13.3.3	Condizione eccezionale d'urto.....	228
13.4	MURO TIPOLOGICO 2.....	237
13.4.1	Condizione statica e sismica.....	237
13.4.2	Condizione eccezionale d'urto.....	253
13.5	MURO TIPOLOGICO 3.....	265
13.5.1	Condizione statica e sismica.....	265
13.5.2	Condizione eccezionale d'urto.....	280

1 INTRODUZIONE

La presente relazione è redatta nell'ambito del progetto definitivo del "Nuovo svincolo di Mormanno", previsto sulla autostrada A2 del Mediterraneo (svincoli Nord e Sud).

In particolare la presente relazione di calcolo fa riferimento al dimensionamento geotecnico-strutturale delle opere di sostegno a servizio del tratto di strada in trincea in corrispondenza deviazione strada locale del Semisvincolo Sud tra le pk. 0+200.8 e 0+276 circa.

1 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Le opere di sostegno in esame sono costituite da muri in c.a. su fondazione diretta e su pali. le principali caratteristiche geometriche dei muri in esame, ed a seguire alcune immagini rappresentative dell'opera in esame rimandando agli elaborati grafici di riferimento per ulteriori approfondimenti.

Tipo	H _{PARAMENTO} [m]	Fondazione		Pali			
		h [m]	L _f [m]	N°	D [m]	i [m]	L _p [m]
1A	6.0 – 7.0	1.00	6.60	3	0.80	2.40 x 2.40m	16
1B	4.50 – 6.0	1.00	6.60	3	0.80	2.40 x 2.40m	16
1C	3.20 – 4.5	1.00	3.95	2	0.80	2.40 x 2.40m	16
2	1.70 – 3.2	0.80	3.0	-			
3	0.60 – 1.70	0.80	2.5	-			

Tabella 1 – Caratteristiche geometriche muri

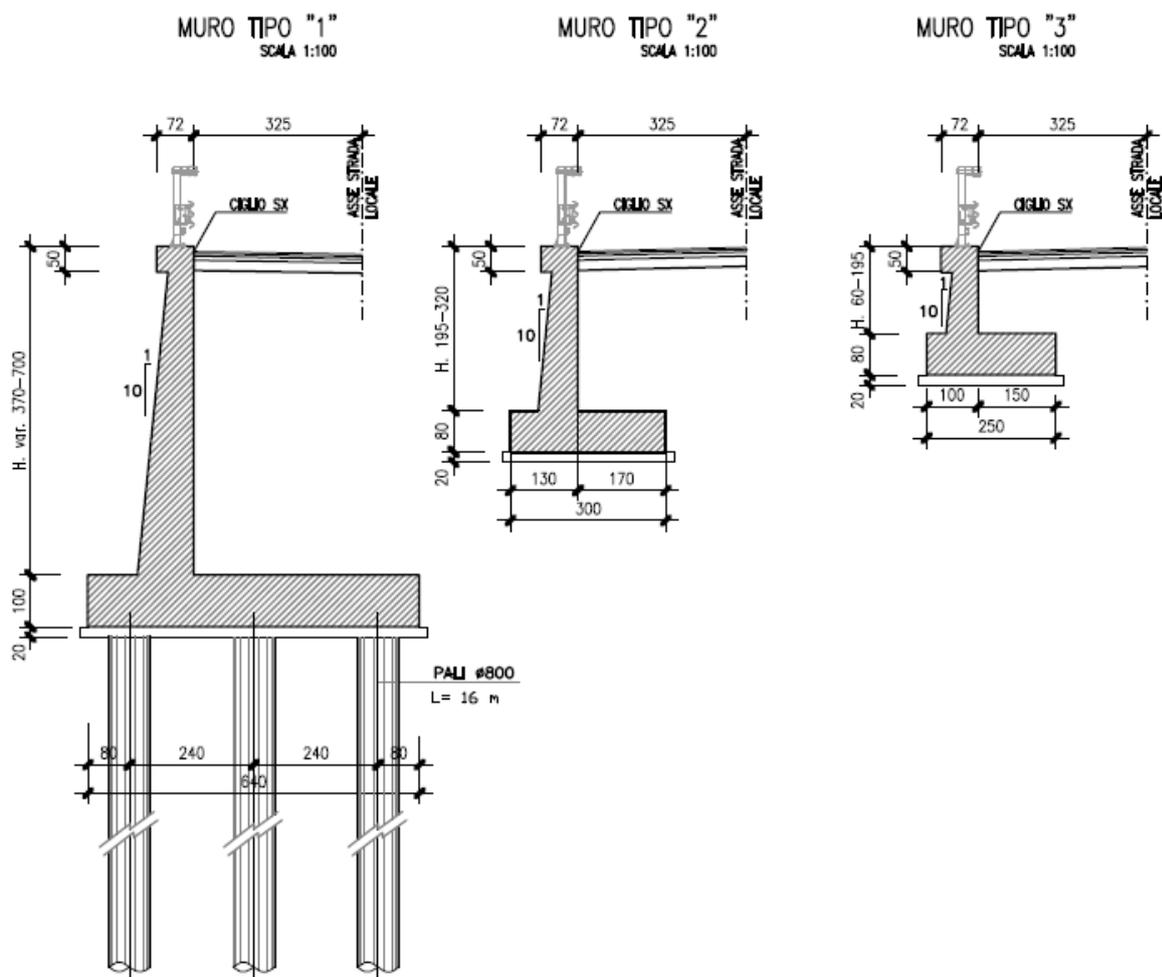


Figura 1 – Sezioni trasversali tipo

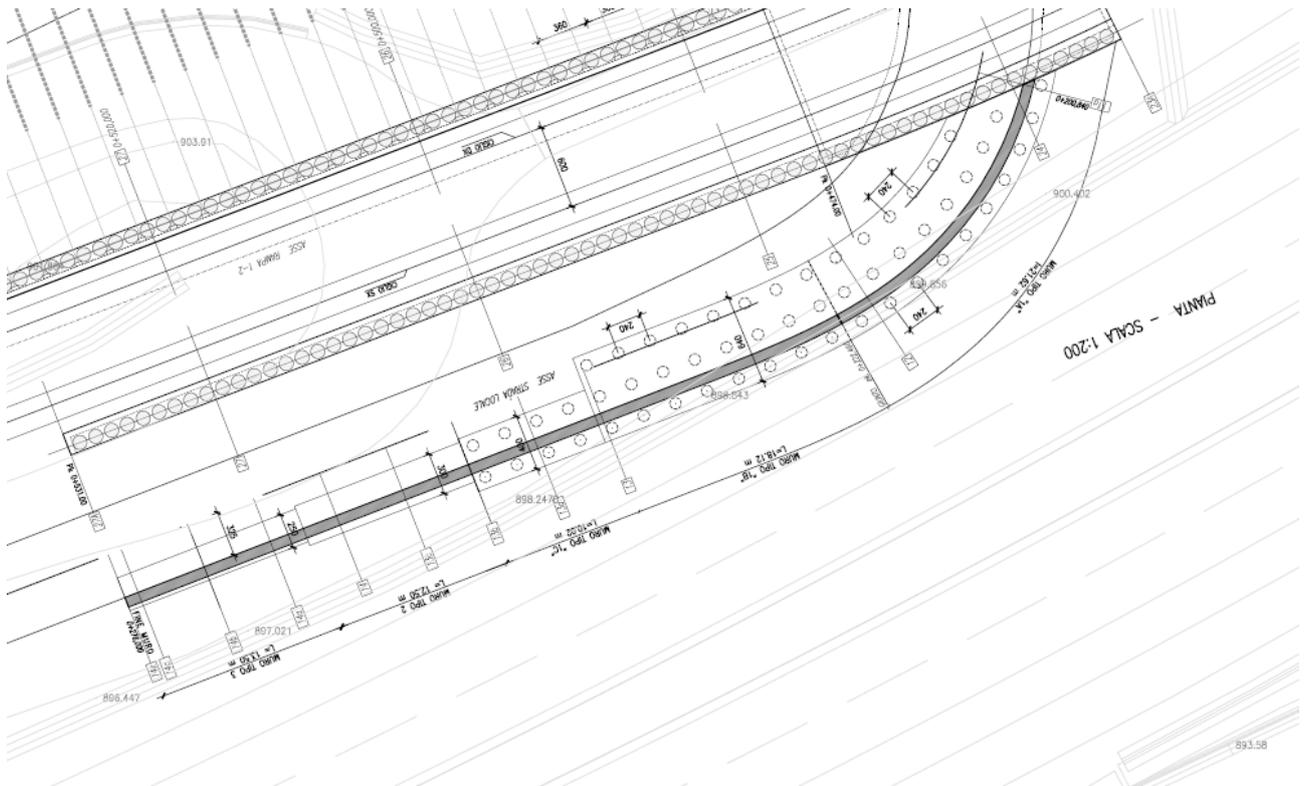


Figura 2 - Inquadramento planimetrico

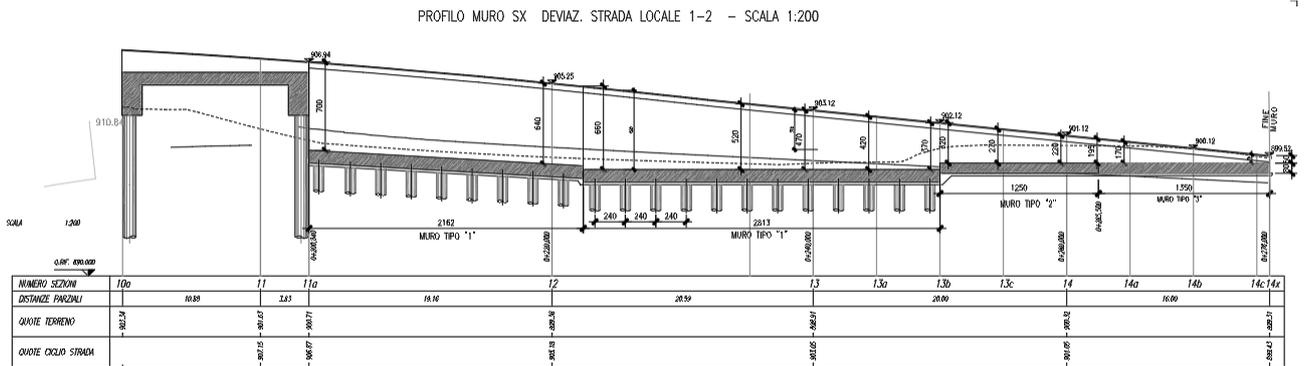


Figura 3 - Sviluppo longitudinale

2 DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Di seguito è riportato l'elenco delle Normative e dei Documenti assunti come riferimento per il progetto delle opere trattate nell'ambito del presente documento:

- Rif. [1] Ministero delle Infrastrutture dei Trasporti, DM 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni» (GU n. 42 del 20 febbraio 2018).
- Rif. [2] Circolare Applicativa n 7 del 21 gennaio 2019 (GU n.35 del 11-2-2019 – Suppl. Ordinario n. 5.).
- Rif. [3] UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1.

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali sono ricavate con riferimento alle indicazioni contenute nei capitoli 4 e 11 del D.M. 17 gennaio 2018. Nelle tabelle che seguono sono indicate le principali caratteristiche.

3.1 Calcestruzzo per pali

Classe d'esposizione	C30/37
XC2 – XA1	$f_{ck} \geq 30 \text{ MPa}$ $R_{ck} \geq 37 \text{ MPa}$

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	R_{ck}	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	30,71	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	38,71	N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	20,47	N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	17,40	N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} [R_{ck} < 50/60]$	2,94	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	2,06	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm}$	3,53	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1,37	N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	33019	N/mm ²

3.2 Calcestruzzo muri

Classe d'esposizione	C32/40
XC4	$f_{ck} \geq 32 \text{ MPa}$ $R_{ck} \geq 40 \text{ MPa}$

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	R_{ck}	40	N/mm^2
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	33.20	N/mm^2
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41.2	N/mm^2
Coefficiente parziale di sicurezza	γ_C	1,5	[-]
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	22.13	N/mm^2
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	18.81	N/mm^2
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} [R_{ck} < 50/60]$	3.09	N/mm^2
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk,0,05} = 0.7 f_{ctm}$	2.17	N/mm^2
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{efm} = 1.2 f_{ctm}$	3.71	N/mm^2
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk,0,05} / 1.5$	1.45	N/mm^2
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	33642.8	N/mm^2

3.3 Acciaio Per Armature Ordinarie B450c

Acciaio per calcestruzzo armato tipo B 450 C secondo le NTC18 avente le seguenti caratteristiche:

Modulo di elasticità longitudinale	E_s	=	210000	[MPa]
Coefficiente parziale di sicurezza	γ_s	=	1,15	[-]
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	=	450	[MPa]
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	=	540	[MPa]
Allungamento	$A_{gt,k}$	\geq	7,50%	[-]
Resistenza di calcolo	f_{yd}	=	391,3	[MPa]

Tabella 2: caratteristiche meccaniche acciaio

4 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

4.1 Azioni sismiche

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati dalle NTC 2018, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PV_R , nel periodo di riferimento V_R . In alternativa è ammesso l’uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Le NTC 2018 stabiliscono che le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PV_R , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

ag: accelerazione orizzontale massima al sito;

Fo: 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.

In allegato alla norma, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di ag, Fo e T*c necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

L’area di studio è individuata dalle coordinate (ED50) Lat: 39,88322204° Long: 16,01221869° e ricade pertanto all’interno del reticolo di riferimento tra i 4 vertici indicati nella Figura 4 per i quali le NTC definiscono i parametri necessari per definire l’azione sismica.

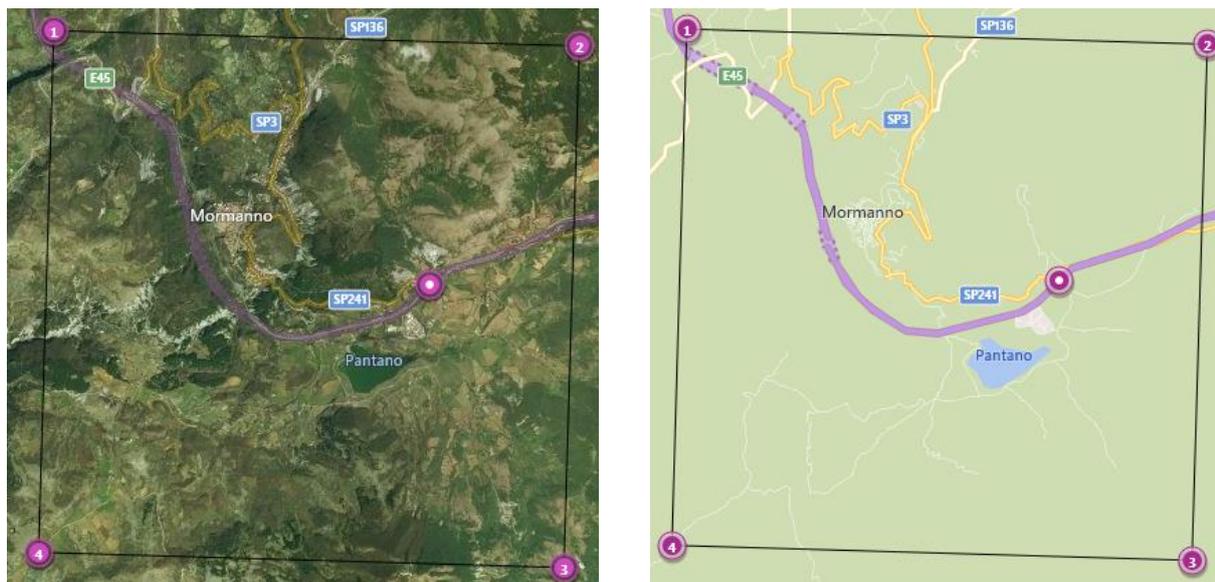


Figura 4 - Rappresentazione dei punti della maglia del reticolo di riferimento riportati nella Tab.1 allegata alle
NTC 2018

La classificazione dell'area rispetto alle zone sismiche, ai sensi dell'Ord. 3519/2006, individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale su terreno rigido (a_g) con probabilità di superamento del 10% (SLV) in 50 anni (periodo di riferimento VR), è attribuibile alla **Zona 2**.

La seguente **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** riporta i parametri sismici relativi a ll'area di intervento.

Stato limite	Tr [anni]	Ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	60	0,086	2,350	0,300
SLD	101	0,115	2,325	0,321
SLV	949	0,339	2,355	0,393
SLC	1950	0,442	2,446	0,423

Tabella 3: Parametri sismici dell'area di intervento

Per quanto riguarda inoltre la definizione dei coefficienti sismici sono state operate le seguenti classificazioni tipologiche sia per quanto concerne l'opera in progetto, sia per quanto riguarda la stratigrafia del sito di edificazione.

In primo luogo, è stata definita a livello preliminare la classe prevalente delle opere, facendo riferimento alla **IV Classe**, così come definita dalle NTC 2018 ().

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 13 DI 291
-----------------------------------	--	-------------------

Classe	Descrizione
Classe	Descrizione
I.	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
II.	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
III.	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
IV.	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tabella 4:Classi degli edifici secondo le NTC 2018

È stata quindi definita la "Vita nominale" dell'opera, facendo riferimento al valore di **50 anni**, così come definito dalle dalle NTC 2018 (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

Tipo opera	Vita Nominale
Opere provvisorie	<=10,
Opere ordinarie	>=50,
Grandi opere	>=100

Tabella 5:Vita nominale delle opere secondo le NTC 2018

È stata inoltre definita, sempre con riferimento ai criteri classificativi introdotti dalle NTC, e alle caratteristiche stratigrafiche individuate, la categoria di sottosuolo del sito di edificazione, facendo riferimento alla **Categoria E** (riferimenti MASW Me31_2 e Me31_3).

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
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.

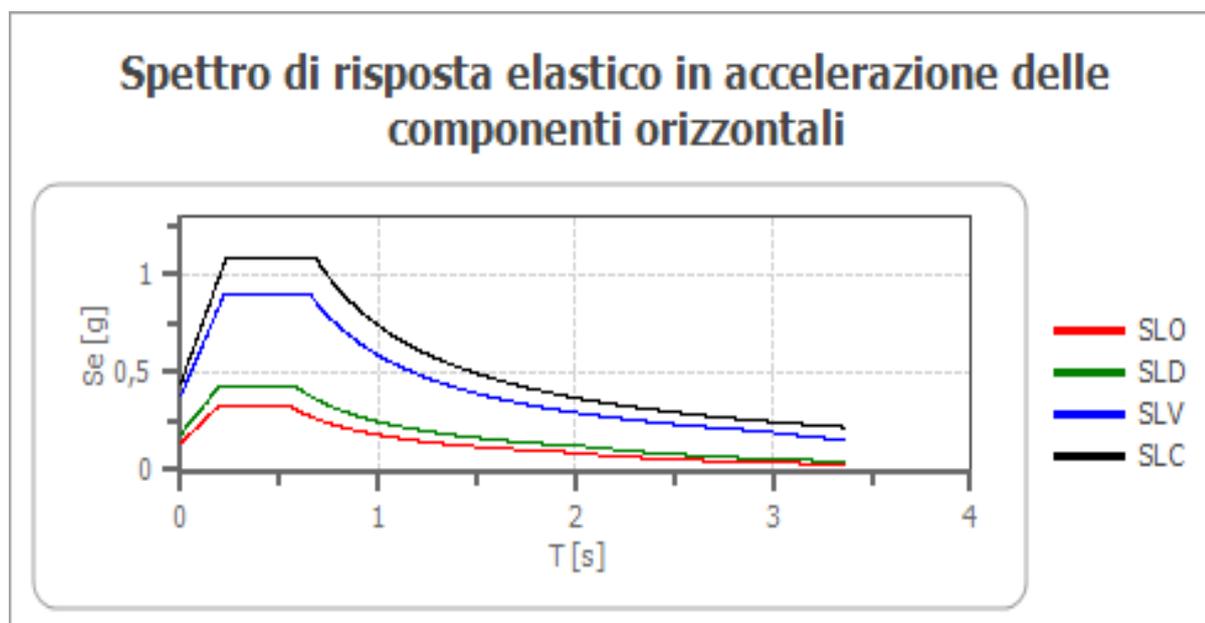
Tabella 6:Category di sottosuolo secondo le NTC 2018

Per quanto riguarda infine la definizione della categoria topografica dell'area in esame è stato fatto riferimento alla categoria T1 in ragione della morfologia dell'area e così come definita dalle NTC 2018 (tabella 6).

Categoria	Caratteristiche della superficie 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 $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 7. Categorie topografiche secondo le NTC 2018

4.2 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	Cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,086	2,350	0,300	1,600	1,860	1,000	1,600	1,000	0,186	0,558	1,943	0,137	0,322
SLD	2,0	0,115	2,325	0,321	1,600	1,810	1,000	1,600	1,000	0,194	0,581	2,059	0,184	0,427
SLV	2,0	0,339	2,355	0,393	1,120	1,670	1,000	1,120	1,000	0,219	0,657	2,956	0,380	0,895
SLC	2,0	0,442	2,446	0,423	1,000	1,620	1,000	1,000	1,000	0,228	0,685	3,367	0,442	1,080

5 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

La definizione delle unità geotecniche e geomeccaniche è stata impostata partendo in primo luogo dal modello geologico ottenuto dalle risultanze dei rilievi di terreno e dei sondaggi a carotaggio continuo. Tale modello è illustrato nei profili e sezioni geologiche.

Nel seguito si riporta la classificazione delle unità geotecniche interessate dalle opere e la correlazione tra unità geotecniche definite per le litologie interessate dal tracciato e le corrispondenti unità geologiche.

Unità Geotecnica/ geomeccanica	Litologia	Unità geologica associata
R	Terreni di riporto e terreni vegetali	R
AL1	Depositi alluvionali: ghiaie e sabbie grossolane	Alr
LI	Depositi lacustri indifferenziati	FL, Ala, Alr
DC2p	Rocce calcaree fratturate ed alterate, condizioni profonde	BC, BG, D, Tr
DC2s	Rocce calcaree fratturate ed alterate, condizioni superficiali	BC, BG, D, Tr
DC3p	Rocce calcaree milonizzate (zona di faglia), condizioni profonde	BC, BG, D
DC3s	Rocce calcaree milonizzate ed alterate, condizioni superficiali	BC, BG, D

Ciascuna unità geotecnica e geomeccanica è stata distinta in base ad un'elaborazione dei dati delle campagne geognostiche, delle analisi a ritroso e dei dati da letteratura che ha consentito di valutare il campo di variabilità dei parametri geotecnici da utilizzarsi per i calcoli di progetto.

Si precisa che i parametri di calcolo di seguito riportati derivano dall'elaborazione statistica di tutte le indagini eseguite nell'ambito dei lavori di completamento della autostrada 2 dell'intero macrolotto (DG28, DG29, DG30 e DG31).

I parametri geotecnici riportati di seguito sono stati utilizzati per il dimensionamento e verifica delle opere del nuovo svincolo di Mormanno. Per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione geotecnica generale.

5.1 Modello Geotecnico di progetto

La stratigrafia assunta in fase di progetto è definita sulla base dei sondaggi più vicini. Si riporta la sezione geologica di riferimento:

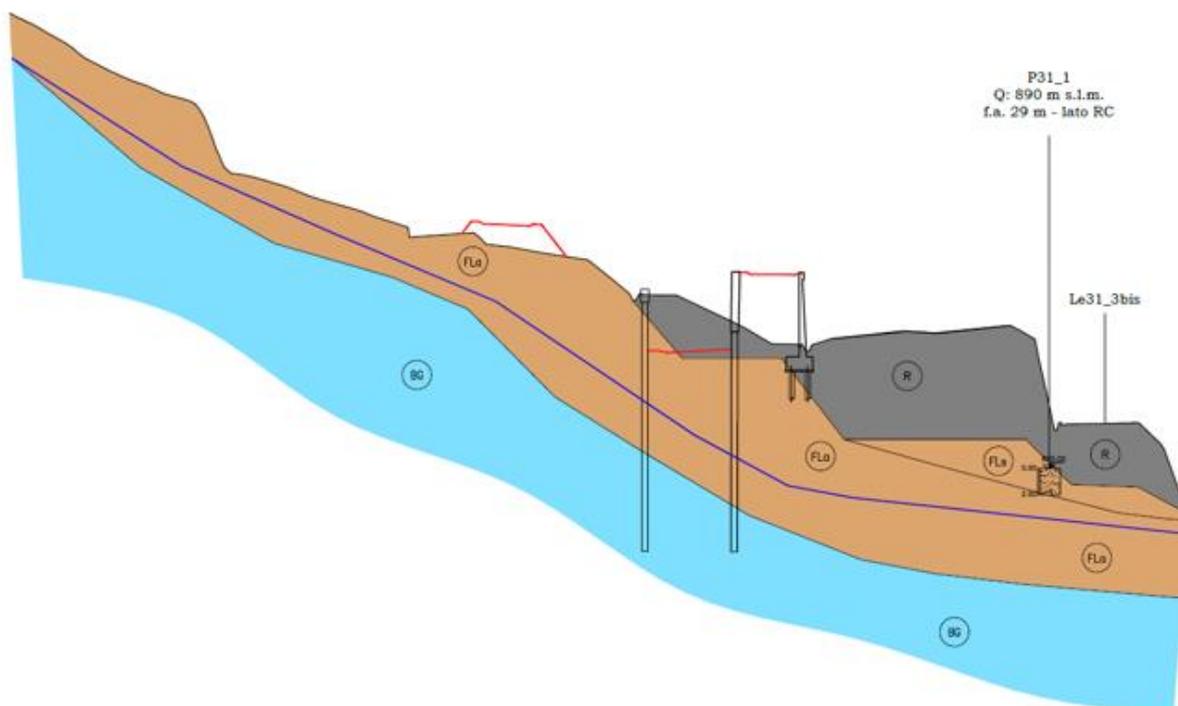


Figura 5 - sezione geologica Sez. 7

In particolare tenendo conto delle progressive dell'opera, nonché delle quote di approfondimento delle fondazioni rispetto al p.c. locale si è assunta la seguente stratigrafia di progetto:

Unità geotecnica	Descrizione	Profondità [m] da p.c.
Fla	depositi fluvio-lacustri indifferenziati	0.0÷13.50
BG	Rocce calcaree fratturate, condizioni superficiali	>13.50
FALDA di calcolo: -9.0 m da intradosso fondazioni		

A ciascuna unità sono stati attribuiti dei valori dei parametri fisico – meccanici di calcolo utili ai fini delle analisi da effettuare, tenendo conto di quanto specificato per ciascuna di esse dalla caratterizzazione geotecnica generale. In particolare si ha:

PARAMETRI ASSUNTI IN PROGETTO				
Unità	γ	c'	φ'	E
	[kN/m ³]	[MPa]	[°]	[MPa]
R	20	0	35	30
FLa	19	10	26	50
BG	27	60	35	2000

Dove E' è il moduli di deformabilità "operativo" da adottare per le opere di sostegno e per le fondazioni, assunto pari a 1/3÷1/5 di quello iniziale (E0). Mentre Eur è il modulo di ricarica pari a 1,6 – 3,0 volte il modulo E'.

Mentre per il terreno di rinfianco si considera il terreno da **Rilevato Stradale** avente i seguenti parametri meccanici:

$$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3.$$

$$\varphi = 35^\circ$$

$$c' = 0 \text{ kPa}$$

6 CRITERI GENERALI DI VERIFICA DELLE OPERE

Nel seguente paragrafo si riporta una descrizione riguardante procedure e criteri di calcolo adottati per l'effettuazione di tutte le verifiche prescritte dalla normativa vigente.

6.1 Metodo agli stati limite ed approcci di progetto

Il progetto di opere strutturali e geotecniche va effettuato, come prescritto dalle NTC 2018, con i criteri del metodo semiprobabilistico agli stati limite basati sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza. Nel metodo semiprobabilistico agli stati limite, la sicurezza strutturale è verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni.

La normativa distingue inoltre tra Stati Limite Ultimi e Stati Limite di Esercizio.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza è stata effettuata con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dalla equazione formale:

$$R_d \geq E_d.$$

dove:

R_d è la resistenza di progetto

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni

$$E_d = E \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

oppure

$$E_d = \gamma_E \cdot E \left[F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

Il coefficiente γ_R opera direttamente sulla resistenza del sistema.

I coefficienti parziali di sicurezza, γ_{Mi} e $\gamma_{Fj} = \gamma_{Ej}$, associati rispettivamente al materiale i-esimo e all'azione j-esima, tengono in conto la variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche e all'affidabilità del modello di calcolo.

In accordo a quanto stabilito al §2.6.1 delle NTC 2018, la verifica della condizione $R_d \geq E_d$ deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo Approccio progettuale (Approccio 1) le verifiche si eseguono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti ognuna delle quali può essere critica per differenti aspetti dello stesso progetto, convenzionalmente indicate come di seguito:

A1+M1+R1

A2+M2+R2

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) le verifiche si eseguono con un'unica combinazione di gruppi di coefficienti.

Gli stati limite di verifica si distinguono in genere in:

- **EQU** perdita di equilibrio della struttura fuori terra, considerata come corpo rigido.
- **STR** raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali.
- **GEO** raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con - sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura;
- **UPL** perdita di equilibrio della struttura o del terreno, dovuta alla spinta dell'acqua (sollevamento per galleggiamento).
- **HYD** erosione e sifonamento del terreno dovuta ai gradienti idraulici.

I coefficienti parziali da applicare alle azioni sono quelli definiti alla Tab 2.6.I delle NTC 2018 di seguito riportata per chiarezza espositiva:

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_f			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

γ_{G1} coefficiente parziale dei carichi permanenti G_1 ;

γ_{G2} coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali G_2 ;

γ_{Q1} coefficiente parziale delle azioni variabili Q.

Nel caso in cui l'azione sia costituita dalla spinta del terreno, per la scelta dei coefficienti parziali di sicurezza valgono le indicazioni riportate nel Capitolo 6.

I valori dei coefficienti parziali da applicare ai materiali e/o alle caratteristiche dei terreni (M) sono definiti nelle specifiche sezioni della norma, ed in particolare al Cap. 4 per ciò che concerne i coefficienti parziali da applicare ai materiali strutturali, mentre al Cap.6 sono indicati quelli da applicare alle caratteristiche meccaniche dei terreni.

I coefficienti parziali da applicare alle resistenze (R) sono infine unitari sulle capacità resistenti degli elementi strutturali, mentre assumono in genere valore diverso da 1 per ciò che concerne verifiche che attengono il controllo di meccanismi di stabilità locale o globale; i valori da adottare per ciascun meccanismo di verifica, sono definiti nelle specifiche sezioni di normativa dedicate al calcolo delle diverse opere geotecniche.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio viene effettuata invece controllando gli aspetti di funzionalità e lo stato tensionale e/o deformativo delle opere, con riferimento ad una combinazione di verifica caratterizzata da coefficienti parziali sulle azioni e sui materiali tutti unitari.

Al §2.5.3 delle NTC 2018, sono infine definiti i criteri con cui le diverse azioni presenti vanno combinate per ciascuno stato limite di verifica previsto dalla Normativa.

Nell'ambito della progettazione geotecnica, la normativa definisce inoltre nella Tab 6.2.II, i valori dei coefficienti parziali M1/M2 da applicare ai parametri caratteristici dei terreni nell'ambito delle diverse combinazioni contemplate dai due approcci di progetto:

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

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1.0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_{γ}	1.0	1.0

Tali valori agiscono sulle proprietà dei terreni, condizionando sia le azioni (spinte ed incrementi di spinta), sia le resistenze nei riguardi delle verifiche di stabilità dell'insieme terreno-opera interagente (Paratie, Muri, Pali di Fondazione ecc.)

Inoltre, ribadisce i valori dei coefficienti da applicare alle azioni nella Tab 6.2.I di seguito riportata:

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_Q	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}

6.2 Criteri di analisi e verifica dei muri di sostegno

Per i muri di sostegno o per altre strutture miste ad essi assimilabili devono essere effettuate le verifiche con riferimento almeno ai seguenti stati limite, accertando che la condizione $R_d \geq E_d$ sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

SLU di tipo geotecnica (GEO)

- scorrimento sul piano di posa;
- collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno;
- ribaltamento;
- stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;

SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

In condizioni statiche, la verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I delle NTC 2018; in aggiunta a quanto già mostrato in precedenza nel documento, si riporta anche la Tab 6.8.I appena menzionata:

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, in condizioni statiche, 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, 6.2.II e 6.5.I di seguito riportata.

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	$\gamma_R = 1,4$

Nella verifica a ribaltamento, i coefficienti R3 della Tab. 6.5.I, si applicano agli effetti delle azioni stabilizzanti.

Come già specificato al paragrafo precedente, trattandosi nel caso specifico di opere soggette ad azioni da traffico veicolare, in luogo dei coefficienti generici di cui alle Tab 6.2.I, si è fatto riferimento a quelli di cui alle Tab. 5.1.V e 5.1.VI del già citato DM.

Tab. 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti g_1 e g_3	favorevoli	γ_{G1} e γ_{G3}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ g_2	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

Tab. 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

Le spinte devono tenere conto del sovraccarico e dell'inclinazione del piano campagna, dell'inclinazione del paramento rispetto alla verticale, delle pressioni interstiziali e degli effetti della

filtrazione nel terreno; nel calcolo della spinta si può tenere conto dell'attrito che si sviluppa fra parete e terreno.

Ai fini della verifica alla traslazione sul piano di posa di muri di sostegno con fondazioni superficiali, non si deve in generale considerare il contributo della resistenza passiva del terreno antistante il muro, salvo casi particolari in cui, in relazione a caratteristiche meccaniche dei terreni ed alle modalità costruttive, è possibile portare in conto un'aliquota di tale resistenza, nella misura massima del 50% del valore teorico.

6.3 Prescrizioni generali per le verifiche in fase sismica

Sotto l'effetto dell'azione sismica di progetto, le verifiche agli stati limite ultimi di opere e sistemi geotecnici si riferiscono al solo stato limite di salvaguardia della vita (SLV); quelle agli stati limite di esercizio si riferiscono al solo stato limite di danno (SLD). Le verifiche devono essere eseguite ponendo pari a 1 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 riportata in seguito:

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

Per i muri di sostegno ubicati in corrispondenza di versanti o in prossimità di pendii naturali devono essere soddisfatte le condizioni di stabilità del pendio, in presenza della nuova opera, con i metodi di analisi riportati al §7.11.3.5. delle NTC2018. Deve inoltre essere soddisfatta la verifica di stabilità del complesso muro-terreno con i criteri indicati al §7.11.4. ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente $\gamma_R=1.2$.

Il §7.11.6.2.1 delle NTC 2018, precisa che l'analisi della sicurezza dei muri di sostegno in condizioni sismiche, può essere eseguita mediante i metodi pseudo-statici o i metodi degli spostamenti. Nell'analisi pseudo-statica, l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico. Nelle verifiche, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

con:

g accelerazione di gravità;

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 24 DI 291
-----------------------------------	--	-------------------

$a_{max} = S_S S_T a_g$ accelerazione massima attesa sul suolo di riferimento (a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido, S_S e S_T sono i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica);

Per muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito assume il valore di 0.38 nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV) e 0.47 nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD). Inoltre, si può assumere che l'incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto di quella statica con distribuzione triangolare.

Per i muri non liberi di subire spostamenti relativi rispetto al terreno (MURI SU PALI), il coefficiente β_m assume valore unitario. Inoltre, si deve assumere che l'incremento di spinta dovuto al sisma sia applicato a metà altezza del muro secondo una distribuzione di tipo rettangolare.

6.4 Prescrizioni generali per le verifiche dovute a carichi eccezionali

Con riferimento al § 5.1.3.13 del D.M. 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni", si puntualizza che le azioni d'urto agenti sugli elementi strutturali orizzontali al disopra della strada, sono da impiegarsi per la verifica di sicurezza globale dell'impalcato nel suo insieme inteso come corpo rigido (sollevamento/ribaltamento). Occorre pertanto verificare la resistenza del muro di sostegno cui sono collegate le barriere di sicurezza nei confronti delle azioni da urto veicolare. Tali azioni, si ricorda, sono azioni eccezionali, quindi caratterizzate da coefficienti di sicurezza dei materiali e da coefficienti di amplificazione dei carichi unitari. Per le verifiche strutturali e geotecniche relative alla struttura in oggetto si fa riferimento a quanto riportato nel capitolo nel D.M. 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni", par. 2.5.3. Sulla base di ciò è stata individuata la combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$F_d = \sum_{j=1}^m (G_{Kj}) + P + A_d + \sum_{i=2}^n (\psi_{2i} \gamma_{Qi} Q_{Ki})$$

dove:

γ_G e γ_Q rappresentano i coefficienti parziali di amplificazione dei carichi –

G_{kj} rappresenta il valore caratteristico della j-esima azione permanente

Q_{k1} rappresenta il valore caratteristico dell'azione variabile di base in ogni combinazione

Q_{ki} rappresenta il valore caratteristico della i-esima azione variabile

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 25 DI 291
---	--	---------------------------

Ψ_{0i} rappresentano i coefficienti di combinazione per tener conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i loro valori caratteristici

7 CRITERI DI ANALISI E VERIFICHE DELLE OPERE

Nel seguente paragrafo si riporta una descrizione riguardante le procedure e i criteri di calcolo adottati per l'effettuazione di tutte le verifiche prescritte dalla normativa vigente suddividendole in:

- Verifiche geotecniche
- Verifiche strutturali

7.1 Verifiche geotecniche

Le verifiche geotecniche sono quelle che coinvolgono la resistenza del terreno nell'ambito di quelle prescritte dalla normativa. Esse sono:

- Verifica allo scorrimento
- Verifica a carico limite
- Verifica a ribaltamento
- Verifica di stabilità globale

7.1.1 Verifica allo scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro, sia minore di tutte le forze resistenti lungo la stessa direzione.

La verifica a scorrimento risulta in particolare soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento (F_r) fattorizzata secondo un opportuno coefficiente parziale γ_r stabilito dalla normativa e la risultante delle forze mobilitanti (F_s) risulti non inferiore all'unità:

$$(F_r / \gamma_r) / F_s \geq 1$$

ovvero che il rapporto F_r/F_s risulti non inferiore di γ_r , fissato dalla normativa pari ad **1,1** in condizioni statiche e 1 in condizioni sismiche.

Le forze che intervengono nella F_s sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito lungo la base della fondazione.

Detta N la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, la forza resistente può esprimersi come:

$$F_r = N \operatorname{tg} \varphi$$

In casi particolari specificati dalla normativa è possibile eventualmente tener conto della resistenza passiva S_p del terreno a valle del muro.

La valutazione delle azioni resistenti e di quelle mobilitanti, dovrà tener conto dei coefficienti A ed M fissati dalla normativa per la combinazione di verifica specifica.

Per quanto riguarda l'attrito fondazione muro - terreno considerato ai fini delle verifiche di scorrimento sul piano di posa della fondazione, si è assunto quanto segue:

per $\varphi' < 30^\circ$ allora $\mu = \text{tg } \varphi'$;

per $\varphi' > 35^\circ$ allora $\mu = 0.85 \text{ tg } \varphi'$;

per $30^\circ \leq \varphi' \leq 35^\circ$ allora μ si ricava per interpolazione lineare

In condizioni sismiche, la forza mobilitante per muri di sostegno diretti viene calcolata secondo il metodo pseudostatico considerando un coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito β_m pari a 0.38.

Tale verifica perde di significato nel caso di muri su pali.

7.1.2 Verifica a ribaltamento

La verifica al ribaltamento di un muro di sostegno, prevede la valutazione del coefficiente di sicurezza nei confronti del meccanismo di rotazione dell'opera rispetto al vertice esterno della fondazione.

Nella fattispecie, detti M_{rib} , momento delle azioni ribaltanti, e M_{sta} , momento delle azioni stabilizzanti, occorrerà verificare quanto segue:

$$M_{sta} / R \geq M_{rib}$$

In accordo a quanto prescritto dalla normativa vigente, la verifica a ribaltamento deve essere effettuata in condizioni statiche secondo l'approccio 2 (A1+ M1+R3) in cui i coefficienti parziali γ_R pari a **1.15** si applicano alle azioni stabilizzanti. In condizioni sismiche, la verifica deve essere effettuata ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando un coefficiente parziale di sicurezza sulle azioni stabilizzanti γ_R pari a **1.0**. Lo stato limite di ribaltamento in condizioni sismiche deve essere trattato impiegando valori di β_m incrementati del 50% e comunque non superiori all'unità.

Tale verifica perde di significato nel caso di muri su pali.

7.1.3 Verifica di stabilità globale

Le NTC 2018 affrontano il tema della Stabilità Globale distinguendo tra il caso dei Pendii Naturali (§ 6.3) e quello delle opere in terra in Materiali sciolti e Fronti di scavo (§ 6.8) fornendo prescrizioni

differenti circa i criteri di verifica da adottare nei due casi. Trattandosi nel caso in esame di valutare la Stabilità Globale di Opere a sostegno di scavi, si ricade nel caso dei “Fronti di Scavo e rilevati”.

Il punto 6.8 delle NTC 2018 e relativa circolare applicativa, tratta l’argomento della verifica di Stabilità di Materiali Sciolti e fronti di scavo, nella fattispecie, al punto 6.8.2 “Verifiche di Sicurezza (SLU)” viene prescritto quanto di seguito: Le verifiche devono essere effettuate secondo l’Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2) tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I.

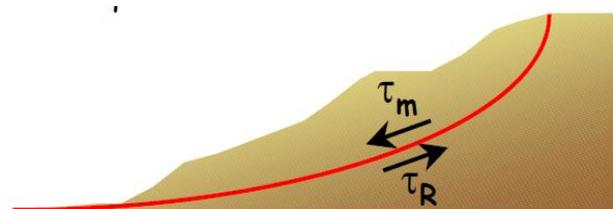
In aggiunta a quanto già riportato nei precedenti paragrafi, si riporta di seguito la Tab. 6.8.I, in cui è definito il valore del coefficiente parziale “R2” da applicare al valore della resistenza caratteristica calcolata per la generica superficie di potenziale scivolamento analizzata in condizioni statiche:

Tabella 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

In condizioni sismiche in accordo alle prescrizioni al § 7.11.4. le resistenze di progetto devono essere calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R=1.2$.

Nel presente paragrafo sono illustrati i Criteri generali adottati per l’effettuazione delle Verifiche di Stabilità Globale prescritte dalla normativa. In generale, ciascuno metodo va alla ricerca del potenziali superfici di scivolamento, generalmente di forma circolare, in qualche caso anche di forma diversa, rispetto a cui effettuare un equilibrio alla rotazione (o roto-traslazione) della potenziale massa di terreno coinvolta nel possibile movimento e quindi alla determinazione di un coefficiente di sicurezza disponibile, espresso in via generale tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie S e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie, ovvero:



$$FS = \frac{\int_S \tau_{rott}}{\int_S \tau_{mob}}$$

Figura 6: illustrazione superficie di scorrimento

Si procede generalmente suddividendo la massa di terreno coinvolta nella verifica in una serie di conci di dimensione b, interessati da azioni taglianti e normali sulle superfici di delimitazione dello stesso come di seguito rappresentato.

Per il caso in esame, le verifiche sono state effettuate rispetto a superfici di forma circolare, utilizzando il metodo di Bishop, per i cui dettagli si rimanda a quanto esposto a riguarda nella letteratura tecnica.

Le verifiche sono state effettuate rispetto a famiglie di superfici potenziali di rottura disegnate in maniera tale da non intersecare le opere, escludendo quindi ai fini della stabilità la resistenza al taglio locale offerta dalle opere, fermo restando tutte le prescrizioni definite dalla normativa per questo tipo di verifica.

7.1.4 Capacità portante dei pali nei confronti dei carichi verticali

Tratti di muro dell'opera in oggetto presentano una fondazione indiretta costituita da una platea di fondazione su pali trivellati, il cui valore di progetto R_d della resistenza a carichi assiali dei singoli pali si ottiene a partire dal valore caratteristico R_k applicando i coefficienti parziali γ_R riportati nella tabella 6.4.II seguente:

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			
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale γ	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

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

In condizioni sismiche, i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri meccanici del terreno sono unitari mentre i coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze sono riportati nella tabella 6.4.II.

La resistenza caratteristica R_k del singolo palo è determinata mediante metodi di calcolo analitici, dove R_k è calcolata a partire a da valori caratteristici dei parametri geotecnici e/o mediante l'impiego di relazioni empiriche che utilizzano direttamente i risultati di prove in situ.

La normativa vigente definisce per tali procedure, il valore caratteristico della resistenza $R_{c,k}$ (o $R_{t,k}$) come il valore minore tra quelli ottenuti applicando alle resistenze calcolate $R_{c,calc}$ ($R_{t,calc}$) i fattori di correlazione ξ riportati nella tabella seguente, in funzione del numero n di verticali di indagini:

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

Tabella 13 - Fattori di correlazione ξ

n	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

La campagna di indagine condotta in fase di progettazione definitiva permette di assumere in sede di calcolo un fattore di correlazione pari a $\xi_3 = \xi_4 = 1.70$.

7.1.5 Capacità portante dei pali nei confronti dei carichi orizzontali

Il carico orizzontale limite H_{lim} è stato calcolato in accordo alla teoria proposta da Broms (1984).

Le ipotesi assunte da Broms sono le seguenti:

- terreno omogeneo;
- comportamento dell'interfaccia palo-terreno di tipo rigido-perfettamente plastico;
- la forma del palo è ininfluyente e l'interazione palo-terreno è determinata solo dalla dimensione caratteristica D della sezione del palo (il diametro per sezioni circolari, il lato per sezioni quadrate, etc.) misurata normalmente alla direzione del movimento;
- il palo ha comportamento rigido-perfettamente plastico, cioè si considerano trascurabili le deformazioni elastiche del palo.

Questa ultima ipotesi comporta che il palo abbia solo moti rigidi finché non si raggiunge il momento di plasticizzazione M_y del palo. A questo punto si ha la formazione di una cerniera plastica in cui la rotazione continua indefinitamente con momento costante.

In accordo alla condizione di vincolo dei pali nei plinti di fondazione, il palo è considerato impedito di ruotare in testa.

Per quanto riguarda la resistenza del terreno, si riportano in seguito le distribuzioni per terreno a comportamento coesivo e a comportamento incoerente, sulla base di analisi teoriche ed osservazioni sperimentali.

7.1.5.1 Unità a comportamento coesivo

Il diagramma di distribuzione della resistenza p offerta dal terreno lungo il fusto del palo è quello riportato nella figura seguente. Broms adotta al fine delle analisi una distribuzione semplificata (b) con reazione nulla fino a $1.5 d$ e costante con valore $9 c_u d$ per profondità maggiori.

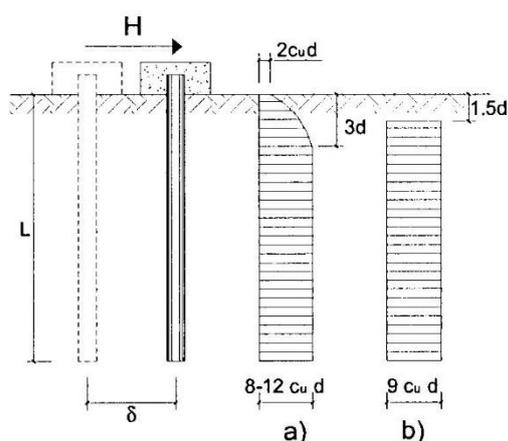


Figura 7. Distribuzione della resistenza offerta dal terreno a carichi orizzontali per pali impediti di ruotare alla testa (Broms, 1984)

I meccanismi di rottura del complesso palo-terreno sono condizionati dalla lunghezza del palo, dal momento di plasticizzazione della sezione e dalla resistenza esercitata dal terreno. I possibili meccanismi di rottura sono riportati nella figura seguente e sono solitamente indicati come "palo corto", "intermedio" e "lungo".

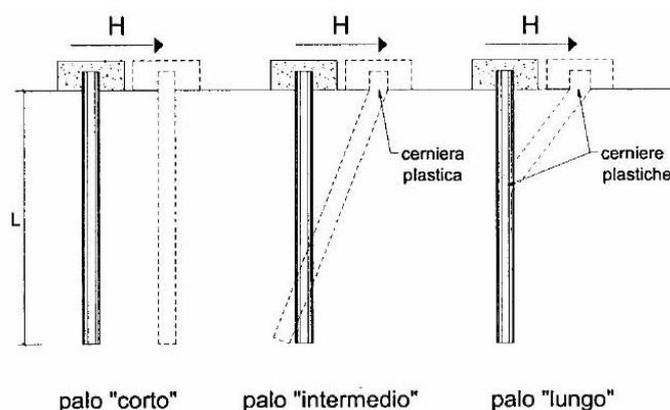


Figura 8 – Meccanismi di rottura del complesso palo-terreno per pali impediti di ruotare alla testa soggetti a carichi orizzontali (Broms, 1984)

Facendo ricorso a semplici equazioni di equilibrio ed imponendo la formazione di una cerniera plastica nelle sezioni che raggiungono un momento pari a M_y , è possibile calcolare il carico limite orizzontale corrispondente ai tre meccanismi di rottura:

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 32 DI 291
-----------------------------------	--	-------------------

$$H_{lim} = 9c_u D^2 \left(\frac{L}{D} - 1.5 \right) \quad \text{palo corto}$$

$$H_{lim} = -9c_u D^2 \left(\frac{L}{D} - 1.5 \right) + 9c_u D^2 \sqrt{2 \left(\frac{L}{D} \right)^2 + \frac{4}{9} \frac{My}{c_u D^3} + 4.5} \quad \text{palo intermedio}$$

$$H_{lim} = -13.5c_u D^2 + c_u D^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{My}{c_u D^3}} \quad \text{palo lungo}$$

Con riferimento al caso in oggetto, il meccanismo di rottura è sempre quello di palo lungo.

Nel caso di palo scalzato e per il caso di palo lungo, il valore di H_{lim} si ottiene risolvendo le seguenti equazioni:

$$H_{lim} = 9c_u D \times (f - 1.5D)$$

$$H_{lim} \times (d_s + f) - 4.5c_u D (f - 1.5D)^2 - 2M_y = 0$$

Essendo:

f la profondità della cerniera plastica dal piano di campagna;

d_s l'altezza della testa del palo rispetto al piano di campagna.

7.1.5.2 Unità a comportamento incoerente

Per un terreno incoerente si assume che la resistenza opposta dal terreno alla traslazione del palo vari linearmente con la profondità con legge:

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

essendo:

k_p il coefficiente di spinta passiva;

z la profondità da piano campagna;

γ il peso di volume del terreno, nel caso in cui il terreno sia sotto falda si assume γ' .

I valori del carico limite corrispondenti ai diversi meccanismi di rottura sono di seguito riportati:

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 33 DI 291
-----------------------------------	--	-------------------

$$H_{lim} = 1.5k_p \gamma D^3 \left(\frac{L}{D} \right)^2 \quad \text{palo corto}$$

$$H_{lim} = \frac{1}{2} k_p \gamma D^3 \left(\frac{L}{D} \right)^2 + \frac{M_y}{L} \quad \text{palo intermedio}$$

$$H_{lim} = k_p \gamma D^3 \sqrt[3]{\left(3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma D^4} \right)^2} \quad \text{palo lungo}$$

Con riferimento ai casi in oggetto, il meccanismo di rottura è sempre quello di palo lungo.

Nel caso di palo scalzato e per il caso di palo lungo, il valore di H_{lim} si ottiene risolvendo le seguenti equazioni:

$$H_{lim} = 1.5k_p \gamma D f^2$$

$$f^3 + 1.5Df^2 - \left(\frac{2M_y}{\gamma k_p D} \right) = 0$$

Essendo:

f la profondità della cerniera plastica dal piano di campagna;

d_s l'altezza della testa del palo rispetto al piano di campagna.

Il valore di progetto R_d della resistenza a carichi assiali dei singoli pali si ottiene a partire dal valore caratteristico R_k applicando il coefficiente parziale γ_R riportato nella tabella successiva:

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 caratteristica R_k del singolo palo è determinata mediante metodi di calcolo analitici, dove R_k è calcolata a partire da valori caratteristici dei parametri geotecnici e/o mediante l'impiego di relazioni empiriche che utilizzano direttamente i risultati di prove in situ. La normativa vigente definisce per tali procedure, il valore caratteristico della resistenza $R_{c,k}$ (o $R_{t,k}$) come il valore minore tra quelli ottenuti applicando alle resistenze calcolate $R_{c,calc}$ ($R_{t,calc}$) i fattori di correlazione ξ riportati nella tabella seguente, in funzione del numero n di verticali di indagini:

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

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

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 34 DI 291
-----------------------------------	--	-------------------

Tabella 8: Fattori di correlazione ξ

La campagna di indagine condotta in fase di progettazione definitiva permette di assumere in sede di calcolo un fattore di correlazione pari a $\xi_3 = \xi_4 = 1.70$.

7.1.6 Verifica a carico limite per fondazioni superficiali

Per i tratti di muro tipologico che presentano una fondazione diretta, riporta nel presente paragrafo una trattazione teorica della valutazione del carico limite delle fondazioni dirette secondo il criterio di Brinch-Hansen:

Dette:

- c Coesione
- V Azione tagliante
- φ Angolo d'attrito
- δ Angolo di attrito terreno fondazione
- γ Peso specifico del terreno
- B Larghezza della fondazione
- L Lunghezza della fondazione
- D Profondità del piano di posa della fondazione
- η inclinazione piano posa della fondazione
- P Pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione
- q_{ult} Carico ultimo della fondazione

Risulta:

Caso generale

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q + 0.5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma$$

Caso di terreno puramente coesivo $\varphi = 0$

$$q_{ult} = 5.14 \cdot c \cdot (1 + s_c + d_c - i_c - g_c - b_c) + q$$

in cui d_c , d_q e d_γ sono i fattori di profondità, s_c , s_q e s_γ sono i fattori di forma, i_c , i_q e i_γ sono i fattori di inclinazione del carico, bc , bq e b_γ sono i fattori di inclinazione del piano di posa e g_c , g_q e g_γ sono fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza.

I fattori N_c , N_q , N_γ sono espressi come:

$$N_q = Kp e^{\pi tg\phi}$$

$$N_c = (N_q - 1)ctg\phi$$

$$N_\gamma = 1.5(N_q - 1)tg\phi$$

Fattori di forma

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$s_c = 0.2 \frac{B}{L}$	$s_c = 1 + \frac{N_q B}{N_c L}$
	$s_q = 1 + \frac{B}{L} tg\phi$
	$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$

Fattori di profondità

$$k = \frac{D}{B} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B} \leq 1$$

$$k = \arctg \frac{D}{B} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B} > 1$$

Fattori inclinazione del carico

Indicando con V e H le componenti del carico rispettivamente perpendicolare e parallela alla base e con A_f l'area efficace della fondazione ottenuta come $A_f = B'xL'$ (B' e L' sono legate alle dimensioni effettive della fondazione B, L e all'eccentricità del carico e_B , e_L dalle relazioni $B' = B - 2e_B$ $L' = L - 2e_L$) con η l'angolo di inclinazione della fondazione espresso in gradi ($\eta=0$ per fondazione orizzontale).

I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$	
$i_c = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}} \right)$	$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$	
	$i_q = \left(1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \cot \phi} \right)^5$	
	Per $\eta = 0$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \cot \phi} \right)^5$
	Per $\eta > 0$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta^\circ / 450^\circ)H}{V + A_f c_a \cot \phi} \right)^5$

Fattori inclinazione del piano
di posa della fondazione

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$b_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$	$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$ $b_q = e^{-2.7m\phi}$ $b_\gamma = e^{-2.7m\phi}$

Fattori di inclinazione del terreno

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$g_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$	$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$ $g_q = g_\gamma = (1 - 0.5tg\beta)^\delta$

Si precisa infine che, in relazione alle specifiche di normativa, al valore di qult determinato con i criteri di cui sopra, va applicato un coefficiente parziale di sicurezza γ_R pari ad 1.4 per le verifiche in fase statica ovvero pari ad 1.2 per le verifiche in fase sismica, ovvero, equivalentemente, i coefficienti di sicurezza $qult/qd$, dovranno risultare non inferiori ai predetti valori nelle due fasi di verifica citate.

7.2 Verifiche Strutturali- SLU

Le verifiche strutturali allo SLU (Stato Limite Ultimo) sono quelle che riguardano l'attingimento della resistenza degli elementi strutturali. Esse sono:

- Verifica a pressoflessione
- Verifica a taglio

Come tutte le verifiche geotecniche (ad eccezione della verifica di stabilità globale), esse devono essere condotte secondo l'approccio 2 (A1+M1+R3).

7.2.1 Pressoflessione

La determinazione della capacità resistente a flessione/pressoflessione della generica sezione, viene effettuata con i criteri di cui al punto 4.1.2.1.2.4 delle NTC 2018, secondo quanto riportato schematicamente nelle figure seguito, tenendo conto dei valori delle resistenze e deformazioni di calcolo riportate al paragrafo dedicato alle caratteristiche dei materiali:

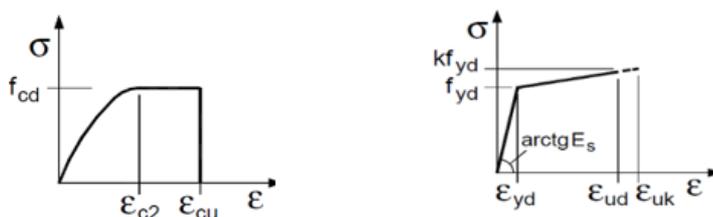


Figura 9: legami costitutivi calcestruzzo e acciaio

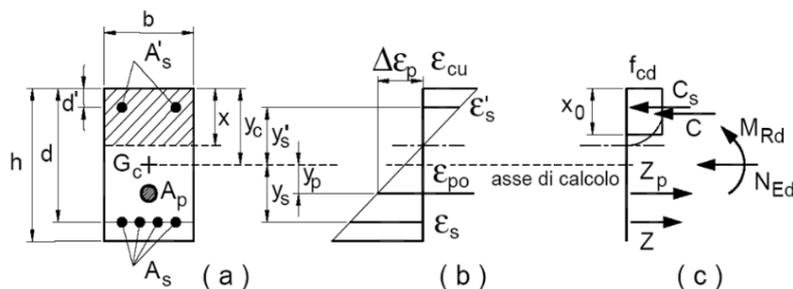


Figura 10: Schema di riferimento per la valutazione della capacità resistente a pressoflessione della generica sezione

La verifica consisterà nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

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

dove

M_{Rd} è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a N_{Ed} ;

N_{Ed} è il valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;

M_{Ed} è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

7.2.2 Taglio

La resistenza a taglio V_{Rd} della membratura priva di armatura specifica risulta pari a:

$$V_{Rd} = \left\{ 0.18 \cdot k \cdot \frac{(100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \cdot b_w d$$

dove:

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2};$$

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

$$\rho_1 = A_{sw} / (b_w d);$$

d = altezza utile per piedritti soletta superiore ed inferiore;

b_w = 1000 mm larghezza utile della sezione ai fini del taglio.

In presenza di armatura, invece, la resistenza a taglio V_{Rd} è il minimo tra la resistenza a taglio trazione V_{Rsd} e la resistenza a taglio compressione V_{Rcd} .

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin \alpha$$

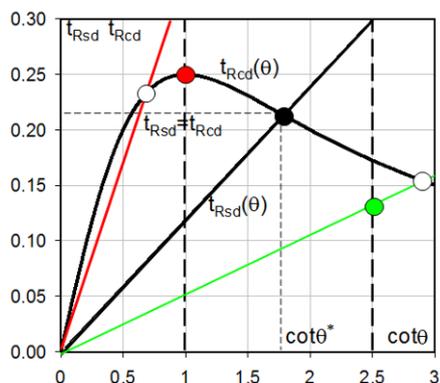
$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \frac{(\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta)}{(1 + \operatorname{ctg}^2 \theta)}$$

essendo:

$$1 \leq \operatorname{ctg} \theta \leq 2,5$$

Per quanto riguarda in particolare le verifiche a taglio per elementi armati a taglio, si è fatto riferimento al metodo del traliccio ad inclinazione variabile, in accordo a quanto prescritto al punto 4.1.2.1.3 delle NTC 2018, considerando ai fini delle verifiche, un angolo θ di inclinazione delle bielle compresse del traliccio resistente tale da rispettare la condizione.

$$1 \leq \operatorname{ctg} \theta \leq 2,5 \quad 45^\circ \geq \theta \geq 21.8^\circ$$



L'angolo effettivo di inclinazione delle bielle (θ) assunto nelle verifiche è stato in particolare valutato, nell'ambito di un problema di verifica, tenendo conto di quanto di seguito indicato:

$$\cot \theta^* = \sqrt{\frac{v \cdot \alpha_c}{\omega_{sw}} - 1}$$

(θ^* angolo di inclinazione delle bielle cui corrisponde la crisi contemporanea di bielle compresse ed armature)

dove:

$$v = f'_{cd} / f_{cd} = 0.5;$$

f'_{cd} = resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima;

f_{cd} = resistenza a compressione di calcolo del calcestruzzo d'anima;

$$\omega_{sw} = \text{percentuale meccanica di armatura trasversale} \quad \omega_{sw} = \frac{A_{sw} f_{yd}}{b s f_{cd}}$$

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 39 DI 291
-----------------------------------	--	-------------------

α_c	coefficiente maggiorativo pari a	1	per membrature non compresse
		$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$
		1,25	per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$
		$2,5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

- Se la $\cot\theta^*$ è compresa nell'intervallo (1,0-2,5) è possibile valutare il taglio resistente $V_{Rd}(=V_{Rcd}=V_{Rsd})$
- Se la $\cot\theta^*$ è maggiore di 2.5 la crisi è da attribuirsi all'armatura trasversale e il taglio resistente $V_{Rd}(=V_{Rsd})$ coincide con il massimo taglio sopportato dalle armature trasversali valutabile per una $\cot\theta = 2,5$.
- Se la $\cot\theta^*$ è minore di 1.0 la crisi è da attribuirsi alle bielle compresse e il taglio resistente $V_{Rd}(=V_{Rcd})$ coincide con il massimo taglio sopportato dalle bielle di calcestruzzo valutabile per una $\cot\theta = 1,0$.

7.3 Verifiche strutturali- SLE

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio, consiste nel controllare, con riferimento alle sollecitazioni di calcolo corrispondenti alle Combinazioni di Esercizio il tasso di Lavoro nei Materiali e l'ampiezza delle fessure attesa, secondo quanto di seguito specificato.

7.3.1 Stato limite di limitazione delle tensioni

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente"; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo "non reagente a trazione" adottando come limiti di riferimento quelli di seguito indicati, in accordo alle prescrizioni della normativa vigente:

riferimento,

Per il caso in esame risulta in particolare:

CALCESTRUZZO ELEVAZIONE/FONDAZIONE C32/40

$\sigma_{c,max,Q.P.} = 0,45 f_{ck}$	14.4	MPa	(combinazione di carico Quasi Permanente)
$\sigma_{c,max,R.} = 0,60 f_{ck}$	19.2	MPa	(combinazione di carico Rara)

Tabella 9: limiti tensione calcestruzzo

ACCIAIO

$\sigma_{f,max} = 0,80 f_{yk}$	360	MPa	(combinazione di carico Rara)
--------------------------------	-----	-----	-------------------------------

Tabella 10:limiti tensione acciaio

7.3.2 Stato limite di fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico "Frequente" e combinazione "Quasi Permanente".

Essendo la struttura a contatto col terreno si considerano condizioni ambientali aggressive di tipo XC4-XF1; le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC – Tabella 4.1.IV].

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportato nel prospetto seguente.

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	wd	Stato limite	wd
a	Ordinarie	Frequente	ap. fessure	≤w2	ap. fessure	≤w3
		Quasi Permanente	ap. fessure	≤w1	ap. fessure	≤w2
b	Aggressive	Frequente	ap. fessure	≤w1	ap. fessure	≤w2
		Quasi Permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤w1
c	Molto Aggressive	Frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	≤w1

		Quasi Permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
--	--	------------------	----------------	---	----------------	------------

Tabella 11: Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e condizioni ambientali

Risultando:

$w_1 = 0.2 \text{ mm}$;

$w_2 = 0.3 \text{ mm}$;

$w_3 = 0.4 \text{ mm}$.

Pertanto dovrà risultare:

Combinazione Quasi permanente : $w \leq 0.2 \text{ mm}$

Combinazione Frequente : $w \leq 0.3 \text{ mm}$

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura riportata al C4.1.2.2.4.5 della Circolare n. 7/2019.

8 ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI

Nel presente paragrafo si descrivono i criteri di valutazione delle azioni sollecitanti le opere di sostegno e relative combinazioni di calcolo adottate, in ossequio alle prescrizioni normative.

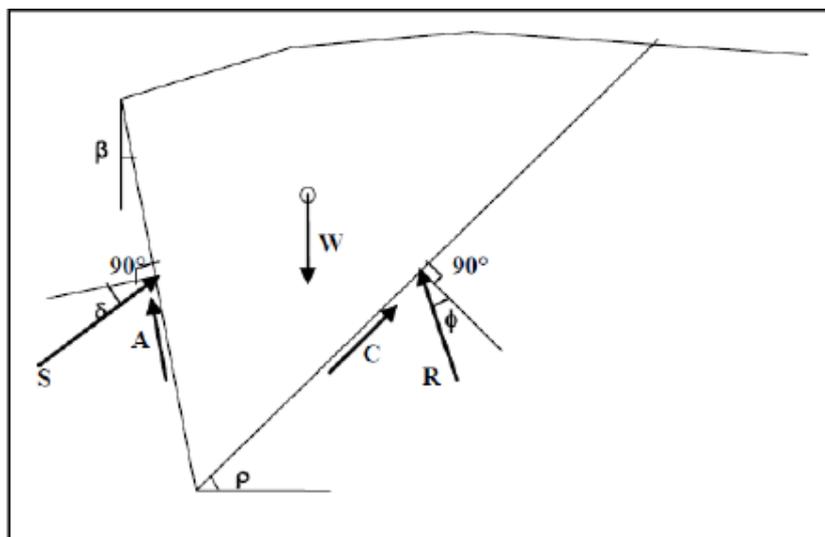
8.1 Peso proprio elementi strutturali

I pesi degli elementi strutturali sono dedotti utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a 25 kN/m³.

8.2 Spinte in fase statica

Le spinte esercitate dal terrapieno e dagli eventuali carichi presenti su di esso sono state valutate con il metodo di Culmann.

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente.



Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea. I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio del terreno tenendo conto anche dell'eventuale presenza della falda (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima. La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno. Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Il metodo, per come è stato descritto, non permette di ricavare il diagramma delle pressioni agente sulla parete (e quindi le sollecitazioni lungo la parete) e inoltre risulta di difficile determinazione il punto di applicazione della spinta.

Nell'ambito dello specifico Software utilizzato, di cui al § 0 sono riportati gli estremi, il procedimento è stato implementato suddividendo l'altezza della parete in tanti tratti di ampiezza dz , al fine di ricavare l'andamento delle pressioni lungo l'altezza del muro; in corrispondenza di ogni ordinata z_i si trova il cuneo di rottura e la spinta S_i ottenendo la distribuzione della spinta $S(z)$ lungo l'altezza della parete.

Nota la distribuzione delle spinte lungo l'altezza della parete, la pressione ad una generica profondità z , rispetto alla sommità della parete, è espressa da:

$$\sigma(z) = \frac{dS}{dz}$$

Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta. Inoltre dal diagramma delle pressioni è facile ricavare l'andamento delle sollecitazioni lungo la parete, con gli usuali metodi della scienza delle costruzioni.

Per l'attrito paramento – terreno si utilizza il valore $\delta = 0.6 \varphi'$ mentre per quanto riguarda l'attrito fondazione muro – terreno, in funzione dell'angolo d'attrito del terreno, si sono assunti i seguenti valori:

per $\varphi < 30^\circ$ $\delta = \text{tg } \varphi'$;

per $\varphi > 35^\circ$ $\delta = 0.85 \text{ tg } \varphi'$;

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 44 DI 291
-----------------------------------	--	-------------------

per $30^\circ \leq \varphi \leq 35^\circ$ δ si ricava per interpolazione lineare

8.3 Coefficienti sismici

Il § 7.11.6.2.1 del DM 17.01.18, precisa che l'analisi della sicurezza dei muri di sostegno in condizioni sismiche, può essere eseguita mediante i metodi pseudo-statici o i metodi degli spostamenti. Nell'analisi pseudo-statica, l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico. Nelle verifiche, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

con:

g : è l'accelerazione di gravità;

$a_{max} = S_s S_T a_g$ è l'accelerazione massima attesa sul suolo di riferimento, mentre a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido. S_s e S_T coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica, come già definiti nell'ambito del precedente paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

β_m = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito. Allo SLV $\beta_m = 0.38$.

Nelle analisi eseguite con il metodo pseudostatico, i valori dei coefficienti sismici orizzontali e verticali, nelle verifiche allo stato limite ultimo, potranno essere assunti come definito al paragrafo 7.11.6.2.1 delle NTC 2018 anche per i muri su pali, con l'avvertenza di sostituire le relazioni 7.11.6 e 7.11.7 delle stesse norme tecniche con le espressioni di seguito riportate (par. 7.11.6.2.1 RFI DTC SI CS MA IFS 001 C):

$$k_h = 2 \cdot \beta_m \cdot S_T \cdot S_s \cdot \frac{a_g}{g} \quad k_v = \frac{1}{2} \cdot k_h$$

8.4 Spinte del terreno in Fase sismica

In condizioni sismiche si adotta la formulazione di Culmann come già illustrata al precedente paragrafo, forza di inerzia del cuneo di spinta.

8.5 Carichi Variabili da traffico

Le opere di sostegno oggetto di dimensionamento sono soggette alle azioni accidentali da traffico stradale. I carichi variabili associati al passaggio dei veicoli sono schematizzati, ai fini del calcolo, con dei carichi uniformi, su una larghezza complessiva pari alla dimensione della pavimentazione stradale e valore pari a 20 kN/m.

8.6 Azione eccezionale dovuta all'urto dell'autoveicolo in fase di svio

Al fine di quantificare il valore del momento flettente e del carico orizzontale equivalente da applicare alla sommità dell'opera d'arte per tener conto dell'eventuale collisione accidentale di veicoli in svio sulle barriere collegate al muro di sostegno si possono seguire 2 differenti approcci:

Attraverso una forza orizzontale equivalente di collisione pari a **100 kN**. Essa rappresenta l'effetto dell'impatto da trasmettere ai vincoli e deve essere considerata agente trasversalmente ed orizzontalmente **100 mm** sotto la sommità della barriera o **1,0 m** sopra il livello del piano di marcia, a seconda di quale valore sia più piccolo (§3.6.3.3.2, NTC2018).

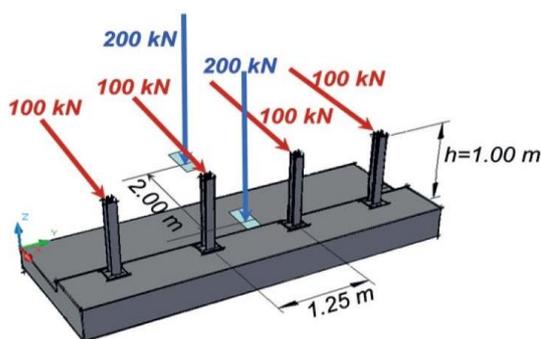


Figura 11:schema di carico azione d'urto

Considerando il momento plastico che il montante della barriera metallica di sicurezza utilizzata può fornire. Tale approccio ottempera quanto previsto dal § 4.7.3.3 della UNI EN 1991.2 così come emendato dall'appendice nazionale (G.U. 27 Marzo 2013, DM 31/07/2012).

Il primo approccio è da utilizzare in assenza di specifiche prescrizioni, ovvero quando non si conoscono in fase di progetto del muro di sostegno le caratteristiche geometriche della barriera che dovrà essere installata ovvero in caso di condizioni di progettazione "non ordinarie". In alternativa, a discrezione del progettista è possibile utilizzare come azione di progetto il momento di plasticizzazione del montante (cfr UNI EN 1991.2). È tuttavia necessario sottolineare che tale metodologia è applicabile quando in fase di progetto si conosce già il dispositivo di ritenuta da installare e le sue caratteristiche geometriche e meccaniche.

Planimetricamente, si considera una redistribuzione delle azioni sollecitanti secondo un angolo di diffusione pari a 45°.

Nel caso in esame, è stato applicato il secondo approccio, più idoneo e realistico, in quanto, pur non conoscendo ancora il tipo di barriera da installare e tutte le caratteristiche geometriche e statiche utili (comprensivi del sistema di fissaggio sul supporto in calcestruzzo, in conformità a quanto adottato in sede di prova di crash), cautelativamente è stata scelta nella gamma delle barriere indicate nelle linee guida Anas quella che consente lo sviluppo dei calcoli e delle verifiche con maggiore cautela, in quanto caratterizzata da momento plastico più alto e, quindi, trasmettente maggiori sollecitazioni sul muro di sostegno.

In particolare, si è fatto riferimento a barriere H4-bordo ponte con montanti costituiti da paletti verticali con sezione a C in acciaio S275 R, posti ad un interasse di $i = 1,25$ m e ancorati al cordolo mediante piastra saldata e tirafondi. Si riportano le caratteristiche geometriche e meccaniche di tale barriera.

BARRIERA H4- BORDO PONTE- SEZIONE A C

B	H	C	S	$W_{plastico}$	$M_{plastico}$	M_{ampl}
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[cm ³]	[KNm]	[KNm]
160	120	40	5.5	154,22	42,41	63,62

Tabella 12: valori geometrici e meccanici barriera H4-bordo ponte

L'azione derivante dal momento plastico della barriera può essere determinata considerando che la massima sollecitazione che tale sezione può trasmettere al muro di sostegno è quella che determina la formazione della prima cerniera plastica. Essa si forma con sufficiente approssimazione in corrispondenza dell'irrigidimento della barriera ipotizzato ad un'altezza di 20cm dalla base del palletto. Pertanto, considerando che la forza d'urto è applicata ad una quota $d = 1,00$ m dal piano viabile, la distanza b_f tra la cerniera plastica e il punto di applicazione della forza è pari a 0.8m.

La forza d'urto associata alla formazione della prima cerniera plastica è quindi pari a:

$$H_{urto} = \frac{M_{ampl}}{b_f} = \frac{63.62}{0.8} = 79.53 \text{ KN}$$

Dove M_{ampl} è il momento plastico amplificato per un coefficiente di sicurezza pari a 1.5

In accordo con gli schemi statici forniti dalle NTC2018, si considera che tale azione d'urto sia esercitata singolarmente su 4 paletti consecutivi posti ad un interasse di 1.25m, pertanto lo sviluppo lineare di barriera coinvolta dall'azione d'urto è pari a 3.75m.

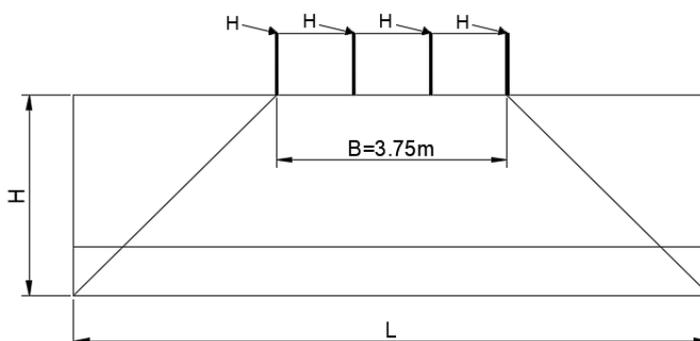


Figura 12:schema di redistribuzione del carico d'urto

Per tener conto della redistribuzione dell'azione d'urto lungo l'altezza del muro di sostegno, essa è schematizzata come un carico distribuito ottenuto dividendo la forza d'urto totale agente sui 4 paletti per la lunghezza d'azione del concio di muro L secondo la seguente espressione:

$$H_{urto,distr} = \frac{4 \cdot H_{urto}}{L}$$

A tale carico orizzontale occorre aggiungere il momento flettente distribuito generato dal trasporto dell'azione d'urto orizzontale dalla sommità della barriera alla sommità del muro di sostegno, pari a:

$$M_{urto} = H_{urto,distr} \cdot d$$

Per la valutazione dell'azione d'urto si è fatto riferimento alla condizione più gravosa. Pertanto, qualora l'altezza del muro è tale da determinare una lunghezza di diffusione maggiore della lunghezza del concio di muro, verrà utilizzata quest'ultima per la determinazione dell'azione sollecitante d'urto. Si riporta in seguito una tabella contenente le sollecitazioni dovute all'urto per i diversi muri tipologici:

	Altezza muro	$H_{urto,distr}$	$M_{urto,distr}$
	[m]	[KN/m]	[KNm/m]
TIP. 1A	7	18.00	18.00
TIP. 1B	6	21.00	21.00
TIP. 1C	4.50	25.00	25.00
TIP. 2	3.2	27.00	27.00
TIP. 3	1.7	36.00	36.00

Tabella 13:valori del carico distribuito e del momento dovuti all'urto in testa al muro

In particolare , nel caso in esame la lunghezza dei conci risulta essere inferiore alla lunghezza di diffusione dell'azione d'urto a 45°. Pertanto, l'azione eccezionale d'urto verrà diffusa lungo l'intera lunghezza del concio murario.

Per le verifiche strutturali e geotecniche, i coefficienti di amplificazione dei carichi(γ_A) e i coefficienti riduttivi (γ_M) sono tutti unitari mentre i coefficienti riduttivi sulle resistenze sono quelli previsti dalle verifiche strutturali e geotecniche in funzione dello stato limite considerato.

9 ANALISI E VERIFICHE MURO TIPO 1

Il muro tipologico 1 è costituito da tratti di muro aventi un'altezza variabile tra 4.50 m e 7.00m e pertanto riconducibili ai muri tipologici 1A-1B-1C.

Nel seguito si riportano le principali caratteristiche geometriche dei muri tipologici in esame.

	Paramento	Fondazione				Pali				
TIPO	H [m]	L [m]	Spessore [m]	Mensola monte [m]	Mensola Valle [m]	N° [-]	D [mm]	L [m]	I long. [m]	I trasv. [m]
1C	4.50	3.95	1.00	1.95	1.05	2	800	16	2.4	2.4
1B	6.00	6.60	1.00	4.00	1.50	3	800	16	2.4	2.4
1A	7.00	6.60	1.00	3.90	1.50	3	800	16	2.4	2.4

Tabella 14: caratteristiche geometriche muro di sostegno

9.1

9.2 Muro tipologico 1C_Hparamento=4.5m

Di seguito si riportano i risultati delle analisi del muro tipologico 1C le cui caratteristiche geometriche sono indicate nella seguente tabella.

Tipologico	fondazione	H _{paramento} [m]	H _{fondazione} [m]	N° pali	L pali [m]	D pali [m]
TIPO 1C	Su pali	4.50	1.00	2	16	0.8

9.2.1 Modello di calcolo e geometria muro

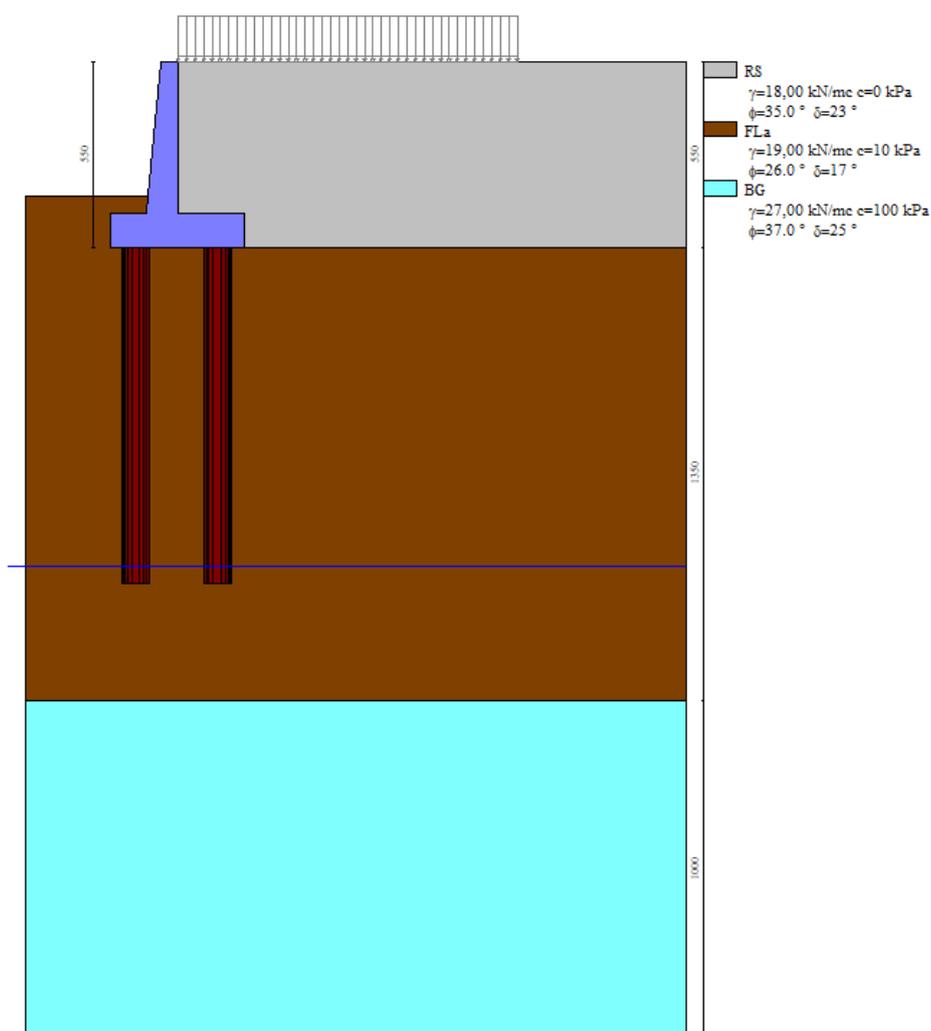


Figura 13-Modello di calcolo muro 1C

Si fa notare che, come specificato al paragrafo seguente, le sollecitazioni a testa palo non dipendono dalla lunghezza dei pali o dal terreno di fondazione. Pertanto, le caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione usate nel modello non sono rilevanti ai fini della determinazione delle sollecitazioni in testa ai pali. Il dimensionamento dei pali di fondazione viene eseguito infatti sulla

base degli scarichi da questo ottenuti e di un confronto degli stessi con la curva di portanza, costruita tenendo conto dell'effettiva stratigrafia del terreno di fondazione.

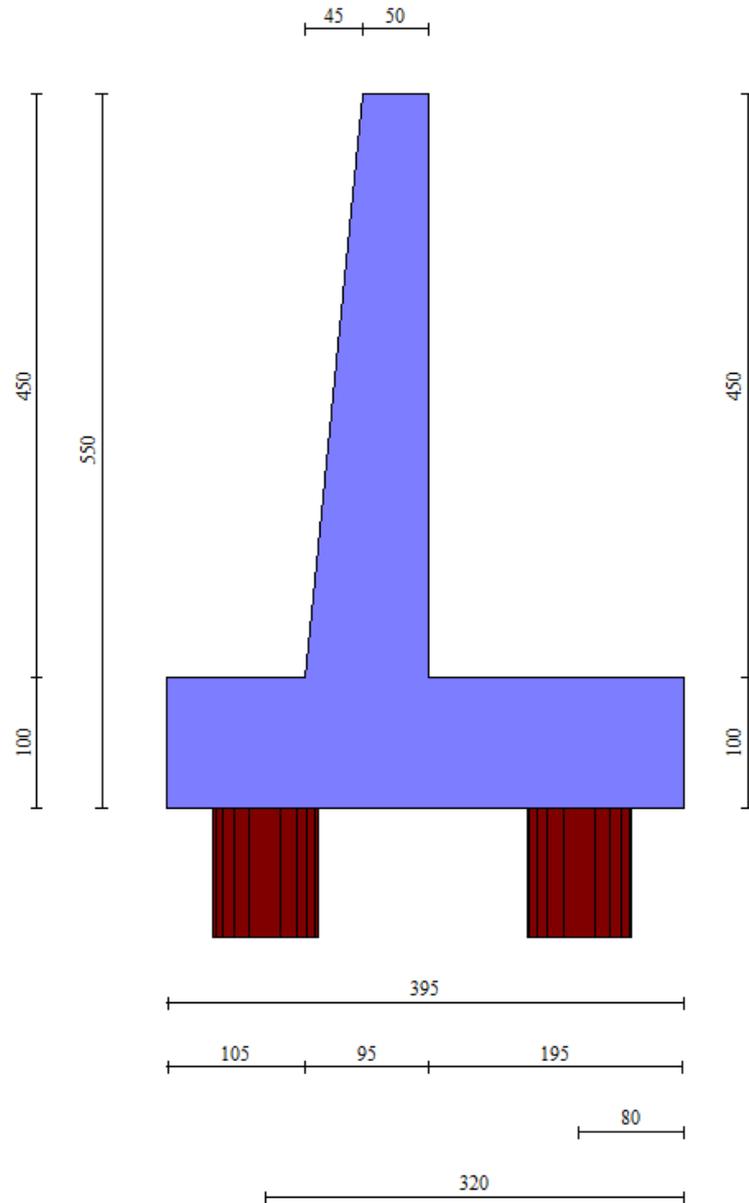


Figura 14: modello geometrico muro tipologico 1C

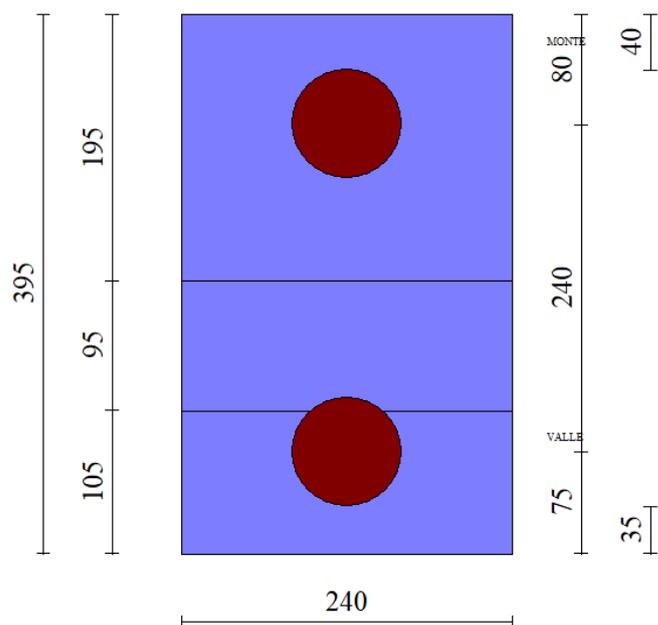


Figura 15: pianta fondazione

9.2.2 Sollecitazioni Paramento

Si riportano le sollecitazioni sul paramento che non sono influenzate dalla lunghezza dei pali o dalla tipologia di terreno di fondazione ma esclusivamente dal terreno spingente a tergo:

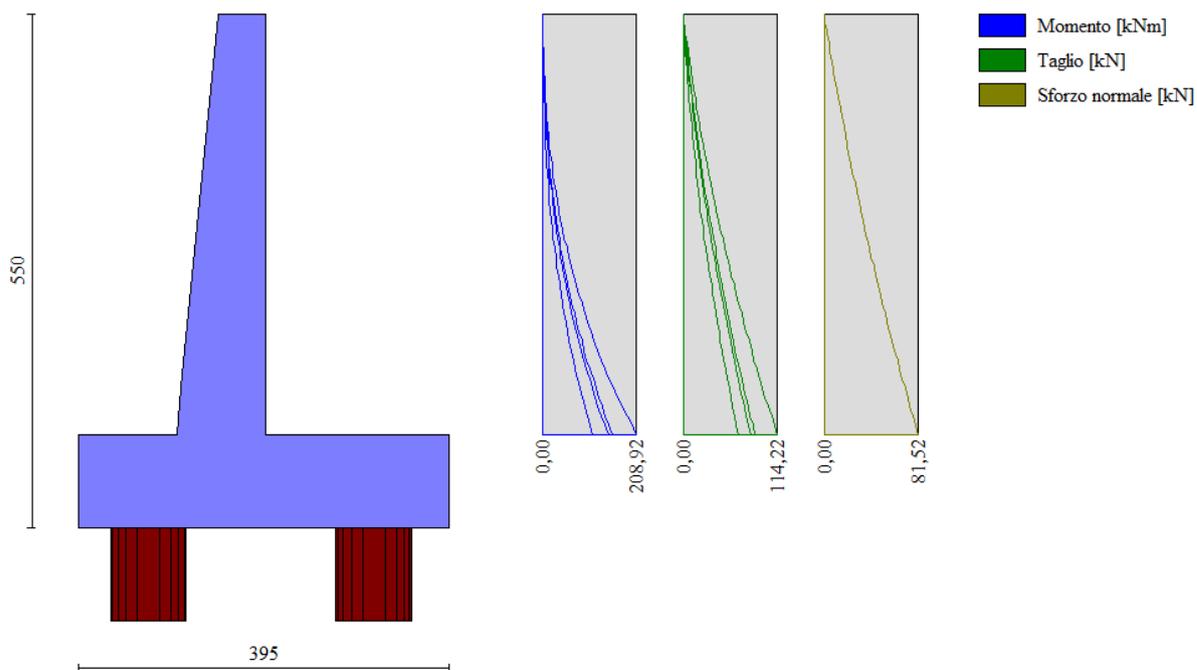


Figura 16 – Involuppo delle sollecitazioni sul paramento del muro di sostegno in condizioni statiche

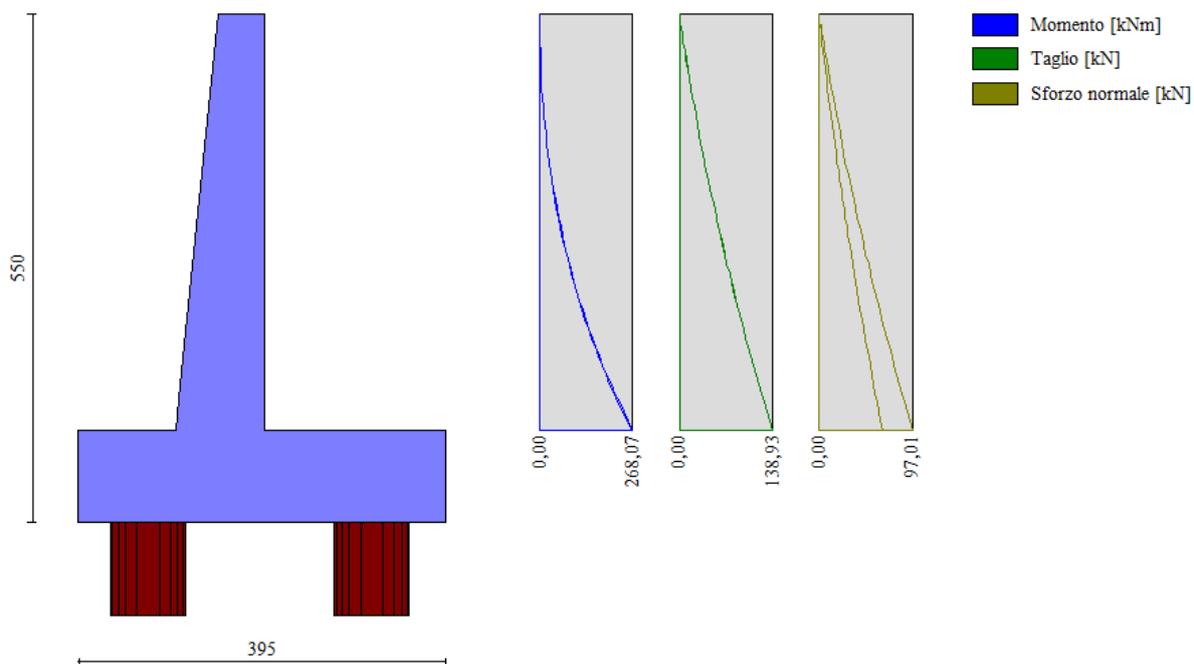


Figura 17- Involuppo delle sollecitazioni sul paramento del muro di sostegno in condizioni sismiche

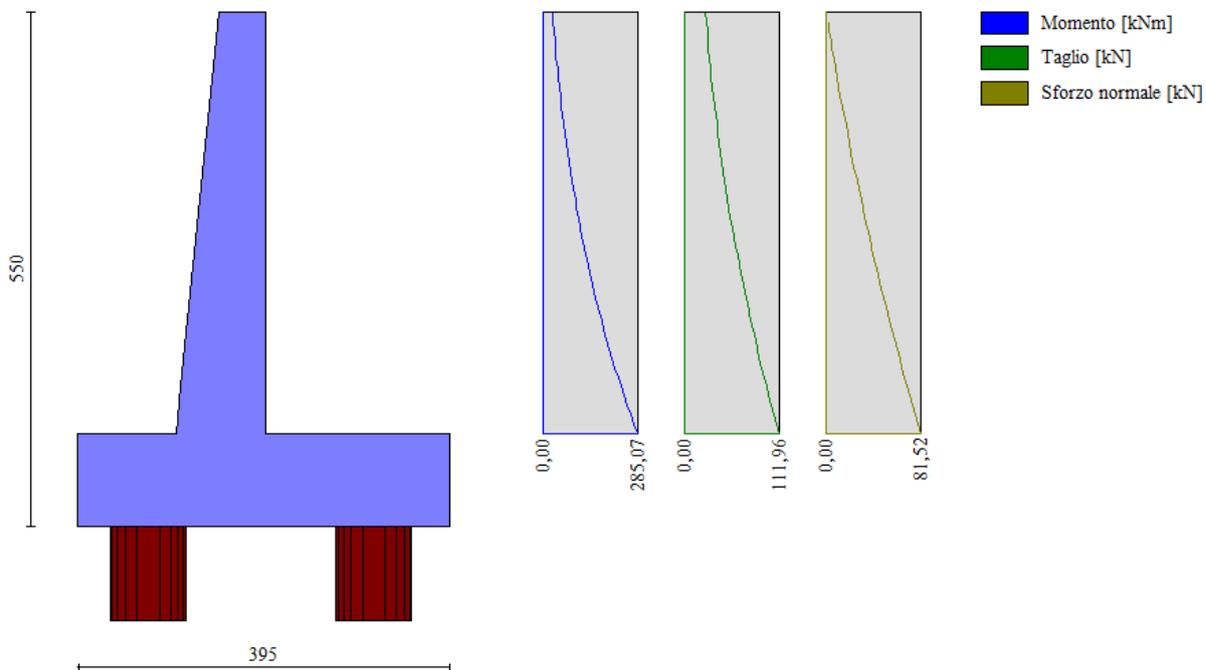


Figura 18: sollecitazioni sul paramento del muro_combinazione eccezionale d'urto

9.2.3 Verifiche strutturali paramento e piastra fondazione

Sia le verifiche a pressoflessione che a taglio sono state eseguite manualmente attraverso l'ausilio di fogli di calcolo strutturati sulla base delle NTC2018 e mediante software di calcolo PressFle sulla base dell'involuppo dei diagrammi delle sollecitazioni. Nelle verifiche è stato considerato un copriferro netto pari a 50mm.

Elemento	STATICA				SISMICA				urto				Max			
	MY, Ed	MX, Ed	Ned	Ted	MY, Ed	MX, Ed	Ned	Ted	MY, Ed	MX, Ed	Ned	Ted	MY, Ed	MX, Ed	NEd,min	TEd,min
	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
Paramento	208,92	-	0	114,22	268,07	-	0,00	138,93	285,07	-	0,00	111,96	285,07	-	0,00	138,93
Fondazione	177,28	198,41	-	925,94	0,66	9,74	-	19,20	0,75	17,54	-	37,36	177,28	198,41	-	925,94

Di seguito si riportano le armature di progetto previste per le sezioni di calcolo del paramento e della piastra di fondazione.

Tabella 15: Armature di progetto paramento e piastra fondazione

Elemento	Armatura a flessione	
	Lato monte	Lato valle
Paramento	Φ16/20	Φ12/20

Elemento	Armatura a flessione	
	Lato inferiore	Lato superiore
Piastra fondazione	Φ20/20	Φ20/20

Si dispongono ripartitori in fondazione **Φ20/20** e nel paramento **Φ12/20**.

GEOMETRIA				VERIFICA A PRESSOFLESSIONE							
Elemento		b	h	M _{ed,y}	M _{ed,x}	N _{ed,min}	Armature	c	d	M _{Rd}	FS
		[mm]	[mm]	[kNm]	[kNm]	[kN]		[mm]	[mm]	[kNm]	[-]
Paramento	monte	1000	900	285,1	-	0,0	φ16/20	50	850	320,0	1,12
	valle						φ12/20	50			
Fondazione	Superiore	1000	1000	177,3	-		φ20/20	50	950	561,5	3,17
	Inferiore						φ20/20	50			
Fondazione (ripartitori)	Superiore	1000	1000		198,4		φ20/20	50	950	557,8	2,81
	Inferiore						φ20/20	50			

Tabella 16: verifica a pressoflessione

Per il paramento e la fondazione le verifiche a taglio sono condotte con riferimento ad elementi in c.a. non armati a taglio.

Elemento	Geometrie				Armatura long. tesa			Sollecitazioni di Calcolo		TAGLIO RESISTENTE ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO							
	b _w (mm)	H (mm)	c (mm)	d (mm)	n	Ø	A _s (mm ²)	N _{sd} (KN)	V _{sd} (KN)	σ _{cp} (Mpa)	ρ _l	k	f _{ck} (Mpa)	v _{min}	V _{Rdmin} (KN)	V _{Ret} (KN)	F.S.
Paramento	1000	900	50	850	5	16	1004,8	0	138,93	0	0,001	1,49	33,2	0,36	310,23	238,94	1,72
Fondazione	1000	1000	50	950	5	20	1570	0	925,94	0	0,002	1,46	33,2	0,36	337,57	293,32	0,32

Tabella 17: verifica elementi non armati a taglio

La verifica risulta essere non soddisfatta per la fondazione. Si prevedono nel paramento **ganci Φ12/40x40** mentre per la fondazione viene condotta la verifica per elementi armati a taglio, disponendo **ganci Φ14/40x20**. Si riporta la verifica a taglio per la fondazione:

Elemento	Armature trasversali					Inclinazione Bielle Compresse				Taglio Compressione		Taglio Trazione		risultati
	n _b	Ø	p (mm)	A _{sw} (mm ²)	α°	θ°	ctg θ	σ _{cp} (Mpa)	α _c	f' _{cd} (Mpa)	V _{Rcd} (KN)	V _{Rsd} (KN)	V _{rd}	F.S.
Fondazione	2,5	14	200	384,65	90	27	2	0	1	18,81	3217,08	1286,89	1286,89	1,39

Tabella 18: verifica per elementi armati a taglio

Si riportano infine le verifiche tensionali e a fessurazione:

Verifica delle tensioni	I _p	N _{Ed}	CLS 32/40							ACCIAIO B450C				
			M _{ed,y}	M _{ed,x}	σ _{c,y}	σ _{c,x}	σ _{c,max} = 0,6 f _{ck}	FS _y	FS _x	σ _{f,y}	σ _{f,x}	σ _{t,max} = 0,8 f _{yk}	FS _y	FS _x
			[kNm]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[-]	[-]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[-]	[-]
combinazione rara	Param.	-	157,1	-	4,0	-	19,2	4,80	-	197,0	-	360,0	1,83	-
	Fond.	-	172,3	197,7	2,0	3,3	19,2	9,60	5,82	60,9	140,4	360,0	5,91	2,56

Tabella 19: verifica tensionale combinazione rara

Verifica delle tensioni	I _p	N _{Ed}	CLS 32/40						
			M _{ed,y}	M _{ed,x}	σ _{c,y}	σ _{c,x}	σ _{c,max} = 0,45 f _{ck}	FS _y	FS _x
			[kNm]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[-]	[-]
Combinazione quasi permanente	paramento	0,0	111,6	-	2,9	-	14,4	4,97	-
	fondazione	0,0	2,0	34,3	2,3	0,6	14,4	6,26	24,00

Tabella 20: verifica tensionale combinazione quasi permanente

Dalla verifica a fessurazione emerge che il muro di sostegno non è fessurato.

9.2.4 Sollecitazioni in testa ai pali

Le sollecitazioni provenienti dal muro vengono ripartite sui pali restituendo le sollecitazioni nei pali in termini di taglio, momento e sforzo normale. Si fa notare che nel software di calcolo, i pali sono stati considerati incernierati in testa ottenendo le sollecitazioni in termini di sforzo normale e taglio.

Nella realtà i pali risultano essere incastrati nel plinto di fondazione, pertanto il valore del momento flettente verrà determinato sulla base della teoria di Matlock e Reese di seguito descritta.

Gli scarichi sui pali vengono determinati mediante il metodo delle rigidzze.

La piastra di fondazione viene considerata infinitamente rigida (3 gradi di libertà) ed i pali vengono considerati incernierati a tale piastra.

Lo sforzo normale nei pali è quindi calcolato come segue:

$$N_i = \frac{N_{Ed}}{n} \pm \frac{(M_{Ed})d_i}{\sum_i d_i^2}$$

Mentre le azioni di taglio sono suddivise equamente tra i pali come di seguito riportato:

$$V_i = \frac{V_{Ed}}{n}$$

Si fa notare, quindi, che le sollecitazioni a testa palo non dipendono dalla lunghezza dei pali o dal terreno di fondazione.

Le azioni derivanti da questo modello vengono confrontate con le curve di capacità portante dei pali di fondazione.

In definitiva, gli scarichi a testa palo sono pari a quanto di seguito riportato.

Simbologia adottata

Cmb Indice/Tipo combinazione

Ip Indice palo

N Sforzo normale, espresso in [kN]

M Momento, espresso in [kNm]

T Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N	M	T
		[kN]	[kNm]	[kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	528,71	0	-194,79
	2	594,84	0	-194,79
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	186,38	0	-347,89
	2	957,64	0	-347,89
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	-24,65	0	-346,68

	2	860,26	0	-346,68
ECC(URTO)	1	294,71	0	-184,8
	2	667,97	0	-184,8
7 - SLER	1	530,9	0	-148,7
	2	516,62	0	-148,7
8 - SLEF	1	517,66	0	-141,29
	2	500,07	0	-141,29
9 - SLEQ	1	477,94	0	-119,08
	2	450,42	0	-119,08

Tabella 21: Scarichi in testa ai pali

Per la valutazione del momento flettente a testa palo si è utilizzata la teoria di Matlock e Reese per la quale il momento agente a quota testa pali è direttamente proporzionale al taglio mediante un coefficiente α (espresso in metri) "coefficiente di Matlock e Reese":

$$M_i(V_{Ed}) = \alpha \frac{V_{Ed}}{n}$$

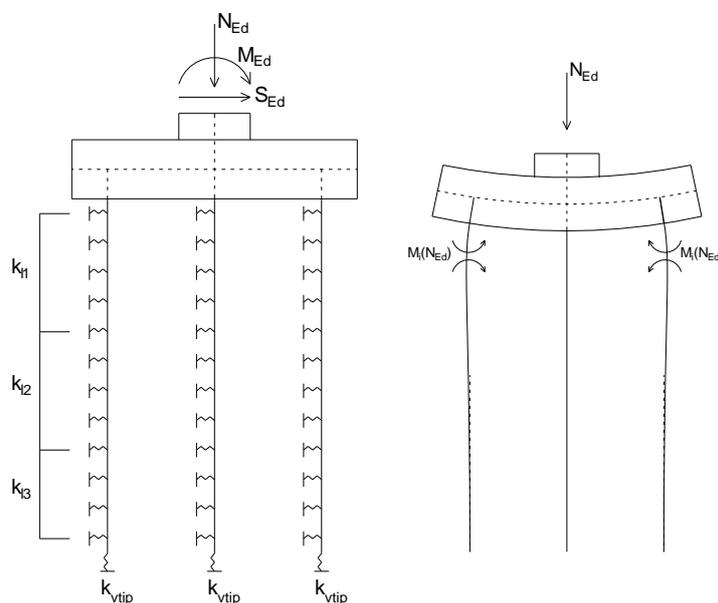


Figura 19 – Modello del plinto su pali ed effetto flessionale su pali dovuto al carico assiale agente sul plinto (a destra)

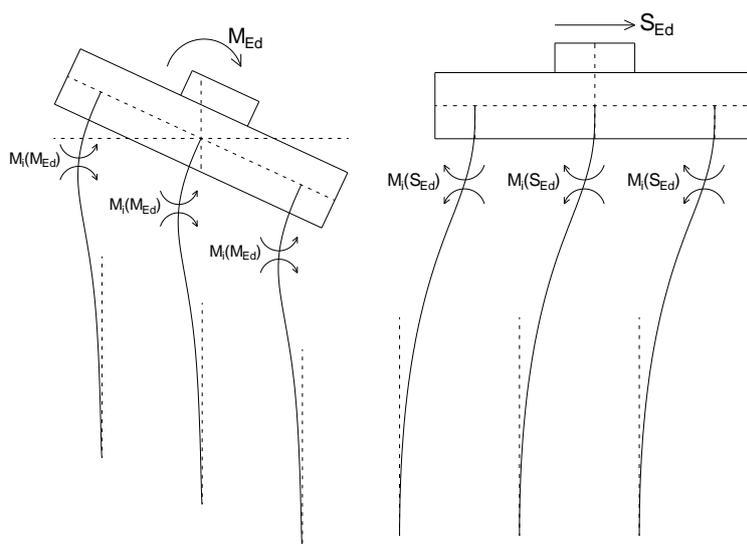
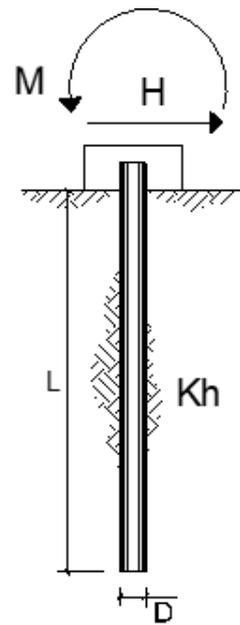


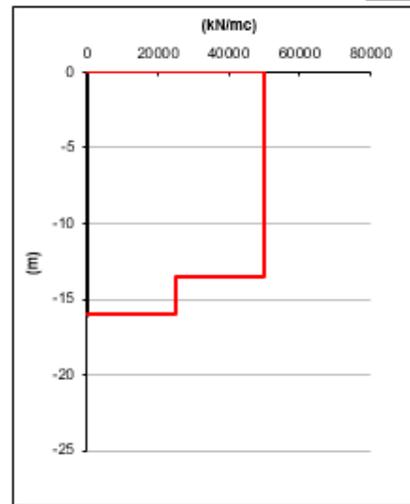
Figura 20 – Effetto flessionale sui pali dovuti al momento flettente (a sinistra) e al taglio (a destra) agenti sul plinto

Il coefficiente α dipende principalmente dalle caratteristiche di rigidità relative palo-terreno e, generalmente, fornisce un valore del momento sollecitante conservativo. Fissato il diametro del palo, D , α dipende quindi dalla rigidità del terreno.

Nel caso in esame:

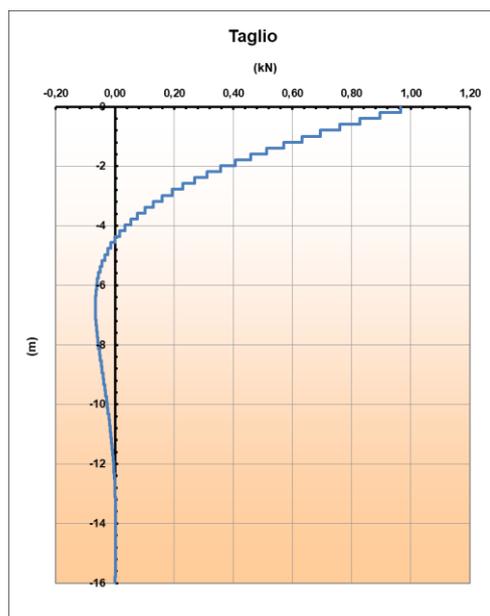
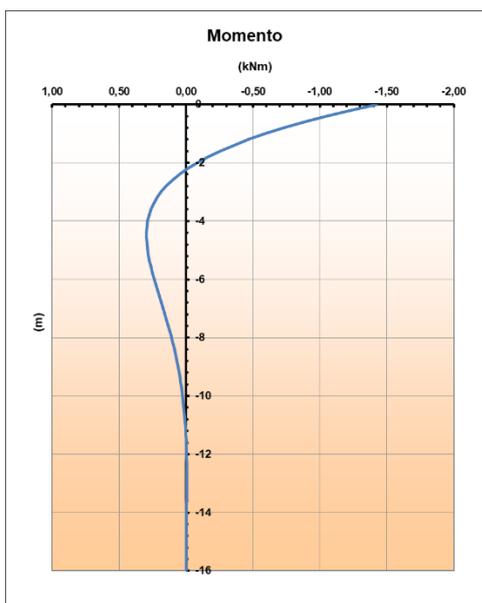


scala grafico



strati terreno	descrizione	quote (m)	k_n (kN/m^3)	n_n (kN/m^3)
p.c.=strato 1	FLa	0,00	50000	0
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	BG	-13,50	25000	0
<input type="checkbox"/> strato 3				
<input type="checkbox"/> strato 4				
<input type="checkbox"/> strato 5				
<input type="checkbox"/> strato 6				

Diametro del palo	0,8	(m)
J palo	0,02011	(m^4)
Lunghezza del palo	16	(m)
Forza orizzontale in testa	1	(kN)
Momento in testa	0	(kNm)
E cls	32600	(Mpa)
dimensione elementi	0,2	(m)



Pertanto, il valore del coefficiente α è pari a:

$$\alpha = M(z=0)/V(z=0)$$

PALI D800

$$\alpha = 1.47 \text{ m}$$

Tabella 22: parametro α

Vengono riportate nella tabella che segue le sollecitazioni in testa ai pali.

Combinazione	Ip	V	α	M	N
	[-]	[kN]	[m]	[kNm]	[kN]
SLU - STR (A1-M1-R3)	1	194,8	1,470	286,3	528,7
	2	194,8	1,470	286,3	594,8
SLU - STR (A1-M1-R3) H + V	1	347,9	1,470	511,4	186,4
	2	347,9	1,470	511,4	957,6
SLU - STR (A1-M1-R3) H - V	1	346,7	1,470	509,6	-24,7
	2	346,7	1,470	509,6	860,3
ECC(URTO)	1	184,8	1,470	271,7	294,7
	2	184,8	1,470	271,7	668,0
SLE - Rara	1	148,7	1,470	218,6	530,9
	2	148,7	1,470	218,6	516,6
SLE - Frequente	1	141,3	1,470	207,7	517,7
	2	141,3	1,470	207,7	500,1
SLE - Quasi Permanente	1	119,1	1,470	175,0	477,9
	2	119,1	1,470	175,0	450,4

Tabella 23: sollecitazioni in testa ai pali

9.2.5 Verifiche strutturali pali

Per i pali di fondazione di diametro $D=800\text{mm}$ si prevedono le seguenti armature:

gabbia $20\phi 24$ e staffa a spirale $\phi 12/20$;

Ai fini delle verifiche si è fatto riferimento per i pali ad un copriferro di calcolo (asse armature) pari a 8cm

9.2.5.1 Verifiche SLU-Pressoflessione

Occorre osservare che la determinazione dell'armatura nei pali di fondazione dipende anche dal soddisfacimento della verifica a carico limite orizzontale (Broms) riportata al paragrafo 10.1.5.

Si riporta in seguito la verifica a presso-flessione.

Verifica a pressoflessione	I_p	M_{Ed}	N_{Ed}	M_{Rd}	FS
	[-]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[-]
SLU - STR (A1-M1-R3)	1	286,3	528,7	1061,0	3,71
	2	286,3	594,8	1072,0	3,74
SLU - STR (A1-M1-R3) H + V	1	511,4	186,4	1000,0	1,96
	2	511,4	957,6	1128,0	2,21
SLU - STR (A1-M1-R3) H - V	1	509,6	-24,7	961,0	1,89
	2	509,6	860,3	1113,0	2,18
ECC (URTO)	1	271,7	294,7	1021,0	3,76
	2	271,7	668,0	1084,0	3,99

Tabella 24: Verifica a pressoflessione

9.2.5.2 Taglio

Le verifiche a taglio sono state condotte con riferimento ad elementi in c.a. armati a taglio, avendo assunto come inclinazione del puntone compresso $\theta = 27^\circ$.

Verifica a taglio ($\theta = 27^\circ$)	I_p	N_{Ed}	V_{Ed}	V_{Rsd}	V_{Rcd}	$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$	FS
	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[-]
SLU - STR (A1-M1-R3)	1	528,7	194,8	494,0	1652,0	494,0	2,54
	2	594,8	194,8	494,0	1652,0	494,0	2,54
SLU - STR (A1-M1-R3) H + V	1	186,4	347,9	494,0	1652,0	494,0	1,42
	2	957,6	347,9	494,0	1652,0	494,0	1,42
SLU - STR (A1-M1-R3) H - V	1	-24,7	346,7	494,0	1652,0	494,0	1,42
	2	860,3	346,7	494,0	1652,0	494,0	1,42
ECC (URTO)	1	294,7	184,8	494,0	1652,0	494,0	2,67
	2	668,0	184,8	494,0	1652,0	494,0	2,67

Tabella 25: verifica a taglio

9.2.5.3 Verifiche SLE

Si riportano le verifiche tensionali e a fessurazione dei pali eseguite mediante il software pressFle.

Verifica delle tensioni	CLS 30/37					ACCIAIO B450C		
	N_{Ed}	M_{Ed}	σ_c	$\sigma_{c,max} = 0,6 f_{ck}$	FS	σ_f	$\sigma_{f,max} = 0,8 f_{yk}$	FS
	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[-]	[Mpa]	[Mpa]	[-]
SLE - Rara	530,9	218,6	8,0	18,0	2,25	186,3	360,0	1,93

Tabella 26.verifica limitazione delle tensioni combinazione rara

Verifica delle tensioni	CLS C30/37				
	N_{Ed}	M_{Ed}	σ_c	$\sigma_{c,max} = 0,45 f_{ck}$	FS
	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[-]
SLE - Quasi Permanente	450,4	175	6,4	13,5	2,11

Tabella 27: verifica limitazione tensioni combinazione quasi permanente

Verifica a fessurazione	N_{Ed}	M_{Ed}	w_f	w_1	FS
	[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[-]
SLE - Quasi Permanente	450,4	175,0	0,150	0,200	1,33
SLE - Frequente	517,7	207,7	0,200	0,300	1,50

Figura 21: verifica a fessurazione

9.2.6 Verifiche geotecniche dei pali

9.2.6.1 Verifica di capacità portante nei confronti dei carichi verticali

La determinazione della lunghezza dei pali è il risultato della verifica di capacità portante. Si riportano le verifiche di capacità portante per carico di compressione e di trazione e la lunghezza dei pali ottenuta. In particolare, nella verifica a carico limite di trazione è stata considerata esclusivamente la resistenza laterale.

SFORZO NORMALE MASSIMO PALI				SFORZO NORMALE MINIMO PALI		
Combinazione	I_p	N_{max}	Combinazione	I_p	N_{min}	
	[-]	[kN]		[-]	[kN]	
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	2	957,6	3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	-24,7	

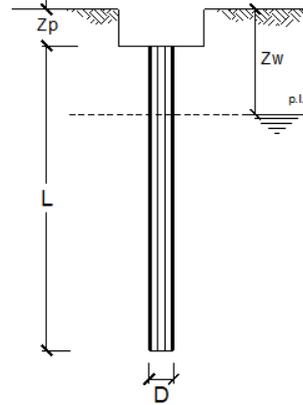
Tabella 28: Verifica di capacità portante nei confronti dei carichi verticali- muri di sostegno

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI MEDIO DIAMETRO

OPERA: Sezione 13

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D): 0,80 (m) Area del Palo (Ap): 0,503 (m²)
 Quota testa Palo dal p.c. (z_p): 0,00 (m) Quota falda dal p.c. (z_w): 9,00 (m)
 Carico Assiale Permanente (G): 957,6 (kN) Carico Assiale variabile (Q): (kN)
 Numero di strati $2 \frac{1}{2}$ Lpalo = 16,00 (m)



coefficienti parziali	azioni		resistenza laterale e di base		
	permanenti γ _G	temporanee variabili γ _Q	ξ	γ _b	γ _s
Stato limite ultimo (EC7)	1,00	1,30	1,50	1,60	1,30
Tensioni ammissibili	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
definiti dall'utente	1,00	1,00	1,70	1,35	1,15

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO:

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno				Coefficienti di Calcolo				Risultati				
			γ (kN/m ³)	c' (kPa)	φ' (°)	c _u (kPa)	k (-)	μ (-)	a (-)	α (-)	Q _{s1} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)
1	13,50	Fla	19,00	0,0	26,0	0,0	0,56	0,49		0,0	1122,26				
2	2,50	BG	19,00	0,0	37,0	0,0	0,40	0,75		0,0	419,95	79,87	0,00	18690,0	9394,6
							0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,0	0,0

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

CAPACITA' PORTANTE MEDIA

alla base R_{bm} = 9394,6 (kN)
 laterale R_{sm} = 1542,2 (kN)
 totale R_{cm} = 10936,8 (kN)

CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO

Q_d = Q_{bm} / (ξ · γ_b) + Q_{lm} / (ξ · γ_s)
 Q_d = 4882,4 (kN)

CARICO ASSIALE AGENTE

N_d = N_g · γ_G + N_q · γ_Q
 N_d = 957,6 (kN)

F_s = Q_d / N_d
 F_s = 5,10

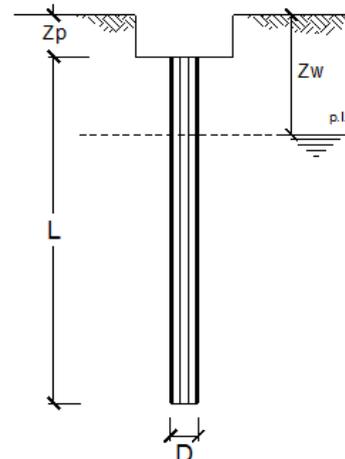
Figura 22: verifica a carico limite di compressione

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI MEDIO DIAMETRO

OPERA: Sezione 13

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D): 0,80 (m) Area del Palo (Ap): 0,503 (m²)
 Quota testa Palo dal p.c. (Z_p): 0,00 (m) Quota falda dal p.c. (Z_w): 9,00 (m)
 Carico Assiale Permanente (G): 24,7 (kN) Carico Assiale variabile (Q): (kN)
 Numero di strati 3 $\frac{D}{d}$ L_{palo} = 16,00 (m)



coefficienti parziali	azioni		resistenza laterale e di base		
	permanenti	temporanee variabili	ξ	γ_b	γ_s
Metodo di calcolo	γ_G	γ_Q			
Stato limite ultimo (EC7)	1,00	1,30	1,50	1,60	1,30
Tensioni ammissibili	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
definiti dall'utente	1,00	1,00	1,70	1,35	1,25

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO:

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno				Coefficienti di Calcolo				Risultati				
			γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)	c_u (kPa)	k (-)	μ (-)	a (-)	α (-)	Qsi (kN)	Nq (-)	Nc (-)	qb (kPa)	Qbm (kN)
1	13,50	Fla	19,00	0,0	26,0	0,0	0,56	0,49	0,0	1122,26					
2	2,49	BG	19,00	0,0	37,0	0,0	0,40	0,75	0,0	418,19					
3	0,01		19,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

CAPACITA' PORTANTE MEDIA

alla base $R_{bm} = 0,0$ (kN)
 laterale $R_{sm} = 1540,4$ (kN)
 totale $R_{cm} = 1540,4$ (kN)

CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO

$Q_d = Q_{bm}/(\xi \cdot \gamma_b) + Q_{lm}/(\xi \cdot \gamma_s)$
 $Q_d = 724,9$ (kN)

CARICO ASSIALE AGENTE

$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$
 $N_d = 24,7$ (kN)
 $F_s = Q_d / N_d$
 $F_s = 29,35$

Figura 23: verifica a carico limite di trazione

In accordo con la verifica di capacità portante, è stata considerata una lunghezza dei pali pari a 16m.

9.2.6.2 Verifica di capacità portante nei confronti dei carichi orizzontali

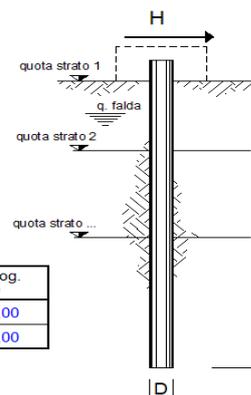
Nel seguito si riportano i risultati riguardanti la verifica di capacità portante nei confronti dei carichi orizzontali dei pali all'SLU, secondo la teoria di Broms descritta nel § 6.1.5.

Verifica di capacità portante H	I _p	V _{Ed}	N _{Ed}	M _{Rd}	H _d	F _d	FS
	[-]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
SLU - STR (A1-M1-R3)	1	194,8	528,7	1061,0	377,0	194,8	1,94
	2	194,8	594,8	1072,0	377,0	194,8	1,94
SLU - STR (A1-M1-R3) H + V	1	347,9	186,4	1000,0	367,0	347,9	1,05
	2	347,9	957,6	1128,0	397,0	347,9	1,14
SLU - STR (A1-M1-R3) H - V	1	346,7	-24,7	961,0	357,0	346,7	1,03
	2	346,7	860,3	1113,0	397,0	346,7	1,15
ECC (URTO)	1	184,8	294,7	1021,0	367,0	184,8	1,99
	2	184,8	668,0	1084,0	387,0	184,8	2,09

Tabella 29: Verifica di capacità portante nei confronti dei carichi orizzontali – SLU-

opera

coefficienti parziali Metodo di calcolo			A		M		R
			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_{ψ}	γ_{cu}	γ_T
S.U.	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1,30	1,50	1,00	1,00	1,00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1,00	1,30	1,00	1,00	1,60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1,30	1,50	1,00	1,00	1,30
	SISMA	<input type="radio"/>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,30
DM88		<input type="radio"/>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
definiti dal progettista		<input checked="" type="radio"/>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40	1,00	1,00
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21	1,00	1,00

strati terreno	descrizione	quote (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	ϕ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						k_p	c_u (kPa)	ϕ (°)	k_p	c_u (kPa)
p.c.=strato 1	Unità Fla	0,00	19	9	26	2,56		26	2,56	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	Unità BG	-13,50	27	17	37	4,02		37	4,02	
<input type="checkbox"/> strato 3						1,00			1,00	
<input type="checkbox"/> strato 4						1,00			1,00	
<input type="checkbox"/> strato 5						1,00			1,00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1,00			1,00	

Quota falda -9 (m)
 Diametro del palo D 0,80 (m)
 Lunghezza del palo L 16,00 (m)
 Momento di plasticizzazione palo M_y 1000,92 (kNm)
 Step di calcolo 0,05 (m)

palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo
(ctrl+r)

<u>H medio</u>		<u>H minimo</u>	
Palo lungo	810,3 (kN)	810,3	(kN)
Palo intermedio	4077,7 (kN)	4077,7	(kN)
Palo corto	15637,5 (kN)	15637,5	(kN)
H_{med}	810,3 (kN)	H_{min}	810,3 (kN)
H_k = Min(H_{med}/ξ₃ ; R_{min}/ξ₄)		476,63	(kN)
H_d = H_k/γ_T		366,64	(kN)
Carico Assiale Permanente (G):	G =	348	(kN)
Carico Assiale variabile (Q):	Q =		(kN)
F_d = G · γ_G + Q · γ_Q =		348,00	(kN)
FS = H_d / F_d =		1,05	

— M. Mancina, R. Nori, P. Iasiello - Progetti e Calcoli di Geotecnica con Excel vol.2 - ed. DEI—

Figura 24: verifica Broms-carico limite orizzontale

9.2.7 Verifiche locali per azioni d'urto

In questo paragrafo sono riportati i risultati ottenuti dalle verifiche locali dei cordoli che ospitano le barriere di sicurezza. Il carico di progetto come definito al paragrafo 7.4. è costituito dalla forza orizzontale di plasticizzazione della barriera pari a $F = 79.5 \text{ kN}$, applicata alla quota di 1,0 m sopra il piano di marcia e 100 mm sotto la sommità della barriera.

Nel caso in esame si assume che la forza agisca ad una distanza $d= 1.00$ m dalla base della barriera.

Il muro in testa presenta uno spessore pari a 0.5 m. Si dispongono staffe $\Phi 16/20+$ legatura centrale.

La funzione di tali staffe è duplice:

- **Equilibrare l'azione orizzontale F;**
- **Equilibrare la trazione dei tirafondi della barriera nel meccanismo di pull out.**

Per il punto 1. Il cono di rottura che determina il numero di staffe resistenti si determina secondo quanto riportato nella figura seguente, ipotizzando una diffusione a 45° della sollecitazione agente a partire dalla posizione dei tirafondi tesi. Si considera una larghezza della piastra di 0.40 m posizionata a 0.10 m dal bordo del muro. La forza orizzontale F è equilibrata dalle barre $\Phi 16/20$ che sono sempre presenti all'interno del cono di rottura evidenziato nella seguente figura.



Figura 25: cono di diffusione verifica staffe orizzontali

In dettaglio la forza orizzontale rappresenta l'azione di urto, che è pari a $F=79.5$ kN.

Le barre $\Phi 16/20$ oppongono una resistenza a tale forza espressa dalla seguente relazione:

$$F_R = n \cdot \frac{A_s f_{yk}}{\gamma_d}$$

Dove A_s è l'area della staffa e n è il numero di bracci presenti nel cuneo di diffusione.

Nel caso in esame è stata assunta, in maniera cautelativa, come base del cono di rottura la larghezza della piastra pari a 0.4m che permette di individuare in una larghezza collaborante pari a 0.9m, 5 ferri.

Conseguentemente si ha:

verifica delle staffe orizzontali				
Larghezza collaborante	n bracci orizzontali	Fsd	Frd	FS
[m]	[-]	[KN]	[KN]	[-]
0,90	5	79,53	204,4	2,6

Tabella 30: verifica delle staffe orizzontali

La verifica risulta soddisfatta.

Per il punto 2. Il cono di rottura che determina il numero di staffe e quindi di bracci verticali resistenti si determina secondo quanto riportato nella seguente figura, ipotizzando una diffusione a 45° a partire dall'interasse dei tirafondi tesi. La trazione agente nei tirafondi è equilibrata dai bracci verticali delle staffe e da eventuali legature.

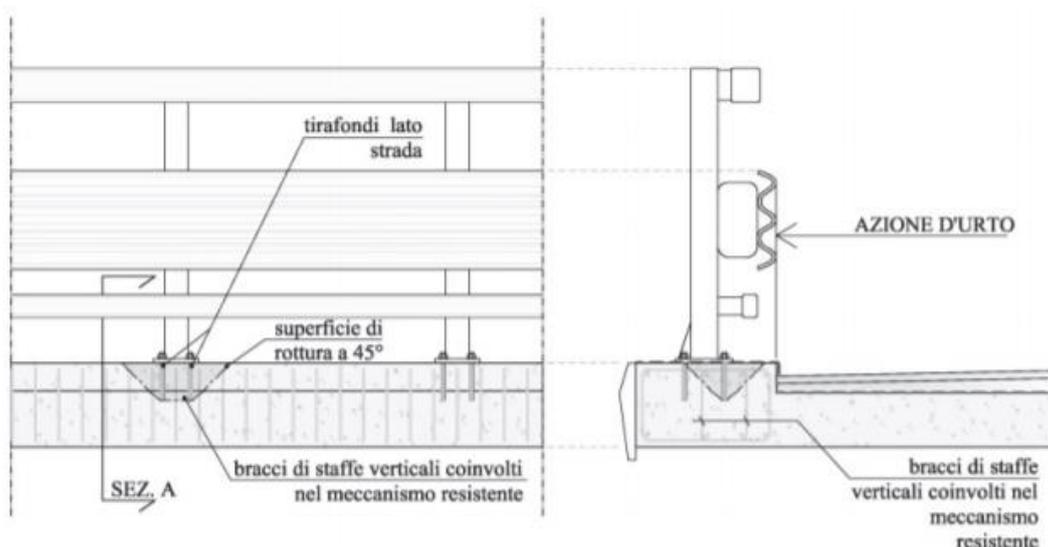


Figura 26: cono di diffusione verifica staffe verticali

Ipotizzando un braccio di leva delle forze interne della piastra di base della barriera pari a $l = 0.22$ m e un'altezza h della barriera sopra tale piastra di 1 m, si stima T_d come:

$$T_d = \frac{N \cdot h}{l}$$

Si dispongono delle staffe $\Phi 16/20$ +una legatura. Ipotizzando una lunghezza dei tirafondi di almeno 19 cm (nonché l'interasse tra i due tirafondi tesi di 0.22 m), risulta una lunghezza di diffusione trasversale pari a 0.6m e longitudinale di 0.68m. I bracci verticali compresi nel cono di diffusione sono 3+3 legature.

Pertanto si calcola la trazione resistente pari a:

$$T_r = n \cdot A_s \cdot f_{yd}$$

verifica delle staffe verticali						
Ltrasv	Blong	staffe	legature	Td	Tr	FS
	[m]	n. ferri	n. ferri	[KN]	[KN]	
0,60	0,68	3	3	361,48	472,06	1,3

Tabella 31: verifica delle staffe verticali

9.3 Muro tipologico 1B_Hparamento=6m

Di seguito si riportano i risultati delle analisi del muro tipologico 1B le cui caratteristiche geometriche sono indicate nella seguente tabella.

Tipologico	fondazione	H _{paramento} [m]	H _{fondazione} [m]	N° pali	L pali [m]	D pali [m]
TIPO 1B	Su pali	6.00	1.00	3	16	0.8

9.3.1 Modello di calcolo e geometria muro

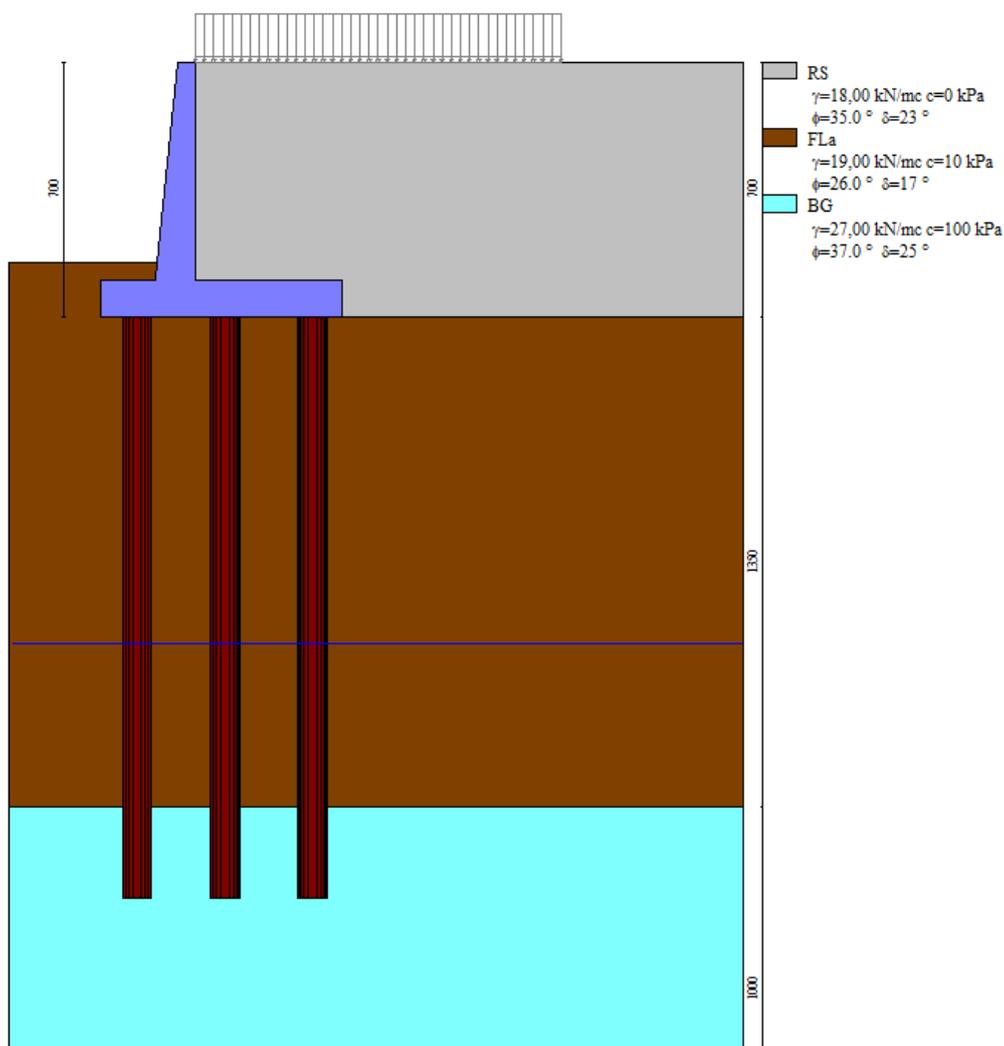


Figura 27-Modello di calcolo muro 1B

Si fa notare che, come specificato al paragrafo seguente, le sollecitazioni a testa palo non dipendono dalla lunghezza dei pali o dal terreno di fondazione. Pertanto, le caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione usate nel modello non sono rilevanti ai fini della determinazione delle sollecitazioni in testa ai pali. Il dimensionamento dei pali di fondazione viene eseguito infatti sulla

base degli scarichi da questo ottenuti e di un confronto degli stessi con la curva di portanza, costruita tenendo conto dell'effettiva stratigrafia del terreno di fondazione.

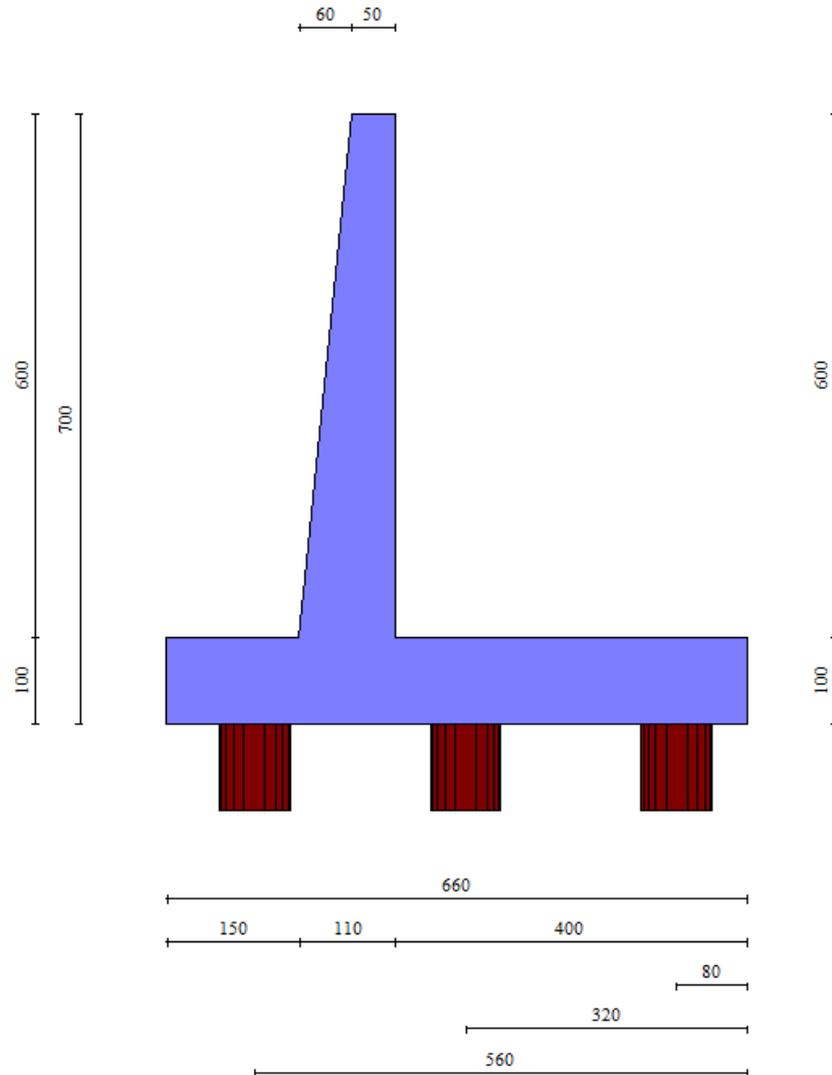


Figura 28: modello geometrico muro tipologico 1B

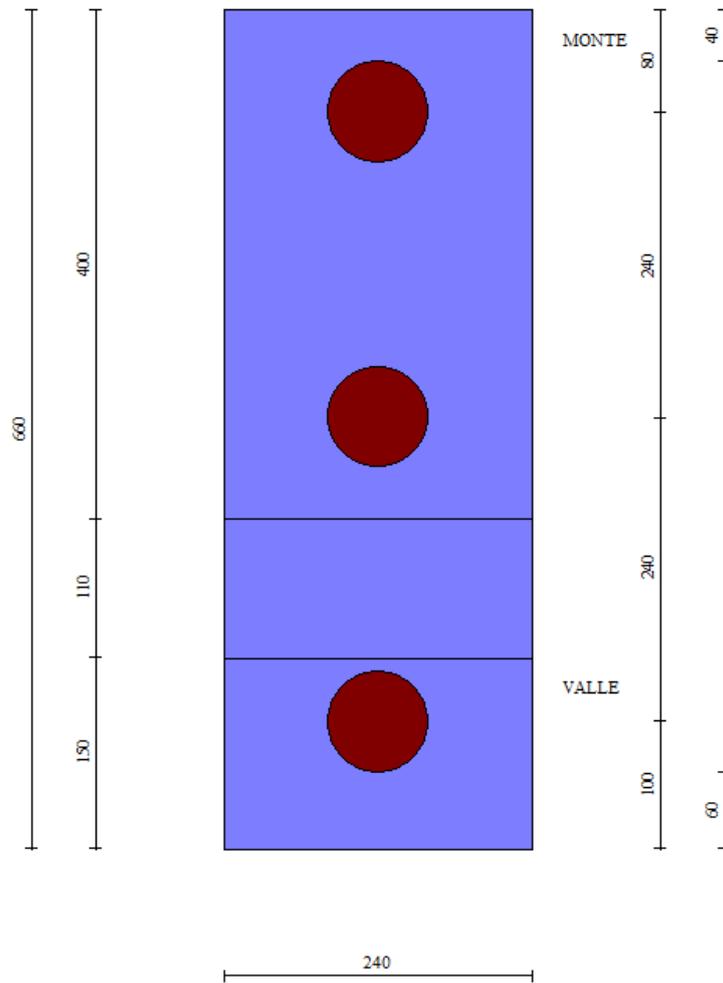


Figura 29: pianta fondazione

9.3.2 Sollecitazioni Paramento

Si riportano le sollecitazioni sul paramento che non sono influenzate dalla lunghezza dei pali o dalla tipologia di terreno di fondazione ma esclusivamente dal terreno spingente a tergo:

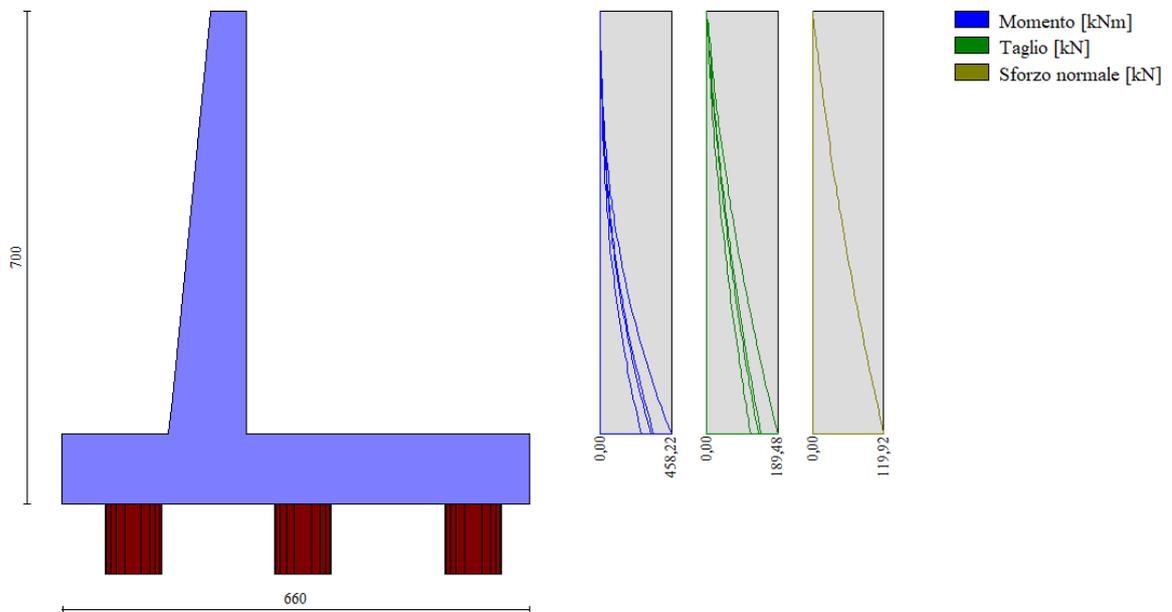


Figura 30 – Involuppo delle sollecitazioni sul paramento del muro di sostegno in condizioni statiche

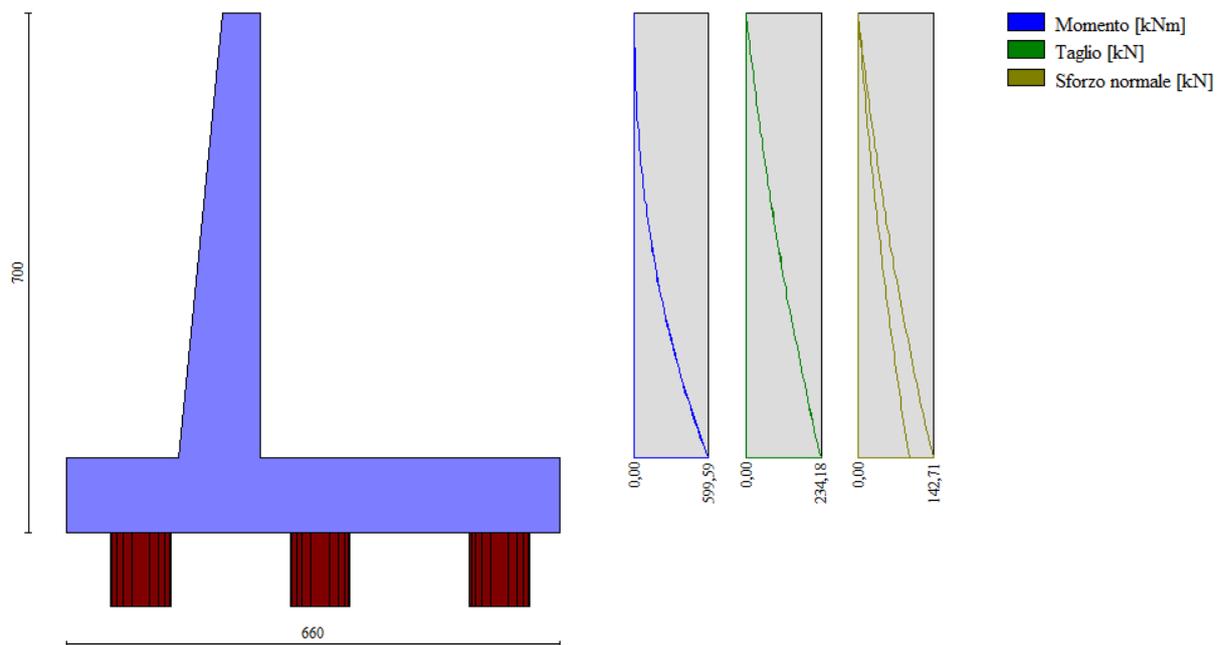


Figura 31- Involuppo delle sollecitazioni sul paramento del muro di sostegno in condizioni sismiche

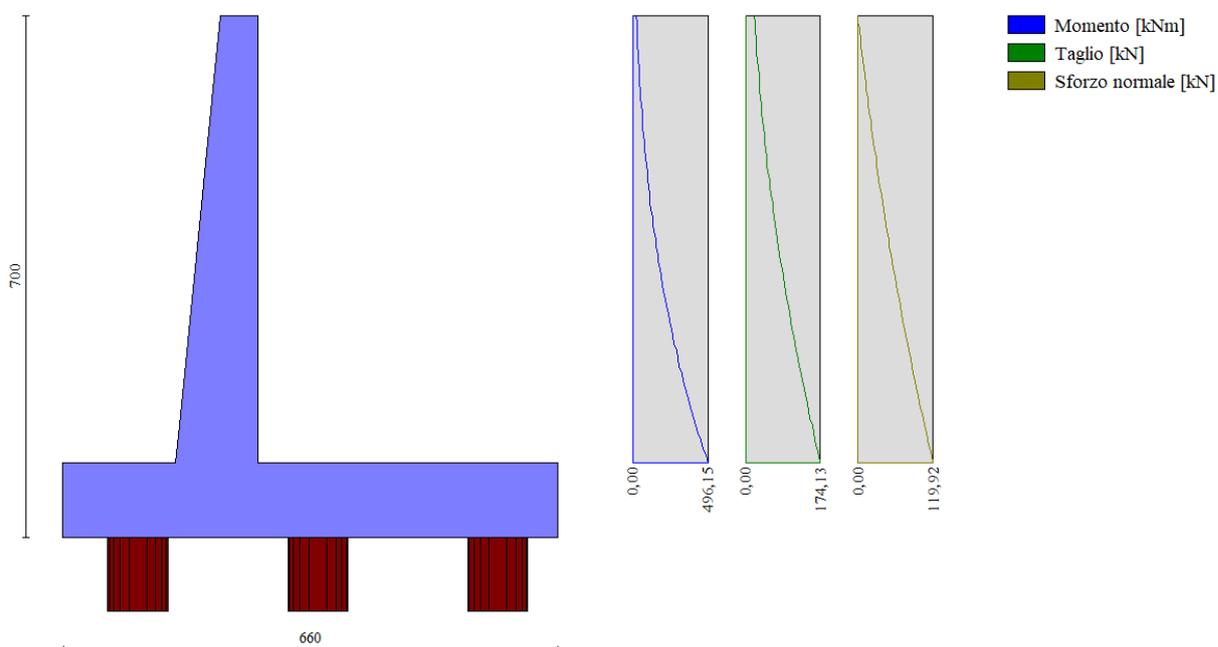


Figura 32: sollecitazioni sul paramento del muro_combinazione eccezionale d'urto

9.3.3 Verifiche strutturali paramento e piastra fondazione

Sia le verifiche a pressoflessione che a taglio sono state eseguite manualmente attraverso l'ausilio di fogli di calcolo strutturati sulla base delle NTC2018 e mediante software di calcolo PressFle sulla

base dell'involuppo dei diagrammi delle sollecitazioni. Nelle verifiche è stato considerato un copriferro netto pari a 50mm.

Elemento	STATICA				SISMICA				urto				Max			
	MY, Ed	MX, Ed	NEd	Ted	MY, Ed	MX, Ed	NEd	Ted	MY, Ed	MX, Ed	NEd	Ted	MY, Ed	MX, Ed	NEd,min	Ted,min
	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
Paramento	458,22	-	0	189,48	599,59	-	0,00	234,18	496,15	-	0,00	174,13	599,59	-	0,00	234,18
Fondazione	287,31	282,77	-	695,59	842,95	343,98	-	1224,99	392,70	240,76	-	698,46	842,95	343,98	-	1224,99

Di seguito si riportano le armature di progetto previste per le sezioni di calcolo del paramento e della piastra di fondazione.

Tabella 32: Armature di progetto paramento e piastra fondazione

Elemento	Armatura a flessione	
	Lato monte	Lato valle
Paramento	Φ16/10	Φ12/20

Elemento	Armatura a flessione	
	Lato inferiore	Lato superiore
Piastra fondazione	Φ22/10	Φ22/10

Si dispongono ripartitori in fondazione **Φ20/20** e nel paramento **Φ12/20**.

GEOMETRIA				VERIFICA A PRESSOFLESSIONE							
Elemento		b	h	M _{ed,y}	M _{ed,x}	N _{Ed,min}	Armature	c	d	M _{Rd}	FS
		[mm]	[mm]	[kNm]	[kNm]	[kN]		[mm]	[mm]	[kNm]	[-]
Paramento	monte	1000	1050	599,6	-	0,0	φ16/10	50	1000	755,0	1,26
	valle						φ12/20	50			
Fondazione	Superiore	1000	1000	843,0	-		φ22/10	50	950	1356,0	1,61
	Inferiore						φ22/10	50			
Fondazione (ripartitori)	Superiore	1000	1000		344,0		φ20/20	50	950	557,8	1,62
	Inferiore						φ20/20	50			

Tabella 33: verifica a pressoflessione

Per il paramento e la fondazione le verifiche a taglio sono condotte con riferimento ad elementi in c.a. non armati a taglio.

Elemento	Geometrie				Armatura long. tesa			Sollecitazioni di Calcolo		TAGLIO RESISTENTE ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO							
	b _w (mm)	H (mm)	c (mm)	d (mm)	n	Ø	A _s (mm ²)	N _{sd} (KN)	V _{sd} (KN)	σ _{cp} (Mpa)	ρ _i	k	f _{ck} (Mpa)	v _{min}	V _{Rdmin} (KN)	V _{Ret} (KN)	F.S.
Paramento	1000	1050	50	1000	10	16	2009,6	0	234,18	0	0,002	1,45	33,2	0,35	351,10	326,94	1,40
Fondazione	1000	1000	50	950	10	22	3799,4	0	1224,99	0	0,004	1,46	33,2	0,36	337,57	393,81	0,32

Tabella 34: verifica elementi non armati a taglio

La verifica risulta essere non soddisfatta per la fondazione. Si prevedono nel paramento **ganci $\Phi 12/40 \times 40$** mentre per la fondazione viene condotta la verifica per elementi armati a taglio, disponendo **ganci $\Phi 14/40 \times 20$** . Si riporta la verifica a taglio per la fondazione:

Elemento	Armature trasversali					Inclinazione Bielle Compresse				Taglio Compressione		Taglio Trazione		risultati
	n_b	\emptyset	p (mm)	A_{sw} (mm ²)	α°	θ°	ctg θ	σ_{cp} (Mpa)	α_c	f'_{cd} (Mpa)	V_{Red} (KN)	V_{Rsd} (KN)	V_{rd}	F.S.
Fondazione	2,5	14	200	384,65	90	27	2	0	1	18,81	3217,08	1286,89	1286,89	1,05

Tabella 35: verifica per elementi armati a taglio

Si riportano infine le verifiche tensionali e a fessurazione:

Verifica delle tensioni	I_p	N_{Ed}	CLS 32/40							ACCIAIO B450C				
			$M_{ed,y}$	$M_{ed,x}$	$\sigma_{c,y}$	$\sigma_{c,x}$	$\sigma_{c,max} = 0,6 f_{ck}$	$FS_{,y}$	$FS_{,x}$	$\sigma_{f,y}$	$\sigma_{f,x}$	$\sigma_{f,max} = 0,8 f_{yk}$	$FS_{,y}$	$FS_{,x}$
			[kNm]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[-]	[-]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[-]	[-]
combinazione rara	Param.	-	345,7	-	4,9		19,2	3,92	-	181,8	-	360,0	1,98	-
	Fond.	-	287,3	280,0	3,1	4,7	19,2	6,19	4,09	85,0	198,5	360,0	4,24	1,81

Tabella 36: verifica tensionale combinazione rara

Verifica delle tensioni	I_p	N_{Ed}	CLS 32/40						
			$M_{ed,y}$	$M_{ed,x}$	$\sigma_{c,y}$	$\sigma_{c,x}$	$\sigma_{c,max} = 0,45 f_{ck}$	$FS_{,y}$	$FS_{,x}$
			[kNm]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[-]	[-]
Combinazione quasi permanente	paramento	0,0	265,0	-	3,8	-	14,4	3,79	-
	fondazione	0,0	287,3	246,3	3,1	4,2	14,4	4,65	3,43

Tabella 37: verifica tensionale combinazione quasi permanente

Dalla verifica a fessurazione emerge che il muro di sostegno non è fessurato.

9.3.4 Sollecitazioni in testa ai pali

Le sollecitazioni provenienti dal muro vengono ripartite sui pali restituendo le sollecitazioni nei pali in termini di taglio, momento e sforzo normale. Si fa notare che nel software di calcolo, i pali sono stati considerati incernierati in testa ottenendo le sollecitazioni in termini di sforzo normale e taglio. Nella realtà i pali risultano essere incastrati nel plinto di fondazione, pertanto il valore del momento flettente verrà determinato sulla base della teoria di Matlock e Reese di seguito descritta.

Gli scarichi sui pali vengono determinati mediante il metodo delle rigidezze.

La piastra di fondazione viene considerata infinitamente rigida (3 gradi di libertà) ed i pali vengono considerati incernierati a tale piastra.

Lo sforzo normale nei pali è quindi calcolato come segue:

$$N_i = \frac{N_{Ed}}{n} \pm \frac{(M_{Ed})d_i}{\sum_i d_i^2}$$

Mentre le azioni di taglio sono suddivise equamente tra i pali come di seguito riportato:

$$V_i = \frac{V_{Ed}}{n}$$

Si fa notare, quindi, che le sollecitazioni a testa palo non dipendono dalla lunghezza dei pali o dal terreno di fondazione.

Le azioni derivanti da questo modello vengono confrontate con le curve di capacità portante dei pali di fondazione.

In definitiva, gli scarichi a testa palo sono pari a quanto di seguito riportato.

Simbologia adottata

Cmb Indice/Tipo combinazione

Ip Indice palo

N Sforzo normale, espresso in [kN]

M Momento, espresso in [kNm]

T Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	810,11	0	-199,98
	2	767,36	0	-199,98
	3	724,62	0	-199,98
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	343,45	0	-427,21
	2	789,99	0	-427,21
	3	1236,53	0	-427,21
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	53,76	0	-425,67
	2	568,21	0	-425,67
	3	1082,66	0	-425,67
Ecc-Urto	1	605,22	0	-182,86
	2	666,32	0	-182,86
	3	727,42	0	-182,86
7 - SLER	1	791,49	0	-152,87

	2	722,24	0	-152,87
	3	652,99	0	-152,87
	1	769,11	0	-146,58
8 - SLEF	2	703,53	0	-146,58
	3	637,95	0	-146,58
	1	701,94	0	-127,74
9 - SLEQ	2	647,39	0	-127,74
	3	592,84	0	-127,74

Tabella 38: Scarichi in testa ai pali

Per la valutazione del momento flettente a testa palo si è utilizzata la teoria di Matlock e Reese per la quale il momento agente a quota testa pali è direttamente proporzionale al taglio mediante un coefficiente α (espresso in metri) "coefficiente di Matlock e Reese":

$$M_i(V_{Ed}) = \alpha \frac{V_{Ed}}{n}$$

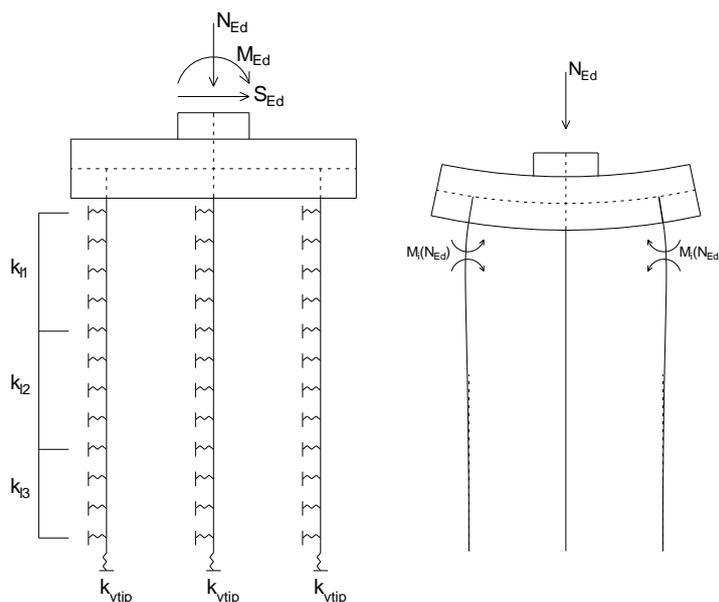


Figura 33 – Modello del plinto su pali ed effetto flessionale su pali dovuto al carico assiale agente sul plinto (a destra)

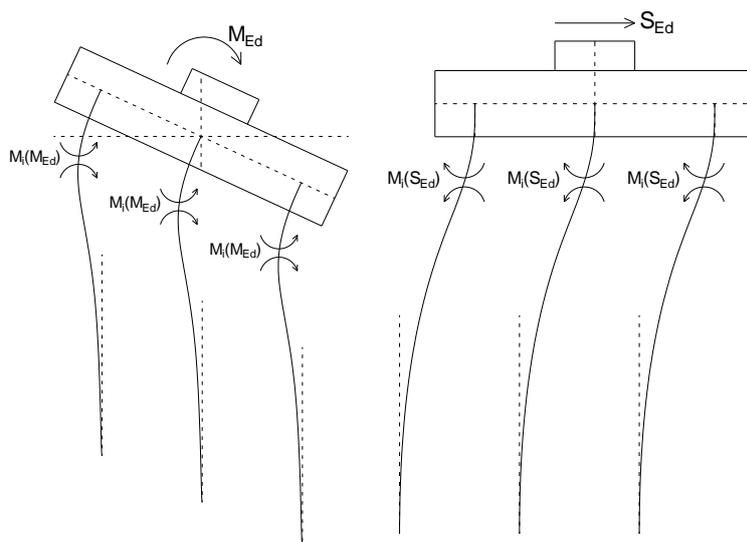
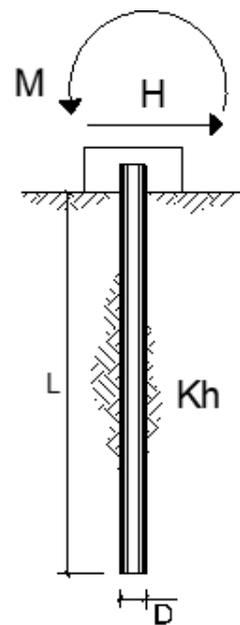


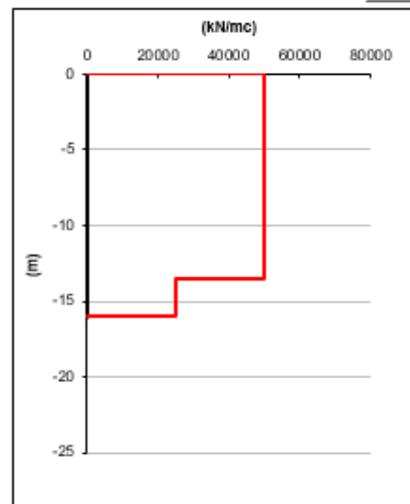
Figura 34 – Effetto flessionale sui pali dovuti al momento flettente (a sinistra) e al taglio (a destra) agenti sul plinto

Il coefficiente α dipende principalmente dalle caratteristiche di rigidità relative palo-terreno e, generalmente, fornisce un valore del momento sollecitante conservativo. Fissato il diametro del palo, D , α dipende quindi dalla rigidità del terreno.

Nel caso in esame:

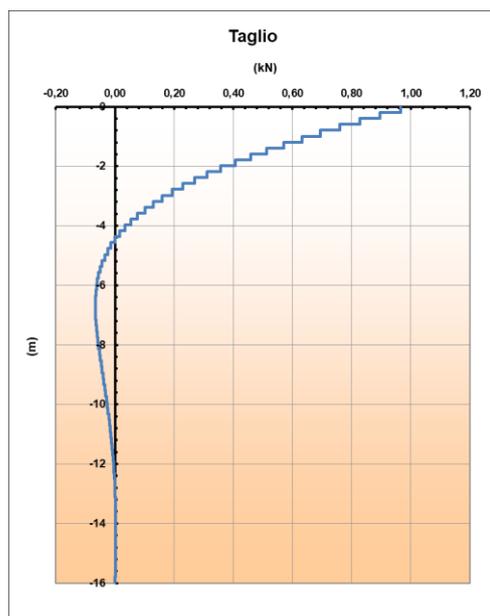
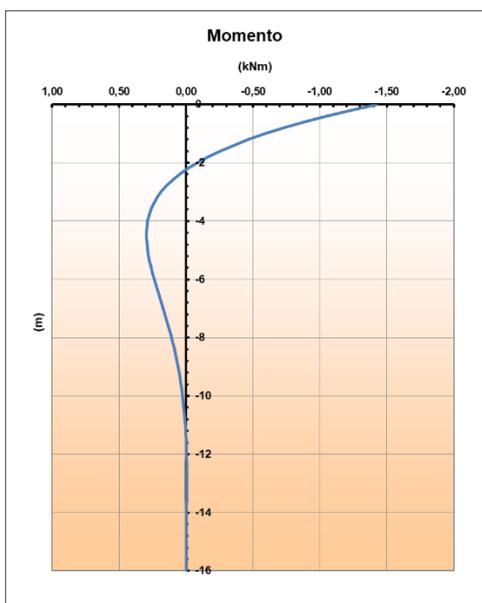


scala grafico



strati terreno	descrizione	quote (m)	k_n (kN/m^3)	n_n (kN/m^3)
p.c.=strato 1	FLa	0,00	50000	0
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	BG	-13,50	25000	0
<input type="checkbox"/> strato 3				
<input type="checkbox"/> strato 4				
<input type="checkbox"/> strato 5				
<input type="checkbox"/> strato 6				

Diametro del palo	0,8	(m)
J palo	0,02011	(m^4)
Lunghezza del palo	16	(m)
Forza orizzontale in testa	1	(kN)
Momento in testa	0	(kNm)
E cls	32600	(Mpa)
dimensione elementi	0,2	(m)



Pertanto, il valore del coefficiente α è pari a:

$$\alpha = M(z=0)/V(z=0)$$

PALI D800

$$\alpha = 1.47 \text{ m}$$

Tabella 39: parametro α

Vengono riportate nella tabella che segue le sollecitazioni in testa ai pali.

Combinazione	Ip	V	α	M	N
	[-]	[kN]	[m]	[kNm]	[kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	200,0	1,470	294,0	810,1
	2	200,0	1,470	294,0	767,4
	3	200,0	1,470	294,0	724,6
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	427,2	1,470	628,0	343,5
	2	427,2	1,470	628,0	790,0
	3	427,2	1,470	628,0	1236,5
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	425,7	1,470	625,7	53,8
	2	425,7	1,470	625,7	568,2
	3	425,7	1,470	625,7	1082,7
Ecc-Urto	1	182,9	1,470	268,8	605,2
	2	182,9	1,470	268,8	666,3
	3	182,9	1,470	268,8	727,4
7 - SLER	1	152,9	1,470	224,7	791,5
	2	152,9	1,470	224,7	722,2

	3	152,9	1,470	224,7	653,0
8 - SLEF	1	146,6	1,470	215,5	769,1
	2	146,6	1,470	215,5	703,5
	3	146,6	1,470	215,5	638,0
9 - SLEQ	1	127,7	1,470	187,8	701,9
	2	127,7	1,470	187,8	647,4
	3	127,7	1,470	187,8	592,8

Tabella 40: sollecitazioni in testa ai pali

9.3.5 Verifiche strutturali pali

Per i pali di fondazione di diametro $D=800\text{mm}$ si prevedono le seguenti armature:

- Gabbia esterna $18\phi 22$;
- Gabbia interna $18\phi 22$;
- staffa a spirale $\phi 12/20$;

Ai fini delle verifiche si è fatto riferimento per i pali ad un copriferro di calcolo (asse armature) pari a 8cm.

9.3.5.1 Verifiche SLU-Pressoflessione

Occorre osservare che la determinazione dell'armatura nei pali di fondazione dipende anche dal soddisfacimento della verifica a carico limite orizzontale (Broms) riportata al paragrafo 10.1.5.

Si riporta in seguito la verifica a presso-flessione.

Verifica a pressoflessione	I_p	M_{Ed}	N_{Ed}	M_{Rd}	FS
	[-]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[-]
SLU - STR (A1-M1-R3)	1	294,0	810,1	1456,0	4,95
	2	294,0	767,4	1451,0	4,94
	3	294,0	724,6	1450,0	4,93
SLU - STR (A1-M1-R3) H + V	1	628,0	343,5	1395,0	2,22
	2	628,0	790,0	1453,0	2,31
	3	628,0	1236,5	1503,0	2,39
SLU - STR (A1-M1-R3) H - V	1	625,7	53,8	1352,0	2,16
	2	625,7	568,2	1426,0	2,28
	3	625,7	1082,7	1487,0	2,38
Ecc. Urto	1	268,8	605,2	1430,0	5,32
	2	268,8	666,3	1438,0	5,35
	3	268,8	727,4	1450,0	5,39

Tabella 41: Verifica a pressoflessione

9.3.5.2 Taglio

Le verifiche a taglio sono state condotte con riferimento ad elementi in c.a. armati a taglio, avendo assunto come inclinazione del puntone compresso $\theta = 27^\circ$.

Verifica a taglio ($\theta = 27^\circ$)	I_p	N_{Ed}	V_{Ed}	V_{Rsd}	V_{Rcd}	$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$	FS
	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[-]
SLU - STR (A1-M1-R3)	1	810,1	200,0	496,0	1658,0	496,0	2,48
	2	767,4	200,0	496,0	1658,0	496,0	2,48
	3	724,6	200,0	496,0	1658,0	496,0	2,48
SLU - STR (A1-M1-R3) H + V	1	343,5	427,2	496,0	1658,0	496,0	1,16
	2	790,0	427,2	496,0	1658,0	496,0	1,16
	3	1236,5	427,2	496,0	1658,0	496,0	1,16
SLU - STR (A1-M1-R3) H - V	1	53,8	425,7	496,0	1658,0	496,0	1,17
	2	568,2	425,7	496,0	1658,0	496,0	1,17
	3	1082,7	425,7	496,0	1658,0	496,0	1,17
Ecc. Urto	1	605,2	182,9	496,0	1658,0	496,0	2,71
	2	666,3	182,9	496,0	1658,0	496,0	2,71
	3	727,4	182,9	496,0	1658,0	496,0	2,71

Tabella 42: verifica a taglio

9.3.5.3 Verifiche SLE

Si riportano le verifiche tensionali e a fessurazione dei pali eseguite mediante il software pressFle.

Verifica delle tensioni	N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	CLS 30/37			ACCIAIO B450C		
			σ_c	$\sigma_{c,max} = 0,6 f_{ck}$	FS	σ_f	$\sigma_{f,max} = 0,8 f_{yk}$	FS
			[Mpa]	[Mpa]	[-]	[Mpa]	[Mpa]	[-]
SLE - Rara	791,5	224,7	6,1	18,0	2,95	152,8	360,0	2,36

Tabella 43: verifica limitazione delle tensioni combinazione rara

Verifica delle tensioni	N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	CLS C30/37		FS
			σ_c	$\sigma_{c,max} = 0,45 f_{ck}$	
			[Mpa]	[Mpa]	
SLE - Quasi Permanente	701,9	188	4,9	13,5	2,76

Tabella 44: verifica limitazione tensioni combinazione quasi permanente

Verifica a fessurazione	N_{Ed}	M_{Ed}	w_f	w_1	FS
	[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[-]
SLE - Quasi Permanente	701,9	187,8	0,110	0,200	1,82
SLE - Frequente	769,1	215,5	0,140	0,300	2,14

Figura 35: verifica a fessurazione

9.3.6 Verifiche geotecniche dei pali

9.3.6.1 Verifica di capacità portante nei confronti dei carichi verticali

La determinazione della lunghezza dei pali è il risultato della verifica di capacità portante. Si riportano le verifiche di capacità portante e la lunghezza dei pali ottenuta.

SFORZO NORMALE MASSIMO PALI			SFORZO NORMALE MINIMO PALI		
Combinazione	Ip	N _{max}	Combinazione	Ip	N _{min}
	[-]	[kN]		[-]	[kN]
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	3	1236,5	3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	53,8

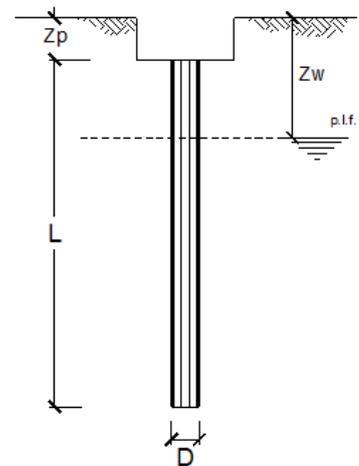
Tabella 45: Verifica di capacità portante nei confronti dei carichi verticali- muri di sostegno

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI MEDIO DIAMETRO

OPERA: Sezione 12

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D):	0,80	(m)	Area del Palo (A _p):	0,503	(m ²)
Quota testa Palo dal p.c. (z _p):	0,00	(m)	Quota falda dal p.c. (z _w):	9,00	(m)
Carico Assiale Permanente (G):	1240	(kN)	Carico Assiale variabile (Q):		(kN)
Numero di strati	2		L _{palo} =	16,00	(m)



coefficienti parziali	azioni		resistenza laterale e di base			
	permanenti	temporanee	ξ	γ _b	γ _s	
Metodo di calcolo	γ _G	variabili γ _Q				
Stato limite ultimo (EC7)	○	1,00	1,30	1,50	1,60	1,30
Tensioni ammissibili	○	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
definiti dall'utente	●	1,00	1,00	1,70	1,35	1,15

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO:

Strato	Spess (-) (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	c' (kPa)	φ' (°)	c _u (kPa)
1	13,50	Fla	19,00	0,0	26,0	0,0
2	2,50	BG	19,00	0,0	37,0	0,0

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
(-)	(-)	(-)	(-)
0,56	0,49		0,0
0,40	0,75		0,0
0,00	0,00		

Risultati				
Q _{si}	N _q	N _c	q _b	Q _{bm}
(kN)	(-)	(-)	(kPa)	(kN)
1122,26				
419,95	79,87	0,00	18690,0	9394,6
0,00	0,00	0,00	0,0	0,0

[n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto]

CAPACITA' PORTANTE MEDIA

alla base	R _{bm} =	9394,6 (kN)
laterale	R _{sm} =	1542,2 (kN)
totale	R _{cm} =	10936,8 (kN)

CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO

Q _d =	Q _{bm} / (ξ · γ _b) + Q _{lm} / (ξ · γ _s)
Q _d =	4882,4 (kN)

CARICO ASSIALE AGENTE

N _d =	N _g · γ _G + N _q · γ _Q	F _s = Q _d / N _d
N _d =	1240,0 (kN)	F _s = 3,94

Figura 36: verifica a carico limite di compressione

In accordo con la verifica di capacità portante, è stata considerata una lunghezza dei pali pari a 16m.

9.3.6.2 Verifica di capacità portante nei confronti dei carichi orizzontali

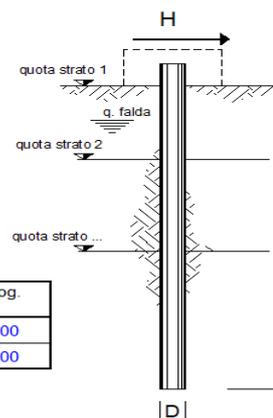
Nel seguito si riportano i risultati riguardanti la verifica di capacità portante nei confronti dei carichi orizzontali dei pali all'SLU, secondo la teoria di Broms descritta nel § 6.1.5.

Verifica di capacità portante H	I _p	V _{Ed}	N _{Ed}	M _{Rd}	H _d	F _d	FS
	[-]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
SLU - STR (A1-M1-R3)	1	200,0	810,1	1456,0	472,0	200,0	2,36
	2	200,0	767,4	1451,0	472,0	200,0	2,36
	3	200,0	724,6	1450,0	472,0	200,0	2,36
SLU - STR (A1-M1-R3) H + V	1	427,2	343,5	1395,0	461,0	427,2	1,08
	2	427,2	790,0	1453,0	472,0	427,2	1,10
	3	427,2	1236,5	1503,0	483,0	427,2	1,13
SLU - STR (A1-M1-R3) H - V	1	425,7	53,8	1352,0	450,0	425,7	1,06
	2	425,7	568,2	1426,0	461,0	425,7	1,08
	3	425,7	1082,7	1487,0	472,0	425,7	1,11
Eccez. Urto	1	182,9	605,2	1430,0	461,0	182,9	2,52
	2	182,9	666,3	1438,0	461,0	182,9	2,52
	3	182,9	727,4	1450,0	472,0	182,9	2,58

Tabella 46: Verifica di capacità portante nei confronti dei carichi orizzontali – SLU

opera

coefficienti parziali			A		M		R
Metodo di calcolo			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_{φ}	γ_{cu}	γ_T
S U	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1,30	1,50	1,00	1,00	1,00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1,00	1,30	1,00	1,00	1,60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1,30	1,50	1,00	1,00	1,30
	SISMA	<input type="radio"/>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,30
DM88		<input type="radio"/>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
definiti dal progettista		<input checked="" type="radio"/>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40	1,00	1,00
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21	1,00	1,00

strati terreno	descrizione	quote (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	φ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						k_p	c_u (kPa)	φ (°)	k_p	c_u (kPa)
p.c.=strato 1	Unità Fla	0,00	19	9	26	2,56		26	2,56	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	Unità BG	-13,50	27	17	37	4,02		37	4,02	
<input type="checkbox"/> strato 3						1,00			1,00	
<input type="checkbox"/> strato 4						1,00			1,00	
<input type="checkbox"/> strato 5						1,00			1,00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1,00			1,00	

Quota falda -9 (m)
 Diametro del palo D 0,80 (m)
 Lunghezza del palo L 16,00 (m)
 Momento di plasticizzazione palo My 1394,73 (kNm)
 Step di calcolo 0,05 (m)

palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo
(ctrl+r)

	H medio		H minimo	
Palo lungo	1017,9 (kN)		1017,9 (kN)	
Palo intermedio	4077,7 (kN)		4077,7 (kN)	
Palo corto	15637,5 (kN)		15637,5 (kN)	
H_{med}	1017,9 (kN)	Palo lungo	H_{min}	1017,9 (kN)
H_k = Min(H_{med}/ξ₃ ; R_{min}/ξ₄)			598,74 (kN)	
H_d = H_k/γ_T			460,57 (kN)	
Carico Assiale Permanente (G):	G =		425 (kN)	
Carico Assiale variabile (Q):	Q =		(kN)	
F_d = G · γ_G + Q · γ_Q =			425,00 (kN)	
FS = H_d / F_d =			1,08	

— M. Mancina, R. Nori, P. Iasiello - Progetti e Calcoli di Geotecnica con Excel vol.2 - ed. DEI—

Figura 37: verifica Broms-carico limite orizzontale

9.3.7 Verifiche locali per azioni d'urto

In questo paragrafo sono riportati i risultati ottenuti dalle verifiche locali dei cordoli che ospitano le barriere di sicurezza. Il carico di progetto come definito al paragrafo 7.4. è costituito dalla forza orizzontale di plasticizzazione della barriera pari a $F = 79.5\text{kN}$, applicata alla quota di 1,0 m sopra il piano di marcia e 100 mm sotto la sommità della barriera.

Nel caso in esame si assume che la forza agisca ad una distanza $d = 1.00$ m dalla base della barriera.

Il muro in testa presenta uno spessore pari a 0.5m. Si dispongono staffe $\Phi 16/20+$ legatura centrale.

La funzione di tali staffe è duplice:

- **Equilibrare l'azione orizzontale F;**
- **Equilibrare la trazione dei tirafondi della barriera nel meccanismo di pull out.**

Per il punto 1. Il cono di rottura che determina il numero di staffe resistenti si determina secondo quanto riportato nella figura seguente, ipotizzando una diffusione a 45° della sollecitazione agente a partire dalla posizione dei tirafondi tesi. Si considera una larghezza della piastra di 0.40m posizionata a 0.10m dal bordo del muro. La forza orizzontale F è equilibrata dalle barre $\Phi 16/20$ che sono sempre presenti all'interno del cono di rottura evidenziato nella seguente figura.

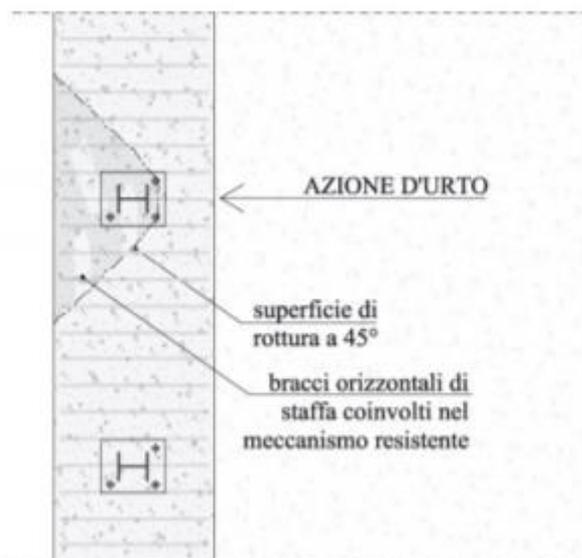


Figura 38: cono di diffusione verifica staffe orizzontali

In dettaglio la forza orizzontale rappresenta l'azione di urto, che è pari a $F=79.5$ kN.

Le barre $\Phi 16/20$ oppongono una resistenza a tale forza espressa dalla seguente relazione:

$$F_R = n \cdot \frac{A_s f_{yk}}{\gamma_d}$$

Dove A_s è l'area della staffa e n è il numero di bracci presenti nel cono di diffusione.

Nel caso in esame è stata assunta, in maniera cautelativa, come base del cono di rottura la larghezza della piastra pari a 0.4m che permette di individuare in una larghezza collaborante pari a 0.9m, 5 ferri.

Conseguentemente si ha:

verifica delle staffe orizzontali				
Larghezza collaborante	n bracci orizzontali	Fsd	Frd	FS
[m]	[-]	[KN]	[KN]	[-]
0,90	5	79,53	204,4	2,6

Tabella 47: verifica delle staffe orizzontali

La verifica risulta soddisfatta.

Per il punto 2. Il cono di rottura che determina il numero di staffe e quindi di bracci verticali resistenti si determina secondo quanto riportato nella seguente figura, ipotizzando una diffusione a 45° a partire dall'interasse dei tirafondi tesi. La trazione agente nei tirafondi è equilibrata dai bracci verticali delle staffe e da eventuali legature.

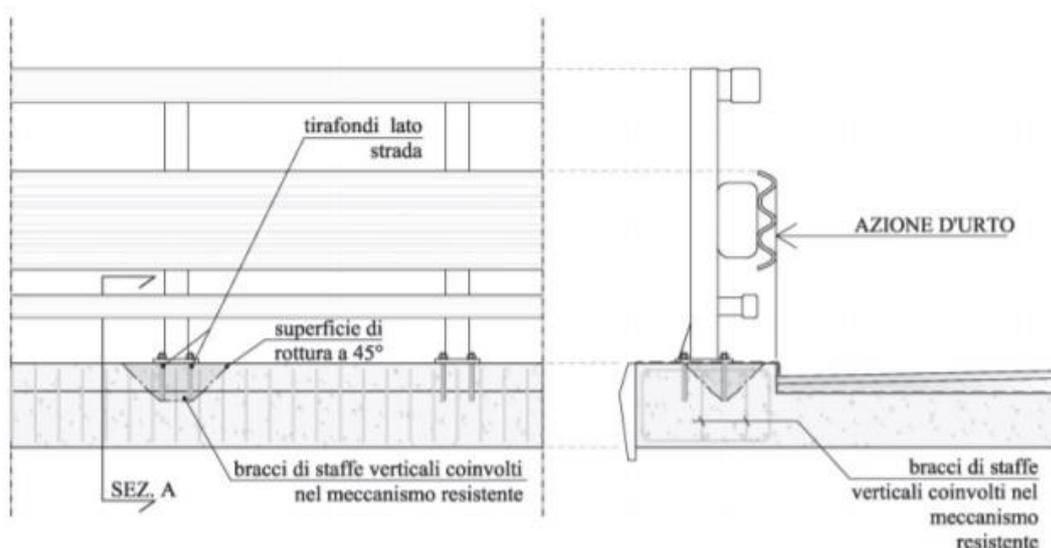


Figura 39: cono di diffusione verifica staffe verticali

Ipotizzando un braccio di leva delle forze interne della piastra di base della barriera pari a $l = 0.22$ m e un'altezza h della barriera sopra tale piastra di 1 m, si stima T_d come:

$$T_d = \frac{N \cdot h}{l}$$

Si dispongono delle staffe $\Phi 16/20$ +una legatura. Ipotizzando una lunghezza dei tirafondi di almeno 19 cm (nonché l'interasse tra i due tirafondi tesi di 0.22 m), risulta una lunghezza di diffusione trasversale pari a 0.6m e longitudinale di 0.68m. I bracci verticali compresi nel cono di diffusione sono 3+3 legature.

Pertanto si calcola la trazione resistente pari a:

$$T_r = n \cdot A_s \cdot f_{yd}$$

verifica delle staffe verticali						
Ltrasv	Blong	staffe	legature	Td	Tr	FS
	[m]	n. ferri	n. ferri	[KN]	[KN]	
0,60	0,68	3	3	361,48	472,06	1,3

Tabella 48: verifica delle staffe verticali

9.4 Muro tipologico 1A_Hparamento=7m

Di seguito si riportano i risultati delle analisi del muro tipologico 1A le cui caratteristiche geometriche sono indicate nella seguente tabella.

Tipologico	fondazione	H _{paramento}	H _{fondazione}	N° pali	L pali	D pali
		[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
TIPO 1A	Su pali	7.00	1.00	3	16	0.8

9.4.1 Modello di calcolo e geometria muro

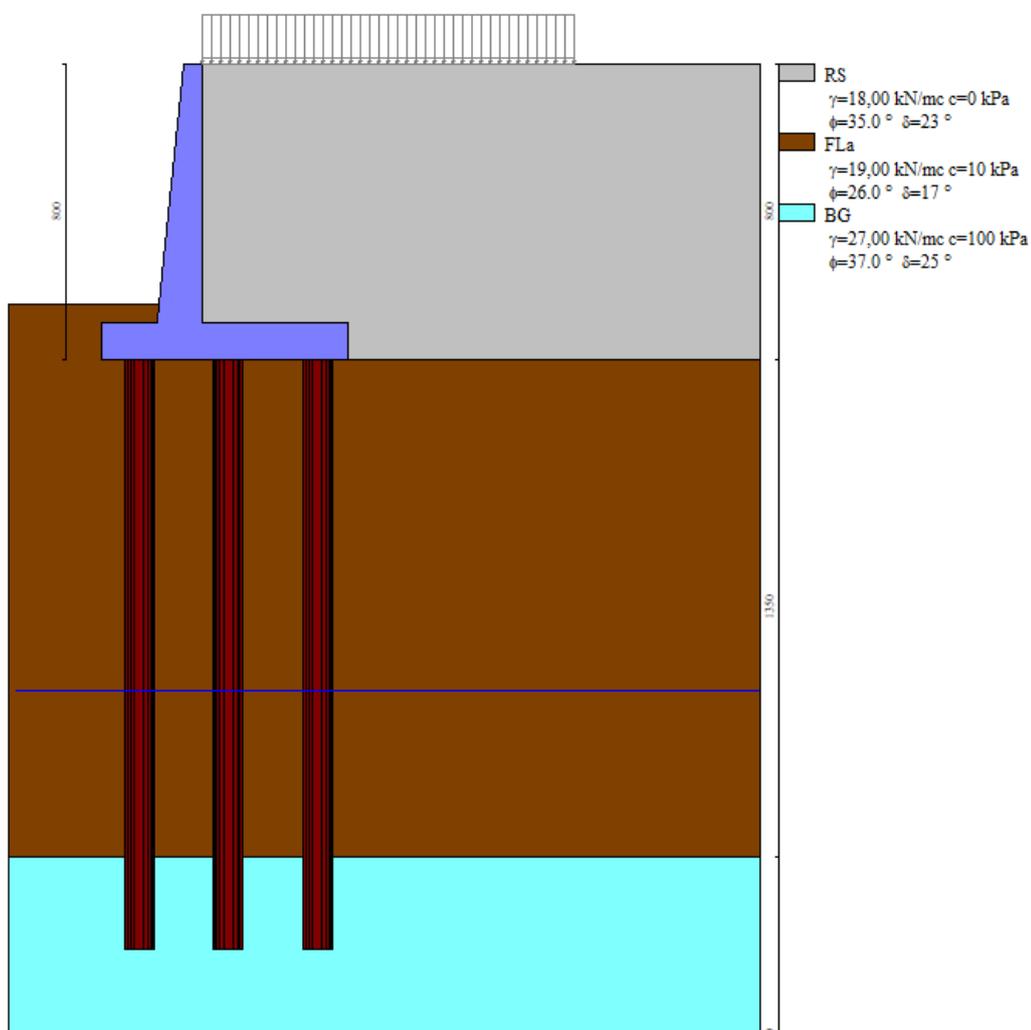


Figura 40-Modello di calcolo muro 1A

Si fa notare che, come specificato al paragrafo seguente, le sollecitazioni a testa palo non dipendono dalla lunghezza dei pali o dal terreno di fondazione. Pertanto, le caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione usate nel modello non sono rilevanti ai fini della determinazione delle sollecitazioni in testa ai pali. Il dimensionamento dei pali di fondazione viene eseguito infatti sulla

base degli scarichi da questo ottenuti e di un confronto degli stessi con la curva di portanza, costruita tenendo conto dell'effettiva stratigrafia del terreno di fondazione.

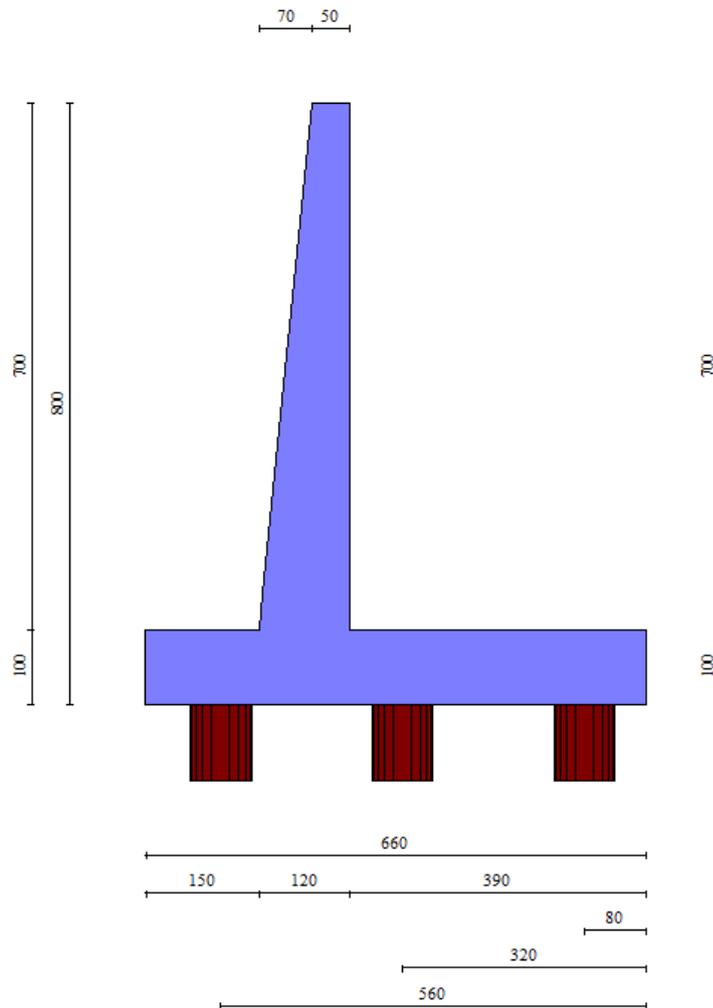


Figura 41: modello geometrico muro tipologico 1A

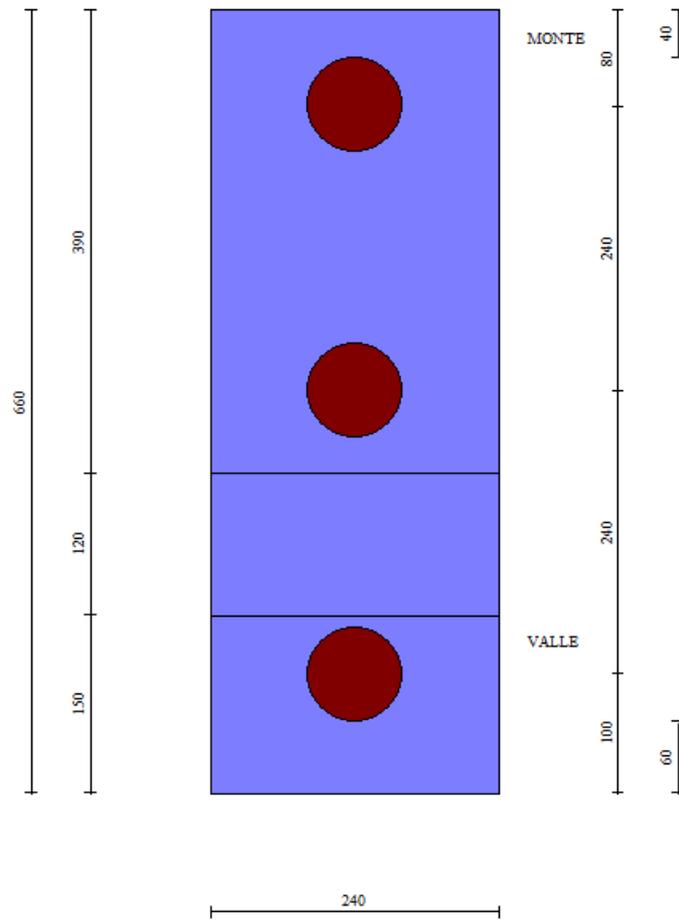


Figura 42: pianta fondazione

9.4.2 Sollecitazioni Paramento

Si riportano le sollecitazioni sul paramento che non sono influenzate dalla lunghezza dei pali o dalla tipologia di terreno di fondazione ma esclusivamente dal terreno spingente a tergo:

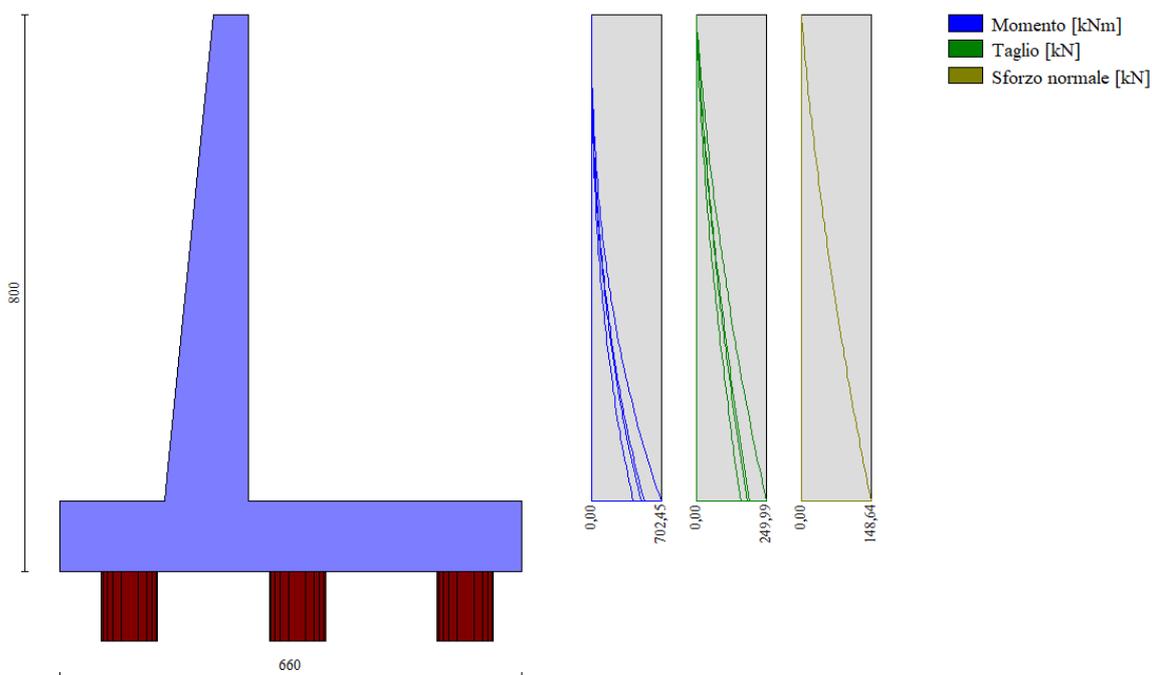


Figura 43 – Involuppo delle sollecitazioni sul paramento del muro di sostegno in condizioni statiche

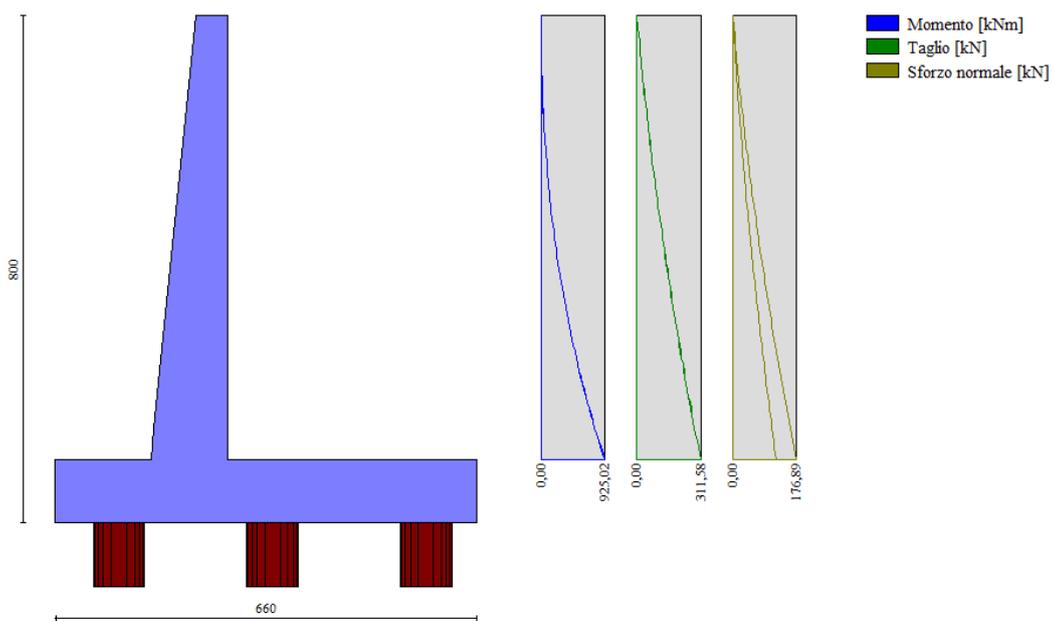


Figura 44- Involuppo delle sollecitazioni sul paramento del muro di sostegno in condizioni sismiche

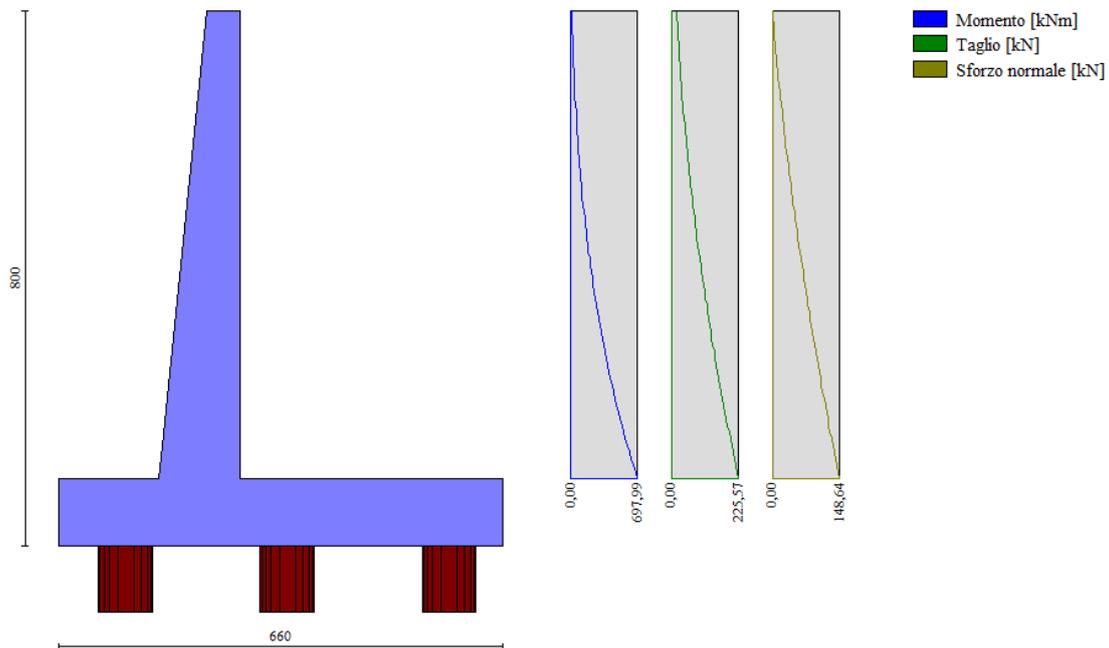


Figura 45: sollecitazioni sul paramento del muro_combinazione eccezionale d'urto

9.4.3 Verifiche strutturali paramento e piastra fondazione

Sia le verifiche a pressoflessione che a taglio sono state eseguite manualmente attraverso l'ausilio di fogli di calcolo strutturati sulla base delle NTC2018 e mediante software di calcolo PressFle sulla base dell'involuppo dei diagrammi delle sollecitazioni. Nelle verifiche è stato considerato un copriferro netto pari a 50mm.

Elemento	STATICA				SISMICA				urto				Max			
	MY, Ed [kNm]	MX, Ed [kNm]	Ned [kN]	Ted [kN]	MY, Ed [kNm]	MX, Ed [kNm]	Ned [kN]	Ted [kN]	MY, Ed [kNm]	MX, Ed [kNm]	Ned [kN]	Ted [kN]	MY, Ed [kNm]	MX, Ed [kNm]	NEd,min [kN]	TEd,min [kN]
Paramento	702,45	-	0	249,99	925,02	-	0,00	311,58	697,99	-	0,00	225,57	925,02	-	0,00	311,58
Fondazione	323,78	290,71	-	870,64	1153,30	433,10	-	1557,24	485,76	271,96	-	852,52	1153,30	433,10	-	1557,24

Di seguito si riportano le armature di progetto previste per le sezioni di calcolo del paramento e della piastra di fondazione.

Tabella 49: Armature di progetto paramento e piastra fondazione

Elemento	Armatura a flessione	
	Lato monte	Lato valle
Paramento	Φ20/10	Φ16/20

Elemento	Armatura a flessione	
	Lato inferiore	Lato superiore
Piastra fondazione	Φ22/10	Φ22/10

Si dispongono ripartitori in fondazione **Φ20/20** e nel paramento **Φ12/20**.

GEOMETRIA				VERIFICA A PRESSOFLESSIONE							
Elemento		b	h	M _{ed,y}	M _{ed,x}	N _{Ed,min}	Armature	c	d	M _{Rd}	FS
		[mm]	[mm]	[kNm]	[kNm]	[kN]		[mm]	[mm]	[kNm]	[-]
Paramento	monte	1000	1150	925,0	-	0,0	φ20/10	50	1100	1264,0	1,37
	valle						φ16/20	50			
Fondazione	Superiore	1000	1000	1153,3	-		φ22/10	50	950	1356,0	1,18
	Inferiore						φ22/10	50			
Fondazione (ripartitori)	Superiore	1000	1000		433,1		φ20/20	50	950	557,8	1,29
	Inferiore						φ20/20	50			

Tabella 50: verifica a pressoflessione

Per il paramento e la fondazione le verifiche a taglio sono condotte con riferimento ad elementi in c.a. non armati a taglio.

Elemento	Geometrie				Armatura long. tesa			Sollecitazioni di Calcolo		TAGLIO RESISTENTE ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO							
	b _w (mm)	H (mm)	c (mm)	d (mm)	n	Ø	A _s (mm ²)	N _{sd} (KN)	V _{sd} (KN)	σ _{cp} (Mpa)	ρ _t	k	f _{ck} (Mpa)	v _{min}	V _{Rdmin} (KN)	V _{Rct} (KN)	F.S.
Paramento	1000	1150	50	1100	10	20	3140	0	311,58	0	0,003	1,43	33,2	0,34	377,91	398,45	1,28
Fondazione	1000	1000	50	950	10	22	3799,4	0	1557,24	0	0,004	1,46	33,2	0,36	337,57	393,81	0,25

Tabella 51: verifica elementi non armati a taglio

La verifica risulta essere non soddisfatta per la fondazione. Si prevedono nel paramento **ganci Φ14/40x40** mentre per la fondazione viene condotta la verifica per elementi armati a taglio, disponendo **ganci Φ14/20x20**. Si riporta la verifica a taglio per la fondazione:

Elemento	Armature trasversali					Inclinazione Bielle Compresse				Taglio Compressione		Taglio Trazione		risultati
	n _b	Ø	p (mm)	A _{sw} (mm ²)	α°	θ°	ctg θ	σ _{cp} (Mpa)	α _c	f' _{cd} (Mpa)	V _{Rcd} (KN)	V _{Rsd} (KN)	V _{rd}	F.S.
Fondazione	5	14	200	769,3	90	27	2	0	1	18,81	3217,08	2573,78	2573,78	1,65

Tabella 52: verifica per elementi armati a taglio

Si riportano infine le verifiche tensionali e a fessurazione:

Verifica delle tensioni	I _p [-]	N _{Ed} [kN]	CLS 32/40		ACCIAIO B450C									
			M _{ed,y} [kNm]	M _{ed,x} [kNm]	σ _{c,y} [Mpa]	σ _{c,x} [Mpa]	σ _{c,max} = 0,6 f _{ck} [Mpa]	FS _y [-]	FS _x [-]	σ _{f,y} [Mpa]	σ _{f,x} [Mpa]	σ _{f,max} = 0,8 f _{yk} [Mpa]	FS _y [-]	FS _x [-]
combinazione rara	Param.	-	531,0	-	5,5		19,2	3,49	-	166,7	-	360,0	2,16	-
	Fond.	-	287,3	284,7	3,1	4,9	19,2	6,19	3,92	85,2	205,6	360,0	4,23	1,75

Tabella 53: verifica tensionale combinazione rara

Verifica delle tensioni	I _p [-]	N _{Ed} [kN]	CLS 32/40		ACCIAIO B450C				
			M _{ed,y} [kNm]	M _{ed,x} [kNm]	σ _{c,y} [Mpa]	σ _{c,x} [Mpa]	σ _{c,max} = 0,45 f _{ck} [Mpa]	FS _y [-]	FS _x [-]
Combinazione quasi permanente	paramento	0,0	421,0	-	4,3	-	14,4	3,35	-
	fondazione	0,0	287,3	261,9	3,1	4,9	14,4	4,65	2,94

Tabella 54: verifica tensionale combinazione quasi permanente

Verifica a fessurazione	I _p [-]	N _{Ed} [kN]	CLS 32/40		ACCIAIO B450C				
			M _{ed,y} [kNm]	M _{ed,x} [kNm]	w _{f,y} [mm]	w _{f,x} [mm]	w _l [mm]	FS _y [-]	FS _x [-]
Combinazione quasi permanente	paramento	0,0	421,0	-	0,090	-	0,200	2,22	-
	fondazione	0,0	287,3	261,9	-	0,180	0,200		1,11

Tabella 55: verifica a fessurazione

9.4.4 Sollecitazioni in testa ai pali

Le sollecitazioni provenienti dal muro vengono ripartite sui pali restituendo le sollecitazioni nei pali in termini di taglio, momento e sforzo normale. Si fa notare che nel software di calcolo, i pali sono stati considerati incernierati in testa ottenendo le sollecitazioni in termini di sforzo normale e taglio. Nella realtà i pali risultano essere incastrati nel plinto di fondazione, pertanto il valore del momento flettente verrà determinato sulla base della teoria di Matlock e Reese di seguito descritta.

Gli scarichi sui pali vengono determinati mediante il metodo delle rigidezze.

La piastra di fondazione viene considerata infinitamente rigida (3 gradi di libertà) ed i pali vengono considerati incernierati a tale piastra.

Lo sforzo normale nei pali è quindi calcolato come segue:

$$N_i = \frac{N_{Ed}}{n} \pm \frac{(M_{Ed})d_i}{\sum_i d_i^2}$$

Mentre le azioni di taglio sono suddivise equamente tra i pali come di seguito riportato:

$$V_i = \frac{V_{Ed}}{n}$$

Si fa notare, quindi, che le sollecitazioni a testa palo non dipendono dalla lunghezza dei pali o dal terreno di fondazione.

Le azioni derivanti da questo modello vengono confrontate con le curve di capacità portante dei pali di fondazione.

In definitiva, gli scarichi a testa palo sono pari a quanto di seguito riportato.

Simbologia adottata

Cmb Indice/Tipo combinazione

Ip Indice palo

N Sforzo normale, espresso in [kN]

M Momento, espresso in [kNm]

T Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	823,07	0	-255
	2	859,16	0	-255
	3	895,26	0	-255
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	238,8	0	-514,09
	2	899,59	0	-514,09
	3	1560,37	0	-514,09
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	-90,87	0	-512,69
	2	651,14	0	-512,69
	3	1393,16	0	-512,69
Ecc-Urto	1	638,79	0	-230,62
	2	758,2	0	-230,62
	3	877,6	0	-230,62
7 - SLER	1	826,45	0	-195,04
	2	809,13	0	-195,04
	3	791,8	0	-195,04
8 - SLEF	1	807,33	0	-187,86
	2	790,43	0	-187,86
	3	773,53	0	-187,86
9 - SLEQ	1	749,94	0	-166,32
	2	734,33	0	-166,32
	3	718,72	0	-166,32

Tabella 56: Scarichi in testa ai pali

Per la valutazione del momento flettente a testa palo si è utilizzata la teoria di Matlock e Reese per la quale il momento agente a quota testa pali è direttamente proporzionale al taglio mediante un coefficiente α (espresso in metri) "coefficiente di Matlock e Reese":

$$M_i(V_{Ed}) = \alpha \frac{V_{Ed}}{n}$$

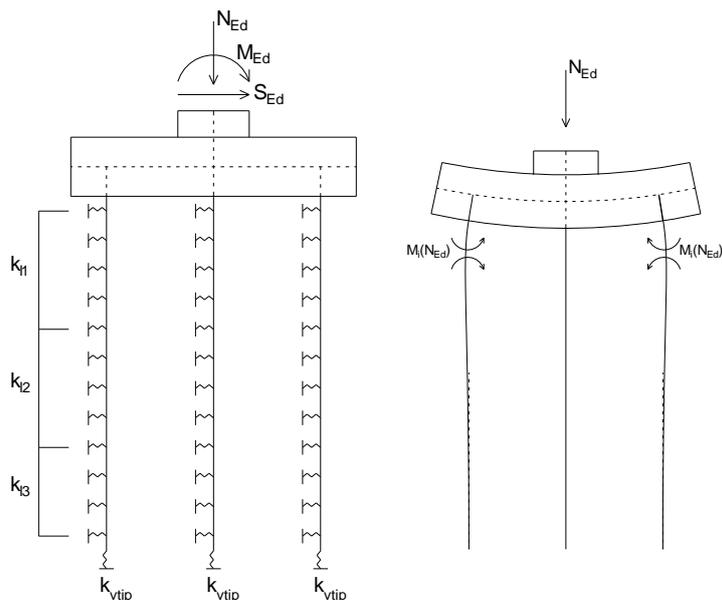


Figura 46 – Modello del plinto su pali ed effetto flessionale su pali dovuto al carico assiale agente sul plinto (a destra)

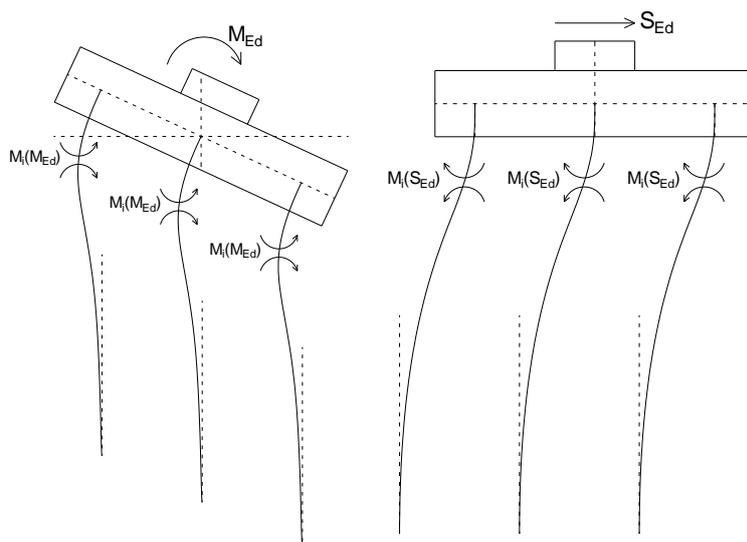
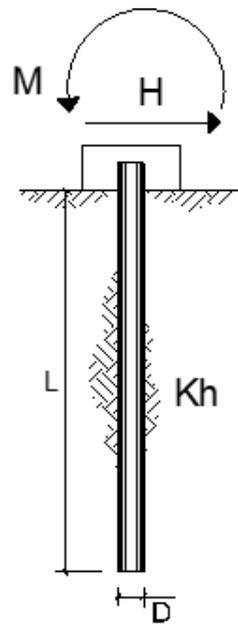


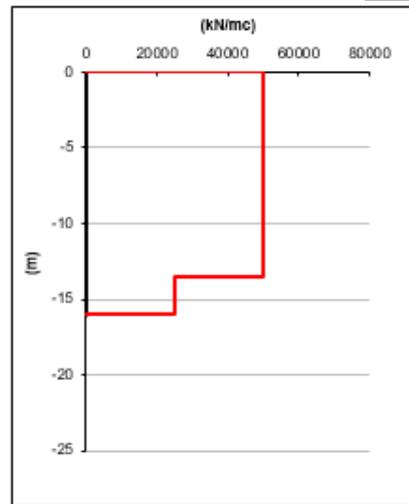
Figura 47 – Effetto flessionale sui pali dovuti al momento flettente (a sinistra) e al taglio (a destra) agenti sul plinto

Il coefficiente α dipende principalmente dalle caratteristiche di rigidità relative palo-terreno e, generalmente, fornisce un valore del momento sollecitante conservativo. Fissato il diametro del palo, D , α dipende quindi dalla rigidità del terreno.

Nel caso in esame:

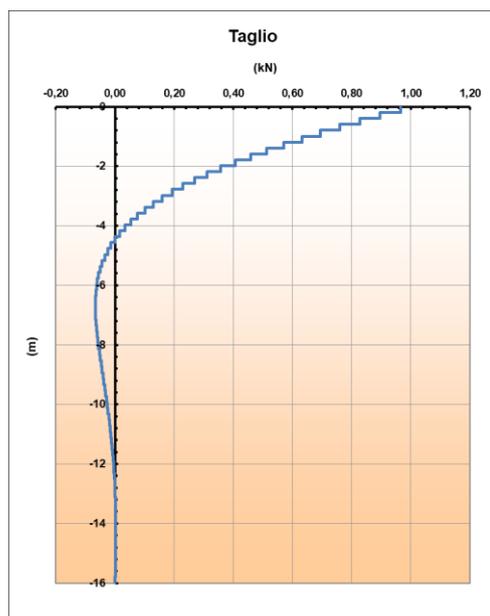
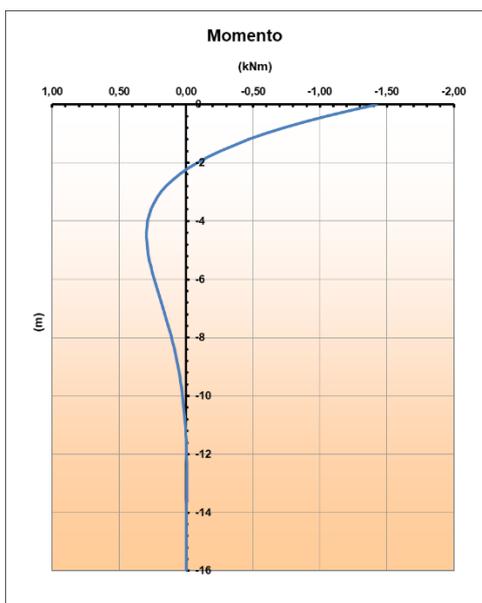


scala grafico



strati terreno	descrizione	quote (m)	k_n (kN/m^3)	n_n (kN/m^3)
p.c.=strato 1	FLa	0,00	50000	0
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	BG	-13,50	25000	0
<input type="checkbox"/> strato 3				
<input type="checkbox"/> strato 4				
<input type="checkbox"/> strato 5				
<input type="checkbox"/> strato 6				

Diametro del palo	0,8	(m)
J palo	0,02011	(m^4)
Lunghezza del palo	16	(m)
Forza orizzontale in testa	1	(kN)
Momento in testa	0	(kNm)
E cls	32600	(Mpa)
dimensione elementi	0,2	(m)



Pertanto, il valore del coefficiente α è pari a:

$$\alpha = M(z=0)/V(z=0)$$

PALI D800

$$\alpha = 1.47 \text{ m}$$

Tabella 57: parametro α

Vengono riportate nella tabella che segue le sollecitazioni in testa ai pali.

Combinazione	Ip	V	α	M	N
	[-]	[kN]	[m]	[kNm]	[kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	255,0	1,470	374,9	823,1
	2	255,0	1,470	374,9	859,2
	3	255,0	1,470	374,9	895,3
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	514,1	1,470	755,7	238,8
	2	514,1	1,470	755,7	899,6
	3	514,1	1,470	755,7	1560,4
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	512,7	1,470	753,7	-90,9
	2	512,7	1,470	753,7	651,1
	3	512,7	1,470	753,7	1393,2
Ecc-Urto	1	230,6	1,470	339,0	638,8
	2	230,6	1,470	339,0	758,2
	3	230,6	1,470	339,0	877,6
7 - SLER	1	195,0	1,470	286,7	826,5
	2	195,0	1,470	286,7	809,1

	3	195,0	1,470	286,7	791,8
8 - SLEF	1	187,9	1,470	276,2	807,3
	2	187,9	1,470	276,2	790,4
	3	187,9	1,470	276,2	773,5
9 - SLEQ	1	166,3	1,470	244,5	749,9
	2	166,3	1,470	244,5	734,3
	3	166,3	1,470	244,5	718,7

Tabella 58: sollecitazioni in testa ai pali

9.4.5 Verifiche strutturali pali

Per i pali di fondazione di diametro $D=800\text{mm}$ si prevedono le seguenti armature:

- Gabbia esterna $20\phi 24$;
- Gabbia interna $20\phi 24$;
- staffa a spirale $\phi 12/15$;

Ai fini delle verifiche si è fatto riferimento per i pali ad un copriferro di calcolo (asse armature) pari a 8cm.

9.4.5.1 Verifiche SLU-Pressoflessione

Occorre osservare che la determinazione dell'armatura nei pali di fondazione dipende anche dal soddisfacimento della verifica a carico limite orizzontale (Broms) riportata al paragrafo 10.1.5.

Si riporta in seguito la verifica a presso-flessione.

Verifica a pressoflessione	I_p	M_{Ed}	N_{Ed}	M_{Rd}	FS
	[-]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[-]
SLU - STR (A1-M1-R3)	1	374,9	823,1	1788,0	4,77
	2	374,9	859,2	1791,0	4,78
	3	374,9	895,3	1795,0	4,79
SLU - STR (A1-M1-R3) H + V	1	755,7	238,8	1723,0	2,28
	2	755,7	899,6	1795,0	2,38
	3	755,7	1560,4	1850,0	2,45
SLU - STR (A1-M1-R3) H - V	1	753,7	-90,9	1681,0	2,23
	2	753,7	651,1	1770,0	2,35
	3	753,7	1393,2	1838,0	2,44
Ecc. Urto	1	339,0	638,8	1769,0	5,22
	2	339,0	758,2	1781,0	5,25
	3	339,0	877,6	1793,0	5,29

Tabella 59: Verifica a pressoflessione

9.4.5.2 Taglio

Le verifiche a taglio sono state condotte con riferimento ad elementi in c.a. armati a taglio, avendo assunto come inclinazione del puntone compresso $\theta = 27^\circ$.

Verifica a taglio ($\theta = 27^\circ$)	I_p	N_{Ed}	V_{Ed}	V_{Rsd}	V_{Rcd}	$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$	FS
	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[-]
SLU - STR (A1-M1-R3)	1	823,1	255,0	658,0	1652,0	658,0	2,58
	2	859,2	255,0	658,0	1652,0	658,0	2,58
	3	895,3	255,0	658,0	1652,0	658,0	2,58
SLU - STR (A1-M1-R3) H + V	1	238,8	514,1	658,0	1652,0	658,0	1,28
	2	899,6	514,1	658,0	1652,0	658,0	1,28
	3	1560,4	514,1	658,0	1652,0	658,0	1,28
SLU - STR (A1-M1-R3) H - V	1	-90,9	512,7	658,0	1652,0	658,0	1,28
	2	651,1	512,7	658,0	1652,0	658,0	1,28
	3	1393,2	512,7	658,0	1652,0	658,0	1,28
Ecc. Urto	1	638,8	230,6	658,0	1652,0	658,0	2,85
	2	758,2	230,6	658,0	1652,0	658,0	2,85
	3	877,6	230,6	658,0	1652,0	658,0	2,85

Tabella 60: verifica a taglio

9.4.5.3 Verifiche SLE

Si riportano le verifiche tensionali e a fessurazione dei pali eseguite mediante il software pressFle.

Verifica delle tensioni	N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	CLS 30/37			ACCIAIO B450C		
			σ_c [Mpa]	$\sigma_{c,max} = 0,6 f_{ck}$ [Mpa]	FS	σ_f [Mpa]	$\sigma_{f,max} = 0,8 f_{yk}$ [Mpa]	FS
			[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
SLE - Rara	826,5	286,7	6,9	18,0	2,61	138,6	360,0	2,60

Tabella 61.verifica limitazione delle tensioni combinazione rara

Verifica delle tensioni	N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	CLS C30/37		FS
			σ_c [Mpa]	$\sigma_{c,max} = 0,45 f_{ck}$ [Mpa]	
			[-]	[-]	
SLE - Quasi Permanente	749,9	244	5,7	13,5	2,37

Tabella 62: verifica limitazione tensioni combinazione quasi permanente

Verifica a fessurazione	N_{Ed}	M_{Ed}	w_f	w_1	FS
	[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[-]
SLE - Quasi Permanente	749,9	244,5	0,110	0,200	1,82
SLE - Frequente	807,3	276,2	0,130	0,300	2,31

Figura 48: verifica a fessurazione

9.4.6 Verifiche geotecniche dei pali

9.4.6.1 Verifica di capacità portante nei confronti dei carichi verticali

La determinazione della lunghezza dei pali è il risultato della verifica di capacità portante. Si riportano le verifiche di capacità portante e la lunghezza dei pali ottenuta.

SFORZO NORMALE MASSIMO PALI			SFORZO NORMALE MINIMO PALI		
Combinazione	Ip	N _{max}	Combinazione	Ip	N _{min}
	[-]	[kN]		[-]	[kN]
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	3	1560,4	3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	-90,9

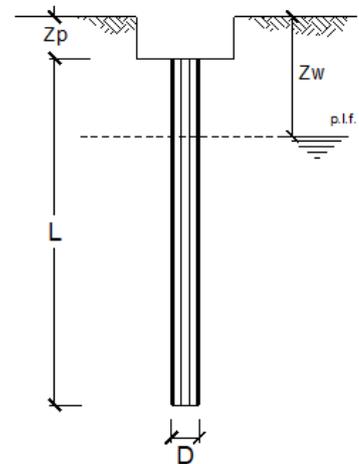
Tabella 63: Verifica di capacità portante nei confronti dei carichi verticali- muri di sostegno

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI MEDIO DIAMETRO

OPERA: Sezione 11a

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D):	0,80	(m)	Area del Palo (A _p):	0,503	(m ²)
Quota testa Palo dal p.c. (Z _p):	0,00	(m)	Quota falda dal p.c. (Z _w):	9,00	(m)
Carico Assiale Permanente (G):	1560	(kN)	Carico Assiale variabile (Q):		(kN)
Numero di strati	2		L _{palo} =	16,00	(m)



coefficienti parziali	azioni		resistenza laterale e di base		
	permanenti	temporanee	ξ	γ _b	γ _s
Metodo di calcolo	γ _G	variabili γ _Q			
Stato limite ultimo (EC7)	1,00	1,30	1,50	1,60	1,30
Tensioni ammissibili	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
definiti dall'utente	1,00	1,00	1,70	1,35	1,15

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO:

Strato	Spess (-) (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	c' (kPa)	φ' (°)	c _u (kPa)
1	13,50	Fla	19,00	0,0	26,0	0,0
2	2,50	BG	19,00	0,0	37,0	0,0

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
(-)	(-)	(-)	(-)
0,56	0,49		0,0
0,40	0,75		0,0
0,00	0,00		

Risultati				
Q _{si}	N _q	N _c	q _b	Q _{bm}
(kN)	(-)	(-)	(kPa)	(kN)
1122,26				
419,95	79,87	0,00	18690,0	9394,6
0,00	0,00	0,00	0,0	0,0

[n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto]

CAPACITA' PORTANTE MEDIA

alla base	R _{bm} =	9394,6 (kN)
laterale	R _{sm} =	1542,2 (kN)
totale	R _{cm} =	10936,8 (kN)

CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO

Q _d =	Q _{bm} / (ξ · γ _b) + Q _{lm} / (ξ · γ _s)
Q _d =	4882,4 (kN)

CARICO ASSIALE AGENTE

N _d =	N _g · γ _G + N _q · γ _Q	F _s = Q _d / N _d
N _d =	1560,0 (kN)	F _s = 3,13

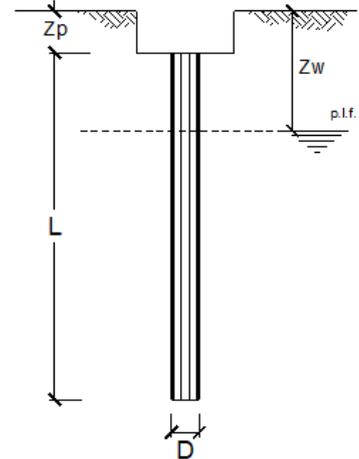
Figura 49: verifica a carico limite di compressione

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI MEDIO DIAMETRO

OPERA: Sezione 11a

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D): 0,80 (m) Area del Palo (Ap): 0,503 (m²)
 Quota testa Palo dal p.c. (Z_p): 0,00 (m) Quota falda dal p.c. (Z_w): 9,00 (m)
 Carico Assiale Permanente (G): 90 (kN) Carico Assiale variabile (Q): (kN)
 Numero di strati 3 $\frac{1}{2}$ Lpalo = 16,00 (m)



coefficienti parziali	azioni		resistenza laterale e di base		
	permanenti	temporanee variabili	ξ	γ_b	γ_s
Metodo di calcolo	γ_G	γ_Q			
Stato limite ultimo (EC7)	1,00	1,30	1,50	1,60	1,30
Tensioni ammissibili	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
definiti dall'utente	1,00	1,00	1,70	1,35	1,25

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO:

Strato	Spess (-) (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)	c _u (kPa)
1	13,50	Fla	19,00	0,0	26,0	0,0
2	2,49	BG	19,00	0,0	37,0	0,0
3	0,01		19,00	0,0	0,0	0,0

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
(-)	(-)	(-)	(-)
0,56	0,49		0,0
0,40	0,75		0,0
0,00	0,00		0,0

Risultati				
Q _{si}	N _q	N _c	q _b	Q _{bm}
(kN)	(-)	(-)	(kPa)	(kN)
1122,26				
418,19				
0,00	0,00	0,00	0,0	0,0

[n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto]

CAPACITA' PORTANTE MEDIA

alla base R_{bm} = 0,0 (kN)
 laterale R_{sm} = 1540,4 (kN)
 totale R_{cm} = 1540,4 (kN)

CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO

Q_d = Q_{bm} / (ξ · γ_b) + Q_{lm} / (ξ · γ_s)
 Q_d = 724,9 (kN)

CARICO ASSIALE AGENTE

N_d = N_g · γ_G + N_q · γ_Q
 N_d = 90,0 (kN)

F_s = Q_d / N_d
 F_s = 8,05

Figura 50: verifica a carico limite a trazione

In accordo con la verifica di capacità portante, è stata considerata una lunghezza dei pali pari a 16m.

9.4.6.2 Verifica di capacità portante nei confronti dei carichi orizzontali

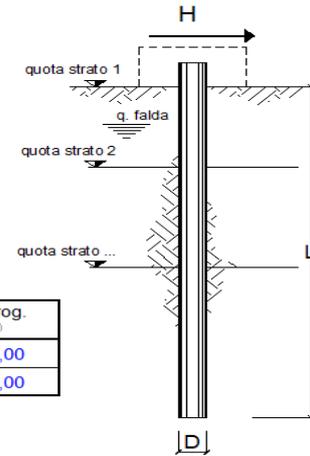
Nel seguito si riportano i risultati riguardanti la verifica di capacità portante nei confronti dei carichi orizzontali dei pali all'SLU, secondo la teoria di Broms descritta nel § 6.1.5.

Verifica di capacità portante H	I _p	V _{Ed}	N _{Ed}	M _{Rd}	H _d	F _d	FS
	[-]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
SLU - STR (A1-M1-R3)	1	255,0	823,1	1788,0	541,0	255,0	2,12
	2	255,0	859,2	1791,0	541,0	255,0	2,12
	3	255,0	895,3	1795,0	541,0	255,0	2,12
SLU - STR (A1-M1-R3) H + V	1	514,1	238,8	1723,0	539,0	514,1	1,05
	2	514,1	899,6	1795,0	541,0	514,1	1,05
	3	514,1	1560,4	1850,0	553,0	514,1	1,08
SLU - STR (A1-M1-R3) H - V	1	512,7	-90,9	1681,0	518,0	512,7	1,01
	2	512,7	651,1	1770,0	529,0	512,7	1,03
	3	512,7	1393,2	1838,0	553,0	512,7	1,08
Eccez. Urto	1	230,6	638,8	1769,0	529,0	230,6	2,29
	2	230,6	758,2	1781,0	541,0	230,6	2,35
	3	230,6	877,6	1793,0	541,0	230,6	2,35

Tabella 64: Verifica di capacità portante nei confronti dei carichi orizzontali – SLU

opera

coefficienti parziali			A		M		R
Metodo di calcolo			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_{ψ}	γ_{cu}	γ_T
SU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1,30	1,50	1,00	1,00	1,00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1,00	1,30	1,00	1,00	1,60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1,30	1,50	1,00	1,00	1,30
	SISMA	<input type="radio"/>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,30
DM88		<input type="radio"/>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
definiti dal progettista			<input checked="" type="radio"/>	1,00	1,00	1,00	1,30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40	1,00	1,00
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21	1,00	1,00

strati terreno	descrizione	quote (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	ϕ (°)	Parametri medi		Parametri minimi	
						k_p	c_u (kPa)	ϕ (°)	k_p
p.c.=strato 1	Unità Fla	0,00	19	9	26	2,56		26	2,56
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	Unità BG	-13,50	27	17	37	4,02		37	4,02
<input type="checkbox"/> strato 3						1,00			1,00
<input type="checkbox"/> strato 4						1,00			1,00
<input type="checkbox"/> strato 5						1,00			1,00
<input type="checkbox"/> strato 6						1,00			1,00

Quota falda -9 (m)
 Diametro del palo D 0,80 (m)
 Lunghezza del palo L 16,00 (m)
 Momento di plasticizzazione palo M_y 1681,57 (kNm)
 Step di calcolo 0,05 (m)

- palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo
(ctrl+r)

	<u>H medio</u>		<u>H minimo</u>	
Palo lungo	1143,4 (kN)		1143,4 (kN)	
Palo intermedio	4077,7 (kN)		4077,7 (kN)	
Palo corto	15637,5 (kN)		15637,5 (kN)	
H_{med}	1143,4 (kN)	Palo lungo	H_{min}	1143,4 (kN)
	$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4)$		672,59 (kN)	
	$H_d = H_k/\gamma_T$		517,37 (kN)	
Carico Assiale Permanente (G):	G =		513 (kN)	
Carico Assiale variabile (Q):	Q =		(kN)	
	$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q =$		513,00 (kN)	
	$FS = H_d / F_d =$		1,01	

Figura 51: verifica Broms-carico limite orizzontale

9.4.7 Verifiche locali per azioni d'urto

In questo paragrafo sono riportati i risultati ottenuti dalle verifiche locali dei cordoli che ospitano le barriere di sicurezza. Il carico di progetto come definito al paragrafo 7.4. è costituito dalla forza orizzontale di plasticizzazione della barriera pari a $F = 79.5\text{kN}$, applicata alla quota di 1,0 m sopra il piano di marcia e 100 mm sotto la sommità della barriera.

Nel caso in esame si assume che la forza agisca ad una distanza $d = 1.00\text{ m}$ dalla base della barriera.

Il muro in testa presenta uno spessore pari a 0.5m. Si dispongono staffe $\Phi 16/20+$ legatura centrale.

La funzione di tali staffe è duplice:

- **Equilibrare l'azione orizzontale F;**
- **Equilibrare la trazione dei tirafondi della barriera nel meccanismo di pull out.**

Per il punto 1. Il cono di rottura che determina il numero di staffe resistenti si determina secondo quanto riportato nella figura seguente, ipotizzando una diffusione a 45° della sollecitazione agente a partire dalla posizione dei tirafondi tesi. Si considera una larghezza della piastra di 0.40m posizionata a 0.10m dal bordo del muro. La forza orizzontale F è equilibrata dalle barre $\Phi 16/20$ che sono sempre presenti all'interno del cono di rottura evidenziato nella seguente figura.

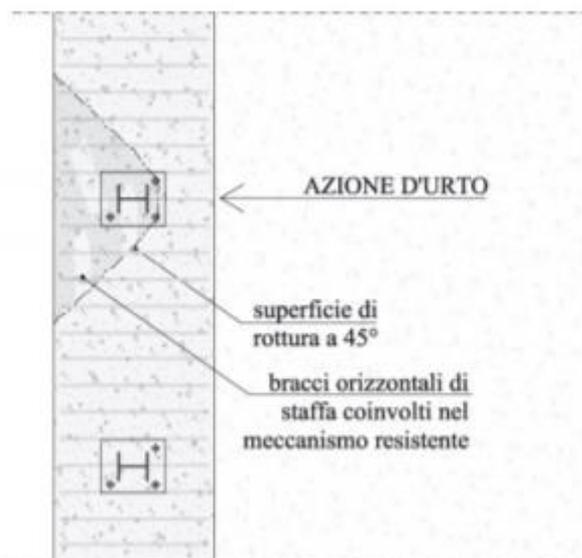


Figura 52: cono di diffusione verifica staffe orizzontali

In dettaglio la forza orizzontale rappresenta l'azione di urto, che è pari a $F=79.5$ kN.

Le barre $\Phi 16/20$ oppongono una resistenza a tale forza espressa dalla seguente relazione:

$$F_R = n \cdot \frac{A_s f_{yk}}{\gamma_d}$$

Dove A_s è l'area della staffa e n è il numero di bracci presenti nel cono di diffusione.

Nel caso in esame è stata assunta, in maniera cautelativa, come base del cono di rottura la larghezza della piastra pari a 0.4m che permette di individuare in una larghezza collaborante pari a 0.9m, 5 ferri.

Conseguentemente si ha:

verifica delle staffe orizzontali				
Larghezza collaborante	n bracci orizzontali	Fsd	Frd	FS
[m]	[-]	[KN]	[KN]	[-]
0,90	5	79,53	204,4	2,6

Tabella 65: verifica delle staffe orizzontali

La verifica risulta soddisfatta.

Per il punto 2. Il cono di rottura che determina il numero di staffe e quindi di bracci verticali resistenti si determina secondo quanto riportato nella seguente figura, ipotizzando una diffusione a 45° a

partire dall'interasse dei tirafondi tesi. La trazione agente nei tirafondi è equilibrata dai bracci verticali delle staffe e da eventuali legature.

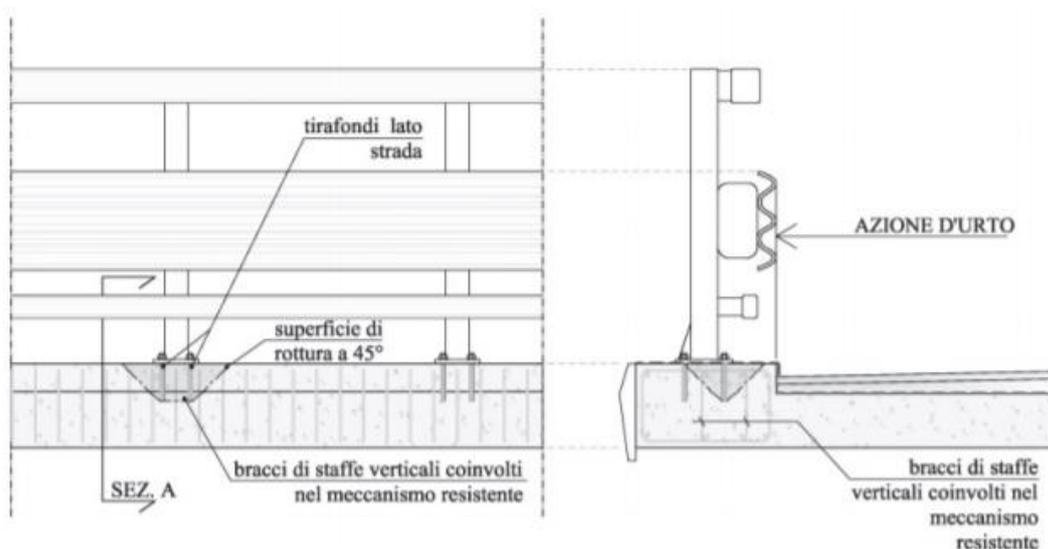


Figura 53: cono di diffusione verifica staffe verticali

Ipotizzando un braccio di leva delle forze interne della piastra di base della barriera pari a $l = 0.22$ m e un'altezza h della barriera sopra tale piastra di 1 m, si stima T_d come:

$$T_d = \frac{N \cdot h}{l}$$

Si dispongono delle staffe $\Phi 16/20$ +una legatura. Ipotizzando una lunghezza dei tirafondi di almeno 19 cm (nonché l'interasse tra i due tirafondi tesi di 0.22 m), risulta una lunghezza di diffusione trasversale pari a 0.6m e longitudinale di 0.68m. I bracci verticali compresi nel cono di diffusione sono 3+3 legature.

Pertanto si calcola la trazione resistente pari a:

$$T_r = n \cdot A_s \cdot f_{yd}$$

verifica delle staffe verticali						
Ltrasv	Blong	staffe	legature	Td	Tr	FS
	[m]	n. ferri	n. ferri	[KN]	[KN]	
0,60	0,68	3	3	361,48	472,06	1,3

Tabella 66: verifica delle staffe verticali

10 ANALISI E VERIFICHE MURO TIPO 2

Di seguito si riportano i risultati delle analisi del muro tipologico 2 le cui caratteristiche geometriche sono indicate nella seguente tabella.

Tipologico	fondazione	$H_{\text{paramento}}$	$H_{\text{fondazione}}$	$L_{\text{fondazione}}$	Mensola monte	Mensola valle
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
TIPO2	diretta	3.2	0.80	3.00	1.70	0.53

10.1 Modello di calcolo

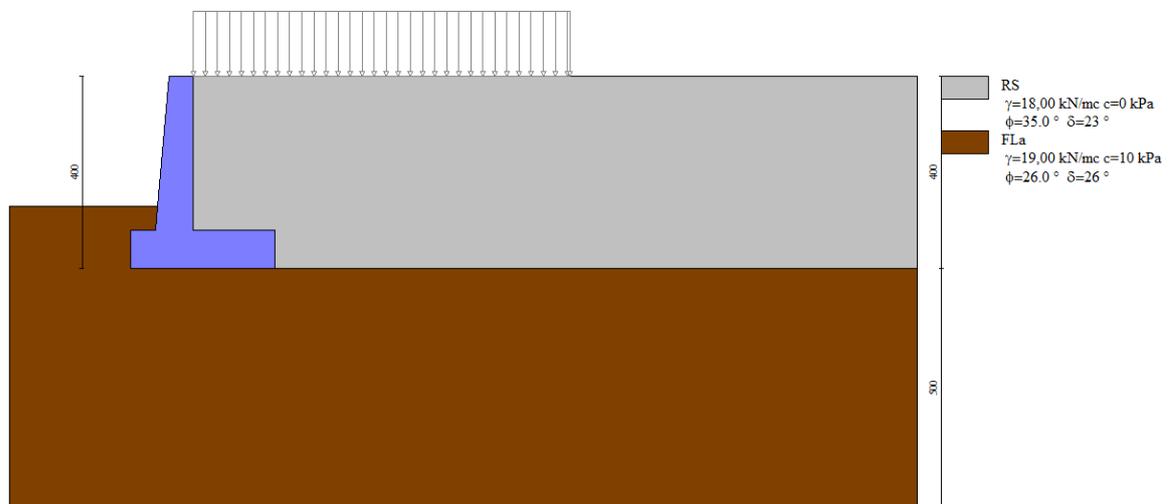


Figura 54-Modello di calcolo muro

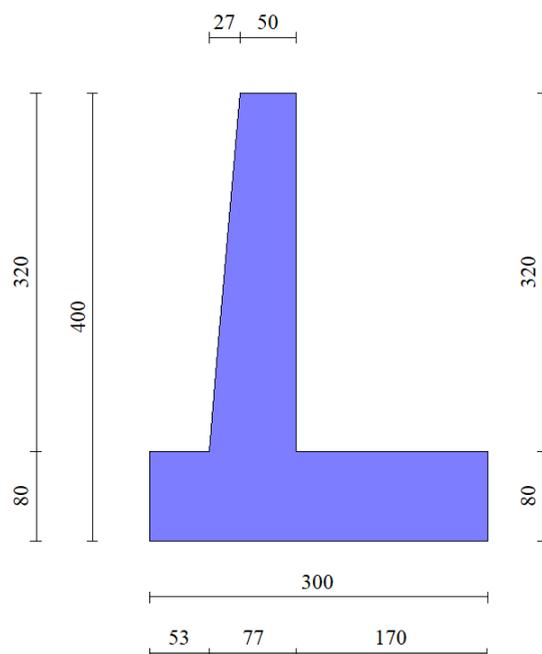


Figura 55- Geometria muro

10.2 Risultati e sollecitazioni

Si riportano i risultati delle verifiche geotecniche e le sollecitazioni per le combinazioni statiche/sismiche e per la combinazione eccezionale d'urto.

n°	Combinazione	Sismica	FSsco	FSqlim	FSrib	FSstab	FShyd	FSupl
1	STR (A1-M1-R3)		2,071	4,572	--	--	--	--
2	STR (A1-M1-R3)	H + V	1,536	3,512	--	--	--	--
3	STR (A1-M1-R3)	H - V	1,415	3,719	--	--	--	--
4	GEO (A2-M2-R2)		--	--	--	1,967	--	--
5	GEO (A2-M2-R2)	H + V	--	--	--	2,226	--	--
6	GEO (A2-M2-R2)	H - V	--	--	--	2,195	--	--
7	EQU (A1-M1-R3)		--	--	5,110	--	--	--
8	EQU (A1-M1-R3)	H + V	--	--	2,685	--	--	--
9	EQU (A1-M1-R3)	H - V	--	--	2,097	--	--	--

Figura 56: Fattori di sicurezza verifiche statiche e sismiche

n°	Combinazione	Sismica	FSsco	FSqlim	FSrib	FSstab	FShyd	FSupl
1	STR (A1-M1-R3)		1,523	2,575	--	--	--	--
2	GEO (A2-M2-R2)		--	--	--	2,026	--	--
3	EQU (A1-M1-R3)		--	--	2,110	--	--	--

Figura 57: Fattori di sicurezza- urto

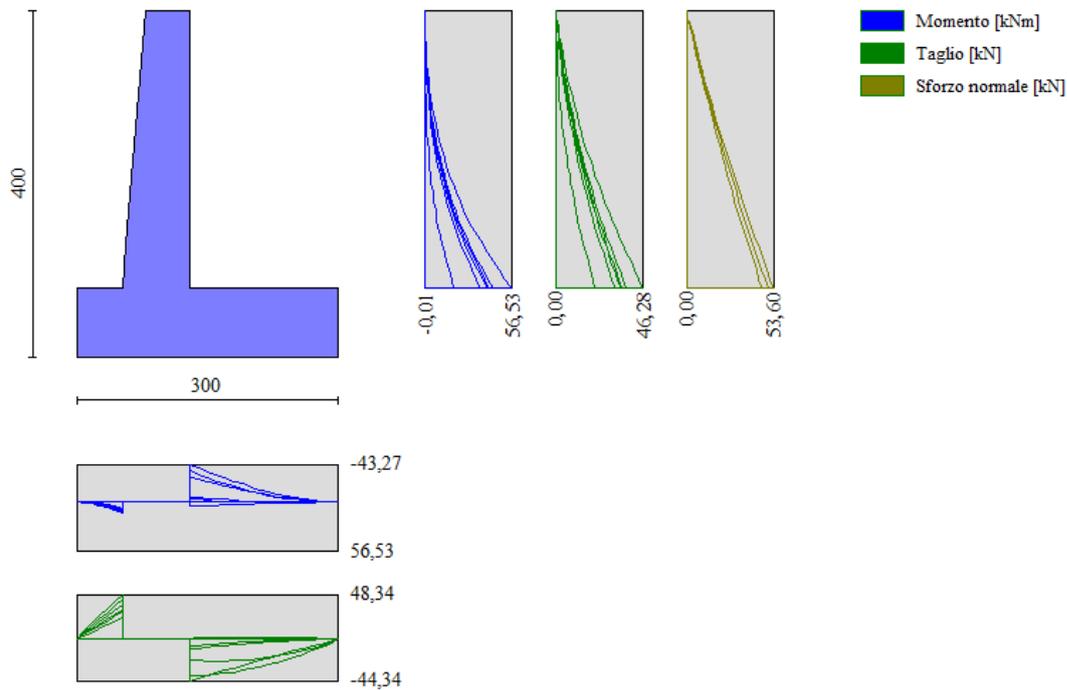


Figura 58:Involuppo diagrammi sollecitazioni- condizioni statiche e sismiche

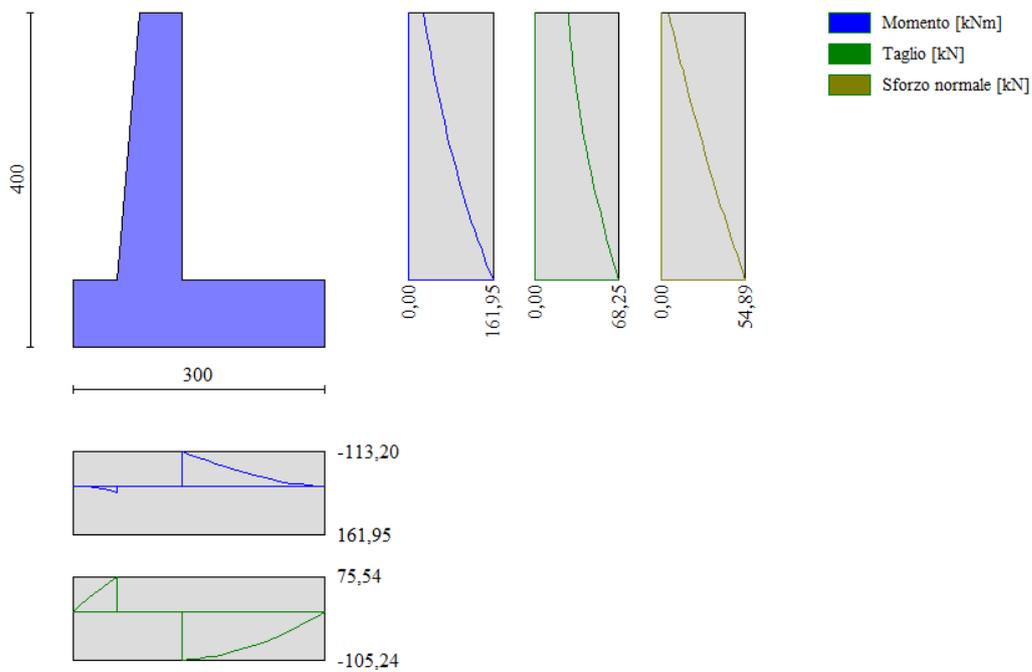


Figura 59:Involuppo diagrammi sollecitazioni – condizione urto

Elemento	SLU/SLV			URTO			Max		
	M_{Ed}	N_{Ed}	T_{Ed}	M_{Ed}	N_{Ed}	T_{Ed}	M_{Ed}	$N_{Ed,min}$	$T_{Ed,min}$
	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]
Paramento	56,53	53,6	46,28	161,95	54,89	68,25	161,95	54,89	68,25
Fondazione	43,27	-	48,34	113,20	-	105,24	113,20	0,00	105,24

Tabella 67. sollecitazioni massime muro di sostegno

10.3 Armatura paramento e piastra di fondazione

Di seguito si riportano le armature di progetto previste per le sezioni di calcolo del paramento e della piastra di fondazione. Sia le verifiche a pressoflessione che a taglio sono state eseguite manualmente attraverso l'ausilio di fogli di calcolo strutturati sulla base delle NTC2018 e mediante software di calcolo PressFle sulla base dell'involuppo dei diagrammi delle sollecitazioni.

Tabella 68: armature di progetto paramento e piastra di fondazione

Elemento	Armatura a flessione		Elemento	Armatura a flessione	
	Lato monte	Lato valle		Lato inferiore	Lato superiore
Paramento	Φ16/20	Φ12/20	Piastra fondazione	Φ16/20	Φ16/20

Le verifiche a taglio sono condotte con riferimento ad elementi in c.a. non armati a taglio, tuttavia si prevedono ganci Φ10/40x40 per legare le armature nel paramento e Φ10/40x40 in fondazione, ripartitori Φ12/20cm ed una opportuna staffatura per la mensola portabarriera di testa.

Tabella 69: armatura mensola portabarriera

Elemento	Armatura a taglio
	Spilli
mensola di testa	Φ16/20cm + 1 legatura

10.4 Verifiche allo SLU

Si riportano i risultati delle verifiche a pressoflessione e taglio per la sezione di base del paramento e per la fondazione. Nelle verifiche è stato considerato un copriferro netto pari a 50mm.

GEOMETRIA				VERIFICA A PRESSOFLESSIONE						
Elemento		b	h	M _{Ed}	N _{Ed,min}	Armature	c	d	M _{Rd}	FS
		[mm]	[mm]	[kNm]	[kN]		[mm]	[mm]	[kNm]	[-]
Paramento	monte	1000	800	162,0	54,9	φ16/20	50	750	282,0	1,74
	valle					φ12/20	50			
Fondazione	Superiore	1000	800	113,2		φ16/20	50	750	284,0	2,51
	Inferiore					φ16/20	70			

Tabella 70: verifica a pressoflessione

Le verifiche a taglio sono condotte con riferimento ad elementi in c.a. non armati a taglio, tuttavia si prevedono ganci φ10/20x40 nel paramento e ganci φ10/40x40 in fondazione:

Elemento	Geometrie				Armatura long. tesa			Sollecitazioni di Calcolo		TAGLIO RESISTENTE ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO							
	b _w (mm)	H (mm)	c (mm)	d (mm)	n	Ø	A _s (mm ²)	N _{sd} (KN)	V _{sd} (KN)	σ _{cp} (Mpa)	ρ _t	k	f _{ck} (Mpa)	v _{min}	V _{Rdmin} (KN)	V _{Rct} (KN)	F.S.
Paramento	1000	800	50	750	5	16	1004,8	0	68,25	0	0,001	1,52	33,2	0,38	282,43	224,44	3,29
Fondazione	1000	800	50	750	5	16	1004,8	0	105,24	0	0,001	1,52	33,2	0,38	282,43	224,44	2,13

Tabella 71: verifica per elementi non armati a taglio

10.5 Verifiche allo SLE

Ai fini delle verifiche agli stati limite di esercizio si è provveduto a verificare che le tensioni massime nel calcestruzzo e nell'acciaio siano inferiori ai valori limite riportati nella seguente tabella:

CALCESTRUZZO ELEVAZIONE/FONDAZIONE C32/40

σ _{c,max,Q.P.} = 0,45 f _{ck}	14.4	MPa	(combinazione di carico Quasi Permanente)
σ _{c,max,R.} = 0,60 f _{ck}	19.2	MPa	(combinazione di carico Rara)

Tabella 72: limiti tensione calcestruzzo

ACCIAIO

σ _{f,max} = 0,80 f _{yK}	360	MPa	(combinazione di carico Rara)
---	-----	-----	-------------------------------

Tabella 73: limiti tensione acciaio

nonché di verificare che l'apertura delle fessure sia inferiore al valore limite di w₁=0,2mm (Classe di esposizione XC4 ed armature poco sensibili).

Pertanto dovrà risultare:

- Combinazione Quasi permanente: w₁≤0.2mm

- Combinazione Frequente: $w \leq 0.3\text{mm}$

Verifica delle tensioni	I_p [-]	N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	CLS 32/40			ACCIAIO B450C		
				σ_c [Mpa]	$\sigma_{c,max} = 0,6 f_{ck}$ [Mpa]	FS	σ_f [Mpa]	$\sigma_{f,max} = 0,8 f_{yk}$ [Mpa]	FS
combinazione rara	paramento	50,0	41,9	1,3	19,2	14,77	58,9	360,0	6,11
	fondazione	-	8,4	0,3	19,2	64,00	11,8	360,0	30,51

Tabella 74: verifica tensionale-combinazione rara

Verifica delle tensioni	I_p [-]	N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	CLS 32/40		
				σ_c [Mpa]	$\sigma_{c,max} = 0,45 f_{ck}$ [Mpa]	FS
Combinazione quasi permanente	paramento	50,0	18,9	0,6	14,4	24,00
	fondazione	0,0	6,3	0,2	14,4	72,00

Tabella 75: verifica tensionale- combinazione quasi permanente

Le verifiche risultano essere soddisfatte. La sezione inoltre risulta essere non fessurata.

10.6 Verifiche locali per azioni d'urto

In questo paragrafo sono riportati i risultati ottenuti dalle verifiche locali dei cordoli che ospitano le barriere di sicurezza. Il carico di progetto come definito al paragrafo 7.4. è costituito dalla forza orizzontale di plasticizzazione della barriera pari a $F = 79.5\text{kN}$, applicata alla quota di 1,0 m sopra il piano di marcia e 100 mm sotto la sommità della barriera.

Nel caso in esame si assume che la forza agisca ad una distanza $d = 1.00\text{ m}$ dalla base della barriera.

Il muro in testa presenta uno spessore pari a 0.5m. Si dispongono staffe $\Phi 16/20+$ legatura centrale.

La funzione di tali staffe è duplice:

- **Equilibrare l'azione orizzontale F;**
- **Equilibrare la trazione dei tirafondi della barriera nel meccanismo di pull out.**

Per il punto 1. Il cono di rottura che determina il numero di staffe resistenti si determina secondo quanto riportato nella figura seguente, ipotizzando una diffusione a 45° della sollecitazione agente a partire dalla posizione dei tirafondi tesi. Si considera una larghezza della piastra di 0.40m

posizionata a 0.10m dal bordo del muro. La forza orizzontale F è equilibrata dalle barre $\Phi 16/20$ che sono sempre presenti all'interno del cono di rottura evidenziato nella seguente figura.

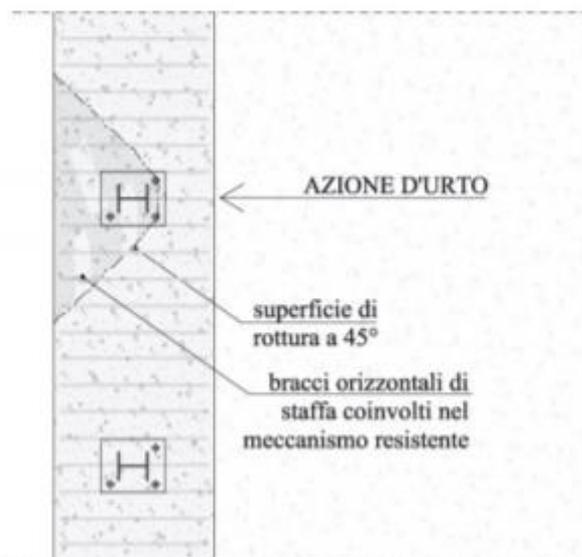


Figura 60: cono di diffusione verifica staffe orizzontali

In dettaglio la forza orizzontale rappresenta l'azione di urto, che è pari a $F=79.5$ kN.

Le barre $\Phi 16/20$ oppongono una resistenza a tale forza espressa dalla seguente relazione:

$$F_R = n \cdot \frac{A_s f_{yk}}{\gamma_d}$$

Dove A_s è l'area della staffa e n è il numero di bracci presenti nel cono di diffusione.

Nel caso in esame è stata assunta, in maniera cautelativa, come base del cono di rottura la larghezza della piastra pari a 0.4m che permette di individuare in una larghezza collaborante pari a 0.9m, 5 ferri.

Conseguentemente si ha:

verifica delle staffe orizzontali				
Larghezza collaborante	n bracci orizzontali	Fsd	Frd	FS
[m]	[-]	[KN]	[KN]	[-]
0,90	5	79,53	204,4	2,6

Tabella 76: verifica delle staffe orizzontali

La verifica risulta soddisfatta.

Per il punto 2. Il cono di rottura che determina il numero di staffe e quindi di bracci verticali resistenti si determina secondo quanto riportato nella seguente figura, ipotizzando una diffusione a 45° a partire dall'interasse dei tirafondi tesi. La trazione agente nei tirafondi è equilibrata dai bracci verticali delle staffe e da eventuali legature.

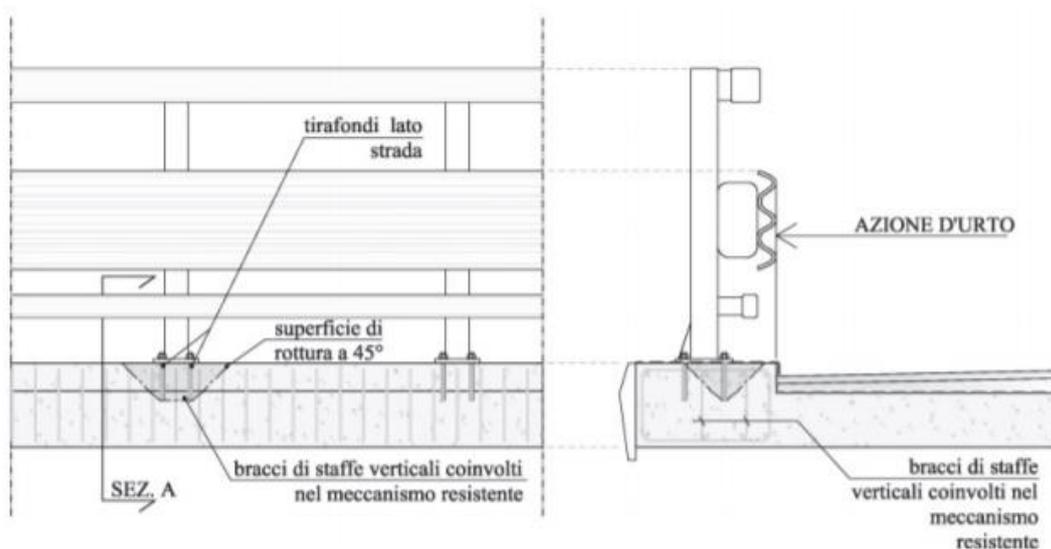


Figura 61: cono di diffusione verifica staffe verticali

Ipotizzando un braccio di leva delle forze interne della piastra di base della barriera pari a $l = 0.22$ m e un'altezza h della barriera sopra tale piastra di 1 m, si stima T_d come:

$$T_d = \frac{N \cdot h}{l}$$

Si dispongono delle staffe $\Phi 16/20$ +una legatura. Ipotizzando una lunghezza dei tirafondi di almeno 19 cm (nonché l'interasse tra i due tirafondi tesi di 0.22 m), risulta una lunghezza di diffusione trasversale pari a 0.6m e longitudinale di 0.68m. I bracci verticali compresi nel cono di diffusione sono 3+3 legature.

Pertanto si calcola la trazione resistente pari a:

$$T_r = n \cdot A_s \cdot f_{yd}$$

verifica delle staffe verticali						
Ltrasv	Blong	staffe	legature	Td	Tr	FS
	[m]	n. ferri	n. ferri	[KN]	[KN]	
0,60	0,68	3	3	361,48	472,06	1,3

Tabella 77: verifica delle staffe verticali

11 ANALISI E VERIFICHE MURO TIPO 3

Di seguito si riportano i risultati delle analisi del muro tipologico 3 le cui caratteristiche geometriche sono indicate nella seguente tabella.

Tipologico	fondazione	$H_{\text{paramento}}$	$H_{\text{fondazione}}$	$L_{\text{fondazione}}$	Mensola monte	Mensola valle
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
TIPO3	diretta	1.7	0.80	2.50	1.60	0.25

11.1 Modello di calcolo

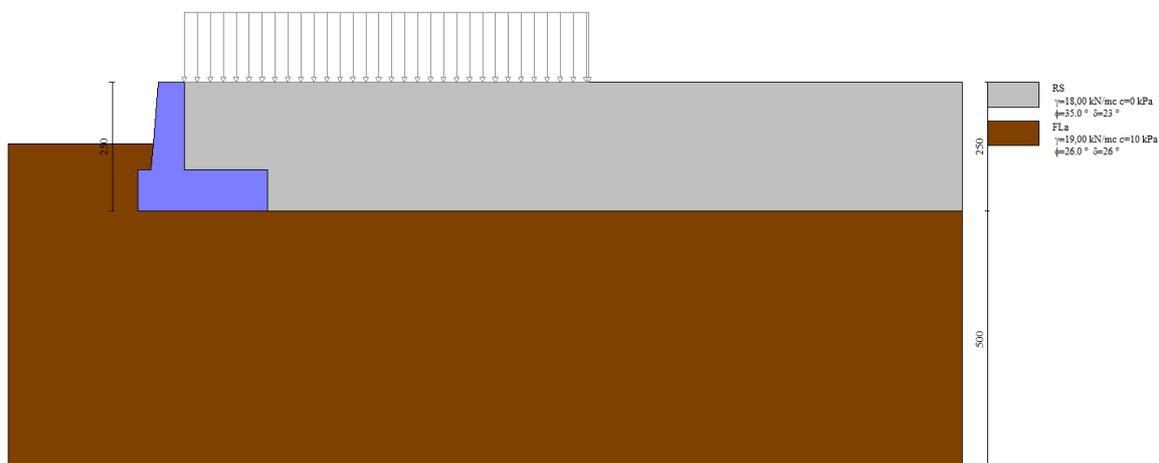


Figura 62-Modello di calcolo muro

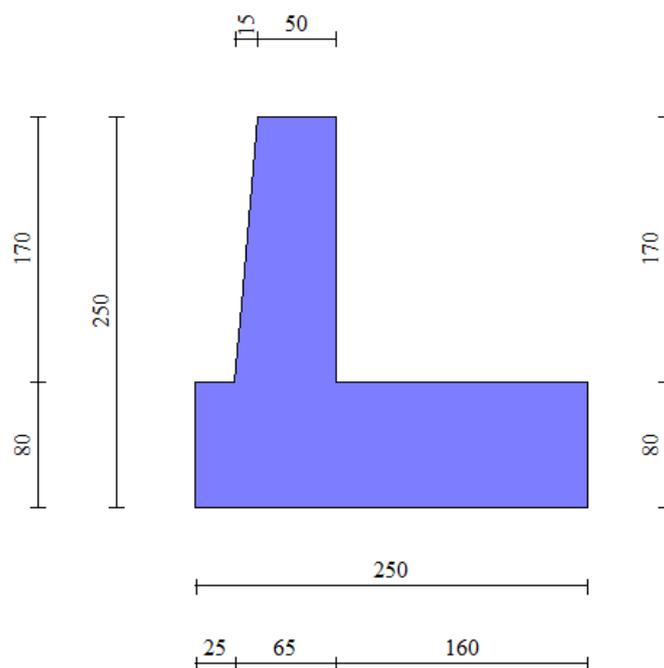


Figura 63: modello geometrico muro tipologico 3

11.2 Risultati e sollecitazioni

Si riportano i risultati delle verifiche geotecniche e le sollecitazioni per le combinazioni statiche/sismiche e per la combinazione eccezionale d'urto.

n°	Combinazione	Sismica	F _{Ssco}	F _{Sqlim}	F _{Srib}	F _{Sstab}	F _{Shyd}	F _{Supl}
1	STR (A1-M1-R3)		2,760	6,292	--	--	--	--
2	STR (A1-M1-R3)	H + V	1,879	6,046	--	--	--	--
3	STR (A1-M1-R3)	H - V	1,711	6,461	--	--	--	--
4	GEO (A2-M2-R2)		--	--	--	2,676	--	--
5	GEO (A2-M2-R2)	H + V	--	--	--	3,264	--	--
6	GEO (A2-M2-R2)	H - V	--	--	--	3,185	--	--
7	EQU (A1-M1-R3)		--	--	8,104	--	--	--
8	EQU (A1-M1-R3)	H + V	--	--	3,826	--	--	--
9	EQU (A1-M1-R3)	H - V	--	--	2,702	--	--	--

Figura 64: Fattori di sicurezza verifiche statiche e sismiche

n°	Combinazione	Sismica	F Ssco	F Sqlim	F Srib	F Sstab	F Shyd	F Supl
1	STR (A1-M1-R3)		1,308	2,409	--	--	--	--
2	GEO (A2-M2-R2)		--	--	--	2,823	--	--
3	EQU (A1-M1-R3)		--	--	1,494	--	--	--

Figura 65: Fattori di sicurezza- urto

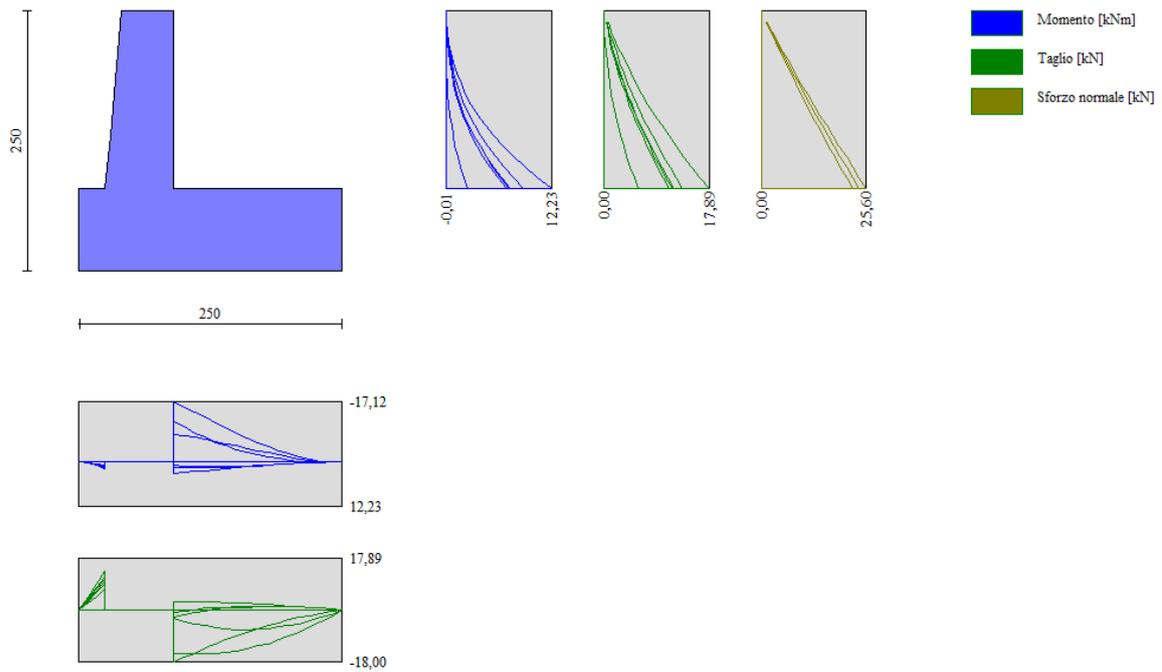


Figura 66: Involuppo diagrammi sollecitazioni- condizioni statiche e sismiche

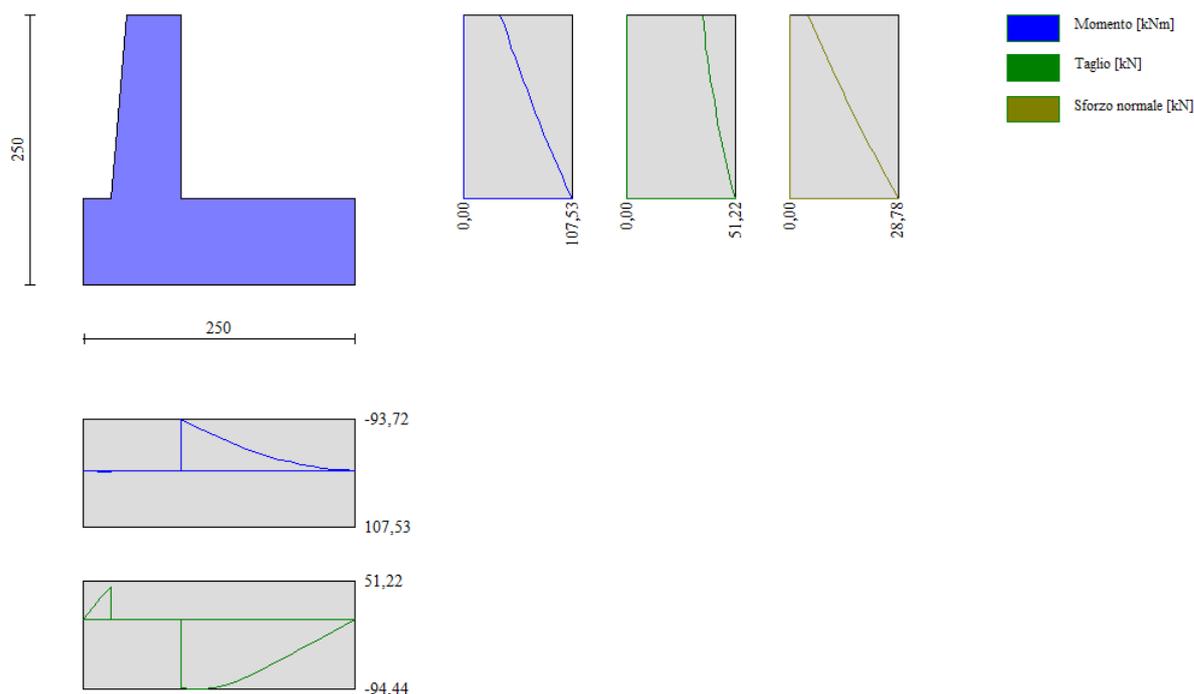


Figura 67: Involvement diagrams of solicitations – condition impact

Elemento	SLU/SLV			URTO			Max		
	M_{Ed}	N_{Ed}	T_{Ed}	M_{Ed}	N_{Ed}	T_{Ed}	M_{Ed}	$N_{Ed,min}$	$T_{Ed,min}$
	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]
Paramento	12,23	25,6	17,89	107,53	28,78	51,22	107,53	28,78	51,22
Fondazione	17,12	-	18	93,72	-	94,44	93,72	0,00	94,44

Tabella 78. solicitations maximum wall of support

11.3 Armatura paramento e piastra di fondazione

Di seguito si riportano le armature di progetto previste per le sezioni di calcolo del paramento e della piastra di fondazione. Sia le verifiche a pressoflessione che a taglio sono state eseguite manualmente attraverso l'ausilio di fogli di calcolo strutturati sulla base delle NTC2018 e mediante software di calcolo PressFle sulla base dell'involvement dei diagrammi delle solicitations.

Tabella 79: armatures of design paramento and foundation plate

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 123 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

Elemento	Armatura a flessione	
	Lato monte	Lato valle
Paramento	Φ16/20	Φ12/20

Elemento	Armatura a flessione	
	Lato inferiore	Lato superiore
Piastra fondazione	Φ16/20	Φ16/20

Le verifiche a taglio sono condotte con riferimento ad elementi in c.a. non armati a taglio, tuttavia si prevedono ganci Φ10/40x40 per legare le armature nel paramento e Φ10/40x40 in fondazione, ripartitori Φ12/20cm ed una opportuna staffatura per la mensola portabarriera di testa.

Tabella 80: armatura mensola portabarriera

Elemento	Armatura a taglio
	Spilli
mensola di testa	Φ16/20cm + 1 legatura

11.4 Verifiche allo SLU

Si riportano i risultati delle verifiche a pressoflessione e taglio per la sezione di base del paramento e per la fondazione. Nelle verifiche è stato considerato un copriferro netto pari a 50mm.

GEOMETRIA				VERIFICA A PRESSOFLESSIONE						
Elemento		b	h	M _{Ed}	N _{Ed,min}	Armature	c	d	M _{Rd}	FS
		[mm]	[mm]	[kNm]	[kN]		[mm]	[mm]	[kNm]	[-]
Paramento	monte	1000	600	107,5	28,8	φ16/20	50	550	209,0	1,94
	valle					φ12/20			50	
Fondazione	Superiore	1000	800	93,7		φ16/20	50	750	284,0	3,03
	Inferiore					φ16/20			70	

Tabella 81: verifica a pressoflessione

Le verifiche a taglio sono condotte con riferimento ad elementi in c.a. non armati a taglio, tuttavia si prevedono ganci Φ10/40x40 nel paramento e ganci Φ10/40x40 in fondazione:

Elemento	Geometrie				Armatura long. tesa			Sollecitazioni di Calcolo		TAGLIO RESISTENTE ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO								
	b _w (mm)	H (mm)	c (mm)	d (mm)	n	Ø	A _s (mm ²)	N _{sd} (KN)	V _{sd} (KN)	σ _{cp} (Mpa)	ρ _l	k	f _{ck} (Mpa)	v _{min}	V _{Rdmin} (KN)	V _{Ret} (KN)	F.S.	
Paramento	1000	600	50	550	5	16	1004,8	0	51,22	0	0,002	1,60	33,2	0,41	225,12	192,95	3,77	
Fondazione	1000	800	50	750	5	16	1004,8	0	94,44	0	0,001	1,52	33,2	0,38	282,43	224,44	2,38	

Tabella 82: verifica per elementi non armati a taglio

11.5 Verifiche allo SLE

Ai fini delle verifiche agli stati limite di esercizio si è provveduto a verificare che le tensioni massime nel calcestruzzo e nell'acciaio siano inferiori ai valori limite riportati nella seguente tabella:

CALCESTRUZZO ELEVAZIONE/FONDAZIONE C32/40

$\sigma_{c,max,Q.P.} = 0,45 f_{cK}$	14.4	MPa	(combinazione di carico Quasi Permanente)
$\sigma_{c,max,R.} = 0,60 f_{cK}$	19.2	MPa	(combinazione di carico Rara)

Tabella 83: limiti tensione calcestruzzo

ACCIAIO

$\sigma_{f,max} = 0,80 f_{yK}$	360	MPa	(combinazione di carico Rara)
--------------------------------	-----	-----	-------------------------------

Tabella 84: limiti tensione acciaio

nonché di verificare che l'apertura delle fessure sia inferiore al valore limite di $w_1=0,2\text{mm}$ (Classe di esposizione XC4 ed armature poco sensibili).

Pertanto dovrà risultare:

- Combinazione Quasi permanente: $w \leq 0.2\text{mm}$
- Combinazione Frequente: $w \leq 0.3\text{mm}$

Verifica delle tensioni	I_p [-]	N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	CLS 32/40			ACCIAIO B450C		
				σ_c [Mpa]	$\sigma_{c,max} = 0,6 f_{ck}$ [Mpa]	FS	σ_f [Mpa]	$\sigma_{f,max} = 0,8 f_{yk}$ [Mpa]	FS
combinazione rara	paramento	23,9	9,0	0,4	19,2	48	17,0	360,0	21,18
	fondazione	-	1,2	0,1	19,2	192	3,0	360,0	120

Tabella 85: verifica tensionale-combinazione rara

Verifica delle tensioni	I_p [-]	N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	CLS 32/40		
				σ_c [Mpa]	$\sigma_{c,max} = 0,45 f_{ck}$ [Mpa]	FS
Combinazione quasi permanente	paramento	23,9	2,5	0,1	14,4	144,00
	fondazione	0,0	3,0	0,1	14,4	144,00

Tabella 86: verifica tensionale- combinazione quasi permanente

Le verifiche risultano essere soddisfatte. La sezione inoltre risulta essere non fessurata.

11.6 Verifiche locali per azioni d'urto

In questo paragrafo sono riportati i risultati ottenuti dalle verifiche locali dei cordoli che ospitano le barriere di sicurezza. Il carico di progetto come definito al paragrafo 7.4. è costituito dalla forza orizzontale di plasticizzazione della barriera pari a $F = 79.5\text{kN}$, applicata alla quota di 1,0 m sopra il piano di marcia e 100 mm sotto la sommità della barriera.

Nel caso in esame si assume che la forza agisca ad una distanza $d = 1.00\text{ m}$ dalla base della barriera.

Il muro in testa presenta uno spessore pari a 0.5m. Si dispongono staffe $\Phi 16/20+$ legatura centrale.

La funzione di tali staffe è duplice:

- **Equilibrare l'azione orizzontale F;**
- **Equilibrare la trazione dei tirafondi della barriera nel meccanismo di pull out.**

Per il punto 1. Il cono di rottura che determina il numero di staffe resistenti si determina secondo quanto riportato nella figura seguente, ipotizzando una diffusione a 45° della sollecitazione agente a partire dalla posizione dei tirafondi tesi. Si considera una larghezza della piastra di 0.40m posizionata a 0.10m dal bordo del muro. La forza orizzontale F è equilibrata dalle barre $\Phi 16/20$ che sono sempre presenti all'interno del cono di rottura evidenziato nella seguente figura.

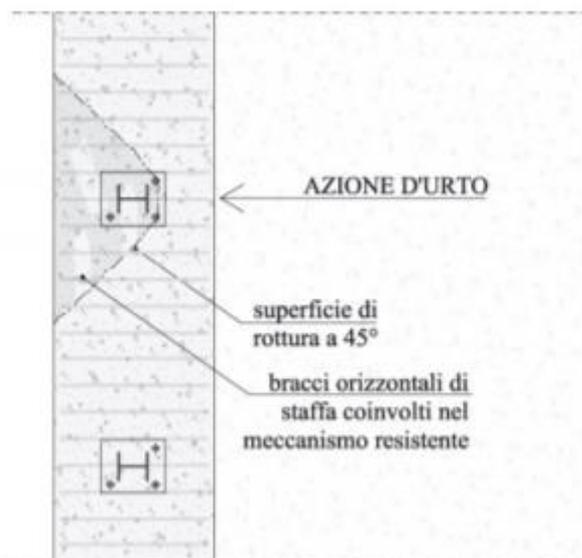


Figura 68: cono di diffusione verifica staffe orizzontali

In dettaglio la forza orizzontale rappresenta l'azione di urto, che è pari a $F=79.5$ kN.

Le barre $\Phi 16/20$ oppongono una resistenza a tale forza espressa dalla seguente relazione:

$$F_R = n \cdot \frac{A_s f_{yk}}{\gamma_d}$$

Dove A_s è l'area della staffa e n è il numero di bracci presenti nel cono di diffusione.

Nel caso in esame è stata assunta, in maniera cautelativa, come base del cono di rottura la larghezza della piastra pari a 0.4m che permette di individuare in una larghezza collaborante pari a 0.9m, 5 ferri.

Conseguentemente si ha:

verifica delle staffe orizzontali				
Larghezza collaborante	n bracci orizzontali	Fsd	Frd	FS
[m]	[-]	[KN]	[KN]	[-]
0,90	5	79,53	204,4	2,6

Tabella 87: verifica delle staffe orizzontali

La verifica risulta soddisfatta.

Per il punto 2. Il cono di rottura che determina il numero di staffe e quindi di bracci verticali resistenti si determina secondo quanto riportato nella seguente figura, ipotizzando una diffusione a 45° a

partire dall'interasse dei tirafondi tesi. La trazione agente nei tirafondi è equilibrata dai bracci verticali delle staffe e da eventuali legature.

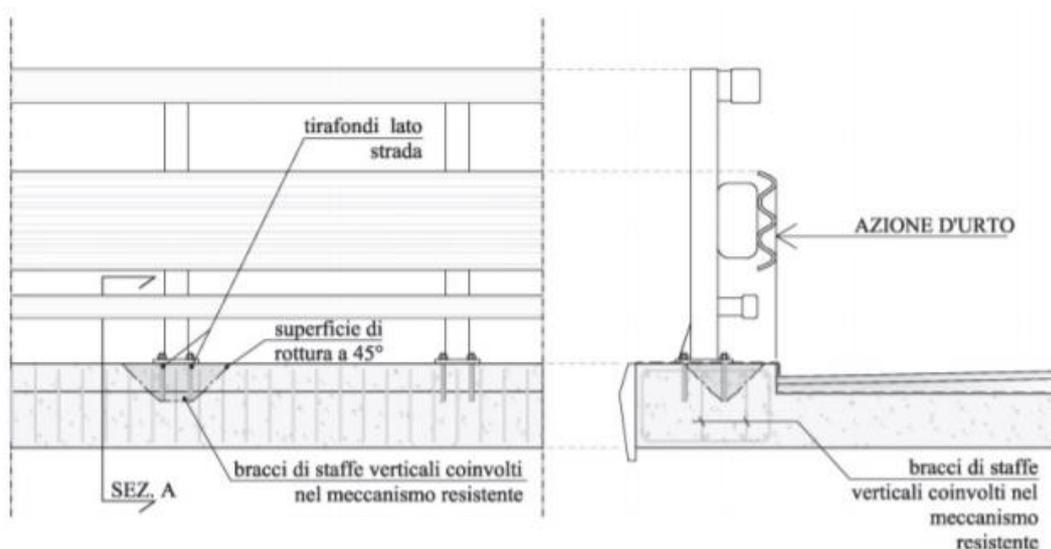


Figura 69: cono di diffusione verifica staffe verticali

Ipotizzando un braccio di leva delle forze interne della piastra di base della barriera pari a $l = 0.22$ m e un'altezza h della barriera sopra tale piastra di 1 m, si stima T_d come:

$$T_d = \frac{N \cdot h}{l}$$

Si dispongono delle staffe $\Phi 16/20$ + una legatura. Ipotizzando una lunghezza dei tirafondi di almeno 19 cm (nonché l'interasse tra i due tirafondi tesi di 0.22 m), risulta una lunghezza di diffusione trasversale pari a 0.6m e longitudinale di 0.68m. I bracci verticali compresi nel cono di diffusione sono 3+3 legature.

Pertanto si calcola la trazione resistente pari a:

$$T_r = n \cdot A_s \cdot f_{yd}$$

verifica delle staffe verticali						
Ltrasv	Blong	staffe	legature	Td	Tr	FS
	[m]	n. ferri	n. ferri	[KN]	[KN]	
0,60	0,68	3	3	361,48	472,06	1,3

Tabella 88: verifica delle staffe verticali

12 ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO

Tutte le Analisi e Verifiche espresse nel presente documento sono state effettuate con l'Ausilio dei seguenti Software di calcolo:

- "MAX - ver 15" (Analisi e Calcolo Muri di Sostegno) prodotto e distribuito dalla Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS) specifico da licenza n° AIU5041GP intestata a PROGIN SPA - CENTRO DIREZIONALE DI NAPOLI ISOLA F4 - 80143 NAPOLI.)
- "PresFle+ ver 5.15" (Verifiche di sezioni in cemento armato) prodotto e distribuito dalla Concrete srl, identificato nello specifico da licenza n° 4552054 intestata a PROGIN SPA - CENTRO DIREZIONALE DI NAPOLI ISOLA F4 - 80143 NAPOLI)
- "Fogli di Calcolo Excel Autoprodotti"

12.1 Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018

Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.
- Calcolo della portanza assiale e trasversale dei pali. Progetto e verifica delle armature dei pali inseriti.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del D.M. 17/07/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno
Versione	15.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	Progin S.p.A.
Licenza	AIU5041GP

Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

13 TABULATI DI CALCOLO

13.1 Muro Tipologico 1A

13.1.1 Condizione statica

Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
Calcestruzzo armato	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
γ	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R _{ck}	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	γ [kN/mc]	R _{ck} [kPa]	E [kPa]	ν	n	ntc
1	C32/40	C32/40	B450C	25,0000	40000	33642648	0.30	15.00	0.50
2	Materiale tiranti	Rck 250	Precomp	24,5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50
5	C30/37	C30/37	B450C	25,0000	35000	32587986	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f _{yk} [kPa]	f _{uk} [kPa]
B450C	450000	540000

Tipologie pali

Simbologia adottata

n°	Indice tipologia palo
Descr	Descrizione tipologia palo
P	Contributo portanza palo (laterale e/o punta)
T	Tecnologia costruttiva (trivellato, infisso o elica continua)
V	Vincolo palo-fondazione: Cerniera o Incastro (libero o impedito di ruotare in testa)
Imat	Indice materiale che lo costituisce
BD	usa metodo di Bustamante-Doix
PN	Portanza nota
Pp, PI	Portanza di punta e laterale caratteristica, espressa in [kN]

n°	Descr	P	T	V	Imat	BD	PN	Pp	PI
1	Tipologia palo	Laterale + Punta	Trivellato	Cerniera	5	NO	SI	10000,00	10000,00

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	15,00	0,00	0.000

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 131 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

Falda

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n° numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-5,00	-17,00	0.000
2	15,00	-17,00	0.000

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 2,40 [m]

Paramento

Materiale C32/40
Altezza paramento 7,00 [m]
Altezza paramento libero 6,50 [m]
Spessore in sommità 0,50 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione 1,20 [m]
Inclinazione paramento esterno 5,70 [°]
Inclinazione paramento interno 0,00 [°]

Fondazione

Materiale C32/40
Lunghezza mensola di valle 1,50 [m]
Lunghezza mensola di monte 3,90 [m]
Lunghezza totale 6,60 [m]
Inclinazione piano di posa 0,00 [°]
Spessore 1,00 [m]
Spessore magrone 0,00 [m]

Descrizione pali di fondazione

Simbologia adottata

n° numero d'ordine della fila
X ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m]
I interasse tra i pali, espressa in [m]
f franco laterale (distanza minima dal bordo laterale), espressa in [m]
Np Numero di pali della fila
D diametro dei pali della fila espresso in [cm]
L lunghezza dei pali della fila espressa in [m]
 α inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°]
ALL allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI)

n°	Tipologia	X [m]	I [m]	f [m]	Np	D [cm]	L [m]	α [°]	ALL
1	Tipologia palo	0,80	2,40	0,50	1	80,00	16,00	0,00	Centrati
2	Tipologia palo	3,20	2,40	0,50	1	80,00	16,00	0,00	Centrati
3	Tipologia palo	5,60	2,40	0,50	1	80,00	16,00	0,00	Centrati

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

n° Indice del terreno
Descr Descrizione terreno
 γ Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 132 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

γ_s Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
 ϕ Angolo d'attrito interno espresso in [°]
 δ Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
 c Coesione espressa in [kPa]
 c_a Adesione terra-muro espressa in [kPa]
 Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix
 C_{esp} Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
 τ_l Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]	c_a [kPa]	C_{esp}	τ_l [kPa]	
1	RS	18,0000	18,0000	35.000	23.330	0	0	1.000	0	(CAR)
				35.000	23.330	0	0			(MIN)
				35.000	23.330	0	0			(MED)
2	FLa	19,0000	19,0000	26.000	17.330	10	0	1.000	0	(CAR)
				26.000	17.333	10	0			(MIN)
				26.000	17.333	10	0			(MED)
3	BG	27,0000	27,0000	37.000	24.667	100	0	1.000	0	(CAR)
				37.000	24.667	100	0			(MIN)
				37.000	24.667	100	0			(MED)

Stratigrafia

Simbologia adottata

n° Indice dello strato
 H Spessore dello strato espresso in [m]
 α Inclinazione espressa in [°]
 Terreno Terreno dello strato
 K_{wn}, K_{wt} Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm²/cm
 Per calcolo pali (solo se presenti)
 K_w Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm
 K_s Coefficiente di spinta
 C_{esp} Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

K_{ststa}, K_{stsis} Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	K_{wn} [Kg/cm ²]	K_{wt} [Kg/cm ²]	K_w [Kg/cm ²]	K_s	C_{esp}	K_{ststa}	K_{stsis}
1	8,00	0.000	RS	0.000	0.000	1,000	0,500	1,000	---	---
2	13,50	0.000	FLa	0.000	0.000	10,000	0,500	1,000	---	---
3	10,00	0.000	BG	0.000	0.000	10,000	0,500	1,000	---	---

Condizioni di carico

Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.
 Carichi orizzontali positivi verso sinistra.
 Momento positivo senso antiorario.
 X Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
 F_x Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
 F_y Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
 M Momento espresso in [kNm]
 X_i Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
 X_f Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
 Q_i Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN]
 Q_f Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kN]

Condizione n° 1 (traffico) - VARIABILE TF

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.75 - \Psi_1=0.75 - \Psi_2=0.00$

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F_x [kN]	F_y [kN]	M [kNm]	X_i [m]	X_f [m]	Q_i [kN]	Q_f [kN]
1	Distribuito					0,00	10,00	20,0000	20,0000

Condizione n° 2 (Pavimentazione) - PERMANENTE

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F_x [kN]	F_y [kN]	M [kNm]	X_i [m]	X_f [m]	Q_i [kN]	Q_f [kN]
1	Distribuito					0,00	10,00	2,5000	2,5000

Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche			
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2	
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	1.00	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.00	1.10	1.10	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.00	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\varphi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Carichi verticali. Coeff. parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Punta	γ_b	--	--	1.15	--	--	1.35	--	--	1.30
Laterale compressione	γ_s	--	--	1.15	--	--	1.15	--	--	1.15
Totale compressione	γ_t	--	--	1.15	--	--	1.30	--	--	1.25
Laterale trazione	γ_{st}	--	--	1.25	--	--	1.25	--	--	1.25

Carichi trasversali. Coeff. parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche

		R1	R2	R3
Trasversale	γ_t	--	--	1.30

Coefficienti di riduzione ζ per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

Numero di verticali indagate 1

$\zeta_3=1.70$ $\zeta_4=1.70$

Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta a riposo
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	SI
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

Spostamenti

Modello a blocchi	
Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti	
Spostamento limite	5,00 [cm]

Opzioni calcolo pali

Portanza verticale

Metodo di calcolo della portanza alla punta	Berezantzev ridotto
---	---------------------

Metodo di calcolo della portanza alla laterale	Integrazione delle tensioni tangenziali ($k_s \sigma_v \tan(\delta) + c_a$)
Correzione angolo di attrito in funzione del tipo di palo (infilato/trivellato)	Attiva
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza alla punta σ_v con la profondità	Pressione geostatica
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza laterale	Pressione geostatica
<i>Portanza trasversale</i>	
Costante di Winkler: da strato Criterio rottura palo-terreno	
- Spostamento limite	Non attivo
- Pressione limite	Pressione passiva con moltiplicatore $M=3,00$
- Palo infinitamente elastico	Non attivo
<i>Cedimenti</i>	
Metodo di calcolo	Metodo agli elementi finiti
Spostamento limite alla punta	1,00 [cm]
Spostamento limite laterale	0,50 [cm]

Risultati per combinazione

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	347,14	23,33	318,75	137,48	3,90	-4,70
	Peso/Inerzia muro			0,00	313,60/0,00	0,10	-5,83
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	609,38/0,00	1,95	-3,50
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	13,50	-1,95	-6,75
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Resistenza pali				-348,24		
3	Spinta statica	265,52	23,33	243,81	105,15	3,90	-4,71
	Peso/Inerzia muro			0,00	313,60/0,00	0,10	-5,83
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	579,15/0,00	1,95	-3,50
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	13,50	-1,95	-6,75
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Resistenza pali				-452,66		
4	Spinta statica	255,75	23,33	234,84	101,28	3,90	-4,73
	Peso/Inerzia muro			0,00	313,60/0,00	0,10	-5,83
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	559,65/0,00	1,95	-3,50
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	13,50	-1,95	-6,75
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Resistenza pali				-452,68		
5	Spinta statica	226,42	23,33	207,91	89,67	3,90	-4,83
	Peso/Inerzia muro			0,00	313,60/0,00	0,10	-5,83
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	501,15/0,00	1,95	-3,50
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	13,50	-1,95	-6,75
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Resistenza pali				-452,68		

Scarichi in testa ai pali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	823,07	0,00	-254,99
	2	859,16	0,00	-254,99
	3	895,26	0,00	-254,99
3 - SLER	1	826,45	0,00	-195,04
	2	809,13	0,00	-195,04
	3	791,80	0,00	-195,04
4 - SLEF	1	807,33	0,00	-187,86
	2	790,43	0,00	-187,86
	3	773,53	0,00	-187,86
5 - SLEQ	1	749,94	0,00	-166,32
	2	734,33	0,00	-166,32
	3	718,71	0,00	-166,32

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N	Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T	Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M	Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

Mx, My	Momenti flettenti, espresso in [kNm]
Mxy	Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle

Tx, Ty Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)
I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,26	1,76	0,08
3	-0,20	2,55	3,57	0,34
4	-0,30	3,86	5,44	0,78
5	-0,40	5,20	7,36	1,39
6	-0,50	6,56	9,32	2,20
7	-0,60	7,95	11,35	3,19
8	-0,70	9,36	13,42	4,39
9	-0,80	10,80	15,55	5,79
10	-0,90	12,26	17,73	7,39
11	-1,00	13,75	19,96	9,21
12	-1,10	15,26	22,24	11,25
13	-1,20	16,80	24,58	13,51
14	-1,30	18,36	26,97	16,00
15	-1,40	19,95	29,41	18,72
16	-1,50	21,56	31,91	21,68
17	-1,60	23,19	34,46	24,89
18	-1,70	24,86	37,05	28,34
19	-1,80	26,54	39,71	32,05
20	-1,90	28,25	42,41	36,02
21	-2,00	29,99	45,17	40,26
22	-2,10	31,75	47,98	44,76
23	-2,20	33,54	50,84	49,54
24	-2,30	35,35	53,76	54,59
25	-2,40	37,19	56,72	59,94
26	-2,50	39,05	59,74	65,57
27	-2,60	40,93	62,81	71,50
28	-2,70	42,85	65,94	77,73
29	-2,80	44,78	69,12	84,26
30	-2,90	46,74	72,35	91,10
31	-3,00	48,73	75,63	98,26
32	-3,10	50,74	78,96	105,74
33	-3,20	52,78	82,35	113,55
34	-3,30	54,84	85,79	121,69
35	-3,40	56,92	89,28	130,16
36	-3,50	59,03	92,83	138,98
37	-3,60	61,17	96,43	148,14
38	-3,70	63,33	100,08	157,66
39	-3,80	65,52	103,78	167,53
40	-3,90	67,73	107,53	177,76
41	-4,00	69,96	111,34	188,36
42	-4,10	72,22	115,20	199,33
43	-4,20	74,51	119,11	210,68
44	-4,30	76,82	123,08	222,41
45	-4,40	79,15	127,10	234,53
46	-4,50	81,52	131,17	247,04
47	-4,60	83,90	135,29	259,95
48	-4,70	86,31	139,46	273,27
49	-4,80	88,75	143,69	286,99
50	-4,90	91,21	147,97	301,12
51	-5,00	93,69	152,31	315,67
52	-5,10	96,20	156,69	330,65
53	-5,20	98,74	161,13	346,05
54	-5,30	101,30	165,62	361,89
55	-5,40	103,88	170,16	378,17
56	-5,50	106,49	174,76	394,89
57	-5,60	109,13	179,40	412,06
58	-5,70	111,79	184,10	429,68
59	-5,80	114,47	188,86	447,76
60	-5,90	117,18	193,66	466,31
61	-6,00	119,92	198,52	485,33
62	-6,10	122,68	203,43	504,82
63	-6,20	125,46	208,39	524,79
64	-6,30	128,27	213,41	545,25
65	-6,40	131,10	218,48	566,19
66	-6,50	133,96	223,60	587,64
67	-6,60	136,85	228,77	609,58
68	-6,70	139,76	234,00	632,03
69	-6,80	142,69	239,27	654,98
70	-6,90	145,65	244,60	678,46
71	-7,00	148,64	249,99	702,45

Combinazione n° 3 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,26	1,34	0,06

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
3	-0,20	2,55	2,71	0,26
4	-0,30	3,86	4,13	0,58
5	-0,40	5,20	5,59	1,04
6	-0,50	6,56	7,09	1,65
7	-0,60	7,95	8,62	2,40
8	-0,70	9,36	10,20	3,30
9	-0,80	10,80	11,82	4,35
10	-0,90	12,26	13,48	5,55
11	-1,00	13,75	15,18	6,92
12	-1,10	15,26	16,92	8,45
13	-1,20	16,80	18,70	10,16
14	-1,30	18,36	20,52	12,03
15	-1,40	19,95	22,38	14,08
16	-1,50	21,56	24,29	16,31
17	-1,60	23,19	26,23	18,72
18	-1,70	24,86	28,21	21,32
19	-1,80	26,54	30,23	24,12
20	-1,90	28,25	32,30	27,11
21	-2,00	29,99	34,40	30,29
22	-2,10	31,75	36,54	33,69
23	-2,20	33,54	38,73	37,29
24	-2,30	35,35	40,95	41,10
25	-2,40	37,19	43,22	45,13
26	-2,50	39,05	45,52	49,37
27	-2,60	40,93	47,87	53,84
28	-2,70	42,85	50,26	58,54
29	-2,80	44,78	52,68	63,47
30	-2,90	46,74	55,15	68,63
31	-3,00	48,73	57,66	74,03
32	-3,10	50,74	60,21	79,68
33	-3,20	52,78	62,79	85,57
34	-3,30	54,84	65,42	91,71
35	-3,40	56,92	68,09	98,11
36	-3,50	59,03	70,80	104,76
37	-3,60	61,17	73,55	111,68
38	-3,70	63,33	76,34	118,86
39	-3,80	65,52	79,17	126,32
40	-3,90	67,73	82,05	134,05
41	-4,00	69,96	84,96	142,05
42	-4,10	72,22	87,91	150,34
43	-4,20	74,51	90,90	158,92
44	-4,30	76,82	93,93	167,78
45	-4,40	79,15	97,01	176,94
46	-4,50	81,52	100,12	186,39
47	-4,60	83,90	103,27	196,15
48	-4,70	86,31	106,47	206,21
49	-4,80	88,75	109,70	216,58
50	-4,90	91,21	112,98	227,27
51	-5,00	93,69	116,29	238,27
52	-5,10	96,20	119,65	249,59
53	-5,20	98,74	123,05	261,24
54	-5,30	101,30	126,48	273,22
55	-5,40	103,88	129,96	285,53
56	-5,50	106,49	133,48	298,17
57	-5,60	109,13	137,04	311,16
58	-5,70	111,79	140,63	324,49
59	-5,80	114,47	144,27	338,17
60	-5,90	117,18	147,95	352,21
61	-6,00	119,92	151,67	366,60
62	-6,10	122,68	155,43	381,35
63	-6,20	125,46	159,23	396,46
64	-6,30	128,27	163,07	411,94
65	-6,40	131,10	166,95	427,79
66	-6,50	133,96	170,88	444,02
67	-6,60	136,85	174,84	460,63
68	-6,70	139,76	178,84	477,63
69	-6,80	142,69	182,88	495,01
70	-6,90	145,65	186,97	512,78
71	-7,00	148,64	191,09	530,95

Combinazione n° 4 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,26	1,22	0,06
3	-0,20	2,55	2,49	0,23
4	-0,30	3,86	3,79	0,53
5	-0,40	5,20	5,14	0,96
6	-0,50	6,56	6,53	1,51
7	-0,60	7,95	7,95	2,20
8	-0,70	9,36	9,42	3,02
9	-0,80	10,80	10,92	3,99
10	-0,90	12,26	12,47	5,10
11	-1,00	13,75	14,06	6,36
12	-1,10	15,26	15,69	7,78
13	-1,20	16,80	17,36	9,35
14	-1,30	18,36	19,06	11,08

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
15	-1,40	19,95	20,81	12,98
16	-1,50	21,56	22,60	15,04
17	-1,60	23,19	24,43	17,28
18	-1,70	24,86	26,30	19,70
19	-1,80	26,54	28,21	22,30
20	-1,90	28,25	30,16	25,08
21	-2,00	29,99	32,16	28,05
22	-2,10	31,75	34,19	31,21
23	-2,20	33,54	36,26	34,57
24	-2,30	35,35	38,37	38,13
25	-2,40	37,19	40,53	41,90
26	-2,50	39,05	42,72	45,87
27	-2,60	40,93	44,95	50,05
28	-2,70	42,85	47,23	54,45
29	-2,80	44,78	49,54	59,07
30	-2,90	46,74	51,90	63,91
31	-3,00	48,73	54,29	68,98
32	-3,10	50,74	56,73	74,29
33	-3,20	52,78	59,20	79,82
34	-3,30	54,84	61,72	85,60
35	-3,40	56,92	64,28	91,62
36	-3,50	59,03	66,88	97,89
37	-3,60	61,17	69,51	104,41
38	-3,70	63,33	72,19	111,18
39	-3,80	65,52	74,91	118,22
40	-3,90	67,73	77,67	125,51
41	-4,00	69,96	80,47	133,08
42	-4,10	72,22	83,31	140,91
43	-4,20	74,51	86,19	149,02
44	-4,30	76,82	89,11	157,40
45	-4,40	79,15	92,07	166,07
46	-4,50	81,52	95,07	175,03
47	-4,60	83,90	98,11	184,28
48	-4,70	86,31	101,20	193,82
49	-4,80	88,75	104,32	203,65
50	-4,90	91,21	107,48	213,80
51	-5,00	93,69	110,68	224,24
52	-5,10	96,20	113,93	235,00
53	-5,20	98,74	117,21	246,07
54	-5,30	101,30	120,54	257,46
55	-5,40	103,88	123,90	269,17
56	-5,50	106,49	127,31	281,20
57	-5,60	109,13	130,75	293,57
58	-5,70	111,79	134,24	306,26
59	-5,80	114,47	137,77	319,30
60	-5,90	117,18	141,33	332,68
61	-6,00	119,92	144,94	346,40
62	-6,10	122,68	148,59	360,47
63	-6,20	125,46	152,28	374,89
64	-6,30	128,27	156,00	389,67
65	-6,40	131,10	159,77	404,81
66	-6,50	133,96	163,58	420,32
67	-6,60	136,85	167,43	436,19
68	-6,70	139,76	171,32	452,44
69	-6,80	142,69	175,25	469,06
70	-6,90	145,65	179,22	486,07
71	-7,00	148,64	183,23	503,46

Combinazione n° 5 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,26	0,89	0,04
3	-0,20	2,55	1,82	0,17
4	-0,30	3,86	2,78	0,38
5	-0,40	5,20	3,79	0,69
6	-0,50	6,56	4,84	1,09
7	-0,60	7,95	5,93	1,59
8	-0,70	9,36	7,06	2,20
9	-0,80	10,80	8,23	2,91
10	-0,90	12,26	9,44	3,74
11	-1,00	13,75	10,69	4,68
12	-1,10	15,26	11,98	5,74
13	-1,20	16,80	13,32	6,92
14	-1,30	18,36	14,69	8,24
15	-1,40	19,95	16,10	9,68
16	-1,50	21,56	17,55	11,26
17	-1,60	23,19	19,05	12,98
18	-1,70	24,86	20,58	14,84
19	-1,80	26,54	22,15	16,84
20	-1,90	28,25	23,77	19,00
21	-2,00	29,99	25,42	21,32
22	-2,10	31,75	27,12	23,79
23	-2,20	33,54	28,85	26,43
24	-2,30	35,35	30,63	29,23
25	-2,40	37,19	32,45	32,20
26	-2,50	39,05	34,30	35,35

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
27	-2,60	40,93	36,20	38,67
28	-2,70	42,85	38,14	42,18
29	-2,80	44,78	40,12	45,87
30	-2,90	46,74	42,13	49,76
31	-3,00	48,73	44,19	53,84
32	-3,10	50,74	46,29	58,11
33	-3,20	52,78	48,43	62,59
34	-3,30	54,84	50,61	67,27
35	-3,40	56,92	52,83	72,16
36	-3,50	59,03	55,09	77,27
37	-3,60	61,17	57,39	82,60
38	-3,70	63,33	59,74	88,14
39	-3,80	65,52	62,12	93,91
40	-3,90	67,73	64,54	99,91
41	-4,00	69,96	67,00	106,14
42	-4,10	72,22	69,51	112,62
43	-4,20	74,51	72,05	119,33
44	-4,30	76,82	74,63	126,28
45	-4,40	79,15	77,26	133,49
46	-4,50	81,52	79,92	140,95
47	-4,60	83,90	82,63	148,66
48	-4,70	86,31	85,37	156,63
49	-4,80	88,75	88,16	164,87
50	-4,90	91,21	90,99	173,38
51	-5,00	93,69	93,85	182,16
52	-5,10	96,20	96,76	191,22
53	-5,20	98,74	99,71	200,55
54	-5,30	101,30	102,69	210,18
55	-5,40	103,88	105,72	220,08
56	-5,50	106,49	108,79	230,28
57	-5,60	109,13	111,90	240,78
58	-5,70	111,79	115,05	251,58
59	-5,80	114,47	118,24	262,68
60	-5,90	117,18	121,47	274,08
61	-6,00	119,92	124,74	285,80
62	-6,10	122,68	128,05	297,84
63	-6,20	125,46	131,40	310,19
64	-6,30	128,27	134,80	322,87
65	-6,40	131,10	138,23	335,87
66	-6,50	133,96	141,70	349,20
67	-6,60	136,85	145,21	362,87
68	-6,70	139,76	148,77	376,88
69	-6,80	142,69	152,36	391,23
70	-6,90	145,65	155,99	405,93
71	-7,00	148,64	159,67	420,98

Piastra fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
15	86,19	287,30	0,00	0,00	-870,64	MAX
53	-284,70	-236,36	0,00	0,00	-28,53	MIN
15	86,19	287,30	0,00	0,00	-870,64	MAX
33	-271,08	-323,78	0,00	0,00	-80,27	MIN
14	24,46	81,54	25,86	0,00	-35,66	MAX
20	24,46	81,54	-25,86	0,00	-35,66	MIN
51	12,69	-6,92	-2,45	264,67	34,07	MAX
54	12,69	-6,92	2,45	-264,67	34,07	MIN
28	-6,46	-21,52	0,00	0,00	362,38	MAX
15	86,19	287,30	0,00	0,00	-870,64	MIN

Combinazione n° 3 - SLER

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
15	86,19	287,30	0,00	0,00	-870,64	MAX
53	-290,71	-224,06	0,00	0,00	-0,88	MIN
15	86,19	287,30	0,00	0,00	-870,64	MAX
33	-271,08	-323,78	0,00	0,00	-80,27	MIN
30	19,64	65,46	32,28	0,00	-103,27	MAX
27	19,64	65,46	-32,28	0,00	-103,27	MIN
51	9,37	5,57	-0,62	268,15	62,78	MAX
54	9,37	5,57	0,62	-268,15	62,78	MIN
28	79,85	266,17	0,00	0,00	480,84	MAX
15	86,19	287,30	0,00	0,00	-870,64	MIN

Combinazione n° 4 - SLEF

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
15	86,19	287,30	0,00	0,00	-870,64	MAX
53	-290,71	-236,36	0,00	0,00	-28,53	MIN

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
15	86,19	287,30	0,00	0,00	-870,64	MAX
33	-271,08	-323,78	0,00	0,00	-80,27	MIN
30	24,46	81,54	32,28	0,00	-35,66	MAX
27	19,64	65,46	-32,28	0,00	-103,27	MIN
51	12,69	5,57	-0,62	268,15	62,78	MAX
54	9,37	-6,92	0,62	-268,15	34,07	MIN
28	79,85	266,17	0,00	0,00	480,84	MAX
15	86,19	287,30	0,00	0,00	-870,64	MIN

Combinazione n° 5 - SLEQ

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
15	86,19	287,30	0,00	0,00	-870,64	MAX
53	-290,71	-236,36	0,00	0,00	-28,53	MIN
15	86,19	287,30	0,00	0,00	-870,64	MAX
33	-271,08	-323,78	0,00	0,00	-80,27	MIN
30	24,46	81,54	32,28	0,00	-35,66	MAX
27	19,64	65,46	-32,28	0,00	-103,27	MIN
51	12,69	5,57	-0,62	268,15	62,78	MAX
54	9,37	-6,92	0,62	-268,15	34,07	MIN
28	79,85	266,17	0,00	0,00	480,84	MAX
15	86,19	287,30	0,00	0,00	-870,64	MIN

Sollecitazioni pali

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	823,07	10976,36	-254,99	-362,17	0,00	0,00
15	2,24	850,26	10956,33	8,42	-72,67	331,38	569,85
26	4,00	870,28	10914,37	88,39	150,52	225,67	464,38
63	9,92	929,04	10605,77	-0,66	2,42	-13,52	-23,42
101	16,00	974,08	10011,49	-0,07	-0,17	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	859,16	10976,47	-254,99	-362,17	0,00	0,00
15	2,24	886,32	10956,44	8,42	-72,67	331,38	569,85
26	4,00	906,27	10914,48	88,39	150,52	225,67	464,38
63	9,92	964,47	10605,88	-0,66	2,42	-13,52	-23,42
101	16,00	1008,41	10011,60	-0,07	-0,17	0,00	0,00

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	895,26	10976,36	-254,99	-362,17	0,00	0,00
15	2,24	922,38	10956,33	8,42	-72,67	331,38	569,85
26	4,00	942,26	10914,37	88,39	150,52	225,67	464,38
63	9,92	999,91	10605,78	-0,66	2,42	-13,52	-23,42
101	16,00	1042,74	10011,53	-0,07	-0,17	0,00	0,00

Combinazione n° 3 - SLER

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	826,45	10976,32	-195,04	-362,13	0,00	0,00
14	2,08	851,76	10958,96	6,96	-104,49	217,34	553,05
25	3,84	871,89	10919,09	57,99	144,62	146,82	487,42
61	9,60	929,49	10628,09	-0,02	6,18	-8,87	-21,75
101	16,00	977,30	10011,28	-0,04	-0,17	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	809,13	10976,61	-195,04	-362,13	0,00	0,00

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
14	2,08	834,45	10959,26	6,96	-104,49	217,34	553,05
25	3,84	854,61	10919,39	57,99	144,62	146,82	487,42
61	9,60	912,46	10628,46	-0,02	6,18	-8,87	-21,75
101	16,00	960,82	10011,78	-0,04	-0,17	0,00	0,00

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	791,80	10976,62	-195,04	-362,13	0,00	0,00
14	2,08	817,14	10959,27	6,96	-104,49	217,34	553,05
25	3,84	837,33	10919,40	57,99	144,62	146,82	487,42
61	9,60	895,43	10628,47	-0,02	6,18	-8,87	-21,75
101	16,00	944,34	10011,78	-0,04	-0,17	0,00	0,00

Combinazione n° 4 - SLEF

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	807,33	10976,49	-187,86	-362,15	0,00	0,00
14	2,08	832,65	10959,14	7,66	-104,50	205,25	553,09
25	3,84	852,81	10919,27	54,78	144,63	137,76	487,47
61	9,60	910,69	10628,34	-0,07	6,18	-8,39	-21,76
101	16,00	959,11	10011,66	-0,03	-0,17	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	790,43	10977,07	-187,86	-362,15	0,00	0,00
14	2,08	815,77	10959,71	7,66	-104,50	205,25	553,09
25	3,84	835,96	10919,83	54,78	144,63	137,76	487,47
61	9,60	894,08	10628,76	-0,07	6,18	-8,39	-21,76
101	16,00	943,04	10011,85	-0,03	-0,17	0,00	0,00

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	773,53	10976,57	-187,86	-362,15	0,00	0,00
14	2,08	798,88	10959,21	7,66	-104,50	205,25	553,09
25	3,84	819,11	10919,35	54,78	144,63	137,76	487,47
61	9,60	877,47	10628,42	-0,07	6,18	-8,39	-21,76
101	16,00	926,96	10011,74	-0,03	-0,17	0,00	0,00

Combinazione n° 5 - SLEQ

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	749,94	10976,63	-166,32	-362,15	0,00	0,00
13	1,92	773,41	10961,75	0,48	-134,60	169,50	531,56
25	3,84	795,58	10919,41	45,26	144,63	111,35	487,48
61	9,60	854,28	10628,47	-0,18	6,18	-6,94	-21,76
101	16,00	904,53	10011,79	-0,03	-0,17	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	734,33	10976,45	-166,32	-362,15	0,00	0,00
13	1,92	757,81	10961,57	0,48	-134,60	169,50	531,56
25	3,84	780,01	10919,23	45,26	144,63	111,35	487,48
61	9,60	838,94	10628,30	-0,18	6,18	-6,94	-21,76
101	16,00	889,68	10011,61	-0,03	-0,17	0,00	0,00

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	718,71	10976,39	-166,32	-362,15	0,00	0,00
13	1,92	742,21	10961,51	0,48	-134,60	169,50	531,56
25	3,84	764,44	10919,17	45,26	144,63	111,35	487,48
61	9,60	823,59	10628,24	-0,18	6,18	-6,94	-21,76
101	16,00	874,83	10011,56	-0,03	-0,17	0,00	0,00

Risultati per inviluppo

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	347,14	23,33	318,75	137,48	3,90	-4,70
	Peso/Inerzia muro			0,00	313,60/0,00	0,10	-5,83
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	609,38/0,00	1,95	-3,50
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	13,50	-1,95	-6,75
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Resistenza pali			-348,24			

Scarichi in testa ai pali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	823,07	0,00	-254,99
	2	859,16	0,00	-254,99
	3	895,26	0,00	-254,99

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N	Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T	Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M	Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

Mx, My	Momenti flettenti, espresso in [kNm]
Mxy	Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle
Tx, Ty	Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

Paramento

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,26	1,26	0,89	1,76	0,04	0,08
3	-0,20	2,55	2,55	1,82	3,57	0,17	0,34
4	-0,30	3,86	3,86	2,78	5,44	0,38	0,78
5	-0,40	5,20	5,20	3,79	7,36	0,69	1,39
6	-0,50	6,56	6,56	4,84	9,32	1,09	2,20
7	-0,60	7,95	7,95	5,93	11,35	1,59	3,19
8	-0,70	9,36	9,36	7,06	13,42	2,20	4,39
9	-0,80	10,80	10,80	8,23	15,55	2,91	5,79
10	-0,90	12,26	12,26	9,44	17,73	3,74	7,39
11	-1,00	13,75	13,75	10,69	19,96	4,68	9,21
12	-1,10	15,26	15,26	11,98	22,24	5,74	11,25
13	-1,20	16,80	16,80	13,32	24,58	6,92	13,51
14	-1,30	18,36	18,36	14,69	26,97	8,24	16,00
15	-1,40	19,95	19,95	16,10	29,41	9,68	18,72
16	-1,50	21,56	21,56	17,55	31,91	11,26	21,68
17	-1,60	23,19	23,19	19,05	34,46	12,98	24,89
18	-1,70	24,86	24,86	20,58	37,05	14,84	28,34
19	-1,80	26,54	26,54	22,15	39,71	16,84	32,05
20	-1,90	28,25	28,25	23,77	42,41	19,00	36,02
21	-2,00	29,99	29,99	25,42	45,17	21,32	40,26
22	-2,10	31,75	31,75	27,12	47,98	23,79	44,76
23	-2,20	33,54	33,54	28,85	50,84	26,43	49,54
24	-2,30	35,35	35,35	30,63	53,76	29,23	54,59

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
25	-2,40	37,19	37,19	32,45	56,72	32,20	59,94
26	-2,50	39,05	39,05	34,30	59,74	35,35	65,57
27	-2,60	40,93	40,93	36,20	62,81	38,67	71,50
28	-2,70	42,85	42,85	38,14	65,94	42,18	77,73
29	-2,80	44,78	44,78	40,12	69,12	45,87	84,26
30	-2,90	46,74	46,74	42,13	72,35	49,76	91,10
31	-3,00	48,73	48,73	44,19	75,63	53,84	98,26
32	-3,10	50,74	50,74	46,29	78,96	58,11	105,74
33	-3,20	52,78	52,78	48,43	82,35	62,59	113,55
34	-3,30	54,84	54,84	50,61	85,79	67,27	121,69
35	-3,40	56,92	56,92	52,83	89,28	72,16	130,16
36	-3,50	59,03	59,03	55,09	92,83	77,27	138,98
37	-3,60	61,17	61,17	57,39	96,43	82,60	148,14
38	-3,70	63,33	63,33	59,74	100,08	88,14	157,66
39	-3,80	65,52	65,52	62,12	103,78	93,91	167,53
40	-3,90	67,73	67,73	64,54	107,53	99,91	177,76
41	-4,00	69,96	69,96	67,00	111,34	106,14	188,36
42	-4,10	72,22	72,22	69,51	115,20	112,62	199,33
43	-4,20	74,51	74,51	72,05	119,11	119,33	210,68
44	-4,30	76,82	76,82	74,63	123,08	126,28	222,41
45	-4,40	79,15	79,15	77,26	127,10	133,49	234,53
46	-4,50	81,52	81,52	79,92	131,17	140,95	247,04
47	-4,60	83,90	83,90	82,63	135,29	148,66	259,95
48	-4,70	86,31	86,31	85,37	139,46	156,63	273,27
49	-4,80	88,75	88,75	88,16	143,69	164,87	286,99
50	-4,90	91,21	91,21	90,99	147,97	173,38	301,12
51	-5,00	93,69	93,69	93,85	152,31	182,16	315,67
52	-5,10	96,20	96,20	96,76	156,69	191,22	330,65
53	-5,20	98,74	98,74	99,71	161,13	200,55	346,05
54	-5,30	101,30	101,30	102,69	165,62	210,18	361,89
55	-5,40	103,88	103,88	105,72	170,16	220,08	378,17
56	-5,50	106,49	106,49	108,79	174,76	230,28	394,89
57	-5,60	109,13	109,13	111,90	179,40	240,78	412,06
58	-5,70	111,79	111,79	115,05	184,10	251,58	429,68
59	-5,80	114,47	114,47	118,24	188,86	262,68	447,76
60	-5,90	117,18	117,18	121,47	193,66	274,08	466,31
61	-6,00	119,92	119,92	124,74	198,52	285,80	485,33
62	-6,10	122,68	122,68	128,05	203,43	297,84	504,82
63	-6,20	125,46	125,46	131,40	208,39	310,19	524,79
64	-6,30	128,27	128,27	134,80	213,41	322,87	545,25
65	-6,40	131,10	131,10	138,23	218,48	335,87	566,19
66	-6,50	133,96	133,96	141,70	223,60	349,20	587,64
67	-6,60	136,85	136,85	145,21	228,77	362,87	609,58
68	-6,70	139,76	139,76	148,77	234,00	376,88	632,03
69	-6,80	142,69	142,69	152,36	239,27	391,23	654,98
70	-6,90	145,65	145,65	155,99	244,60	405,93	678,46
71	-7,00	148,64	148,64	159,67	249,99	420,98	702,45

Piastra fondazione

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
15	86,19 (1)	287,30 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-870,64 (1)	MAX
53	-290,71 (3)	-224,06 (3)	0,00 (3)	0,00 (3)	-0,88 (3)	MIN
15	86,19 (1)	287,30 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-870,64 (1)	MAX
33	-271,08 (1)	-323,78 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-80,27 (1)	MIN
30	19,64 (3)	65,46 (3)	32,28 (3)	0,00 (3)	-103,27 (3)	MAX
27	19,64 (3)	65,46 (3)	-32,28 (3)	0,00 (3)	-103,27 (3)	MIN
51	9,37 (3)	5,57 (3)	-0,62 (3)	268,15 (3)	62,78 (3)	MAX
54	9,37 (3)	5,57 (3)	0,62 (3)	-268,15 (3)	62,78 (3)	MIN
28	79,85 (3)	266,17 (3)	0,00 (3)	0,00 (3)	480,84 (3)	MAX
15	86,19 (1)	287,30 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-870,64 (1)	MIN

Sollecitazioni pali

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	823,07	10976,36	-254,99	-362,17	0,00	0,00
15	2,24	850,26	10956,33	8,42	-72,67	331,38	569,85
26	4,00	870,28	10914,37	88,39	150,52	225,67	464,38
63	9,92	929,04	10605,77	-0,66	2,42	-13,52	-23,42
101	16,00	974,08	10011,49	-0,07	-0,17	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	859,16	10976,47	-254,99	-362,17	0,00	0,00
15	2,24	886,32	10956,44	8,42	-72,67	331,38	569,85
26	4,00	906,27	10914,48	88,39	150,52	225,67	464,38
63	9,92	964,47	10605,88	-0,66	2,42	-13,52	-23,42
101	16,00	1008,41	10011,60	-0,07	-0,17	0,00	0,00

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	895,26	10976,36	-254,99	-362,17	0,00	0,00
15	2,24	922,38	10956,33	8,42	-72,67	331,38	569,85
26	4,00	942,26	10914,37	88,39	150,52	225,67	464,38
63	9,92	999,91	10605,78	-0,66	2,42	-13,52	-23,42
101	16,00	1042,74	10011,53	-0,07	-0,17	0,00	0,00

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	826,45	10976,32	-195,04	-362,13	0,00	0,00
14	2,08	851,76	10958,96	6,96	-104,49	217,34	553,05
25	3,84	871,89	10919,09	57,99	144,62	146,82	487,42
61	9,60	929,49	10628,09	-0,02	6,18	-8,87	-21,75
101	16,00	977,30	10011,28	-0,04	-0,17	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	809,13	10976,61	-195,04	-362,13	0,00	0,00
14	2,08	834,45	10959,26	6,96	-104,49	217,34	553,05
25	3,84	854,61	10919,39	57,99	144,62	146,82	487,42
61	9,60	912,46	10628,46	-0,02	6,18	-8,87	-21,75
101	16,00	960,82	10011,78	-0,04	-0,17	0,00	0,00

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	791,80	10976,62	-195,04	-362,13	0,00	0,00
14	2,08	817,14	10959,27	6,96	-104,49	217,34	553,05
25	3,84	837,33	10919,40	57,99	144,62	146,82	487,42
61	9,60	895,43	10628,47	-0,02	6,18	-8,87	-21,75
101	16,00	944,34	10011,78	-0,04	-0,17	0,00	0,00

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	807,33	10976,49	-187,86	-362,15	0,00	0,00
14	2,08	832,65	10959,14	7,66	-104,50	205,25	553,09
25	3,84	852,81	10919,27	54,78	144,63	137,76	487,47
61	9,60	910,69	10628,34	-0,07	6,18	-8,39	-21,76
101	16,00	959,11	10011,66	-0,03	-0,17	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	790,43	10977,07	-187,86	-362,15	0,00	0,00
14	2,08	815,77	10959,71	7,66	-104,50	205,25	553,09
25	3,84	835,96	10919,83	54,78	144,63	137,76	487,47
61	9,60	894,08	10628,76	-0,07	6,18	-8,39	-21,76
101	16,00	943,04	10011,85	-0,03	-0,17	0,00	0,00

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	773,53	10976,57	-187,86	-362,15	0,00	0,00
14	2,08	798,88	10959,21	7,66	-104,50	205,25	553,09
25	3,84	819,11	10919,35	54,78	144,63	137,76	487,47
61	9,60	877,47	10628,42	-0,07	6,18	-8,39	-21,76
101	16,00	926,96	10011,74	-0,03	-0,17	0,00	0,00

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	749,94	10976,63	-166,32	-362,15	0,00	0,00
13	1,92	773,41	10961,75	0,48	-134,60	169,50	531,56

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 145 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
25	3,84	795,58	10919,41	45,26	144,63	111,35	487,48
61	9,60	854,28	10628,47	-0,18	6,18	-6,94	-21,76
101	16,00	904,53	10011,79	-0,03	-0,17	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	734,33	10976,45	-166,32	-362,15	0,00	0,00
13	1,92	757,81	10961,57	0,48	-134,60	169,50	531,56
25	3,84	780,01	10919,23	45,26	144,63	111,35	487,48
61	9,60	838,94	10628,30	-0,18	6,18	-6,94	-21,76
101	16,00	889,68	10011,61	-0,03	-0,17	0,00	0,00

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	718,71	10976,39	-166,32	-362,15	0,00	0,00
13	1,92	742,21	10961,51	0,48	-134,60	169,50	531,56
25	3,84	764,44	10919,17	45,26	144,63	111,35	487,48
61	9,60	823,59	10628,24	-0,18	6,18	-6,94	-21,76
101	16,00	874,83	10011,56	-0,03	-0,17	0,00	0,00

13.1.2 Condizione sismica

Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
Calcestruzzo armato	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
γ	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R _{ck}	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	γ [kN/mc]	R _{ck} [kPa]	E [kPa]	ν	n	ntc
1	C32/40	C32/40	B450C	25,0000	40000	33642648	0.30	15.00	0.50
2	Materiale tiranti	Rck 250	Precomp	24,5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50
5	C30/37	C30/37	B450C	25,0000	35000	32587986	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f _{yk} [kPa]	f _{uk} [kPa]
B450C	450000	540000

Tipologie pali

Simbologia adottata

n°	Indice tipologia palo
Descr	Descrizione tipologia palo
P	Contributo portanza palo (laterale e/o punta)
T	Tecnologia costruttiva (trivellato, infisso o elica continua)
V	Vincolo palo-fondazione: Cerniera o Incastro (libero o impedito di ruotare in testa)
Imat	Indice materiale che lo costituisce
BD	usa metodo di Bustamante-Doix
PN	Portanza nota
Pp, Pl	Portanza di punta e laterale caratteristica, espressa in [kN]

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 146 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

n°	Descr	P	T	V	Imat	BD	PN	Pp	PI
1	Tipologia palo	Laterale + Punta	Trivellato	Cerniera	5	NO	SI	10000,00	10000,00

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	15,00	0,00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

Falda

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-5,00	-17,00	0.000
2	15,00	-17,00	0.000

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 2,40 [m]

Paramento

Materiale	C32/40	
Altezza paramento	7,00	[m]
Altezza paramento libero	6,50	[m]
Spessore in sommità	0,50	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,20	[m]
Inclinazione paramento esterno	5,70	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

Fondazione

Materiale	C32/40	
Lunghezza mensola di valle	1,50	[m]
Lunghezza mensola di monte	3,90	[m]
Lunghezza totale	6,60	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	1,00	[m]
Spessore magrone	0,00	[m]

Descrizione pali di fondazione

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della fila
X	ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m]
I	interasse tra i pali, espressa in [m]
f	franco laterale (distanza minima dal bordo laterale), espressa in [m]
Np	Numero di pali della fila
D	diametro dei pali della fila espresso in [cm]

L lunghezza dei pali della fila espressa in [m]
 α inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°]
 ALL allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI)

n°	Tipologia	X [m]	I [m]	f [m]	Np	D [cm]	L [m]	α [°]	ALL
1	Tipologia palo	0,80	2,40	0,50	1	80,00	16,00	0,00	Centrati
2	Tipologia palo	3,20	2,40	0,50	1	80,00	16,00	0,00	Centrati
3	Tipologia palo	5,60	2,40	0,50	1	80,00	16,00	0,00	Centrati

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

n° Indice del terreno
 Descr Descrizione terreno
 γ Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
 γ_s Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
 ϕ Angolo d'attrito interno espresso in [°]
 δ Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
 c Coesione espressa in [kPa]
 c_a Adesione terra-muro espressa in [kPa]
 Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix
 Cesp Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
 τ_l Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]	c_a [kPa]	Cesp	τ_l [kPa]	
1	RS	18,0000	18,0000	35.000	23.330	0	0	1.000	0	(CAR)
				35.000	23.330	0	0			(MIN)
				35.000	23.330	0	0			(MED)
2	FLa	19,0000	19,0000	26.000	17.330	10	0	1.000	0	(CAR)
				26.000	17.333	10	0			(MIN)
				26.000	17.333	10	0			(MED)
3	BG	27,0000	27,0000	37.000	24.667	100	0	1.000	0	(CAR)
				37.000	24.667	100	0			(MIN)
				37.000	24.667	100	0			(MED)

Stratigrafia

Simbologia adottata

n° Indice dello strato
 H Spessore dello strato espresso in [m]
 α Inclinazione espressa in [°]
 Terreno Terreno dello strato
 Kwn, Kwt Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm²/cm
 Per calcolo pali (solo se presenti)
 Kw Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm
 Ks Coefficiente di spinta
 Cesp Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)
 Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')
 Kststa, Kstsis Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm ²]	Kwt [Kg/cm ²]	Kw [Kg/cm ²]	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
1	8,00	0.000	RS	0.000	0.000	1,000	0,500	1,000	---	---
2	13,50	0.000	FLa	0.000	0.000	10,000	0,500	1,000	---	---
3	10,00	0.000	BG	0.000	0.000	10,000	0,500	1,000	---	---

Condizioni di carico

Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.
 Carichi orizzontali positivi verso sinistra.
 Momento positivo senso antiorario.
 X Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
 F_x Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
 F_y Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
 M Momento espresso in [kNm]
 X_i Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
 X_f Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
 Q_i Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN]
 Q_f Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kN]

Condizione n° 1 (Pavimentazione) - PERMANENTE

Carichi sul terreno

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 148 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

n°	Tipo	X [m]	Fx [kN]	Fy [kN]	M [kNm]	Xi [m]	Xf [m]	Qi [kN]	Qf [kN]
1	Distribuito					0,00	10,00	2,5000	2,5000

Condizione n° 2 (Condizione 2) - VARIABILE

Coeff. di combinazione $\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$

Condizione n° 3 (Condizione 3) - VARIABILE

Coeff. di combinazione $\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$

Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche				Combinazioni sismiche			
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	1.00	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.00	1.10	1.10	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.00	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\varphi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Carichi verticali. Coeff. parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Punta	γ_b	--	--	1.15	--	--	1.35	--	--	1.30
Laterale compressione	γ_s	--	--	1.15	--	--	1.15	--	--	1.15
Totale compressione	γ_t	--	--	1.15	--	--	1.30	--	--	1.25
Laterale trazione	γ_{st}	--	--	1.25	--	--	1.25	--	--	1.25

Carichi trasversali. Coeff. parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche

		R1	R2	R3
Trasversale	γ_t	--	--	1.30

Coefficienti di riduzione ζ per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

Numero di verticali indagate 1

$\zeta_3=1.70$ $\zeta_4=1.70$

Dati sismici

Comune
 Provincia
 Regione
 Latitudine 39.883222
 Longitudine 16.012219
 Indice punti di interpolazione 37224 - 37223 - 37445 - 37446
 Vita nominale 50 anni
 Classe d'uso IV
 Tipo costruzione Normali affollamenti

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 149 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

Vita di riferimento

100 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]	3.325	1.122
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]	0.339	0.114
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.355	2.325
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.393	0.321
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		E	1.122
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo	1.000	38.024	19.012
Ultimo - Ribaltamento	1.000	38.024	19.012
Esercizio	1.000	18.307	9.154

Forma diagramma incremento sismico **Rettangolare**

Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	SI
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

Spostamenti

Modello a blocchi	
Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti	
Spostamento limite	10,00 [cm]

Opzioni calcolo pali

Portanza verticale

Metodo di calcolo della portanza alla punta	Berezantzev ridotto
Metodo di calcolo della portanza alla laterale	Integrazione delle tensioni tangenziali ($k_s \sigma_v \tan(\delta) + c_a$)
Correzione angolo di attrito in funzione del tipo di palo (infilso/trivellato)	Attiva
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza alla punta σ_v con la profondità	Pressione geostatica
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza laterale	Pressione geostatica

Portanza trasversale

Costante di Winkler: da stratoCriterio rottura palo-terreno

- Spostamento limite	Non attivo
- Pressione limite	Pressione passiva con moltiplicatore M=3,00
- Palo infinitamente elastico	Non attivo

Cedimenti

Metodo di calcolo	Metodo agli elementi finiti
Spostamento limite alla punta	1,00 [cm]
Spostamento limite laterale	0,50 [cm]

Risultati per combinazione

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	145,67	23,33	133,76	57,69	3,90	-5,29
	Incremento di spinta sismica		211,20	193,93	83,64	3,90	-4,00
	Peso/Inerzia muro			119,24	313,60/59,62	0,10	-5,83
	Peso/Inerzia terrapieno			190,56	501,15/95,28	1,95	-3,50
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			5,13	13,50	-1,95	-6,75
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Resistenza pali				-643,39		
2	Spinta statica	145,67	23,33	133,76	57,69	3,90	-5,29
	Incremento di spinta sismica		209,30	192,19	82,89	3,90	-4,00
	Peso/Inerzia muro			119,24	313,60/-59,62	0,10	-5,83
	Peso/Inerzia terrapieno			190,56	501,15/-95,28	1,95	-3,50
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			5,13	13,50	-1,95	-6,75
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Resistenza pali				-643,37		

Scarichi in testa ai pali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	238,80	0,00	-514,09
	2	899,59	0,00	-514,09
	3	1560,37	0,00	-514,09
2 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	-90,87	0,00	-512,69
	2	651,14	0,00	-512,69
	3	1393,16	0,00	-512,69

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N	Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T	Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M	Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

Mx, My	Momenti flettenti, espresso in [kNm]
Mxy	Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle
Tx, Ty	Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,50	2,73	0,13
3	-0,20	3,03	5,51	0,53
4	-0,30	4,60	8,34	1,21
5	-0,40	6,19	11,22	2,16
6	-0,50	7,81	14,15	3,39
7	-0,60	9,46	17,13	4,91
8	-0,70	11,14	20,16	6,72

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
9	-0,80	12,85	23,24	8,83
10	-0,90	14,59	26,37	11,24
11	-1,00	16,36	29,55	13,96
12	-1,10	18,16	32,78	16,99
13	-1,20	19,99	36,06	20,34
14	-1,30	21,85	39,38	24,01
15	-1,40	23,74	42,76	28,00
16	-1,50	25,66	46,19	32,32
17	-1,60	27,60	49,67	36,98
18	-1,70	29,58	53,20	41,98
19	-1,80	31,59	56,78	47,33
20	-1,90	33,63	60,40	53,02
21	-2,00	35,69	64,08	59,08
22	-2,10	37,79	67,81	65,49
23	-2,20	39,92	71,59	72,26
24	-2,30	42,07	75,41	79,41
25	-2,40	44,26	79,29	86,93
26	-2,50	46,47	83,22	94,83
27	-2,60	48,72	87,20	103,11
28	-2,70	50,99	91,22	111,78
29	-2,80	53,30	95,30	120,85
30	-2,90	55,63	99,43	130,31
31	-3,00	57,99	103,60	140,18
32	-3,10	60,39	107,83	150,45
33	-3,20	62,81	112,11	161,14
34	-3,30	65,26	116,43	172,25
35	-3,40	67,75	120,81	183,78
36	-3,50	70,26	125,24	195,74
37	-3,60	72,80	129,71	208,13
38	-3,70	75,37	134,24	220,95
39	-3,80	77,97	138,81	234,22
40	-3,90	80,60	143,44	247,94
41	-4,00	83,26	148,12	262,11
42	-4,10	85,95	152,84	276,73
43	-4,20	88,67	157,62	291,82
44	-4,30	91,42	162,44	307,37
45	-4,40	94,20	167,32	323,40
46	-4,50	97,01	172,24	339,90
47	-4,60	99,85	177,22	356,88
48	-4,70	102,72	182,24	374,35
49	-4,80	105,62	187,32	392,30
50	-4,90	108,55	192,44	410,76
51	-5,00	111,50	197,62	429,71
52	-5,10	114,49	202,84	449,17
53	-5,20	117,51	208,11	469,14
54	-5,30	120,56	213,44	489,62
55	-5,40	123,63	218,81	510,62
56	-5,50	126,74	224,24	532,15
57	-5,60	129,87	229,71	554,21
58	-5,70	133,04	235,23	576,80
59	-5,80	136,23	240,81	599,93
60	-5,90	139,46	246,43	623,60
61	-6,00	142,71	252,10	647,82
62	-6,10	146,00	257,83	672,60
63	-6,20	149,31	263,60	697,93
64	-6,30	152,66	269,42	723,83
65	-6,40	156,03	275,30	750,30
66	-6,50	159,43	281,22	777,33
67	-6,60	162,87	287,19	804,95
68	-6,70	166,33	293,21	833,15
69	-6,80	169,82	299,29	861,93
70	-6,90	173,34	305,41	891,31
71	-7,00	176,89	311,58	921,29

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,02	2,71	0,13
3	-0,20	2,07	5,47	0,53
4	-0,30	3,13	8,28	1,21
5	-0,40	4,21	11,14	2,16
6	-0,50	5,31	14,05	3,40
7	-0,60	6,44	17,01	4,92
8	-0,70	7,58	20,02	6,74
9	-0,80	8,75	23,08	8,85
10	-0,90	9,93	26,19	11,27
11	-1,00	11,13	29,35	13,99
12	-1,10	12,36	32,56	17,03
13	-1,20	13,60	35,82	20,38
14	-1,30	14,87	39,13	24,06
15	-1,40	16,15	42,49	28,06
16	-1,50	17,46	45,90	32,40
17	-1,60	18,78	49,36	37,07
18	-1,70	20,13	52,87	42,08
19	-1,80	21,50	56,42	47,44
20	-1,90	22,88	60,03	53,15

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
21	-2,00	24,29	63,69	59,22
22	-2,10	25,72	67,40	65,65
23	-2,20	27,16	71,16	72,45
24	-2,30	28,63	74,97	79,61
25	-2,40	30,12	78,82	87,16
26	-2,50	31,62	82,73	95,08
27	-2,60	33,15	86,69	103,39
28	-2,70	34,70	90,70	112,09
29	-2,80	36,27	94,75	121,18
30	-2,90	37,86	98,86	130,68
31	-3,00	39,46	103,02	140,58
32	-3,10	41,09	107,23	150,89
33	-3,20	42,74	111,48	161,62
34	-3,30	44,41	115,79	172,76
35	-3,40	46,10	120,15	184,33
36	-3,50	47,81	124,55	196,33
37	-3,60	49,54	129,01	208,77
38	-3,70	51,29	133,52	221,64
39	-3,80	53,06	138,07	234,96
40	-3,90	54,85	142,68	248,73
41	-4,00	56,66	147,34	262,95
42	-4,10	58,49	152,04	277,63
43	-4,20	60,34	156,80	292,78
44	-4,30	62,21	161,60	308,39
45	-4,40	64,11	166,46	324,48
46	-4,50	66,02	171,36	341,04
47	-4,60	67,95	176,32	358,09
48	-4,70	69,90	181,32	375,63
49	-4,80	71,87	186,38	393,66
50	-4,90	73,87	191,48	412,19
51	-5,00	75,88	196,64	431,22
52	-5,10	77,91	201,84	450,76
53	-5,20	79,97	207,10	470,82
54	-5,30	82,04	212,40	491,39
55	-5,40	84,13	217,76	512,48
56	-5,50	86,25	223,16	534,10
57	-5,60	88,38	228,62	556,25
58	-5,70	90,53	234,12	578,94
59	-5,80	92,71	239,67	602,18
60	-5,90	94,90	245,28	625,95
61	-6,00	97,12	250,93	650,29
62	-6,10	99,35	256,64	675,17
63	-6,20	101,61	262,39	700,62
64	-6,30	103,88	268,19	726,64
65	-6,40	106,18	274,05	753,23
66	-6,50	108,49	279,95	780,39
67	-6,60	110,83	285,90	808,13
68	-6,70	113,19	291,91	836,47
69	-6,80	115,56	297,96	865,39
70	-6,90	117,96	304,06	894,91
71	-7,00	120,38	310,21	925,02

Piastra fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3) H + V

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
15	160,85	536,18	0,00	0,00	-1557,24	MAX
9	-433,10	-334,97	0,00	0,00	-436,52	MIN
15	160,85	536,18	0,00	0,00	-1557,24	MAX
33	-341,74	-718,32	0,00	0,00	-230,47	MIN
27	-189,46	-631,52	49,39	0,00	-131,67	MAX
30	-189,46	-631,52	-49,39	0,00	-131,67	MIN
7	87,34	80,03	21,77	433,24	-315,05	MAX
12	87,34	80,03	-21,77	-433,24	-315,05	MIN
6	-107,87	41,73	0,00	0,00	366,66	MAX
15	160,85	536,18	0,00	0,00	-1557,24	MIN

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H - V

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
15	160,85	536,18	0,00	0,00	-1557,24	MAX
9	-433,10	-334,97	0,00	0,00	-436,52	MIN
15	160,85	536,18	0,00	0,00	-1557,24	MAX
29	-345,99	-1153,30	-26,43	0,00	-430,01	MIN
27	-325,90	-1086,35	104,58	0,00	-194,63	MAX
30	-325,90	-1086,35	-104,58	0,00	-194,63	MIN
7	87,34	80,03	21,77	433,24	-315,05	MAX
12	87,34	80,03	-21,77	-433,24	-315,05	MIN
6	-107,87	41,73	0,00	0,00	366,66	MAX
15	160,85	536,18	0,00	0,00	-1557,24	MIN

Sollecitazioni pali

Simbologia adottata

N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3) H + V

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	238,80	5970,08	-514,09	-669,12	0,00	0,00
21	3,20	278,18	5930,01	10,00	-151,60	1031,79	1535,60
33	5,12	301,00	5869,32	275,21	383,67	678,11	1318,60
69	10,88	365,98	5529,78	-1,71	16,04	-41,35	-55,58
101	16,00	418,37	5004,79	-0,48	-1,11	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	899,59	10976,37	-514,09	-669,12	0,00	0,00
21	3,20	937,70	10936,31	10,00	-151,60	1031,79	1535,60
33	5,12	958,55	10875,66	275,21	383,67	678,11	1318,60
69	10,88	1012,42	10536,27	-1,71	16,04	-41,35	-55,58
101	16,00	1046,86	10011,49	-0,48	-1,11	0,00	0,00

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	1560,37	10976,24	-514,09	-669,12	0,00	0,00
21	3,20	1597,22	10936,17	10,00	-151,60	1031,79	1535,60
33	5,12	1616,11	10875,51	275,21	383,67	678,11	1318,60
69	10,88	1658,86	10536,07	-1,71	16,04	-41,35	-55,58
98	15,52	1675,45	10057,62	-2,32	-5,20	-0,67	-1,52

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H - V

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	-90,87	-2271,81	-512,69	-669,11	0,00	0,00
21	3,20	-50,24	-2243,40	11,35	-151,58	1027,38	1535,55
33	5,12	-25,46	-2203,91	274,00	383,66	673,75	1318,53
69	10,88	50,63	-2019,40	-1,77	16,04	-41,17	-55,58
101	16,00	120,96	-1804,03	-0,48	-1,11	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	651,14	10976,61	-512,69	-669,11	0,00	0,00
21	3,20	689,73	10936,55	11,35	-151,58	1027,38	1535,55
33	5,12	711,32	10875,90	274,00	383,66	673,75	1318,53
69	10,88	769,37	10536,54	-1,77	16,04	-41,17	-55,58
101	16,00	810,56	10011,78	-0,48	-1,11	0,00	0,00

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	1393,16	10976,58	-512,69	-669,11	0,00	0,00
21	3,20	1430,33	10936,52	11,35	-151,58	1027,38	1535,55
33	5,12	1449,72	10875,87	274,00	383,66	673,75	1318,53
69	10,88	1495,27	10536,49	-1,77	16,04	-41,17	-55,58
101	16,00	1516,31	10011,72	-0,48	-1,11	0,00	0,00

Risultati per inviluppo

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	145,67	23,33	133,76	57,69	3,90	-5,29
	Incremento di spinta sismica		211,20	193,93	83,64	3,90	-4,00
	Peso/Inerzia muro			119,24	313,60/59,62	0,10	-5,83
	Peso/Inerzia terrapieno			190,56	501,15/95,28	1,95	-3,50
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			5,13	13,50	-1,95	-6,75
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Resistenza pali			-643,39			

Scarichi in testa ai pali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	238,80	0,00	-514,09
	2	899,59	0,00	-514,09
	3	1560,37	0,00	-514,09

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N	Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T	Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M	Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

Mx, My	Momenti flettenti, espresso in [kNm]
Mxy	Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle
Tx, Ty	Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

Paramento

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,02	1,50	2,71	2,73	0,13	0,13
3	-0,20	2,07	3,03	5,47	5,51	0,53	0,53
4	-0,30	3,13	4,60	8,28	8,34	1,21	1,21
5	-0,40	4,21	6,19	11,14	11,22	2,16	2,16
6	-0,50	5,31	7,81	14,05	14,15	3,39	3,40
7	-0,60	6,44	9,46	17,01	17,13	4,91	4,92
8	-0,70	7,58	11,14	20,02	20,16	6,72	6,74
9	-0,80	8,75	12,85	23,08	23,24	8,83	8,85
10	-0,90	9,93	14,59	26,19	26,37	11,24	11,27
11	-1,00	11,13	16,36	29,35	29,55	13,96	13,99
12	-1,10	12,36	18,16	32,56	32,78	16,99	17,03
13	-1,20	13,60	19,99	35,82	36,06	20,34	20,38
14	-1,30	14,87	21,85	39,13	39,38	24,01	24,06
15	-1,40	16,15	23,74	42,49	42,76	28,00	28,06
16	-1,50	17,46	25,66	45,90	46,19	32,32	32,40
17	-1,60	18,78	27,60	49,36	49,67	36,98	37,07
18	-1,70	20,13	29,58	52,87	53,20	41,98	42,08
19	-1,80	21,50	31,59	56,42	56,78	47,33	47,44
20	-1,90	22,88	33,63	60,03	60,40	53,02	53,15
21	-2,00	24,29	35,69	63,69	64,08	59,08	59,22
22	-2,10	25,72	37,79	67,40	67,81	65,49	65,65
23	-2,20	27,16	39,92	71,16	71,59	72,26	72,45

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
24	-2,30	28,63	42,07	74,97	75,41	79,41	79,61
25	-2,40	30,12	44,26	78,82	79,29	86,93	87,16
26	-2,50	31,62	46,47	82,73	83,22	94,83	95,08
27	-2,60	33,15	48,72	86,69	87,20	103,11	103,39
28	-2,70	34,70	50,99	90,70	91,22	111,78	112,09
29	-2,80	36,27	53,30	94,75	95,30	120,85	121,18
30	-2,90	37,86	55,63	98,86	99,43	130,31	130,68
31	-3,00	39,46	57,99	103,02	103,60	140,18	140,58
32	-3,10	41,09	60,39	107,23	107,83	150,45	150,89
33	-3,20	42,74	62,81	111,48	112,11	161,14	161,62
34	-3,30	44,41	65,26	115,79	116,43	172,25	172,76
35	-3,40	46,10	67,75	120,15	120,81	183,78	184,33
36	-3,50	47,81	70,26	124,55	125,24	195,74	196,33
37	-3,60	49,54	72,80	129,01	129,71	208,13	208,77
38	-3,70	51,29	75,37	133,52	134,24	220,95	221,64
39	-3,80	53,06	77,97	138,07	138,81	234,22	234,96
40	-3,90	54,85	80,60	142,68	143,44	247,94	248,73
41	-4,00	56,66	83,26	147,34	148,12	262,11	262,95
42	-4,10	58,49	85,95	152,04	152,84	276,73	277,63
43	-4,20	60,34	88,67	156,80	157,62	291,82	292,78
44	-4,30	62,21	91,42	161,60	162,44	307,37	308,39
45	-4,40	64,11	94,20	166,46	167,32	323,40	324,48
46	-4,50	66,02	97,01	171,36	172,24	339,90	341,04
47	-4,60	67,95	99,85	176,32	177,22	356,88	358,09
48	-4,70	69,90	102,72	181,32	182,24	374,35	375,63
49	-4,80	71,87	105,62	186,38	187,32	392,30	393,66
50	-4,90	73,87	108,55	191,48	192,44	410,76	412,19
51	-5,00	75,88	111,50	196,64	197,62	429,71	431,22
52	-5,10	77,91	114,49	201,84	202,84	449,17	450,76
53	-5,20	79,97	117,51	207,10	208,11	469,14	470,82
54	-5,30	82,04	120,56	212,40	213,44	489,62	491,39
55	-5,40	84,13	123,63	217,76	218,81	510,62	512,48
56	-5,50	86,25	126,74	223,16	224,24	532,15	534,10
57	-5,60	88,38	129,87	228,62	229,71	554,21	556,25
58	-5,70	90,53	133,04	234,12	235,23	576,80	578,94
59	-5,80	92,71	136,23	239,67	240,81	599,93	602,18
60	-5,90	94,90	139,46	245,28	246,43	623,60	625,95
61	-6,00	97,12	142,71	250,93	252,10	647,82	650,29
62	-6,10	99,35	146,00	256,64	257,83	672,60	675,17
63	-6,20	101,61	149,31	262,39	263,60	697,93	700,62
64	-6,30	103,88	152,66	268,19	269,42	723,83	726,64
65	-6,40	106,18	156,03	274,05	275,30	750,30	753,23
66	-6,50	108,49	159,43	279,95	281,22	777,33	780,39
67	-6,60	110,83	162,87	285,90	287,19	804,95	808,13
68	-6,70	113,19	166,33	291,91	293,21	833,15	836,47
69	-6,80	115,56	169,82	297,96	299,29	861,93	865,39
70	-6,90	117,96	173,34	304,06	305,41	891,31	894,91
71	-7,00	120,38	176,89	310,21	311,58	921,29	925,02

Piastra fondazione

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
15	160,85 (1)	536,18 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-1557,24 (1)	MAX
9	-433,10 (1)	-334,97 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-436,52 (1)	MIN
15	160,85 (1)	536,18 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-1557,24 (1)	MAX
29	-345,99 (2)	-1153,30 (2)	-26,43 (2)	0,00 (2)	-430,01 (2)	MIN
27	-325,90 (2)	-1086,35 (2)	104,58 (2)	0,00 (2)	-194,63 (2)	MAX
30	-325,90 (2)	-1086,35 (2)	-104,58 (2)	0,00 (2)	-194,63 (2)	MIN
7	87,34 (1)	80,03 (1)	21,77 (1)	433,24 (1)	-315,05 (1)	MAX
12	87,34 (1)	80,03 (1)	-21,77 (1)	-433,24 (1)	-315,05 (1)	MIN
6	-107,87 (1)	41,73 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	366,66 (1)	MAX
15	160,85 (1)	536,18 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-1557,24 (1)	MIN

Sollecitazioni pali

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	238,80	5970,08	-514,09	-669,12	0,00	0,00
21	3,20	278,18	5930,01	10,00	-151,60	1031,79	1535,60
33	5,12	301,00	5869,32	275,21	383,67	678,11	1318,60
69	10,88	365,98	5529,78	-1,71	16,04	-41,35	-55,58
101	16,00	418,37	5004,79	-0,48	-1,11	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	899,59	10976,37	-514,09	-669,12	0,00	0,00
21	3,20	937,70	10936,31	10,00	-151,60	1031,79	1535,60
33	5,12	958,55	10875,66	275,21	383,67	678,11	1318,60
69	10,88	1012,42	10536,27	-1,71	16,04	-41,35	-55,58
101	16,00	1046,86	10011,49	-0,48	-1,11	0,00	0,00

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	1560,37	10976,24	-514,09	-669,12	0,00	0,00
21	3,20	1597,22	10936,17	10,00	-151,60	1031,79	1535,60
33	5,12	1616,11	10875,51	275,21	383,67	678,11	1318,60
69	10,88	1658,86	10536,07	-1,71	16,04	-41,35	-55,58
98	15,52	1675,45	10057,62	-2,32	-5,20	-0,67	-1,52

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	-90,87	-2271,81	-512,69	-669,11	0,00	0,00
21	3,20	-50,24	-2243,40	11,35	-151,58	1027,38	1535,55
33	5,12	-25,46	-2203,91	274,00	383,66	673,75	1318,53
69	10,88	50,63	-2019,40	-1,77	16,04	-41,17	-55,58
101	16,00	120,96	-1804,03	-0,48	-1,11	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	651,14	10976,61	-512,69	-669,11	0,00	0,00
21	3,20	689,73	10936,55	11,35	-151,58	1027,38	1535,55
33	5,12	711,32	10875,90	274,00	383,66	673,75	1318,53
69	10,88	769,37	10536,54	-1,77	16,04	-41,17	-55,58
101	16,00	810,56	10011,78	-0,48	-1,11	0,00	0,00

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	1393,16	10976,58	-512,69	-669,11	0,00	0,00
21	3,20	1430,33	10936,52	11,35	-151,58	1027,38	1535,55
33	5,12	1449,72	10875,87	274,00	383,66	673,75	1318,53
69	10,88	1495,27	10536,49	-1,77	16,04	-41,17	-55,58
101	16,00	1516,31	10011,72	-0,48	-1,11	0,00	0,00

13.1.3 Condizione eccezionale d'urto

Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
Calcestruzzo armato	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
γ	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R _{ck}	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

Calcestruzzo armato

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 157 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

n°	Descr	C	A	γ [kN/mc]	Rck [kPa]	E [kPa]	v	n	ntc
1	C32/40	C32/40	B450C	25,0000	40000	33642648	0.30	15.00	0.50
2	Materiale tiranti	Rck 250	Precomp	24,5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50
5	C30/37	C30/37	B450C	25,0000	35000	32587986	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f _{yk} [kPa]	f _{uk} [kPa]
B450C	450000	540000

Tipologie pali

Simbologia adottata

n°	Indice tipologia palo
Descr	Descrizione tipologia palo
P	Contributo portanza palo (laterale e/o punta)
T	Tecnologia costruttiva (trivellato, infisso o elica continua)
V	Vincolo palo-fondazione: Cerniera o Incastro (libero o impedito di ruotare in testa)
Imat	Indice materiale che lo costituisce
BD	usa metodo di Bustamante-Doix
PN	Portanza nota
Pp, PI	Portanza di punta e laterale caratteristica, espressa in [kN]

n°	Descr	P	T	V	Imat	BD	PN	Pp	PI
1	Tipologia palo	Laterale + Punta	Trivellato	Cerniera	5	NO	SI	10000,00	10000,00

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	15,00	0,00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

Falda

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-5,00	-17,00	0.000
2	15,00	-17,00	0.000

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro	2,40	[m]
<u>Paramento</u>		
Materiale	C32/40	
Altezza paramento	7,00	[m]
Altezza paramento libero	6,50	[m]
Spessore in sommità	0,50	[m]

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 158 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

Spessore all'attacco con la fondazione	1,20	[m]
Inclinazione paramento esterno	5,70	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

Fondazione

Materiale	C32/40	
Lunghezza mensola di valle	1,50	[m]
Lunghezza mensola di monte	3,90	[m]
Lunghezza totale	6,60	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	1,00	[m]
Spessore magrone	0,00	[m]

Descrizione pali di fondazione

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della fila
X	ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m]
I	interasse tra i pali, espressa in [m]
f	franco laterale (distanza minima dal bordo laterale), espressa in [m]
Np	Numero di pali della fila
D	diametro dei pali della fila espresso in [cm]
L	lunghezza dei pali della fila espressa in [m]
α	inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°]
ALL	allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI)

n°	Tipologia	X [m]	I [m]	f [m]	Np	D [cm]	L [m]	α [°]	ALL
1	Tipologia palo	0,80	2,40	0,50	1	80,00	16,00	0,00	Centrati
2	Tipologia palo	3,20	2,40	0,50	1	80,00	16,00	0,00	Centrati
3	Tipologia palo	5,60	2,40	0,50	1	80,00	16,00	0,00	Centrati

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kPa]
ca	Adesione terra-muro espressa in [kPa]
<u>Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix</u>	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
τ_l	Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]	ca [kPa]	Cesp	τ_l [kPa]	
1	RS	18,0000	18,0000	35.000	23.330	0	0	1.000	0	(CAR)
				35.000	23.330	0	0			(MIN)
				35.000	23.330	0	0			(MED)
2	FLa	19,0000	19,0000	26.000	17.330	10	0	1.000	0	(CAR)
				26.000	17.333	10	0			(MIN)
				26.000	17.333	10	0			(MED)
3	BG	27,0000	27,0000	37.000	24.667	100	0	1.000	0	(CAR)
				37.000	24.667	100	0			(MIN)
				37.000	24.667	100	0			(MED)

Stratigrafia

Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
α	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
Kwn, Kwt	Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm ² /cm
<u>Per calcolo pali (solo se presenti)</u>	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

Kst_{sta}, Kst_{sis} Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm ²]	Kwt [Kg/cm ²]	Kw [Kg/cm ²]	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
1	8,00	0.000	RS	0.000	0.000	1,000	0,500	1,000	---	---
2	13,50	0.000	FLa	0.000	0.000	10,000	0,500	1,000	---	---
3	10,00	0.000	BG	0.000	0.000	10,000	0,500	1,000	---	---

Condizioni di carico

Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]

F_x Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]

F_y Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]

M Momento espresso in [kNm]

X_i Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]

X_f Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]

Q_i Intensità del carico per x=X_i espressa in [kN]

Q_f Intensità del carico per x=X_f espressa in [kN]

Condizione n° 1 (Urto) - ECCEZIONALE

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Concentrato	Paramento	-0,40; 0,00	18,0000	0,0000	18,0000				

Condizione n° 2 (Pavimentazione) - PERMANENTE

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Distribuito					0,00	10,00	2,5000	2,5000

Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche				Combinazioni sismiche			
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	1.00	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.00	1.10	1.10	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.00	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\varphi)}$	1.00	1.00	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.00	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.00	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Carichi verticali. Coeff. parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Punta	γ_b	--	--	1.15	--	--	1.35	--	--	1.30
Laterale compressione	γ_s	--	--	1.15	--	--	1.15	--	--	1.15

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 160 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Totale compressione	γ_t	--	--	1.15	--	--	1.30	--	--	1.25
Laterale trazione	γ_{st}	--	--	1.25	--	--	1.25	--	--	1.25

Carichi trasversali. Coeff. parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche

		R1	R2	R3
Trasversale	γ_t	--	--	1.30

Coefficienti di riduzione ζ per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

Numero di verticali indagate 1

$\zeta_3=1.70$ $\zeta_4=1.70$

Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta a riposo
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	SI
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

Spostamenti

Modello a blocchi	
Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti	
Spostamento limite	5,00 [cm]

Opzioni calcolo pali

Portanza verticale

Metodo di calcolo della portanza alla punta	Berezantzev ridotto
Metodo di calcolo della portanza alla laterale	Integrazione delle tensioni tangenziali ($k_s \sigma_v \tan(\delta) + c_a$)
Correzione angolo di attrito in funzione del tipo di palo (infisso/trivellato)	Attiva
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza alla punta σ_v con la profondità	Pressione geostatica
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza laterale	Pressione geostatica

Portanza trasversale

Costante di Winkler: da strato	criterio rottura palo-terreno
- Spostamento limite	Non attivo
- Pressione limite	Pressione passiva con moltiplicatore $M=3,00$
- Palo infinitamente elastico	Non attivo

Cedimenti

Metodo di calcolo	Metodo agli elementi finiti
Spostamento limite alla punta	1,00 [cm]
Spostamento limite laterale	0,50 [cm]

Risultati per combinazione

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	294,34	23,33	270,28	116,57	3,90	-4,83
	Peso/Inerzia muro			0,00	313,60/0,00	0,10	-5,83
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	504,08/0,00	1,95	-3,50
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	13,50	-1,95	-6,75
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Risultante forze sul muro			18,00	0,00	--	--
	Resistenza pali			-308,28			

Scarichi in testa ai pali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	638,79	0,00	-230,61
	2	758,20	0,00	-230,61
	3	877,60	0,00	-230,61

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N	Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T	Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M	Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

Mx, My	Momenti flettenti, espresso in [kNm]
Mxy	Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle
Tx, Ty	Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	18,00	18,00
2	-0,10	1,26	19,15	19,85
3	-0,20	2,55	20,36	21,82
4	-0,30	3,86	21,62	23,90
5	-0,40	5,20	22,93	26,11
6	-0,50	6,56	24,30	28,44
7	-0,60	7,95	25,71	30,90
8	-0,70	9,36	27,18	33,50
9	-0,80	10,80	28,70	36,25
10	-0,90	12,26	30,27	39,14
11	-1,00	13,75	31,90	42,18
12	-1,10	15,26	33,58	45,38
13	-1,20	16,80	35,31	48,75
14	-1,30	18,36	37,09	52,28
15	-1,40	19,95	38,93	55,98
16	-1,50	21,56	40,82	59,87
17	-1,60	23,19	42,76	63,93
18	-1,70	24,86	44,75	68,19
19	-1,80	26,54	46,80	72,64
20	-1,90	28,25	48,90	77,29

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
21	-2,00	29,99	51,05	82,14
22	-2,10	31,75	53,25	87,20
23	-2,20	33,54	55,51	92,47
24	-2,30	35,35	57,82	97,97
25	-2,40	37,19	60,18	103,69
26	-2,50	39,05	62,59	109,63
27	-2,60	40,93	65,06	115,82
28	-2,70	42,85	67,58	122,24
29	-2,80	44,78	70,15	128,91
30	-2,90	46,74	72,77	135,82
31	-3,00	48,73	75,45	143,00
32	-3,10	50,74	78,18	150,43
33	-3,20	52,78	80,96	158,13
34	-3,30	54,84	83,80	166,10
35	-3,40	56,92	86,68	174,34
36	-3,50	59,03	89,62	182,87
37	-3,60	61,17	92,61	191,68
38	-3,70	63,33	95,66	200,78
39	-3,80	65,52	98,75	210,18
40	-3,90	67,73	101,90	219,88
41	-4,00	69,96	105,10	229,88
42	-4,10	72,22	108,36	240,20
43	-4,20	74,51	111,66	250,84
44	-4,30	76,82	115,02	261,79
45	-4,40	79,15	118,43	273,08
46	-4,50	81,52	121,90	284,69
47	-4,60	83,90	125,42	296,64
48	-4,70	86,31	128,98	308,94
49	-4,80	88,75	132,61	321,58
50	-4,90	91,21	136,28	334,58
51	-5,00	93,69	140,01	347,93
52	-5,10	96,20	143,79	361,64
53	-5,20	98,74	147,62	375,73
54	-5,30	101,30	151,50	390,18
55	-5,40	103,88	155,44	405,02
56	-5,50	106,49	159,43	420,24
57	-5,60	109,13	163,47	435,84
58	-5,70	111,79	167,57	451,84
59	-5,80	114,47	171,71	468,24
60	-5,90	117,18	175,91	485,04
61	-6,00	119,92	180,16	502,26
62	-6,10	122,68	184,47	519,88
63	-6,20	125,46	188,82	537,93
64	-6,30	128,27	193,23	556,40
65	-6,40	131,10	197,70	575,30
66	-6,50	133,96	202,21	594,63
67	-6,60	136,85	206,78	614,40
68	-6,70	139,76	211,40	634,62
69	-6,80	142,69	216,07	655,29
70	-6,90	145,65	220,79	676,41
71	-7,00	148,64	225,57	697,99

Piastra fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
15	84,23	280,78	0,00	0,00	-852,52	MAX
33	-271,96	-485,76	0,00	0,00	-196,73	MIN
15	84,23	280,78	0,00	0,00	-852,52	MAX
33	-271,96	-485,76	0,00	0,00	-196,73	MIN
13	33,32	111,07	25,32	0,00	-192,21	MAX
16	33,32	111,07	-25,32	0,00	-192,21	MIN
31	-6,68	-293,08	0,37	246,04	-185,19	MAX
34	-6,68	-293,08	-0,37	-246,04	-185,19	MIN
6	-60,49	21,24	0,00	0,00	215,44	MAX
15	84,23	280,78	0,00	0,00	-852,52	MIN

Sollecitazioni pali

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	638,79	10976,44	-230,61	-320,61	0,00	0,00
15	2,24	666,15	10956,41	13,96	-31,12	282,37	476,77
26	4,00	686,55	10914,45	75,41	126,61	186,71	360,26
62	9,76	746,58	10617,12	-0,25	1,97	-11,54	-19,23
101	16,00	798,81	10011,61	-0,05	-0,12	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	758,20	10976,38	-230,61	-320,61	0,00	0,00
15	2,24	785,45	10956,35	13,96	-31,12	282,37	476,77
26	4,00	805,60	10914,39	75,41	126,61	186,71	360,26
62	9,76	863,88	10617,06	-0,25	1,97	-11,54	-19,23
101	16,00	912,38	10011,55	-0,05	-0,12	0,00	0,00

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	877,60	10976,57	-230,61	-320,61	0,00	0,00
15	2,24	904,75	10956,55	13,96	-31,12	282,37	476,77
26	4,00	924,66	10914,58	75,41	126,61	186,71	360,26
62	9,76	981,17	10617,25	-0,25	1,97	-11,54	-19,23
101	16,00	1025,95	10011,75	-0,05	-0,12	0,00	0,00

Risultati per inviluppo

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	294,34	23,33	270,28	116,57	3,90	-4,83
	Peso/Inerzia muro			0,00	313,60/0,00	0,10	-5,83
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	504,08/0,00	1,95	-3,50
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	13,50	-1,95	-6,75
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Risultante forze sul muro			18,00	0,00	--	--
	Resistenza pali			-308,28			

Scarichi in testa ai pali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	638,79	0,00	-230,61
	2	758,20	0,00	-230,61
	3	877,60	0,00	-230,61

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N	Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T	Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M	Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

Mx, My	Momenti flettenti, espresso in [kNm]
Mxy	Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle
Tx, Ty	Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

Paramento

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	18,00	18,00	18,00	18,00
2	-0,10	1,26	1,26	19,15	19,15	19,85	19,85
3	-0,20	2,55	2,55	20,36	20,36	21,82	21,82
4	-0,30	3,86	3,86	21,62	21,62	23,90	23,90
5	-0,40	5,20	5,20	22,93	22,93	26,11	26,11
6	-0,50	6,56	6,56	24,30	24,30	28,44	28,44
7	-0,60	7,95	7,95	25,71	25,71	30,90	30,90
8	-0,70	9,36	9,36	27,18	27,18	33,50	33,50
9	-0,80	10,80	10,80	28,70	28,70	36,25	36,25
10	-0,90	12,26	12,26	30,27	30,27	39,14	39,14
11	-1,00	13,75	13,75	31,90	31,90	42,18	42,18
12	-1,10	15,26	15,26	33,58	33,58	45,38	45,38
13	-1,20	16,80	16,80	35,31	35,31	48,75	48,75
14	-1,30	18,36	18,36	37,09	37,09	52,28	52,28
15	-1,40	19,95	19,95	38,93	38,93	55,98	55,98
16	-1,50	21,56	21,56	40,82	40,82	59,87	59,87
17	-1,60	23,19	23,19	42,76	42,76	63,93	63,93
18	-1,70	24,86	24,86	44,75	44,75	68,19	68,19
19	-1,80	26,54	26,54	46,80	46,80	72,64	72,64
20	-1,90	28,25	28,25	48,90	48,90	77,29	77,29
21	-2,00	29,99	29,99	51,05	51,05	82,14	82,14
22	-2,10	31,75	31,75	53,25	53,25	87,20	87,20
23	-2,20	33,54	33,54	55,51	55,51	92,47	92,47

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
24	-2,30	35,35	35,35	57,82	57,82	97,97	97,97
25	-2,40	37,19	37,19	60,18	60,18	103,69	103,69
26	-2,50	39,05	39,05	62,59	62,59	109,63	109,63
27	-2,60	40,93	40,93	65,06	65,06	115,82	115,82
28	-2,70	42,85	42,85	67,58	67,58	122,24	122,24
29	-2,80	44,78	44,78	70,15	70,15	128,91	128,91
30	-2,90	46,74	46,74	72,77	72,77	135,82	135,82
31	-3,00	48,73	48,73	75,45	75,45	143,00	143,00
32	-3,10	50,74	50,74	78,18	78,18	150,43	150,43
33	-3,20	52,78	52,78	80,96	80,96	158,13	158,13
34	-3,30	54,84	54,84	83,80	83,80	166,10	166,10
35	-3,40	56,92	56,92	86,68	86,68	174,34	174,34
36	-3,50	59,03	59,03	89,62	89,62	182,87	182,87
37	-3,60	61,17	61,17	92,61	92,61	191,68	191,68
38	-3,70	63,33	63,33	95,66	95,66	200,78	200,78
39	-3,80	65,52	65,52	98,75	98,75	210,18	210,18
40	-3,90	67,73	67,73	101,90	101,90	219,88	219,88
41	-4,00	69,96	69,96	105,10	105,10	229,88	229,88
42	-4,10	72,22	72,22	108,36	108,36	240,20	240,20
43	-4,20	74,51	74,51	111,66	111,66	250,84	250,84
44	-4,30	76,82	76,82	115,02	115,02	261,79	261,79
45	-4,40	79,15	79,15	118,43	118,43	273,08	273,08
46	-4,50	81,52	81,52	121,90	121,90	284,69	284,69
47	-4,60	83,90	83,90	125,42	125,42	296,64	296,64
48	-4,70	86,31	86,31	128,98	128,98	308,94	308,94
49	-4,80	88,75	88,75	132,61	132,61	321,58	321,58
50	-4,90	91,21	91,21	136,28	136,28	334,58	334,58
51	-5,00	93,69	93,69	140,01	140,01	347,93	347,93
52	-5,10	96,20	96,20	143,79	143,79	361,64	361,64
53	-5,20	98,74	98,74	147,62	147,62	375,73	375,73
54	-5,30	101,30	101,30	151,50	151,50	390,18	390,18
55	-5,40	103,88	103,88	155,44	155,44	405,02	405,02
56	-5,50	106,49	106,49	159,43	159,43	420,24	420,24
57	-5,60	109,13	109,13	163,47	163,47	435,84	435,84
58	-5,70	111,79	111,79	167,57	167,57	451,84	451,84
59	-5,80	114,47	114,47	171,71	171,71	468,24	468,24
60	-5,90	117,18	117,18	175,91	175,91	485,04	485,04
61	-6,00	119,92	119,92	180,16	180,16	502,26	502,26
62	-6,10	122,68	122,68	184,47	184,47	519,88	519,88
63	-6,20	125,46	125,46	188,82	188,82	537,93	537,93
64	-6,30	128,27	128,27	193,23	193,23	556,40	556,40
65	-6,40	131,10	131,10	197,70	197,70	575,30	575,30
66	-6,50	133,96	133,96	202,21	202,21	594,63	594,63
67	-6,60	136,85	136,85	206,78	206,78	614,40	614,40
68	-6,70	139,76	139,76	211,40	211,40	634,62	634,62
69	-6,80	142,69	142,69	216,07	216,07	655,29	655,29
70	-6,90	145,65	145,65	220,79	220,79	676,41	676,41
71	-7,00	148,64	148,64	225,57	225,57	697,99	697,99

Piastra fondazione

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
15	84,23 (1)	280,78 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-852,52 (1)	MAX
33	-271,96 (1)	-485,76 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-196,73 (1)	MIN
15	84,23 (1)	280,78 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-852,52 (1)	MAX
33	-271,96 (1)	-485,76 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-196,73 (1)	MIN
13	33,32 (1)	111,07 (1)	25,32 (1)	0,00 (1)	-192,21 (1)	MAX
16	33,32 (1)	111,07 (1)	-25,32 (1)	0,00 (1)	-192,21 (1)	MIN
31	-6,68 (1)	-293,08 (1)	0,37 (1)	246,04 (1)	-185,19 (1)	MAX
34	-6,68 (1)	-293,08 (1)	-0,37 (1)	-246,04 (1)	-185,19 (1)	MIN
6	-60,49 (1)	21,24 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	215,44 (1)	MAX
15	84,23 (1)	280,78 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-852,52 (1)	MIN

Sollecitazioni pali

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	638,79	10976,44	-230,61	-320,61	0,00	0,00
15	2,24	666,15	10956,41	13,96	-31,12	282,37	476,77
26	4,00	686,55	10914,45	75,41	126,61	186,71	360,26
62	9,76	746,58	10617,12	-0,25	1,97	-11,54	-19,23
101	16,00	798,81	10011,61	-0,05	-0,12	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	758,20	10976,38	-230,61	-320,61	0,00	0,00
15	2,24	785,45	10956,35	13,96	-31,12	282,37	476,77
26	4,00	805,60	10914,39	75,41	126,61	186,71	360,26
62	9,76	863,88	10617,06	-0,25	1,97	-11,54	-19,23
101	16,00	912,38	10011,55	-0,05	-0,12	0,00	0,00

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	877,60	10976,57	-230,61	-320,61	0,00	0,00
15	2,24	904,75	10956,55	13,96	-31,12	282,37	476,77
26	4,00	924,66	10914,58	75,41	126,61	186,71	360,26
62	9,76	981,17	10617,25	-0,25	1,97	-11,54	-19,23
101	16,00	1025,95	10011,75	-0,05	-0,12	0,00	0,00

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 167 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

13.2 Muro Tipologico 1B

13.2.1 Condizione statica

Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<u>Calcestruzzo armato</u>	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
γ	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
Rck	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	γ [kN/mc]	Rck [kPa]	E [kPa]	ν	n	ntc
1	C32/40	C32/40	B450C	25,0000	40000	33642648	0.30	15.00	0.50
2	Materiale tiranti	Rck 250	Precomp	24,5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50
5	C30/37	C30/37	B450C	25,0000	35000	32587986	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f _{yk} [kPa]	f _{uk} [kPa]
B450C	450000	540000

Tipologie pali

Simbologia adottata

n°	Indice tipologia palo
Descr	Descrizione tipologia palo
P	Contributo portanza palo (laterale e/o punta)
T	Tecnologia costruttiva (trivellato, infisso o elica continua)
V	Vincolo palo-fondazione: Cerniera o Incastro (libero o impedito di ruotare in testa)
Imat	Indice materiale che lo costituisce
BD	usa metodo di Bustamante-Doix
PN	Portanza nota
Pp, PI	Portanza di punta e laterale caratteristica, espressa in [kN]

n°	Descr	P	T	V	Imat	BD	PN	Pp	PI
1	Tipologia palo	Laterale + Punta	Trivellato	Cerniera	5	NO	SI	10000,00	10000,00

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	15,00	0,00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

Falda

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 168 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-5,00	-16,00	0.000
2	15,00	-16,00	0.000

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 2,40 [m]

Paramento

Materiale	C32/40	
Altezza paramento	6,00	[m]
Altezza paramento libero	5,50	[m]
Spessore in sommità	0,50	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,10	[m]
Inclinazione paramento esterno	5,70	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

Fondazione

Materiale	C32/40	
Lunghezza mensola di valle	1,50	[m]
Lunghezza mensola di monte	4,00	[m]
Lunghezza totale	6,60	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	1,00	[m]
Spessore magrone	0,00	[m]

Descrizione pali di fondazione

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della fila
X	ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m]
I	interasse tra i pali, espressa in [m]
f	franco laterale (distanza minima dal bordo laterale), espressa in [m]
Np	Numero di pali della fila
D	diametro dei pali della fila espresso in [cm]
L	lunghezza dei pali della fila espressa in [m]
α	inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°]
ALL	allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI)

n°	Tipologia	X [m]	I [m]	f [m]	Np	D [cm]	L [m]	α [°]	ALL
1	Tipologia palo	0,80	2,40	0,50	1	80,00	16,00	0,00	Centrati
2	Tipologia palo	3,20	2,40	0,50	1	80,00	16,00	0,00	Centrati
3	Tipologia palo	5,60	2,40	0,50	1	80,00	16,00	0,00	Centrati

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ _s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
φ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kPa]
c _a	Adesione terra-muro espressa in [kPa]
Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)

τ_l Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]	ca [kPa]	Cesp	τ_l [kPa]	
1	RS	18,0000	18,0000	35.000	23.330	0	0	1.000	0	(CAR)
				35.000	23.330	0	0			(MIN)
				35.000	23.330	0	0			(MED)
2	FLa	19,0000	19,0000	26.000	17.330	10	0	1.000	0	(CAR)
				26.000	17.333	10	0			(MIN)
				26.000	17.333	10	0			(MED)
3	BG	27,0000	27,0000	37.000	24.667	100	0	1.000	0	(CAR)
				37.000	24.667	100	0			(MIN)
				37.000	24.667	100	0			(MED)

Stratigrafia

Simbologia adottata

n° Indice dello strato
H Spessore dello strato espresso in [m]
 α Inclinazione espressa in [°]
Terreno Terreno dello strato
Kwn, Kwt Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm²/cm
Per calcolo pali (solo se presenti)
Kw Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm
Ks Coefficiente di spinta
Cesp Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

Kststa, Kstsis Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm ²]	Kwt [Kg/cm ²]	Kw [Kg/cm ²]	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
1	7,00	0.000	RS	0.000	0.000	1,000	0,500	1,000	---	---
2	13,50	0.000	FLa	0.000	0.000	10,000	0,500	1,000	---	---
3	10,00	0.000	BG	0.000	0.000	10,000	0,500	1,000	---	---

Condizioni di carico

Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.
Momento positivo senso antiorario.
X Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
Fx Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
Fy Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M Momento espresso in [kNm]
Xi Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
Xf Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Qi Intensità del carico per x=Xi espressa in [kN]
Qf Intensità del carico per x=Xf espressa in [kN]

Condizione n° 1 (traffico) - VARIABILE TF

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.75 - \Psi_1=0.75 - \Psi_2=0.00$

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	Fx [kN]	Fy [kN]	M [kNm]	Xi [m]	Xf [m]	Qi [kN]	Qf [kN]
1	Distribuito					0,00	10,00	20,0000	20,0000

Condizione n° 2 (Pavimentazione) - PERMANENTE

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	Fx [kN]	Fy [kN]	M [kNm]	Xi [m]	Xf [m]	Qi [kN]	Qf [kN]
1	Distribuito					0,00	10,00	2,5000	2,5000

Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche				Combinazioni sismiche			
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	1.00	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.00	1.10	1.10	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 170 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche						Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2	
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00	
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00	
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.00	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00	

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Carichi verticali. Coeff. parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Punta	γ_b	--	--	1.15	--	--	1.35	--	--	1.30
Laterale compressione	γ_s	--	--	1.15	--	--	1.15	--	--	1.15
Totale compressione	γ_t	--	--	1.15	--	--	1.30	--	--	1.25
Laterale trazione	γ_{st}	--	--	1.25	--	--	1.25	--	--	1.25

Carichi trasversali. Coeff. parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche

		R1	R2	R3
Trasversale	γ_t	--	--	1.30

Coefficienti di riduzione ζ per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

Numero di verticali indagate 1

$\zeta_3=1.70$ $\zeta_4=1.70$

Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta a riposo
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	SI
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

Spostamenti

Modello a blocchi	
Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti	
Spostamento limite	5,00 [cm]

Opzioni calcolo pali

Portanza verticale

Metodo di calcolo della portanza alla punta	Berezantzev ridotto
Metodo di calcolo della portanza alla laterale	Integrazione delle tensioni tangenziali ($k_s \sigma_v \tan(\delta) + ca$)
Correzione angolo di attrito in funzione del tipo di palo (infisso/trivellato)	Attiva
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza alla punta σ_v con la profondità	Pressione geostatica

<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO</p>	<p style="text-align: center;">AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO</p>	<p style="text-align: center;">Pag. 171 DI 291</p>
---	--	--

Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza laterale	Pressione geostatica
<i>Portanza trasversale</i>	
Costante di Winkler: da strato	Criterio rottura palo-terreno
- Spostamento limite	Non attivo
- Pressione limite	Pressione passiva con moltiplicatore M=3,00
- Palo infinitamente elastico	Non attivo
<i>Cedimenti</i>	
Metodo di calcolo	Metodo agli elementi finiti
Spostamento limite alla punta	1,00 [cm]
Spostamento limite laterale	0,50 [cm]

Risultati per combinazione

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	272,25	23,33	249,99	107,82	4,00	-4,10
	Peso/Inerzia muro			0,00	284,89/0,00	0,23	-5,18
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	553,00/0,00	2,00	-3,00
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	13,50	-1,85	-5,75
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Resistenza pali				-264,17		
3	Spinta statica	208,10	23,33	191,09	82,41	4,00	-4,10
	Peso/Inerzia muro			0,00	284,89/0,00	0,23	-5,18
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	522,00/0,00	2,00	-3,00
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	13,50	-1,85	-5,75
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Resistenza pali				-343,35		
4	Spinta statica	199,55	23,33	183,23	79,03	4,00	-4,13
	Peso/Inerzia muro			0,00	284,89/0,00	0,23	-5,18
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	502,00/0,00	2,00	-3,00
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	13,50	-1,85	-5,75
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Resistenza pali				-343,41		
5	Spinta statica	173,89	23,33	159,67	68,86	4,00	-4,22
	Peso/Inerzia muro			0,00	284,89/0,00	0,23	-5,18
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	442,00/0,00	2,00	-3,00
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	13,50	-1,85	-5,75
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Resistenza pali				-343,41		

Scarichi in testa ai pali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	810,11	0,00	-199,98
	2	767,36	0,00	-199,98
	3	724,62	0,00	-199,98
3 - SLER	1	791,49	0,00	-152,87
	2	722,24	0,00	-152,87
	3	652,99	0,00	-152,87
4 - SLEF	1	769,11	0,00	-146,58
	2	703,53	0,00	-146,58
	3	637,95	0,00	-146,58
5 - SLEQ	1	701,94	0,00	-127,74
	2	647,39	0,00	-127,74
	3	592,84	0,00	-127,74

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N	Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T	Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M	Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

Mx, My	Momenti flettenti, espresso in [kNm]
Mxy	Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle

Tx, Ty Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)
I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,26	1,61	0,08
3	-0,20	2,55	3,27	0,31
4	-0,30	3,86	4,99	0,71
5	-0,40	5,20	6,75	1,27
6	-0,50	6,56	8,57	2,01
7	-0,60	7,95	10,44	2,92
8	-0,70	9,36	12,37	4,02
9	-0,80	10,80	14,34	5,30
10	-0,90	12,26	16,37	6,78
11	-1,00	13,75	18,45	8,46
12	-1,10	15,26	20,59	10,34
13	-1,20	16,80	22,77	12,42
14	-1,30	18,36	25,01	14,73
15	-1,40	19,95	27,30	17,25
16	-1,50	21,56	29,65	19,99
17	-1,60	23,19	32,05	22,96
18	-1,70	24,86	34,49	26,17
19	-1,80	26,54	37,00	29,61
20	-1,90	28,25	39,55	33,30
21	-2,00	29,99	42,16	37,24
22	-2,10	31,75	44,82	41,44
23	-2,20	33,54	47,53	45,89
24	-2,30	35,35	50,29	50,61
25	-2,40	37,19	53,11	55,60
26	-2,50	39,05	55,98	60,86
27	-2,60	40,93	58,90	66,41
28	-2,70	42,85	61,87	72,24
29	-2,80	44,78	64,90	78,36
30	-2,90	46,74	67,98	84,77
31	-3,00	48,73	71,11	91,49
32	-3,10	50,74	74,30	98,51
33	-3,20	52,78	77,53	105,84
34	-3,30	54,84	80,82	113,49
35	-3,40	56,92	84,16	121,46
36	-3,50	59,03	87,56	129,76
37	-3,60	61,17	91,00	138,38
38	-3,70	63,33	94,50	147,35
39	-3,80	65,52	98,06	156,65
40	-3,90	67,73	101,66	166,31
41	-4,00	69,96	105,32	176,31
42	-4,10	72,22	109,03	186,67
43	-4,20	74,51	112,79	197,40
44	-4,30	76,82	116,60	208,49
45	-4,40	79,15	120,47	219,95
46	-4,50	81,52	124,39	231,79
47	-4,60	83,90	128,36	244,02
48	-4,70	86,31	132,39	256,63
49	-4,80	88,75	136,46	269,64
50	-4,90	91,21	140,59	283,04
51	-5,00	93,69	144,77	296,85
52	-5,10	96,20	149,01	311,06
53	-5,20	98,74	153,30	325,69
54	-5,30	101,30	157,64	340,74
55	-5,40	103,88	162,03	356,21
56	-5,50	106,49	166,47	372,11
57	-5,60	109,13	170,97	388,44
58	-5,70	111,79	175,52	405,21
59	-5,80	114,47	180,12	422,43
60	-5,90	117,18	184,78	440,10
61	-6,00	119,92	189,48	458,22

Combinazione n° 3 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,26	1,22	0,06
3	-0,20	2,55	2,48	0,23
4	-0,30	3,86	3,78	0,53
5	-0,40	5,20	5,13	0,95
6	-0,50	6,56	6,51	1,50
7	-0,60	7,95	7,93	2,19
8	-0,70	9,36	9,39	3,01
9	-0,80	10,80	10,90	3,98
10	-0,90	12,26	12,44	5,08
11	-1,00	13,75	14,02	6,34
12	-1,10	15,26	15,65	7,75

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
13	-1,20	16,80	17,31	9,32
14	-1,30	18,36	19,02	11,05
15	-1,40	19,95	20,76	12,94
16	-1,50	21,56	22,55	15,00
17	-1,60	23,19	24,37	17,24
18	-1,70	24,86	26,24	19,65
19	-1,80	26,54	28,15	22,24
20	-1,90	28,25	30,10	25,01
21	-2,00	29,99	32,08	27,98
22	-2,10	31,75	34,11	31,13
23	-2,20	33,54	36,18	34,48
24	-2,30	35,35	38,29	38,04
25	-2,40	37,19	40,44	41,79
26	-2,50	39,05	42,63	45,75
27	-2,60	40,93	44,86	49,93
28	-2,70	42,85	47,13	54,32
29	-2,80	44,78	49,44	58,93
30	-2,90	46,74	51,79	63,76
31	-3,00	48,73	54,18	68,82
32	-3,10	50,74	56,62	74,11
33	-3,20	52,78	59,09	79,64
34	-3,30	54,84	61,60	85,40
35	-3,40	56,92	64,15	91,41
36	-3,50	59,03	66,75	97,67
37	-3,60	61,17	69,38	104,17
38	-3,70	63,33	72,06	110,93
39	-3,80	65,52	74,77	117,95
40	-3,90	67,73	77,53	125,24
41	-4,00	69,96	80,32	132,78
42	-4,10	72,22	83,16	140,60
43	-4,20	74,51	86,04	148,70
44	-4,30	76,82	88,95	157,07
45	-4,40	79,15	91,91	165,72
46	-4,50	81,52	94,91	174,66
47	-4,60	83,90	97,95	183,89
48	-4,70	86,31	101,02	193,41
49	-4,80	88,75	104,14	203,24
50	-4,90	91,21	107,30	213,36
51	-5,00	93,69	110,50	223,79
52	-5,10	96,20	113,74	234,53
53	-5,20	98,74	117,02	245,58
54	-5,30	101,30	120,34	256,95
55	-5,40	103,88	123,70	268,64
56	-5,50	106,49	127,11	280,65
57	-5,60	109,13	130,55	293,00
58	-5,70	111,79	134,03	305,67
59	-5,80	114,47	137,55	318,69
60	-5,90	117,18	141,12	332,04
61	-6,00	119,92	144,72	345,74

Combinazione n° 4 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,26	1,11	0,05
3	-0,20	2,55	2,26	0,21
4	-0,30	3,86	3,45	0,48
5	-0,40	5,20	4,68	0,86
6	-0,50	6,56	5,95	1,36
7	-0,60	7,95	7,26	1,99
8	-0,70	9,36	8,61	2,74
9	-0,80	10,80	10,00	3,62
10	-0,90	12,26	11,43	4,63
11	-1,00	13,75	12,90	5,78
12	-1,10	15,26	14,41	7,07
13	-1,20	16,80	15,96	8,51
14	-1,30	18,36	17,56	10,10
15	-1,40	19,95	19,19	11,84
16	-1,50	21,56	20,86	13,74
17	-1,60	23,19	22,58	15,80
18	-1,70	24,86	24,33	18,03
19	-1,80	26,54	26,13	20,42
20	-1,90	28,25	27,96	22,99
21	-2,00	29,99	29,84	25,73
22	-2,10	31,75	31,75	28,66
23	-2,20	33,54	33,71	31,77
24	-2,30	35,35	35,71	35,07
25	-2,40	37,19	37,75	38,56
26	-2,50	39,05	39,82	42,25
27	-2,60	40,93	41,94	46,13
28	-2,70	42,85	44,10	50,23
29	-2,80	44,78	46,30	54,53
30	-2,90	46,74	48,54	59,04
31	-3,00	48,73	50,82	63,77
32	-3,10	50,74	53,14	68,72
33	-3,20	52,78	55,50	73,89
34	-3,30	54,84	57,90	79,29

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
35	-3,40	56,92	60,34	84,93
36	-3,50	59,03	62,82	90,79
37	-3,60	61,17	65,34	96,90
38	-3,70	63,33	67,90	103,25
39	-3,80	65,52	70,51	109,85
40	-3,90	67,73	73,15	116,70
41	-4,00	69,96	75,83	123,81
42	-4,10	72,22	78,56	131,17
43	-4,20	74,51	81,32	138,80
44	-4,30	76,82	84,13	146,69
45	-4,40	79,15	86,97	154,86
46	-4,50	81,52	89,86	163,30
47	-4,60	83,90	92,78	172,02
48	-4,70	86,31	95,75	181,02
49	-4,80	88,75	98,76	190,31
50	-4,90	91,21	101,80	199,89
51	-5,00	93,69	104,89	209,76
52	-5,10	96,20	108,02	219,93
53	-5,20	98,74	111,19	230,41
54	-5,30	101,30	114,40	241,18
55	-5,40	103,88	117,65	252,27
56	-5,50	106,49	120,93	263,68
57	-5,60	109,13	124,26	275,40
58	-5,70	111,79	127,63	287,44
59	-5,80	114,47	131,05	299,81
60	-5,90	117,18	134,50	312,51
61	-6,00	119,92	137,99	325,54

Combinazione n° 5 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,26	0,77	0,04
3	-0,20	2,55	1,58	0,14
4	-0,30	3,86	2,44	0,33
5	-0,40	5,20	3,33	0,59
6	-0,50	6,56	4,26	0,94
7	-0,60	7,95	5,24	1,38
8	-0,70	9,36	6,25	1,91
9	-0,80	10,80	7,30	2,54
10	-0,90	12,26	8,40	3,27
11	-1,00	13,75	9,53	4,10
12	-1,10	15,26	10,71	5,04
13	-1,20	16,80	11,93	6,09
14	-1,30	18,36	13,18	7,26
15	-1,40	19,95	14,48	8,54
16	-1,50	21,56	15,82	9,95
17	-1,60	23,19	17,19	11,49
18	-1,70	24,86	18,61	13,16
19	-1,80	26,54	20,07	14,97
20	-1,90	28,25	21,57	16,91
21	-2,00	29,99	23,11	19,00
22	-2,10	31,75	24,69	21,24
23	-2,20	33,54	26,30	23,62
24	-2,30	35,35	27,97	26,16
25	-2,40	37,19	29,67	28,86
26	-2,50	39,05	31,41	31,73
27	-2,60	40,93	33,19	34,76
28	-2,70	42,85	35,01	37,96
29	-2,80	44,78	36,87	41,33
30	-2,90	46,74	38,77	44,89
31	-3,00	48,73	40,72	48,62
32	-3,10	50,74	42,70	52,54
33	-3,20	52,78	44,72	56,66
34	-3,30	54,84	46,79	60,96
35	-3,40	56,92	48,89	65,47
36	-3,50	59,03	51,04	70,18
37	-3,60	61,17	53,22	75,09
38	-3,70	63,33	55,45	80,21
39	-3,80	65,52	57,72	85,55
40	-3,90	67,73	60,02	91,10
41	-4,00	69,96	62,37	96,88
42	-4,10	72,22	64,76	102,88
43	-4,20	74,51	67,18	109,11
44	-4,30	76,82	69,65	115,57
45	-4,40	79,15	72,16	122,27
46	-4,50	81,52	74,71	129,22
47	-4,60	83,90	77,30	136,40
48	-4,70	86,31	79,93	143,84
49	-4,80	88,75	82,60	151,53
50	-4,90	91,21	85,31	159,47
51	-5,00	93,69	88,06	167,68
52	-5,10	96,20	90,85	176,15
53	-5,20	98,74	93,68	184,89
54	-5,30	101,30	96,55	193,90
55	-5,40	103,88	99,47	203,19
56	-5,50	106,49	102,42	212,76

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
57	-5,60	109,13	105,41	222,61
58	-5,70	111,79	108,45	232,76
59	-5,80	114,47	111,52	243,19
60	-5,90	117,18	114,63	253,92
61	-6,00	119,92	117,79	264,95

Piastra fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
15	67,27	224,24	0,00	0,00	-695,59	MAX
58	-282,77	-225,63	0,00	0,00	-13,40	MIN
15	67,27	224,24	0,00	0,00	-695,59	MAX
58	-282,77	-225,63	0,00	0,00	-13,40	MIN
34	-24,70	-31,52	23,16	-55,01	-9,05	MAX
31	-24,70	-31,52	-23,16	55,01	-9,05	MIN
56	10,71	-0,20	-1,44	261,76	48,62	MAX
59	10,71	-0,20	1,44	-261,76	48,62	MIN
33	-55,89	6,29	0,00	0,00	356,39	MAX
15	67,27	224,24	0,00	0,00	-695,59	MIN

Combinazione n° 3 - SLER

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
28	86,19	287,31	0,00	0,00	287,84	MAX
58	-282,77	-225,63	0,00	0,00	-13,40	MIN
28	86,19	287,31	0,00	0,00	287,84	MAX
58	-282,77	-225,63	0,00	0,00	-13,40	MIN
30	47,90	159,68	52,62	0,00	-120,53	MAX
27	-24,70	-31,52	-52,62	0,00	-120,53	MIN
56	10,71	-0,20	-1,44	261,76	48,62	MAX
59	10,71	-0,20	1,44	-261,76	48,62	MIN
33	-12,28	187,83	0,00	0,00	449,72	MAX
15	67,27	224,24	0,00	0,00	-695,59	MIN

Combinazione n° 4 - SLEF

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
28	86,19	287,31	0,00	0,00	287,84	MAX
58	-282,77	-225,63	0,00	0,00	-13,40	MIN
28	86,19	287,31	0,00	0,00	287,84	MAX
58	-282,77	-225,63	0,00	0,00	-13,40	MIN
30	47,90	159,68	52,62	0,00	-9,05	MAX
27	-24,70	-31,52	-52,62	0,00	-120,53	MIN
56	10,71	-0,20	-1,44	261,76	48,62	MAX
59	10,71	-0,20	1,44	-261,76	48,62	MIN
33	-12,28	187,83	0,00	0,00	449,72	MAX
15	67,27	224,24	0,00	0,00	-695,59	MIN

Combinazione n° 5 - SLEQ

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
28	86,19	287,31	0,00	0,00	287,84	MAX
58	-282,77	-225,63	0,00	0,00	-13,40	MIN
28	86,19	287,31	0,00	0,00	287,84	MAX
58	-282,77	-225,63	0,00	0,00	-13,40	MIN
30	47,90	159,68	52,62	0,00	-9,05	MAX
27	-24,70	-31,52	-52,62	0,00	-120,53	MIN
56	10,71	-0,20	-1,44	261,76	48,62	MAX
59	10,71	-0,20	1,44	-261,76	48,62	MIN
33	-12,28	187,83	0,00	0,00	449,72	MAX
15	67,27	224,24	0,00	0,00	-695,59	MIN

Sollecitazioni pali

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
- T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
- M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	810,11	10976,94	-199,98	-274,74	0,00	0,00
14	2,08	835,43	10959,58	6,14	-22,05	226,13	371,28
25	3,84	855,58	10919,70	60,32	98,63	153,67	278,76
62	9,76	914,87	10617,51	-0,46	0,47	-9,23	-15,24
101	16,00	961,75	10011,83	-0,04	-0,08	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	767,36	10976,60	-199,98	-274,74	0,00	0,00
14	2,08	792,72	10959,24	6,14	-22,05	226,13	371,28
25	3,84	812,96	10919,38	60,32	98,63	153,67	278,76
62	9,76	872,88	10617,28	-0,46	0,47	-9,23	-15,24
101	16,00	921,10	10011,77	-0,04	-0,08	0,00	0,00

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	724,62	10976,59	-199,98	-274,74	0,00	0,00
14	2,08	750,01	10959,23	6,14	-22,05	226,13	371,28
25	3,84	770,33	10919,37	60,32	98,63	153,67	278,76
62	9,76	830,90	10617,27	-0,46	0,47	-9,23	-15,24
101	16,00	880,45	10011,77	-0,04	-0,08	0,00	0,00

Combinazione n° 3 - SLER

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	791,49	10976,38	-152,87	-274,68	0,00	0,00
13	1,92	814,94	10961,50	1,62	-47,16	150,75	363,62
25	3,84	837,02	10919,16	40,21	98,60	98,05	278,65
61	9,60	895,13	10628,22	-0,21	1,46	-6,17	-15,00
101	16,00	944,05	10011,54	-0,02	-0,08	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	722,24	10976,36	-152,87	-274,68	0,00	0,00
13	1,92	745,73	10961,48	1,62	-47,16	150,75	363,62
25	3,84	767,96	10919,14	40,21	98,60	98,05	278,65
61	9,60	827,06	10628,20	-0,21	1,46	-6,17	-15,00
101	16,00	878,18	10011,52	-0,02	-0,08	0,00	0,00

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	652,99	10976,59	-152,87	-274,68	0,00	0,00
13	1,92	676,53	10961,72	1,62	-47,16	150,75	363,62
25	3,84	698,90	10919,37	40,21	98,60	98,05	278,65
61	9,60	759,00	10628,44	-0,21	1,46	-6,17	-15,00
101	16,00	812,31	10011,77	-0,02	-0,08	0,00	0,00

Combinazione n° 4 - SLEF

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	769,11	10976,60	-146,58	-274,73	0,00	0,00
13	1,92	792,57	10961,72	2,06	-47,20	141,87	363,71
25	3,84	814,70	10919,37	37,83	98,62	91,84	278,74
61	9,60	873,12	10628,41	-0,21	1,46	-5,80	-15,00
101	16,00	922,76	10011,68	-0,02	-0,08	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	703,53	10976,44	-146,58	-274,73	0,00	0,00
13	1,92	727,04	10961,57	2,06	-47,20	141,87	363,71
25	3,84	749,30	10919,22	37,83	98,62	91,84	278,74
61	9,60	808,67	10628,29	-0,21	1,46	-5,80	-15,00
101	16,00	860,39	10011,62	-0,02	-0,08	0,00	0,00

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	637,95	10976,78	-146,58	-274,73	0,00	0,00
13	1,92	661,50	10961,90	2,06	-47,20	141,87	363,71
25	3,84	683,90	10919,55	37,83	98,62	91,84	278,74
61	9,60	744,22	10628,57	-0,21	1,46	-5,80	-15,00
101	16,00	798,01	10011,81	-0,02	-0,08	0,00	0,00

Combinazione n° 5 - SLEQ

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	701,94	10976,65	-127,74	-274,73	0,00	0,00
13	1,92	725,45	10961,76	2,89	-47,20	116,44	363,72
24	3,68	745,91	10923,98	31,06	96,28	79,35	294,16
61	9,60	807,11	10628,36	-0,22	1,46	-4,76	-15,00
101	16,00	858,88	10011,47	-0,02	-0,08	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	647,39	10976,58	-127,74	-274,73	0,00	0,00
13	1,92	670,94	10961,71	2,89	-47,20	116,44	363,72
24	3,68	691,50	10923,94	31,06	96,28	79,35	294,16
61	9,60	753,49	10628,43	-0,22	1,46	-4,76	-15,00
101	16,00	806,99	10011,76	-0,02	-0,08	0,00	0,00

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	592,84	10976,58	-127,74	-274,73	0,00	0,00
13	1,92	616,42	10961,70	2,89	-47,20	116,44	363,72
24	3,68	637,08	10923,94	31,06	96,28	79,35	294,16
61	9,60	699,88	10628,43	-0,22	1,46	-4,76	-15,00
101	16,00	755,11	10011,76	-0,02	-0,08	0,00	0,00

Risultati per inviluppo

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	272,25	23,33	249,99	107,82	4,00	-4,10
	Peso/Inerzia muro			0,00	284,89/0,00	0,23	-5,18
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	553,00/0,00	2,00	-3,00
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	13,50	-1,85	-5,75
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Resistenza pali			-264,17			

Scarichi in testa ai pali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	810,11	0,00	-199,98
	2	767,36	0,00	-199,98
	3	724,62	0,00	-199,98

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N	Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T	Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M	Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

Mx, My	Momenti flettenti, espresso in [kNm]
Mxy	Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle
Tx, Ty	Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

Paramento

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,26	1,26	0,77	1,61	0,04	0,08
3	-0,20	2,55	2,55	1,58	3,27	0,14	0,31
4	-0,30	3,86	3,86	2,44	4,99	0,33	0,71
5	-0,40	5,20	5,20	3,33	6,75	0,59	1,27
6	-0,50	6,56	6,56	4,26	8,57	0,94	2,01
7	-0,60	7,95	7,95	5,24	10,44	1,38	2,92
8	-0,70	9,36	9,36	6,25	12,37	1,91	4,02
9	-0,80	10,80	10,80	7,30	14,34	2,54	5,30
10	-0,90	12,26	12,26	8,40	16,37	3,27	6,78
11	-1,00	13,75	13,75	9,53	18,45	4,10	8,46
12	-1,10	15,26	15,26	10,71	20,59	5,04	10,34
13	-1,20	16,80	16,80	11,93	22,77	6,09	12,42
14	-1,30	18,36	18,36	13,18	25,01	7,26	14,73
15	-1,40	19,95	19,95	14,48	27,30	8,54	17,25
16	-1,50	21,56	21,56	15,82	29,65	9,95	19,99
17	-1,60	23,19	23,19	17,19	32,05	11,49	22,96
18	-1,70	24,86	24,86	18,61	34,49	13,16	26,17
19	-1,80	26,54	26,54	20,07	37,00	14,97	29,61
20	-1,90	28,25	28,25	21,57	39,55	16,91	33,30
21	-2,00	29,99	29,99	23,11	42,16	19,00	37,24
22	-2,10	31,75	31,75	24,69	44,82	21,24	41,44
23	-2,20	33,54	33,54	26,30	47,53	23,62	45,89
24	-2,30	35,35	35,35	27,97	50,29	26,16	50,61

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
25	-2,40	37,19	37,19	29,67	53,11	28,86	55,60
26	-2,50	39,05	39,05	31,41	55,98	31,73	60,86
27	-2,60	40,93	40,93	33,19	58,90	34,76	66,41
28	-2,70	42,85	42,85	35,01	61,87	37,96	72,24
29	-2,80	44,78	44,78	36,87	64,90	41,33	78,36
30	-2,90	46,74	46,74	38,77	67,98	44,89	84,77
31	-3,00	48,73	48,73	40,72	71,11	48,62	91,49
32	-3,10	50,74	50,74	42,70	74,30	52,54	98,51
33	-3,20	52,78	52,78	44,72	77,53	56,66	105,84
34	-3,30	54,84	54,84	46,79	80,82	60,96	113,49
35	-3,40	56,92	56,92	48,89	84,16	65,47	121,46
36	-3,50	59,03	59,03	51,04	87,56	70,18	129,76
37	-3,60	61,17	61,17	53,22	91,00	75,09	138,38
38	-3,70	63,33	63,33	55,45	94,50	80,21	147,35
39	-3,80	65,52	65,52	57,72	98,06	85,55	156,65
40	-3,90	67,73	67,73	60,02	101,66	91,10	166,31
41	-4,00	69,96	69,96	62,37	105,32	96,88	176,31
42	-4,10	72,22	72,22	64,76	109,03	102,88	186,67
43	-4,20	74,51	74,51	67,18	112,79	109,11	197,40
44	-4,30	76,82	76,82	69,65	116,60	115,57	208,49
45	-4,40	79,15	79,15	72,16	120,47	122,27	219,95
46	-4,50	81,52	81,52	74,71	124,39	129,22	231,79
47	-4,60	83,90	83,90	77,30	128,36	136,40	244,02
48	-4,70	86,31	86,31	79,93	132,39	143,84	256,63
49	-4,80	88,75	88,75	82,60	136,46	151,53	269,64
50	-4,90	91,21	91,21	85,31	140,59	159,47	283,04
51	-5,00	93,69	93,69	88,06	144,77	167,68	296,85
52	-5,10	96,20	96,20	90,85	149,01	176,15	311,06
53	-5,20	98,74	98,74	93,68	153,30	184,89	325,69
54	-5,30	101,30	101,30	96,55	157,64	193,90	340,74
55	-5,40	103,88	103,88	99,47	162,03	203,19	356,21
56	-5,50	106,49	106,49	102,42	166,47	212,76	372,11
57	-5,60	109,13	109,13	105,41	170,97	222,61	388,44
58	-5,70	111,79	111,79	108,45	175,52	232,76	405,21
59	-5,80	114,47	114,47	111,52	180,12	243,19	422,43
60	-5,90	117,18	117,18	114,63	184,78	253,92	440,10
61	-6,00	119,92	119,92	117,79	189,48	264,95	458,22

Piastra fondazione

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
28	86,19 (3)	287,31 (3)	0,00 (3)	0,00 (3)	287,84 (3)	MAX
58	-282,77 (1)	-225,63 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-13,40 (1)	MIN
28	86,19 (3)	287,31 (3)	0,00 (3)	0,00 (3)	287,84 (3)	MAX
58	-282,77 (1)	-225,63 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-13,40 (1)	MIN
30	47,90 (3)	159,68 (3)	52,62 (3)	0,00 (3)	-120,53 (3)	MAX
27	47,90 (3)	159,68 (3)	-52,62 (3)	0,00 (3)	-120,53 (3)	MIN
56	10,71 (1)	-0,20 (1)	-1,44 (1)	261,76 (1)	48,62 (1)	MAX
59	10,71 (1)	-0,20 (1)	1,44 (1)	-261,76 (1)	48,62 (1)	MIN
33	-12,28 (3)	187,83 (3)	0,00 (3)	0,00 (3)	449,72 (3)	MAX
15	67,27 (1)	224,24 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-695,59 (1)	MIN

Sollecitazioni pali

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	810,11	10976,94	-199,98	-274,74	0,00	0,00
14	2,08	835,43	10959,58	6,14	-22,05	226,13	371,28
25	3,84	855,58	10919,70	60,32	98,63	153,67	278,76
62	9,76	914,87	10617,51	-0,46	0,47	-9,23	-15,24
101	16,00	961,75	10011,83	-0,04	-0,08	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	767,36	10976,60	-199,98	-274,74	0,00	0,00
14	2,08	792,72	10959,24	6,14	-22,05	226,13	371,28
25	3,84	812,96	10919,38	60,32	98,63	153,67	278,76
62	9,76	872,88	10617,28	-0,46	0,47	-9,23	-15,24
101	16,00	921,10	10011,77	-0,04	-0,08	0,00	0,00

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	724,62	10976,59	-199,98	-274,74	0,00	0,00
14	2,08	750,01	10959,23	6,14	-22,05	226,13	371,28
25	3,84	770,33	10919,37	60,32	98,63	153,67	278,76
62	9,76	830,90	10617,27	-0,46	0,47	-9,23	-15,24
101	16,00	880,45	10011,77	-0,04	-0,08	0,00	0,00

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	791,49	10976,38	-152,87	-274,68	0,00	0,00
13	1,92	814,94	10961,50	1,62	-47,16	150,75	363,62
25	3,84	837,02	10919,16	40,21	98,60	98,05	278,65
61	9,60	895,13	10628,22	-0,21	1,46	-6,17	-15,00
101	16,00	944,05	10011,54	-0,02	-0,08	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	722,24	10976,36	-152,87	-274,68	0,00	0,00
13	1,92	745,73	10961,48	1,62	-47,16	150,75	363,62
25	3,84	767,96	10919,14	40,21	98,60	98,05	278,65
61	9,60	827,06	10628,20	-0,21	1,46	-6,17	-15,00
101	16,00	878,18	10011,52	-0,02	-0,08	0,00	0,00

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	652,99	10976,59	-152,87	-274,68	0,00	0,00
13	1,92	676,53	10961,72	1,62	-47,16	150,75	363,62
25	3,84	698,90	10919,37	40,21	98,60	98,05	278,65
61	9,60	759,00	10628,44	-0,21	1,46	-6,17	-15,00
101	16,00	812,31	10011,77	-0,02	-0,08	0,00	0,00

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	769,11	10976,60	-146,58	-274,73	0,00	0,00
13	1,92	792,57	10961,72	2,06	-47,20	141,87	363,71
25	3,84	814,70	10919,37	37,83	98,62	91,84	278,74
61	9,60	873,12	10628,41	-0,21	1,46	-5,80	-15,00
101	16,00	922,76	10011,68	-0,02	-0,08	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	703,53	10976,44	-146,58	-274,73	0,00	0,00
13	1,92	727,04	10961,57	2,06	-47,20	141,87	363,71
25	3,84	749,30	10919,22	37,83	98,62	91,84	278,74
61	9,60	808,67	10628,29	-0,21	1,46	-5,80	-15,00
101	16,00	860,39	10011,62	-0,02	-0,08	0,00	0,00

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	637,95	10976,78	-146,58	-274,73	0,00	0,00
13	1,92	661,50	10961,90	2,06	-47,20	141,87	363,71
25	3,84	683,90	10919,55	37,83	98,62	91,84	278,74
61	9,60	744,22	10628,57	-0,21	1,46	-5,80	-15,00
101	16,00	798,01	10011,81	-0,02	-0,08	0,00	0,00

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	701,94	10976,65	-127,74	-274,73	0,00	0,00
13	1,92	725,45	10961,76	2,89	-47,20	116,44	363,72
24	3,68	745,91	10923,98	31,06	96,28	79,35	294,16
61	9,60	807,11	10628,36	-0,22	1,46	-4,76	-15,00
101	16,00	858,88	10011,47	-0,02	-0,08	0,00	0,00

Palo n° 2

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 182 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	647,39	10976,58	-127,74	-274,73	0,00	0,00
13	1,92	670,94	10961,71	2,89	-47,20	116,44	363,72
24	3,68	691,50	10923,94	31,06	96,28	79,35	294,16
61	9,60	753,49	10628,43	-0,22	1,46	-4,76	-15,00
101	16,00	806,99	10011,76	-0,02	-0,08	0,00	0,00

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	592,84	10976,58	-127,74	-274,73	0,00	0,00
13	1,92	616,42	10961,70	2,89	-47,20	116,44	363,72
24	3,68	637,08	10923,94	31,06	96,28	79,35	294,16
61	9,60	699,88	10628,43	-0,22	1,46	-4,76	-15,00
101	16,00	755,11	10011,76	-0,02	-0,08	0,00	0,00

13.2.2 Condizione sismica

Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
Calcestruzzo armato	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
γ	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R _{ck}	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls tesoro/compresso

Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	γ [kN/mc]	R _{ck} [kPa]	E [kPa]	ν	n	ntc
1	C32/40	C32/40	B450C	25,0000	40000	33642648	0.30	15.00	0.50
2	Materiale tiranti	Rck 250	Precomp	24,5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50
5	C30/37	C30/37	B450C	25,0000	35000	32587986	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f _{yk} [kPa]	f _{uk} [kPa]
B450C	450000	540000

Tipologie pali

Simbologia adottata

n°	Indice tipologia palo
Descr	Descrizione tipologia palo
P	Contributo portanza palo (laterale e/o punta)
T	Tecnologia costruttiva (trivellato, infisso o elica continua)
V	Vincolo palo-fondazione: Cerniera o Incastro (libero o impedito di ruotare in testa)
Imat	Indice materiale che lo costituisce
BD	usa metodo di Bustamante-Doix
PN	Portanza nota
Pp, PI	Portanza di punta e laterale caratteristica, espressa in [kN]

n°	Descr	P	T	V	Imat	BD	PN	Pp	PI
1	Tipologia palo	Laterale + Punta	Trivellato	Cerniera	5	NO	SI	10000,00	10000,00

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n° numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	15,00	0,00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

Falda

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n° numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-5,00	-16,00	0.000
2	15,00	-16,00	0.000

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 2,40 [m]

Paramento

Materiale C32/40
Altezza paramento 6,00 [m]
Altezza paramento libero 5,50 [m]
Spessore in sommità 0,50 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione 1,10 [m]
Inclinazione paramento esterno 5,70 [°]
Inclinazione paramento interno 0,00 [°]

Fondazione

Materiale C32/40
Lunghezza mensola di valle 1,50 [m]
Lunghezza mensola di monte 4,00 [m]
Lunghezza totale 6,60 [m]
Inclinazione piano di posa 0,00 [°]
Spessore 1,00 [m]
Spessore magrone 0,00 [m]

Descrizione pali di fondazione

Simbologia adottata

n° numero d'ordine della fila
X ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m]
I interasse tra i pali, espressa in [m]
f franco laterale (distanza minima dal bordo laterale), espressa in [m]
Np Numero di pali della fila
D diametro dei pali della fila espresso in [cm]
L lunghezza dei pali della fila espressa in [m]
 α inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°]
ALL allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI)

n°	Tipologia	X [m]	I [m]	f [m]	Np	D [cm]	L [m]	α [°]	ALL
1	Tipologia palo	0,80	2,40	0,50	1	80,00	16,00	0,00	Centrati
2	Tipologia palo	3,20	2,40	0,50	1	80,00	16,00	0,00	Centrati
3	Tipologia palo	5,60	2,40	0,50	1	80,00	16,00	0,00	Centrati

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 184 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kPa]
c_a	Adesione terra-muro espressa in [kPa]
Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
τ_l	Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]	c_a [kPa]	Cesp	τ_l [kPa]	
1	RS	18,0000	18,0000	35.000	23.330	0	0	1.000	0	(CAR)
				35.000	23.330	0	0			(MIN)
				35.000	23.330	0	0			(MED)
2	FLa	19,0000	19,0000	26.000	17.330	10	0	1.000	0	(CAR)
				26.000	17.333	10	0			(MIN)
				26.000	17.333	10	0			(MED)
3	BG	27,0000	27,0000	37.000	24.667	100	0	1.000	0	(CAR)
				37.000	24.667	100	0			(MIN)
				37.000	24.667	100	0			(MED)

Stratigrafia

Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
α	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
Kwn, Kwt	Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm ² /cm
Per calcolo pali (solo se presenti)	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

Kststa, Kstsis Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm ²]	Kwt [Kg/cm ²]	Kw [Kg/cm ²]	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
1	7,00	0.000	RS	0.000	0.000	1,000	0,500	1,000	---	---
2	13,50	0.000	FLa	0.000	0.000	10,000	0,500	1,000	---	---
3	10,00	0.000	BG	0.000	0.000	10,000	0,500	1,000	---	---

Condizioni di carico

Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.	
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.	
Momento positivo senso antiorario.	
X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F _x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F _y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
X _i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X _f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q _i	Intensità del carico per x=X _i espressa in [kN]
Q _f	Intensità del carico per x=X _f espressa in [kN]

Condizione n° 1 (Pavimentazione) - PERMANENTE

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Distribuito					0,00	10,00	2,5000	2,5000

Condizione n° 2 (Condizione 2) - VARIABILE

Coeff. di combinazione $\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$

Normativa

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 185 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	1.00	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.00	1.10	1.10	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.00	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Carichi verticali. Coeff. parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Punta	γ_b	--	--	1.15	--	--	1.35	--	--	1.30
Laterale compressione	γ_s	--	--	1.15	--	--	1.15	--	--	1.15
Totale compressione	γ_t	--	--	1.15	--	--	1.30	--	--	1.25
Laterale trazione	γ_{st}	--	--	1.25	--	--	1.25	--	--	1.25

Carichi trasversali. Coeff. parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche

		R1	R2	R3
Trasversale	γ_t	--	--	1.30

Coefficienti di riduzione ζ per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

Numero di verticali indagate 1

$\zeta_3=1.70$ $\zeta_4=1.70$

Dati sismici

Comune
 Provincia
 Regione
 Latitudine 39.883222
 Longitudine 16.012219
 Indice punti di interpolazione 37224 - 37223 - 37445 - 37446
 Vita nominale 50 anni
 Classe d'uso IV
 Tipo costruzione Normali affollamenti
 Vita di riferimento 100 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]	3.325	1.122
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]	0.339	0.114
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.355	2.325
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.393	0.321
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		E	1.122
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo	1.000	38.024	19.012
Ultimo - Ribaltamento	1.000	38.024	19.012

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 186 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Esercizio	1.000	18.307	9.154

Forma diagramma incremento sismico **Rettangolare**

Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	SI
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

Spostamenti

Modello a blocchi	
Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti	
Spostamento limite	10,00 [cm]

Opzioni calcolo pali

Portanza verticale

Metodo di calcolo della portanza alla punta	Berezantzev ridotto
Metodo di calcolo della portanza alla laterale	Integrazione delle tensioni tangenziali ($k_s \sigma_v \tan(\delta) + c_a$)
Correzione angolo di attrito in funzione del tipo di palo (infisso/trivellato)	Attiva
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza alla punta σ_v con la profondità	Pressione geostatica
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza laterale	Pressione geostatica

Portanza trasversale

Costante di Winkler: da stratoCriterio rottura palo-terreno

- Spostamento limite	Non attivo
- Pressione limite	Pressione passiva con moltiplicatore M=3,00
- Palo infinitamente elastico	Non attivo

Cedimenti

Metodo di calcolo	Metodo agli elementi finiti
Spostamento limite alla punta	1,00 [cm]
Spostamento limite laterale	0,50 [cm]

Risultati per combinazione

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	112,06	23,33	102,90	44,38	4,00	-4,62
	Incremento di spinta sismica		162,92	149,60	64,52	4,00	-3,50
	Peso/Inerzia muro			108,33	284,89/54,16	0,23	-5,18
	Peso/Inerzia terrapieno			168,07	442,00/84,03	2,00	-3,00
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			5,13	13,50	-1,85	-5,75
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Resistenza pali				-553,90		
2	Spinta statica	112,06	23,33	102,90	44,38	4,00	-4,62
	Incremento di spinta sismica		160,83	147,68	63,69	4,00	-3,50
	Peso/Inerzia muro			108,33	284,89/-54,16	0,23	-5,18
	Peso/Inerzia terrapieno			168,07	442,00/-84,03	2,00	-3,00
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			5,13	13,50	-1,85	-5,75
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Resistenza pali				-553,84		

Scarichi in testa ai pali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	343,45	0,00	-427,21
	2	789,99	0,00	-427,21
	3	1236,53	0,00	-427,21
2 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	53,76	0,00	-425,67
	2	568,21	0,00	-425,67
	3	1082,66	0,00	-425,67

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N	Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T	Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M	Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

Mx, My	Momenti flettenti, espresso in [kNm]
Mxy	Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle
Tx, Ty	Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,50	2,43	0,12
3	-0,20	3,03	4,91	0,47
4	-0,30	4,60	7,45	1,07
5	-0,40	6,19	10,03	1,92
6	-0,50	7,81	12,66	3,02
7	-0,60	9,46	15,34	4,37
8	-0,70	11,14	18,07	5,99

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
9	-0,80	12,85	20,85	7,88
10	-0,90	14,59	23,68	10,04
11	-1,00	16,36	26,56	12,47
12	-1,10	18,16	29,49	15,19
13	-1,20	19,99	32,47	18,19
14	-1,30	21,85	35,50	21,48
15	-1,40	23,74	38,58	25,07
16	-1,50	25,66	41,71	28,96
17	-1,60	27,60	44,89	33,16
18	-1,70	29,58	48,12	37,67
19	-1,80	31,59	51,40	42,49
20	-1,90	33,63	54,73	47,63
21	-2,00	35,69	58,11	53,10
22	-2,10	37,79	61,54	58,90
23	-2,20	39,92	65,02	65,03
24	-2,30	42,07	68,55	71,51
25	-2,40	44,26	72,12	78,32
26	-2,50	46,47	75,75	85,49
27	-2,60	48,72	79,43	93,01
28	-2,70	50,99	83,16	100,89
29	-2,80	53,30	86,94	109,14
30	-2,90	55,63	90,77	117,75
31	-3,00	57,99	94,64	126,74
32	-3,10	60,39	98,57	136,10
33	-3,20	62,81	102,55	145,85
34	-3,30	65,26	106,58	155,99
35	-3,40	67,75	110,66	166,52
36	-3,50	70,26	114,78	177,44
37	-3,60	72,80	118,96	188,77
38	-3,70	75,37	123,19	200,51
39	-3,80	77,97	127,46	212,66
40	-3,90	80,60	131,79	225,23
41	-4,00	83,26	136,17	238,22
42	-4,10	85,95	140,60	251,63
43	-4,20	88,67	145,07	265,48
44	-4,30	91,42	149,60	279,76
45	-4,40	94,20	154,18	294,49
46	-4,50	97,01	158,80	309,66
47	-4,60	99,85	163,48	325,28
48	-4,70	102,72	168,20	341,36
49	-4,80	105,62	172,98	357,90
50	-4,90	108,55	177,81	374,90
51	-5,00	111,50	182,68	392,38
52	-5,10	114,49	187,61	410,33
53	-5,20	117,51	192,58	428,76
54	-5,30	120,56	197,61	447,67
55	-5,40	123,63	202,68	467,08
56	-5,50	126,74	207,81	486,98
57	-5,60	129,87	212,98	507,38
58	-5,70	133,04	218,21	528,28
59	-5,80	136,23	223,48	549,69
60	-5,90	139,46	228,81	571,62
61	-6,00	142,71	234,18	594,06

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,02	2,43	0,12
3	-0,20	2,07	4,91	0,48
4	-0,30	3,13	7,44	1,08
5	-0,40	4,21	10,02	1,94
6	-0,50	5,31	12,65	3,04
7	-0,60	6,44	15,32	4,41
8	-0,70	7,58	18,05	6,05
9	-0,80	8,75	20,83	7,95
10	-0,90	9,93	23,66	10,13
11	-1,00	11,13	26,54	12,58
12	-1,10	12,36	29,46	15,32
13	-1,20	13,60	32,44	18,35
14	-1,30	14,87	35,47	21,68
15	-1,40	16,15	38,55	25,30
16	-1,50	17,46	41,67	29,23
17	-1,60	18,78	44,85	33,46
18	-1,70	20,13	48,08	38,01
19	-1,80	21,50	51,36	42,88
20	-1,90	22,88	54,68	48,07
21	-2,00	24,29	58,06	53,59
22	-2,10	25,72	61,49	59,44
23	-2,20	27,16	64,96	65,63
24	-2,30	28,63	68,49	72,16
25	-2,40	30,12	72,06	79,05
26	-2,50	31,62	75,69	86,28
27	-2,60	33,15	79,37	93,87
28	-2,70	34,70	83,09	101,82
29	-2,80	36,27	86,87	110,14
30	-2,90	37,86	90,69	118,84

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
31	-3,00	39,46	94,57	127,91
32	-3,10	41,09	98,50	137,36
33	-3,20	42,74	102,47	147,20
34	-3,30	44,41	106,50	157,43
35	-3,40	46,10	110,57	168,05
36	-3,50	47,81	114,70	179,08
37	-3,60	49,54	118,87	190,52
38	-3,70	51,29	123,10	202,36
39	-3,80	53,06	127,37	214,63
40	-3,90	54,85	131,70	227,31
41	-4,00	56,66	136,07	240,42
42	-4,10	58,49	140,49	253,96
43	-4,20	60,34	144,97	267,94
44	-4,30	62,21	149,49	282,35
45	-4,40	64,11	154,07	297,22
46	-4,50	66,02	158,69	312,53
47	-4,60	67,95	163,36	328,30
48	-4,70	69,90	168,09	344,52
49	-4,80	71,87	172,86	361,22
50	-4,90	73,87	177,68	378,38
51	-5,00	75,88	182,56	396,02
52	-5,10	77,91	187,48	414,14
53	-5,20	79,97	192,45	432,74
54	-5,30	82,04	197,48	451,83
55	-5,40	84,13	202,55	471,42
56	-5,50	86,25	207,67	491,50
57	-5,60	88,38	212,85	512,09
58	-5,70	90,53	218,07	533,19
59	-5,80	92,71	223,34	554,80
60	-5,90	94,90	228,66	576,94
61	-6,00	97,12	234,03	599,59

Piastra fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3) H + V

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
15	124,95	416,51	0,00	0,00	-1224,99	MAX
9	-343,98	-269,03	0,00	0,00	-338,66	MIN
15	124,95	416,51	0,00	0,00	-1224,99	MAX
38	-289,44	-514,82	0,00	0,00	-69,62	MIN
27	-120,35	-401,17	41,57	0,00	-84,23	MAX
30	-120,35	-401,17	-41,57	0,00	-84,23	MIN
7	68,77	59,93	17,17	343,76	-242,33	MAX
12	68,77	59,93	-17,17	-343,76	-242,33	MIN
6	-85,37	32,19	0,00	0,00	294,19	MAX
15	124,95	416,51	0,00	0,00	-1224,99	MIN

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H - V

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
15	124,95	416,51	0,00	0,00	-1224,99	MAX
9	-343,98	-269,03	0,00	0,00	-338,66	MIN
15	124,95	416,51	0,00	0,00	-1224,99	MAX
29	-252,88	-842,95	-23,97	0,00	-326,55	MIN
27	-250,50	-835,01	116,88	0,00	-102,53	MAX
30	-250,50	-835,01	-116,88	0,00	-102,53	MIN
7	68,77	59,93	17,17	343,76	-242,33	MAX
12	68,77	59,93	-17,17	-343,76	-242,33	MIN
6	-85,37	32,19	0,00	0,00	294,19	MAX
15	124,95	416,51	0,00	0,00	-1224,99	MIN

Sollecitazioni pali

Simbologia adottata

N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3) H + V

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	343,45	8586,15	-427,21	-576,06	0,00	0,00
19	2,88	378,80	8553,51	12,18	-141,58	765,12	1199,00
30	4,64	399,57	8503,12	204,01	294,30	527,00	1065,52
67	10,56	464,96	8169,29	-1,49	11,11	-30,96	-45,86

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
101	16,00	517,90	7620,64	-0,28	-0,70	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	789,99	10976,48	-427,21	-576,06	0,00	0,00
19	2,88	824,65	10943,87	12,18	-141,58	765,12	1199,00
30	4,64	844,32	10893,51	204,01	294,30	527,00	1065,52
67	10,56	902,33	10559,94	-1,49	11,11	-30,96	-45,86
101	16,00	942,62	10011,64	-0,28	-0,70	0,00	0,00

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	1236,53	10976,58	-427,21	-576,06	0,00	0,00
19	2,88	1270,50	10943,96	12,18	-141,58	765,12	1199,00
30	4,64	1289,07	10893,61	204,01	294,30	527,00	1065,52
67	10,56	1339,70	10560,04	-1,49	11,11	-30,96	-45,86
101	16,00	1367,33	10011,75	-0,28	-0,70	0,00	0,00

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H - V

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	53,76	1344,03	-425,67	-575,99	0,00	0,00
19	2,88	89,56	1330,24	13,48	-141,51	760,97	1198,80
30	4,64	111,05	1310,51	202,92	294,28	523,02	1065,23
67	10,56	181,23	1201,42	-1,53	11,10	-30,79	-45,86
101	16,00	242,37	1067,29	-0,27	-0,70	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	568,21	10976,49	-425,67	-575,99	0,00	0,00
19	2,88	603,22	10943,87	13,48	-141,51	760,97	1198,80
30	4,64	623,44	10893,52	202,92	294,28	523,02	1065,23
67	10,56	685,12	10559,95	-1,53	11,10	-30,79	-45,86
101	16,00	731,68	10011,66	-0,27	-0,70	0,00	0,00

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	1082,66	10976,34	-425,67	-575,99	0,00	0,00
19	2,88	1116,87	10943,73	13,48	-141,51	760,97	1198,80
30	4,64	1135,82	10893,37	202,92	294,28	523,02	1065,23
67	10,56	1189,00	10559,79	-1,53	11,10	-30,79	-45,86
101	16,00	1220,99	10011,48	-0,27	-0,70	0,00	0,00

Risultati per inviluppo

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V	I	Cx	Cy	Px	Py
		[kN]	[°]	[kN]	[kN]	[m]	[m]
1	Spinta statica	112,06	23,33	102,90	44,38	4,00	-4,62
	Incremento di spinta sismica		162,92	149,60	64,52	4,00	-3,50
	Peso/Inerzia muro			108,33	284,89/54,16	0,23	-5,18
	Peso/Inerzia terrapieno			168,07	442,00/84,03	2,00	-3,00
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			5,13	13,50	-1,85	-5,75
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Resistenza pali			-553,90			

Scarichi in testa ai pali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N	M	T
		[kN]	[kNm]	[kN]
1 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	343,45	0,00	-427,21
	2	789,99	0,00	-427,21
	3	1236,53	0,00	-427,21

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N	Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T	Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M	Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

Mx, My	Momenti flettenti, espresso in [kNm]
Mxy	Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle
Tx, Ty	Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

Paramento

n°	X	Nmin	Nmax	Tmin	Tmax	Mmin	Mmax
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,02	1,50	2,43	2,43	0,12	0,12
3	-0,20	2,07	3,03	4,91	4,91	0,47	0,48
4	-0,30	3,13	4,60	7,44	7,45	1,07	1,08
5	-0,40	4,21	6,19	10,02	10,03	1,92	1,94
6	-0,50	5,31	7,81	12,65	12,66	3,02	3,04
7	-0,60	6,44	9,46	15,32	15,34	4,37	4,41
8	-0,70	7,58	11,14	18,05	18,07	5,99	6,05
9	-0,80	8,75	12,85	20,83	20,85	7,88	7,95
10	-0,90	9,93	14,59	23,66	23,68	10,04	10,13
11	-1,00	11,13	16,36	26,54	26,56	12,47	12,58
12	-1,10	12,36	18,16	29,46	29,49	15,19	15,32
13	-1,20	13,60	19,99	32,44	32,47	18,19	18,35
14	-1,30	14,87	21,85	35,47	35,50	21,48	21,68
15	-1,40	16,15	23,74	38,55	38,58	25,07	25,30
16	-1,50	17,46	25,66	41,67	41,71	28,96	29,23
17	-1,60	18,78	27,60	44,85	44,89	33,16	33,46
18	-1,70	20,13	29,58	48,08	48,12	37,67	38,01
19	-1,80	21,50	31,59	51,36	51,40	42,49	42,88
20	-1,90	22,88	33,63	54,68	54,73	47,63	48,07
21	-2,00	24,29	35,69	58,06	58,11	53,10	53,59
22	-2,10	25,72	37,79	61,49	61,54	58,90	59,44
23	-2,20	27,16	39,92	64,96	65,02	65,03	65,63

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
24	-2,30	28,63	42,07	68,49	68,55	71,51	72,16
25	-2,40	30,12	44,26	72,06	72,12	78,32	79,05
26	-2,50	31,62	46,47	75,69	75,75	85,49	86,28
27	-2,60	33,15	48,72	79,37	79,43	93,01	93,87
28	-2,70	34,70	50,99	83,09	83,16	100,89	101,82
29	-2,80	36,27	53,30	86,87	86,94	109,14	110,14
30	-2,90	37,86	55,63	90,69	90,77	117,75	118,84
31	-3,00	39,46	57,99	94,57	94,64	126,74	127,91
32	-3,10	41,09	60,39	98,50	98,57	136,10	137,36
33	-3,20	42,74	62,81	102,47	102,55	145,85	147,20
34	-3,30	44,41	65,26	106,50	106,58	155,99	157,43
35	-3,40	46,10	67,75	110,57	110,66	166,52	168,05
36	-3,50	47,81	70,26	114,70	114,78	177,44	179,08
37	-3,60	49,54	72,80	118,87	118,96	188,77	190,52
38	-3,70	51,29	75,37	123,10	123,19	200,51	202,36
39	-3,80	53,06	77,97	127,37	127,46	212,66	214,63
40	-3,90	54,85	80,60	131,70	131,79	225,23	227,31
41	-4,00	56,66	83,26	136,07	136,17	238,22	240,42
42	-4,10	58,49	85,95	140,49	140,60	251,63	253,96
43	-4,20	60,34	88,67	144,97	145,07	265,48	267,94
44	-4,30	62,21	91,42	149,49	149,60	279,76	282,35
45	-4,40	64,11	94,20	154,07	154,18	294,49	297,22
46	-4,50	66,02	97,01	158,69	158,80	309,66	312,53
47	-4,60	67,95	99,85	163,36	163,48	325,28	328,30
48	-4,70	69,90	102,72	168,09	168,20	341,36	344,52
49	-4,80	71,87	105,62	172,86	172,98	357,90	361,22
50	-4,90	73,87	108,55	177,68	177,81	374,90	378,38
51	-5,00	75,88	111,50	182,56	182,68	392,38	396,02
52	-5,10	77,91	114,49	187,48	187,61	410,33	414,14
53	-5,20	79,97	117,51	192,45	192,58	428,76	432,74
54	-5,30	82,04	120,56	197,48	197,61	447,67	451,83
55	-5,40	84,13	123,63	202,55	202,68	467,08	471,42
56	-5,50	86,25	126,74	207,67	207,81	486,98	491,50
57	-5,60	88,38	129,87	212,85	212,98	507,38	512,09
58	-5,70	90,53	133,04	218,07	218,21	528,28	533,19
59	-5,80	92,71	136,23	223,34	223,48	549,69	554,80
60	-5,90	94,90	139,46	228,66	228,81	571,62	576,94
61	-6,00	97,12	142,71	234,03	234,18	594,06	599,59

Piastra fondazione

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
15	124,95 (1)	416,51 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-1224,99 (1)	MAX
9	-343,98 (1)	-269,03 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-338,66 (1)	MIN
15	124,95 (1)	416,51 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-1224,99 (1)	MAX
29	-252,88 (2)	-842,95 (2)	-23,97 (2)	0,00 (2)	-326,55 (2)	MIN
27	-250,50 (2)	-835,01 (2)	116,88 (2)	0,00 (2)	-102,53 (2)	MAX
30	-250,50 (2)	-835,01 (2)	-116,88 (2)	0,00 (2)	-102,53 (2)	MIN
7	68,77 (1)	59,93 (1)	17,17 (1)	343,76 (1)	-242,33 (1)	MAX
12	68,77 (1)	59,93 (1)	-17,17 (1)	-343,76 (1)	-242,33 (1)	MIN
6	-85,37 (1)	32,19 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	294,19 (1)	MAX
15	124,95 (1)	416,51 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-1224,99 (1)	MIN

Sollecitazioni pali

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	343,45	8586,15	-427,21	-576,06	0,00	0,00
19	2,88	378,80	8553,51	12,18	-141,58	765,12	1199,00
30	4,64	399,57	8503,12	204,01	294,30	527,00	1065,52
67	10,56	464,96	8169,29	-1,49	11,11	-30,96	-45,86
101	16,00	517,90	7620,64	-0,28	-0,70	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	789,99	10976,48	-427,21	-576,06	0,00	0,00
19	2,88	824,65	10943,87	12,18	-141,58	765,12	1199,00
30	4,64	844,32	10893,51	204,01	294,30	527,00	1065,52
67	10,56	902,33	10559,94	-1,49	11,11	-30,96	-45,86
101	16,00	942,62	10011,64	-0,28	-0,70	0,00	0,00

Palo n° 3

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 193 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	1236,53	10976,58	-427,21	-576,06	0,00	0,00
19	2,88	1270,50	10943,96	12,18	-141,58	765,12	1199,00
30	4,64	1289,07	10893,61	204,01	294,30	527,00	1065,52
67	10,56	1339,70	10560,04	-1,49	11,11	-30,96	-45,86
101	16,00	1367,33	10011,75	-0,28	-0,70	0,00	0,00

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	53,76	1344,03	-425,67	-575,99	0,00	0,00
19	2,88	89,56	1330,24	13,48	-141,51	760,97	1198,80
30	4,64	111,05	1310,51	202,92	294,28	523,02	1065,23
67	10,56	181,23	1201,42	-1,53	11,10	-30,79	-45,86
101	16,00	242,37	1067,29	-0,27	-0,70	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	568,21	10976,49	-425,67	-575,99	0,00	0,00
19	2,88	603,22	10943,87	13,48	-141,51	760,97	1198,80
30	4,64	623,44	10893,52	202,92	294,28	523,02	1065,23
67	10,56	685,12	10559,95	-1,53	11,10	-30,79	-45,86
101	16,00	731,68	10011,66	-0,27	-0,70	0,00	0,00

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	1082,66	10976,34	-425,67	-575,99	0,00	0,00
19	2,88	1116,87	10943,73	13,48	-141,51	760,97	1198,80
30	4,64	1135,82	10893,37	202,92	294,28	523,02	1065,23
67	10,56	1189,00	10559,79	-1,53	11,10	-30,79	-45,86
101	16,00	1220,99	10011,48	-0,27	-0,70	0,00	0,00

13.2.3 Condizione eccezionale d'urto

Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<u>Calcestruzzo armato</u>	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
γ	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R _{ck}	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls tesoro/compresso

Calcestruzzo armato

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 194 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

n°	Descr	C	A	γ [kN/mc]	Rck [kPa]	E [kPa]	v	n	ntc
1	C32/40	C32/40	B450C	25,0000	40000	33642648	0.30	15.00	0.50
2	Materiale tiranti	Rck 250	Precomp	24,5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50
5	C30/37	C30/37	B450C	25,0000	35000	32587986	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f _{yk} [kPa]	f _{uk} [kPa]
B450C	450000	540000

Tipologie pali

Simbologia adottata

n°	Indice tipologia palo
Descr	Descrizione tipologia palo
P	Contributo portanza palo (laterale e/o punta)
T	Tecnologia costruttiva (trivellato, infisso o elica continua)
V	Vincolo palo-fondazione: Cerniera o Incastro (libero o impedito di ruotare in testa)
Imat	Indice materiale che lo costituisce
BD	usa metodo di Bustamante-Doix
PN	Portanza nota
Pp, PI	Portanza di punta e laterale caratteristica, espressa in [kN]

n°	Descr	P	T	V	Imat	BD	PN	Pp	PI
1	Tipologia palo	Laterale + Punta	Trivellato	Cerniera	5	NO	SI	10000,00	10000,00

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	15,00	0,00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

Falda

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-5,00	-16,00	0.000
2	15,00	-16,00	0.000

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro	2,40	[m]
<u>Paramento</u>		
Materiale	C32/40	
Altezza paramento	6,00	[m]
Altezza paramento libero	5,50	[m]
Spessore in sommità	0,50	[m]

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 195 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

Spessore all'attacco con la fondazione	1,10	[m]
Inclinazione paramento esterno	5,70	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

Fondazione

Materiale	C32/40	
Lunghezza mensola di valle	1,50	[m]
Lunghezza mensola di monte	4,00	[m]
Lunghezza totale	6,60	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	1,00	[m]
Spessore magrone	0,00	[m]

Descrizione pali di fondazione

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della fila
X	ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m]
I	interasse tra i pali, espressa in [m]
f	franco laterale (distanza minima dal bordo laterale), espressa in [m]
Np	Numero di pali della fila
D	diametro dei pali della fila espresso in [cm]
L	lunghezza dei pali della fila espressa in [m]
α	inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°]
ALL	allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI)

n°	Tipologia	X [m]	I [m]	f [m]	Np	D [cm]	L [m]	α [°]	ALL
1	Tipologia palo	0,80	2,40	0,50	1	80,00	16,00	0,00	Centrati
2	Tipologia palo	3,20	2,40	0,50	1	80,00	16,00	0,00	Centrati
3	Tipologia palo	5,60	2,40	0,50	1	80,00	16,00	0,00	Centrati

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kPa]
ca	Adesione terra-muro espressa in [kPa]
Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
τ_l	Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]	ca [kPa]	Cesp	τ_l [kPa]	
1	RS	18,0000	18,0000	35.000	23.330	0	0	1.000	0	(CAR)
				35.000	23.330	0	0			(MIN)
				35.000	23.330	0	0			(MED)
2	FLa	19,0000	19,0000	26.000	17.330	10	0	1.000	0	(CAR)
				26.000	17.333	10	0			(MIN)
				26.000	17.333	10	0			(MED)
3	BG	27,0000	27,0000	37.000	24.667	100	0	1.000	0	(CAR)
				37.000	24.667	100	0			(MIN)
				37.000	24.667	100	0			(MED)

Stratigrafia

Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
α	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
Kwn, Kwt	Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm ² /cm
Per calcolo pali (solo se presenti)	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

Kst_{sta}, Kst_{sis} Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm ²]	Kwt [Kg/cm ²]	Kw [Kg/cm ²]	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
1	7,00	0.000	RS	0.000	0.000	1,000	0,500	1,000	---	---
2	13,50	0.000	FLa	0.000	0.000	10,000	0,500	1,000	---	---
3	10,00	0.000	BG	0.000	0.000	10,000	0,500	1,000	---	---

Condizioni di carico

Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]

F_x Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]

F_y Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]

M Momento espresso in [kNm]

X_i Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]

X_f Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]

Q_i Intensità del carico per x=X_i espressa in [kN]

Q_f Intensità del carico per x=X_f espressa in [kN]

Condizione n° 1 (Urto) - ECCEZIONALE

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Concentrato	Paramento	-0,40; 0,00	21,0000	0,0000	21,0000				

Condizione n° 2 (Pavimentazione) - PERMANENTE

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Distribuito					0,00	10,00	2,5000	2,5000

Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche				Combinazioni sismiche			
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	1.00	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.00	1.10	1.10	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.00	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\varphi)}$	1.00	1.00	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.00	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.00	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Carichi verticali. Coeff. parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Punta	γ_b	--	--	1.15	--	--	1.35	--	--	1.30
Laterale compressione	γ_s	--	--	1.15	--	--	1.15	--	--	1.15

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 197 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Totale compressione	γ_t	--	--	1.15	--	--	1.30	--	--	1.25
Laterale trazione	γ_{st}	--	--	1.25	--	--	1.25	--	--	1.25

Carichi trasversali. Coeff. parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche

		R1	R2	R3
Trasversale	γ_t	--	--	1.30

Coefficienti di riduzione ζ per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

Numero di verticali indagate 1

$\zeta_3=1.70$ $\zeta_4=1.70$

Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta a riposo
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	SI
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

Spostamenti

Modello a blocchi	
Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti	
Spostamento limite	5,00 [cm]

Opzioni calcolo pali

Portanza verticale

Metodo di calcolo della portanza alla punta	Berezantzev ridotto
Metodo di calcolo della portanza alla laterale	Integrazione delle tensioni tangenziali ($k_s \sigma_v \tan(\delta) + c_a$)
Correzione angolo di attrito in funzione del tipo di palo (infisso/trivellato)	Attiva
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza alla punta σ_v con la profondità	Pressione geostatica
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza laterale	Pressione geostatica

Portanza trasversale

Costante di Winkler: da strato	rottura palo-terreno
- Spostamento limite	Non attivo
- Pressione limite	Pressione passiva con moltiplicatore $M=3,00$
- Palo infinitamente elastico	Non attivo

Cedimenti

Metodo di calcolo	Metodo agli elementi finiti
Spostamento limite alla punta	1,00 [cm]
Spostamento limite laterale	0,50 [cm]

Risultati per combinazione

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	226,05	23,33	207,57	89,52	4,00	-4,22
	Peso/Inerzia muro			0,00	284,89/0,00	0,23	-5,18
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	445,00/0,00	2,00	-3,00
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	13,50	-1,85	-5,75
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Risultante forze sul muro			21,00	0,00	--	--
	Resistenza pali			-264,15			

Scarichi in testa ai pali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	605,22	0,00	-182,86
	2	666,32	0,00	-182,86
	3	727,42	0,00	-182,86

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N	Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T	Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M	Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

Mx, My	Momenti flettenti, espresso in [kNm]
Mxy	Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle
Tx, Ty	Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	21,00	21,00
2	-0,10	1,26	22,00	23,15
3	-0,20	2,55	23,06	25,39
4	-0,30	3,86	24,17	27,73
5	-0,40	5,20	25,33	30,19
6	-0,50	6,56	26,54	32,75
7	-0,60	7,95	27,81	35,43
8	-0,70	9,36	29,13	38,23
9	-0,80	10,80	30,50	41,16
10	-0,90	12,26	31,92	44,23
11	-1,00	13,75	33,39	47,43
12	-1,10	15,26	34,92	50,77
13	-1,20	16,80	36,50	54,26
14	-1,30	18,36	38,14	57,91
15	-1,40	19,95	39,82	61,71
16	-1,50	21,56	41,56	65,67
17	-1,60	23,19	43,35	69,81
18	-1,70	24,86	45,19	74,11
19	-1,80	26,54	47,09	78,60
20	-1,90	28,25	49,04	83,27

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
21	-2,00	29,99	51,04	88,12
22	-2,10	31,75	53,09	93,18
23	-2,20	33,54	55,20	98,43
24	-2,30	35,35	57,35	103,88
25	-2,40	37,19	59,57	109,55
26	-2,50	39,05	61,83	115,43
27	-2,60	40,93	64,14	121,53
28	-2,70	42,85	66,51	127,85
29	-2,80	44,78	68,93	134,40
30	-2,90	46,74	71,41	141,19
31	-3,00	48,73	73,93	148,22
32	-3,10	50,74	76,51	155,49
33	-3,20	52,78	79,14	163,02
34	-3,30	54,84	81,83	170,80
35	-3,40	56,92	84,56	178,84
36	-3,50	59,03	87,35	187,14
37	-3,60	61,17	90,19	195,72
38	-3,70	63,33	93,08	204,57
39	-3,80	65,52	96,03	213,70
40	-3,90	67,73	99,03	223,12
41	-4,00	69,96	102,08	232,84
42	-4,10	72,22	105,18	242,84
43	-4,20	74,51	108,34	253,15
44	-4,30	76,82	111,55	263,77
45	-4,40	79,15	114,81	274,70
46	-4,50	81,52	118,12	285,94
47	-4,60	83,90	121,49	297,51
48	-4,70	86,31	124,91	309,40
49	-4,80	88,75	128,38	321,63
50	-4,90	91,21	131,90	334,20
51	-5,00	93,69	135,48	347,10
52	-5,10	96,20	139,11	360,36
53	-5,20	98,74	142,79	373,96
54	-5,30	101,30	146,52	387,93
55	-5,40	103,88	150,31	402,26
56	-5,50	106,49	154,15	416,96
57	-5,60	109,13	158,04	432,03
58	-5,70	111,79	161,98	447,48
59	-5,80	114,47	165,98	463,31
60	-5,90	117,18	170,03	479,53
61	-6,00	119,92	174,13	496,15

Piastra fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
15	67,58	225,27	0,00	0,00	-698,46	MAX
38	-240,76	-392,70	0,00	0,00	-89,49	MIN
15	67,58	225,27	0,00	0,00	-698,46	MAX
38	-240,76	-392,70	0,00	0,00	-89,49	MIN
27	-104,62	-348,75	29,23	0,00	-163,81	MAX
30	-104,62	-348,75	-29,23	0,00	-163,81	MIN
36	2,33	-210,99	-2,03	219,47	-151,04	MAX
39	2,33	-210,99	2,03	-219,47	-151,04	MIN
6	-50,05	16,82	0,00	0,00	181,83	MAX
15	67,58	225,27	0,00	0,00	-698,46	MIN

Sollecitazioni pali

Simbologia adottata

N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	605,22	10976,48	-182,86	-274,71	0,00	0,00
14	2,08	630,71	10959,12	8,32	-22,04	195,88	371,23
25	3,84	651,26	10919,26	52,29	98,61	130,64	278,72
61	9,60	712,05	10628,33	-0,11	1,46	-8,01	-15,00
101	16,00	766,88	10011,65	-0,03	-0,08	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	666,32	10976,56	-182,86	-274,71	0,00	0,00
14	2,08	691,76	10959,21	8,32	-22,04	195,88	371,23
25	3,84	712,19	10919,34	52,29	98,61	130,64	278,72
61	9,60	772,10	10628,40	-0,11	1,46	-8,01	-15,00
101	16,00	824,99	10011,71	-0,03	-0,08	0,00	0,00

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	727,42	10976,62	-182,86	-274,71	0,00	0,00
14	2,08	752,81	10959,26	8,32	-22,04	195,88	371,23
25	3,84	773,12	10919,40	52,29	98,61	130,64	278,72
61	9,60	832,15	10628,46	-0,11	1,46	-8,01	-15,00
101	16,00	883,11	10011,78	-0,03	-0,08	0,00	0,00

Risultati per inviluppo

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	226,05	23,33	207,57	89,52	4,00	-4,22
	Peso/Inerzia muro			0,00	284,89/0,00	0,23	-5,18
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	445,00/0,00	2,00	-3,00
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	13,50	-1,85	-5,75
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Risultante forze sul muro			21,00	0,00	--	--
	Resistenza pali			-264,15			

Scarichi in testa ai pali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	605,22	0,00	-182,86
	2	666,32	0,00	-182,86
	3	727,42	0,00	-182,86

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N	Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T	Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M	Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

Mx, My	Momenti flettenti, espresso in [kNm]
Mxy	Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle
Tx, Ty	Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

Paramento

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	21,00	21,00	21,00	21,00
2	-0,10	1,26	1,26	22,00	22,00	23,15	23,15
3	-0,20	2,55	2,55	23,06	23,06	25,39	25,39
4	-0,30	3,86	3,86	24,17	24,17	27,73	27,73
5	-0,40	5,20	5,20	25,33	25,33	30,19	30,19
6	-0,50	6,56	6,56	26,54	26,54	32,75	32,75
7	-0,60	7,95	7,95	27,81	27,81	35,43	35,43
8	-0,70	9,36	9,36	29,13	29,13	38,23	38,23
9	-0,80	10,80	10,80	30,50	30,50	41,16	41,16
10	-0,90	12,26	12,26	31,92	31,92	44,23	44,23
11	-1,00	13,75	13,75	33,39	33,39	47,43	47,43
12	-1,10	15,26	15,26	34,92	34,92	50,77	50,77
13	-1,20	16,80	16,80	36,50	36,50	54,26	54,26
14	-1,30	18,36	18,36	38,14	38,14	57,91	57,91
15	-1,40	19,95	19,95	39,82	39,82	61,71	61,71
16	-1,50	21,56	21,56	41,56	41,56	65,67	65,67
17	-1,60	23,19	23,19	43,35	43,35	69,81	69,81
18	-1,70	24,86	24,86	45,19	45,19	74,11	74,11
19	-1,80	26,54	26,54	47,09	47,09	78,60	78,60
20	-1,90	28,25	28,25	49,04	49,04	83,27	83,27
21	-2,00	29,99	29,99	51,04	51,04	88,12	88,12
22	-2,10	31,75	31,75	53,09	53,09	93,18	93,18
23	-2,20	33,54	33,54	55,20	55,20	98,43	98,43

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
24	-2,30	35,35	35,35	57,35	57,35	103,88	103,88
25	-2,40	37,19	37,19	59,57	59,57	109,55	109,55
26	-2,50	39,05	39,05	61,83	61,83	115,43	115,43
27	-2,60	40,93	40,93	64,14	64,14	121,53	121,53
28	-2,70	42,85	42,85	66,51	66,51	127,85	127,85
29	-2,80	44,78	44,78	68,93	68,93	134,40	134,40
30	-2,90	46,74	46,74	71,41	71,41	141,19	141,19
31	-3,00	48,73	48,73	73,93	73,93	148,22	148,22
32	-3,10	50,74	50,74	76,51	76,51	155,49	155,49
33	-3,20	52,78	52,78	79,14	79,14	163,02	163,02
34	-3,30	54,84	54,84	81,83	81,83	170,80	170,80
35	-3,40	56,92	56,92	84,56	84,56	178,84	178,84
36	-3,50	59,03	59,03	87,35	87,35	187,14	187,14
37	-3,60	61,17	61,17	90,19	90,19	195,72	195,72
38	-3,70	63,33	63,33	93,08	93,08	204,57	204,57
39	-3,80	65,52	65,52	96,03	96,03	213,70	213,70
40	-3,90	67,73	67,73	99,03	99,03	223,12	223,12
41	-4,00	69,96	69,96	102,08	102,08	232,84	232,84
42	-4,10	72,22	72,22	105,18	105,18	242,84	242,84
43	-4,20	74,51	74,51	108,34	108,34	253,15	253,15
44	-4,30	76,82	76,82	111,55	111,55	263,77	263,77
45	-4,40	79,15	79,15	114,81	114,81	274,70	274,70
46	-4,50	81,52	81,52	118,12	118,12	285,94	285,94
47	-4,60	83,90	83,90	121,49	121,49	297,51	297,51
48	-4,70	86,31	86,31	124,91	124,91	309,40	309,40
49	-4,80	88,75	88,75	128,38	128,38	321,63	321,63
50	-4,90	91,21	91,21	131,90	131,90	334,20	334,20
51	-5,00	93,69	93,69	135,48	135,48	347,10	347,10
52	-5,10	96,20	96,20	139,11	139,11	360,36	360,36
53	-5,20	98,74	98,74	142,79	142,79	373,96	373,96
54	-5,30	101,30	101,30	146,52	146,52	387,93	387,93
55	-5,40	103,88	103,88	150,31	150,31	402,26	402,26
56	-5,50	106,49	106,49	154,15	154,15	416,96	416,96
57	-5,60	109,13	109,13	158,04	158,04	432,03	432,03
58	-5,70	111,79	111,79	161,98	161,98	447,48	447,48
59	-5,80	114,47	114,47	165,98	165,98	463,31	463,31
60	-5,90	117,18	117,18	170,03	170,03	479,53	479,53
61	-6,00	119,92	119,92	174,13	174,13	496,15	496,15

Piastra fondazione

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
15	67,58 (1)	225,27 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-698,46 (1)	MAX
38	-240,76 (1)	-392,70 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-89,49 (1)	MIN
15	67,58 (1)	225,27 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-698,46 (1)	MAX
38	-240,76 (1)	-392,70 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-89,49 (1)	MIN
27	-104,62 (1)	-348,75 (1)	29,23 (1)	0,00 (1)	-163,81 (1)	MAX
30	-104,62 (1)	-348,75 (1)	-29,23 (1)	0,00 (1)	-163,81 (1)	MIN
36	2,33 (1)	-210,99 (1)	-2,03 (1)	219,47 (1)	-151,04 (1)	MAX
39	2,33 (1)	-210,99 (1)	2,03 (1)	-219,47 (1)	-151,04 (1)	MIN
6	-50,05 (1)	16,82 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	181,83 (1)	MAX
15	67,58 (1)	225,27 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-698,46 (1)	MIN

Sollecitazioni pali

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	605,22	10976,48	-182,86	-274,71	0,00	0,00
14	2,08	630,71	10959,12	8,32	-22,04	195,88	371,23
25	3,84	651,26	10919,26	52,29	98,61	130,64	278,72
61	9,60	712,05	10628,33	-0,11	1,46	-8,01	-15,00
101	16,00	766,88	10011,65	-0,03	-0,08	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	666,32	10976,56	-182,86	-274,71	0,00	0,00
14	2,08	691,76	10959,21	8,32	-22,04	195,88	371,23
25	3,84	712,19	10919,34	52,29	98,61	130,64	278,72
61	9,60	772,10	10628,40	-0,11	1,46	-8,01	-15,00
101	16,00	824,99	10011,71	-0,03	-0,08	0,00	0,00

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	727,42	10976,62	-182,86	-274,71	0,00	0,00
14	2,08	752,81	10959,26	8,32	-22,04	195,88	371,23
25	3,84	773,12	10919,40	52,29	98,61	130,64	278,72
61	9,60	832,15	10628,46	-0,11	1,46	-8,01	-15,00
101	16,00	883,11	10011,78	-0,03	-0,08	0,00	0,00

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 204 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

13.3 Muro Tipologico 1C

13.3.1 Condizione statica

Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<u>Calcestruzzo armato</u>	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
γ	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R _{ck}	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls tesoro/compresso

Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	γ [kN/mc]	R _{ck} [kPa]	E [kPa]	ν	n	ntc
1	C32/40	C32/40	B450C	25,0000	40000	33642648	0.30	15.00	0.50
2	Materiale tiranti	Rck 250	Precomp	24,5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50
5	C30/37	C30/37	B450C	25,0000	35000	32587986	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f _{yk} [kPa]	f _{uk} [kPa]
B450C	450000	540000

Tipologie pali

Simbologia adottata

n°	Indice tipologia palo
Descr	Descrizione tipologia palo
P	Contributo portanza palo (laterale e/o punta)
T	Tecnologia costruttiva (trivellato, infisso o elica continua)
V	Vincolo palo-fondazione: Cerniera o Incastro (libero o impedito di ruotare in testa)
Imat	Indice materiale che lo costituisce
BD	usa metodo di Bustamante-Doix
PN	Portanza nota
Pp, PI	Portanza di punta e laterale caratteristica, espressa in [kN]

n°	Descr	P	T	V	Imat	BD	PN	Pp	PI
1	Tipologia palo	Laterale + Punta	Trivellato	Cerniera	5	NO	SI	10000,00	10000,00

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	15,00	0,00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

Falda

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 205 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-5,00	-15,00	0.000
2	15,00	-15,00	0.000

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 2,40 [m]

Paramento

Materiale	C32/40	
Altezza paramento	4,50	[m]
Altezza paramento libero	4,00	[m]
Spessore in sommità	0,50	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,95	[m]
Inclinazione paramento esterno	5,70	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

Fondazione

Materiale	C32/40	
Lunghezza mensola di valle	1,05	[m]
Lunghezza mensola di monte	1,95	[m]
Lunghezza totale	3,95	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	1,00	[m]
Spessore magrone	0,00	[m]

Descrizione pali di fondazione

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della fila
X	ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m]
I	interasse tra i pali, espressa in [m]
f	franco laterale (distanza minima dal bordo laterale), espressa in [m]
Np	Numero di pali della fila
D	diametro dei pali della fila espresso in [cm]
L	lunghezza dei pali della fila espressa in [m]
α	inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°]
ALL	allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI)

n°	Tipologia	X [m]	I [m]	f [m]	Np	D [cm]	L [m]	α [°]	ALL
1	Tipologia palo	0,80	2,40	0,50	1	80,00	10,00	0,00	Centrati
2	Tipologia palo	3,20	2,40	0,50	1	80,00	10,00	0,00	Centrati

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ _s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
φ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kPa]
c _a	Adesione terra-muro espressa in [kPa]
Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
τ _l	Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 206 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]	ca [kPa]	Cesp	τ_l [kPa]	
1	RS	18,0000	18,0000	35.000	23.330	0	0	1.000	0	(CAR)
				35.000	23.330	0	0			(MIN)
				35.000	23.330	0	0			(MED)
2	FLa	19,0000	19,0000	26.000	17.330	10	0	1.000	0	(CAR)
				26.000	17.333	10	0			(MIN)
				26.000	17.333	10	0			(MED)
3	BG	27,0000	27,0000	37.000	24.667	100	0	1.000	0	(CAR)
				37.000	24.667	100	0			(MIN)
				37.000	24.667	100	0			(MED)

Stratigrafia

Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
α	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
Kwn, Kwt	Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm ² /cm
Per calcolo pali (solo se presenti)	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')
 KSt_{sta}, KSt_{sis} Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm ²]	Kwt [Kg/cm ²]	Kw [Kg/cm ²]	Ks	Cesp	KSt _{sta}	KSt _{sis}
1	5,50	0.000	RS	0.000	0.000	1,000	0,500	1,000	---	---
2	13,50	0.000	FLa	0.000	0.000	10,000	0,500	1,000	---	---
3	10,00	0.000	BG	0.000	0.000	10,000	0,500	1,000	---	---

Condizioni di carico

Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.	
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.	
Momento positivo senso antiorario.	
X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F _x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F _y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
X _i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X _f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q _i	Intensità del carico per x=X _i espressa in [kN]
Q _f	Intensità del carico per x=X _f espressa in [kN]

Condizione n° 1 (traffico) - VARIABILE TF

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.75 - \Psi_1=0.75 - \Psi_2=0.00$

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Distribuito					0,00	10,00	20,0000	20,0000

Condizione n° 2 (Pavimentazione) - PERMANENTE

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Distribuito					0,00	10,00	2,5000	2,5000

Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche				Combinazioni sismiche			
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	1.00	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.00	1.10	1.10	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche						Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2	
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q,sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT,sfav}$	1.00	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Carichi verticali. Coeff. parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Punta	γ_b	--	--	1.15	--	--	1.35	--	--	1.30
Laterale compressione	γ_s	--	--	1.15	--	--	1.15	--	--	1.15
Totale compressione	γ_t	--	--	1.15	--	--	1.30	--	--	1.25
Laterale trazione	γ_{st}	--	--	1.25	--	--	1.25	--	--	1.25

Carichi trasversali. Coeff. parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche

		R1	R2	R3
Trasversale	γ_t	--	--	1.30

Coefficienti di riduzione ζ per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

Numero di verticali indagate 1

$\zeta_3=1.70$ $\zeta_4=1.70$

Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta Culmann
 Tipo di spinta Spinta a riposo
 Terreno a bassa permeabilità NO
 Superficie di spinta limitata NO

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale Bishop

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante 0.00
 Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione 50.00
 Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni NO
 Considera terreno sulla fondazione di valle SI
 Considera spinta e peso acqua fondazione di valle NO

Spostamenti

Modello a blocchi
 Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti
 Spostamento limite 5,00 [cm]

Opzioni calcolo pali

Portanza verticale

Metodo di calcolo della portanza alla punta Berezantzev ridotto
 Metodo di calcolo della portanza alla laterale Integrazione delle tensioni tangenziali ($k_s \sigma_v \tan(\delta) + ca$)
 Correzione angolo di attrito in funzione del tipo di palo (infisso/trivellato) Attiva
 Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza alla punta σ_v con la profondità Pressione geostatica
 Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza laterale Pressione geostatica
Portanza trasversale

Costante di Winkler: da strato Criterio rottura palo-terreno

- Spostamento limite
- Pressione limite
- Palo infinitamente elastico

Non attivo

Pressione passiva con moltiplicatore $M=3,00$

Non attivo

Cedimenti

Metodo di calcolo

Metodo agli elementi finiti

Spostamento limite alla punta

1,00 [cm]

Spostamento limite laterale

0,50 [cm]

Risultati per combinazione

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	176,79	23,33	162,33	70,01	1,95	-3,20
	Peso/Inerzia muro			0,00	180,24/0,00	-0,18	-3,86
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	216,94/0,00	0,98	-2,25
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	9,45	-1,47	-4,25
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Resistenza pali				-176,03		
3	Spinta statica	134,95	23,33	123,92	53,45	1,95	-3,20
	Peso/Inerzia muro			0,00	180,24/0,00	-0,18	-3,86
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	201,82/0,00	0,98	-2,25
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	9,45	-1,47	-4,25
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Resistenza pali				-228,87		
4	Spinta statica	128,23	23,33	117,75	50,78	1,95	-3,23
	Peso/Inerzia muro			0,00	180,24/0,00	-0,18	-3,86
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	192,08/0,00	0,98	-2,25
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	9,45	-1,47	-4,25
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Resistenza pali				-228,87		
5	Spinta statica	108,07	23,33	99,23	42,80	1,95	-3,31
	Peso/Inerzia muro			0,00	180,24/0,00	-0,18	-3,86
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	162,83/0,00	0,98	-2,25
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	9,45	-1,47	-4,25
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Resistenza pali				-228,86		

Scarichi in testa ai pali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	523,40	0,00	-194,79
	2	620,54	0,00	-194,79
3 - SLER	1	525,58	0,00	-148,70
	2	542,31	0,00	-148,70
4 - SLEF	1	512,34	0,00	-141,30
	2	525,77	0,00	-141,30
5 - SLEQ	1	472,62	0,00	-119,08
	2	476,12	0,00	-119,08

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N	Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T	Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M	Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

Mx, My	Momenti flettenti, espresso in [kNm]
Mxy	Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle
Tx, Ty	Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,26	1,38	0,07
3	-0,20	2,55	2,82	0,27
4	-0,30	3,86	4,31	0,61
5	-0,40	5,20	5,85	1,09
6	-0,50	6,56	7,44	1,73
7	-0,60	7,95	9,09	2,52
8	-0,70	9,36	10,79	3,47
9	-0,80	10,80	12,54	4,58
10	-0,90	12,26	14,34	5,87
11	-1,00	13,75	16,19	7,33
12	-1,10	15,26	18,10	8,97
13	-1,20	16,80	20,06	10,80
14	-1,30	18,36	22,08	12,82
15	-1,40	19,95	24,14	15,03
16	-1,50	21,56	26,26	17,45
17	-1,60	23,19	28,43	20,07
18	-1,70	24,86	30,65	22,90
19	-1,80	26,54	32,93	25,95
20	-1,90	28,25	35,26	29,23
21	-2,00	29,99	37,64	32,73
22	-2,10	31,75	40,07	36,46
23	-2,20	33,54	42,56	40,42
24	-2,30	35,35	45,10	44,63
25	-2,40	37,19	47,69	49,09
26	-2,50	39,05	50,33	53,80
27	-2,60	40,93	53,03	58,77
28	-2,70	42,85	55,77	64,00
29	-2,80	44,78	58,57	69,50
30	-2,90	46,74	61,43	75,27
31	-3,00	48,73	64,33	81,32
32	-3,10	50,74	67,29	87,65
33	-3,20	52,78	70,30	94,27
34	-3,30	54,84	73,37	101,19
35	-3,40	56,92	76,48	108,40
36	-3,50	59,03	79,65	115,92
37	-3,60	61,17	82,87	123,74
38	-3,70	63,33	86,14	131,88
39	-3,80	65,52	89,47	140,34
40	-3,90	67,73	92,85	149,13
41	-4,00	69,96	96,28	158,24
42	-4,10	72,22	99,76	167,68
43	-4,20	74,51	103,30	177,47
44	-4,30	76,82	106,89	187,60
45	-4,40	79,15	110,53	198,08
46	-4,50	81,52	114,22	208,92

Combinazione n° 3 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,26	1,05	0,05
3	-0,20	2,55	2,13	0,20
4	-0,30	3,86	3,26	0,45
5	-0,40	5,20	4,43	0,81
6	-0,50	6,56	5,64	1,29
7	-0,60	7,95	6,89	1,88
8	-0,70	9,36	8,18	2,59
9	-0,80	10,80	9,51	3,42
10	-0,90	12,26	10,87	4,38
11	-1,00	13,75	12,28	5,47
12	-1,10	15,26	13,74	6,70
13	-1,20	16,80	15,23	8,07
14	-1,30	18,36	16,76	9,58
15	-1,40	19,95	18,33	11,24
16	-1,50	21,56	19,94	13,05
17	-1,60	23,19	21,59	15,01
18	-1,70	24,86	23,29	17,14
19	-1,80	26,54	25,02	19,42
20	-1,90	28,25	26,79	21,88
21	-2,00	29,99	28,61	24,50
22	-2,10	31,75	30,46	27,30
23	-2,20	33,54	32,36	30,28
24	-2,30	35,35	34,29	33,44
25	-2,40	37,19	36,27	36,79
26	-2,50	39,05	38,28	40,32
27	-2,60	40,93	40,34	44,05
28	-2,70	42,85	42,44	47,98
29	-2,80	44,78	44,57	52,11
30	-2,90	46,74	46,75	56,45
31	-3,00	48,73	48,97	61,00
32	-3,10	50,74	51,23	65,76

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
33	-3,20	52,78	53,53	70,74
34	-3,30	54,84	55,87	75,94
35	-3,40	56,92	58,25	81,37
36	-3,50	59,03	60,67	87,02
37	-3,60	61,17	63,13	92,91
38	-3,70	63,33	65,63	99,04
39	-3,80	65,52	68,17	105,41
40	-3,90	67,73	70,75	112,02
41	-4,00	69,96	73,37	118,88
42	-4,10	72,22	76,03	126,00
43	-4,20	74,51	78,74	133,37
44	-4,30	76,82	81,48	141,00
45	-4,40	79,15	84,26	148,90
46	-4,50	81,52	87,09	157,07

Combinazione n° 4 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,26	0,93	0,04
3	-0,20	2,55	1,91	0,18
4	-0,30	3,86	2,93	0,40
5	-0,40	5,20	3,98	0,72
6	-0,50	6,56	5,08	1,15
7	-0,60	7,95	6,21	1,67
8	-0,70	9,36	7,39	2,31
9	-0,80	10,80	8,61	3,06
10	-0,90	12,26	9,86	3,93
11	-1,00	13,75	11,16	4,91
12	-1,10	15,26	12,50	6,02
13	-1,20	16,80	13,88	7,26
14	-1,30	18,36	15,30	8,63
15	-1,40	19,95	16,76	10,14
16	-1,50	21,56	18,26	11,79
17	-1,60	23,19	19,80	13,58
18	-1,70	24,86	21,38	15,52
19	-1,80	26,54	23,00	17,61
20	-1,90	28,25	24,66	19,85
21	-2,00	29,99	26,36	22,26
22	-2,10	31,75	28,11	24,83
23	-2,20	33,54	29,89	27,56
24	-2,30	35,35	31,71	30,47
25	-2,40	37,19	33,57	33,55
26	-2,50	39,05	35,48	36,82
27	-2,60	40,93	37,42	40,26
28	-2,70	42,85	39,41	43,89
29	-2,80	44,78	41,43	47,72
30	-2,90	46,74	43,50	51,73
31	-3,00	48,73	45,60	55,95
32	-3,10	50,74	47,75	60,37
33	-3,20	52,78	49,94	64,99
34	-3,30	54,84	52,16	69,83
35	-3,40	56,92	54,43	74,88
36	-3,50	59,03	56,74	80,15
37	-3,60	61,17	59,09	85,64
38	-3,70	63,33	61,47	91,36
39	-3,80	65,52	63,90	97,31
40	-3,90	67,73	66,37	103,49
41	-4,00	69,96	68,88	109,91
42	-4,10	72,22	71,43	116,57
43	-4,20	74,51	74,02	123,47
44	-4,30	76,82	76,65	130,63
45	-4,40	79,15	79,33	138,04
46	-4,50	81,52	82,04	145,70

Combinazione n° 5 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,26	0,60	0,03
3	-0,20	2,55	1,24	0,11
4	-0,30	3,86	1,92	0,25
5	-0,40	5,20	2,63	0,45
6	-0,50	6,56	3,39	0,73
7	-0,60	7,95	4,19	1,07
8	-0,70	9,36	5,03	1,49
9	-0,80	10,80	5,91	1,98
10	-0,90	12,26	6,84	2,56
11	-1,00	13,75	7,80	3,23
12	-1,10	15,26	8,80	3,99
13	-1,20	16,80	9,84	4,84
14	-1,30	18,36	10,92	5,79
15	-1,40	19,95	12,05	6,84
16	-1,50	21,56	13,21	8,00
17	-1,60	23,19	14,41	9,27

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
18	-1,70	24,86	15,66	10,65
19	-1,80	26,54	16,94	12,15
20	-1,90	28,25	18,27	13,78
21	-2,00	29,99	19,63	15,52
22	-2,10	31,75	21,04	17,40
23	-2,20	33,54	22,48	19,42
24	-2,30	35,35	23,97	21,57
25	-2,40	37,19	25,49	23,86
26	-2,50	39,05	27,06	26,30
27	-2,60	40,93	28,67	28,88
28	-2,70	42,85	30,32	31,62
29	-2,80	44,78	32,01	34,52
30	-2,90	46,74	33,73	37,58
31	-3,00	48,73	35,50	40,80
32	-3,10	50,74	37,31	44,19
33	-3,20	52,78	39,16	47,76
34	-3,30	54,84	41,05	51,50
35	-3,40	56,92	42,98	55,42
36	-3,50	59,03	44,96	59,53
37	-3,60	61,17	46,97	63,83
38	-3,70	63,33	49,02	68,32
39	-3,80	65,52	51,11	73,00
40	-3,90	67,73	53,24	77,88
41	-4,00	69,96	55,42	82,97
42	-4,10	72,22	57,63	88,27
43	-4,20	74,51	59,88	93,78
44	-4,30	76,82	62,18	99,51
45	-4,40	79,15	64,51	105,45
46	-4,50	81,52	66,89	111,62

Piastra fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
16	49,36	164,53	0,00	0,00	-922,39	MAX
67	-195,73	-175,92	0,00	0,00	20,84	MIN
16	49,36	164,53	0,00	0,00	-922,39	MAX
67	-195,73	-175,92	0,00	0,00	20,84	MIN
15	15,13	50,43	19,25	0,00	-166,72	MAX
20	15,13	50,43	-19,25	0,00	-166,72	MIN
9	35,28	16,23	10,69	282,81	-137,57	MAX
19	35,28	16,23	-10,69	-282,81	-137,57	MIN
60	-45,60	7,04	0,00	0,00	290,03	MAX
16	49,36	164,53	0,00	0,00	-922,39	MIN

Combinazione n° 3 - SLER

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
16	49,36	164,53	0,00	0,00	-922,39	MAX
67	-196,44	-168,70	0,00	0,00	40,67	MIN
16	49,36	164,53	0,00	0,00	-922,39	MAX
67	-195,73	-175,92	0,00	0,00	20,84	MIN
15	15,13	50,43	19,25	0,00	-166,72	MAX
20	15,13	50,43	-19,25	0,00	-166,72	MIN
9	35,28	16,23	10,69	282,81	-137,57	MAX
19	35,28	16,23	-10,69	-282,81	-137,57	MIN
60	-42,96	24,52	0,00	0,00	321,60	MAX
16	49,36	164,53	0,00	0,00	-922,39	MIN

Combinazione n° 4 - SLEF

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
16	49,36	164,53	0,00	0,00	-922,39	MAX
67	-196,44	-175,92	0,00	0,00	20,84	MIN
16	49,36	164,53	0,00	0,00	-922,39	MAX
67	-195,73	-175,92	0,00	0,00	20,84	MIN
15	15,13	50,43	19,25	0,00	-166,72	MAX
20	15,13	50,43	-19,25	0,00	-166,72	MIN
9	35,28	16,23	10,69	282,81	-137,57	MAX
19	35,28	16,23	-10,69	-282,81	-137,57	MIN
60	-42,96	24,52	0,00	0,00	321,60	MAX
16	49,36	164,53	0,00	0,00	-922,39	MIN

Combinazione n° 5 - SLEQ

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
16	49,36	164,53	0,00	0,00	-922,39	MAX
67	-196,44	-175,92	0,00	0,00	20,84	MIN

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
16	49,36	164,53	0,00	0,00	-922,39	MAX
67	-195,73	-175,92	0,00	0,00	20,84	MIN
15	15,13	50,43	19,25	0,00	-166,72	MAX
20	15,13	50,43	-19,25	0,00	-166,72	MIN
9	35,28	16,23	10,69	282,81	-137,57	MAX
19	35,28	16,23	-10,69	-282,81	-137,57	MIN
60	-42,96	24,52	0,00	0,00	321,60	MAX
16	49,36	164,53	0,00	0,00	-922,39	MIN

Sollecitazioni pali

Simbologia adottata

N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	523,40	10372,02	-194,79	-274,61	0,00	0,00
22	2,10	549,25	10354,81	6,18	-23,77	216,90	371,40
40	3,90	570,57	10313,91	57,56	98,34	143,37	273,01
95	9,40	630,84	10039,37	-0,03	1,04	-0,08	0,22
101	10,00	636,99	10003,62	-0,07	-0,03	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	620,54	10371,98	-194,79	-274,61	0,00	0,00
22	2,10	646,32	10354,76	6,18	-23,77	216,90	371,40
40	3,90	667,43	10313,86	57,56	98,34	143,37	273,01
95	9,40	726,38	10039,30	-0,03	1,04	-0,08	0,22
101	10,00	732,32	10003,55	-0,07	-0,03	0,00	0,00

Combinazione n° 3 - SLER

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	525,58	10371,98	-148,70	-274,64	0,00	0,00
21	2,00	550,23	10356,33	4,53	-39,28	143,21	367,53
39	3,80	571,58	10316,77	38,02	97,21	94,29	282,77
94	9,30	631,96	10046,31	-0,09	1,53	-0,11	0,37
101	10,00	639,13	10003,56	-0,06	-0,03	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	542,31	10371,96	-148,70	-274,64	0,00	0,00
21	2,00	566,95	10356,32	4,53	-39,28	143,21	367,53
39	3,80	588,27	10316,76	38,02	97,21	94,29	282,77
94	9,30	648,42	10046,31	-0,09	1,53	-0,11	0,37
101	10,00	655,55	10003,56	-0,06	-0,03	0,00	0,00

Combinazione n° 4 - SLEF

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	512,34	10371,89	-141,30	-274,65	0,00	0,00
20	1,90	535,79	10357,73	0,39	-56,00	132,96	361,95
39	3,80	558,38	10316,68	35,29	97,21	87,07	282,79
93	9,20	617,89	10053,16	-0,01	2,10	-0,11	0,58
101	10,00	626,14	10003,48	-0,06	-0,03	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	525,77	10371,95	-141,30	-274,65	0,00	0,00
20	1,90	549,20	10357,80	0,39	-56,00	132,96	361,95
39	3,80	571,77	10316,74	35,29	97,21	87,07	282,79

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
93	9,20	631,11	10053,20	-0,01	2,10	-0,11	0,58
101	10,00	639,31	10003,51	-0,06	-0,03	0,00	0,00

Combinazione n° 5 - SLEQ

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	472,62	10371,88	-119,08	-274,63	0,00	0,00
20	1,90	496,10	10357,72	1,27	-55,98	105,79	361,91
38	3,70	517,59	10319,49	28,08	95,60	71,31	292,31
93	9,20	578,80	10053,10	-0,04	2,10	-0,10	0,58
101	10,00	587,16	10003,41	-0,05	-0,03	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	476,12	10371,97	-119,08	-274,63	0,00	0,00
20	1,90	499,59	10357,82	1,27	-55,98	105,79	361,91
38	3,70	521,08	10319,60	28,08	95,60	71,31	292,31
93	9,20	582,24	10053,24	-0,04	2,10	-0,10	0,58
101	10,00	590,59	10003,56	-0,05	-0,03	0,00	0,00

Risultati per inviluppo

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	176,79	23,33	162,33	70,01	1,95	-3,20
	Peso/Inerzia muro			0,00	180,24/0,00	-0,18	-3,86
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	216,94/0,00	0,98	-2,25
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	9,45	-1,47	-4,25
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Resistenza pali			-176,03			

Scarichi in testa ai pali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	523,40	0,00	-194,79
	2	620,54	0,00	-194,79

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N	Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T	Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M	Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

Mx, My	Momenti flettenti, espresso in [kNm]
Mxy	Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle
Tx, Ty	Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

Paramento

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,26	1,26	0,60	1,38	0,03	0,07
3	-0,20	2,55	2,55	1,24	2,82	0,11	0,27
4	-0,30	3,86	3,86	1,92	4,31	0,25	0,61
5	-0,40	5,20	5,20	2,63	5,85	0,45	1,09
6	-0,50	6,56	6,56	3,39	7,44	0,73	1,73
7	-0,60	7,95	7,95	4,19	9,09	1,07	2,52
8	-0,70	9,36	9,36	5,03	10,79	1,49	3,47
9	-0,80	10,80	10,80	5,91	12,54	1,98	4,58
10	-0,90	12,26	12,26	6,84	14,34	2,56	5,87
11	-1,00	13,75	13,75	7,80	16,19	3,23	7,33
12	-1,10	15,26	15,26	8,80	18,10	3,99	8,97
13	-1,20	16,80	16,80	9,84	20,06	4,84	10,80
14	-1,30	18,36	18,36	10,92	22,08	5,79	12,82
15	-1,40	19,95	19,95	12,05	24,14	6,84	15,03
16	-1,50	21,56	21,56	13,21	26,26	8,00	17,45
17	-1,60	23,19	23,19	14,41	28,43	9,27	20,07
18	-1,70	24,86	24,86	15,66	30,65	10,65	22,90
19	-1,80	26,54	26,54	16,94	32,93	12,15	25,95
20	-1,90	28,25	28,25	18,27	35,26	13,78	29,23
21	-2,00	29,99	29,99	19,63	37,64	15,52	32,73
22	-2,10	31,75	31,75	21,04	40,07	17,40	36,46
23	-2,20	33,54	33,54	22,48	42,56	19,42	40,42
24	-2,30	35,35	35,35	23,97	45,10	21,57	44,63
25	-2,40	37,19	37,19	25,49	47,69	23,86	49,09

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
26	-2,50	39,05	39,05	27,06	50,33	26,30	53,80
27	-2,60	40,93	40,93	28,67	53,03	28,88	58,77
28	-2,70	42,85	42,85	30,32	55,77	31,62	64,00
29	-2,80	44,78	44,78	32,01	58,57	34,52	69,50
30	-2,90	46,74	46,74	33,73	61,43	37,58	75,27
31	-3,00	48,73	48,73	35,50	64,33	40,80	81,32
32	-3,10	50,74	50,74	37,31	67,29	44,19	87,65
33	-3,20	52,78	52,78	39,16	70,30	47,76	94,27
34	-3,30	54,84	54,84	41,05	73,37	51,50	101,19
35	-3,40	56,92	56,92	42,98	76,48	55,42	108,40
36	-3,50	59,03	59,03	44,96	79,65	59,53	115,92
37	-3,60	61,17	61,17	46,97	82,87	63,83	123,74
38	-3,70	63,33	63,33	49,02	86,14	68,32	131,88
39	-3,80	65,52	65,52	51,11	89,47	73,00	140,34
40	-3,90	67,73	67,73	53,24	92,85	77,88	149,13
41	-4,00	69,96	69,96	55,42	96,28	82,97	158,24
42	-4,10	72,22	72,22	57,63	99,76	88,27	167,68
43	-4,20	74,51	74,51	59,88	103,30	93,78	177,47
44	-4,30	76,82	76,82	62,18	106,89	99,51	187,60
45	-4,40	79,15	79,15	64,51	110,53	105,45	198,08
46	-4,50	81,52	81,52	66,89	114,22	111,62	208,92

Piastra fondazione

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
16	49,36 (1)	164,53 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-922,39 (1)	MAX
67	-196,44 (3)	-168,70 (3)	0,00 (3)	0,00 (3)	40,67 (3)	MIN
16	49,36 (1)	164,53 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-922,39 (1)	MAX
67	-195,73 (1)	-175,92 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	20,84 (1)	MIN
15	15,13 (1)	50,43 (1)	19,25 (1)	0,00 (1)	-166,72 (1)	MAX
20	15,13 (1)	50,43 (1)	-19,25 (1)	0,00 (1)	-166,72 (1)	MIN
9	35,28 (1)	16,23 (1)	10,69 (1)	282,81 (1)	-137,57 (1)	MAX
19	35,28 (1)	16,23 (1)	-10,69 (1)	-282,81 (1)	-137,57 (1)	MIN
60	-42,96 (3)	24,52 (3)	0,00 (3)	0,00 (3)	321,60 (3)	MAX
16	49,36 (1)	164,53 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-922,39 (1)	MIN

Sollecitazioni pali

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	523,40	10372,02	-194,79	-274,61	0,00	0,00
22	2,10	549,25	10354,81	6,18	-23,77	216,90	371,40
40	3,90	570,57	10313,91	57,56	98,34	143,37	273,01
95	9,40	630,84	10039,37	-0,03	1,04	-0,08	0,22
101	10,00	636,99	10003,62	-0,07	-0,03	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	620,54	10371,98	-194,79	-274,61	0,00	0,00
22	2,10	646,32	10354,76	6,18	-23,77	216,90	371,40
40	3,90	667,43	10313,86	57,56	98,34	143,37	273,01
95	9,40	726,38	10039,30	-0,03	1,04	-0,08	0,22
101	10,00	732,32	10003,55	-0,07	-0,03	0,00	0,00

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	525,58	10371,98	-148,70	-274,64	0,00	0,00
21	2,00	550,23	10356,33	4,53	-39,28	143,21	367,53
39	3,80	571,58	10316,77	38,02	97,21	94,29	282,77
94	9,30	631,96	10046,31	-0,09	1,53	-0,11	0,37
101	10,00	639,13	10003,56	-0,06	-0,03	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	542,31	10371,96	-148,70	-274,64	0,00	0,00
21	2,00	566,95	10356,32	4,53	-39,28	143,21	367,53

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
39	3,80	588,27	10316,76	38,02	97,21	94,29	282,77
94	9,30	648,42	10046,31	-0,09	1,53	-0,11	0,37
101	10,00	655,55	10003,56	-0,06	-0,03	0,00	0,00

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	512,34	10371,89	-141,30	-274,65	0,00	0,00
20	1,90	535,79	10357,73	0,39	-56,00	132,96	361,95
39	3,80	558,38	10316,68	35,29	97,21	87,07	282,79
93	9,20	617,89	10053,16	-0,01	2,10	-0,11	0,58
101	10,00	626,14	10003,48	-0,06	-0,03	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	525,77	10371,95	-141,30	-274,65	0,00	0,00
20	1,90	549,20	10357,80	0,39	-56,00	132,96	361,95
39	3,80	571,77	10316,74	35,29	97,21	87,07	282,79
93	9,20	631,11	10053,20	-0,01	2,10	-0,11	0,58
101	10,00	639,31	10003,51	-0,06	-0,03	0,00	0,00

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	472,62	10371,88	-119,08	-274,63	0,00	0,00
20	1,90	496,10	10357,72	1,27	-55,98	105,79	361,91
38	3,70	517,59	10319,49	28,08	95,60	71,31	292,31
93	9,20	578,80	10053,10	-0,04	2,10	-0,10	0,58
101	10,00	587,16	10003,41	-0,05	-0,03	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	476,12	10371,97	-119,08	-274,63	0,00	0,00
20	1,90	499,59	10357,82	1,27	-55,98	105,79	361,91
38	3,70	521,08	10319,60	28,08	95,60	71,31	292,31
93	9,20	582,24	10053,24	-0,04	2,10	-0,10	0,58
101	10,00	590,59	10003,56	-0,05	-0,03	0,00	0,00

13.3.2 Condizione sismica

Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
Calcestruzzo armato	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
γ	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R_{ck}	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls tesoro/compresso

Calcestruzzo armato

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 218 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

n°	Descr	C	A	γ [kN/mc]	Rck [kPa]	E [kPa]	v	n	ntc
1	C32/40	C32/40	B450C	25,0000	40000	33642648	0.30	15.00	0.50
2	Materiale tiranti	Rck 250	Precomp	24,5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50
5	C30/37	C30/37	B450C	25,0000	35000	32587986	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f _{yk} [kPa]	f _{uk} [kPa]
B450C	450000	540000

Tipologie pali

Simbologia adottata

n°	Indice tipologia palo
Descr	Descrizione tipologia palo
P	Contributo portanza palo (laterale e/o punta)
T	Tecnologia costruttiva (trivellato, infisso o elica continua)
V	Vincolo palo-fondazione: Cerniera o Incastro (libero o impedito di ruotare in testa)
Imat	Indice materiale che lo costituisce
BD	usa metodo di Bustamante-Doix
PN	Portanza nota
Pp, PI	Portanza di punta e laterale caratteristica, espressa in [kN]

n°	Descr	P	T	V	Imat	BD	PN	Pp	PI
1	Tipologia palo	Laterale + Punta	Trivellato	Cerniera	5	NO	SI	10000,00	10000,00

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	15,00	0,00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

Falda

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-5,00	-15,00	0.000
2	15,00	-15,00	0.000

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro	2,40	[m]
<u>Paramento</u>		
Materiale	C32/40	
Altezza paramento	4,50	[m]
Altezza paramento libero	4,00	[m]
Spessore in sommità	0,50	[m]

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 219 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

Spessore all'attacco con la fondazione	0,95	[m]
Inclinazione paramento esterno	5,70	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

Fondazione

Materiale	C32/40	
Lunghezza mensola di valle	1,05	[m]
Lunghezza mensola di monte	1,95	[m]
Lunghezza totale	3,95	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	1,00	[m]
Spessore magrone	0,00	[m]

Descrizione pali di fondazione

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della fila
X	ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m]
I	interasse tra i pali, espressa in [m]
f	franco laterale (distanza minima dal bordo laterale), espressa in [m]
Np	Numero di pali della fila
D	diametro dei pali della fila espresso in [cm]
L	lunghezza dei pali della fila espressa in [m]
α	inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°]
ALL	allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI)

n°	Tipologia	X [m]	I [m]	f [m]	Np	D [cm]	L [m]	α [°]	ALL
1	Tipologia palo	0,80	2,40	0,50	1	80,00	10,00	0,00	Centrati
2	Tipologia palo	3,20	2,40	0,50	1	80,00	10,00	0,00	Centrati

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ _s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
φ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kPa]
c _a	Adesione terra-muro espressa in [kPa]
Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
τ _l	Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ _{sat} [kN/mc]	φ [°]	δ [°]	c [kPa]	c _a [kPa]	Cesp	τ _l [kPa]	
1	RS	18,0000	18,0000	35.000	23.330	0	0	1.000		0 (CAR)
				35.000	23.330	0	0			0 (MIN)
				35.000	23.330	0	0			0 (MED)
2	FLa	19,0000	19,0000	26.000	17.330	10	0	1.000		0 (CAR)
				26.000	17.333	10	0			0 (MIN)
				26.000	17.333	10	0			0 (MED)
3	BG	27,0000	27,0000	37.000	24.667	100	0	1.000		0 (CAR)
				37.000	24.667	100	0			0 (MIN)
				37.000	24.667	100	0			0 (MED)

Stratigrafia

Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
α	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
K _w , K _{wt}	Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm ² /cm
Per calcolo pali (solo se presenti)	
K _w	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
K _s	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

K_{ststa}, K_{stsis} Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm ²]	Kwt [Kg/cm ²]	Kw [Kg/cm ²]	Ks	Cesp	Kst _{sta}	Kst _{sis}
1	5,50	0.000	RS	0.000	0.000	1,000	0,500	1,000	---	---
2	13,50	0.000	FLa	0.000	0.000	10,000	0,500	1,000	---	---
3	10,00	0.000	BG	0.000	0.000	10,000	0,500	1,000	---	---

Condizioni di carico

Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]

F_x Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]

F_y Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]

M Momento espresso in [kNm]

X_i Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]

X_f Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]

Q_i Intensità del carico per x=X_i espressa in [kN]

Q_f Intensità del carico per x=X_f espressa in [kN]

Condizione n° 1 (Pavimentazione) - PERMANENTE

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Distribuito					0,00	10,00	2,5000	2,5000

Condizione n° 2 (Condizione 2) - VARIABILE

Coeff. di combinazione $\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$

Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto	Combinazioni statiche				Combinazioni sismiche				
		HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2	
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	1.00	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.00	1.10	1.10	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.00	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\varphi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Carichi verticali. Coeff. parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Punta	γ_b	--	--	1.15	--	--	1.35	--	--	1.30
Laterale compressione	γ_s	--	--	1.15	--	--	1.15	--	--	1.15
Totale compressione	γ_t	--	--	1.15	--	--	1.30	--	--	1.25
Laterale trazione	γ_{st}	--	--	1.25	--	--	1.25	--	--	1.25

Carichi trasversali. Coeff. parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 221 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

		R1	R2	R3
Trasversale	γ_t	--	--	1.30

Coefficienti di riduzione ζ per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

Numero di verticali indagate 1

$\zeta_3=1.70$ $\zeta_4=1.70$

Dati sismici

Comune
 Provincia
 Regione
 Latitudine 39.883222
 Longitudine 16.012219
 Indice punti di interpolazione 37224 - 37223 - 37445 - 37446
 Vita nominale 50 anni
 Classe d'uso IV
 Tipo costruzione Normali affollamenti
 Vita di riferimento 100 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]	3.325	1.122
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]	0.339	0.114
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.355	2.325
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.393	0.321
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		E	1.122
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo	1.000	38.024	19.012
Ultimo - Ribaltamento	1.000	38.024	19.012
Esercizio	1.000	18.307	9.154

Forma diagramma incremento sismico **Rettangolare**

Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta Culmann
 Tipo di spinta Spinta attiva
 Terreno a bassa permeabilità NO
 Superficie di spinta limitata NO

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale Bishop

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante 0.00
 Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione 50.00
 Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni NO
 Considera terreno sulla fondazione di valle SI
 Considera spinta e peso acqua fondazione di valle NO

Spostamenti

Modello a blocchi
 Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti
 Spostamento limite 10,00 [cm]

Opzioni calcolo pali

Portanza verticale

Metodo di calcolo della portanza alla punta Berezantzev ridotto
 Metodo di calcolo della portanza alla laterale Integrazione delle tensioni tangenziali ($k_s \sigma_v \tan(\delta) + ca$)
 Correzione angolo di attrito in funzione del tipo di palo (infisso/trivellato) Attiva
 Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza alla punta σ_v con la profondità Pressione geostatica
 Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza laterale Pressione geostatica

Portanza trasversale

Costante di Winkler: da strato Criterio rottura palo-terreno
 - Spostamento limite Non attivo
 - Pressione limite Pressione passiva con moltiplicatore M=3,00
 - Palo infinitamente elastico Non attivo

Cedimenti

Metodo di calcolo
Spostamento limite alla punta
Spostamento limite laterale

Metodo agli elementi finiti
1,00 [cm]
0,50 [cm]

Risultati per combinazione

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	69,90	23,33	64,19	27,68	1,95	-3,62
	Incremento di spinta sismica		103,37	94,92	40,94	1,95	-2,75
	Peso/Inerzia muro			68,54	180,24/34,27	-0,18	-3,86
	Peso/Inerzia terrapieno			61,91	162,83/30,96	0,98	-2,25
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			3,59	9,45	-1,47	-4,25
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Resistenza pali				-297,90		
2	Spinta statica	69,90	23,33	64,19	27,68	1,95	-3,62
	Incremento di spinta sismica		102,27	93,91	40,50	1,95	-2,75
	Peso/Inerzia muro			68,54	180,24/-34,27	-0,18	-3,86
	Peso/Inerzia terrapieno			61,91	162,83/-30,96	0,98	-2,25
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			3,59	9,45	-1,47	-4,25
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Resistenza pali				-297,93		

Scarichi in testa ai pali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	178,07	0,00	-351,77
	2	989,20	0,00	-351,77
2 - STR (A1-M1-R3) H - V	1	-31,47	0,00	-350,56
	2	884,63	0,00	-350,56

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N	Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T	Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M	Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

Mx, My	Momenti flettenti, espresso in [kNm]
Mxy	Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle
Tx, Ty	Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,50	1,98	0,10
3	-0,20	3,03	4,02	0,38
4	-0,30	4,60	6,10	0,87
5	-0,40	6,19	8,23	1,56
6	-0,50	7,81	10,42	2,46
7	-0,60	9,46	12,65	3,57
8	-0,70	11,14	14,93	4,89
9	-0,80	12,85	17,27	6,44
10	-0,90	14,59	19,65	8,22

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
11	-1,00	16,36	22,08	10,23
12	-1,10	18,16	24,56	12,48
13	-1,20	19,99	27,10	14,96
14	-1,30	21,85	29,68	17,70
15	-1,40	23,74	32,31	20,68
16	-1,50	25,66	34,99	23,92
17	-1,60	27,60	37,72	27,43
18	-1,70	29,58	40,50	31,19
19	-1,80	31,59	43,34	35,23
20	-1,90	33,63	46,22	39,55
21	-2,00	35,69	49,15	44,14
22	-2,10	37,79	52,13	49,02
23	-2,20	39,92	55,16	54,19
24	-2,30	42,07	58,24	59,66
25	-2,40	44,26	61,37	65,42
26	-2,50	46,47	64,55	71,49
27	-2,60	48,72	67,78	77,87
28	-2,70	50,99	71,06	84,56
29	-2,80	53,30	74,39	91,58
30	-2,90	55,63	77,77	98,91
31	-3,00	57,99	81,20	106,58
32	-3,10	60,39	84,68	114,58
33	-3,20	62,81	88,21	122,91
34	-3,30	65,26	91,79	131,59
35	-3,40	67,75	95,42	140,62
36	-3,50	70,26	99,10	150,00
37	-3,60	72,80	102,83	159,74
38	-3,70	75,37	106,61	169,84
39	-3,80	77,97	110,44	180,31
40	-3,90	80,60	114,32	191,16
41	-4,00	83,26	118,25	202,38
42	-4,10	85,95	122,23	213,98
43	-4,20	88,67	126,26	225,96
44	-4,30	91,42	130,33	238,34
45	-4,40	94,20	134,46	251,12
46	-4,50	97,01	138,64	264,30

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,02	1,99	0,10
3	-0,20	2,07	4,03	0,39
4	-0,30	3,13	6,12	0,88
5	-0,40	4,21	8,26	1,58
6	-0,50	5,31	10,45	2,50
7	-0,60	6,44	12,69	3,62
8	-0,70	7,58	14,98	4,97
9	-0,80	8,75	17,32	6,54
10	-0,90	9,93	19,71	8,35
11	-1,00	11,13	22,14	10,39
12	-1,10	12,36	24,63	12,67
13	-1,20	13,60	27,17	15,19
14	-1,30	14,87	29,76	17,97
15	-1,40	16,15	32,40	21,00
16	-1,50	17,46	35,09	24,29
17	-1,60	18,78	37,82	27,84
18	-1,70	20,13	40,61	31,67
19	-1,80	21,50	43,45	35,77
20	-1,90	22,88	46,34	40,14
21	-2,00	24,29	49,28	44,81
22	-2,10	25,72	52,26	49,76
23	-2,20	27,16	55,30	55,00
24	-2,30	28,63	58,39	60,55
25	-2,40	30,12	61,53	66,40
26	-2,50	31,62	64,71	72,56
27	-2,60	33,15	67,95	79,03
28	-2,70	34,70	71,24	85,82
29	-2,80	36,27	74,57	92,93
30	-2,90	37,86	77,96	100,37
31	-3,00	39,46	81,40	108,14
32	-3,10	41,09	84,88	116,26
33	-3,20	42,74	88,42	124,71
34	-3,30	44,41	92,00	133,52
35	-3,40	46,10	95,64	142,67
36	-3,50	47,81	99,33	152,19
37	-3,60	49,54	103,06	162,06
38	-3,70	51,29	106,85	172,31
39	-3,80	53,06	110,68	182,92
40	-3,90	54,85	114,57	193,91
41	-4,00	56,66	118,50	205,29
42	-4,10	58,49	122,49	217,05
43	-4,20	60,34	126,52	229,20
44	-4,30	62,21	130,61	241,76
45	-4,40	64,11	134,74	254,71
46	-4,50	66,02	138,93	268,07

Piastra fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3) H + V

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
16	82,90	276,34	0,00	0,00	-1493,44	MAX
12	-283,94	-233,25	0,00	0,00	-420,73	MIN
16	82,90	276,34	0,00	0,00	-1493,44	MAX
12	-283,94	-233,25	0,00	0,00	-420,73	MIN
15	28,33	94,43	30,82	0,00	-288,76	MAX
20	28,33	94,43	-30,82	0,00	-288,76	MIN
9	57,98	32,94	17,16	450,46	-237,96	MAX
19	57,98	32,94	-17,16	-450,46	-237,96	MIN
11	-64,29	30,02	0,00	0,00	345,49	MAX
16	82,90	276,34	0,00	0,00	-1493,44	MIN

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H - V

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
16	82,90	276,34	0,00	0,00	-1493,44	MAX
12	-283,94	-233,25	0,00	0,00	-420,73	MIN
16	82,90	276,34	0,00	0,00	-1493,44	MAX
12	-283,94	-233,25	0,00	0,00	-420,73	MIN
15	28,33	94,43	30,82	0,00	-288,76	MAX
20	28,33	94,43	-30,82	0,00	-288,76	MIN
9	57,98	32,94	17,16	450,46	-237,96	MAX
19	57,98	32,94	-17,16	-450,46	-237,96	MIN
11	-64,29	30,02	0,00	0,00	345,49	MAX
16	82,90	276,34	0,00	0,00	-1493,44	MIN

Sollecitazioni pali

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3) H + V

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	178,07	4451,76	-351,77	-464,72	0,00	0,00
27	2,60	210,36	4425,61	8,87	-103,84	557,21	854,58
45	4,40	232,27	4377,99	147,81	222,48	373,93	703,89
101	10,00	298,08	4103,51	0,16	0,99	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	989,20	10371,92	-351,77	-464,72	0,00	0,00
27	2,60	1020,47	10345,76	8,87	-103,84	557,21	854,58
45	4,40	1040,47	10298,14	147,81	222,48	373,93	703,89
101	10,00	1094,13	10003,45	0,16	0,99	0,00	0,00

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H - V

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	-31,47	-786,72	-350,56	-464,77	0,00	0,00
27	2,60	1,44	-780,95	9,56	-103,89	554,28	854,72
45	4,40	24,50	-771,29	147,03	222,51	371,37	704,07
101	10,00	97,70	-722,24	0,16	0,99	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	884,63	10372,24	-350,56	-464,77	0,00	0,00
27	2,60	916,03	10346,08	9,56	-103,89	554,28	854,72
45	4,40	936,28	10298,46	147,03	222,51	371,37	704,07
101	10,00	991,50	10003,70	0,16	0,99	0,00	0,00

Risultati per inviluppo

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	69,90	23,33	64,19	27,68	1,95	-3,62
	Incremento di spinta sismica		103,37	94,92	40,94	1,95	-2,75
	Peso/Inerzia muro			68,54	180,24/34,27	-0,18	-3,86
	Peso/Inerzia terrapieno			61,91	162,83/30,96	0,98	-2,25
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			3,59	9,45	-1,47	-4,25
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Resistenza pali			-297,90			

Scarichi in testa ai pali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3) H + V	1	178,07	0,00	-351,77
	2	989,20	0,00	-351,77

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N	Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T	Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M	Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

Mx, My	Momenti flettenti, espresso in [kNm]
Mxy	Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle
Tx, Ty	Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

Paramento

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,02	1,50	1,98	1,99	0,10	0,10
3	-0,20	2,07	3,03	4,02	4,03	0,38	0,39
4	-0,30	3,13	4,60	6,10	6,12	0,87	0,88
5	-0,40	4,21	6,19	8,23	8,26	1,56	1,58
6	-0,50	5,31	7,81	10,42	10,45	2,46	2,50
7	-0,60	6,44	9,46	12,65	12,69	3,57	3,62
8	-0,70	7,58	11,14	14,93	14,98	4,89	4,97
9	-0,80	8,75	12,85	17,27	17,32	6,44	6,54
10	-0,90	9,93	14,59	19,65	19,71	8,22	8,35
11	-1,00	11,13	16,36	22,08	22,14	10,23	10,39
12	-1,10	12,36	18,16	24,56	24,63	12,48	12,67
13	-1,20	13,60	19,99	27,10	27,17	14,96	15,19
14	-1,30	14,87	21,85	29,68	29,76	17,70	17,97
15	-1,40	16,15	23,74	32,31	32,40	20,68	21,00
16	-1,50	17,46	25,66	34,99	35,09	23,92	24,29
17	-1,60	18,78	27,60	37,72	37,82	27,43	27,84
18	-1,70	20,13	29,58	40,50	40,61	31,19	31,67
19	-1,80	21,50	31,59	43,34	43,45	35,23	35,77
20	-1,90	22,88	33,63	46,22	46,34	39,55	40,14
21	-2,00	24,29	35,69	49,15	49,28	44,14	44,81
22	-2,10	25,72	37,79	52,13	52,26	49,02	49,76
23	-2,20	27,16	39,92	55,16	55,30	54,19	55,00
24	-2,30	28,63	42,07	58,24	58,39	59,66	60,55

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
25	-2,40	30,12	44,26	61,37	61,53	65,42	66,40
26	-2,50	31,62	46,47	64,55	64,71	71,49	72,56
27	-2,60	33,15	48,72	67,78	67,95	77,87	79,03
28	-2,70	34,70	50,99	71,06	71,24	84,56	85,82
29	-2,80	36,27	53,30	74,39	74,57	91,58	92,93
30	-2,90	37,86	55,63	77,77	77,96	98,91	100,37
31	-3,00	39,46	57,99	81,20	81,40	106,58	108,14
32	-3,10	41,09	60,39	84,68	84,88	114,58	116,26
33	-3,20	42,74	62,81	88,21	88,42	122,91	124,71
34	-3,30	44,41	65,26	91,79	92,00	131,59	133,52
35	-3,40	46,10	67,75	95,42	95,64	140,62	142,67
36	-3,50	47,81	70,26	99,10	99,33	150,00	152,19
37	-3,60	49,54	72,80	102,83	103,06	159,74	162,06
38	-3,70	51,29	75,37	106,61	106,85	169,84	172,31
39	-3,80	53,06	77,97	110,44	110,68	180,31	182,92
40	-3,90	54,85	80,60	114,32	114,57	191,16	193,91
41	-4,00	56,66	83,26	118,25	118,50	202,38	205,29
42	-4,10	58,49	85,95	122,23	122,49	213,98	217,05
43	-4,20	60,34	88,67	126,26	126,52	225,96	229,20
44	-4,30	62,21	91,42	130,33	130,61	238,34	241,76
45	-4,40	64,11	94,20	134,46	134,74	251,12	254,71
46	-4,50	66,02	97,01	138,64	138,93	264,30	268,07

Piastra fondazione

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
16	82,90 (1)	276,34 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-1493,44 (1)	MAX
12	-283,94 (1)	-233,25 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-420,73 (1)	MIN
16	82,90 (1)	276,34 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-1493,44 (1)	MAX
12	-283,94 (1)	-233,25 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-420,73 (1)	MIN
15	28,33 (1)	94,43 (1)	30,82 (1)	0,00 (1)	-288,76 (1)	MAX
20	28,33 (1)	94,43 (1)	-30,82 (1)	0,00 (1)	-288,76 (1)	MIN
9	57,98 (1)	32,94 (1)	17,16 (1)	450,46 (1)	-237,96 (1)	MAX
19	57,98 (1)	32,94 (1)	-17,16 (1)	-450,46 (1)	-237,96 (1)	MIN
11	-64,29 (1)	30,02 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	345,49 (1)	MAX
16	82,90 (1)	276,34 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-1493,44 (1)	MIN

Sollecitazioni pali

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	178,07	4451,76	-351,77	-464,72	0,00	0,00
27	2,60	210,36	4425,61	8,87	-103,84	557,21	854,58
45	4,40	232,27	4377,99	147,81	222,48	373,93	703,89
101	10,00	298,08	4103,51	0,16	0,99	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	989,20	10371,92	-351,77	-464,72	0,00	0,00
27	2,60	1020,47	10345,76	8,87	-103,84	557,21	854,58
45	4,40	1040,47	10298,14	147,81	222,48	373,93	703,89
101	10,00	1094,13	10003,45	0,16	0,99	0,00	0,00

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	-31,47	-786,72	-350,56	-464,77	0,00	0,00
27	2,60	1,44	-780,95	9,56	-103,89	554,28	854,72
45	4,40	24,50	-771,29	147,03	222,51	371,37	704,07
101	10,00	97,70	-722,24	0,16	0,99	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	884,63	10372,24	-350,56	-464,77	0,00	0,00
27	2,60	916,03	10346,08	9,56	-103,89	554,28	854,72
45	4,40	936,28	10298,46	147,03	222,51	371,37	704,07
101	10,00	991,50	10003,70	0,16	0,99	0,00	0,00

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 228 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

13.3.3 Condizione eccezionale d'urto

Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
Calcestruzzo armato	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
γ	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R _{ck}	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls tesoro/compresso

Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	γ [kN/mc]	R _{ck} [kPa]	E [kPa]	ν	n	ntc
1	C32/40	C32/40	B450C	25,0000	40000	33642648	0.30	15.00	0.50
2	Materiale tiranti	Rck 250	Precomp	24,5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50
5	C30/37	C30/37	B450C	25,0000	35000	32587986	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f _{yk} [kPa]	f _{uk} [kPa]
B450C	450000	540000

Tipologie pali

Simbologia adottata

n°	Indice tipologia palo
Descr	Descrizione tipologia palo
P	Contributo portanza palo (laterale e/o punta)
T	Tecnologia costruttiva (trivellato, infisso o elica continua)
V	Vincolo palo-fondazione: Cerniera o Incastro (libero o impedito di ruotare in testa)
Imat	Indice materiale che lo costituisce
BD	usa metodo di Bustamante-Doix
PN	Portanza nota
Pp, PI	Portanza di punta e laterale caratteristica, espressa in [kN]

n°	Descr	P	T	V	Imat	BD	PN	Pp	PI
1	Tipologia palo	Laterale + Punta	Trivellato	Cerniera	5	NO	SI	10000,00	10000,00

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	15,00	0,00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 229 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

Falda

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-5,00	-15,00	0.000
2	15,00	-15,00	0.000

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 2,40 [m]

Paramento

Materiale	C32/40	
Altezza paramento	4,50	[m]
Altezza paramento libero	4,00	[m]
Spessore in sommità	0,50	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,95	[m]
Inclinazione paramento esterno	5,70	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

Fondazione

Materiale	C32/40	
Lunghezza mensola di valle	1,05	[m]
Lunghezza mensola di monte	1,95	[m]
Lunghezza totale	3,95	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	1,00	[m]
Spessore magrone	0,00	[m]

Descrizione pali di fondazione

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della fila
X	ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m]
I	interasse tra i pali, espressa in [m]
f	franco laterale (distanza minima dal bordo laterale), espressa in [m]
Np	Numero di pali della fila
D	diametro dei pali della fila espresso in [cm]
L	lunghezza dei pali della fila espressa in [m]
α	inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°]
ALL	allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI)

n°	Tipologia	X [m]	I [m]	f [m]	Np	D [cm]	L [m]	α [°]	ALL
1	Tipologia palo	0,80	2,40	0,50	1	80,00	10,00	0,00	Centrati
2	Tipologia palo	3,20	2,40	0,50	1	80,00	10,00	0,00	Centrati

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kPa]

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.00	1.10	1.10	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.00	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.00	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.00	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.00	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Carichi verticali. Coeff. parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Punta	γ_b	--	--	1.15	--	--	1.35	--	--	1.30
Laterale compressione	γ_s	--	--	1.15	--	--	1.15	--	--	1.15
Totale compressione	γ_t	--	--	1.15	--	--	1.30	--	--	1.25
Laterale trazione	γ_{st}	--	--	1.25	--	--	1.25	--	--	1.25

Carichi trasversali. Coeff. parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche

		R1	R2	R3
Trasversale	γ_t	--	--	1.30

Coefficienti di riduzione ζ per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

Numero di verticali indagate 1

$\zeta_3=1.70$ $\zeta_4=1.70$

Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta Culmann
 Tipo di spinta Spinta a riposo
 Terreno a bassa permeabilità NO
 Superficie di spinta limitata NO

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale Bishop

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante 0.00
 Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione 50.00
 Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni NO
 Considera terreno sulla fondazione di valle SI
 Considera spinta e peso acqua fondazione di valle NO

Spostamenti

Modello a blocchi
 Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti
 Spostamento limite 5,00 [cm]

Opzioni calcolo pali

Portanza verticale

Metodo di calcolo della portanza alla punta Berezantzev ridotto
 Metodo di calcolo della portanza alla laterale Integrazione delle tensioni tangenziali ($k_s \sigma_v \tan(\delta) + c_a$)
 Correzione angolo di attrito in funzione del tipo di palo (infisso/trivellato) Attiva
 Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza alla punta σ_v con la profondità Pressione geostatica
 Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza laterale Pressione geostatica

Portanza trasversale

Costante di Winkler: da strato Criterio rottura palo-terreno

- Spostamento limite

Non attivo

- Pressione limite

Pressione passiva con moltiplicatore $M=3,00$

- Palo infinitamente elastico

Non attivo

Cedimenti

Metodo di calcolo

Metodo agli elementi finiti

Spostamento limite alla punta

1,00 [cm]

Spostamento limite laterale

0,50 [cm]

Risultati per combinazione

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	140,49	23,33	129,00	55,64	1,95	-3,31
	Peso/Inerzia muro			0,00	180,24/0,00	-0,18	-3,86
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	164,29/0,00	0,98	-2,25
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	9,45	-1,47	-4,25
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Risultante forze sul muro			25,00	0,00	--	--
	Resistenza pali			-176,03			

Scarichi in testa ai pali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	289,41	0,00	-184,80
	2	693,67	0,00	-184,80

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N	Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T	Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M	Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

Mx, My	Momenti flettenti, espresso in [kNm]
Mxy	Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle
Tx, Ty	Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	25,00	25,00
2	-0,10	1,26	25,78	27,54
3	-0,20	2,55	26,61	30,14
4	-0,30	3,86	27,49	32,83
5	-0,40	5,20	28,43	35,61
6	-0,50	6,56	29,41	38,47
7	-0,60	7,95	30,45	41,42
8	-0,70	9,36	31,54	44,48
9	-0,80	10,80	32,69	47,64
10	-0,90	12,26	33,89	50,91
11	-1,00	13,75	35,14	54,30
12	-1,10	15,26	36,44	57,80
13	-1,20	16,80	37,79	61,43
14	-1,30	18,36	39,20	65,20
15	-1,40	19,95	40,66	69,09
16	-1,50	21,56	42,17	73,13
17	-1,60	23,19	43,74	77,31
18	-1,70	24,86	45,35	81,65
19	-1,80	26,54	47,02	86,14
20	-1,90	28,25	48,74	90,79
21	-2,00	29,99	50,52	95,61

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
22	-2,10	31,75	52,35	100,60
23	-2,20	33,54	54,23	105,76
24	-2,30	35,35	56,16	111,11
25	-2,40	37,19	58,14	116,64
26	-2,50	39,05	60,18	122,37
27	-2,60	40,93	62,27	128,29
28	-2,70	42,85	64,41	134,41
29	-2,80	44,78	66,61	140,75
30	-2,90	46,74	68,86	147,29
31	-3,00	48,73	71,16	154,05
32	-3,10	50,74	73,51	161,04
33	-3,20	52,78	75,91	168,25
34	-3,30	54,84	78,37	175,69
35	-3,40	56,92	80,88	183,38
36	-3,50	59,03	83,44	191,30
37	-3,60	61,17	86,06	199,48
38	-3,70	63,33	88,72	207,91
39	-3,80	65,52	91,44	216,59
40	-3,90	67,73	94,22	225,54
41	-4,00	69,96	97,04	234,76
42	-4,10	72,22	99,92	244,25
43	-4,20	74,51	102,85	254,03
44	-4,30	76,82	105,83	264,08
45	-4,40	79,15	108,87	274,43
46	-4,50	81,52	111,96	285,07

Piastra fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
16	55,92	186,39	0,00	0,00	-1035,15	MAX
12	-200,10	-167,31	0,00	0,00	-285,18	MIN
16	55,92	186,39	0,00	0,00	-1035,15	MAX
12	-200,10	-167,31	0,00	0,00	-285,18	MIN
15	17,65	58,84	21,54	0,00	-190,41	MAX
20	17,65	58,84	-21,54	0,00	-190,41	MIN
9	39,74	19,39	11,97	316,07	-157,06	MAX
19	39,74	19,39	-11,97	-316,07	-157,06	MIN
11	-45,16	20,12	0,00	0,00	247,33	MAX
16	55,92	186,39	0,00	0,00	-1035,15	MIN

Sollecitazioni pali

Simbologia adottata

N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	289,41	7235,14	-184,80	-274,61	0,00	0,00
21	2,00	314,23	7219,49	1,12	-39,25	198,65	367,46
39	3,80	336,04	7179,92	52,70	97,19	134,93	282,71
95	9,40	400,70	6902,40	-0,09	1,04	-0,09	0,22
101	10,00	407,35	6866,64	-0,07	-0,03	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	693,67	10371,99	-184,80	-274,61	0,00	0,00
21	2,00	718,19	10356,34	1,12	-39,25	198,65	367,46
39	3,80	739,22	10316,77	52,70	97,19	134,93	282,71
95	9,40	798,31	10039,29	-0,09	1,04	-0,09	0,22
101	10,00	804,09	10003,54	-0,07	-0,03	0,00	0,00

Risultati per inviluppo

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	140,49	23,33	129,00	55,64	1,95	-3,31
	Peso/Inerzia muro			0,00	180,24/0,00	-0,18	-3,86
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	164,29/0,00	0,98	-2,25
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0,00	9,45	-1,47	-4,25
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Risultante forze sul muro			25,00	0,00	--	--
	Resistenza pali			-176,03			

Scarichi in testa ai pali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
Ip	Indice palo
N	Sforzo normale, espresso in [kN]
M	Momento, espresso in [kNm]
T	Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	1	289,41	0,00	-184,80
	2	693,67	0,00	-184,80

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N	Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T	Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M	Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

Mx, My	Momenti flettenti, espresso in [kNm]
Mxy	Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle
Tx, Ty	Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

Paramento

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	25,00	25,00	25,00	25,00
2	-0,10	1,26	1,26	25,78	25,78	27,54	27,54
3	-0,20	2,55	2,55	26,61	26,61	30,14	30,14
4	-0,30	3,86	3,86	27,49	27,49	32,83	32,83
5	-0,40	5,20	5,20	28,43	28,43	35,61	35,61
6	-0,50	6,56	6,56	29,41	29,41	38,47	38,47
7	-0,60	7,95	7,95	30,45	30,45	41,42	41,42
8	-0,70	9,36	9,36	31,54	31,54	44,48	44,48
9	-0,80	10,80	10,80	32,69	32,69	47,64	47,64
10	-0,90	12,26	12,26	33,89	33,89	50,91	50,91
11	-1,00	13,75	13,75	35,14	35,14	54,30	54,30
12	-1,10	15,26	15,26	36,44	36,44	57,80	57,80
13	-1,20	16,80	16,80	37,79	37,79	61,43	61,43
14	-1,30	18,36	18,36	39,20	39,20	65,20	65,20
15	-1,40	19,95	19,95	40,66	40,66	69,09	69,09
16	-1,50	21,56	21,56	42,17	42,17	73,13	73,13
17	-1,60	23,19	23,19	43,74	43,74	77,31	77,31
18	-1,70	24,86	24,86	45,35	45,35	81,65	81,65
19	-1,80	26,54	26,54	47,02	47,02	86,14	86,14
20	-1,90	28,25	28,25	48,74	48,74	90,79	90,79
21	-2,00	29,99	29,99	50,52	50,52	95,61	95,61
22	-2,10	31,75	31,75	52,35	52,35	100,60	100,60
23	-2,20	33,54	33,54	54,23	54,23	105,76	105,76
24	-2,30	35,35	35,35	56,16	56,16	111,11	111,11

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
25	-2,40	37,19	37,19	58,14	58,14	116,64	116,64
26	-2,50	39,05	39,05	60,18	60,18	122,37	122,37
27	-2,60	40,93	40,93	62,27	62,27	128,29	128,29
28	-2,70	42,85	42,85	64,41	64,41	134,41	134,41
29	-2,80	44,78	44,78	66,61	66,61	140,75	140,75
30	-2,90	46,74	46,74	68,86	68,86	147,29	147,29
31	-3,00	48,73	48,73	71,16	71,16	154,05	154,05
32	-3,10	50,74	50,74	73,51	73,51	161,04	161,04
33	-3,20	52,78	52,78	75,91	75,91	168,25	168,25
34	-3,30	54,84	54,84	78,37	78,37	175,69	175,69
35	-3,40	56,92	56,92	80,88	80,88	183,38	183,38
36	-3,50	59,03	59,03	83,44	83,44	191,30	191,30
37	-3,60	61,17	61,17	86,06	86,06	199,48	199,48
38	-3,70	63,33	63,33	88,72	88,72	207,91	207,91
39	-3,80	65,52	65,52	91,44	91,44	216,59	216,59
40	-3,90	67,73	67,73	94,22	94,22	225,54	225,54
41	-4,00	69,96	69,96	97,04	97,04	234,76	234,76
42	-4,10	72,22	72,22	99,92	99,92	244,25	244,25
43	-4,20	74,51	74,51	102,85	102,85	254,03	254,03
44	-4,30	76,82	76,82	105,83	105,83	264,08	264,08
45	-4,40	79,15	79,15	108,87	108,87	274,43	274,43
46	-4,50	81,52	81,52	111,96	111,96	285,07	285,07

Piastra fondazione

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
16	55,92 (1)	186,39 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-1035,15 (1)	MAX
12	-200,10 (1)	-167,31 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-285,18 (1)	MIN
16	55,92 (1)	186,39 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-1035,15 (1)	MAX
12	-200,10 (1)	-167,31 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-285,18 (1)	MIN
15	17,65 (1)	58,84 (1)	21,54 (1)	0,00 (1)	-190,41 (1)	MAX
20	17,65 (1)	58,84 (1)	-21,54 (1)	0,00 (1)	-190,41 (1)	MIN
9	39,74 (1)	19,39 (1)	11,97 (1)	316,07 (1)	-157,06 (1)	MAX
19	39,74 (1)	19,39 (1)	-11,97 (1)	-316,07 (1)	-157,06 (1)	MIN
11	-45,16 (1)	20,12 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	247,33 (1)	MAX
16	55,92 (1)	186,39 (1)	0,00 (1)	0,00 (1)	-1035,15 (1)	MIN

Sollecitazioni pali

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	289,41	7235,14	-184,80	-274,61	0,00	0,00
21	2,00	314,23	7219,49	1,12	-39,25	198,65	367,46
39	3,80	336,04	7179,92	52,70	97,19	134,93	282,71
95	9,40	400,70	6902,40	-0,09	1,04	-0,09	0,22
101	10,00	407,35	6866,64	-0,07	-0,03	0,00	0,00

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kN]	Nr [kN]	Te [kN]	Tr [kN]	Me [kNm]	Mr [kNm]
1	0,00	693,67	10371,99	-184,80	-274,61	0,00	0,00
21	2,00	718,19	10356,34	1,12	-39,25	198,65	367,46
39	3,80	739,22	10316,77	52,70	97,19	134,93	282,71
95	9,40	798,31	10039,29	-0,09	1,04	-0,09	0,22
101	10,00	804,09	10003,54	-0,07	-0,03	0,00	0,00

13.4 Muro Tipologico 2

13.4.1 Condizione statica e sismica

Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<u>Calcestruzzo armato</u>	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
γ	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R _{ck}	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls tesoro/compresso

Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	γ [kN/mc]	R _{ck} [kPa]	E [kPa]	ν	n	ntc
1	C32/40	C32/40	B450C	24,5170	40000	33642648	0.30	15.00	0.50
2	Materiale tiranti	Rck 250	Precomp	24,5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f _{yk} [kPa]	f _{uk} [kPa]
B450C	450000	540000

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	15,00	0,00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro	10,00	[m]
<u>Paramento</u>		
Materiale	C32/40	
Altezza paramento	3,20	[m]
Altezza paramento libero	2,70	[m]
Spessore in sommità	0,50	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,77	[m]
Inclinazione paramento esterno	4,90	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 238 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

Fondazione

Materiale	C32/40	
Lunghezza mensola di valle	0,53	[m]
Lunghezza mensola di monte	1,70	[m]
Lunghezza totale	3,00	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,80	[m]
Spessore magrone	0,00	[m]

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kPa]
c _a	Adesione terra-muro espressa in [kPa]
<u>Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix</u>	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
τ_l	Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]	c _a [kPa]	Cesp	τ_l [kPa]
1	RS	18,0000	18,0000	35,000	23,330	0	0	---	---
2	FLa	19,0000	19,0000	26,000	26,000	10	0	---	---

Stratigrafia

Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
α	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
<u>Per calcolo pali (solo se presenti)</u>	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

Kst_{sta}, Kst_{sis} Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kw [Kg/cm ²]	Ks	Cesp	Kst _{sta}	Kst _{sis}
1	4,00	0,000	RS	---	---	---	---	---
2	5,00	0,000	FLa	---	---	---	---	---

Condizioni di carico

Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.	
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.	
Momento positivo senso antiorario.	
X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F _x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F _y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
X _i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X _f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q _i	Intensità del carico per x=X _i espressa in [kN]
Q _f	Intensità del carico per x=X _f espressa in [kN]

Condizione n° 1 (traffico) - VARIABILE TF

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.75 - \Psi_1=0.75 - \Psi_2=0.00$

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Distribuito					0,00	7,80	20,0000	20,0000

Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	1.00	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.00	1.10	1.10	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.00	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_γ	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Dati sismici

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]	3.325	1.122
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]	0.339	0.114
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.355	2.325
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.393	0.321
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		E	1.122
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo	0.380	14.451	7.226
Ultimo - Ribaltamento	0.570	21.677	10.838
Esercizio	0.470	8.601	4.300

Forma diagramma incremento sismico **Rettangolare**

Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Meyerhof
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Meyerhof
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ($0.5B\gamma_{N_s}$)	Larghezza ridotta (B')
Fattori di forma e inclinazione del carico	Solo i fattori di inclinazione
Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra	

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 240 DI 291
---	--	----------------------------

Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni NO
Considera terreno sulla fondazione di valle NO
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle NO

Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

Risultati per combinazione

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	72,15	23,33	66,25	28,57	1,70	-2,42
	Peso/Inerzia muro			0,00	108,91/0,00	-0,04	-2,73
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	143,82/0,00	0,85	-1,60
2	Spinta statica	35,20	23,33	32,32	13,94	1,70	-2,67
	Incremento di spinta sismica		15,94	14,63	6,31	1,70	-2,00
	Peso/Inerzia muro			15,74	108,91/-7,87	-0,04	-2,73
	Peso/Inerzia terrapieno			14,15	97,92/7,08	0,85	-1,60
3	Spinta statica	35,20	23,33	32,32	13,94	1,70	-2,67
	Incremento di spinta sismica		11,20	10,29	4,44	1,70	-2,00
	Peso/Inerzia muro			15,74	108,91/-7,87	-0,04	-2,73
	Peso/Inerzia terrapieno			14,15	97,92/-7,08	0,85	-1,60
10	Spinta statica	54,75	23,33	50,27	21,68	1,70	-2,43
	Peso/Inerzia muro			0,00	108,91/0,00	-0,04	-2,73
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	131,92/0,00	0,85	-1,60
11	Spinta statica	49,86	23,33	45,79	19,75	1,70	-2,47
	Peso/Inerzia muro			0,00	108,91/0,00	-0,04	-2,73
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	123,42/0,00	0,85	-1,60
12	Spinta statica	35,20	23,33	32,32	13,94	1,70	-2,67
	Peso/Inerzia muro			0,00	108,91/0,00	-0,04	-2,73
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	97,92/0,00	0,85	-1,60

Risultanti globali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	Mr [kNm]	Ms [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	281,31	66,25	104,50	533,23	-0,022
2 - STR (A1-M1-R3)	242,03	76,84	126,24	434,52	0,228
3 - STR (A1-M1-R3)	210,27	72,50	142,73	403,71	0,261
4 - GEO (A2-M2-R2)	269,52	68,34	108,89	503,58	0,038
5 - GEO (A2-M2-R2)	242,03	76,84	126,24	434,52	0,228
6 - GEO (A2-M2-R2)	210,27	72,50	142,73	403,71	0,261
7 - EQU (A1-M1-R3)	257,84	59,79	95,88	490,01	-0,026
8 - EQU (A1-M1-R3)	253,30	100,58	170,77	458,51	0,366
9 - EQU (A1-M1-R3)	206,01	94,90	197,16	413,36	0,453
10 - SLER	262,52	50,27	79,01	486,89	-0,052
11 - SLEF	252,08	45,79	70,03	462,76	-0,056
12 - SLEQ	220,77	32,32	43,10	390,38	-0,071

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS _{SCO}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS _{RIB}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS _{QLIM}	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS _{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS _{HYD}	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS _{UPL}	Coeff. di sicurezza a sollevamento

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	ϕ [kN/mc]	c [kPa]
1	1,30	3,00	2,40	19,00	26,00	10
2	1,30	3,00	2,40	19,00	26,00	10
3	1,30	3,00	2,40	19,00	26,00	10

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
 Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)
 La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
7 - EQU (A1-M1-R3)	490,01	95,88	5.110
8 - EQU (A1-M1-R3) H + V	458,51	170,77	2.685
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	413,36	197,16	2.097

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione
 C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
 R Raggio, espresso in [m]
 FS Fattore di sicurezza

Ic	C [m]	R [m]	FS
4 - GEO (A2-M2-R2)	-1,00; 2,00	6,59	1.967
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-1,00; 3,50	7,98	2.226
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-1,00; 4,00	8,45	2.195

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
 Origine in testa al muro (spigolo contro terra)
 W peso della striscia espresso in [kN]
 Qy carico sulla striscia espresso in [kN]
 Qf carico acqua sulla striscia espresso in [kN]
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
 ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
 b larghezza della striscia espressa in [m]
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
 Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	4,04	10,05	0,00	5,29 - 0,44	66,989	29,256	0	0,0	
2	10,94	10,05	0,00	0,44	58,956	29,256	0	0,0	
3	16,00	10,05	0,00	0,44	52,174	29,256	0	0,0	
4	20,01	10,05	0,00	0,44	46,326	29,256	0	0,0	
5	23,30	10,05	0,00	0,44	41,056	29,256	0	0,0	
6	26,05	10,05	0,00	0,44	36,184	29,256	0	0,0	
7	28,37	10,05	0,00	0,44	31,601	29,256	0	0,0	
8	30,31	10,05	0,00	0,44	27,235	29,256	0	0,0	
9	35,20	10,05	0,00	0,44	23,035	21,315	8	0,0	
10	35,62	10,05	0,00	0,44	18,964	21,315	8	0,0	
11	36,72	10,05	0,00	0,44	14,989	21,315	8	0,0	
12	37,56	10,05	0,00	0,44	11,088	21,315	8	0,0	
13	46,25	1,11	0,00	0,44	7,239	21,315	8	0,0	
14	33,49	0,00	0,00	0,44	3,422	21,315	8	0,0	
15	17,36	0,00	0,00	0,44	-0,380	21,315	8	0,0	
16	15,16	0,00	0,00	0,44	-4,183	21,315	8	0,0	
17	14,55	0,00	0,00	0,44	-8,005	21,315	8	0,0	
18	13,91	0,00	0,00	0,44	-11,864	21,315	8	0,0	
19	13,02	0,00	0,00	0,44	-15,778	21,315	8	0,0	
20	11,86	0,00	0,00	0,44	-19,769	21,315	8	0,0	
21	10,41	0,00	0,00	0,44	-23,864	21,315	8	0,0	
22	8,72	0,00	0,00	0,44	-28,094	21,315	8	0,0	
23	6,71	0,00	0,00	0,44	-32,498	21,315	8	0,0	
24	4,32	0,00	0,00	0,44	-37,133	21,315	8	0,0	
25	1,47	0,00	0,00	-5,63 - 0,44	-41,289	21,315	8	0,0	

Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2) H + V

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	3,72	0,00	0,00	6,18 - 0,49	59.935	35.000	0	0,0	
2	10,40	0,00	0,00	0,49	54.028	35.000	0	0,0	
3	15,79	0,00	0,00	0,49	48.394	35.000	0	0,0	
4	20,24	0,00	0,00	0,49	43.336	35.000	0	0,0	
5	24,00	0,00	0,00	0,49	38.673	35.000	0	0,0	
6	27,19	0,00	0,00	0,49	34.299	35.000	0	0,0	
7	29,91	0,00	0,00	0,49	30.144	35.000	0	0,0	
8	32,21	0,00	0,00	0,49	26.158	35.000	0	0,0	
9	34,15	0,00	0,00	0,49	22.304	35.000	0	0,0	
10	39,54	0,00	0,00	0,49	18.555	26.000	10	0,0	
11	39,70	0,00	0,00	0,49	14.887	26.000	10	0,0	
12	40,76	0,00	0,00	0,49	11.280	26.000	10	0,0	
13	45,13	0,00	0,00	0,49	7.718	26.000	10	0,0	
14	48,44	0,00	0,00	0,49	4.186	26.000	10	0,0	
15	19,41	0,00	0,00	0,49	0.671	26.000	10	0,0	
16	16,59	0,00	0,00	0,49	-2.843	26.000	10	0,0	
17	15,42	0,00	0,00	0,49	-6.367	26.000	10	0,0	
18	14,77	0,00	0,00	0,49	-9.915	26.000	10	0,0	
19	13,83	0,00	0,00	0,49	-13.503	26.000	10	0,0	
20	12,58	0,00	0,00	0,49	-17.146	26.000	10	0,0	
21	11,04	0,00	0,00	0,49	-20.862	26.000	10	0,0	
22	9,23	0,00	0,00	0,49	-24.672	26.000	10	0,0	
23	7,07	0,00	0,00	0,49	-28.604	26.000	10	0,0	
24	4,51	0,00	0,00	0,49	-32.690	26.000	10	0,0	
25	1,51	0,00	0,00	-6,04 - 0,49	-36.031	26.000	10	0,0	

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	3,67	0,00	0,00	6,46 - 0,51	57.968	35.000	0	0,0	
2	10,33	0,00	0,00	0,51	52.527	35.000	0	0,0	
3	15,81	0,00	0,00	0,51	47.193	35.000	0	0,0	
4	20,38	0,00	0,00	0,51	42.356	35.000	0	0,0	
5	24,26	0,00	0,00	0,51	37.870	35.000	0	0,0	
6	27,57	0,00	0,00	0,51	33.645	35.000	0	0,0	
7	30,40	0,00	0,00	0,51	29.619	35.000	0	0,0	
8	32,82	0,00	0,00	0,51	25.749	35.000	0	0,0	
9	34,85	0,00	0,00	0,51	22.002	35.000	0	0,0	
10	39,86	0,00	0,00	0,51	18.352	26.000	10	0,0	
11	40,63	0,00	0,00	0,51	14.778	26.000	10	0,0	
12	41,75	0,00	0,00	0,51	11.262	26.000	10	0,0	
13	39,93	0,00	0,00	0,51	7.788	26.000	10	0,0	
14	51,80	0,00	0,00	0,51	4.344	26.000	10	0,0	
15	21,23	0,00	0,00	0,51	0.915	26.000	10	0,0	
16	17,03	0,00	0,00	0,51	-2.511	26.000	10	0,0	
17	15,70	0,00	0,00	0,51	-5.946	26.000	10	0,0	
18	15,04	0,00	0,00	0,51	-9.402	26.000	10	0,0	
19	14,09	0,00	0,00	0,51	-12.893	26.000	10	0,0	
20	12,82	0,00	0,00	0,51	-16.435	26.000	10	0,0	
21	11,25	0,00	0,00	0,51	-20.042	26.000	10	0,0	
22	9,40	0,00	0,00	0,51	-23.734	26.000	10	0,0	
23	7,20	0,00	0,00	0,51	-27.535	26.000	10	0,0	
24	4,59	0,00	0,00	0,51	-31.473	26.000	10	0,0	
25	1,55	0,00	0,00	-6,17 - 0,51	-34.777	26.000	10	0,0	

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,24	0,63	0,03
3	-0,20	2,49	1,32	0,12
4	-0,30	3,77	2,06	0,27
5	-0,40	5,07	2,85	0,50
6	-0,50	6,39	3,69	0,80
7	-0,60	7,73	4,58	1,18
8	-0,70	9,10	5,53	1,65
9	-0,80	10,48	6,53	2,21
10	-0,90	11,88	7,58	2,87

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
11	-1,00	13,31	8,69	3,63
12	-1,10	14,76	9,85	4,50
13	-1,20	16,22	11,06	5,47
14	-1,30	17,71	12,32	6,57
15	-1,40	19,22	13,63	7,79
16	-1,50	20,75	15,00	9,13
17	-1,60	22,30	16,42	10,61
18	-1,70	23,88	17,89	12,23
19	-1,80	25,47	19,42	13,99
20	-1,90	27,09	20,99	15,89
21	-2,00	28,72	22,62	17,95
22	-2,10	30,38	24,31	20,17
23	-2,20	32,06	26,04	22,56
24	-2,30	33,75	27,83	25,11
25	-2,40	35,47	29,67	27,84
26	-2,50	37,21	31,56	30,74
27	-2,60	38,98	33,51	33,83
28	-2,70	40,76	35,51	37,11
29	-2,80	42,56	37,56	40,58
30	-2,90	44,39	39,66	44,26
31	-3,00	46,23	41,81	48,14
32	-3,10	48,10	44,02	52,23
33	-3,20	49,99	46,28	56,53

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,33	0,49	0,02
3	-0,20	2,67	1,03	0,09
4	-0,30	4,04	1,61	0,21
5	-0,40	5,44	2,23	0,38
6	-0,50	6,85	2,89	0,61
7	-0,60	8,29	3,60	0,90
8	-0,70	9,75	4,35	1,26
9	-0,80	11,24	5,15	1,69
10	-0,90	12,74	5,99	2,19
11	-1,00	14,27	6,87	2,78
12	-1,10	15,82	7,80	3,45
13	-1,20	17,40	8,77	4,20
14	-1,30	18,99	9,78	5,05
15	-1,40	20,61	10,84	6,00
16	-1,50	22,25	11,94	7,04
17	-1,60	23,92	13,08	8,19
18	-1,70	25,60	14,27	9,46
19	-1,80	27,31	15,49	10,83
20	-1,90	29,04	16,77	12,32
21	-2,00	30,80	18,09	13,94
22	-2,10	32,57	19,45	15,68
23	-2,20	34,37	20,85	17,55
24	-2,30	36,19	22,30	19,55
25	-2,40	38,04	23,79	21,70
26	-2,50	39,90	25,32	23,98
27	-2,60	41,79	26,90	26,42
28	-2,70	43,70	28,52	29,01
29	-2,80	45,64	30,18	31,75
30	-2,90	47,60	31,89	34,65
31	-3,00	49,57	33,64	37,72
32	-3,10	51,58	35,44	40,96
33	-3,20	53,60	37,27	44,37

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,15	0,40	0,02
3	-0,20	2,31	0,85	0,07
4	-0,30	3,50	1,35	0,17
5	-0,40	4,71	1,88	0,31
6	-0,50	5,93	2,46	0,51
7	-0,60	7,17	3,08	0,76
8	-0,70	8,44	3,75	1,06
9	-0,80	9,72	4,46	1,43
10	-0,90	11,03	5,21	1,87
11	-1,00	12,35	6,00	2,38
12	-1,10	13,69	6,84	2,97
13	-1,20	15,05	7,72	3,63
14	-1,30	16,43	8,65	4,39
15	-1,40	17,83	9,62	5,23
16	-1,50	19,25	10,63	6,16
17	-1,60	20,69	11,69	7,19
18	-1,70	22,15	12,79	8,32
19	-1,80	23,63	13,93	9,56
20	-1,90	25,13	15,12	10,90
21	-2,00	26,65	16,35	12,37

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
22	-2,10	28,18	17,62	13,95
23	-2,20	29,74	18,94	15,65
24	-2,30	31,32	20,30	17,48
25	-2,40	32,91	21,70	19,44
26	-2,50	34,53	23,15	21,54
27	-2,60	36,16	24,64	23,78
28	-2,70	37,81	26,17	26,16
29	-2,80	39,49	27,75	28,69
30	-2,90	41,18	29,37	31,37
31	-3,00	42,89	31,03	34,21
32	-3,10	44,63	32,74	37,21
33	-3,20	46,38	34,49	40,38

Combinazione n° 10 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,24	0,47	0,02
3	-0,20	2,49	0,98	0,08
4	-0,30	3,77	1,53	0,20
5	-0,40	5,07	2,12	0,36
6	-0,50	6,39	2,75	0,58
7	-0,60	7,73	3,42	0,86
8	-0,70	9,10	4,13	1,20
9	-0,80	10,48	4,89	1,61
10	-0,90	11,88	5,68	2,09
11	-1,00	13,31	6,51	2,64
12	-1,10	14,76	7,38	3,28
13	-1,20	16,22	8,30	3,99
14	-1,30	17,71	9,25	4,80
15	-1,40	19,22	10,24	5,69
16	-1,50	20,75	11,28	6,68
17	-1,60	22,30	12,35	7,77
18	-1,70	23,88	13,47	8,96
19	-1,80	25,47	14,63	10,26
20	-1,90	27,09	15,82	11,67
21	-2,00	28,72	17,06	13,20
22	-2,10	30,38	18,34	14,84
23	-2,20	32,06	19,65	16,60
24	-2,30	33,75	21,01	18,50
25	-2,40	35,47	22,41	20,52
26	-2,50	37,21	23,85	22,67
27	-2,60	38,98	25,33	24,97
28	-2,70	40,76	26,85	27,41
29	-2,80	42,56	28,41	29,99
30	-2,90	44,39	30,01	32,72
31	-3,00	46,23	31,65	35,61
32	-3,10	48,10	33,33	38,66
33	-3,20	49,99	35,05	41,87

Combinazione n° 11 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,24	0,36	0,01
3	-0,20	2,49	0,76	0,06
4	-0,30	3,77	1,19	0,15
5	-0,40	5,07	1,67	0,27
6	-0,50	6,39	2,19	0,44
7	-0,60	7,73	2,75	0,65
8	-0,70	9,10	3,35	0,92
9	-0,80	10,48	3,99	1,25
10	-0,90	11,88	4,67	1,63
11	-1,00	13,31	5,39	2,08
12	-1,10	14,76	6,15	2,60
13	-1,20	16,22	6,95	3,18
14	-1,30	17,71	7,79	3,85
15	-1,40	19,22	8,67	4,59
16	-1,50	20,75	9,60	5,42
17	-1,60	22,30	10,56	6,34
18	-1,70	23,88	11,56	7,34
19	-1,80	25,47	12,61	8,44
20	-1,90	27,09	13,69	9,65
21	-2,00	28,72	14,81	10,95
22	-2,10	30,38	15,98	12,36
23	-2,20	32,06	17,18	13,89
24	-2,30	33,75	18,43	15,53
25	-2,40	35,47	19,72	17,29
26	-2,50	37,21	21,04	19,17
27	-2,60	38,98	22,41	21,18
28	-2,70	40,76	23,82	23,32
29	-2,80	42,56	25,26	25,59
30	-2,90	44,39	26,75	28,01
31	-3,00	46,23	28,28	30,56
32	-3,10	48,10	29,85	33,27

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
33	-3,20	49,99	31,46	36,12

Combinazione n° 12 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,24	0,02	0,00
3	-0,20	2,49	0,08	-0,01
4	-0,30	3,77	0,18	-0,01
5	-0,40	5,07	0,33	0,00
6	-0,50	6,39	0,51	0,02
7	-0,60	7,73	0,73	0,05
8	-0,70	9,10	0,99	0,10
9	-0,80	10,48	1,29	0,17
10	-0,90	11,88	1,64	0,27
11	-1,00	13,31	2,02	0,40
12	-1,10	14,76	2,45	0,56
13	-1,20	16,22	2,91	0,76
14	-1,30	17,71	3,42	1,00
15	-1,40	19,22	3,96	1,29
16	-1,50	20,75	4,55	1,63
17	-1,60	22,30	5,17	2,03
18	-1,70	23,88	5,84	2,48
19	-1,80	25,47	6,55	2,99
20	-1,90	27,09	7,29	3,57
21	-2,00	28,72	8,08	4,22
22	-2,10	30,38	8,91	4,94
23	-2,20	32,06	9,78	5,74
24	-2,30	33,75	10,69	6,62
25	-2,40	35,47	11,64	7,59
26	-2,50	37,21	12,63	8,65
27	-2,60	38,98	13,66	9,80
28	-2,70	40,76	14,73	11,05
29	-2,80	42,56	15,84	12,40
30	-2,90	44,39	16,99	13,85
31	-3,00	46,23	18,18	15,41
32	-3,10	48,10	19,41	17,09
33	-3,20	49,99	20,69	18,89

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1,30	0,00	0,00	0,00
2	-1,22	0,00	6,19	0,27
3	-1,13	0,00	12,40	1,09
4	-1,04	0,00	18,63	2,46
5	-0,95	0,00	24,88	4,39
6	-0,86	0,00	31,15	6,86
7	-0,77	0,00	37,45	9,89
8	0,00	0,00	-44,34	-36,58
9	0,10	0,00	-41,52	-32,28
10	0,20	0,00	-38,72	-28,27
11	0,30	0,00	-35,94	-24,54
12	0,40	0,00	-33,20	-21,08
13	0,50	0,00	-30,48	-17,90
14	0,60	0,00	-27,79	-14,98
15	0,70	0,00	-25,13	-12,34
16	0,80	0,00	-22,49	-9,96
17	0,90	0,00	-19,89	-7,84
18	1,00	0,00	-17,30	-5,98
19	1,10	0,00	-14,75	-4,38
20	1,20	0,00	-12,22	-3,03
21	1,30	0,00	-9,73	-1,93
22	1,40	0,00	-7,25	-1,08
23	1,50	0,00	-4,81	-0,48
24	1,60	0,00	-2,39	-0,12
25	1,70	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1,30	0,00	0,00	0,00
2	-1,22	0,00	8,53	0,38
3	-1,13	0,00	16,88	1,50
4	-1,04	0,00	25,03	3,35
5	-0,95	0,00	32,99	5,92
6	-0,86	0,00	40,76	9,18
7	-0,77	0,00	48,34	13,11
8	0,00	0,00	-21,44	-28,24

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
9	0,10	0,00	-22,13	-26,06
10	0,20	0,00	-22,58	-23,82
11	0,30	0,00	-22,79	-21,55
12	0,40	0,00	-22,75	-19,27
13	0,50	0,00	-22,47	-17,01
14	0,60	0,00	-21,94	-14,78
15	0,70	0,00	-21,17	-12,63
16	0,80	0,00	-20,16	-10,56
17	0,90	0,00	-18,90	-8,60
18	1,00	0,00	-17,39	-6,79
19	1,10	0,00	-15,64	-5,13
20	1,20	0,00	-13,64	-3,67
21	1,30	0,00	-11,41	-2,41
22	1,40	0,00	-8,92	-1,39
23	1,50	0,00	-6,19	-0,64
24	1,60	0,00	-3,22	-0,16
25	1,70	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1,30	0,00	0,00	0,00
2	-1,22	0,00	7,58	0,34
3	-1,13	0,00	14,96	1,33
4	-1,04	0,00	22,16	2,97
5	-0,95	0,00	29,17	5,24
6	-0,86	0,00	35,99	8,12
7	-0,77	0,00	42,62	11,60
8	0,00	0,00	-39,21	-43,27
9	0,10	0,00	-38,84	-39,36
10	0,20	0,00	-38,24	-35,51
11	0,30	0,00	-37,39	-31,72
12	0,40	0,00	-36,30	-28,04
13	0,50	0,00	-34,96	-24,47
14	0,60	0,00	-33,38	-21,05
15	0,70	0,00	-31,56	-17,81
16	0,80	0,00	-29,50	-14,75
17	0,90	0,00	-27,19	-11,91
18	1,00	0,00	-24,64	-9,32
19	1,10	0,00	-21,85	-6,99
20	1,20	0,00	-18,82	-4,96
21	1,30	0,00	-15,54	-3,24
22	1,40	0,00	-12,02	-1,86
23	1,50	0,00	-8,26	-0,84
24	1,60	0,00	-4,25	-0,21
25	1,70	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 10 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1,30	0,00	0,00	0,00
2	-1,22	0,00	5,21	0,23
3	-1,13	0,00	10,48	0,92
4	-1,04	0,00	15,78	2,08
5	-0,95	0,00	21,14	3,71
6	-0,86	0,00	26,54	5,82
7	-0,77	0,00	31,99	8,40
8	0,00	0,00	-10,08	-6,11
9	0,10	0,00	-9,00	-5,16
10	0,20	0,00	-7,99	-4,31
11	0,30	0,00	-7,04	-3,56
12	0,40	0,00	-6,15	-2,90
13	0,50	0,00	-5,32	-2,33
14	0,60	0,00	-4,54	-1,83
15	0,70	0,00	-3,83	-1,42
16	0,80	0,00	-3,18	-1,07
17	0,90	0,00	-2,59	-0,78
18	1,00	0,00	-2,05	-0,55
19	1,10	0,00	-1,58	-0,37
20	1,20	0,00	-1,17	-0,23
21	1,30	0,00	-0,81	-0,13
22	1,40	0,00	-0,52	-0,06
23	1,50	0,00	-0,29	-0,02
24	1,60	0,00	-0,11	-0,01
25	1,70	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 11 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1,30	0,00	0,00	0,00
2	-1,22	0,00	4,88	0,22
3	-1,13	0,00	9,80	0,86
4	-1,04	0,00	14,78	1,95

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
5	-0,95	0,00	19,80	3,48
6	-0,86	0,00	24,87	5,45
7	-0,77	0,00	29,99	7,87
8	0,00	0,00	-7,22	-3,59
9	0,10	0,00	-6,30	-2,92
10	0,20	0,00	-5,44	-2,33
11	0,30	0,00	-4,64	-1,83
12	0,40	0,00	-3,91	-1,40
13	0,50	0,00	-3,23	-1,04
14	0,60	0,00	-2,62	-0,75
15	0,70	0,00	-2,07	-0,52
16	0,80	0,00	-1,58	-0,33
17	0,90	0,00	-1,16	-0,20
18	1,00	0,00	-0,80	-0,10
19	1,10	0,00	-0,50	-0,04
20	1,20	0,00	-0,26	0,00
21	1,30	0,00	-0,08	0,02
22	1,40	0,00	0,03	0,02
23	1,50	0,00	0,08	0,01
24	1,60	0,00	0,07	0,00
25	1,70	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 12 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1,30	0,00	0,00	0,00
2	-1,22	0,00	3,87	0,17
3	-1,13	0,00	7,79	0,68
4	-1,04	0,00	11,76	1,55
5	-0,95	0,00	15,79	2,76
6	-0,86	0,00	19,88	4,34
7	-0,77	0,00	24,01	6,28
8	0,00	0,00	1,33	3,97
9	0,10	0,00	1,81	3,81
10	0,20	0,00	2,22	3,61
11	0,30	0,00	2,55	3,37
12	0,40	0,00	2,82	3,10
13	0,50	0,00	3,02	2,81
14	0,60	0,00	3,15	2,50
15	0,70	0,00	3,21	2,18
16	0,80	0,00	3,20	1,86
17	0,90	0,00	3,12	1,54
18	1,00	0,00	2,97	1,24
19	1,10	0,00	2,76	0,95
20	1,20	0,00	2,47	0,69
21	1,30	0,00	2,11	0,46
22	1,40	0,00	1,69	0,27
23	1,50	0,00	1,20	0,12
24	1,60	0,00	0,63	0,03
25	1,70	0,00	0,00	0,00

Risultati per inviluppo

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	72,15	23,33	66,25	28,57	1,70	-2,42
	Peso/Inerzia muro			0,00	108,91/0,00	-0,04	-2,73
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	143,82/0,00	0,85	-1,60

Risultanti globali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	Mr [kNm]	Ms [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	281,31	66,25	104,50	533,23	-0,022
2 - STR (A1-M1-R3)	242,03	76,84	126,24	434,52	0,228
3 - STR (A1-M1-R3)	210,27	72,50	142,73	403,71	0,261
4 - GEO (A2-M2-R2)	269,52	68,34	108,89	503,58	0,038
5 - GEO (A2-M2-R2)	242,03	76,84	126,24	434,52	0,228
6 - GEO (A2-M2-R2)	210,27	72,50	142,73	403,71	0,261
7 - EQU (A1-M1-R3)	257,84	59,79	95,88	490,01	-0,026
8 - EQU (A1-M1-R3)	253,30	100,58	170,77	458,51	0,366
9 - EQU (A1-M1-R3)	206,01	94,90	197,16	413,36	0,453
10 - SLER	262,52	50,27	79,01	486,89	-0,052
11 - SLEF	252,08	45,79	70,03	462,76	-0,056
12 - SLEQ	220,77	32,32	43,10	390,38	-0,071

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS _{SCO}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS _{RIB}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS _{QLIM}	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS _{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS _{HYD}	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS _{UPL}	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		2.071		4.572			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.536		3.512			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.415		3.719			
4 - GEO (A2-M2-R2)					1.967		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				2.226		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				2.195		
7 - EQU (A1-M1-R3)			5.110				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		2.685				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.097				

Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 251 DI 291
---	--	----------------------------

R Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	102,55	0,00	0,00	--	--	102,55	72,50	1.415

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
N Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
Qu carico limite del terreno, espresso in [kN]
Qd Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	242,03	850,13	708,44	3.512

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
Nc, Nq, Ny Fattori di capacità portante
ic, iq, iy Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
Re Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
Ir, Irc Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic
ry Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B_yN_x$ viene moltiplicato per questo fattore
D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
φ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]
Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	ry
2	22.254 11.854 8.002	0.647 0.647 0.104	1.138 1.069 1.069	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	--	--	0.724	0.956

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	φ [kN/mc]	c [kPa]
2	1,30	3,00	2,40	19,00	26,00	10

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]
FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)
La verifica viene eseguita rispetto al spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	413,36	197,16	2.097

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione
C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
R Raggio, espresso in [m]
FS Fattore di sicurezza

Ic	C [m]	R [m]	FS
4 - GEO (A2-M2-R2)	-1,00; 2,00	6,59	1.967

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

Qy carico sulla striscia espresso in [kN]

Qf carico acqua sulla striscia espresso in [kN]

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	4,04	10,05	0,00	5,29 - 0,44	66.989	29.256	0	0,0	
2	10,94	10,05	0,00	0,44	58.956	29.256	0	0,0	
3	16,00	10,05	0,00	0,44	52.174	29.256	0	0,0	
4	20,01	10,05	0,00	0,44	46.326	29.256	0	0,0	
5	23,30	10,05	0,00	0,44	41.056	29.256	0	0,0	
6	26,05	10,05	0,00	0,44	36.184	29.256	0	0,0	
7	28,37	10,05	0,00	0,44	31.601	29.256	0	0,0	
8	30,31	10,05	0,00	0,44	27.235	29.256	0	0,0	
9	35,20	10,05	0,00	0,44	23.035	21.315	8	0,0	
10	35,62	10,05	0,00	0,44	18.964	21.315	8	0,0	
11	36,72	10,05	0,00	0,44	14.989	21.315	8	0,0	
12	37,56	10,05	0,00	0,44	11.088	21.315	8	0,0	
13	46,25	1,11	0,00	0,44	7.239	21.315	8	0,0	
14	33,49	0,00	0,00	0,44	3.422	21.315	8	0,0	
15	17,36	0,00	0,00	0,44	-0.380	21.315	8	0,0	
16	15,16	0,00	0,00	0,44	-4.183	21.315	8	0,0	
17	14,55	0,00	0,00	0,44	-8.005	21.315	8	0,0	
18	13,91	0,00	0,00	0,44	-11.864	21.315	8	0,0	
19	13,02	0,00	0,00	0,44	-15.778	21.315	8	0,0	
20	11,86	0,00	0,00	0,44	-19.769	21.315	8	0,0	
21	10,41	0,00	0,00	0,44	-23.864	21.315	8	0,0	
22	8,72	0,00	0,00	0,44	-28.094	21.315	8	0,0	
23	6,71	0,00	0,00	0,44	-32.498	21.315	8	0,0	
24	4,32	0,00	0,00	0,44	-37.133	21.315	8	0,0	
25	1,47	0,00	0,00	-5,63 - 0,44	-41.289	21.315	8	0,0	

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.

T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle

M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Paramento

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,15	1,33	0,02	0,63	0,00	0,03
3	-0,20	2,31	2,67	0,08	1,32	-0,01	0,12
4	-0,30	3,50	4,04	0,18	2,06	-0,01	0,27
5	-0,40	4,71	5,44	0,33	2,85	0,00	0,50
6	-0,50	5,93	6,85	0,51	3,69	0,02	0,80
7	-0,60	7,17	8,29	0,73	4,58	0,05	1,18
8	-0,70	8,44	9,75	0,99	5,53	0,10	1,65
9	-0,80	9,72	11,24	1,29	6,53	0,17	2,21
10	-0,90	11,03	12,74	1,64	7,58	0,27	2,87
11	-1,00	12,35	14,27	2,02	8,69	0,40	3,63
12	-1,10	13,69	15,82	2,45	9,85	0,56	4,50
13	-1,20	15,05	17,40	2,91	11,06	0,76	5,47
14	-1,30	16,43	18,99	3,42	12,32	1,00	6,57
15	-1,40	17,83	20,61	3,96	13,63	1,29	7,79
16	-1,50	19,25	22,25	4,55	15,00	1,63	9,13
17	-1,60	20,69	23,92	5,17	16,42	2,03	10,61
18	-1,70	22,15	25,60	5,84	17,89	2,48	12,23
19	-1,80	23,63	27,31	6,55	19,42	2,99	13,99
20	-1,90	25,13	29,04	7,29	20,99	3,57	15,89
21	-2,00	26,65	30,80	8,08	22,62	4,22	17,95
22	-2,10	28,18	32,57	8,91	24,31	4,94	20,17
23	-2,20	29,74	34,37	9,78	26,04	5,74	22,56
24	-2,30	31,32	36,19	10,69	27,83	6,62	25,11
25	-2,40	32,91	38,04	11,64	29,67	7,59	27,84
26	-2,50	34,53	39,90	12,63	31,56	8,65	30,74

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
27	-2,60	36,16	41,79	13,66	33,51	9,80	33,83
28	-2,70	37,81	43,70	14,73	35,51	11,05	37,11
29	-2,80	39,49	45,64	15,84	37,56	12,40	40,58
30	-2,90	41,18	47,60	16,99	39,66	13,85	44,26
31	-3,00	42,89	49,57	18,18	41,81	15,41	48,14
32	-3,10	44,63	51,58	19,41	44,02	17,09	52,23
33	-3,20	46,38	53,60	20,69	46,28	18,89	56,53

Fondazione

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	-1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-1,22	0,00	0,00	3,87	8,53	0,17	0,38
3	-1,13	0,00	0,00	7,79	16,88	0,68	1,50
4	-1,04	0,00	0,00	11,76	25,03	1,55	3,35
5	-0,95	0,00	0,00	15,79	32,99	2,76	5,92
6	-0,86	0,00	0,00	19,88	40,76	4,34	9,18
7	-0,77	0,00	0,00	24,01	48,34	6,28	13,11
8	0,00	0,00	0,00	-44,34	1,33	-43,27	3,97
9	0,10	0,00	0,00	-41,52	1,81	-39,36	3,81
10	0,20	0,00	0,00	-38,72	2,22	-35,51	3,61
11	0,30	0,00	0,00	-37,39	2,55	-31,72	3,37
12	0,40	0,00	0,00	-36,30	2,82	-28,04	3,10
13	0,50	0,00	0,00	-34,96	3,02	-24,47	2,81
14	0,60	0,00	0,00	-33,38	3,15	-21,05	2,50
15	0,70	0,00	0,00	-31,56	3,21	-17,81	2,18
16	0,80	0,00	0,00	-29,50	3,20	-14,75	1,86
17	0,90	0,00	0,00	-27,19	3,12	-11,91	1,54
18	1,00	0,00	0,00	-24,64	2,97	-9,32	1,24
19	1,10	0,00	0,00	-21,85	2,76	-6,99	0,95
20	1,20	0,00	0,00	-18,82	2,47	-4,96	0,69
21	1,30	0,00	0,00	-15,54	2,11	-3,24	0,46
22	1,40	0,00	0,00	-12,02	1,69	-1,86	0,27
23	1,50	0,00	0,00	-8,26	1,20	-0,84	0,12
24	1,60	0,00	0,00	-4,25	0,63	-0,21	0,03
25	1,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

13.4.2 Condizione eccezionale d'urto

Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<u>Calcestruzzo armato</u>	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
γ	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R _{ck}	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls tesoro/compresso

Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	γ [kN/mc]	R _{ck} [kPa]	E [kPa]	ν	n	ntc
1	C32/40	C32/40	B450C	24,5170	40000	33642648	0.30	15.00	0.50
2	Materiale tiranti	Rck 250	Precomp	24,5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f_{yk} [kPa]	f_{uk} [kPa]
B450C	450000	540000

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n° numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	15,00	0,00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 10,00 [m]

Paramento

Materiale C32/40
Altezza paramento 3,20 [m]
Altezza paramento libero 2,70 [m]
Spessore in sommità 0,50 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione 0,77 [m]
Inclinazione paramento esterno 4,90 [°]
Inclinazione paramento interno 0,00 [°]

Fondazione

Materiale C32/40
Lunghezza mensola di valle 0,53 [m]
Lunghezza mensola di monte 1,70 [m]
Lunghezza totale 3,00 [m]
Inclinazione piano di posa 0,00 [°]
Spessore 0,80 [m]
Spessore magrone 0,00 [m]

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

n° Indice del terreno
Descr Descrizione terreno
 γ Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
 γ_s Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
 ϕ Angolo d'attrito interno espresso in [°]
 δ Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c Coesione espressa in [kPa]
 c_a Adesione terra-muro espressa in [kPa]
Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix
Cesp Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
 τ_l Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]	c_a [kPa]	Cesp	τ_l [kPa]
1	RS	18,0000	18,0000	35.000	23.330	0	0	---	---
2	FLa	19,0000	19,0000	26.000	26.000	10	0	---	---

Stratigrafia

Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
α	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
Per calcolo pali (solo se presenti)	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

Kststa, Kstsis Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kw [Kg/cm ²]	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
1	4,00	0.000	RS	---	---	---	---	---
2	5,00	0.000	FLa	---	---	---	---	---

Condizioni di carico

Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.	
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.	
Momento positivo senso antiorario.	
X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
Fx	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
Fy	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
Xi	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
Xf	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Qi	Intensità del carico per x=Xi espressa in [kN]
Qf	Intensità del carico per x=Xf espressa in [kN]

Condizione n° 1 (Urto) - ECCEZIONALE

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	Fx [kN]	Fy [kN]	M [kNm]	Xi [m]	Xf [m]	Qi [kN]	Qf [kN]
1	Concentrato	Paramento	-0,40; 0,00	27,0000	4,9034	27,0000				

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	Fx [kN]	Fy [kN]	M [kNm]	Xi [m]	Xf [m]	Qi [kN]	Qf [kN]
1	Distribuito					0,00	7,80	20,0000	20,0000

Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	1.00	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.00	1.10	1.10	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.00	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali γ_{R} per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 256 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Dati sismici

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]	3.325	1.122
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]	0.339	0.114
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.355	2.325
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.393	0.321
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		E	1.122
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo	0.380	14.451	7.226
Ultimo - Ribaltamento	0.570	21.677	10.838
Esercizio	0.470	8.601	4.300

Nel calcolo non è stato portato in conto il sisma verticale
 Forma diagramma incremento sismico **Rettangolare**

Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Meyerhof
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Meyerhof
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ($0.5B\gamma N_c$)	Larghezza ridotta (B')
Fattori di forma e inclinazione del carico	Solo i fattori di inclinazione
Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra	

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	NO
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

Risultati per combinazione

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	65,31	23,33	59,97	25,86	1,70	-2,47
	Peso/Inerzia muro			0,00	108,91/0,00	-0,04	-2,73
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	131,92/0,00	0,85	-1,60
	Risultante forze sul muro			27,00	4,90	--	--

Risultanti globali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	Mr [kNm]	Ms [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	271,60	86,97	226,93	503,89	0,482
2 - GEO (A2-M2-R2)	268,12	91,87	236,94	493,42	0,546
3 - EQU (A1-M1-R3)	248,13	80,51	218,32	460,66	0,525

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS _{SCO}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS _{RIB}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS _{QLIM}	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS _{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS _{HYD}	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS _{UPL}	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		1.523		2.575			
2 - GEO (A2-M2-R2)					2.026		
3 - EQU (A1-M1-R3)			2.110				

Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	132,47	0,00	0,00	--	--	132,47	86,97	1.523

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
----	---------------------

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 258 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

N Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
 Qu carico limite del terreno, espresso in [kN]
 Qd Portanza di progetto, espresso in [kN]
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	271,60	699,37	499,55	2.575

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
 Nc, Nq, Ny Fattori di capacità portante
 ic, iq, iy Fattori di inclinazione del carico
 dc, dq, dy Fattori di profondità del piano di posa
 gc, gq, gy Fattori di inclinazione del profilo topografico
 bc, bq, by Fattori di inclinazione del piano di posa
 sc, sq, sy Fattori di forma della fondazione
 pc, pq, py Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
 Re Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
 Ir, Irc Indici di rigidezza per punzonamento secondo Vesic
 ry Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B_y N_y$ viene moltiplicato per questo fattore

D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
 B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
 H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
 γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
 φ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
 c Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]
 Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	ry
1	22.254 11.854 8.002	0.644 0.644 0.101	1.138 1.069 1.069	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	--	--	0.599	0.956

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	φ [kN/mc]	c [kPa]
1	1,30	3,00	2,40	19,00	26,00	10

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
 Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)
 La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
3 - EQU (A1-M1-R3)	460,66	218,32	2.110

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione
 C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
 R Raggio, espresso in [m]
 FS Fattore di sicurezza

Ic	C [m]	R [m]	FS
2 - GEO (A2-M2-R2)	-1,00; 2,00	6,59	2.026

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
 Origine in testa al muro (spigolo contro terra)
 W peso della striscia espresso in [kN]
 Qy carico sulla striscia espresso in [kN]
 Qf carico acqua sulla striscia espresso in [kN]
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

Combinazione n° 2 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	4,04	8,73	0,00	5,29 - 0,44	66,989	29,256	0	0,0	
2	10,94	8,73	0,00	0,44	58,956	29,256	0	0,0	
3	16,00	8,73	0,00	0,44	52,174	29,256	0	0,0	
4	20,01	8,73	0,00	0,44	46,326	29,256	0	0,0	
5	23,30	8,73	0,00	0,44	41,056	29,256	0	0,0	
6	26,05	8,73	0,00	0,44	36,184	29,256	0	0,0	
7	28,37	8,73	0,00	0,44	31,601	29,256	0	0,0	
8	30,31	8,73	0,00	0,44	27,235	29,256	0	0,0	
9	35,20	8,73	0,00	0,44	23,035	21,315	8	0,0	
10	35,62	8,73	0,00	0,44	18,964	21,315	8	0,0	
11	36,72	8,73	0,00	0,44	14,989	21,315	8	0,0	
12	37,56	8,73	0,00	0,44	11,088	21,315	8	0,0	
13	46,25	0,96	0,00	0,44	7,239	21,315	8	0,0	
14	33,49	4,90	0,00	0,44	3,422	21,315	8	0,0	
15	17,36	0,00	0,00	0,44	-0,380	21,315	8	0,0	
16	15,16	0,00	0,00	0,44	-4,183	21,315	8	0,0	
17	14,55	0,00	0,00	0,44	-8,005	21,315	8	0,0	
18	13,91	0,00	0,00	0,44	-11,864	21,315	8	0,0	
19	13,02	0,00	0,00	0,44	-15,778	21,315	8	0,0	
20	11,86	0,00	0,00	0,44	-19,769	21,315	8	0,0	
21	10,41	0,00	0,00	0,44	-23,864	21,315	8	0,0	
22	8,72	0,00	0,00	0,44	-28,094	21,315	8	0,0	
23	6,71	0,00	0,00	0,44	-32,498	21,315	8	0,0	
24	4,32	0,00	0,00	0,44	-37,133	21,315	8	0,0	
25	1,47	0,00	0,00	-5,63 - 0,44	-41,289	21,315	8	0,0	

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	4,90	27,00	27,74
2	-0,10	6,14	27,48	30,44
3	-0,20	7,40	28,00	33,18
4	-0,30	8,68	28,59	35,97
5	-0,40	9,97	29,22	38,82
6	-0,50	11,30	29,90	41,73
7	-0,60	12,64	30,64	44,71
8	-0,70	14,00	31,43	47,76
9	-0,80	15,38	32,27	50,88
10	-0,90	16,79	33,17	54,08
11	-1,00	18,21	34,12	57,37
12	-1,10	19,66	35,12	60,75
13	-1,20	21,13	36,17	64,23
14	-1,30	22,62	37,28	67,80
15	-1,40	24,13	38,43	71,49
16	-1,50	25,66	39,64	75,29
17	-1,60	27,21	40,91	79,20
18	-1,70	28,78	42,22	83,24
19	-1,80	30,37	43,59	87,40
20	-1,90	31,99	45,01	91,69
21	-2,00	33,62	46,48	96,13
22	-2,10	35,28	48,01	100,70
23	-2,20	36,96	49,59	105,43
24	-2,30	38,66	51,22	110,31
25	-2,40	40,38	52,90	115,34
26	-2,50	42,12	54,64	120,54
27	-2,60	43,88	56,42	125,91
28	-2,70	45,66	58,26	131,45
29	-2,80	47,47	60,16	137,17
30	-2,90	49,29	62,10	143,08
31	-3,00	51,14	64,10	149,17
32	-3,10	53,00	66,15	155,46
33	-3,20	54,89	68,25	161,95

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1,30	0,00	0,00	0,00
2	-1,22	0,00	13,72	0,61
3	-1,13	0,00	26,99	2,41
4	-1,04	0,00	39,81	5,36
5	-0,95	0,00	52,17	9,43
6	-0,86	0,00	64,08	14,57
7	-0,77	0,00	75,54	20,74
8	0,00	0,00	-105,24	-113,20
9	0,10	0,00	-103,69	-102,75
10	0,20	0,00	-101,56	-92,48
11	0,30	0,00	-98,85	-82,45
12	0,40	0,00	-95,56	-72,73
13	0,50	0,00	-91,69	-63,36
14	0,60	0,00	-87,24	-54,41
15	0,70	0,00	-82,20	-45,93
16	0,80	0,00	-76,59	-37,99
17	0,90	0,00	-70,40	-30,64
18	1,00	0,00	-63,63	-23,93
19	1,10	0,00	-56,28	-17,93
20	1,20	0,00	-48,35	-12,69
21	1,30	0,00	-39,84	-8,28
22	1,40	0,00	-30,75	-4,74
23	1,50	0,00	-21,08	-2,15
24	1,60	0,00	-10,83	-0,55
25	1,70	0,00	0,00	0,00

Risultati per inviluppo

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	65,31	23,33	59,97	25,86	1,70	-2,47
	Peso/Inerzia muro			0,00	108,91/0,00	-0,04	-2,73
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	131,92/0,00	0,85	-1,60
	Risultante forze sul muro			27,00	4,90	--	--

Risultanti globali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	Mr [kNm]	Ms [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	271,60	86,97	226,93	503,89	0,482
2 - GEO (A2-M2-R2)	268,12	91,87	236,94	493,42	0,546
3 - EQU (A1-M1-R3)	248,13	80,51	218,32	460,66	0,525

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS _{SCO}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS _{RIB}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS _{QLIM}	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS _{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS _{HYD}	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS _{SUPL}	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{SUPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		1.523		2.575			
2 - GEO (A2-M2-R2)					2.026		
3 - EQU (A1-M1-R3)			2.110				

Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	132,47	0,00	0,00	--	--	132,47	86,97	1.523

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
----	---------------------

N Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
 Qu carico limite del terreno, espresso in [kN]
 Qd Portanza di progetto, espresso in [kN]
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	271,60	699,37	499,55	2.575

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
 Nc, Nq, Ny Fattori di capacità portante
 ic, iq, iy Fattori di inclinazione del carico
 dc, dq, dy Fattori di profondità del piano di posa
 gc, gq, gy Fattori di inclinazione del profilo topografico
 bc, bq, by Fattori di inclinazione del piano di posa
 sc, sq, sy Fattori di forma della fondazione
 pc, pq, py Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
 Re Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
 Ir, Irc Indici di rigidezza per punzonamento secondo Vesic
 ry Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B_y N_y$ viene moltiplicato per questo fattore

D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
 B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
 H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
 γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
 φ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
 c Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	ry
1	22.254 11.854 8.002	0.644 0.644 0.101	1.138 1.069 1.069	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	--	--	0.599	0.956

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	φ [kN/mc]	c [kPa]
1	1,30	3,00	2,40	19,00	26,00	10

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
 Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)
 La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
3 - EQU (A1-M1-R3)	460,66	218,32	2.110

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione
 C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
 R Raggio, espresso in [m]
 FS Fattore di sicurezza

Ic	C [m]	R [m]	FS
2 - GEO (A2-M2-R2)	-1,00; 2,00	6,59	2.026

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
 Origine in testa al muro (spigolo contro terra)
 W peso della striscia espresso in [kN]
 Qy carico sulla striscia espresso in [kN]
 Qf carico acqua sulla striscia espresso in [kN]
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	4,04	8,73	0,00	5,29 - 0,44	66,989	29,256	0	0,0	
2	10,94	8,73	0,00	0,44	58,956	29,256	0	0,0	
3	16,00	8,73	0,00	0,44	52,174	29,256	0	0,0	
4	20,01	8,73	0,00	0,44	46,326	29,256	0	0,0	
5	23,30	8,73	0,00	0,44	41,056	29,256	0	0,0	
6	26,05	8,73	0,00	0,44	36,184	29,256	0	0,0	
7	28,37	8,73	0,00	0,44	31,601	29,256	0	0,0	
8	30,31	8,73	0,00	0,44	27,235	29,256	0	0,0	
9	35,20	8,73	0,00	0,44	23,035	21,315	8	0,0	
10	35,62	8,73	0,00	0,44	18,964	21,315	8	0,0	
11	36,72	8,73	0,00	0,44	14,989	21,315	8	0,0	
12	37,56	8,73	0,00	0,44	11,088	21,315	8	0,0	
13	46,25	0,96	0,00	0,44	7,239	21,315	8	0,0	
14	33,49	4,90	0,00	0,44	3,422	21,315	8	0,0	
15	17,36	0,00	0,00	0,44	-0,380	21,315	8	0,0	
16	15,16	0,00	0,00	0,44	-4,183	21,315	8	0,0	
17	14,55	0,00	0,00	0,44	-8,005	21,315	8	0,0	
18	13,91	0,00	0,00	0,44	-11,864	21,315	8	0,0	
19	13,02	0,00	0,00	0,44	-15,778	21,315	8	0,0	
20	11,86	0,00	0,00	0,44	-19,769	21,315	8	0,0	
21	10,41	0,00	0,00	0,44	-23,864	21,315	8	0,0	
22	8,72	0,00	0,00	0,44	-28,094	21,315	8	0,0	
23	6,71	0,00	0,00	0,44	-32,498	21,315	8	0,0	
24	4,32	0,00	0,00	0,44	-37,133	21,315	8	0,0	
25	1,47	0,00	0,00	-5,63 - 0,44	-41,289	21,315	8	0,0	

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Paramento

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	0,00	4,90	4,90	27,00	27,00	27,74	27,74
2	-0,10	6,14	6,14	27,48	27,48	30,44	30,44
3	-0,20	7,40	7,40	28,00	28,00	33,18	33,18
4	-0,30	8,68	8,68	28,59	28,59	35,97	35,97
5	-0,40	9,97	9,97	29,22	29,22	38,82	38,82
6	-0,50	11,30	11,30	29,90	29,90	41,73	41,73
7	-0,60	12,64	12,64	30,64	30,64	44,71	44,71
8	-0,70	14,00	14,00	31,43	31,43	47,76	47,76
9	-0,80	15,38	15,38	32,27	32,27	50,88	50,88
10	-0,90	16,79	16,79	33,17	33,17	54,08	54,08
11	-1,00	18,21	18,21	34,12	34,12	57,37	57,37
12	-1,10	19,66	19,66	35,12	35,12	60,75	60,75
13	-1,20	21,13	21,13	36,17	36,17	64,23	64,23
14	-1,30	22,62	22,62	37,28	37,28	67,80	67,80
15	-1,40	24,13	24,13	38,43	38,43	71,49	71,49
16	-1,50	25,66	25,66	39,64	39,64	75,29	75,29
17	-1,60	27,21	27,21	40,91	40,91	79,20	79,20
18	-1,70	28,78	28,78	42,22	42,22	83,24	83,24
19	-1,80	30,37	30,37	43,59	43,59	87,40	87,40
20	-1,90	31,99	31,99	45,01	45,01	91,69	91,69
21	-2,00	33,62	33,62	46,48	46,48	96,13	96,13
22	-2,10	35,28	35,28	48,01	48,01	100,70	100,70
23	-2,20	36,96	36,96	49,59	49,59	105,43	105,43
24	-2,30	38,66	38,66	51,22	51,22	110,31	110,31
25	-2,40	40,38	40,38	52,90	52,90	115,34	115,34
26	-2,50	42,12	42,12	54,64	54,64	120,54	120,54
27	-2,60	43,88	43,88	56,42	56,42	125,91	125,91
28	-2,70	45,66	45,66	58,26	58,26	131,45	131,45
29	-2,80	47,47	47,47	60,16	60,16	137,17	137,17
30	-2,90	49,29	49,29	62,10	62,10	143,08	143,08
31	-3,00	51,14	51,14	64,10	64,10	149,17	149,17
32	-3,10	53,00	53,00	66,15	66,15	155,46	155,46
33	-3,20	54,89	54,89	68,25	68,25	161,95	161,95

Fondazione

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	-1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
2	-1,22	0,00	0,00	13,72	13,72	0,61	0,61
3	-1,13	0,00	0,00	26,99	26,99	2,41	2,41
4	-1,04	0,00	0,00	39,81	39,81	5,36	5,36
5	-0,95	0,00	0,00	52,17	52,17	9,43	9,43
6	-0,86	0,00	0,00	64,08	64,08	14,57	14,57
7	-0,77	0,00	0,00	75,54	75,54	20,74	20,74
8	0,00	0,00	0,00	-105,24	-105,24	-113,20	-113,20
9	0,10	0,00	0,00	-103,69	-103,69	-102,75	-102,75
10	0,20	0,00	0,00	-101,56	-101,56	-92,48	-92,48
11	0,30	0,00	0,00	-98,85	-98,85	-82,45	-82,45
12	0,40	0,00	0,00	-95,56	-95,56	-72,73	-72,73
13	0,50	0,00	0,00	-91,69	-91,69	-63,36	-63,36
14	0,60	0,00	0,00	-87,24	-87,24	-54,41	-54,41
15	0,70	0,00	0,00	-82,20	-82,20	-45,93	-45,93
16	0,80	0,00	0,00	-76,59	-76,59	-37,99	-37,99
17	0,90	0,00	0,00	-70,40	-70,40	-30,64	-30,64
18	1,00	0,00	0,00	-63,63	-63,63	-23,93	-23,93
19	1,10	0,00	0,00	-56,28	-56,28	-17,93	-17,93
20	1,20	0,00	0,00	-48,35	-48,35	-12,69	-12,69
21	1,30	0,00	0,00	-39,84	-39,84	-8,28	-8,28
22	1,40	0,00	0,00	-30,75	-30,75	-4,74	-4,74
23	1,50	0,00	0,00	-21,08	-21,08	-2,15	-2,15
24	1,60	0,00	0,00	-10,83	-10,83	-0,55	-0,55
25	1,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

13.5 Muro Tipologico 3

13.5.1 Condizione statica e sismica

Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<u>Calcestruzzo armato</u>	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
γ	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R _{ck}	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls tesoro/compresso

Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	γ [kN/mc]	R _{ck} [kPa]	E [kPa]	ν	n	ntc
1	C32/40	C32/40	B450C	24,5170	40000	33642648	0.30	15.00	0.50
2	Materiale tiranti	Rck 250	Precomp	24,5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f _{yk} [kPa]	f _{uk} [kPa]
B450C	450000	540000

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	15,00	0,00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro	10,00	[m]
<u>Paramento</u>		
Materiale	C32/40	
Altezza paramento	1,70	[m]
Altezza paramento libero	1,20	[m]
Spessore in sommità	0,50	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,65	[m]
Inclinazione paramento esterno	4,90	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 266 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

Fondazione

Materiale	C32/40	
Lunghezza mensola di valle	0,25	[m]
Lunghezza mensola di monte	1,60	[m]
Lunghezza totale	2,50	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,80	[m]
Spessore magrone	0,00	[m]

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kPa]
c _a	Adesione terra-muro espressa in [kPa]
<u>Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix</u>	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
τ_l	Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]	c _a [kPa]	Cesp	τ_l [kPa]
1	RS	18,0000	18,0000	35.000	23.330	0	0	---	---
2	FLa	19,0000	19,0000	26.000	26.000	10	0	---	---

Stratigrafia

Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
α	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
<u>Per calcolo pali (solo se presenti)</u>	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

Kst_{sta}, Kst_{sis} Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kw [Kg/cm ²]	Ks	Cesp	Kst _{sta}	Kst _{sis}
1	2,50	0.000	RS	---	---	---	---	---
2	5,00	0.000	FLa	---	---	---	---	---

Condizioni di carico

Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.	
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.	
Momento positivo senso antiorario.	
X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F _x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F _y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
X _i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X _f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q _i	Intensità del carico per x=X _i espressa in [kN]
Q _f	Intensità del carico per x=X _f espressa in [kN]

Condizione n° 1 (traffico) - VARIABILE TF

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.75 - \Psi_1=0.75 - \Psi_2=0.00$

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Distribuito					0,00	7,80	20,0000	20,0000

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 267 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1,fav}$	1.00	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1,sfav}$	1.00	1.10	1.10	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2,fav}$	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2,sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q,sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT,sfav}$	1.00	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_γ	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Dati sismici

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]	3.325	1.122
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]	0.339	0.114
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.355	2.325
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.393	0.321
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		E	1.122
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo	0.380	14.451	7.226
Ultimo - Ribaltamento	0.570	21.677	10.838
Esercizio	0.470	8.601	4.300

Forma diagramma incremento sismico **Rettangolare**

Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Meyerhof
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Meyerhof
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ($0.5B\gamma_{N_s}$)	Larghezza ridotta (B')
Fattori di forma e inclinazione del carico	Solo i fattori di inclinazione
Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra	

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 268 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni NO
Considera terreno sulla fondazione di valle NO
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle NO

Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

Risultati per combinazione

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	34,37	23,33	31,56	13,61	1,60	-1,47
	Peso/Inerzia muro			0,00	72,83/0,00	0,14	-1,70
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	92,16/0,00	0,80	-0,85
2	Spinta statica	13,75	23,33	12,63	5,45	1,60	-1,67
	Incremento di spinta sismica		6,23	5,72	2,47	1,60	-1,25
	Peso/Inerzia muro			10,52	72,83/-5,26	0,14	-1,70
	Peso/Inerzia terrapieno			7,08	48,96/3,54	0,80	-0,85
3	Spinta statica	13,75	23,33	12,63	5,45	1,60	-1,67
	Incremento di spinta sismica		4,38	4,02	1,73	1,60	-1,25
	Peso/Inerzia muro			10,52	72,83/-5,26	0,14	-1,70
	Peso/Inerzia terrapieno			7,08	48,96/-3,54	0,80	-0,85
10	Spinta statica	25,97	23,33	23,85	10,29	1,60	-1,47
	Peso/Inerzia muro			0,00	72,83/0,00	0,14	-1,70
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	80,96/0,00	0,80	-0,85
11	Spinta statica	22,92	23,33	21,04	9,08	1,60	-1,50
	Peso/Inerzia muro			0,00	72,83/0,00	0,14	-1,70
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	72,96/0,00	0,80	-0,85
12	Spinta statica	13,75	23,33	12,63	5,45	1,60	-1,67
	Peso/Inerzia muro			0,00	72,83/0,00	0,14	-1,70
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	48,96/0,00	0,80	-0,85

Risultanti globali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	Mr [kNm]	Ms [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	178,60	31,56	32,62	265,85	-0,058
2 - STR (A1-M1-R3)	138,50	35,94	37,74	189,82	0,150
3 - STR (A1-M1-R3)	120,17	34,24	47,08	176,53	0,171
4 - GEO (A2-M2-R2)	169,95	32,94	34,39	249,39	-0,017
5 - GEO (A2-M2-R2)	138,50	35,94	37,74	189,82	0,150
6 - GEO (A2-M2-R2)	120,17	34,24	47,08	176,53	0,171
7 - EQU (A1-M1-R3)	165,33	29,04	30,51	247,27	-0,063
8 - EQU (A1-M1-R3)	144,38	48,18	52,07	199,25	0,228
9 - EQU (A1-M1-R3)	117,02	45,96	66,49	179,67	0,281
10 - SLER	164,07	23,85	24,55	238,55	-0,056
11 - SLEF	154,86	21,04	21,04	221,97	-0,050
12 - SLEQ	127,23	12,63	10,52	172,21	-0,023

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS _{SCO}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS _{RIB}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS _{QLIM}	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS _{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS _{HYD}	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS _{UPL}	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		2.760		6.292			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.879		6.046			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.711		6.461			
4 - GEO (A2-M2-R2)					2.676		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				3.264		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				3.185		
7 - EQU (A1-M1-R3)			8.104				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		3.826				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.702				

Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	87,11	0,00	0,00	--	--	87,11	31,56	2.760
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	67,55	0,00	0,00	--	--	67,55	35,94	1.879
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	58,61	0,00	0,00	--	--	58,61	34,24	1.711

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [kN]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	178,60	1123,82	802,73	6.292
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	138,50	837,30	697,75	6.046
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	120,17	776,39	646,99	6.461

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
Re	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
Ir, Irc	Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic
ry	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B_y N_y$ viene moltiplicato per questo fattore
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B'	Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
H	Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
γ	Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
φ	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	ry
1	22.254	0.790	1.167	--	--	--	--	--	--	0.848	0.976
	11.854	0.790	1.083	--	--	--	--	--	--		
	8.002	0.378	1.083	--	--	--	--	--	--		
2	22.254	0.703	1.167	--	--	--	--	--	--	0.755	0.976
	11.854	0.703	1.083	--	--	--	--	--	--		
	8.002	0.194	1.083	--	--	--	--	--	--		
3	22.254	0.678	1.167	--	--	--	--	--	--	0.739	0.976
	11.854	0.678	1.083	--	--	--	--	--	--		
	8.002	0.151	1.083	--	--	--	--	--	--		

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	ϕ [kN/mc]	c [kPa]
1	1,30	2,50	2,00	19,00	26,00	10
2	1,30	2,50	2,00	19,00	26,00	10
3	1,30	2,50	2,00	19,00	26,00	10

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
 Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)
 La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
7 - EQU (A1-M1-R3)	247,27	30,51	8.104
8 - EQU (A1-M1-R3) H + V	199,25	52,07	3.826
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	179,67	66,49	2.702

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione
 C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
 R Raggio, espresso in [m]
 FS Fattore di sicurezza

Ic	C [m]	R [m]	FS
4 - GEO (A2-M2-R2)	-0,50; 2,00	4,98	2.676
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-1,00; 4,50	7,48	3.264
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-1,00; 4,50	7,48	3.185

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
 Origine in testa al muro (spigolo contro terra)
 W peso della striscia espresso in [kN]
 Qy carico sulla striscia espresso in [kN]
 Qf carico acqua sulla striscia espresso in [kN]
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
 ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
 b larghezza della striscia espressa in [m]
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
 Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	1,87	7,72	0,00	4,07 - 0,34	61.492	29.256	0	0,0	
2	5,17	7,72	0,00	0,34	54.897	29.256	0	0,0	
3	7,76	7,72	0,00	0,34	48.613	29.256	0	0,0	
4	9,86	7,72	0,00	0,34	43.046	29.256	0	0,0	
5	11,60	7,72	0,00	0,34	37.951	29.256	0	0,0	
6	13,05	7,72	0,00	0,34	33.192	29.256	0	0,0	
7	14,27	7,72	0,00	0,34	28.680	29.256	0	0,0	
8	17,09	7,72	0,00	0,34	24.357	21.315	8	0,0	
9	17,92	7,72	0,00	0,34	20.178	21.315	8	0,0	
10	18,62	7,72	0,00	0,34	16.108	21.315	8	0,0	
11	19,16	7,72	0,00	0,34	12.121	21.315	8	0,0	
12	19,54	7,72	0,00	0,34	8.193	21.315	8	0,0	
13	23,04	0,94	0,00	0,34	4.303	21.315	8	0,0	
14	21,24	0,00	0,00	0,34	0.433	21.315	8	0,0	
15	14,51	0,00	0,00	0,34	-3.434	21.315	8	0,0	
16	10,61	0,00	0,00	0,34	-7.318	21.315	8	0,0	
17	10,26	0,00	0,00	0,34	-11.236	21.315	8	0,0	
18	9,76	0,00	0,00	0,34	-15.208	21.315	8	0,0	
19	9,09	0,00	0,00	0,34	-19.257	21.315	8	0,0	
20	8,25	0,00	0,00	0,34	-23.409	21.315	8	0,0	
21	7,26	0,00	0,00	0,34	-27.696	21.315	8	0,0	
22	6,09	0,00	0,00	0,34	-32.161	21.315	8	0,0	
23	4,70	0,00	0,00	0,34	-36.858	21.315	8	0,0	
24	3,03	0,00	0,00	0,34	-41.868	21.315	8	0,0	
25	1,02	0,00	0,00	-4,32 - 0,34	-46.315	21.315	8	0,0	

Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2) H + V

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	1,99	0,00	0,00	4,98 - 0,43	49.639	35.000	0	0,0	
2	5,70	0,00	0,00	0,43	45.558	35.000	0	0,0	
3	8,90	0,00	0,00	0,43	40.985	35.000	0	0,0	
4	11,63	0,00	0,00	0,43	36.712	35.000	0	0,0	
5	13,97	0,00	0,00	0,43	32.667	35.000	0	0,0	
6	15,99	0,00	0,00	0,43	28.799	35.000	0	0,0	
7	17,71	0,00	0,00	0,43	25.069	35.000	0	0,0	
8	20,59	0,00	0,00	0,43	21.451	35.000	0	0,0	
9	22,68	0,00	0,00	0,43	17.921	26.000	10	0,0	
10	23,72	0,00	0,00	0,43	14.460	26.000	10	0,0	
11	24,53	0,00	0,00	0,43	11.052	26.000	10	0,0	
12	27,52	0,00	0,00	0,43	7.684	26.000	10	0,0	
13	27,28	0,00	0,00	0,43	4.342	26.000	10	0,0	
14	15,31	0,00	0,00	0,43	1.015	26.000	10	0,0	
15	14,00	0,00	0,00	0,43	-2.308	26.000	10	0,0	
16	13,75	0,00	0,00	0,43	-5.639	26.000	10	0,0	
17	13,29	0,00	0,00	0,43	-8.990	26.000	10	0,0	
18	12,62	0,00	0,00	0,43	-12.372	26.000	10	0,0	
19	11,72	0,00	0,00	0,43	-15.799	26.000	10	0,0	
20	10,59	0,00	0,00	0,43	-19.285	26.000	10	0,0	
21	9,26	0,00	0,00	0,43	-22.847	26.000	10	0,0	
22	7,71	0,00	0,00	0,43	-26.505	26.000	10	0,0	
23	5,88	0,00	0,00	0,43	-30.285	26.000	10	0,0	
24	3,74	0,00	0,00	0,43	-34.217	26.000	10	0,0	
25	1,25	0,00	0,00	-5,85 - 0,43	-37.440	26.000	10	0,0	

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	1,99	0,00	0,00	4,98 - 0,43	49.639	35.000	0	0,0	
2	5,70	0,00	0,00	0,43	45.558	35.000	0	0,0	
3	8,90	0,00	0,00	0,43	40.985	35.000	0	0,0	
4	11,63	0,00	0,00	0,43	36.712	35.000	0	0,0	
5	13,97	0,00	0,00	0,43	32.667	35.000	0	0,0	
6	15,99	0,00	0,00	0,43	28.799	35.000	0	0,0	
7	17,71	0,00	0,00	0,43	25.069	35.000	0	0,0	
8	20,59	0,00	0,00	0,43	21.451	35.000	0	0,0	
9	22,68	0,00	0,00	0,43	17.921	26.000	10	0,0	
10	23,72	0,00	0,00	0,43	14.460	26.000	10	0,0	
11	24,53	0,00	0,00	0,43	11.052	26.000	10	0,0	
12	27,52	0,00	0,00	0,43	7.684	26.000	10	0,0	
13	27,28	0,00	0,00	0,43	4.342	26.000	10	0,0	
14	15,31	0,00	0,00	0,43	1.015	26.000	10	0,0	
15	14,00	0,00	0,00	0,43	-2.308	26.000	10	0,0	
16	13,75	0,00	0,00	0,43	-5.639	26.000	10	0,0	
17	13,29	0,00	0,00	0,43	-8.990	26.000	10	0,0	
18	12,62	0,00	0,00	0,43	-12.372	26.000	10	0,0	
19	11,72	0,00	0,00	0,43	-15.799	26.000	10	0,0	
20	10,59	0,00	0,00	0,43	-19.285	26.000	10	0,0	
21	9,26	0,00	0,00	0,43	-22.847	26.000	10	0,0	
22	7,71	0,00	0,00	0,43	-26.505	26.000	10	0,0	
23	5,88	0,00	0,00	0,43	-30.285	26.000	10	0,0	
24	3,74	0,00	0,00	0,43	-34.217	26.000	10	0,0	
25	1,25	0,00	0,00	-5,85 - 0,43	-37.440	26.000	10	0,0	

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,24	0,63	0,03
3	-0,20	2,49	1,32	0,12
4	-0,30	3,77	2,06	0,27
5	-0,40	5,07	2,85	0,50
6	-0,50	6,39	3,69	0,80
7	-0,60	7,73	4,58	1,18
8	-0,70	9,10	5,53	1,65
9	-0,80	10,48	6,53	2,21
10	-0,90	11,88	7,58	2,87

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
11	-1,00	13,31	8,69	3,63
12	-1,10	14,76	9,85	4,50
13	-1,20	16,22	11,06	5,47
14	-1,30	17,71	12,32	6,57
15	-1,40	19,22	13,63	7,79
16	-1,50	20,75	15,00	9,13
17	-1,60	22,30	16,42	10,61
18	-1,70	23,88	17,89	12,23

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,33	0,35	0,01
3	-0,20	2,67	0,75	0,06
4	-0,30	4,04	1,20	0,14
5	-0,40	5,44	1,68	0,27
6	-0,50	6,85	2,21	0,43
7	-0,60	8,29	2,78	0,65
8	-0,70	9,75	3,39	0,92
9	-0,80	11,24	4,05	1,25
10	-0,90	12,74	4,75	1,64
11	-1,00	14,27	5,50	2,09
12	-1,10	15,82	6,29	2,62
13	-1,20	17,40	7,12	3,21
14	-1,30	18,99	8,00	3,89
15	-1,40	20,61	8,92	4,65
16	-1,50	22,25	9,88	5,50
17	-1,60	23,92	10,88	6,44
18	-1,70	25,60	11,93	7,47

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,15	0,31	0,01
3	-0,20	2,31	0,66	0,05
4	-0,30	3,50	1,06	0,13
5	-0,40	4,71	1,50	0,24
6	-0,50	5,93	1,98	0,39
7	-0,60	7,17	2,50	0,58
8	-0,70	8,44	3,07	0,83
9	-0,80	9,72	3,68	1,13
10	-0,90	11,03	4,34	1,48
11	-1,00	12,35	5,04	1,90
12	-1,10	13,69	5,78	2,38
13	-1,20	15,05	6,57	2,94
14	-1,30	16,43	7,40	3,57
15	-1,40	17,83	8,27	4,28
16	-1,50	19,25	9,19	5,07
17	-1,60	20,69	10,15	5,95
18	-1,70	22,15	11,15	6,93

Combinazione n° 10 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,24	0,47	0,02
3	-0,20	2,49	0,98	0,08
4	-0,30	3,77	1,53	0,20
5	-0,40	5,07	2,12	0,36
6	-0,50	6,39	2,75	0,58
7	-0,60	7,73	3,42	0,86
8	-0,70	9,10	4,13	1,20
9	-0,80	10,48	4,89	1,61
10	-0,90	11,88	5,68	2,09
11	-1,00	13,31	6,51	2,64
12	-1,10	14,76	7,38	3,28
13	-1,20	16,22	8,30	3,99
14	-1,30	17,71	9,25	4,80
15	-1,40	19,22	10,24	5,69
16	-1,50	20,75	11,28	6,68
17	-1,60	22,30	12,35	7,77
18	-1,70	23,88	13,47	8,96

Combinazione n° 11 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,24	0,36	0,01
3	-0,20	2,49	0,76	0,06

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
4	-0,30	3,77	1,19	0,15
5	-0,40	5,07	1,67	0,27
6	-0,50	6,39	2,19	0,44
7	-0,60	7,73	2,75	0,65
8	-0,70	9,10	3,35	0,92
9	-0,80	10,48	3,99	1,25
10	-0,90	11,88	4,67	1,63
11	-1,00	13,31	5,39	2,08
12	-1,10	14,76	6,15	2,60
13	-1,20	16,22	6,95	3,18
14	-1,30	17,71	7,79	3,85
15	-1,40	19,22	8,67	4,59
16	-1,50	20,75	9,60	5,42
17	-1,60	22,30	10,56	6,34
18	-1,70	23,88	11,56	7,34

Combinazione n° 12 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,24	0,02	0,00
3	-0,20	2,49	0,08	-0,01
4	-0,30	3,77	0,18	-0,01
5	-0,40	5,07	0,33	0,00
6	-0,50	6,39	0,51	0,02
7	-0,60	7,73	0,73	0,05
8	-0,70	9,10	0,99	0,10
9	-0,80	10,48	1,29	0,17
10	-0,90	11,88	1,64	0,27
11	-1,00	13,31	2,02	0,40
12	-1,10	14,76	2,45	0,56
13	-1,20	16,22	2,91	0,76
14	-1,30	17,71	3,42	1,00
15	-1,40	19,22	3,96	1,29
16	-1,50	20,75	4,55	1,63
17	-1,60	22,30	5,17	2,03
18	-1,70	23,88	5,84	2,48

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,90	0,00	0,00	0,00
2	-0,81	0,00	3,53	0,15
3	-0,73	0,00	7,11	0,59
4	-0,65	0,00	10,74	1,33
5	0,00	0,00	-18,00	-11,67
6	0,10	0,00	-16,27	-9,96
7	0,20	0,00	-14,63	-8,41
8	0,30	0,00	-13,07	-7,03
9	0,40	0,00	-11,58	-5,80
10	0,50	0,00	-10,18	-4,71
11	0,60	0,00	-8,85	-3,76
12	0,70	0,00	-7,61	-2,94
13	0,80	0,00	-6,44	-2,23
14	0,90	0,00	-5,36	-1,65
15	1,00	0,00	-4,35	-1,16
16	1,10	0,00	-3,43	-0,77
17	1,20	0,00	-2,58	-0,47
18	1,30	0,00	-1,82	-0,25
19	1,40	0,00	-1,13	-0,11
20	1,50	0,00	-0,53	-0,03
21	1,60	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,90	0,00	0,00	0,00
2	-0,81	0,00	4,60	0,19
3	-0,73	0,00	9,09	0,76
4	-0,65	0,00	13,47	1,70
5	0,00	0,00	-3,03	-7,89
6	0,10	0,00	-4,04	-7,53
7	0,20	0,00	-4,89	-7,09
8	0,30	0,00	-5,58	-6,56
9	0,40	0,00	-6,11	-5,98
10	0,50	0,00	-6,49	-5,34
11	0,60	0,00	-6,70	-4,68
12	0,70	0,00	-6,75	-4,01
13	0,80	0,00	-6,64	-3,34

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
14	0,90	0,00	-6,37	-2,69
15	1,00	0,00	-5,94	-2,07
16	1,10	0,00	-5,35	-1,50
17	1,20	0,00	-4,60	-1,01
18	1,30	0,00	-3,69	-0,59
19	1,40	0,00	-2,62	-0,27
20	1,50	0,00	-1,39	-0,07
21	1,60	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,90	0,00	0,00	0,00
2	-0,81	0,00	3,97	0,17
3	-0,73	0,00	7,83	0,66
4	-0,65	0,00	11,58	1,47
5	0,00	0,00	-14,64	-17,12
6	0,10	0,00	-14,91	-15,64
7	0,20	0,00	-15,03	-14,14
8	0,30	0,00	-14,98	-12,64
9	0,40	0,00	-14,78	-11,15
10	0,50	0,00	-14,42	-9,69
11	0,60	0,00	-13,90	-8,27
12	0,70	0,00	-13,22	-6,91
13	0,80	0,00	-12,39	-5,63
14	0,90	0,00	-11,39	-4,44
15	1,00	0,00	-10,24	-3,36
16	1,10	0,00	-8,93	-2,40
17	1,20	0,00	-7,46	-1,58
18	1,30	0,00	-5,83	-0,91
19	1,40	0,00	-4,05	-0,42
20	1,50	0,00	-2,10	-0,11
21	1,60	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 10 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,90	0,00	0,00	0,00
2	-0,81	0,00	3,13	0,13
3	-0,73	0,00	6,30	0,52
4	-0,65	0,00	9,53	1,18
5	0,00	0,00	-2,03	0,81
6	0,10	0,00	-1,37	0,98
7	0,20	0,00	-0,78	1,09
8	0,30	0,00	-0,26	1,14
9	0,40	0,00	0,19	1,14
10	0,50	0,00	0,57	1,10
11	0,60	0,00	0,87	1,03
12	0,70	0,00	1,11	0,93
13	0,80	0,00	1,27	0,81
14	0,90	0,00	1,36	0,68
15	1,00	0,00	1,38	0,54
16	1,10	0,00	1,33	0,41
17	1,20	0,00	1,21	0,28
18	1,30	0,00	1,01	0,17
19	1,40	0,00	0,75	0,08
20	1,50	0,00	0,41	0,02
21	1,60	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 11 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,90	0,00	0,00	0,00
2	-0,81	0,00	2,94	0,12
3	-0,73	0,00	5,92	0,49
4	-0,65	0,00	8,95	1,11
5	0,00	0,00	-0,82	1,37
6	0,10	0,00	-0,32	1,43
7	0,20	0,00	0,12	1,43
8	0,30	0,00	0,49	1,40
9	0,40	0,00	0,81	1,34
10	0,50	0,00	1,07	1,24
11	0,60	0,00	1,27	1,13
12	0,70	0,00	1,41	0,99
13	0,80	0,00	1,49	0,85
14	0,90	0,00	1,51	0,70
15	1,00	0,00	1,47	0,55
16	1,10	0,00	1,37	0,41
17	1,20	0,00	1,22	0,28
18	1,30	0,00	1,00	0,16
19	1,40	0,00	0,73	0,08
20	1,50	0,00	0,39	0,02
21	1,60	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 12 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,90	0,00	0,00	0,00
2	-0,81	0,00	2,39	0,10
3	-0,73	0,00	4,79	0,40
4	-0,65	0,00	7,21	0,90
5	0,00	0,00	2,84	3,04
6	0,10	0,00	2,83	2,76
7	0,20	0,00	2,80	2,47
8	0,30	0,00	2,74	2,20
9	0,40	0,00	2,67	1,93
10	0,50	0,00	2,57	1,66
11	0,60	0,00	2,45	1,41
12	0,70	0,00	2,31	1,17
13	0,80	0,00	2,14	0,95
14	0,90	0,00	1,95	0,75
15	1,00	0,00	1,74	0,56
16	1,10	0,00	1,51	0,40
17	1,20	0,00	1,25	0,26
18	1,30	0,00	0,97	0,15
19	1,40	0,00	0,67	0,07
20	1,50	0,00	0,35	0,02
21	1,60	0,00	0,00	0,00

Risultati per inviluppo

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	34,37	23,33	31,56	13,61	1,60	-1,47
	Peso/Inerzia muro			0,00	72,83/0,00	0,14	-1,70
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	92,16/0,00	0,80	-0,85

Risultanti globali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	Mr [kNm]	Ms [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	178,60	31,56	32,62	265,85	-0,058
2 - STR (A1-M1-R3)	138,50	35,94	37,74	189,82	0,150
3 - STR (A1-M1-R3)	120,17	34,24	47,08	176,53	0,171
4 - GEO (A2-M2-R2)	169,95	32,94	34,39	249,39	-0,017
5 - GEO (A2-M2-R2)	138,50	35,94	37,74	189,82	0,150
6 - GEO (A2-M2-R2)	120,17	34,24	47,08	176,53	0,171
7 - EQU (A1-M1-R3)	165,33	29,04	30,51	247,27	-0,063
8 - EQU (A1-M1-R3)	144,38	48,18	52,07	199,25	0,228
9 - EQU (A1-M1-R3)	117,02	45,96	66,49	179,67	0,281
10 - SLEP	164,07	23,85	24,55	238,55	-0,056
11 - SLEF	154,86	21,04	21,04	221,97	-0,050
12 - SLEQ	127,23	12,63	10,52	172,21	-0,023

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS _{SCO}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS _{RIB}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS _{QLIM}	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS _{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS _{HYD}	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS _{UPL}	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		2.760		6.292			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.879		6.046			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.711		6.461			
4 - GEO (A2-M2-R2)					2.676		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				3.264		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				3.185		
7 - EQU (A1-M1-R3)			8.104				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		3.826				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.702				

Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 278 DI 291
---	--	----------------------------

R Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	58,61	0,00	0,00	--	--	58,61	34,24	1.711

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
N Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
Qu carico limite del terreno, espresso in [kN]
Qd Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	138,50	837,30	697,75	6.046

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
Nc, Nq, Ny Fattori di capacità portante
ic, iq, iy Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
Re Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
Ir, Irc Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic
ry Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B_yN_y$ viene moltiplicato per questo fattore
D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
φ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]
Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	ry
2	22.254 11.854 8.002	0.703 0.703 0.194	1.167 1.083 1.083	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	--	--	0.755	0.976

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	φ [kN/mc]	c [kPa]
2	1,30	2,50	2,00	19,00	26,00	10

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]
FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)
La verifica viene eseguita rispetto al spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	179,67	66,49	2.702

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione
C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
R Raggio, espresso in [m]
FS Fattore di sicurezza

Ic	C [m]	R [m]	FS
4 - GEO (A2-M2-R2)	-0,50; 2,00	4,98	2.676

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa al muro (spigolo contro terra)
W peso della striscia espresso in [kN]
Qy carico sulla striscia espresso in [kN]
Qf carico acqua sulla striscia espresso in [kN]
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
 ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b larghezza della striscia espressa in [m]
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	1,87	7,72	0,00	4,07 - 0,34	61.492	29.256	0	0,0	
2	5,17	7,72	0,00	0,34	54.897	29.256	0	0,0	
3	7,76	7,72	0,00	0,34	48.613	29.256	0	0,0	
4	9,86	7,72	0,00	0,34	43.046	29.256	0	0,0	
5	11,60	7,72	0,00	0,34	37.951	29.256	0	0,0	
6	13,05	7,72	0,00	0,34	33.192	29.256	0	0,0	
7	14,27	7,72	0,00	0,34	28.680	29.256	0	0,0	
8	17,09	7,72	0,00	0,34	24.357	21.315	8	0,0	
9	17,92	7,72	0,00	0,34	20.178	21.315	8	0,0	
10	18,62	7,72	0,00	0,34	16.108	21.315	8	0,0	
11	19,16	7,72	0,00	0,34	12.121	21.315	8	0,0	
12	19,54	7,72	0,00	0,34	8.193	21.315	8	0,0	
13	23,04	0,94	0,00	0,34	4.303	21.315	8	0,0	
14	21,24	0,00	0,00	0,34	0.433	21.315	8	0,0	
15	14,51	0,00	0,00	0,34	-3.434	21.315	8	0,0	
16	10,61	0,00	0,00	0,34	-7.318	21.315	8	0,0	
17	10,26	0,00	0,00	0,34	-11.236	21.315	8	0,0	
18	9,76	0,00	0,00	0,34	-15.208	21.315	8	0,0	
19	9,09	0,00	0,00	0,34	-19.257	21.315	8	0,0	
20	8,25	0,00	0,00	0,34	-23.409	21.315	8	0,0	
21	7,26	0,00	0,00	0,34	-27.696	21.315	8	0,0	
22	6,09	0,00	0,00	0,34	-32.161	21.315	8	0,0	
23	4,70	0,00	0,00	0,34	-36.858	21.315	8	0,0	
24	3,03	0,00	0,00	0,34	-41.868	21.315	8	0,0	
25	1,02	0,00	0,00	-4,32 - 0,34	-46.315	21.315	8	0,0	

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Paramento

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,15	1,33	0,02	0,63	0,00	0,03
3	-0,20	2,31	2,67	0,08	1,32	-0,01	0,12
4	-0,30	3,50	4,04	0,18	2,06	-0,01	0,27
5	-0,40	4,71	5,44	0,33	2,85	0,00	0,50
6	-0,50	5,93	6,85	0,51	3,69	0,02	0,80
7	-0,60	7,17	8,29	0,73	4,58	0,05	1,18
8	-0,70	8,44	9,75	0,99	5,53	0,10	1,65
9	-0,80	9,72	11,24	1,29	6,53	0,17	2,21
10	-0,90	11,03	12,74	1,64	7,58	0,27	2,87
11	-1,00	12,35	14,27	2,02	8,69	0,40	3,63
12	-1,10	13,69	15,82	2,45	9,85	0,56	4,50
13	-1,20	15,05	17,40	2,91	11,06	0,76	5,47
14	-1,30	16,43	18,99	3,42	12,32	1,00	6,57
15	-1,40	17,83	20,61	3,96	13,63	1,29	7,79
16	-1,50	19,25	22,25	4,55	15,00	1,63	9,13
17	-1,60	20,69	23,92	5,17	16,42	2,03	10,61
18	-1,70	22,15	25,60	5,84	17,89	2,48	12,23

Fondazione

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	-0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
2	-0,81	0,00	0,00	2,39	4,60	0,10	0,19
3	-0,73	0,00	0,00	4,79	9,09	0,40	0,76
4	-0,65	0,00	0,00	7,21	13,47	0,90	1,70
5	0,00	0,00	0,00	-18,00	2,84	-17,12	3,04
6	0,10	0,00	0,00	-16,27	2,83	-15,64	2,76
7	0,20	0,00	0,00	-15,03	2,80	-14,14	2,47
8	0,30	0,00	0,00	-14,98	2,74	-12,64	2,20
9	0,40	0,00	0,00	-14,78	2,67	-11,15	1,93
10	0,50	0,00	0,00	-14,42	2,57	-9,69	1,66
11	0,60	0,00	0,00	-13,90	2,45	-8,27	1,41
12	0,70	0,00	0,00	-13,22	2,31	-6,91	1,17
13	0,80	0,00	0,00	-12,39	2,14	-5,63	0,95
14	0,90	0,00	0,00	-11,39	1,95	-4,44	0,75
15	1,00	0,00	0,00	-10,24	1,74	-3,36	0,56
16	1,10	0,00	0,00	-8,93	1,51	-2,40	0,41
17	1,20	0,00	0,00	-7,46	1,25	-1,58	0,28
18	1,30	0,00	0,00	-5,83	1,01	-0,91	0,17
19	1,40	0,00	0,00	-4,05	0,75	-0,42	0,08
20	1,50	0,00	0,00	-2,10	0,41	-0,11	0,02
21	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

13.5.2 Condizione eccezionale d'urto

Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
Calcestruzzo armato	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
γ	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R _{ck}	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls tesoro/compresso

Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	γ [kN/mc]	R _{ck} [kPa]	E [kPa]	ν	n	ntc
1	C32/40	C32/40	B450C	24,5170	40000	33642648	0.30	15.00	0.50
2	Materiale tiranti	Rck 250	Precomp	24,5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f _{yk} [kPa]	f _{uk} [kPa]
B450C	450000	540000

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	15,00	0,00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 281 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro	10,00	[m]
<u>Paramento</u>		
Materiale	C32/40	
Altezza paramento	1,70	[m]
Altezza paramento libero	1,20	[m]
Spessore in sommità	0,50	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,65	[m]
Inclinazione paramento esterno	4,90	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]
<u>Fondazione</u>		
Materiale	C32/40	
Lunghezza mensola di valle	0,25	[m]
Lunghezza mensola di monte	1,60	[m]
Lunghezza totale	2,50	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,80	[m]
Spessore magrone	0,00	[m]

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kPa]
ca	Adesione terra-muro espressa in [kPa]
<u>Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix</u>	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
τ_l	Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]	ca [kPa]	Cesp	τ_l [kPa]
1	RS	18,0000	18,0000	35.000	23.330	0	0	---	---
2	FLa	19,0000	19,0000	26.000	26.000	10	0	---	---

Stratigrafia

Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
α	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
<u>Per calcolo pali (solo se presenti)</u>	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

Kst_{sta}, Kst_{sis} Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kw [Kg/cm ²]	Ks	Cesp	Kst _{sta}	Kst _{sis}
1	2,50	0.000	RS	---	---	---	---	---
2	5,00	0.000	FLa	---	---	---	---	---

Condizioni di carico

Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
 F_x Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
 F_y Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
 M Momento espresso in [kNm]
 X_i Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
 X_f Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
 Q_i Intensità del carico per x=X_i espressa in [kN]
 Q_f Intensità del carico per x=X_f espressa in [kN]

Condizione n° 1 (Urto) - ECCEZIONALE

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Concentrato	Paramento	-0,40; 0,00	36,0000	4,9034	36,0000				

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Distribuito					0,00	7,80	20,0000	20,0000

Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	γ _{G1,fav}	1.00	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	γ _{G1,sfav}	1.00	1.10	1.10	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	γ _{G2,fav}	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	γ _{G2,sfav}	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	γ _{Q1,fav}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	γ _{Q1,sfav}	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	γ _{QT,fav}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	γ _{QT,sfav}	1.00	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	γ _{tan(φ)}	1.00	1.25	1.00	1.00
Coazione efficace	γ _{c'}	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ _{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ _γ	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Dati sismici

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a _g	[m/s ²]	3.325	1.122
Accelerazione al suolo	a _g /g	[%]	0.339	0.114
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.355	2.325
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.393	0.321
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		E	1.122
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β _m	kh	kv
Ultimo		0.380	14.451
Ultimo - Ribaltamento		0.570	21.677
Esercizio		0.470	8.601

Nel calcolo non è stato portato in conto il sisma verticale
 Forma diagramma incremento sismico **Rettangolare**

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 283 DI 291
-----------------------------------	--	--------------------

Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Meyerhof
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Meyerhof
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ($0.5B\gamma N_c$)	Larghezza ridotta (B')
Fattori di forma e inclinazione del carico	Solo i fattori di inclinazione
Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra	

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	NO
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

Risultati per combinazione

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	30,10	23,33	27,64	11,92	1,60	-1,50
	Peso/Inerzia muro			0,00	72,83/0,00	0,14	-1,70
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	80,96/0,00	0,80	-0,85
	Risultante forze sul muro			36,00	4,90	--	--

Risultanti globali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	Mr [kNm]	Ms [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	170,61	63,64	153,71	245,06	0,712
2 - GEO (A2-M2-R2)	169,31	66,77	157,68	241,81	0,751
3 - EQU (A1-M1-R3)	157,34	61,11	151,60	226,48	0,772

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS _{SCO}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS _{RIB}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS _{QLIM}	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS _{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS _{HYD}	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS _{UPL}	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		1.308		2.409			
2 - GEO (A2-M2-R2)					2.823		
3 - EQU (A1-M1-R3)			1.494				

Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	83,21	0,00	0,00	--	--	83,21	63,64	1.308

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
----	---------------------

N Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
 Qu carico limite del terreno, espresso in [kN]
 Qd Portanza di progetto, espresso in [kN]
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	170,61	410,95	293,54	2.409

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
 Nc, Nq, Ny Fattori di capacità portante
 ic, iq, iy Fattori di inclinazione del carico
 dc, dq, dy Fattori di profondità del piano di posa
 gc, gq, gy Fattori di inclinazione del profilo topografico
 bc, bq, by Fattori di inclinazione del piano di posa
 sc, sq, sy Fattori di forma della fondazione
 pc, pq, py Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
 Re Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
 Ir, Irc Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic
 ry Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B_y N_y$ viene moltiplicato per questo fattore

D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
 B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
 H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
 γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
 φ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
 c Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	ry
1	22.254 11.854 8.002	0.597 0.597 0.045	1.167 1.083 1.083	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	--	--	0.466	0.976

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	φ [kN/mc]	c [kPa]
1	1,30	2,50	2,00	19,00	26,00	10

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
 Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)
 La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
3 - EQU (A1-M1-R3)	226,48	151,60	1.494

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione
 C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
 R Raggio, espresso in [m]
 FS Fattore di sicurezza

Ic	C [m]	R [m]	FS
2 - GEO (A2-M2-R2)	-0,50; 2,00	4,98	2.823

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
 Origine in testa al muro (spigolo contro terra)
 W peso della striscia espresso in [kN]
 Qy carico sulla striscia espresso in [kN]
 Qf carico acqua sulla striscia espresso in [kN]
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

Combinazione n° 2 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	1,87	6,71	0,00	4,07 - 0,34	61.492	29.256	0	0,0	
2	5,17	6,71	0,00	0,34	54.897	29.256	0	0,0	
3	7,76	6,71	0,00	0,34	48.613	29.256	0	0,0	
4	9,86	6,71	0,00	0,34	43.046	29.256	0	0,0	
5	11,60	6,71	0,00	0,34	37.951	29.256	0	0,0	
6	13,05	6,71	0,00	0,34	33.192	29.256	0	0,0	
7	14,27	6,71	0,00	0,34	28.680	29.256	0	0,0	
8	17,09	6,71	0,00	0,34	24.357	21.315	8	0,0	
9	17,92	6,71	0,00	0,34	20.178	21.315	8	0,0	
10	18,62	6,71	0,00	0,34	16.108	21.315	8	0,0	
11	19,16	6,71	0,00	0,34	12.121	21.315	8	0,0	
12	19,54	6,71	0,00	0,34	8.193	21.315	8	0,0	
13	23,04	0,82	0,00	0,34	4.303	21.315	8	0,0	
14	21,24	4,90	0,00	0,34	0.433	21.315	8	0,0	
15	14,51	0,00	0,00	0,34	-3.434	21.315	8	0,0	
16	10,61	0,00	0,00	0,34	-7.318	21.315	8	0,0	
17	10,26	0,00	0,00	0,34	-11.236	21.315	8	0,0	
18	9,76	0,00	0,00	0,34	-15.208	21.315	8	0,0	
19	9,09	0,00	0,00	0,34	-19.257	21.315	8	0,0	
20	8,25	0,00	0,00	0,34	-23.409	21.315	8	0,0	
21	7,26	0,00	0,00	0,34	-27.696	21.315	8	0,0	
22	6,09	0,00	0,00	0,34	-32.161	21.315	8	0,0	
23	4,70	0,00	0,00	0,34	-36.858	21.315	8	0,0	
24	3,03	0,00	0,00	0,34	-41.868	21.315	8	0,0	
25	1,02	0,00	0,00	-4,32 - 0,34	-46.315	21.315	8	0,0	

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	4,90	36,00	36,74
2	-0,10	6,14	36,48	40,34
3	-0,20	7,40	37,00	43,98
4	-0,30	8,68	37,59	47,67
5	-0,40	9,97	38,22	51,42
6	-0,50	11,30	38,90	55,23
7	-0,60	12,64	39,64	59,11
8	-0,70	14,00	40,43	63,06
9	-0,80	15,38	41,27	67,08
10	-0,90	16,79	42,17	71,18
11	-1,00	18,21	43,12	75,37
12	-1,10	19,66	44,12	79,65
13	-1,20	21,13	45,17	84,03
14	-1,30	22,62	46,28	88,50
15	-1,40	24,13	47,43	93,09
16	-1,50	25,66	48,64	97,79
17	-1,60	27,21	49,91	102,60
18	-1,70	28,78	51,22	107,53

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,90	0,00	0,00	0,00
2	-0,81	0,00	15,61	0,66
3	-0,73	0,00	30,30	2,58
4	-0,65	0,00	44,07	5,68
5	0,00	0,00	-93,64	-93,72
6	0,10	0,00	-94,44	-84,30
7	0,20	0,00	-93,91	-74,87
8	0,30	0,00	-92,07	-65,56

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
9	0,40	0,00	-88,89	-56,50
10	0,50	0,00	-84,40	-47,83
11	0,60	0,00	-78,59	-39,67
12	0,70	0,00	-71,45	-32,15
13	0,80	0,00	-63,51	-25,41
14	0,90	0,00	-55,58	-19,45
15	1,00	0,00	-47,64	-14,29
16	1,10	0,00	-39,70	-9,92
17	1,20	0,00	-31,76	-6,35
18	1,30	0,00	-23,82	-3,57
19	1,40	0,00	-15,88	-1,59
20	1,50	0,00	-7,94	-0,40
21	1,60	0,00	0,00	0,00

Risultati per inviluppo

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	30,10	23,33	27,64	11,92	1,60	-1,50
	Peso/Inerzia muro			0,00	72,83/0,00	0,14	-1,70
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	80,96/0,00	0,80	-0,85
	Risultante forze sul muro			36,00	4,90	--	--

Risultanti globali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	Mr [kNm]	Ms [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	170,61	63,64	153,71	245,06	0,712
2 - GEO (A2-M2-R2)	169,31	66,77	157,68	241,81	0,751
3 - EQU (A1-M1-R3)	157,34	61,11	151,60	226,48	0,772

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS _{SCO}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS _{RIB}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS _{QLIM}	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS _{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS _{HYD}	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS _{UPL}	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		1.308		2.409			
2 - GEO (A2-M2-R2)					2.823		
3 - EQU (A1-M1-R3)			1.494				

Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	83,21	0,00	0,00	--	--	83,21	63,64	1.308

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
----	---------------------

N Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
 Qu carico limite del terreno, espresso in [kN]
 Qd Portanza di progetto, espresso in [kN]
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	170,61	410,95	293,54	2.409

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
 Nc, Nq, Ny Fattori di capacità portante
 ic, iq, iy Fattori di inclinazione del carico
 dc, dq, dy Fattori di profondità del piano di posa
 gc, gq, gy Fattori di inclinazione del profilo topografico
 bc, bq, by Fattori di inclinazione del piano di posa
 sc, sq, sy Fattori di forma della fondazione
 pc, pq, py Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
 Re Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
 Ir, Irc Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic
 ry Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B_y N_y$ viene moltiplicato per questo fattore

D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
 B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
 H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
 γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
 φ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
 c Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	ry
1	22.254 11.854 8.002	0.597 0.597 0.045	1.167 1.083 1.083	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	--	--	0.466	0.976

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	φ [kN/mc]	c [kPa]
1	1,30	2,50	2,00	19,00	26,00	10

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
 Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)
 La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
3 - EQU (A1-M1-R3)	226,48	151,60	1.494

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione
 C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
 R Raggio, espresso in [m]
 FS Fattore di sicurezza

Ic	C [m]	R [m]	FS
2 - GEO (A2-M2-R2)	-0,50; 2,00	4,98	2.823

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
 Origine in testa al muro (spigolo contro terra)
 W peso della striscia espresso in [kN]
 Qy carico sulla striscia espresso in [kN]
 Qf carico acqua sulla striscia espresso in [kN]
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	1,87	6,71	0,00	4,07 - 0,34	61.492	29.256	0	0,0	
2	5,17	6,71	0,00	0,34	54.897	29.256	0	0,0	
3	7,76	6,71	0,00	0,34	48.613	29.256	0	0,0	
4	9,86	6,71	0,00	0,34	43.046	29.256	0	0,0	
5	11,60	6,71	0,00	0,34	37.951	29.256	0	0,0	
6	13,05	6,71	0,00	0,34	33.192	29.256	0	0,0	
7	14,27	6,71	0,00	0,34	28.680	29.256	0	0,0	
8	17,09	6,71	0,00	0,34	24.357	21.315	8	0,0	
9	17,92	6,71	0,00	0,34	20.178	21.315	8	0,0	
10	18,62	6,71	0,00	0,34	16.108	21.315	8	0,0	
11	19,16	6,71	0,00	0,34	12.121	21.315	8	0,0	
12	19,54	6,71	0,00	0,34	8.193	21.315	8	0,0	
13	23,04	0,82	0,00	0,34	4.303	21.315	8	0,0	
14	21,24	4,90	0,00	0,34	0.433	21.315	8	0,0	
15	14,51	0,00	0,00	0,34	-3.434	21.315	8	0,0	
16	10,61	0,00	0,00	0,34	-7.318	21.315	8	0,0	
17	10,26	0,00	0,00	0,34	-11.236	21.315	8	0,0	
18	9,76	0,00	0,00	0,34	-15.208	21.315	8	0,0	
19	9,09	0,00	0,00	0,34	-19.257	21.315	8	0,0	
20	8,25	0,00	0,00	0,34	-23.409	21.315	8	0,0	
21	7,26	0,00	0,00	0,34	-27.696	21.315	8	0,0	
22	6,09	0,00	0,00	0,34	-32.161	21.315	8	0,0	
23	4,70	0,00	0,00	0,34	-36.858	21.315	8	0,0	
24	3,03	0,00	0,00	0,34	-41.868	21.315	8	0,0	
25	1,02	0,00	0,00	-4,32 - 0,34	-46.315	21.315	8	0,0	

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Paramento

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	0,00	4,90	4,90	36,00	36,00	36,74	36,74
2	-0,10	6,14	6,14	36,48	36,48	40,34	40,34
3	-0,20	7,40	7,40	37,00	37,00	43,98	43,98
4	-0,30	8,68	8,68	37,59	37,59	47,67	47,67
5	-0,40	9,97	9,97	38,22	38,22	51,42	51,42
6	-0,50	11,30	11,30	38,90	38,90	55,23	55,23
7	-0,60	12,64	12,64	39,64	39,64	59,11	59,11
8	-0,70	14,00	14,00	40,43	40,43	63,06	63,06
9	-0,80	15,38	15,38	41,27	41,27	67,08	67,08
10	-0,90	16,79	16,79	42,17	42,17	71,18	71,18
11	-1,00	18,21	18,21	43,12	43,12	75,37	75,37
12	-1,10	19,66	19,66	44,12	44,12	79,65	79,65
13	-1,20	21,13	21,13	45,17	45,17	84,03	84,03
14	-1,30	22,62	22,62	46,28	46,28	88,50	88,50
15	-1,40	24,13	24,13	47,43	47,43	93,09	93,09
16	-1,50	25,66	25,66	48,64	48,64	97,79	97,79
17	-1,60	27,21	27,21	49,91	49,91	102,60	102,60
18	-1,70	28,78	28,78	51,22	51,22	107,53	107,53

Fondazione

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	-0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,81	0,00	0,00	15,61	15,61	0,66	0,66
3	-0,73	0,00	0,00	30,30	30,30	2,58	2,58
4	-0,65	0,00	0,00	44,07	44,07	5,68	5,68
5	0,00	0,00	0,00	-93,64	-93,64	-93,72	-93,72
6	0,10	0,00	0,00	-94,44	-94,44	-84,30	-84,30
7	0,20	0,00	0,00	-93,91	-93,91	-74,87	-74,87
8	0,30	0,00	0,00	-92,07	-92,07	-65,56	-65,56
9	0,40	0,00	0,00	-88,89	-88,89	-56,50	-56,50
10	0,50	0,00	0,00	-84,40	-84,40	-47,83	-47,83
11	0,60	0,00	0,00	-78,59	-78,59	-39,67	-39,67
12	0,70	0,00	0,00	-71,45	-71,45	-32,15	-32,15
13	0,80	0,00	0,00	-63,51	-63,51	-25,41	-25,41
14	0,90	0,00	0,00	-55,58	-55,58	-19,45	-19,45
15	1,00	0,00	0,00	-47,64	-47,64	-14,29	-14,29
16	1,10	0,00	0,00	-39,70	-39,70	-9,92	-9,92

