

S.S.195 "SULCITANA"

COMPLETAMENTO ITINERARIO CAGLIARI - PULA LOTTO 2
COLLEGAMENTO CON LA S.S 130 E AEROPORTO CAGLIARI ELMAS
DAL Km 21+488,70 AL Km 23+900,00
RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA

PROGETTO DEFINITIVO

COD. CA12

PROGETTAZIONE: ANAS – DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTA E RESPONSABILE INTEGRATORE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. M. RASIMELLI
 Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A632

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Ing. D. BONADIES Ing. M. TANZINI
 Ing. P. LOSPENNATO Ing. A. LUCIA
 Ing. S. PELLEGRINI
 Ing. A. POLLI
 Ing. C. CASTELLANO
 Ing. G.N. GUERRINI

IL GEOLOGO

Dott. S. PIAZZOLI

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. L. IOVINE

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Ing. M. COGHE

PROTOCOLLO

DATA:

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:



MANDATARIA



PINI SWISS ENGINEERS SA
Via Besso 7 - 6900 Lugano - Svizzera

MANDANTE



PINI SWISS ENGINEERS Srl
Via Cavour 2 - 22074 Lomazzo (CO) - Italia

MANDANTE

OPERE DI SOSTEGNO

Muro OS01

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

CODICE PROGETTO

NOME FILE
T00OS01GETRE01A.doc

REVISIONE

PAG.

PROGETTO

LIV. PROG.

N. PROG.

D P C A 1 2 D 2 0 0 1

CODICE ELAB.

T 0 0 O S 0 1 G E T R E 0 1

A

1 di 100

D					
C					
B					
A	PRIMA EMISSIONE	GIUGNO 2020	A. LUCIA	A. POLLI	RASIMELLI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 2 di 100</p>
--	--

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
1.1	OGGETTO E SCOPO	4
1.2	BREVE DESCRIZIONE DEL PROGETTO	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
2.1	NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI	6
2.2	BIBLIOGRAFIA	7
2.3	SOFTWARE DI CALCOLO	8
3	DESCRIZIONE DELL'OPERA	9
3.1	GEOMETRIA DI CALCOLO	9
3.2	METODOLOGIA GENERALE	13
4	INDAGINI GEOTECNICHE EFFETTUATE	14
4.1	CAMPAGNA GEOTECNICA DEL 2003	14
4.2	CAMPAGNA GEOTECNICA INTEGRATIVA DEL 2018	14
4.2.1.	Descrizione dell'indagine effettuata	14
4.3	ANALISI DELLA ZONA INDAGATA	14
5	MATERIALI	19
6	AZIONI DI CALCOLO	20
6.1	AZIONE GEOTECNICA NEL MURO A MENSOLA	20
6.2	AZIONE IDRAULICA NEL MURO A MENSOLA	21
6.3	SOVRACCARICO STRADALE	21
6.4	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	22
7	APPROCCI DI CALCOLO SECONDO LA NORMATIVA	23
7.1	SLU DI TIPO GEOTECNICO	28
7.2	VERIFICA A RIBALTAMENTO	28
7.3	VERIFICA A SCORRIMENTO	28
7.4	VERIFICA AL CARICO LIMITE	29
7.5	VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE	30
7.6	SLE- VERIFICA DI FESSURAZIONE	31
7.7	SLE- VERIFICA DELLE TENSIONI	32
7.8	VALIDAZIONE SOFTWARE	33

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 3 di 100</p>
--	--

8	CONCLUSIONI	34
9	ALLEGATI DI CALCOLO	36
9.1	INPUT DI CALCOLO	36
9.2	VERIFICHE GEOTECNICHE-TIPOLOGIA SEZIONE 1	43
9.2.1.	Grafici caso statico A1+M1+R3	43
9.2.2.	Grafici caso statico EQU+M1+R1	49
9.2.3.	Grafici caso dinamico + (M1+R3)	50
9.3	VERIFICHE GEOTECNICHE-TIPOLOGIA SEZIONE 2	53
9.3.1.	Grafici caso statico A1+M1+R3	53
9.3.2.	Grafici caso statico EQU+M2+R2	59
9.3.3.	Grafici caso dinamico + (M1+R3)	61
9.3.4.	Grafici caso dinamico - (M1+R3)	64
9.4	VERIFICHE STRUTTURALI-TIPOLOGIA SEZIONE 1	67
9.4.1.	INVILUPPI SLU+SLV	67
9.4.2.	SLE-RARA	72
9.4.3.	SLE-FREQUENTE	74
9.4.4.	SLE-QUASI PERMANENTE	76
9.4.5.	Sez. A -Paramento verticale	78
9.4.6.	Sez.B-Soletta di fondazione-incastro lato destro	80
9.4.7.	Sez.C-Soletta di fondazione-incastro lato sinistro	82
9.5	VERIFICHE STRUTTURALI-TIPOLOGIA SEZIONE 2	84
9.5.1.	SLE-RARA	89
9.5.2.	SLE-QUASI PERMANENTE	93
9.5.3.	Sez. A- Paramento verticale	95
9.5.4.	Sez.B-Soletta di fondazione-incastro lato destro	97
9.5.5.	Sez.C-Soletta di fondazione-incastro lato sinistro	99

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 4 di 100</p>
--	--

1 INTRODUZIONE

Il presente elaborato tratta gli aspetti strutturali e geotecnici del muro di sostegno da realizzare alla pk 23+100 nell'ambito del Progetto Definitivo di adeguamento al tipo B del secondo lotto stralcio 2 C della S.S. 195 "Sulcitana" nel tratto Pula – Cagliari da progressiva 21+489 a progressiva 23+900

1.1 Oggetto e scopo

L'oggetto della presente relazione è il dimensionamento strutturale del muro di sostegno vicino allo svincolo di Saras, al fine di sorreggere il rilevato stradale senza invadere la strada laterale sottostante.

Nella presente relazione sono riportate le verifiche geotecniche e strutturali di tali opere condotte ai sensi della normativa vigente. Il documento è articolato come segue:

1. Introduzione: presenta sinteticamente le opere di progetto,
2. Documenti di riferimento: elenca i documenti correlati al documento in oggetto, le normative, la bibliografia di riferimento ed il software di calcolo utilizzato,
3. Descrizione dell'opera: espone gli interventi da effettuare e la geometria di progetto,
4. Indagini geotecniche effettuate: riporta un riepilogo delle indagini geotecniche disponibili che sono state utilizzate per la caratterizzazione geotecnica delle diverse opere,
5. Materiali: riporta i materiali previsti per il progetto del muro di sostegno,
6. Azioni di calcolo: riporta le azioni gravanti sul muro di sostegno,
7. Approcci di calcolo secondo la normativa: riporta le verifiche richieste dalla norma vigente,
8. Conclusione: riassume i risultati delle analisi e verifiche effettuate,
9. Allegati di calcolo: riporta gli output del software e dei fogli di calcolo utilizzati.

1.2 Breve descrizione del progetto

Il tracciato del lotto 2C della S.S.195 si sviluppa da progressiva 21+489 a progressiva 23+900 per una lunghezza totale di circa 2411 m e costituisce uno dei principali itinerari di collegamento della zona denominata Sulcis Iglesiente, collegando l'area metropolitana a Ovest di Cagliari e gli agglomerati industriali della zona di Sarroch, inserendosi inoltre nell'importante contesto ad elevato carattere turistico di Pula, Chia e Santa Margherita.

Il tracciato si sviluppa lungo il medesimo percorso dell'attuale sede stradale, di cui è previsto l'adeguamento alla sezione B "extraurbana principale". Il tracciato esistente presenta una sezione tipo CNR III caratterizzata da due corsie da 3.50 m, una banchina da 1.75 m e uno spartitraffico da 1.10m, per una larghezza totale della carreggiata di 18.60m.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 5 di 100</p>
--	--

Nello stralcio 2C sono presenti opere d'arte minori con funzioni di scavalco (cavalcavia e sottovia) e opere per il deflusso delle acque (scatolari).

Sono state condotte le verifiche plano-altimetriche sul tracciato attuale che hanno evidenziato una serie di criticità ed elaborata una proposta progettuale finalizzata alla loro risoluzione che comprende:

- L'adeguamento del tracciato stradale alla sezione tipo B "extraurbana principale" secondo le indicazioni della nuova normativa sulle strade DM.05.11.2001, per un allargamento di 1.70 m di pavimentato per ciascuna carreggiata;
- L'adeguamento di opere d'arte di scavalco e opere minori, a causa dell'adeguamento della piattaforma stradale;
- L'adeguamento delle corsie specializzate d'immissione e diversione dall'area di servizio;
- L'adeguamento dello svincolo Saras (km 23+200 circa), le cui corsie di accelerazione e decelerazione risultano inadeguate alle indicazioni normative
- La realizzazione di un muro di sostegno per mantenere la strada vicino allo svincolo di Saras.

ANAS S.p.A. S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2 PROGETTO DEFINITIVO T00OS01GETRE01A <i>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</i>	File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 6 di 100
--	---

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nel seguito si riportano i documenti di riferimento utilizzati per la stesura del presente documento:

GEOLOGIA																			
DP	CA12	D	2	0	0	1	7	T	0	0	GE	0	0	GEO	RE	0	1	A	Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica
DP	CA12	D	2	0	0	1	8	T	0	0	GE	0	0	GEO	RE	0	2	A	Documentazione indagini geognostiche preesistenti
DP	CA12	D	2	0	0	1	9	T	0	0	GE	0	0	GEO	RE	0	3	A	Documentazione prove di laboratorio preesistenti
DP	CA12	D	2	0	0	1	10	T	0	0	GE	0	0	GEO	RE	0	4	A	Documentazione indagini geofisiche preesistenti
DP	CA12	D	2	0	0	1	11	T	0	0	GE	0	0	GEO	RE	0	5	A	Documentazione indagini geognostiche
DP	CA12	D	2	0	0	1	12	T	0	0	GE	0	0	GEO	RE	0	6	A	Documentazione prove di laboratorio
DP	CA12	D	2	0	0	1	13	T	0	0	GE	0	0	GEO	RE	0	7	A	Documentazione indagini geofisiche
DP	CA12	D	2	0	0	1	14	T	0	0	GE	0	0	GEO	RE	0	8	A	Documentazione indagini di caratterizzazione ambientale
DP	CA12	D	2	0	0	1	15	T	0	0	GE	0	0	GEO	RE	0	9	A	Documentazione georeferenziazione delle indagini
DP	CA12	D	2	0	0	1	16	T	0	0	GE	0	0	GEO	CG	0	1	A	Carta geologica generale - stralcio 2C
DP	CA12	D	2	0	0	1	17	T	0	0	GE	0	0	GEO	CG	0	2	A	Carta geologica di dettaglio e profilo geologico stralcio 2C - Tav.1 di 2
DP	CA12	D	2	0	0	1	18	T	0	0	GE	0	0	GEO	CG	0	3	A	Carta geologica di dettaglio e profilo geologico stralcio 2C - Tav.2 di 2
DP	CA12	D	2	0	0	1	19	T	0	0	GE	0	0	GEO	CG	0	4	A	Carta geomorfologica - stralcio 2C
DP	CA12	D	2	0	0	1	20	T	0	0	GE	0	0	GEO	CI	0	1	A	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico stralcio 2C - Tav.1 di 2
DP	CA12	D	2	0	0	1	21	T	0	0	GE	0	0	GEO	CI	0	2	A	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico stralcio 2C - Tav.2 di 2
DP	CA12	D	2	0	0	1	22	T	0	0	GE	0	0	GEO	FG	0	1	A	Profilo geologico - stralcio 2C
DP	CA12	D	2	0	0	1	23	T	0	0	GE	0	0	GEO	SG	0	1	A	Sezioni geologiche - stralcio 2C
DP	CA12	D	2	0	0	1	24	T	0	0	GE	0	0	GEO	PU	0	1	A	Planimetria ubicazione indagini geognostiche
DP	CA12	D	2	0	0	1	25	T	0	0	GE	0	0	GEO	RE	0	9	A	Piano di utilizzo ai sensi del DPR 120/2017 - stralcio 2C
DP	CA12	D	2	0	0	1	26	T	0	0	GE	0	0	GEO	PU	0	2	A	Planimetria ubicazione siti di approvvigionamento e deposito definitivo
GEOTECNICA																			
DP	CA12	D	2	0	0	1	30	T	0	0	GE	0	0	GET	RE	0	1	A	Relazione geotecnica generale
DP	CA12	D	2	0	0	1	31	T	0	0	GE	0	0	GET	RE	0	2	A	Relazione geotecnica e di calcolo del rilevato stradale
DP	CA12	D	2	0	0	1	31	T	0	0	GE	0	0	GET	FG	0	1	A	Profilo geotecnico - stralcio 2C
DP	CA12	D	2	0	0	1	32	T	0	0	GE	0	0	GET	SG	0	1	A	Sezioni geotecniche trasversali - stralcio 2C
OPERE DI SOSTEGNO																			
Muro OS01																			
DP	CA12	D	2	0	0	1	#RIF1	T	0	0	OS	0	1	GET	DI	0	1	A	Pianta, prospetto e sezioni

2.1 Normative e raccomandazioni

- [1] D. M. Min. II. TT. del 17 gennaio 2018– Norme tecniche per le costruzioni,
- [2] CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 “Istruzione per l’applicazione delle «Norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018,
- [3] CNR-DT 203/2006 “Istruzioni per la progettazione, l’esecuzione ed il controllo di Strutture di calcestruzzo armato con barre di materiale composito fibro-rinforzato”,
- [4] AGI 1984 – Raccomandazioni sui pali di fondazione, dicembre 1984,
- [5] Eurocodice 1 “Basi di calcolo ed azioni sulle strutture - Parte 1: Basi di calcolo”, ottobre 1996.
- [6] Eurocodice 7 “Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali”, aprile 1997,
- [7] Eurocodice 7 “Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo”, aprile 1997,
- [8] Eurocodice 8 “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 1-1: Regole generali - azioni sismiche e requisiti generali per le strutture”, ottobre 1997,
- [9] Eurocodice 8 “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”, febbraio 1998,
- [10] UNI EN 13242 - Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade,

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 7 di 100</p>
--	--

- [11] UNI EN ISO 14688-1 - Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Identificazione e descrizione.
- [12] AGI Associazione Geotecnica Italiana, 2005 "Linee Guida sugli aspetti geotecnici della progettazione antisismica" Edizione Provvisoria.
- [13] Criteri di dimensionamento/verifica geotecnica e strutturale di opere di sostegno non tirantate su fondazione diretta – Linee Guida Spea.

2.2 Bibliografia

- [14] Audora, H.J. "Gabion and Mattress works on main roads in NSW" , Sydney, 1978.
- [15] Berg R.R., Anderson R.P., Race R.J., Choverly-Curtis V.E. "Reinforced soil highway slopes, transportation research", Record n.1288 Geotechnical Eng., Washington DC, 1990.
- [16] Bolton M.D. and Pang P.L.R. "Collapse Limit states of reinforced earth retaining walls", Geotechnique, 1982
- [17] Graig R.F. "Soil mechanic", Van Nostrand Reinhal Co Ltd, 1983.
- [18] Ingold T.S. "Laboratory pull-out testing of grid reinforcements in sand", ASTM, geotechnical testing journal , N.3, 1983.
- [19] Lo S. C. Robert "Determination of design parameters of a mesh-type soil reinforcement", Geotechnical testing journal, N.4, 1990.
- [20] Lo S.C. Robert "Behaviour of the Terramesh earth retaining system" , Australia, 1989.
- [21] Mitchell J.K., Villet W.C.B. "Reinforcement of earth slopes and embankments", Transportation Research Board, Washington DC, 1987
- [22] US Dept Transportation "Reinforced soil structures", Vol I and II, 1990
- [23] Reese L.C. e O'Neill W.O. "Drilled Shafts: Construction Procedures and Design Methods" U.S. Department of Transportation – Federal Highway Administration – Publication No. FHWA-HI-88-042
- [24] Caquot A., Kerisel J. [1948] "Tables for the calculation of passive pressure, active pressure and bearing capacity of foundations" Gautiers-Villars, Paris.
- [25] Lancellotta R. (2007), "Lower Bound approach for seismic passive earth resistance", Geotechnique, Technical Note, 57, 1-3.
- [26] Mueller-Breslau (1906), "Erddruck anf Stuetzmannern" Kroener.
- [27] Mononobe N. (1929) "Earthquake-proof construction of masonry dams", Proc. of World Engineering Conference, vol.9, p.275.
- [28] NAVFAC (1982), "Foundations and earth Structures. Design manual 7.2". Department of the Navy, Naval Facilities Engineering Command.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p><i>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</i></p>	<p>File:</p> <p>T00OS01GETRE01A.d</p> <p>oc</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 8 di 100</p>
---	--

[29] Seed, H.B. and Whitman, R.V. (1970). Design of earth retaining structures for dynamic loads. Proceedings, ASCE Specialty Conference on Lateral Stresses in the Ground and Design of Earth Retaining Structures. 103-147.

[30] Taylor, D.W. (1948). Fundamental of soil mechanics. John Wiley, New York

2.3 Software di calcolo

[31] MB Muro-Versione 3.02 - Ing. Mauro Barale

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 9 di 100</p>
--	--

3 DESCRIZIONE DELL'OPERA

3.1 Geometria di calcolo

L'opera è muro di sostegno con mensola sia lato monte che lato valle che si estende per una lunghezza di 125 m (Figura 1) caratterizzata da conci lunghi 25 m e 2 sezioni di calcolo:

- Tipologia 2: da applicare dalla sezione 12 dove inizia il muro fino all'inizio della sezione 14, per un totale di 50 m, considerando la soletta del muro interrata di 1.1 m al di sotto del piano stradale di valle come realmente presente,
- Tipologia 1: da applicare dalla sezione 14 fino alla sezione 17 dove termina il muro, per un totale di 75 m. A fine di sicurezza si è considerata la soletta del muro interrata di 1.1 m al di sotto del piano stradale di valle, nonostante nella realtà verrà effettuato un rinterro di 1.3 m come visibile in Tabella 1.

Le caratteristiche geometriche di tali sezioni sono visibili in Figura 2. I calcoli sono stati eseguiti con le dimensioni di Tabella 1, dove lo spessore del paramento verticale del muro di tipologia 2 era stato scelto di 50 cm, poi incrementato a 70 cm per scelte costruttive. Tale calcolo non è stato aggiornato in quanto l'aumento di spessore comporta un miglioramento del comportamento strutturale e geotecnico del muro.

La scarpata a lato della strada è caratterizzata da muri di sostegno di diversa altezza. A fine di sicurezza, si sono dimensionate due tipologie di sezioni:

A fine di sicurezza, il terreno di valle che sovrasta il solettone del muro verrà considerato solo come carico agente, trascurando il contributo di resistenza passiva che si genererebbe.

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

File:

T00OS01GETRE01A.d

oc

Data: Giugno 2020

Pag. 10 di 100

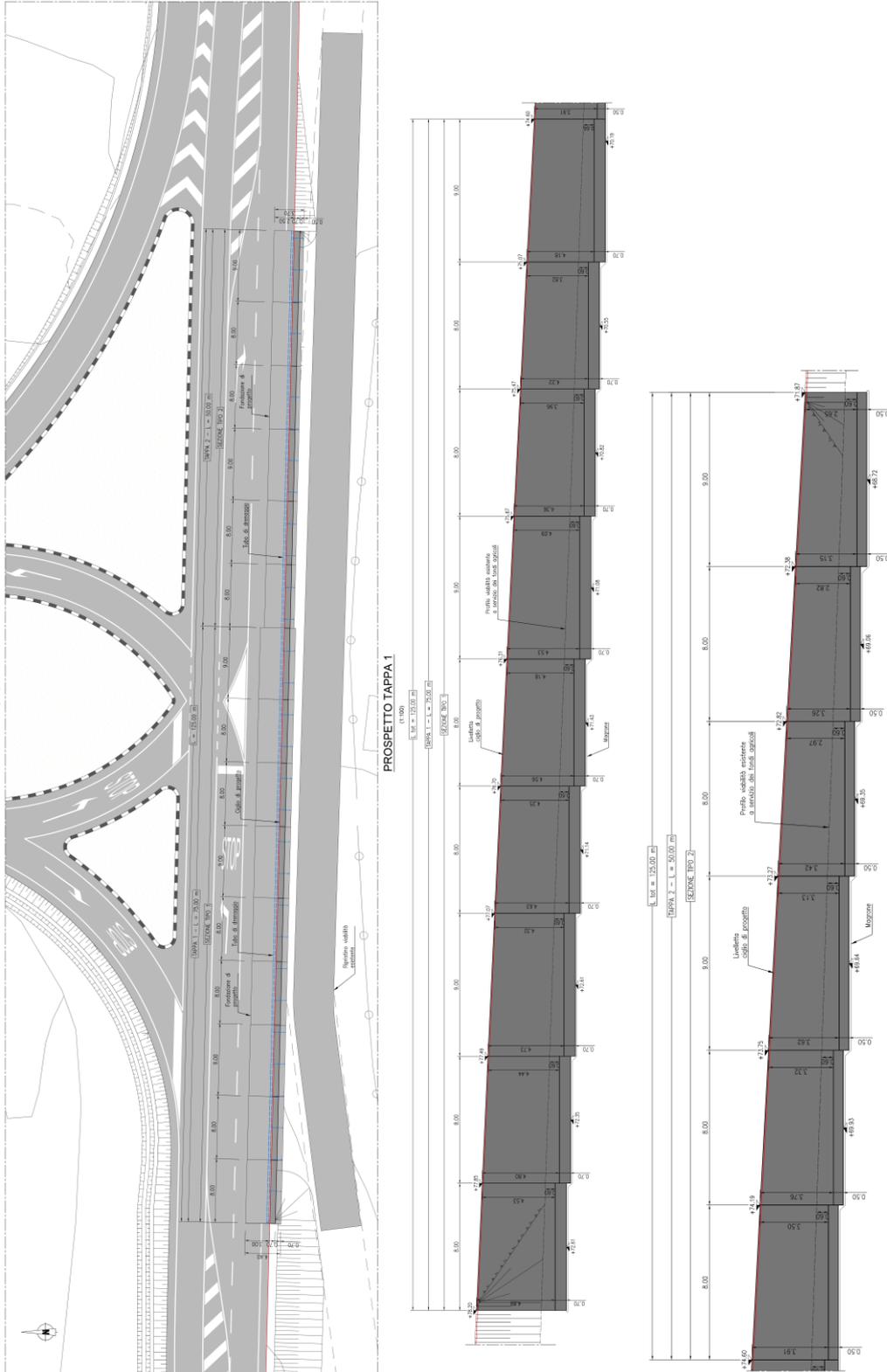


Figura 1: Pianta e profilo longitudinale del muro di sostegno

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

File:**T00OS01GETRE01A.d****oc****Data: Giugno 2020****Pag. 11 di 100**

Tipologia di sezione	SEZIONE	DISLIVELLO FRA PIANI STRADALI (m)	DISLIVELLO FRA PIANI STRADALI-VALORE APPROSSIMATO (m)	APPROFONDIMENTO PIANO DI POSA DEL MURO RISPETTO AL PIANO STRADALE DI VALLE (m)	r (m)	h1 (m)	h2 (m)	H (m)	Altezza fuori terra del muro= Dislivello fra i piani stradali (m)	b1 (m)	b (m)	b2 (m)	B (m)	L tipologia muro (m)
Tipologia 2	12	2,08	2,1	1,1	0,6	0,5	2,7	3,2	2,1	0,5	0,5	2,7	3,7	50
	13	2,62	2,6	1,1	0,6	0,5	3,2	3,7	2,6	0,5	0,5	2,7	3,7	
	fino a inizio 14	3,16	3,2	1,1	0,6	0,5	3,8	4,3	3,2	0,5	0,5	2,7	3,7	
Tipologia 1	da inizio 14	3,16	3,2	1,3	0,6	0,7	3,8	4,5	3,2	0,7	0,7	3	4,4	75
	15	3,59	3,6	1,3	0,6	0,7	4,2	4,9	3,6	0,7	0,7	3	4,4	
	16	3,82	3,8	1,3	0,6	0,7	4,4	5,1	3,8	0,7	0,7	3	4,4	
	17	4,04	4	1,3	0,6	0,7	4,6	5,3	4	0,7	0,7	3	4,4	

Tabella 1- Geometria delle sezioni tipo del muro

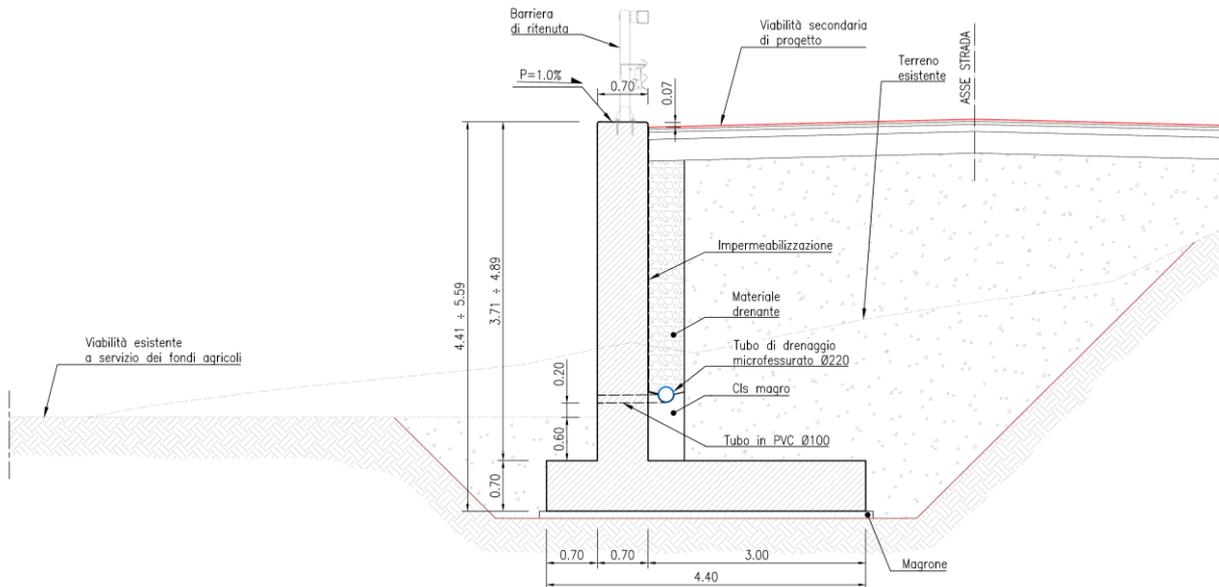
PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

File:**T00OS01GETRE01A.d****oc****Data: Giugno 2020****Pag. 12 di 100****SEZIONE TIPO 1**

(1:50)

**SEZIONE TIPO 2**

(1:50)

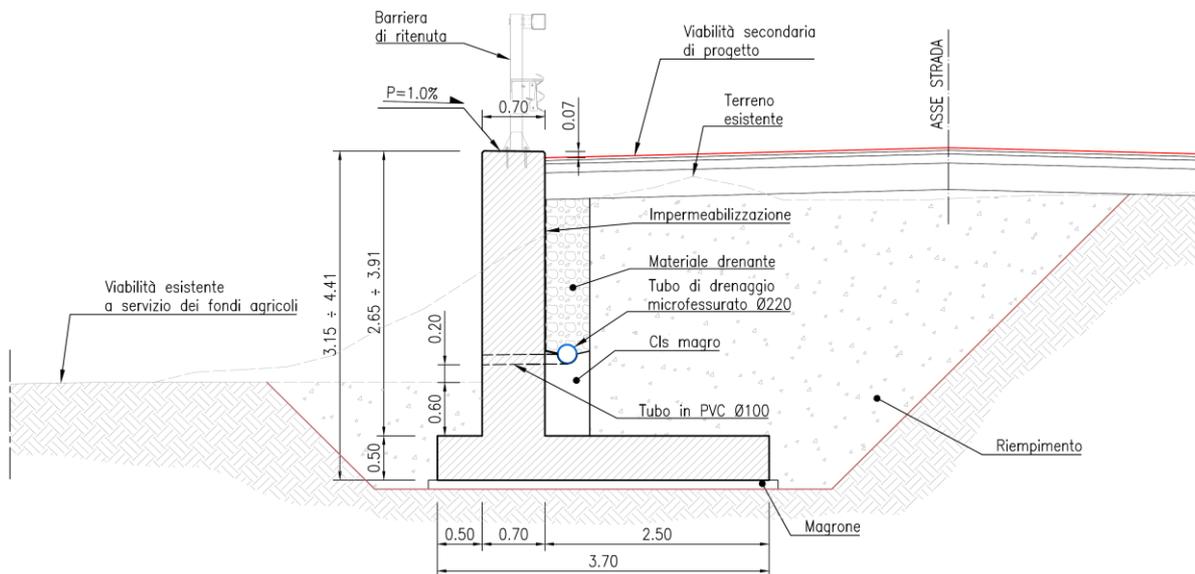


Figura 2: Sezione trasversale tipo1 e 2 dei muri di sostegno

Il muro poggerà su uno stato di magrone di regolarizzazione C12/15 di spessore 10 cm. Si prevede l'uso di:

- Geocomposito drenante di spessore 10 mm sul paramento verticale lato monte,
- materiale drenante dietro il muro per drenare le acque agenti in superficie e defluenti su esso,

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 13 di 100</p>
--	---

- condotta drenante microfessurata di diametro $\Phi 220$ mm su cui si innestano tubi di drenaggio per scaricare l'acqua a valle
- fori con tubi di drenaggio di $\Phi=10$ cm, interasse 4 m e pendenza 1% che si innestano sulla condotta drenante microfessurata.

3.2 Metodologia generale

I muri di sostegno hanno lo scopo di prevenire lo smottamento di pendii naturali ripidi o di assicurare la stabilità di pendii artificiali sagomati con pendenze superiori alla pendenza di equilibrio naturale. Il riempimento a tergo del muro dovrà avere:

- un'opportuna tecnica di costipamento,
- granulometria idonea a garantire il drenaggio,
- presenza di geotessili tra il riempimento ed il terreno in sito,
- un drenaggio efficace e monitorato,
- caratteristiche fisiche e meccaniche del riempimento prescritte ed in accordo con la normativa vigente.

La spinta del sisma che comporta la sovrapposizione di movimenti traslativi e rotazionali in base a struttura, terreno e terremoto, comporta la necessita di semplificare i seguenti fattori:

- variazione temporale delle pressioni trasmesse dal terreno durante l'evento sismico,
- cambiamento del verso del punto di applicazione della spinta, verso l'alto o il basso, a seconda che l'opera tenda ad allontanarsi o avvicinarsi al terreno,
- amplificazione del moto in corrispondenza delle frequenze naturali dell'opera e del deposito che possono muoversi anche in opposizione di fase,
- presenza post sisma per un certo periodo di sovrappressioni interstiziali in eccesso a tergo dell'opera.
- La semplificazione utilizzata nel progetto consiste in un'analisi pseudostatica mediante metodi all'equilibrio limite con un modello che comprende:
 - l'opera di sostegno,
 - il cuneo di terreno a tergo dell'opera,
 - gli eventuali sovraccarichi agenti sul cuneo.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File:</p> <p>T00OS01GETRE01A.d</p> <p>oc</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 14 di 100</p>
--	---

4 INDAGINI GEOTECNICHE EFFETTUATE

Per la caratterizzazione geologica e geotecnica del sito è stata condotta 1 campagna geognostica nel 2003 e una campagna integrativa nel 2018 per l'aggiornamento della progettazione definitiva.

4.1 Campagna geotecnica del 2003

Per la campagna geognostica condotta tra Aprile e Luglio del 2003, nello stralcio 2C oggetto del presente documento, sono state effettuate:

- 2 sondaggi a carotaggio continuo con prove penetrometriche (S31 e S32) dinamiche con prelievo di campioni disturbati su cui sono state eseguite analisi granulometriche e determinati i limiti di Atterberg.
- 9 pozzetti esplorativi (C3, C4, C5, e da P1, P2, P3, P5, P6 e P8) sui cui campioni di terreno prelevati sono state eseguite analisi granulometriche e limiti di Atterberg.

4.2 Campagna geotecnica integrativa del 2018

4.2.1. Descrizione dell'indagine effettuata

Per l'aggiornamento della progettazione definitiva e lo sviluppo della progettazione esecutiva dell'intervento relativo al secondo lotto della S.S. 195 "Sulcitana" nel tratto Pula – Cagliari, nei mesi di novembre e dicembre 2018 è stata condotta una indagine geotecnica integrativa comprendente:

- n. 9 sondaggi geognostici verticali a carotaggio continuo; in tutti i sondaggi sono state effettuate sistematicamente prove penetrometriche SPT per un totale di 62 prove;
- Installazione in 2 sondaggi di piezometri a tubo aperto da 2";
- n. 3 prove geofisiche down-hole condotte in corrispondenza di 3 sondaggi a carotaggio continuo
- n. 77 prelievi di campioni di cui n. 13 indisturbati, n. 10 litoidi e n. 54 rimaneggiati, da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico;
- n. 2 prove di permeabilità Lefranc;
- n. 7 pozzetti esplorativi geotecnici;
- n. 4 prove di carico su piastra in corrispondenza dei pozzetti esplorativi;
- n. 1 prova geofisica MASW.

4.3 Analisi della zona indagata

I sondaggi più vicini alla zona in esame (pk 23+100) risultano essere il sondaggio S09_Pz posto alla pk 22+569 e il sondaggio S10_DH posto alla pk 23+415 come visibile in Figura 3. Sulla base delle risultanze di questi due sondaggi è stato possibile ipotizzare l'andamento delle diverse formazioni nella zona del caval-

<p style="text-align: center;"><i>ANAS S.p.A.</i></p> <p style="text-align: center;">S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO</p> <p style="text-align: center;"><i>T00OS01GETRE01A</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</i></p>	<p>File: <i>T00OS01GETRE01A.d</i> oc Data: Giugno 2020 Pag. 15 di 100</p>
---	--

cavia riportata nel profilo geotecnico di progetto. Per la caratterizzazione dell'unità geotecnica 1 si considerano tutti i sondaggi in cui tale formazione è stata rilevata.

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

File:

T00OS01GETRE01A.d

oc

Data: Giugno 2020

Pag. 16 di 100

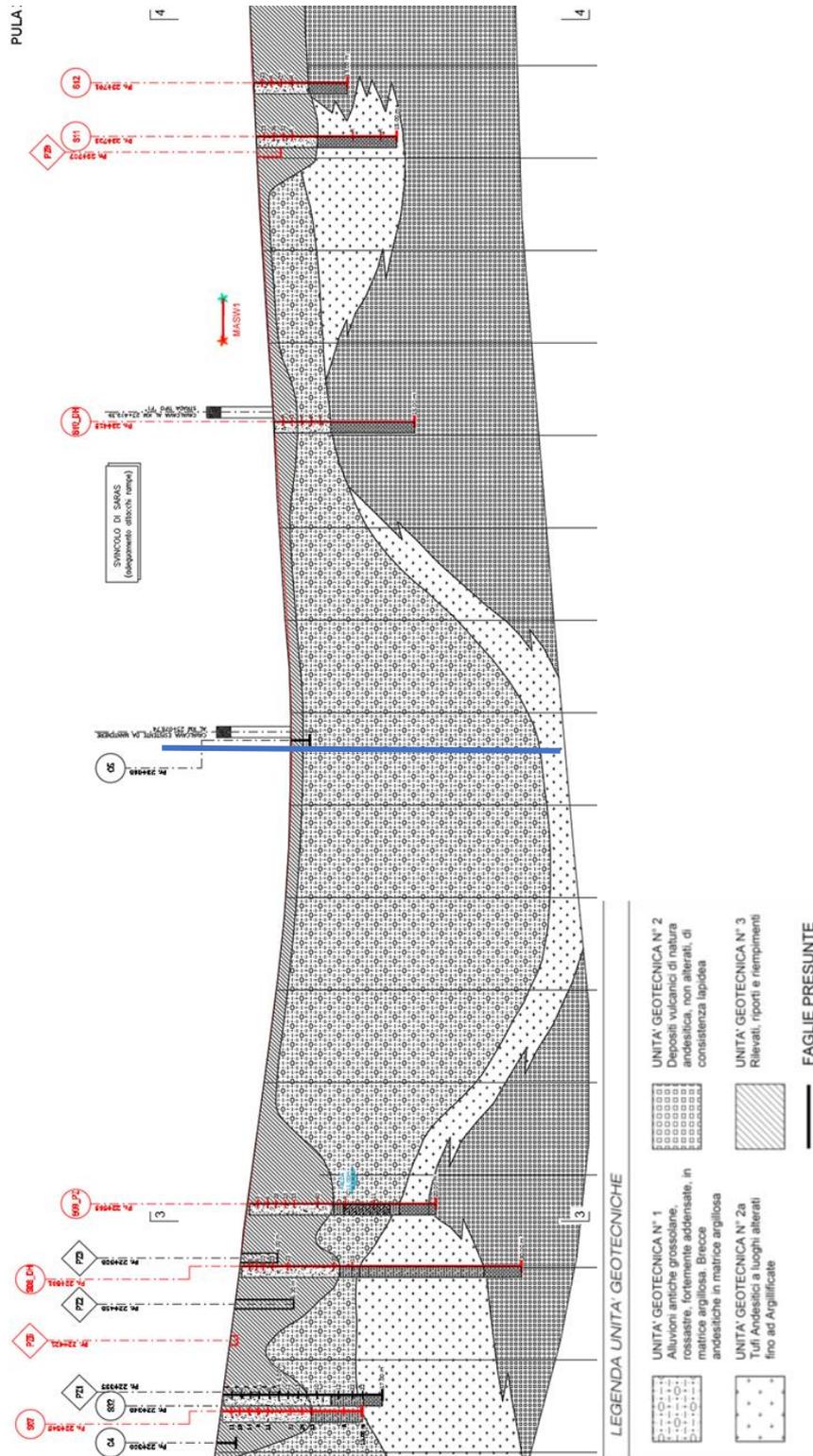


Figura 3: Profilo geotecnico in corrispondenza del muro di sostegno alla pk 23+100

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 17 di 100</p>
--	---

L'unità geotecnica presente in corrispondenza del muro è la n. 1 caratterizzata dalla presenza di alluvioni antiche grossolane, rossastre, fortemente addensate, in matrice argillosa (Tabella 2). Nella modellazione numerica, si sono assunti dei parametri medi e la coesione è stata trascurata (Tabella 3).

	γ_n [kPa]	c'_k [kPa]	ϕ'_k [°]	E [MPa]
Unità 1	19÷20	0÷5	30-39	10÷30

Tabella 2 – Unità 1: parametri caratteristici

	γ_n [kPa]	c'_k [kPa]	ϕ'_k [°]	E [MPa]
Unità 1	19.5	0	35	20

Tabella 3 – Unità 1: parametri di calcolo

Sulla base della Relazione geotecnica generale del lotto, nell'unità geotecnica 1 il valore di N_{spt} necessario ai fini dei calcoli di capacità portante è scelto pari ai valori in Tabella 4 ed in Figura 4.

Da (m da p.c.)	A (m da p.c.)	N_{spt} (colpi/30cm)
0,0	7,0	1
7,0	15,0	2
15,0	40,0	3

Tabella 4 – Unità geotecnica 1: numero di colpi/30cm

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

File:

T00OS01GETRE01A.d

oc

Data: Giugno 2020

Pag. 18 di 100

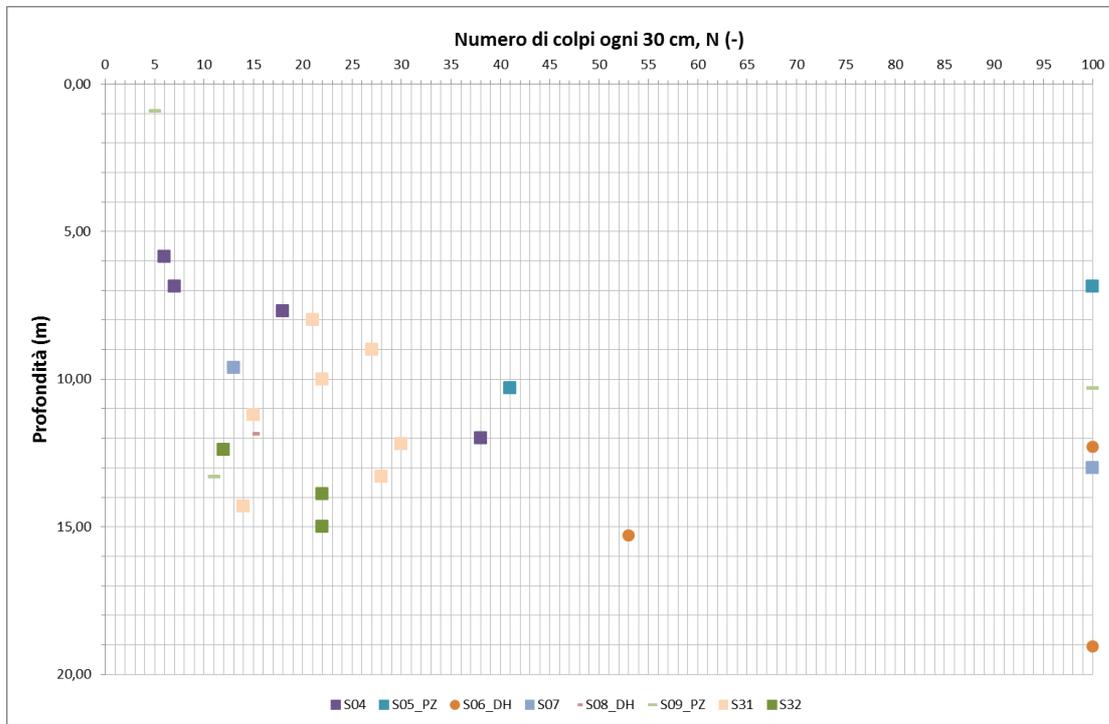


Figura 4: Unità geotecnica 1: Numero di colpi/30 cm

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 19 di 100</p>
--	---

5 MATERIALI

I materiali utilizzati per il muro di sostegno sono i seguenti:

Calcestruzzo elevazioni e fondazioni

Classe di resistenza: C28/35

Classe di esposizione: XC4

Classe di consistenza: S4

Tipo di cemento: CEM I – V

Calcestruzzo elevazioni e fondazioni

Classe di resistenza: C12/15

Armature del calcestruzzo

Tipo: B450C

Es=200000 MPa

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d</p> <p>oc</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 20 di 100</p>
--	---

6 AZIONI DI CALCOLO

6.1 AZIONE GEOTECNICA NEL MURO A MENSOLA

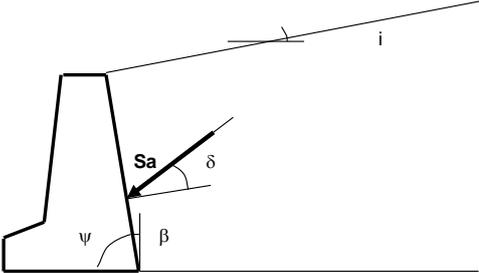
Al fine di valutare l'azione del terreno sul muro, dal punto di vista della spinta attiva (spingente) e passiva (resistente a favore della stabilità del muro), si presentano gli approcci utilizzati secondo la soluzione di Coulomb. Le formule utilizzate sono presentate nell'immagine sottostante:

- Per il caso statico, il parametro θ è da considerarsi nullo,
- Per il caso sismico, il parametro θ è da considerarsi pari alla seguente formula, dove k_h e k_v sono calcolati come da §6.46.4:

$$\theta = \arctan\left(\frac{k_h}{1 + k_v}\right)$$

Sono state inoltre assunte le seguenti ipotesi progettuali a fine di sicurezza:

- È stato trascurato il contributo della coesione del terreno di fondazione ($c' \cdot B$) nella verifica a scorrimento,
- è stata trascurata la spinta passiva. Il terreno di valle verrà considerato solo come sovraccarico agli effetti della capacità portante della fondazione,
- L'angolo di attrito muro-terreno di fondazione è stato considerato pari all'angolo di attrito del terreno di fondazione.



per $i \leq \varphi' - \theta$	$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos \theta \text{sen}^2 \psi \text{sen}(\psi - \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi' + \delta) \text{sen}(\varphi' - i - \theta)}{\text{sen}(\psi - \theta - \delta) \text{sen}(\psi + i)}} \right]^2}$
per $i > \varphi' - \theta$	$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos \theta \text{sen}^2 \psi \text{sen}(\psi - \theta - \delta)}$
$k_p =$	$\frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos \theta \text{sen}^2 \psi \text{sen}(\psi + \theta) \left[1 - \sqrt{\frac{\text{sen} \varphi' \text{sen}(\varphi' + i - \theta)}{\text{sen}(\psi + i) \text{sen}(\psi + \theta)}} \right]^2}$

Figura 5 – Formule per il calcolo della spinta attiva e passiva di Mononobe-Okabe

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 21 di 100</p>
--	---

6.2 AZIONE IDRAULICA NEL MURO A MENSOLA

La quota della falda di progetto è stata assunta cautelativamente sul piano di posa del muro. A fine di sicurezza, si è valutata la presenza della falda a valle a partire dal piano campagna a valle, in modo da non far diminuire la spinta dell'acqua da monte fino al piano di fondazione.

Si è valutato sia il carico idraulico statico che dinamico (D_{pw} è la pressione idrodinamica) al fine di simulare la condizione più sfavorevole in sito:

$$D_{pw} = \frac{7}{8} \cdot \frac{k_h}{g} \cdot \gamma_w \cdot (z_w \cdot H_w)^2$$

6.3 SOVRACCARICO STRADALE

Per valutare la presenza del carico stradale laterale al muro di sostegno, si è inserito nel modello un carico distribuito di 20 kPa a monte.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d oc</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 22 di 100</p>
--	---

6.4 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Sulla base dell'andamento dei valori della velocità delle onde di taglio ricavati dai risultati delle prove "down – hole" effettuate nei primi 30 m dal p.c., si ottiene un valore $V_{s,30} = 440$ m/s corrispondente alla categoria di sottosuolo B. I parametri sismici sono calcolati con le formule da normativa ed i risultati sono visibili nella Tabella 5.

• Comune	• Sarroch
• Vita nominale per costruzioni con livelli di prestazione ordinari V_N (anni)	• 50
• Coefficiente d'uso C_U (-)	• 2
• Periodo di riferimento: $V_R = V_N \times C_U$ (anni)	• 100
• Stato limite ultimo sismico utilizzato	• SLV
• Probabilità di superamento associata allo stato limite sismico	• 10%
• Periodo di ritorno: $TR = -V_R / \ln(1 - PVR)$ (anni)	• 949
• $V_{s,30}$ (m/s)	• 440
• Categoria di sottosuolo	• B
• a_g (g)	• 0.0599
• F_0 (-)	• 2.976
• T_c^* (s)	• 0.371
• S_s (-)	• 1.2
• Categoria topografica	• T1
• S_t (-)	• 1
• $a_{max}/g = a_g/g * S_s * S_t$ (-)	• 0.07
• k_h (-)	• 0.07
• k_v (-)	• 0.04

Tabella 5-Parametri sismici

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 23 di 100</p>
--	---

7 APPROCCI DI CALCOLO SECONDO LA NORMATIVA

Il muro di sostegno viene progettato in accordo a quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018. Vengono esaminate sia le condizioni di stato limite ultimo (SLU) in condizioni statiche e sismiche, che quelle di stato limite di esercizio (SLE).

La struttura di sostegno dovrà soddisfare le verifiche di sicurezza di stabilità esterna (SLU di tipo geotecnico) e di stabilità interna dell'opera (SLU di tipo strutturale).

In accordo con quanto definito nel par. 6.2.3. del Doc.[1], devono essere svolte le seguenti verifiche di sicurezza e delle prestazioni attese:

- Verifiche agli stati limite ultimi (SLU);
- Verifiche agli stati limite d'esercizio (SLE).

Per ogni Stato Limite Ultimo (SLU) deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d \quad (\text{Eq. 6.2.1 del Doc. [1]})$$

dove:

- E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione,
- R_d è il valore di progetto della resistenza.

Per quanto concerne le azioni di progetto E_d , tali forze possono essere determinate applicando i coefficienti parziali sulle azioni caratteristiche, oppure, successivamente, sulle sollecitazioni prodotte dalle azioni caratteristiche, quest'ultima relativamente a verifiche strutturali.

La verifica della condizione ($E_d \leq R_d$) 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 in funzione dei valori riportati in Tabella 6 e in Tabella 7.

Nel primo approccio progettuale (*Approccio 1*) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti:

la prima combinazione (per la quale si adottano i coefficienti parziali sulle azioni del gruppo A1), è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, la seconda combinazione (per la quale si adottano i coefficienti parziali sulle azioni del gruppo A2) è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 24 di 100</p>
--	---

Nel secondo approccio progettuale (*Approccio 2*) si adottano, sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche, i coefficienti parziali sulle azioni del gruppo A1.

Per entrambi gli approcci i coefficienti parziali sui materiali (M) e sulle resistenze (R) sono definiti specificatamente in funzione della singola verifica.

Per ogni Stato Limite d'Esercizio (SLE) deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d \quad (\text{Eq. 6.2.1 del Doc. [1]})$$

dove:

- E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione,
- R_d è il valore di progetto della resistenza.

All'interno del progetto devono essere quindi definite le prescrizioni relative agli spostamenti compatibili per l'opera e le prestazioni attese.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale γ_F (o γ_E)	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.3	1.0
Permanenti non strutturali (1)	Favorevole	γ_{G2}	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.3

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

Tabella 6 – Coefficienti parziali sulle azioni (A1 ed A2)

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 25 di 100</p>
--	---

PARAMETRO	Coefficiente parziale	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	γ_{Cu}	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1.0	1.0

Tabella 7 – Coefficienti parziali sui terreni (M1 ed M2)

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.doc</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 26 di 100</p>
--	--

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)
Capacità portante della fondazione - Punzonamento	1	1
Scorrimento - Slittamento per attrito	1	1
Ribaltamento	1	1
Stabilità globale/interna	-	1,1

Tabella 8 – Coefficienti parziali per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO (R1 ed R2)

Gli Stati Limite (**SL**) di riferimento per verifiche in presenza di sisma, così come definiti nei Doc. [1], sono suddivisi come riportato al par. 3.2.1 del Doc. [1]:

- Stati limite di Esercizio (**SLE**)
 - Stato Limite di immediata Operatività **SLO** per le strutture ed apparecchiature che debbono restare operative a seguito dell'evento sismico. Tale stato limite non si applica per l'opera in oggetto.
 - Stato Limite di Danno **SLD** definito come lo stato limite da rispettare per garantire la sostanziale integrità dell'opera ed il suo immediato utilizzo.

- Stati Limite Ultimi (**SLU**)
 - Stato Limite di Salvaguardia della Vita umana, **SLV**, definito come lo stato limite in cui la struttura subisce una significativa perdita della rigidezza nei confronti dei carichi orizzontali ma non nei confronti dei carichi verticali. Permane un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.
 - Stato Limite di Prevenzione del Collasso, **SLC**, stato limite nel quale la struttura subisce gravi danni strutturali, mantenendo comunque un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza a collasso per carichi orizzontali.

La Tabella 9 riporta, in funzione della classe d'uso della struttura, lo stato limite da considerare in funzione della verifica di sicurezza appropriata per l'opera (Tabella C7.1.I del Doc. [1]).

ANAS S.p.A. S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2 PROGETTO DEFINITIVO T00OS01GETRE01A <i>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</i>	File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 27 di 100
---	--

Stato Limite	Prestazione da verificare	Classe d'uso			
		I	II	III	IV
SLO	Contenimento del danno degli elementi non strutturali			X	X
	Funzionalità degli impianti			X	X
SLD	Resistenza degli elementi strutturali			X	X
	Contenimento del danno degli elementi non strutturali	X	X		
	Contenimento delle deformazioni del sistema fondazione-terreno	X	X	X	X
	Contenimento degli spostamenti permanenti dei muri di sostegno	X	X	X	X
SLV	Assenza di martellamento tra strutture contigue	X	X	X	X
	Resistenza delle strutture	X	X	X	X
	Duttilità delle strutture	X	X	X	X
	Assenza di collasso fragile ed espulsione di elementi non strutturali	X	X	X	X
	Resistenza dei sostegni e collegamenti degli impianti	X	X	X	X
	Stabilità del sito	X	X	X	X
	Stabilità dei fronti di scavo e dei rilevati	X	X	X	X
	Resistenza del sistema terreno-fondazione	X	X	X	X
	Stabilità del muro di sostegno	X	X	X	X
	Stabilità delle paratie	X	X	X	X
	Resistenza e stabilità dei sistemi di contrasto e degli ancoraggi	X	X	X	X
SLC	Resistenza dei dispositivi di vincolo temporaneo tra costruzioni isolate	X	X	X	X
	Capacità di spostamento degli isolatori	X	X	X	X

Tabella 9 – Verifiche di sicurezza in funzione della Classe d'uso (Tab C7.1.I del Doc. [1])

Con riferimento all'opera in oggetto, le verifiche geotecniche in presenza di evento sismico richiedono la

- verifica ai seguenti stati limite:
 - Stato Limite Ultimo: **SLV** – Stato Limite di Salvaguardia della Vita (cui corrisponde una probabilità di superamento Pvr =10%);
 - Stato Limite Esercizio: **SLD** – Stato Limite di Danno (cui corrisponde una probabilità di superamento Pvr =63%);

Le suddette probabilità, valutate nel periodo di riferimento V_R per l'azione sismica, consentono di determinare, per ciascuno stato limite, il tempo di ritorno del terremoto di progetto corrispondente.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 28 di 100</p>
--	---

7.1 SLU di tipo geotecnico

Le verifiche SLU di tipo geotecnico eseguite sono le seguenti:

- verifica di stabilità globale : Approccio 1 – Combinazione 2: A2+M2+R2,
- verifica allo scorrimento sul piano di posa, con almeno uno dei seguenti approcci:
Approccio 1 : Combinazione 1 A1+M1+R1 e Combinazione 2: A2+M2+R2,
Approccio 2: A1+M1+R3,
- verifica al carico limite, con almeno uno dei seguenti approcci:
Approccio 1 : Combinazione 1 A1+M1+R1 e Combinazione 2: A2+M2+R2,
Approccio 2: A1+M1+R3,
- verifica al ribaltamento: combinazione EQU+M2+R1.

7.2 Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto M_s/M_r sia maggiore di 1.

Deve quindi essere verificata la seguente diseuguaglianza

$$\frac{M_R}{M_S} > 1$$

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta S , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli).

7.3 Verifica a 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 deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti al-

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d</p> <p>oc</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 29 di 100</p>
--	---

lo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza δ_s

$$\frac{F_R}{F_S} > 1$$

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 e dalla resistenza per adesione 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, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_f la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come:

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_f$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione, δ_f , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di $\frac{2}{3}$ pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione. Nelle verifiche allo scorrimento si sono considerati nulli il contributo del terreno di valle e l'adesione c_a terreno-fondazione.

7.4 Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a 1. Cioè, detto Q_u , il carico limite ed R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} > 1$$

Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di MEYERHOF.

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$Q_u = c N_c d_{c1} c + q N_q d_{q1} q + 0.5 \gamma B N_\gamma d_{\gamma 1} \gamma$$

- c coesione del terreno in fondazione;
- ϕ angolo di attrito del terreno in fondazione;
- γ peso di volume del terreno in fondazione;
- B larghezza della fondazione;
- D profondità del piano di posa;

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 30 di 100</p>
--	---

q pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

$$A = e^{\pi \operatorname{tg} \phi}$$

$$N_q = A \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \operatorname{tg} (1.4\phi)$$

I fattori d e i che compaiono nella formula sono rispettivamente i fattori di profondità ed i fattori di inclinazione del carico espressi dalle seguenti relazioni:

Fattori di profondità

$$d_q = 1 + 0.2 * \frac{D}{B} * \sqrt{K_p} \quad \text{per } \phi > 0$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \text{per } \phi = 0$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 * \frac{D}{B} * \sqrt{K_p} \quad \text{per } \phi > 0$$

Fattori di inclinazione

Indicando con θ l'angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale (espresso in gradi) e con ϕ l'angolo d'attrito del terreno di posa:

$$i_c = i_q = (1 - \theta^\circ/90)^\phi$$

$$i_\gamma = (1 - \frac{\theta}{\phi})^\phi \quad \phi > 0$$

$$i_\gamma = 0 \quad \text{per } \phi = 0$$

7.5 Verifica di stabilità globale

Tale verifica, prescritta da tutte le normative, è di grande importanza, specialmente se i terreni interessati sono instabili, oppure se il sovraccarico agente sul terrapieno è molto elevato. Infatti, con tale verifica, si determina il grado di sicurezza sia del manufatto, sia del terreno, nei confronti di possibili scorrimenti lungo superfici di rottura passanti al di sotto del piano di appoggio del muro. La verifica, effettuata ricorrendo ai metodi di calcolo della stabilità dei pendii, consiste nel ricercare, tra le possibili superfici di rottura, quella che presenta il minor coefficiente di sicurezza e nel confrontare, quindi, le resistenze e le azioni sollecitanti lungo tale superficie. Secondo questi metodi è necessario ipotizzare una superficie di scorrimento del terreno di forma qualsiasi, passante al di sotto del muro e valutare, rispetto al generico polo, i momenti instabilizzanti, generati dalle forze peso, ed i momenti resistenti, generati dalle reazioni del terreno. Trai vari metodi presenti in letteratura, quello utilizzato è quello di Bishop.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File:</p> <p>T00OS01GETRE01A.d</p> <p>oc</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 31 di 100</p>
--	---

7.6 SLE- Verifica di fessurazione

La verifica della sezione a questo stato limite è stata effettuata ipotizzando le seguenti condizioni ambientali:

- Ambiente aggressivo, sul paramento verticale del muro;
- Ambiente ordinario, sulla soletta di fondazione del muro.

Essa viene condotta per le sole analisi in condizioni statiche, calcolando le tensioni massime sul rivestimento a partire dai valori nominali ottenuti dalla analisi e confrontando queste con quelle ammissibili definite al §7.7.

La verifica risulta completata, nel caso di significativi valori di trazione per le barre di armatura, da verifica a fessurazione. Si fa notare come, in realtà, non risulti necessaria tale verifica per tensioni lato acciaio almeno pari a 200 MPa (rispettato inoltre il vincolo della spaziatura), come da indicazioni in EC2.

Il valore di apertura delle fessure ammesso è in:

- Ambiente aggressivo: w frequente <w2=0.3 mm e w quasi permanente <w1=0.2 mm,
- Ambiente ordinario: w frequente <w3=0.4 mm e w quasi permanente <w2=0.3 mm.

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w _d	Stato limite	w _d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	≤ w ₂	ap. fessure	≤ w ₃
		quasi permanente	ap. fessure	≤ w ₁	ap. fessure	≤ w ₂
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	≤ w ₁	ap. fessure	≤ w ₂
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w ₁
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	≤ w ₁
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w ₁

Tabella 10 – Limiti di apertura ammissibili delle fessure secondo NTC18 [8]

L'ampiezza di calcolo delle fessure è ottenuta dalla relazione:

$$w_k = 1.7 * w_m = 1.7 * s_{rm} * \epsilon_{sm}$$

dove:

w_m: apertura media delle fessure

s_{rm}: distanza media finale tra le fessure

ε_{sm}: deformazione media che tiene conto di una serie di effetti, fra cui "tension stiffening", ritiro, ecc.;

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 32 di 100</p>
--	---

Per il calcolo di ε_{sm} , e σ_{sr} vanno utilizzati criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica (RILEM TC 162-TDF) nel rispetto delle indicazioni fornite nel paragrafo C4.1.2.2.4.6 della Circolare 21/01/2019.

Errore. Non si possono creare oggetti dalla modifica di codici di campo. ;

ϕ : diametro delle barre

k_1 : coefficiente che tiene conto della tipologia delle barre

0.8 per barre lisce;

k_2 : coefficiente che tiene conto della forma del diagramma delle deformazioni,

0.5 in flessione

1.0 in trazione

Errore. Non si possono creare oggetti dalla modifica di codici di campo. rapporto di armatura efficace, con

A_s area dell'armatura contenuta nell'area tesa efficace

$A_{c,eff}$ area tesa efficace

Errore. Non si possono creare oggetti dalla modifica di codici di campo. deformazione media ;

σ_s : tensione dell'acciaio calcolata nella sezione fessurata per la combinazione di azioni considerata

σ_{sr} : tensione dell'acciaio calcolata nella sezione fessurata per la sollecitazione corrispondente al raggiungimento della resistenza a trazione f_{ctm} nella fibra di calcestruzzo più sollecitata nella sezione interamente reagente.

$\beta_1 = 1$ per barre ad aderenza migliorata

$\beta_2 = 0.5$ nel caso di azioni di lunga durata o ripetute.

7.7 SLE- Verifica delle tensioni

Si verificheranno che le tensioni nelle sezioni in analisi, rispettivamente lato calcestruzzo ed acciaio, non superino i seguenti valori:

- Per la combinazione rara:
 - $\sigma_c \leq 0.6 f_{ck}$
 - $\sigma_s \leq 0.8 f_{yk}$,
- Per la combinazione quasi permanente:
 - $\sigma_c \leq 0.45 f_{ck}$

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File:</p> <p>T00OS01GETRE01A.d</p> <p>oc</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 33 di 100</p>
--	---

7.8 VALIDAZIONE SOFTWARE

Come mostrato in precedenza tutte le verifiche effettuate risultano soddisfatte secondo le richieste come da Normativa.

Il software utilizzato per la modellazione numerica è stato sviluppato dall'ing. Mauro Barale (<https://www.mbmuro.it/>) ed è stato validato attraverso un foglio Excel e calcoli manuali redatti dai progettisti del seguente rapporto, confrontandolo inoltre con altri progetti simili già realizzati. Le formule utilizzate sono riportate nel seguente rapporto e negli allegati di calcolo.

ANAS S.p.A. S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2 PROGETTO DEFINITIVO T00OS01GETRE01A <i>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</i>	File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 34 di 100
---	--

8 CONCLUSIONI

Si riportano nelle seguenti tabelle i risultati delle:

verifiche SLU a scorrimento, ribaltamento, carico limite e stabilità globale (Tabelle da 11 a 14),

Incidenze delle armature.

Le tabelle di sintesi sottostanti riportano i risultati ottenuti seguendo rispettivamente l'approccio 1-combinazione 2 e l'approccio 2. I vari dettagli dell'analisi vengono riportati negli allegati di calcolo a fine relazione. Le verifiche delle sezioni agli SLU e SLE risultano verificate con la sola predisposizione di armature a flessione (assenza di armature a taglio) con le incidenze mostrate in Tabella 11. Le verifiche risultano soddisfatte se il rapporto tra l'azione sollecitante Az.(ed) e quella resistente Res. (Rd) è maggiore di 1:

$$\frac{Az. (ed)}{Res. (Rd)} > 1$$

Muro di sostegno	Elemento strutturale	Larghezza progetto (m)	Altezza progetto (m)	Incidenza armatura (kg/m ³)
Tipologia Sezione 2	Paramento verticale	0,7	3,8	80
	Soletta	3,7	0,5	80
Tipologia Sezione 1	Paramento verticale	0,7	4,6	80
	Soletta	4,4	0,7	80

Tabella 11 – Incidenza delle armature del muro di sostegno di tipologia 1 e 2

**** VERIFICHE STABILITA' GLOBALE ****					
BISHOP		Az. (Ed)	Res. (Rd)	fs	chk
NC	Descrizione	[kN*m]	[kN*m]	[-]	
2	Statica (A2 +M2+R2)	1921.50	3420.60	1.780	ok
4	Sisma Su (M1+R3)	1468.29	3591.34	2.446	ok
5	Sisma Giu (M1+R3)	1492.22	3652.34	2.448	ok

Tabella 12 – Risultati verifiche SLU con Approccio 1 per la tipologia di sezione 1

**** VERIFICHE STABILITA' GLOBALE ****					
BISHOP		Az. (Ed)	Res. (Rd)	fs	chk
NC	Descrizione	[kN*m]	[kN*m]	[-]	
2	Statica (A2 +M2+R2)	3424.24	5693.84	1.663	ok
4	Sisma Su (M1+R3)	2775.92	6184.85	2.228	ok
5	Sisma Giu (M1+R3)	2821.31	6290.02	2.229	ok

ANAS S.p.A. S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2 PROGETTO DEFINITIVO T00OS01GETRE01A Relazione di calcolo muro di sottoscarpa	File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 35 di 100
---	--

Tabella 13 – Risultati verifiche SLU con Approccio 1 per la tipologia di sezione 2

**** VERIFICHE ****					
SCORRIMENTO		Az. (Ed)	Res. (Rd)	fs	chk
NC	Descrizione	[kN]	[kN]	[-]	
1	Statica (A1 +M1+R3)	154.94	190.75	1.23	ok
3	Statica (EQU+M1+R3)	--	--	--	--
4	Sisma Su (M1+R3)	144.13	201.01	1.39	ok
5	Sisma Giu (M1+R3)	146.86	218.64	1.49	ok
RIBALTAMENTO		Az. (Ed)	Res. (Rd)	fs	chk
NC	Descrizione	[kNm]	[kNm]	[-]	
1	Statica (A1 +M1+R3)	261.50	515.48	1.97	ok
3	Statica (EQU+M1+R3)	239.46	463.93	1.94	ok
4	Sisma Su (M1+R3)	251.95	567.90	2.25	ok
5	Sisma Giu (M1+R3)	257.81	617.70	2.40	ok
CAPACITA' PORTANTE		Az. (Ed)	Res. (Rd)	fs	chk
NC	Descrizione	[kN]	[kN]	[-]	
1	Statica (A1 +M1+R3)	299.66	352.86	1.18	ok
3	Statica (EQU+M1+R3)	--	--	--	--
4	Sisma Su (M1+R3)	287.08	406.31	1.42	ok
5	Sisma Giu (M1+R3)	312.25	527.09	1.69	ok

Tabella 14 – Risultati verifiche SLU con Approccio 2 per la tipologia di sezione 1

**** VERIFICHE ****					
SCORRIMENTO		Az. (Ed)	Res. (Rd)	fs	chk
NC	Descrizione	[kN]	[kN]	[-]	
1	Statica (A1 +M1+R3)	219.62	275.03	1.25	ok
3	Statica (EQU+M1+R3)	--	--	--	--
4	Sisma Su (M1+R3)	213.27	289.82	1.36	ok
5	Sisma Giu (M1+R3)	217.36	315.23	1.45	ok
RIBALTAMENTO		Az. (Ed)	Res. (Rd)	fs	chk
NC	Descrizione	[kNm]	[kNm]	[-]	
1	Statica (A1 +M1+R3)	447.87	901.05	2.01	ok
3	Statica (EQU+M1+R3)	406.61	810.95	1.99	ok
4	Sisma Su (M1+R3)	456.60	992.69	2.17	ok
5	Sisma Giu (M1+R3)	467.44	1079.73	2.31	ok
CAPACITA' PORTANTE		Az. (Ed)	Res. (Rd)	fs	chk
NC	Descrizione	[kN]	[kN]	[-]	
1	Statica (A1 +M1+R3)	432.05	479.55	1.11	ok
3	Statica (EQU+M1+R3)	--	--	--	--
4	Sisma Su (M1+R3)	413.91	470.79	1.14	ok
5	Sisma Giu (M1+R3)	450.20	617.56	1.37	ok

Tabella 15 – Risultati verifiche SLU con Approccio 2 per la tipologia di sezione 2

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

9 ALLEGATI DI CALCOLO**9.1 Input di calcolo**

Edit Geometria

Tipologia Muro

Standard

Lv (Valle)

Lm (Monte)

Std. + Gradone

Lv + Gradone

Lm + Gradone

Std. + Nervature

Lv + Nervature

Lm + Nervature

Peso Specif.

[kN/mc]

Geometria Muro

Base Fondazione (B) [m]:

Spess. Fondazione (Hf) [m]:

Fondaz. Anteriore (S) [m]:

Altezza Elevazione (He) [m]:

Inclinazione Anteriore (i) [%]:

Spessore in Testa (s) [m]:

Inclinazione Posteriore (j) [%]:

Geometria Gradone

Spessore Gradone (sg) [m]:

Altezza Gradone (Hg) [m]:

Geometria Nervature

Spessore Base (Sb) [m]:

Spessore Testa (St) [m]:

Altezza (Hn) [m]:

Interasse Long. (in) [m]:

Spessore Long. (sn) [m]:

Peso Specif. Equivalente:

OK Annulla

Figura 6: Geometria della tipologia 1 di muro di sostegno

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

Edit Geometria

Tipologia Muro	
<input checked="" type="radio"/>	Standard
<input type="radio"/>	Lv (Valle)
<input type="radio"/>	Lm (Monte)
<input type="radio"/>	Std. + Gradone
<input type="radio"/>	Lv + Gradone
<input type="radio"/>	Lm + Gradone
<input type="radio"/>	Std. + Nervature
<input type="radio"/>	Lv + Nervature
<input type="radio"/>	Lm + Nervature

Peso Specif.	
<input type="text" value="25.00"/>	[kN/mc]

Geometria Muro	
Base Fondazione (B) [m]:	<input type="text" value="4.40"/>
Spess. Fondazione (Hf) [m]:	<input type="text" value="0.70"/>
Fondaz. Anteriore (S) [m]:	<input type="text" value="0.70"/>
Altezza Elevazione (He) [m]:	<input type="text" value="4.60"/>
Inclinazione Anteriore (i) [%]:	<input type="text" value="0.00"/>
Spessore in Testa (s) [m]:	<input type="text" value="0.70"/>
Inclinazione Posteriore (j) [%]:	<input type="text" value="0.00"/>

Geometria Gradone	
Spessore Gradone (sg) [m]:	<input type="text" value="0.00"/>
Altezza Gradone (Hg) [m]:	<input type="text" value="0.00"/>

Geometria Nervature	
Spessore Base (Sb) [m]:	<input type="text" value="0.00"/>
Spessore Testa (St) [m]:	<input type="text" value="0.00"/>
Altezza (Hn) [m]:	<input type="text" value="0.00"/>
Interasse Long. (in) [m]:	<input type="text" value="0.00"/>
Spessore Long. (sn) [m]:	<input type="text" value="0.00"/>
Peso Specif. Equivalente:	<input type="text" value="0.00"/>

OK Annulla

Figura 7: Geometria della tipologia 2 di muro di sostegno

ANAS S.p.A.

S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

File:

T00OS01GETRE01A.d

oc

Data: Giugno 2020

Pag. 38 di 100

Caratteristiche geotecniche strati di terreno

Strati lungo l'elevazione (a partire dal piano Fondazione)					
N.ro	Spessore [m]	Gamma [kN/mc]	Coe [kPa]	Attr [°]	Inclin [°]
1	5.30	19.50	0.00	35.00	0.00
*					

N. Strati = 1

FALDA
Altezza Falda a Monte [m]:
Altezza Falda a Valle [m]:
(A partire dal piano di fondazione)

Terreno SOTTO il piano di Fondazione:
Gamma [kN/mc]:
Angolo di Attrito [°]:
Coesione [kPa]:
Inclinaz. Monte [°]:
Inclinaz. Valle [°]:

Ok

Considera il terreno davanti alla fondazione
Nelle Opzioni di Calcolo è selezionato di NON considerare la Resistenza Passiva del terreno di valle
Il terreno di valle verrà considerato solo come sovraccarico agli effetti della capacità portante della fondazione
Se si vuole considerare anche la resistenza passiva occorre specificarlo nella scheda Opzioni di Calcolo

Strati davanti alla Fondazione (a partire dal piano Fondazione)					
N.ro	Spessore [m]	Gamma [kN/mc]	Coe [kPa]	Attr [°]	Inclin [°]
1	1.10	19.50	0.00	35.00	0.00
*					

Considera il terreno Sulla Fondazione

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

File:**T00OS01GETRE01A.d****oc****Data: Giugno 2020****Pag. 39 di 100**

Coefficienti S.L.U.

AZIONI		NTC18 (Tab. 6.2.I)		
Coefficienti Parziali Azioni			(A1)	(A2)
AZIONE		(EQU)	(STR)	(GEO)
Perm. Favorevole	γ_{G1}	0.90	1.00	1.00
Perm. Sfavorevole		1.10	1.30	1.00
Per. Non Strutt. Favorevole	γ_{G2}	0.80	0.80	0.80
Per. Non Strutt. Sfavorevole		1.50	1.50	1.30
Variab. Favorevole	γ_Q	0.00	0.00	0.00
Variab. Sfavorevole		1.50	1.50	1.30
Custom Favorevole	γ_Q	1.00	1.00	1.00
Custom Sfavorevole		1.00	1.00	1.00

RESISTENZE		NTC18 (Tab. 6.2.II)		
Coefficienti Parziali parametri del Terreno			(M1)	(M2)
PARAMETRO				
Tangente ϕ	$\tan \phi$		1.00	1.25
Coesione efficace	c'	k	1.00	1.25
Resist. non drenata	c	$u k$	1.00	1.40
Peso unità di volume	γ		1.00	1.00

Coefficienti GLOBALI di sic.		Ver. Statiche	Ver. Sismiche
Verifica		Tab. 6.5.I	Tab. 7.11.III
		(R3)	(R3)
Capacità Portante	γ_R	1.40	1.20
Scorrimento	γ_R	1.10	1.00
Ribaltamento	γ_R	1.15	1.00
Resist. terreno di valle	γ_R	1.40	1.20
Stabilità Globale	γ_R	1.10	NTC18 (Tab. 6.8.I)

Per effettuare il calcolo delle verifiche SLE, si sono modificati i coefficienti SLU per ottenere i medesimi risultati delle SLE, in quanto il software non ha implementata la parte SLE di default.

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

Coefficienti S.L.E FREQUENTE

AZIONI**NTC18 (Tab. 6.2.I)****Coefficienti Parziali Azioni**

AZIONE		(EQU)	(A1) (STR)	(A2) (GEO)
Perm. Favorevole	γ_{G1}	1.00	1.00	1.00
Perm. Sfavorevole		1.00	1.00	1.00
Per. Non Strutt. Favorevole	γ_{G2}	1.00	1.00	1.00
Per. Non Strutt. Sfavorevole		1.00	1.00	1.00
Variab. Favorevole	γ_Q	0.70	0.70	0.70
Variab. Sfavorevole		0.70	0.70	0.70
Custom Favorevole	γ_Q	0.70	0.70	0.70
Custom Sfavorevole		0.70	0.70	0.70

Ripristina i
Valori di
Norma**RESISTENZE****Coefficienti Parziali parametri del Terreno****NTC18 (Tab. 6.2.II)**

PARAMETRO		(M1)	(M2)
Tangente ϕ	$\tan \phi$	1.00	1.00
Coesione efficace	c' k	1.00	1.00
Resist. non drenata	c u_k	1.00	1.00
Peso unità di volume	γ	1.00	1.00

Ripristina i
Valori di
Norma**Coefficienti GLOBALI di sic.****Verifica**

		Ver. Statiche Tab.6.5.I (R3)	Ver. Sismiche Tab.7.11.III (R3)
Capacità Portante	γ_R	1.00	1.00
Scorrimento	γ_R	1.00	1.00
Ribaltamento	γ_R	1.00	1.00
Resist. terreno di valle	γ_R	1.00	1.00
Stabilità Globale	γ_R	1.00	NTC18 (Tab. 6.8.I)

Ripristina i
Valori di
Norma

OK

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

Coefficienti S.LE QUASI PERMANENTE

AZIONI

NTC18 (Tab. 6.2.I)

Coefficienti Parziali Azioni

AZIONE		(EQU)	(A1) (STR)	(A2) (GEO)	Ripristina i Valori di Norma
Perm. Favorevole	γ_{G1}	1.00	1.00	1.00	
Perm. Sfavorevole		1.00	1.00	1.00	
Per. Non Strutt. Favorevole	γ_{G2}	1.00	1.00	1.00	
Per. Non Strutt. Sfavorevole		1.00	1.00	1.00	
Variab. Favorevole	γ_Q	0.60	0.60	0.60	
Variab. Sfavorevole		0.60	0.60	0.60	
Custom Favorevole	γ_Q	0.60	0.60	0.60	
Custom Sfavorevole		0.60	0.60	0.60	

RESISTENZE**Coefficienti Parziali parametri del Terreno**

NTC18 (Tab. 6.2.II)

PARAMETRO		(M1)	(M2)	Ripristina i Valori di Norma
Tangente ϕ	$\tan \phi$	1.00	1.00	
Coesione efficace	c'	1.00	1.00	
Resist. non drenata	c_{uk}	1.00	1.00	
Peso unità di volume	γ	1.00	1.00	

Coefficienti GLOBALI di sic.**Verifica**

		Ver. Statiche Tab.6.5.I (R3)	Ver. Sismiche Tab.7.11.III (R3)	Ripristina i Valori di Norma
Capacità Portante	γ_R	1.00	1.00	
Scorrimento	γ_R	1.00	1.00	
Ribaltamento	γ_R	1.00	1.00	
Resist. terreno di valle	γ_R	1.00	1.00	
Stabilità Globale	γ_R	1.00	NTC18 (Tab. 6.8.I)	

OK

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

Coefficienti S.L.E RARA

AZIONI**NTC18 (Tab. 6.2.I)****Coefficienti Parziali Azioni**

AZIONE		(EQU)	(A1) (STR)	(A2) (GEO)
Perm. Favorevole	γ_{G1}	1.00	1.00	1.00
Perm. Sfavorevole		1.00	1.00	1.00
Per. Non Strutt. Favorevole	γ_{G2}	1.00	1.00	1.00
Per. Non Strutt. Sfavorevole		1.00	1.00	1.00
Variab. Favorevole	γ_Q	0.70	0.70	0.70
Variab. Sfavorevole		0.70	0.70	0.70
Custom Favorevole	γ_Q	0.70	0.70	0.70
Custom Sfavorevole		0.70	0.70	0.70

Ripristina i
Valori di
Norma**RESISTENZE****Coefficienti Parziali parametri del Terreno****NTC18 (Tab. 6.2.II)**

PARAMETRO		(M1)	(M2)
Tangente ϕ	$\tan \phi$	1.00	1.00
Coesione efficace	$c' k$	1.00	1.00
Resist. non drenata	c_{uk}	1.00	1.00
Peso unità di volume	γ	1.00	1.00

Ripristina i
Valori di
Norma**Coefficienti GLOBALI di sic.****Verifica**

		Ver. Statiche Tab.6.5.I (R3)	Ver. Sismiche Tab.7.11.III (R3)
Capacità Portante	γ_R	1.00	1.00
Scorrimento	γ_R	1.00	1.00
Ribaltamento	γ_R	1.00	1.00
Resist. terreno di valle	γ_R	1.00	1.00
Stabilità Globale	γ_R	1.00	NTC18 (Tab. 6.8.I)

Ripristina i
Valori di
Norma

OK

9.2 Verifiche geotecniche-Tipologia Sezione 1

9.2.1. Grafici caso statico A1+M1+R3

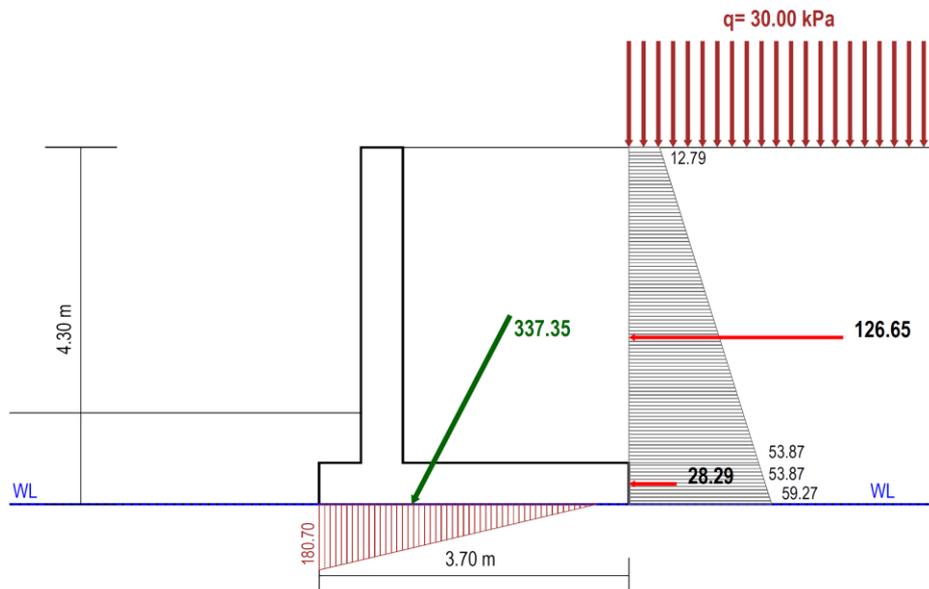
COMBINAZIONE DI CARICO N. 1:
Statica (A1 +M1+R3)

STRATI DI VALLE

STRATO.N.1
G = 19.50 kN/m³
φ' = 35.00 °
c' = 0.00 kN/m²

STRATI DI MONTE

STRATO.N.1
G = 19.50 kN/m³
φ' = 35.00 °
c' = 0.00 kN/m²



STRATO FONDAZIONE
G = 19.50 kN/m³
φ' = 35.00 °
c' = 0.00 kN/m²

Combinazione	VERIFICHE		
	Sciv	Rib	Cap
<input checked="" type="radio"/> Statica (A1 +M1+R3)	1.23	1.97	1.18
<input type="radio"/> Statica (A2 +M2+R2)			
<input type="radio"/> Statica (EQU+M1+R3)	-	1.94	-
<input type="radio"/> Sisma Su (M1+R3)	1.39	2.25	1.42
<input type="radio"/> Sisma Giu (M1+R3)	1.49	2.40	1.69
<input type="radio"/> Sisma Su (M2+R2)			
<input type="radio"/> Sisma Giu (M2+R2)			

ANAS S.p.A. S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2 PROGETTO DEFINITIVO T00OS01GETRE01A Relazione di calcolo muro di sottoscarpa	File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 44 di 100
---	--

MASSE STRUTTURALI						
N.Mat	P.S. [kN/mc]	Area [mq]	Peso [kN]	Xg [m]	Yg [m]	Tipo Azione
1	25.00	3.750	93.75	1.29	1.34	Perm. Strutt.

MASSE DI TERRENO GRAVANTI SULL'OPERA DI SOSTEGNO						
n.	Strato	P.S. [kN/mc]	Area [mq]	Peso [kN]	Xg [m]	Yg [m]
1	1	19.50	10.260	200.06	2.35	2.40

MASSE DI TERRENO GRAVANTI SULLA FONDAZIONE ANTERIORE						
n.	Strato	P.S. [kN/mc]	Area [mq]	Peso [kN]	Xg [m]	Yg [m]
2	1	19.50	0.300	5.85	0.25	0.80

STRATI DI TERRENO LUNGO L'ELEVAZIONE PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO (Coeff. parziali M1)			
Strato n.	P.S. [kN/mc]	Attrito [°]	Coe [kN/mq]
1	19.50	35.00	0.00

STRATI DI TERRENO IN AFFIANCAMENTO ALLA FONDAZIONE PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO (Coeff. parziali M1)			
Strato n.	P.S. [kN/mc]	Attrito [°]	Coe [kN/mq]
1	19.50	35.00	0.00

COEFFICIENTI DI SPINTA Ko (Coeff. parziali M1)		
Strato n.	Phi_d [°]	ko [-]
01	35.00	0.426

ANAS S.p.A. S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2 PROGETTO DEFINITIVO T00OS01GETRE01A <i>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</i>	File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 45 di 100
--	--

MASSE STRUTTURALI						
N.Mat	P.S. [kN/mc]	Area [mq]	Peso [kN]	Xg [m]	Yg [m]	Tipo Azione
1	25.00	3.750	93.75	1.29	1.34	Perm. Strutt.

MASSE DI TERRENO GRAVANTI SULL'OPERA DI SOSTEGNO						
n.	Strato	P.S. [kN/mc]	Area [mq]	Peso [kN]	Xg [m]	Yg [m]
1	1	19.50	10.260	200.06	2.35	2.40

MASSE DI TERRENO GRAVANTI SULLA FONDAZIONE ANTERIORE						
n.	Strato	P.S. [kN/mc]	Area [mq]	Peso [kN]	Xg [m]	Yg [m]
2	1	19.50	0.300	5.85	0.25	0.80

STRATI DI TERRENO LUNGO L'ELEVAZIONE PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO (Coeff. parziali M1)			
Strato n.	P.S. [kN/mc]	Attrito [°]	Coe [kN/mq]
1	19.50	35.00	0.00

STRATI DI TERRENO IN AFFIANCAMENTO ALLA FONDAZIONE PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO (Coeff. parziali M1)			
Strato n.	P.S. [kN/mc]	Attrito [°]	Coe [kN/mq]
1	19.50	35.00	0.00

COEFFICIENTI DI SPINTA Ko (Coeff. parziali M1)		
Strato n.	Phi_d [°]	ko [-]
01	35.00	0.426

ANAS S.p.A. S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2 PROGETTO DEFINITIVO T00OS01GETRE01A Relazione di calcolo muro di sottoscarpa	File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 46 di 100
---	--

COMBINAZIONE DI CARICO N. 5: sisma Giu (M1+R3)

Coefficienti parziali di combinazione delle azioni:
 Spinta del terreno: Gamma_G1 = 1,00 (Perm. Strutt. sfav.)
 Spinta del sovracc.: Gamma_Q = 0,30 (variabile sfav.)

Tratto n.	z [m]	Sig_T [kPa]	Gamma_G1 [-]	Sig_Td [kPa]	Sig_Q [kPa]	Gamma_Q [-]	Sig_Qd [kPa]	DS_T [kPa]	DS_Q [kPa]	Sig_eff [kPa]
1	0.00	35.75	1.00	35.75	8.53	0.30	2.56	7.34	0.53	46.18
	0.50	31.60	1.00	31.60	8.53	0.30	2.56	7.34	0.53	42.02
2	0.50	31.60	1.00	31.60	8.53	0.30	2.56	7.34	0.53	42.02
	4.30	0.00	1.00	0.00	8.53	0.30	2.56	7.34	0.53	10.42

*** SPINTE A RIPOSO Ko EFFICACI DI CALCOLO LUNGO L'ELEVAZIONE ***

Legenda:

z = Quota a partire dal piano fondazione
 Csi = Angolo inclinazione paramento (orario rispetto all'orizzontale)
 Delta = Angolo di attrito al contatto
 Alpha = Angolo inclinazione spinta (antiorario rispetto all'orizzontale)
 F_T = valore complessivo di spinta
 F_X = componente orizzontale di spinta (>0 verso sinistra - ribaltante)
 F_Y = componente verticale di spinta (>0 verso il basso - stabilizz.)
 x_P,y_P = coordinate x,y punto di applicazione

COMBINAZIONE DI CARICO N. 5: sisma Giu (M1+R3)

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Csi [°]	Delta [°]	Alpha [°]	F_T [kN]	F_X [kN]	F_Y [kN]	x_P [m]	y_P [m]
1	0.00	0.50	90.00	0.00	0.00	22.05	22.05	0.00	3.70	0.25
2	0.50	4.30	90.00	0.00	0.00	99.64	99.64	0.00	3.70	2.02

ANAS S.p.A.

S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

File:

T00OS01GETRE01A.d

oc

Data: Giugno 2020

Pag. 47 di 100

*** V E R I F I C H E ***

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)

Terreno di fondazione - Parametri geotecnici di calcolo:

Gamma	19.50	[kN/m3]	p.s. naturale
Gamma'	9.50	[kN/m3]	p.s. efficace (condizioni Non Drenate)
ϕ	35.00	[°]	attrito di calcolo
c	0.00	[kN/m2]	coesione di calcolo

Terreno di fondazione - coeff. e Parametri di aderenza:

cf	1.00	[-]	aliquota attrito
cc	0.00	[-]	aliquota coesione
ϕ_a	35.00	[°]	attrito al contatto
ca	0.00	[kN/m2]	coesione di aderenza

VERIFICA A SCORRIMENTO:

Azione orizzontale:	Hed	219.62	kN
Carico verticale:	Ned	432.05	kN
Resistenza attrito:	$R_a = Ned * tg(\phi_a)$	302.53	kN
Base Fondazione:	B	4.40	m
Resistenza coesione:	$R_c = ca * B$	0.00	kN
Resistenza Totale:	$R_{tot} = R_a + R_c$	302.53	kN
Coeffic. parziale:	G_R	1.10	(NTC18 - Tab. 6.5.I)
Resistenza di calcolo:	$H_{rd} = R_{tot} / G_R$	275.03	kN
Verifica:	Hrd/Hed	1.25	----> ok!

VERIFICA A RIBALTAMENTO:

Momento Stabilizzante:	Mstab	1036.21	kNm
Coeffic. parziale:	G_R	1.15	(NTC18 - Tab. 6.5.I)
Resistenza a Ribaltamento:	$M_{rd} = M_{stab} / G_R$	901.05	kNm
Momento Ribaltante:	Med	447.87	kNm
Verifica:	Mrd/Med	2.01	----> ok!

ANAS S.p.A. S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2 PROGETTO DEFINITIVO T00OS01GETRE01A Relazione di calcolo muro di sottoscarpa	File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 48 di 100
---	--

COMBINAZIONE DI CARICO N. 5: sisma Giu (M1+R3)

Coefficienti parziali di combinazione delle azioni:
 Spinta del terreno: Gamma_G1 = 1,00 (Perm. Strutt. sfav.)
 Spinta del sovracc.: Gamma_Q = 0,30 (variabile sfav.)

Tratto n.	z [m]	Sig_T [kPa]	Gamma_G1 [-]	Sig_Td [kPa]	Sig_Q [kPa]	Gamma_Q [-]	Sig_Qd [kPa]	DS_T [kPa]	DS_Q [kPa]	Sig_eff [kPa]
1	0.00	35.75	1.00	35.75	8.53	0.30	2.56	7.34	0.53	46.18
	0.50	31.60	1.00	31.60	8.53	0.30	2.56	7.34	0.53	42.02
2	0.50	31.60	1.00	31.60	8.53	0.30	2.56	7.34	0.53	42.02
	4.30	0.00	1.00	0.00	8.53	0.30	2.56	7.34	0.53	10.42

*** SPINTE A RIPOSO Ko EFFICACI DI CALCOLO LUNGO L'ELEVAZIONE ***

Legenda:

z = Quota a partire dal piano fondazione
 Csi = Angolo inclinazione paramento (orario rispetto all'orizzontale)
 Delta = Angolo di attrito al contatto
 Alpha = Angolo inclinazione spinta (antiorario rispetto all'orizzontale)
 F_T = valore complessivo di spinta
 F_X = componente orizzontale di spinta (>0 verso sinistra - ribaltante)
 F_Y = componente verticale di spinta (>0 verso il basso - stabilizz.)
 x_P,y_P = coordinate x,y punto di applicazione

COMBINAZIONE DI CARICO N. 5: sisma Giu (M1+R3)

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Csi [°]	Delta [°]	Alpha [°]	F_T [kN]	F_X [kN]	F_Y [kN]	x_P [m]	y_P [m]
1	0.00	0.50	90.00	0.00	0.00	22.05	22.05	0.00	3.70	0.25
2	0.50	4.30	90.00	0.00	0.00	99.64	99.64	0.00	3.70	2.02

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d</p> <p>oc</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 49 di 100</p>
--	---

9.2.2. Grafici caso statico EQU+M1+R1

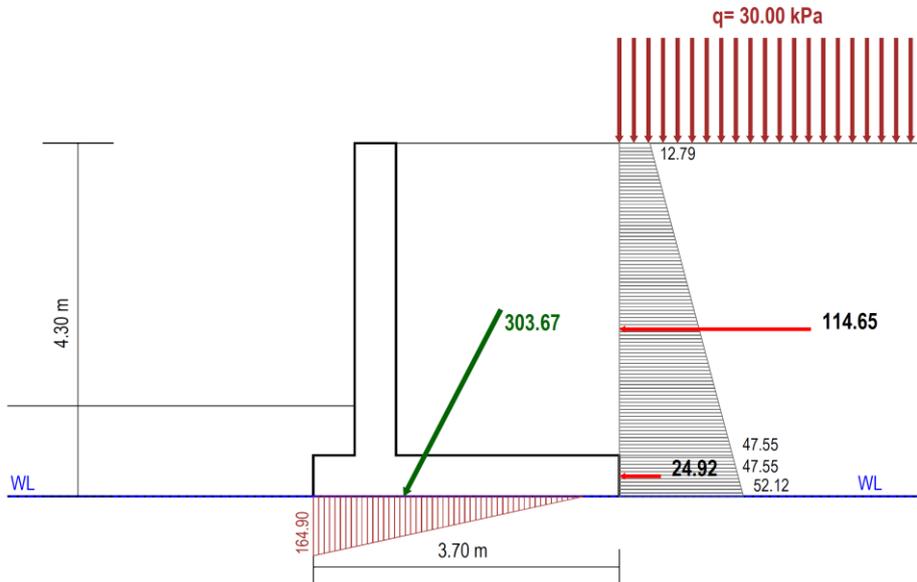
**COMBINAZIONE DI CARICO N. 3:
Statica (EQU+M1+R3)**

STRATI DI VALLE

STRATO N.1
G = 19.50 kN/m³
φ = 35.00 °
c = 0.00 kN/m²

STRATI DI MONTE

STRATO N.1
G = 19.50 kN/m³
φ = 35.00 °
c = 0.00 kN/m²



STRATO FONDAZIONE

G = 19.50 kN/m³
φ = 35.00 °
c = 0.00 kN/m²

Combinazione	VERIFICHE		
	Sciv	Rib	Cap
<input checked="" type="radio"/> Statica (A1 +M1+R3)	1.23	1.97	1.18
<input type="radio"/> Statica (A2 +M2+R2)			
<input type="radio"/> Statica (EQU+M1+R3)	-	1.94	-
<input type="radio"/> Sisma Su (M1+R3)	1.39	2.25	1.42
<input type="radio"/> Sisma Giu (M1+R3)	1.49	2.40	1.69
<input type="radio"/> Sisma Su (M2+R2)			
<input type="radio"/> Sisma Giu (M2+R2)			

ANAS S.p.A. S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2 PROGETTO DEFINITIVO T00OS01GETRE01A Relazione di calcolo muro di sottoscarpa	File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 50 di 100
---	--

RISULTATI DEL CALCOLO e VERIFICHE

VERIFICA A SCORRIMENTO:

Per la presente combinazione di carico è prevista la sola verifica a ribaltamento (NTC18 - 6.5.3.1.1)

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE:

Per la presente combinazione di carico è prevista la sola verifica a ribaltamento (NTC18 - 6.5.3.1.1)

VERIFICA A RIBALTAMENTO:

Momento Stabilizzante:	Mstab	533.52 kNm
Coeffic. parziale:	G_R	1.15
Resistenza a Ribaltamento:	Mrd = Mstab/G_R	463.93 kNm
Momento Ribaltante:	Med	239.46 kNm
Verifica:	Mrd/Med	1.94 ---> ok!

9.2.3. Grafici caso dinamico + (M1+R3)

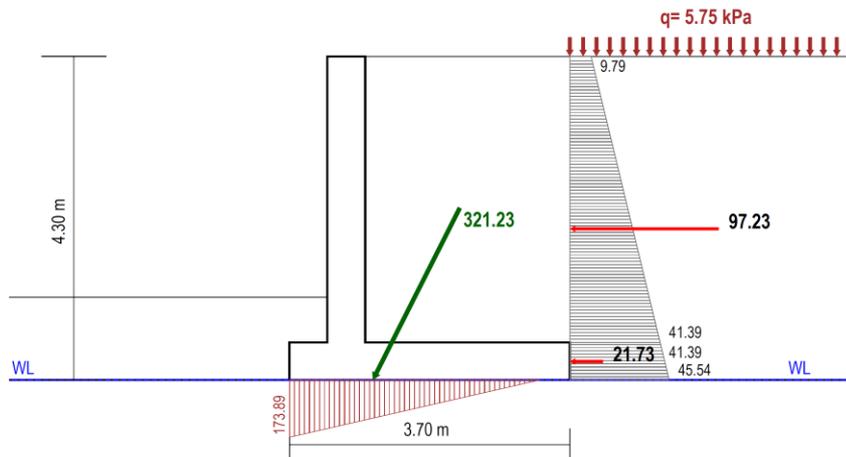
COMBINAZIONE DI CARICO N. 4: Sisma Su (M1+R3)

STRATI DI VALLE

STRATO.N.1
 G = 19.50 kN/m³
 φ' = 35.00 °
 c' = 0.00 kN/m²

STRATI DI MONTE

STRATO.N.1
 G = 19.50 kN/m³
 φ' = 35.00 °
 c' = 0.00 kN/m²



STRATO.FONDAZIONE

G = 19.50 kN/m³
 φ' = 35.00 °
 c' = 0.00 kN/m²

Combinazione	VERIFICHE		
	Sciv	Rib	Cap
<input type="radio"/> Statica (A1 +M1+R3)	1.23	1.97	1.18
<input type="radio"/> Statica (A2 +M2+R2)			
<input type="radio"/> Statica (EQU+M1+R3)	-	1.94	-
<input checked="" type="radio"/> Sisma Su (M1+R3)	1.39	2.25	1.42
<input type="radio"/> Sisma Giu (M1+R3)	1.49	2.40	1.69
<input type="radio"/> Sisma Su (M2+R2)			
<input type="radio"/> Sisma Giu (M2+R2)			

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

File:

T00OS01GETRE01A.d

oc

Data: Giugno 2020

Pag. 51 di 100

RISULTATI DEL CALCOLO e VERIFICHE

VERIFICA A SCORRIMENTO:

Azione Orizzontale:	Hed	144.13 kN
Carico verticale:	Ned	287.08 kN
Resistenza attrito:	$Ra = Ned * tg(\phi_a)$	201.01 kN
Base Fondazione:	B	3.70 m
Resistenza coesione:	$Rc = ca * B$	0.00 kN
Resistenza Totale:	$Rtot = Ra + Rc$	201.01 kN
Coeffic. parziale:	G_R	1.00
Resistenza di Calcolo:	$Hrd = Rtot / G_R$	201.01 kN
Verifica:	Hrd/Hed	1.39 ---> ok!

VERIFICA A RIBALTAMENTO:

Momento Stabilizzante:	Mstab	567.90 kNm
Coeffic. parziale:	G_R	1.00
Resistenza a Ribaltamento:	$Mrd = Mstab / G_R$	567.90 kNm
Momento Ribaltante:	Med	251.95 kNm
Verifica:	Mrd/Med	2.25 ---> ok!

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE:

Azione verticale	Med	287.08 kN
Azione orizzontale	Hed	144.13 kN
Sovraccarico laterale q		20.55 kPa
Eccentricita'	$e = B/2 - (Mstab - Mrdb) / Ned$	0.75 m
Base efficace	$B_{eff} = B - 2 e $	2.20 m
Fattore cap. port.	$Nq = exp(\pi * tg\phi) * tg^2(\pi/4 + \phi/2)$	33.30
Fattore cap. port.	$Nc = (Nq - 1) * cot\phi$	46.12
Fattore cap. port.	$Ng = 2 * (Nq + 1) * tg\phi$	48.03
coeff. inclin. carico	$ig = [1 - Hed / (Ned + B_{eff} * c * cot\phi)]^3$	0.12
coeff. inclin. carico	$iq = [1 - Hed / (Ned + B_{eff} * c * cot\phi)]^2$	0.25
coeff. inclin. carico	$ic = iq - [(1 - iq) / (Nc * tg\phi)]$	0.22
Inclin. P.C. (>=0)		
coeff. inclin. p.c.	gq	1.00
coeff. inclin. p.c.	gg	1.00
coeff. inclin. p.c.	gc	1.00
coeff. sismico	$kh = Ss * St * ag / g$	0.08
coeff. sismico	$zc = 1 - 0.32 * kh$	0.97
coeff. sismico	$zq = (1 - kh / tg\phi) ^ 0.35$	0.96
coeff. sismico	zg = zq	0.96
pressione limite (1)	$qlim1 = 0.5 * G' * B_{eff} * Ng * ig * gg * zg$	59.28 kN/m2
pressione limite (2)	$qlim2 = c * Nc * ic * gc * zc$	0.00 kN/m2
pressione limite (3)	$qlim3 = q * Ng * iq * gg * zq$	162.22 kN/m2
pressione lim. Tot.	$qlim = qlim1 + qlim2 + qlim3$	221.50 kN/m2
Resistenza totale	$Qlim = qlim * B_{eff}$	487.57 kN
Coeffic. parziale	G_R	1.20
Resistenza Calcolo	$Nrd = Qlim / G_R$	406.31 kN
Verifica	Nrd/Ned	1.42 ---> ok!

Grafici caso dinamico - (M1+R3)

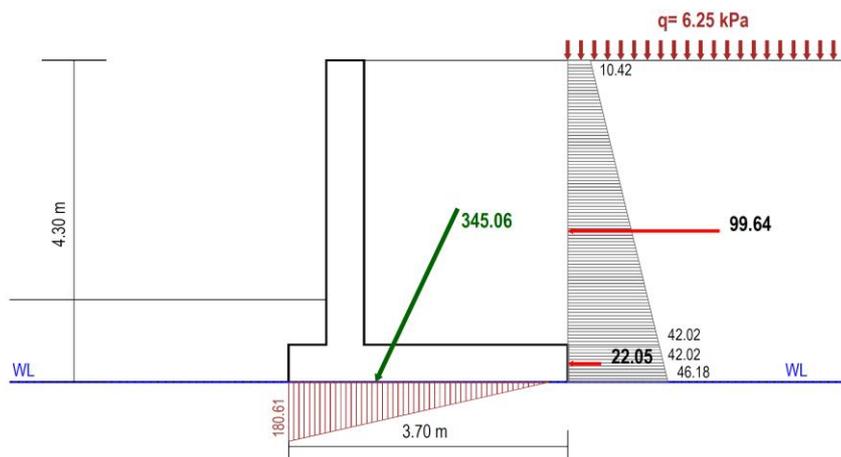
**COMBINAZIONE DI CARICO N. 5:
Sisma Giu (M1+R3)**

STRATI DI MONTE

STRATO.N.1
G = 19.50 kN/m3
 $\phi' = 35.00^\circ$
 $c' = 0.00$ kN/m2

STRATI DI VALLE

STRATO.N.1
G = 19.50 kN/m3
 $\phi' = 35.00^\circ$
 $c' = 0.00$ kN/m2



STRATO FONDAZIONE
G = 19.50 kN/m3
 $\phi' = 35.00^\circ$
 $c' = 0.00$ kN/m2

ANAS S.p.A.

S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

File:

T00OS01GETRE01A.d

oc

Data: Giugno 2020

Pag. 52 di 100

Combinazione	VERIFICHE		
	Sciv	Rib	Cap
<input type="radio"/> Statica (A1+M1+R3)	1.23	1.97	1.18
<input type="radio"/> Statica (A2+M2+R2)			
<input type="radio"/> Statica (EQU+M1+R3)	-	1.94	-
<input type="radio"/> Sisma Su (M1+R3)	1.39	2.25	1.42
<input checked="" type="radio"/> Sisma Giu (M1+R3)	1.49	2.40	1.69
<input type="radio"/> Sisma Su (M2+R2)			
<input type="radio"/> Sisma Giu (M2+R2)			

RISULTATI DEL CALCOLO e VERIFICHE

VERIFICA A SCORRIMENTO:

Azione Orizzontale:	Hed	146.86 kN
Carico verticale:	Ned	312.25 kN
Resistenza attrito:	$Ra = Ned \cdot tg(\phi_a)$	218.64 kN
Base Fondazione:	B	3.70 m
Resistenza coesione:	$Rc = ca \cdot B$	0.00 kN
Resistenza Totale:	$R_{tot} = Ra + Rc$	218.64 kN
Coeffic. parziale:	G_R	1.00
Resistenza di Calcolo:	$Hrd = R_{tot} / G_R$	218.64 kN
Verifica:	Hrd / Hed	1.49 ---> ok!

VERIFICA A RIBALTAMENTO:

Momento Stabilizzante:	Mstab	617.70 kNm
Coeffic. parziale:	G_R	1.00
Resistenza a Ribaltamento:	$Mrd = Mstab / G_R$	617.70 kNm
Momento Ribaltante:	Med	257.81 kNm
Verifica:	Mrd / Med	2.40 ---> ok!

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE:

Azione verticale	Ned	312.25 kN
Azione orizzontale	Hed	146.86 kN
Sovraccarico laterale	q	22.35 kPa
Eccentricita'	$e = B/2 - (Mstab - Mrib) / Ned$	0.70 m
Base efficace	$B_{eff} = B - 2 e $	2.31 m
Fattore cap. port.	$Nq = \exp(\pi \cdot tg\phi) \cdot tg^2(\pi/4 + \phi/2)$	33.30
Fattore cap. port.	$Nc = (Nq - 1) \cdot cot\phi$	46.12
Fattore cap. port.	$Ng = 2 \cdot (Nq + 1) \cdot tg\phi$	48.03
coeff. inclin. carico	$iq = [1 - Hed / (Ned + B_{eff} \cdot c \cdot cot\phi)]^3$	0.15
coeff. inclin. carico	$iq = [1 - Hed / (Ned + B_{eff} \cdot c \cdot cot\phi)]^2$	0.28
coeff. inclin. carico	$ic = iq - [(1 - iq) / (Nc \cdot tg\phi)]$	0.26
Inclin. P.C. (>=0)		
coeff. inclin. p.c.	gg	1.00
coeff. inclin. p.c.	gg	1.00
coeff. inclin. p.c.	gc	1.00
coeff. sismico	$kh = Ss \cdot St \cdot ag / g$	0.08
coeff. sismico	$zc = 1 - 0.32 \cdot kh$	0.97
coeff. sismico	$zq = (1 - kh / tg\phi) \cdot 0.35$	0.96
coeff. sismico	$zq = zq$	0.96
pressione limite (1)	$qlim1 = 0.5 \cdot G' \cdot B_{eff} \cdot Nq \cdot ig \cdot gg \cdot zq$	74.73 kN/m2
pressione limite (2)	$qlim2 = c \cdot Nc \cdot ic \cdot gc \cdot zc$	0.00 kN/m2
pressione limite (3)	$qlim3 = q \cdot Nq \cdot iq \cdot gg \cdot zq$	199.66 kN/m2
pressione lim. Tot.	$qlim = qlim1 + qlim2 + qlim3$	274.39 kN/m2
Resistenza totale	$Qlim = qlim \cdot B_{eff}$	632.50 kN
Coeffic. parziale	G_R	1.20
Resistenza Calcolo	$Nrd = Qlim / G_R$	527.09 kN
Verifica	Nrd / Ned	1.69 ---> ok!

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d</p> <p>oc</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 53 di 100</p>
--	---

9.3 Verifiche geotecniche-Tipologia Sezione 2

9.3.1. Grafici caso statico A1+M1+R3

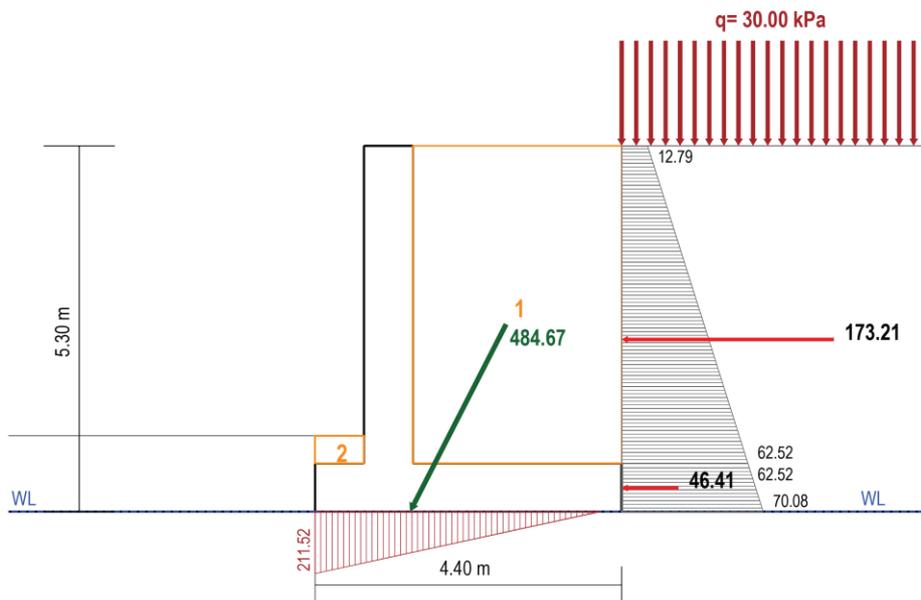
COMBINAZIONE DI CARICO N. 1:
Statica (A1+M1+R3)

STRATI DI VALLE

STRATO N.1
G = 19.50 kN/m³
φ' = 35.00°
c' = 0.00 kN/m²

STRATI DI MONTE

STRATO N.1
G = 19.50 kN/m³
φ' = 35.00°
c' = 0.00 kN/m²



STRATO FONDAZIONE

G = 19.50 kN/m³
φ' = 35.00°
c' = 0.00 kN/m²

Combinazione	VERIFICHE		
	Sciv	Rib	Cap
<input checked="" type="radio"/> Statica (A1+M1+R3)	1.25	2.01	1.11
<input type="radio"/> Statica (A2+M2+R2)			
<input type="radio"/> Statica (EQU+M1+R3)	-	1.99	-
<input type="radio"/> Sisma Su (M1+R3)	1.36	2.17	1.14
<input type="radio"/> Sisma Giu (M1+R3)	1.45	2.31	1.37
<input type="radio"/> Sisma Su (M2+R2)			
<input type="radio"/> Sisma Giu (M2+R2)			

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

File:**T00OS01GETRE01A.d****oc****Data: Giugno 2020****Pag. 54 di 100**

MASSE STRUTTURALI

N.Mat	P.S. [kN/mc]	Area [mq]	Peso [kN]	Xg [m]	Yg [m]	Tipo Azione
1	25.00	6.300	157.50	1.61	1.70	Perm. Strutt.

MASSE DI TERRENO GRAVANTI SULL'OPERA DI SOSTEGNO

n.	Strato	P.S. [kN/mc]	Area [mq]	Peso [kN]	Xg [m]	Yg [m]
1	1	19.50	13.800	269.09	2.90	3.00

MASSE DI TERRENO GRAVANTI SULLA FONDAZIONE ANTERIORE

n.	Strato	P.S. [kN/mc]	Area [mq]	Peso [kN]	Xg [m]	Yg [m]
2	1	19.50	0.280	5.46	0.35	0.90

STRATI DI TERRENO LUNGO L'ELEVAZIONE
PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO (Coeff. parziali M1)

Strato n.	P.S. [kN/mc]	Attrito [°]	Coe [kN/mq]
1	19.50	35.00	0.00

STRATI DI TERRENO IN AFFIANCAMENTO ALLA FONDAZIONE
PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO (Coeff. parziali M1)

Strato n.	P.S. [kN/mc]	Attrito [°]	Coe [kN/mq]
1	19.50	35.00	0.00

COEFFICIENTI DI SPINTA Ko (Coeff. parziali M1)

STRATI LUNGO L'ELEVAZIONE MURO

Strato n.	Phi_d [°]	ko [-]
01	35.00	0.426

*** TENSIONI A RIPOSO EFFICACI LUNGO L'ELEVAZIONE ***

SPOSTAMENTI IMPEDITI - SPINTE Ko

Legenda:

z	= Quota a partire dal piano fondazione
sig_v	= Tensione verticale efficace
ko	= coefficiente di spinta 'a riposo'
sig_H	= Tensione orizzontale efficace
kH	= coefficiente accelerazione sismica orizzontale
D_sig_H	= Incremento sismico di Tensione efficace
**	= Tratto parete sotto falda

ANAS S.p.A. S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2 PROGETTO DEFINITIVO T00OS01GETRE01A Relazione di calcolo muro di sottoscarpa	File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 55 di 100
--	--

TENSIONI EFFICACI A RIPOSO - SOLO TERRENO - (Coeff. parziali M1)										
Tratto n.	z [m]	statiche			sisma up			sisma Dw		
		sig_V [kPa]	ko [-]	sig_H [kPa]	sig_V [kPa]	kH [-]	D_sig_H [kPa]	sig_V [kPa]	kH [-]	D_sig_H [kPa]
1	0.00	103.35	0.426	44.07	99.01	0.0840	8.32	107.69	0.0840	9.05
	0.70	89.70	0.426	38.25	85.93	0.0840	8.32	93.47	0.0840	9.05
2	0.70	89.70	0.426	38.25	85.93	0.0840	8.32	93.47	0.0840	9.05
	5.30	0.00	0.426	0.00	0.00	0.0840	8.32	0.00	0.0840	9.05

TENSIONI EFFICACI A RIPOSO - PER SOVRACCARICO - (Coeff. parziali M1)										
Tratto n.	z [m]	statiche			sisma up			sisma Dw		
		sig_V [kPa]	ko [-]	sig_H [kPa]	sig_V [kPa]	kH [-]	D_sig_H [kPa]	sig_V [kPa]	kH [-]	D_sig_H [kPa]
1	0.00	20.00	0.426	8.53	19.16	0.0840	1.61	20.84	0.0840	1.75
	0.70	20.00	0.426	8.53	19.16	0.0840	1.61	20.84	0.0840	1.75
2	0.70	20.00	0.426	8.53	19.16	0.0840	1.61	20.84	0.0840	1.75
	5.30	20.00	0.426	8.53	19.16	0.0840	1.61	20.84	0.0840	1.75

*** PRESSIONI A RIPOSO Ko EFFICACI DI CALCOLO LUNGO L'ELEVAZIONE ***

Legenda:
 z = Quota a partire dal piano fondazione
 sig_T = Componente di tensione efficace del Terreno
 Gamma_G1 = Coeff. di combinazione
 sig_Td = sig_T * Gamma_G1 = Tensione di calcolo del Terreno

 sig_Q = Componente di tensione efficace per Sovraccarico
 Gamma_Q = Coeff. di combinazione
 sig_Qd = sig_Q * Gamma_Q = Tensione di calcolo per Sovracc.

 DS_T = Incremento sismico di tensione del Terreno
 DS_Q = Incremento sismico di tensione per Sovraccarico

 sig_eff = sig_Td + sig_Qd + DS_T + DS_q = Tensione Risultante efficace

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)

Coefficienti parziali di combinazione delle azioni:
 Spinta del terreno: Gamma_G1 = 1,30 (Perm. strutt. sfav.)
 Spinta del sovracc.: Gamma_Q = 1,50 (variabile sfav.)

Tratto n.	z [m]	Sig_T [kPa]	Gamma_G1 [-]	Sig_Td [kPa]	Sig_Q [kPa]	Gamma_Q [-]	Sig_Qd [kPa]	Sig_eff [kPa]
1	0.00	44.07	1.30	57.29	8.53	1.50	12.79	70.08
	0.70	38.25	1.30	49.72	8.53	1.50	12.79	62.52
2	0.70	38.25	1.30	49.72	8.53	1.50	12.79	62.52
	5.30	0.00	1.30	0.00	8.53	1.50	12.79	12.79

ANAS S.p.A. S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2 PROGETTO DEFINITIVO T00OS01GETRE01A <i>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</i>	File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 56 di 100
--	--

*** SPINTE A RIPOSO Ko EFFICACI DI CALCOLO LUNGO L'ELEVAZIONE ***

Legenda:

z = Quota a partire dal piano fondazione
 Csi = Angolo inclinazione paramento (orario rispetto all'orizzontale)
 Delta = Angolo di attrito al contatto
 Alpha = Angolo inclinazione Spinta (antiorario rispetto all'orizzontale)
 F_T = Valore complessivo di Spinta
 F_x = Componente orizzontale di spinta (>0 verso sinistra - ribaltante)
 F_y = Componente verticale di spinta (>0 verso il basso - stabilizz.)
 X_P, Y_P = Coordinate x,y punto di applicazione

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)

Tratto n.	da z [m]	a z [m]	Csi [°]	Delta [°]	Alpha [°]	F_T [kN]	F_x [kN]	F_y [kN]	X_P [m]	Y_P [m]
1	0.00	0.70	90.00	0.00	0.00	46.41	46.41	0.00	4.40	0.34
2	0.70	5.30	90.00	0.00	0.00	173.21	173.21	0.00	4.40	2.49

*** DETTAGLIO CALCOLO RISULTANTE SUL PIANO DI FONDAZIONE ***

Legenda:

F = valore dell'azione
 Coef = coefficiente di combinazione dell'azione
 F_Vd = Componente Verticale di calcolo dell'azione
 F_Hd = Componente Orizzont. di calcolo dell'azione
 x,y = coordinate punto di applicazione dell'azione
 Mrib = Momento ribaltante (rispetto estremo di valle fondazione)
 Mstab = Momento Stabilizzante

N.B. Le spinte del terreno sono già quelle di combinazione con quelle dell'eventuale sovraccarico (es. 1.3*st + 1.5*sq)

N.B. Le spinte idrostatiche sono già quelle di combinazione
 Le componenti verticali di spinta del terreno e dell'acqua sono legate a quelle orizzontali e, se rivolte verso il basso, riducono il momento ribaltante anziché aumentare lo stabilizzante
 Eventuali forze e coppie esterne aggiuntive sono considerate sfavorevoli se ribaltanti

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)

Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	F_Vd [kN]	F_Hd [kN]	x [m]	y [m]	Mrib [kNm]	Mstab [kNm]
Materiali Muro: Mat. n.01	Perm. Strutt.	Fav	1.00	157.50	0.00	1.61	1.70	0.00	253.93
Terr. su muro: Area n.01	Perm. Strutt.	Fav	1.00	269.09	0.00	2.90	3.00	0.00	780.37
Terr. su Fond: Area n.02	Perm. Strutt.	Fav	1.00	5.46	0.00	0.35	0.90	0.00	1.91
Sovracc. su muro:	variabile	Fav	0.00	0.00	0.00	2.90	5.30	0.00	0.00
Sp.Terr.Monte:Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	1.00	0.00	46.41	4.40	0.34	15.93	0.00
Sp.Terr.Monte:Tratto n.02	Perm. Strutt.	Sfav	1.00	0.00	173.21	4.40	2.49	431.94	0.00

RISULTANTE SUL PIANO FONDAZIONE:

432.05 219.62 447.87 1036.21

ANAS S.p.A.

S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

File:

T00OS01GETRE01A.d

oc

Data: Giugno 2020

Pag. 57 di 100

*** VERIFICHE ***

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)

Terreno di fondazione - Parametri geotecnici di calcolo:

Gamma	19.50	[kN/m ³]	p.s. naturale
gamma'	9.50	[kN/m ³]	p.s. efficace (condizioni Non Drenate)
ø	35.00	[°]	attrito di calcolo
c	0.00	[kN/m ²]	coesione di calcolo

Terreno di fondazione - coeff. e Parametri di aderenza:

cf	1.00	[-]	aliquota attrito
cc	0.00	[-]	aliquota coesione
øa	35.00	[°]	attrito al contatto
ca	0.00	[kN/m ²]	coesione di aderenza

VERIFICA A SCORRIMENTO:

Azione Orizzontale:	Hed	219.62 kN
Carico verticale:	Ned	432.05 kN
Resistenza attrito:	Ra = Ned*tg(øa)	302.53 kN
Base Fondazione:	B	4.40 m
Resistenza coesione:	Rc = ca * B	0.00 kN
Resistenza Totale:	Rtot = Ra + Rc	302.53 kN
Coeffic. parziale:	G_R	1.10 (NTC18 - Tab.6.5.I)
Resistenza di calcolo:	Hrd = Rtot/G_R	275.03 kN
Verifica:	Hrd/Hed	1.25 ----> ok!

VERIFICA A RIBALTAMENTO:

Momento stabilizzante:	Mstab	1036.21 kNm
Coeffic. parziale:	G_R	1.15 (NTC18 - Tab.6.5.I)
Resistenza a Ribaltamento:	Mrd = Mstab/G_R	901.05 kNm
Momento Ribaltante:	Med	447.87 kNm
Verifica:	Mrd/Med	2.01 ----> ok!

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File:</p> <p>T00OS01GETRE01A.d</p> <p>oc</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 58 di 100</p>
--	---

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE:

Azione verticale	Ned	432.05 kN
Azione orizzontale	Hed	219.62 kN
Sovraccarico laterale	q	21.45 kPa
Eccentricita'	$e = B/2 - (M_{stab} - M_{rib}) / Ned$	0.84 m
Base efficace	$B_{eff} = B - 2 e $	2.72 m
Fattore cap. port.	$Nq = \exp(\pi * tg\theta) * tg^2(\pi/4 + \theta/2)$	33.30
Fattore cap. port.	$Nc = (Nq - 1) * cot\theta$	46.12
Fattore cap. port.	$Ng = 2 * (Nq + 1) * tg\theta$	48.03
coeff.inclin.carico	$ig = [1 - Hed / (Ned + B_{eff} * c * cot\theta)]^{\wedge}3$	0.12
coeff.inclin.carico	$iq = [1 - Hed / (Ned + B_{eff} * c * cot\theta)]^{\wedge}2$	0.24
coeff.inclin.carico	$ic = iq - [(1 - iq) / (Nc * tg\theta)]$	0.22
Inclin. P.C. (>=0)		
coeff.inclin. p.c.	gq	1.00
coeff.inclin. p.c.	gg	1.00
coeff.inclin. p.c.	gc	1.00
coeff. sismico	$kh = Ss * st * ag / g$	0.0000
coeff. sismico	$zc = 1 - 0.32 * kh$	1.00
coeff. sismico	$zq = (1 - kh / tg\theta)^{\wedge}0.35$	1.00
coeff. sismico	$zg = zq$	1.00
pressione limite (1)	$qlim1 = 0.5 * G' * B_{eff} * Ng * ig * gg * zg$	73.85 kN/m2
pressione limite (2)	$qlim2 = c * Nc * ic * gc * zc$	0.00 kN/m2
pressione limite (3)	$qlim3 = q * Nq * iq * gq * zq$	172.66 kN/m2
pressione lim. Tot.	$qlim = qlim1 + qlim2 + qlim3$	246.52 kN/m2
Resistenza totale	$Qlim = qlim * B_{eff}$	671.37 kN
Coeffic. parziale	G_R	1.40 (NTC18 - Tab.6.5.I)
Resistenza Calcolo	$Nrd = Qlim / G_R$	479.55 kN
Verifica	Nrd / Ned	1.11 ---> ok!

CALCOLO TENSIONI SUL PIANO DI FONDAZIONE:

Azione verticale	Ned	432.05 kN
Eccentricita'	$e = B/2 - (M_{stab} - M_{rib}) / Ned$	0.84 m
Momento	$M = Ned * e $	362.18 kNm
Base Fondazione	B	4.40 m
e > B/6 (base Parzializzata):		
Dist. Ned dal bordo	$d = B/2 - e $	1.36 m
Tensione Max	$s_{max} = 2 * Ned / 3d$	211.52 kPa
Tensione min	s_{min}	0.00 kPa

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d</p> <p>oc</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 59 di 100</p>
--	---

9.3.2. Grafici caso statico EQU+M2+R2

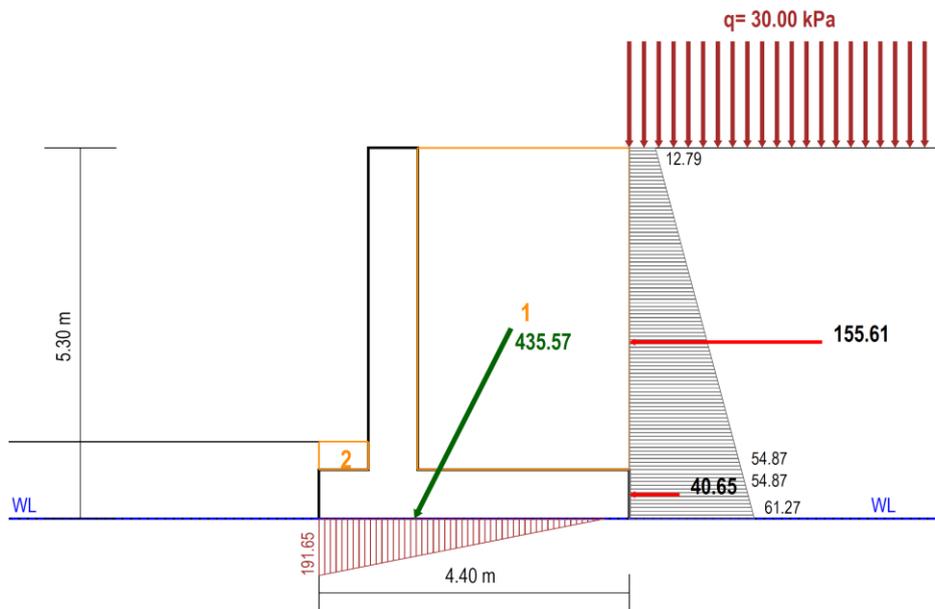
COMBINAZIONE DI CARICO N. 3:
Statica (EQU+M1+R3)

STRATI DI VALLE

STRATO N.1
G = 19.50 kN/m³
φ' = 35.00 °
c' = 0.00 kN/m²

STRATI DI MONTE

STRATO N.1
G = 19.50 kN/m³
φ' = 35.00 °
c' = 0.00 kN/m²



STRATO FONDAZIONE

G = 19.50 kN/m³
φ' = 35.00 °
c' = 0.00 kN/m²

Combinazione	VERIFICHE		
	Sciv	Rib	Cap
<input type="radio"/> Statica (A1+M1+R3)	1.25	2.01	1.11
<input type="radio"/> Statica (A2+M2+R2)			
<input checked="" type="radio"/> Statica (EQU+M1+R3)	-	1.99	-
<input type="radio"/> Sisma Su (M1+R3)	1.36	2.17	1.14
<input type="radio"/> Sisma Giu (M1+R3)	1.45	2.31	1.37
<input type="radio"/> Sisma Su (M2+R2)			
<input type="radio"/> Sisma Giu (M2+R2)			

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 60 di 100</p>
--	---

*** V E R I F I C H E ***

COMBINAZIONE DI CARICO N. 3: Statica (EQU+M1+R3)

Terreno di fondazione - Parametri geotecnici di calcolo:

Gamma	19.50	[kN/m3]	p.s. naturale
Gamma'	9.50	[kN/m3]	p.s. efficace (condizioni Non Drenate)
ø	35.00	[°]	attrito di calcolo
c	0.00	[kN/m2]	coesione di calcolo

Terreno di fondazione - coeff. e Parametri di aderenza:

cf	1.00	[-]	aliquota attrito
cc	0.00	[-]	aliquota coesione
øa	35.00	[°]	attrito al contatto
ca	0.00	[kN/m2]	coesione di aderenza

VERIFICA A SCORRIMENTO:

Per la presente combinazione di carico
è prevista la sola verifica a ribaltamento (NTC18 - 6.5.3.1.1)

VERIFICA A RIBALTAMENTO:

Momento Stabilizzante:	Mstab	932.59 kNm
Coeffic. parziale:	G_R	1.15 (NTC18 - Tab.6.5.I)
Resistenza a Ribaltamento:	Mrd = Mstab/G_R	810.95 kNm
Momento Ribaltante:	Med	406.61 kNm
Verifica:	Mrd/Med	1.99 ---> ok!

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE:

Per la presente combinazione di carico
è prevista la sola verifica a ribaltamento (NTC18 - 6.5.3.1.1)

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d</p> <p>oc</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 61 di 100</p>
--	---

9.3.3. Grafici caso dinamico + (M1+R3)

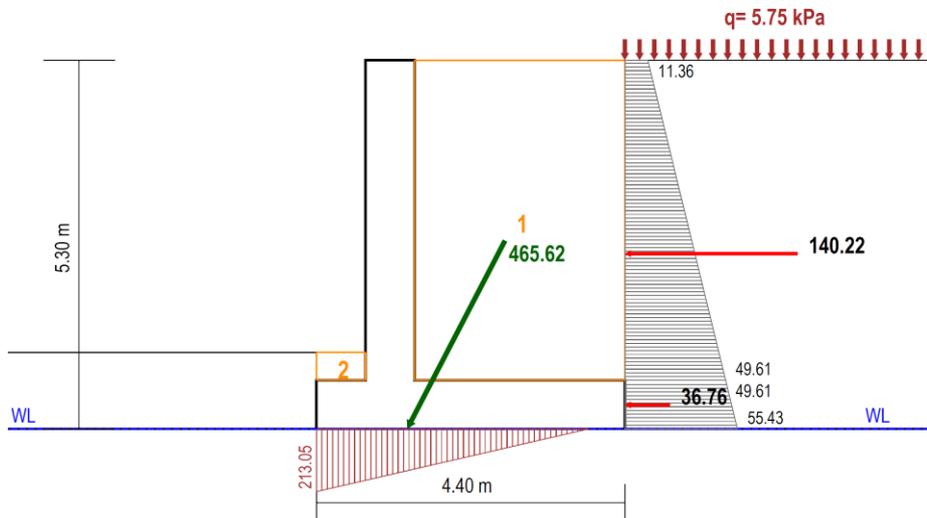
COMBINAZIONE DI CARICO N. 4:
Sisma Su (M1+R3)

STRATI DI VALLE

STRATO N.1
G = 19.50 kN/m³
φ' = 35.00 °
c' = 0.00 kN/m²

STRATI DI MONTE

STRATO N.1
G = 19.50 kN/m³
φ' = 35.00 °
c' = 0.00 kN/m²



STRATO FONDAZIONE

G = 19.50 kN/m³
φ' = 35.00 °
c' = 0.00 kN/m²

Combinazione	VERIFICHE		
	Sciv	Rib	Cap
<input type="radio"/> Statica (A1 +M1+R3)	1.25	2.01	1.11
<input type="radio"/> Statica (A2 +M2+R2)			
<input type="radio"/> Statica (EQU+M1+R3)	-	1.99	-
<input type="radio"/> Sisma Su (M1+R3)	1.36	2.17	1.14
<input checked="" type="radio"/> Sisma Giu (M1+R3)	1.45	2.31	1.37
<input type="radio"/> Sisma Su (M2+R2)			
<input type="radio"/> Sisma Giu (M2+R2)			

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d</p> <p>oc</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 62 di 100</p>
--	---

*** V E R I F I C H E ***

COMBINAZIONE DI CARICO N. 5: Sisma Giu (M1+R3)

Terreno di fondazione - Parametri geotecnici di calcolo:

Gamma	19.50	[kN/m3]	p.s. naturale
Gamma'	9.50	[kN/m3]	p.s. efficace (condizioni Non Drenate)
ø	35.00	[°]	attrito di calcolo
c	0.00	[kN/m2]	coesione di calcolo

Terreno di fondazione - coeff. e Parametri di aderenza:

cf	1.00	[-]	aliquota attrito
cc	0.00	[-]	aliquota coesione
øa	35.00	[°]	attrito al contatto
ca	0.00	[kN/m2]	coesione di aderenza

VERIFICA A SCORRIMENTO:

Azione orizzontale:	Hed	217.36 kN
Carico verticale:	Ned	450.20 kN
Resistenza attrito:	Ra = Ned*tg(øa)	315.23 kN
Base Fondazione:	B	4.40 m
Resistenza coesione:	Rc = ca * B	0.00 kN
Resistenza Totale:	Rtot = Ra + Rc	315.23 kN
Coeffic. parziale:	G_R	1.00 (NTC18 - Tab.7.11.III)
Resistenza di calcolo:	Hrd = Rtot/G_R	315.23 kN
Verifica:	Hrd/Hed	1.45 ---> ok!

VERIFICA A RIBALTAMENTO:

Momento stabilizzante:	Mstab	1079.73 kNm
Coeffic. parziale:	G_R	1.00 (NTC18 - Tab.7.11.III)
Resistenza a Ribaltamento:	Mrd = Mstab/G_R	1079.73 kNm
Momento Ribaltante:	Med	467.44 kNm
Verifica:	Mrd/Med	2.31 ---> ok!

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File:</p> <p>T00OS01GETRE01A.d</p> <p>oc</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 63 di 100</p>
--	---

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE:

Azione verticale	Ned	450.20 kN
Azione orizzontale	Hed	217.36 kN
Sovraccarico laterale	q	22.35 kPa
Eccentricita'	$e = B/2 - (M_{stab} - M_{rib}) / Ned$	0.84 m
Base efficace	$B_{eff} = B - 2 e $	2.72 m
Fattore cap. port.	$Nq = \exp(\pi * tg\theta) * tg^2(\pi/4 + \theta/2)$	33.30
Fattore cap. port.	$Nc = (Nq - 1) * cot\theta$	46.12
Fattore cap. port.	$Ng = 2 * (Nq + 1) * tg\theta$	48.03
coeff. inclin. carico	$ig = [1 - Hed / (Ned + B_{eff} * c * cot\theta)]^3$	0.14
coeff. inclin. carico	$iq = [1 - Hed / (Ned + B_{eff} * c * cot\theta)]^2$	0.27
coeff. inclin. carico	$ic = iq - [(1 - iq) / (Nc * tg\theta)]$	0.24
Inclin. P.c. (>=0)		
coeff. inclin. p.c.	gq	1.00
coeff. inclin. p.c.	gg	1.00
coeff. inclin. p.c.	gc	1.00
coeff. sismico	$kh = ss * st * ag / g$	0.0840
coeff. sismico	$zc = 1 - 0.32 * kh$	0.97
coeff. sismico	$zq = (1 - kh / tg\theta)^{0.35}$	0.96
coeff. sismico	$zq = zq$	0.96
pressione limite (1)	$qlim1 = 0.5 * G' * B_{eff} * Ng * ig * gg * zg$	82.09 kN/m2
pressione limite (2)	$qlim2 = c * Nc * ic * gc * zc$	0.00 kN/m2
pressione limite (3)	$qlim3 = q * Ng * iq * gq * zq$	190.35 kN/m2
pressione lim. Tot.	$qlim = qlim1 + qlim2 + qlim3$	272.45 kN/m2
Resistenza totale	$Qlim = qlim * B_{eff}$	741.08 kN
Coeffic. parziale	G_R	1.20 (NTC18 - Tab.7.11. III)
Resistenza Calcolo	$Nrd = Qlim / G_R$	617.56 kN
Verifica	Nrd / Ned	1.37 ---> ok!

CALCOLO TENSIONI SUL PIANO DI FONDAZIONE:

Azione verticale	Ned	450.20 kN
Eccentricita'	$e = B/2 - (M_{stab} - M_{rib}) / Ned$	0.84 m
Momento	$M = Ned * e $	378.15 kNm
Base Fondazione	B	4.40 m
$ e > B/6$ (base Parzializzata):		
Dist. Ned dal bordo	$d = B/2 - e $	1.36 m
Tensione Max	$s_{max} = 2 * Ned / 3d$	220.68 kPa
Tensione min	s_{min}	0.00 kPa

ANAS S.p.A.

S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

File:

T00OS01GETRE01A.d

oc

Data: Giugno 2020

Pag. 64 di 100

9.3.4. Grafici caso dinamico - (M1+R3)

COMBINAZIONE DI CARICO N. 5:
Sisma Giu (M1+R3)

STRATI DI VALLE

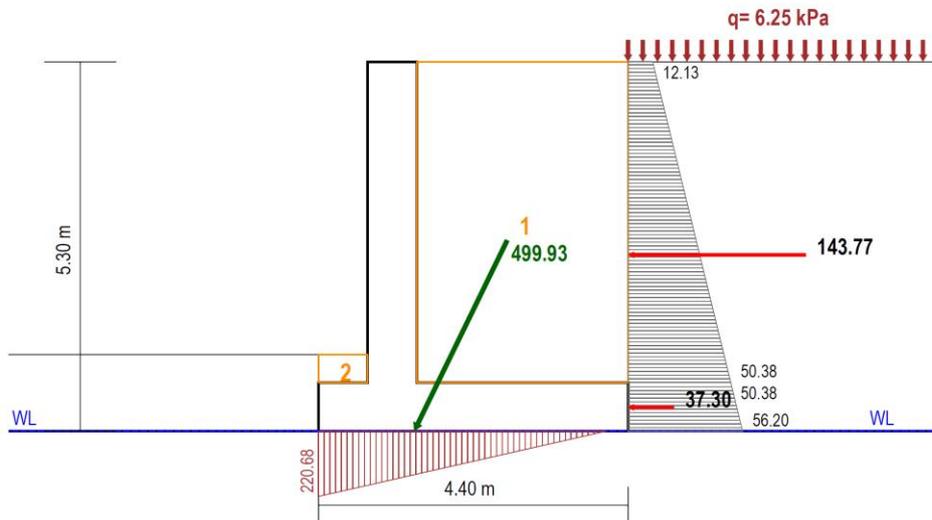
STRATO N.1

G = 19.50 kN/m³
φ' = 35.00 °
c' = 0.00 kN/m²

STRATI DI MONTE

STRATO N.1

G = 19.50 kN/m³
φ' = 35.00 °
c' = 0.00 kN/m²



STRATO FONDAZIONE

G = 19.50 kN/m³
φ' = 35.00 °
c' = 0.00 kN/m²

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d</p> <p>oc</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 65 di 100</p>
--	---

*** V E R I F I C H E ***

COMBINAZIONE DI CARICO N. 5: Sisma Giu (M1+R3)

Terreno di fondazione - Parametri geotecnici di calcolo:

Gamma	19.50	[kN/m3]	p.s. naturale
Gamma'	9.50	[kN/m3]	p.s. efficace (condizioni Non Drenate)
ϕ	35.00	[°]	attrito di calcolo
c	0.00	[kN/m2]	coesione di calcolo

Terreno di fondazione - coeff. e Parametri di aderenza:

cf	1.00	[-]	aliquota attrito
cc	0.00	[-]	aliquota coesione
ϕ_a	35.00	[°]	attrito al contatto
ca	0.00	[kN/m2]	coesione di aderenza

VERIFICA A SCORRIMENTO:

Azione orizzontale:	Hed	217.36 kN
Carico verticale:	Ned	450.20 kN
Resistenza attrito:	$R_a = N_{ed} \cdot \tan(\phi_a)$	315.23 kN
Base Fondazione:	B	4.40 m
Resistenza coesione:	$R_c = c_a \cdot B$	0.00 kN
Resistenza Totale:	$R_{tot} = R_a + R_c$	315.23 kN
Coeffic. parziale:	G_R	1.00 (NTC18 - Tab.7.11.III)
Resistenza di Calcolo:	$H_{rd} = R_{tot} / G_R$	315.23 kN
Verifica:	H_{rd} / H_{ed}	1.45 ---> ok!

VERIFICA A RIBALTAMENTO:

Momento stabilizzante:	Mstab	1079.73 kNm
Coeffic. parziale:	G_R	1.00 (NTC18 - Tab.7.11.III)
Resistenza a Ribaltamento:	$M_{rd} = M_{stab} / G_R$	1079.73 kNm
Momento Ribaltante:	Med	467.44 kNm
Verifica:	M_{rd} / M_{ed}	2.31 ---> ok!

ANAS S.p.A. S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2 PROGETTO DEFINITIVO T00OS01GETRE01A Relazione di calcolo muro di sottoscarpa	File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 66 di 100
--	--

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE:

Azione verticale	Ned	450.20 kN
Azione orizzontale	Hed	217.36 kN
Sovraccarico laterale	q	22.35 kPa
Eccentricita'	$e = B/2 - (M_{stab} - M_{rib}) / Ned$	0.84 m
Base efficace	$B_{eff} = B - 2 e $	2.72 m
Fattore cap. port.	$Nq = \exp(\pi * tg\theta) * tg^2(\pi/4 + \theta/2)$	33.30
Fattore cap. port.	$Nc = (Nq - 1) * cot\theta$	46.12
Fattore cap. port.	$Ng = 2 * (Nq + 1) * tg\theta$	48.03
coeff.inclin.carico	$iq = [1 - Hed / (Ned + B_{eff} * c * cot\theta)]^3$	0.14
coeff.inclin.carico	$iq = [1 - Hed / (Ned + B_{eff} * c * cot\theta)]^2$	0.27
coeff.inclin.carico	$ic = iq - [(1 - iq) / (Nc * tg\theta)]$	0.24
Inclin. P.C. (>=0)		
coeff.inclin. p.c.	gg	1.00
coeff.inclin. p.c.	gg	1.00
coeff.inclin. p.c.	gc	1.00
coeff. sismico	$kh = Ss * St * ag / g$	0.0840
coeff. sismico	$zc = 1 - 0.32 * kh$	0.97
coeff. sismico	$zq = (1 - kh / tg\theta)^{0.35}$	0.96
coeff. sismico	$zq = zq$	0.96
pressione limite (1)	$qlim1 = 0.5 * G' * B_{eff} * Ng * iq * gg * zg$	82.09 kN/m2
pressione limite (2)	$qlim2 = c * Nc * ic * gc * zc$	0.00 kN/m2
pressione limite (3)	$qlim3 = q * Ng * iq * gg * zq$	190.35 kN/m2
pressione lim. Tot.	$qlim = qlim1 + qlim2 + qlim3$	272.45 kN/m2
Resistenza totale	$Qlim = qlim * B_{eff}$	741.08 kN
Coeffic. parziale	G_R	1.20 (NTC18 - Tab.7.11.III)
Resistenza Calcolo	$Nrd = Qlim / G_R$	617.56 kN
Verifica	Nrd / Ned	1.37 ---> ok!

CALCOLO TENSIONI SUL PIANO DI FONDAZIONE:

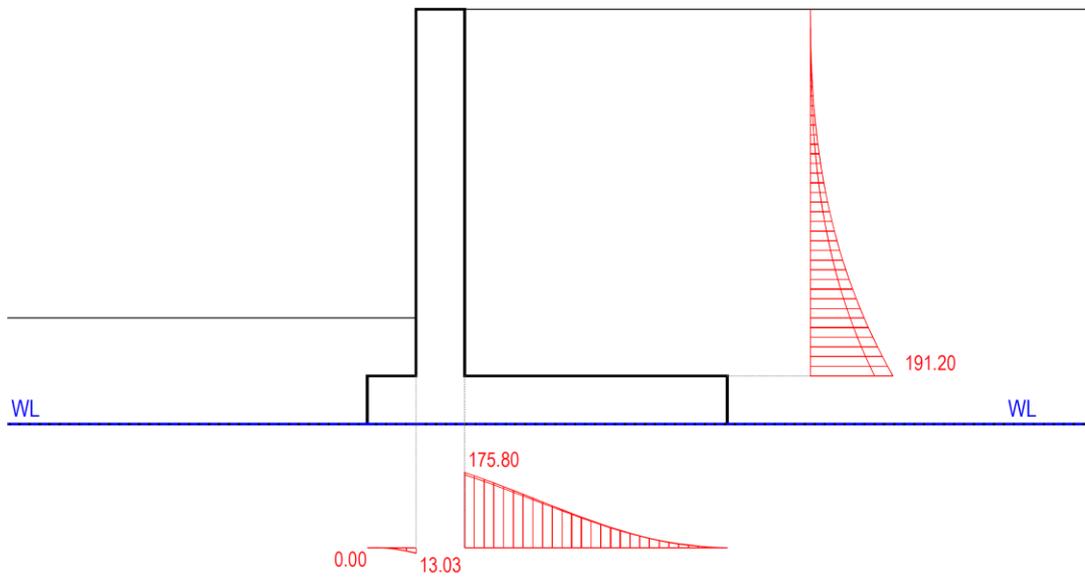
Azione verticale	Ned	450.20 kN
Eccentricita'	$e = B/2 - (M_{stab} - M_{rib}) / Ned$	0.84 m
Momento	$M = Ned * e $	378.15 kNm
Base Fondazione	B	4.40 m
e > B/6 (base Parzializzata):		
Dist. Ned dal bordo	$d = B/2 - e $	1.36 m
Tensione Max	$s_{max} = 2 * Ned / 3d$	220.68 kPa
Tensione min	s_{min}	0.00 kPa

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d</p> <p>oc</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 67 di 100</p>
--	---

9.4 Verifiche Strutturali-Tipologia Sezione 1

9.4.1. INVILUPPI SLU+SLV

INVILUPPO MOMENTI FLETTENTI



<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 68 di 100</p>
--	---

INVILUPPI DEI MOMENTI FLETTENTI

Legenda:

Comb_1 = Statica (A1 +M1+R3)
 Comb_4 = Sisma Su (M1+R3)
 Comb_5 = Sisma Giu (M1+R3)

ELEVAZIONE: SEZIONE ATTACCO SU FONDAZIONE

y [m]	Hsez [m]	Comb_1 [kNm]	Comb_4 [kNm]	Comb_5 [kNm]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
0.50	0.50	191.20	148.62	152.70	148.62	191.20

FONDAZIONE POSTERIORE: SEZIONE ATTACCO NELL'ELEVAZIONE

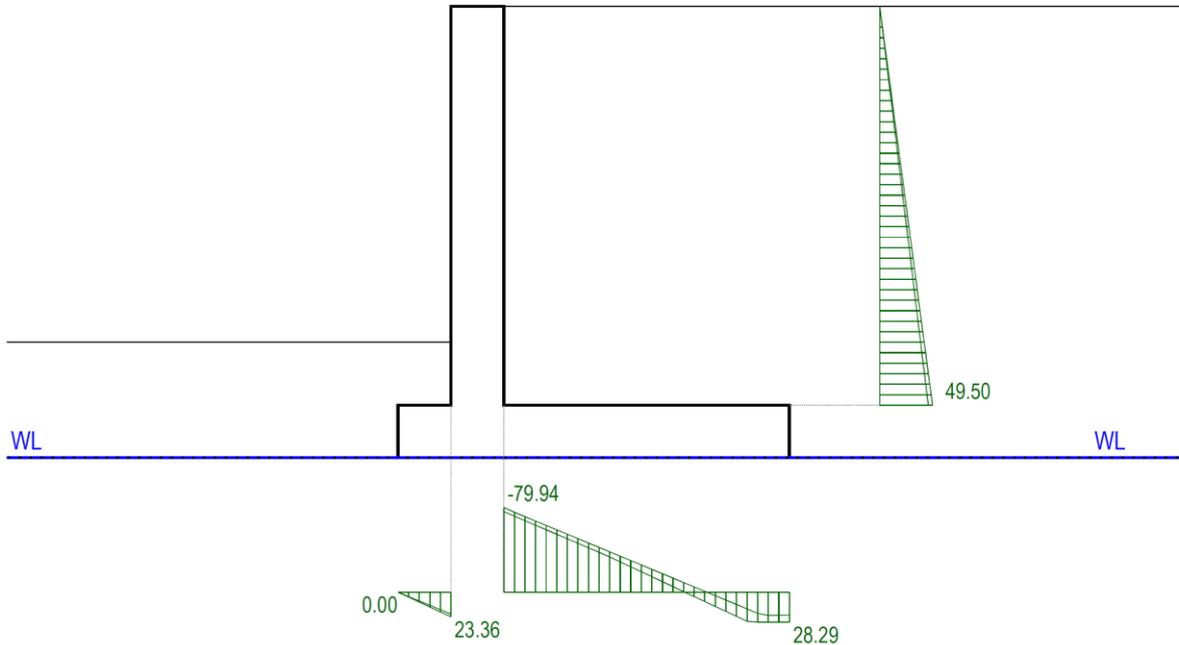
x [m]	Hsez [m]	Comb_1 [kNm]	Comb_4 [kNm]	Comb_5 [kNm]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1.00	0.50	175.80	170.31	173.65	170.31	175.80

FONDAZIONE ANTERIORE: SEZIONE ATTACCO NELL'ELEVAZIONE

x [m]	Hsez [m]	Comb_1 [kNm]	Comb_4 [kNm]	Comb_5 [kNm]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
0.50	0.50	12.59	12.28	13.03	12.28	13.03

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d</p> <p>oc</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 69 di 100</p>
--	---

INVILUPPO FORZE NORMALI



INVILUPPI DELLE FORZE NORMALI

Legenda:
 Comb_1 = Statica (A1 +M1+R3)
 Comb_4 = Sisma Su (M1+R3)
 Comb_5 = Sisma Giu (M1+R3)

ELEVAZIONE: SEZIONE ATTACCO SU FONDAZIONE

y [m]	Hsez [m]	Comb_1 [kN]	Comb_4 [kN]	Comb_5 [kN]	Nmin [kN]	Nmax [kN]
0.50	0.50	47.50	45.51	49.50	45.51	49.50

FONDAZIONE POSTERIORE: SEZIONE ATTACCO NELL'ELEVAZIONE

x [m]	Hsez [m]	Comb_1 [kN]	Comb_4 [kN]	Comb_5 [kN]	Nmin [kN]	Nmax [kN]
1.00	0.50	-79.94	-75.91	-79.50	-79.94	-75.91

FONDAZIONE ANTERIORE: SEZIONE ATTACCO NELL'ELEVAZIONE

x [m]	Hsez [m]	Comb_1 [kN]	Comb_4 [kN]	Comb_5 [kN]	Nmin [kN]	Nmax [kN]
0.50	0.50	23.36	21.30	20.71	20.71	23.36

ANAS S.p.A.

S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la
S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

File:

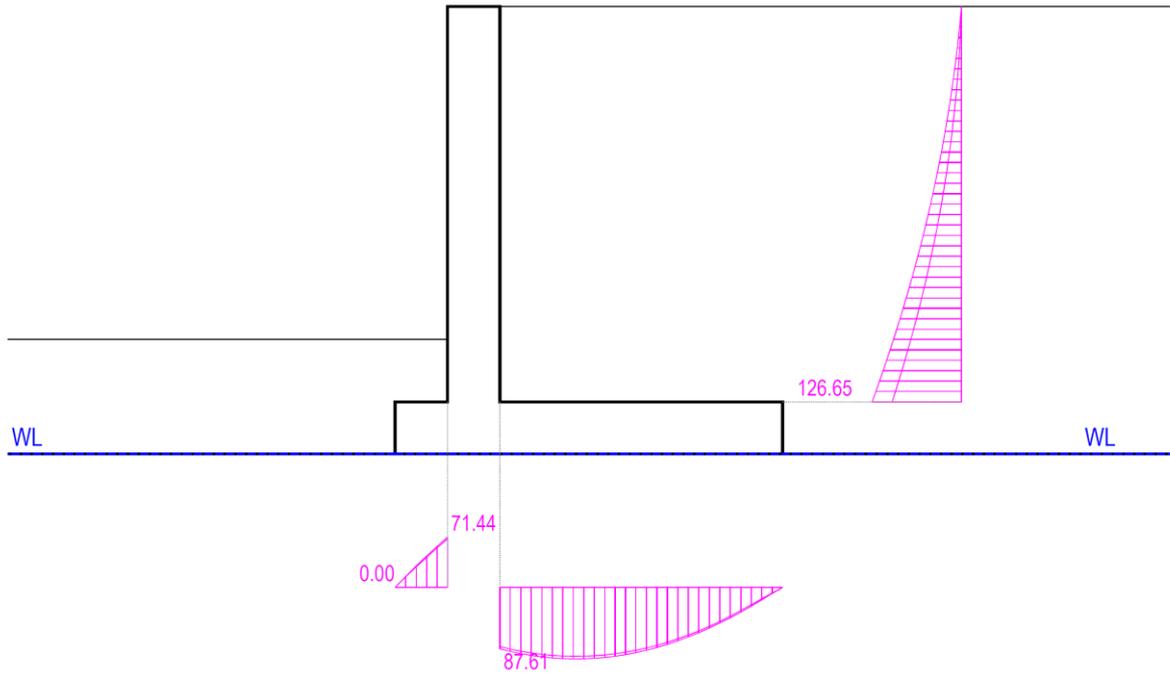
T00OS01GETRE01A.d

oc

Data: Giugno 2020

Pag. 70 di 100

INVILUPPO FORZE DI TAGLIO



<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File:</p> <p>T00OS01GETRE01A.d</p> <p>oc</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 71 di 100</p>
--	---

INVILUPPI DELLE FORZE DI TAGLIO

=====

Legenda:

Comb_1 = Statica (A1 +M1+R3)

Comb_4 = Sisma Su (M1+R3)

Comb_5 = Sisma Giu (M1+R3)

ELEVAZIONE: SEZIONE ATTACCO SU FONDAZIONE

y [m]	Hsez [m]	Comb_1 [kN]	Comb_4 [kN]	Comb_5 [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]
0.50	0.50	126.65	98.23	100.38	98.23	126.65

FONDAZIONE POSTERIORE: SEZIONE ATTACCO NELL'ELEVAZIONE

x [m]	Hsez [m]	Comb_1 [kN]	Comb_4 [kN]	Comb_5 [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]
1.00	0.50	87.61	84.47	85.88	84.47	87.61

FONDAZIONE ANTERIORE: SEZIONE ATTACCO NELL'ELEVAZIONE

x [m]	Hsez [m]	Comb_1 [kN]	Comb_4 [kN]	Comb_5 [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]
0.50	0.50	71.44	68.77	71.17	68.77	71.44

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

File:

T00OS01GETRE01A.d

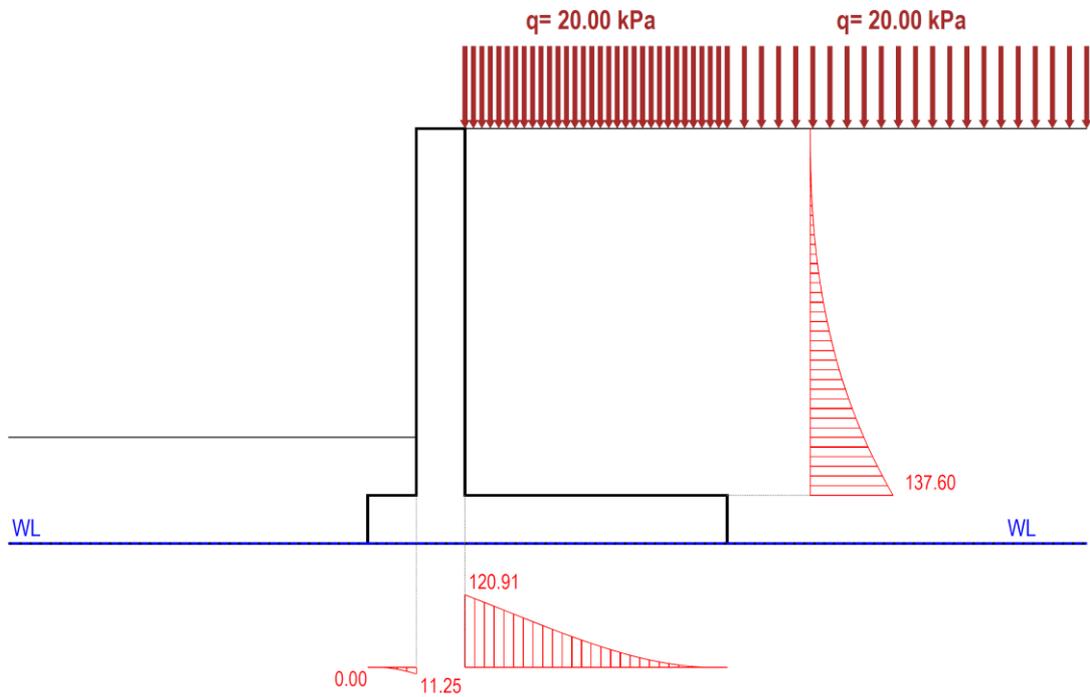
oc

Data: Giugno 2020

Pag. 72 di 100

9.4.2. SLE-RARA

DIAGRAMMI MOMENTI FLETTENTI



ELEVAZIONE:
SEZIONE ATTACCO SU FONDAZIONE

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)

Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	Fv (T) [kN]	Ph (N) [kN]	x [m]	y [m]	M [kNm]
Materiale Muro: Mat. n.01	Perm. Strutt.	Fav	47.50	1.00	47.50	0.00	1.90	0.00
Spinta Terra: Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	92.44	1.00	0.00	92.44	0.25	1.49
Totale:								
Momento Flettente:	M =	137.61	kNm	(>0 ribalta verso Valle)				
Forza Assiale:	N =	47.50	kN	(>0 compressione)				
Forza di Taglio:	T =	92.44	kN	(>0 verso Valle)				

FONDAZIONE POSTERIORE:
SEZIONE ATTACCO NELL'ELEVAZIONE

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)

Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	Fv (T) [kN]	Ph (N) [kN]	x [m]	y [m]	M [kNm]
Fondazione Muro	Perm. Strutt.	Fav	33.75	1.00	33.75	0.00	1.35	45.56
Terr. su fond.: Area n.01	Perm. Strutt.	Fav	200.06	1.00	200.06	0.00	1.35	270.09
Sovracc. su muro:	Variabile	Fav	54.00	1.00	54.00	0.00	1.35	72.90
Componenti verticali spinta terra:								
-Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	0.00	1.00	0.00	0.00	2.70	0.00
-Tratto n.02	Perm. Strutt.	Sfav	0.00	1.00	0.00	0.00	2.70	1.74
Componenti orizzontali spinta terra:								
-Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	21.10	1.00	0.00	21.10	2.70	0.09
Reaz. V terreno di fond.								
Reaz. V terreno di fond.								
Reaz. H terreno di fond.								
Totale:								
Momento Flettente:	M =	120.91	kNm	(>0 ribalta verso il basso)				
Forza Assiale:	N =	-61.75	kN	(<0 trazione)				
Forza di Taglio:	T =	69.26	kN	(>0 verso il basso)				

FONDAZIONE ANTERIORE:
SEZIONE ATTACCO NELL'ELEVAZIONE

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)

Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	Fv (T) [kN]	Ph (N) [kN]	x [m]	y [m]	M [kNm]
Fondazione Muro	Perm. Strutt.	Fav	6.25	1.00	-6.25	0.00	-0.25	-1.56
Terr. su fond.: Area n.01	Perm. Strutt.	Fav	5.85	1.00	-5.85	0.00	-0.25	-1.46
Reaz. V terreno di fond.								
Reaz. V terreno di fond.								
Reaz. H terreno di fond.								
Totale:								
Momento Flettente:	M =	11.25	kNm	(>0 ribalta verso l'alto)				
Forza Assiale:	N =	15.34	kN	(>0 compressione)				
Forza di Taglio:	T =	59.12	kN	(>0 verso l'alto)				

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

File:

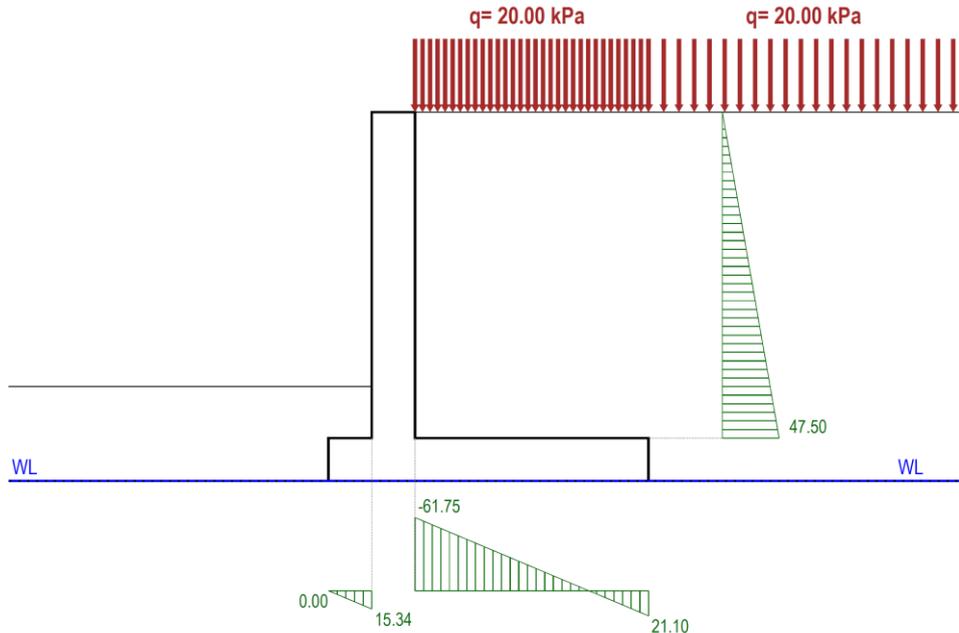
T00OS01GETRE01A.d

oc

Data: Giugno 2020

Pag. 73 di 100

DIAGRAMMI FORZE NORMALI



**ELEVAZIONE:
SEZIONE ATTACCO SU FONDAZIONE**

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)

Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	Fv (T) [kN]	Ph (N) [kN]	x [m]	y [m]	M [kNm]
Materiali Muro: Mat. n.01	Perm. Strutt.	Fav	1.00	47.50	0.00	0.00	1.90	0.00
Spinta Terra: Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	1.00	0.00	92.44	0.25	1.49	137.61
Totale:				47.50	92.44			137.61
Momento Flettente: M = 137.61 kNm (>0 ribalta verso Valle)								
Forza Assiale: N = 47.50 kN (>0 compressione)								
Forza di Taglio: T = 92.44 kN (>0 verso Valle)								

**FONDAZIONE POSTERIORE:
SEZIONE ATTACCO NELL'ELEVAZIONE**

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)

Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	Fv (T) [kN]	Ph (N) [kN]	x [m]	y [m]	M [kNm]
Fondazione Muro	Perm. Strutt.	Fav	1.00	33.75	0.00	1.35	0.00	45.56
Terr. su fond.: Area n.01	Perm. Strutt.	Fav	1.00	200.06	0.00	1.35	2.15	270.09
Sovracc. su muro:	Variabile	Fav	1.00	54.00	0.00	1.35	4.05	72.90
Componenti verticali spinta terra:								
-Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	1.00	0.00	0.00	2.70	0.00	0.00
-Tratto n.02	Perm. Strutt.	Sfav	1.00	0.00	0.00	2.70	1.74	0.00
Componenti orizzontali spinta terra:								
-Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	1.00	0.00	21.10	2.70	0.00	0.09
Reaz. V terreno di fond.			1.00	-218.55	0.00	1.13	-0.25	-247.01
Reaz. H terreno di fond.			1.00	0.00	-82.86	1.13	-0.25	-20.71
Totale:				69.26	-61.75			120.91
Momento Flettente: M = 120.91 kNm (>0 ribalta verso il basso)								
Forza Assiale: N = -61.75 kN (<0 trazione)								
Forza di Taglio: T = 69.26 kN (>0 verso il basso)								

**FONDAZIONE ANTERIORE:
SEZIONE ATTACCO NELL'ELEVAZIONE**

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)

Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	Fv (T) [kN]	Ph (N) [kN]	x [m]	y [m]	M [kNm]
Fondazione Muro	Perm. Strutt.	Fav	1.00	-6.25	0.00	-0.25	0.00	-1.56
Terr. su fond.: Area n.01	Perm. Strutt.	Fav	1.00	5.85	0.00	-0.25	0.55	-1.46
Reaz. V terreno di fond.			1.00	71.22	0.00	-0.25	-0.25	18.11
Reaz. H terreno di fond.			1.00	15.34	0.00	15.34	-0.25	-3.84
Totale:				59.12	15.34			11.25
Momento Flettente: M = 11.25 kNm (>0 ribalta verso l'alto)								
Forza Assiale: N = 15.34 kN (>0 compressione)								
Forza di Taglio: T = 59.12 kN (>0 verso l'alto)								

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

File:

T00OS01GETRE01A.d

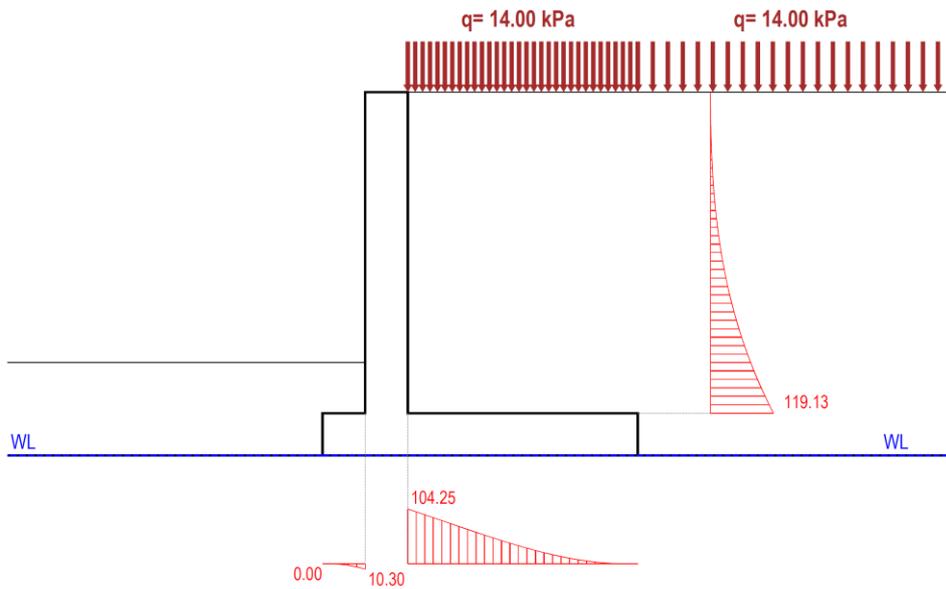
oc

Data: Giugno 2020

Pag. 74 di 100

9.4.3. SLE-FREQUENTE

DIAGRAMMI MOMENTI FLETTENTI



**ELEVAZIONE:
SEZIONE ATTACCO SU FONDAZIONE**

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)

Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	Fv (N) [kN]	Fh (N) [kN]	x [m]	y [m]	M [kNm]	
Materiali Muro: Mat. n.01	Perm. Strutt.	Fav	47.50	1.00	47.50	0.00	0.00	1.90	0.00
Spinta Terra: Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	82.72	1.00	0.00	82.72	0.25	1.44	119.14
Totale:									
Momento Flettente:	M =	119.14	kNm	(>0 ribalta verso Valle)					
Forza Assiale:	N =	47.50	kN	(>0 compressione)					
Forza di Taglio:	T =	82.72	kN	(>0 verso Valle)					

**FONDAZIONE POSTERIORE:
SEZIONE ATTACCO NELL'ELEVAZIONE**

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)

Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	Fv (T) [kN]	Fh (N) [kN]	x [m]	y [m]	M [kNm]	
Fondazione Muro	Perm. Strutt.	Fav	33.75	1.00	33.75	0.00	1.35	0.00	45.56
Terr. su fond.: Area n.01	Perm. Strutt.	Fav	200.06	1.00	200.06	0.00	1.35	2.15	270.09
Sovracc. su muro:	Variabile	Fav	54.00	0.70	37.80	0.00	1.35	4.05	53.03
Componenti verticali spinta terra:									
-Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	0.00	1.00	0.00	0.00	2.70	0.00	0.00
-Tratto n.02	Perm. Strutt.	Sfav	0.00	1.00	0.00	0.00	2.70	1.69	0.00
Componenti orizzontali spinta terra:									
-Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	19.82	1.00	0.00	19.82	2.70	0.00	0.09
Reaz. V terreno di fond.			-211.70	1.00	-211.70	0.00	1.15	-0.25	-243.81
Reaz. H terreno di fond.			-74.83	1.00	0.00	-74.83	1.15	-0.25	-18.71
Totale:									
Momento Flettente:	M =	104.25	kNm	(>0 ribalta verso il basso)					
Forza Assiale:	N =	-55.00	kN	(<0 trazione)					
Forza di Taglio:	T =	59.91	kN	(>0 verso il basso)					

**FONDAZIONE ANTERIORE:
SEZIONE ATTACCO NELL'ELEVAZIONE**

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)

Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	Fv (T) [kN]	Fh (N) [kN]	x [m]	y [m]	M [kNm]	
Fondazione Muro	Perm. Strutt.	Fav	6.25	1.00	-6.25	0.00	-0.25	0.00	-1.56
Terr. su fond.: Area n.01	Perm. Strutt.	Fav	5.85	1.00	-5.85	0.00	-0.25	0.55	-1.46
Reaz. V terreno di fond.			66.08	1.00	66.08	0.00	-0.25	-0.25	16.79
Reaz. H terreno di fond.			13.86	1.00	0.00	13.86	-0.25	-0.25	-3.46
Totale:									
Momento Flettente:	M =	10.30	kNm	(>0 ribalta verso l'alto)					
Forza Assiale:	N =	13.86	kN	(>0 compressione)					
Forza di Taglio:	T =	53.98	kN	(>0 verso l'alto)					

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

File:

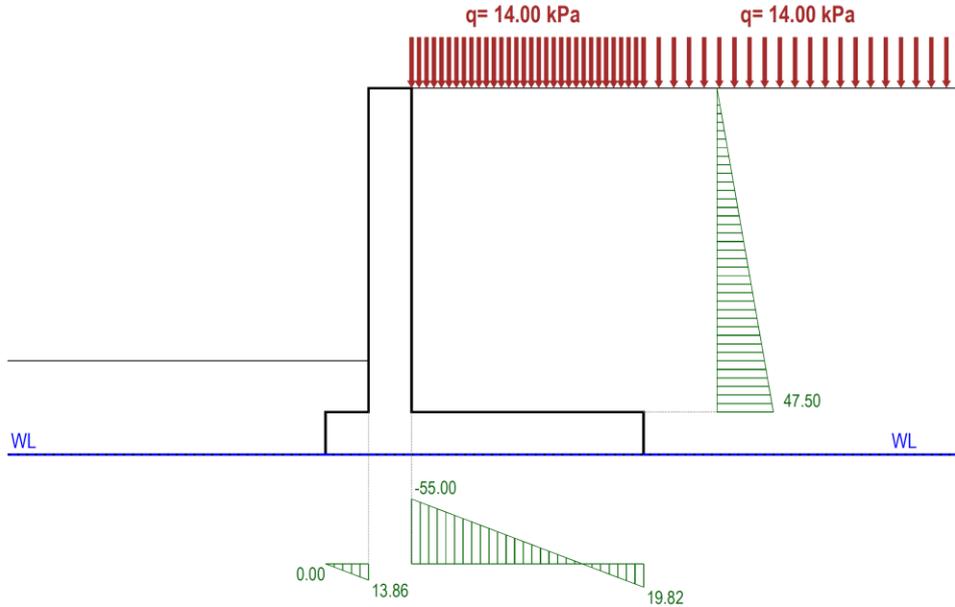
T00OS01GETRE01A.d

oc

Data: Giugno 2020

Pag. 75 di 100

DIAGRAMMI FORZE NORMALI



**ELEVAZIONE:
SEZIONE ATTACCO SU FONDAZIONE**

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)

Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	Fv (N) [kN]	Ph (T) [kN]	x [m]	y [m]	M [kNm]	
Materiali Muro: Mat. n.01	Perm. Strutt.	Fav	47.50	1.00	47.50	0.00	0.00	1.90	0.00
Spinta Terra: Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	82.72	1.00	0.00	82.72	0.25	1.44	119.14
Totalli:									
Momento Flettente:	M =	119.14	kNm	(>0 ribalta verso Valle)					
Forza Assiale:	N =	47.50	kN	(>0 compressione)					
Forza di Taglio:	T =	82.72	kN	(>0 verso Valle)					

**FONDAZIONE POSTERIORE:
SEZIONE ATTACCO NELL'ELEVAZIONE**

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)

Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	Fv (T) [kN]	Ph (N) [kN]	x [m]	y [m]	M [kNm]	
Fondazione Muro	Perm. Strutt.	Fav	33.75	1.00	33.75	0.00	1.35	0.00	45.56
Terr. su fond.: Area n.01	Perm. Strutt.	Fav	200.06	1.00	200.06	0.00	1.35	2.15	270.09
Sovracc. su muro:	Variabile	Fav	54.00	0.70	37.80	0.00	1.35	4.05	51.03
Componenti verticali spinta terra:									
-Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	0.00	1.00	0.00	0.00	2.70	0.00	0.00
-Tratto n.02	Perm. Strutt.	Sfav	0.00	1.00	0.00	0.00	2.70	1.69	0.00
Componenti orizzontali spinta terra:									
-Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	19.82	1.00	0.00	19.82	2.70	0.00	0.09
Reaz. V terreno di fond.			-211.70	1.00	-211.70	0.00	1.15	-0.25	-243.81
Reaz. H terreno di fond.			-74.83	1.00	0.00	-74.83	1.15	-0.25	-18.71
Totalli:									
Momento Flettente:	M =	104.25	kNm	(>0 ribalta verso il basso)					
Forza Assiale:	N =	-55.00	kN	(<0 trazione)					
Forza di Taglio:	T =	59.91	kN	(>0 verso il basso)					

**FONDAZIONE ANTERIORE:
SEZIONE ATTACCO NELL'ELEVAZIONE**

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)

Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	Fv (T) [kN]	Ph (N) [kN]	x [m]	y [m]	M [kNm]	
Fondazione Muro	Perm. Strutt.	Fav	6.25	1.00	-6.25	0.00	-0.25	0.00	-1.56
Terr. su fond.: Area n.01	Perm. Strutt.	Fav	5.85	1.00	-5.85	0.00	-0.25	0.55	-1.46
Reaz. V terreno di fond.			66.08	1.00	66.08	0.00	-0.25	-0.25	16.79
Reaz. H terreno di fond.			13.86	1.00	0.00	13.86	-0.25	-0.25	-3.46
Totalli:									
Momento Flettente:	M =	10.30	kNm	(>0 ribalta verso l'alto)					
Forza Assiale:	N =	13.86	kN	(>0 compressione)					
Forza di Taglio:	T =	53.98	kN	(>0 verso l'alto)					

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

File:

T00OS01GETRE01A.d

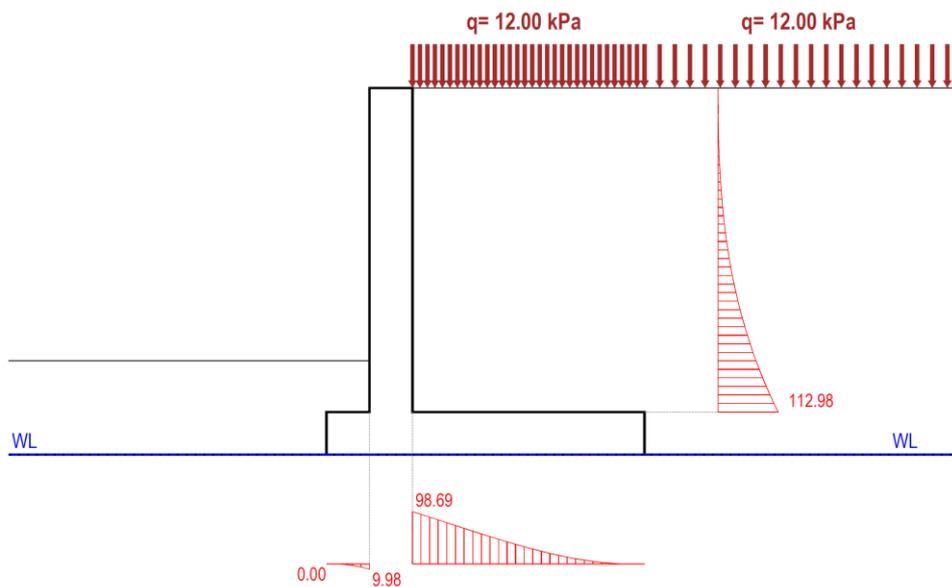
oc

Data: Giugno 2020

Pag. 76 di 100

9.4.4. SLE-QUASI PERMANENTE

DIAGRAMMI MOMENTI FLETTENTI



**ELEVAZIONE:
SEZIONE ATTACCO SU FONDAZIONE**

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)

Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	Fv (T) [kN]	Ph (N) [kN]	x [m]	y [m]	M [kNm]
Materiali Muro: Mat. n.01	Perm. Strutt.	Fav	47.50	1.00	47.50	0.00	1.90	0.00
Spinta Terra: Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	79.48	1.00	0.00	79.48	0.25	112.98
Totalli:								
Momento Flettente:	M =	112.98	kNm	(>0 ribalta verso Valle)				
Forza Assiale:	N =	47.50	kN	(>0 compressione)				
Forza di Taglio:	T =	79.48	kN	(>0 verso Valle)				

**FONDAZIONE POSTERIORE:
SEZIONE ATTACCO NELL'ELEVAZIONE**

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)

Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	Fv (T) [kN]	Ph (N) [kN]	x [m]	y [m]	M [kNm]
Fondazione Muro	Perm. Strutt.	Fav	33.75	1.00	33.75	0.00	1.35	45.56
Terr. su fond.: Area n.01	Perm. Strutt.	Fav	200.06	1.00	200.06	0.00	1.35	270.09
Sovracc. su muro:	Variabile	Fav	54.00	0.60	32.40	0.00	1.35	43.74
Componenti verticali spinta terra:								
-Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	0.00	1.00	0.00	0.00	2.70	0.00
-Tratto n.02	Perm. Strutt.	Sfav	0.00	1.00	0.00	0.00	2.70	1.67
Componenti orizzontali spinta terra:								
-Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	19.40	1.00	0.00	19.40	2.70	0.09
Reaz. V terreno di fond.			-209.42	1.00	-209.42	0.00	1.16	-242.75
Reaz. H terreno di fond.			-72.15	1.00	0.00	-72.15	1.16	-18.04
Totalli:								
Momento Flettente:	M =	98.69	kNm	(>0 ribalta verso il basso)				
Forza Assiale:	N =	-52.75	kN	(<0 trazione)				
Forza di Taglio:	T =	56.79	kN	(>0 verso il basso)				

**FONDAZIONE ANTERIORE:
SEZIONE ATTACCO NELL'ELEVAZIONE**

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)

Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	Fv (T) [kN]	Ph (N) [kN]	x [m]	y [m]	M [kNm]
Fondazione Muro	Perm. Strutt.	Fav	6.25	1.00	-6.25	0.00	-0.25	-1.56
Terr. su fond.: Area n.01	Perm. Strutt.	Fav	5.85	1.00	-5.85	0.00	-0.25	-1.46
Reaz. V terreno di fond.			64.37	1.00	64.37	0.00	-0.25	16.35
Reaz. H terreno di fond.			13.36	1.00	0.00	13.36	-0.25	-3.34
Totalli:								
Momento Flettente:	M =	9.98	kNm	(>0 ribalta verso l'alto)				
Forza Assiale:	N =	13.36	kN	(>0 compressione)				
Forza di Taglio:	T =	52.27	kN	(>0 verso l'alto)				

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

File:

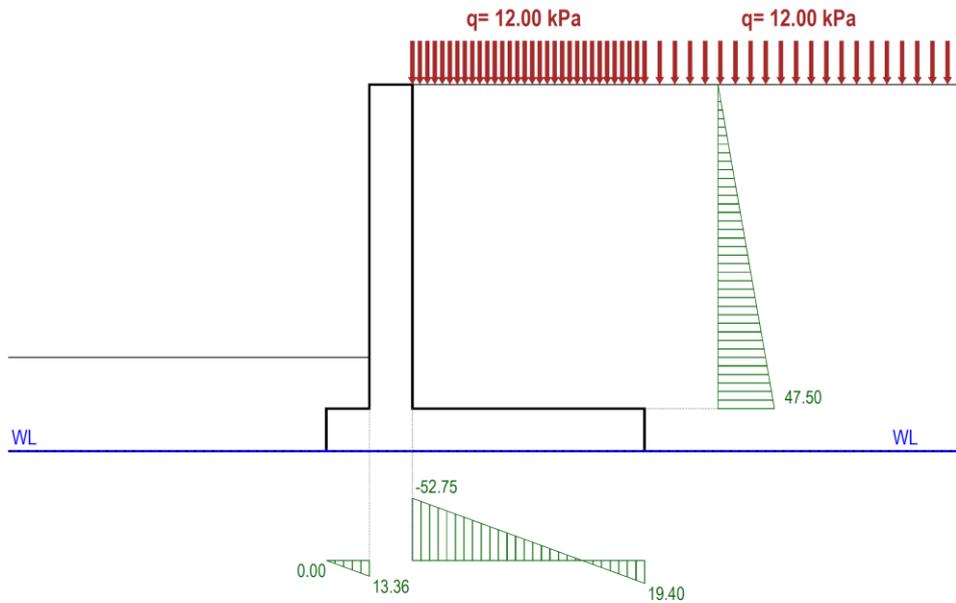
T00OS01GETRE01A.d

oc

Data: Giugno 2020

Pag. 77 di 100

DIAGRAMMI FORZE NORMALI



**ELEVAZIONE:
SEZIONE ATTACCO SU FONDAZIONE**

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)

Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	Fv (N) [kN]	Fh (T) [kN]	x [m]	y [m]	M [kNm]	
Materiali Muro: Mat. n.01	Perm. Strutt.	Fav	47.50	1.00	47.50	0.00	0.00	1.90	0.00
Spinta Terra: tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	79.48	1.00	0.00	79.48	0.25	1.42	112.98
Totalli:									
Momento Flettente:	M =	112.98	kNm	(>0 ribalta verso Valle)					
Forza Assiale:	N =	47.50	kN	(>0 compressione)					
Forza di Taglio:	T =	79.48	kN	(>0 verso Valle)					

**FONDAZIONE POSTERIORE:
SEZIONE ATTACCO NELL'ELEVAZIONE**

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)

Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	Fv (T) [kN]	Fh (N) [kN]	x [m]	y [m]	M [kNm]	
Fondazione Muro	Perm. Strutt.	Fav	33.75	1.00	33.75	0.00	1.35	0.00	45.56
Terr. su fond.: Area n.01	Perm. Strutt.	Fav	200.06	1.00	200.06	0.00	1.35	2.15	270.09
Sovracc. su muro:	Variabile	Fav	54.00	0.60	32.40	0.00	1.35	4.05	43.74
Componenti verticali spinta terra:									
-Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	0.00	1.00	0.00	0.00	2.70	0.00	0.00
-Tratto n.02	Perm. Strutt.	Sfav	0.00	1.00	0.00	0.00	2.70	1.67	0.00
Componenti orizzontali spinta terra:									
-Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	19.40	1.00	0.00	19.40	2.70	0.00	-0.09
Reaz. V terreno di fond.			-209.42	1.00	-209.42	0.00	1.16	-0.25	-242.75
Reaz. H terreno di fond.			-72.15	1.00	0.00	-72.15	1.16	-0.25	-18.04
Totalli:									
Momento Flettente:	M =	98.69	kNm	(>0 ribalta verso il basso)					
Forza Assiale:	N =	-52.75	kN	(<0 trazione)					
Forza di Taglio:	T =	56.79	kN	(>0 verso il basso)					

**FONDAZIONE ANTERIORE:
SEZIONE ATTACCO NELL'ELEVAZIONE**

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)

Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	Fv (T) [kN]	Fh (N) [kN]	x [m]	y [m]	M [kNm]	
Fondazione Muro	Perm. Strutt.	Fav	6.25	1.00	-6.25	0.00	-0.25	0.00	-1.56
Terr. su fond.: Area n.01	Perm. Strutt.	Fav	5.85	1.00	-5.85	0.00	-0.25	0.55	-1.46
Reaz. V terreno di fond.			64.37	1.00	64.37	0.00	-0.25	-0.25	16.35
Reaz. H terreno di fond.			13.36	1.00	0.00	13.36	-0.25	-0.25	-3.34
Totalli:									
Momento Flettente:	M =	9.98	kNm	(>0 ribalta verso l'alto)					
Forza Assiale:	N =	13.36	kN	(>0 compressione)					
Forza di Taglio:	T =	52.27	kN	(>0 verso l'alto)					

ANAS S.p.A. S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2 PROGETTO DEFINITIVO T00OS01GETRE01A Relazione di calcolo muro di sottoscarpa	File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 78 di 100
--	--

9.4.5. Sez. A -Paramento verticale

SEZIONE A- INCASTRO PARAMENTO VERTICALE											
INPUT					INPUT						
GEOMETRIA SEZIONE					ARMATURA A TAGLIO						
BASE	B		1,000	mm	NUMERO BRACCI	nb	3	N°/m	= passo	333	mm
ALTEZZA	H		500	mm	DIAMETRO BARRE	φ	0	mm			
ALTEZZA UTILE	d		425	mm	PASSO	sw	300	mm			
AREA CALCESTRUZZO			500,000	mm ²	INCLINAZIONE	α°	90	1,570	rad		
COPRIFERRO NETTO BARRE SECONDARIE	c1		75	mm	AREA STAFFE AL	Asw / sw	0,000	mm ² /mm			
DISTANZA ASSE ARMATURE - PARAMENTO ESTERNO	c2		75	mm	AZIONI INTERNE DI VERIFICA						
DISTANZA ASSE ARMATURE - PARAMENTO INTERNO	c2		75	mm	POSITIVE LE TRAZIONI						
BARRA SEPARATRICE TRA I LETTI DI ARMATURA	h*		0	mm	POSITIVI I MOMENTI CHE TENDONO LE FIBRE ESTERNE						
ARMATURA SECONDARIA					STATI LIMITE ULTIMI						
DIAMETRO MASSIMO BARRE SECONDARIE (RIPARTITORE)	φ		0	mm	1° set: INVILUPPO STATI LIMITE ULTIMI: SLU, SLV (Max)						
ARMATURA PRINCIPALE PARAMENTO LATO STRADA					NL_ENV_SLU_SLV						
NUMERO BARRE PRINCIPALI	N		5		STATI LIMITE DI ESERCIZIO						
DIAMETRO BARRE PRINCIPALI	φ		20	mm	1° set: INVILUPPO STATI LIMITE DI ESERCIZIO: COMB. RARE, SLD (Max)						
AREA STRATO	A		1,570	mm ²	NL_ENV_SLE_R_SLD						
RAPPORTO DI ARMATURA	ρ		0,3694	%	1° set: INVILUPPO STATI LIMITE DI ESERCIZIO: COMB. QUASI PERMANENTI (Max)						
ARMATURA PRINCIPALE PARAMENTO LATO TERRA					NL_ENV_SLE_QP						
NUMERO BARRE PRINCIPALI	N		5		1° set: INVILUPPO STATI LIMITE DI ESERCIZIO: COMB. RARE (Max)						
DIAMETRO BARRE PRINCIPALI	φ		22	mm	NL_ENV_SLE_R						
AREA STRATO	A		1,900	mm ²							
RAPPORTO DI ARMATURA	ρ		0,4470	%							
VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO - NTC § 4.1.2.1.3											
TAGLIO RESISTENTE IN ASSENZA DI ARMATURE A TAGLIO					VRd	204,9	kN	≥ Vsd non è necessario armare a taglio			
CON:					Vsd	126,7	kN				
COEFFICIENTE K					k = 1 + (200/d) ^{0,5}	1,68					
COEFFICIENTE K1					k1	0,15					
RESISTENZA A TAGLIO UNITARIA MINIMA DEL CLS.					ν _{min}	0,409	N/mm ²	0,035 k ^{3/2} f _{ck} ^{1/2}			
TENSIONE ASSIALE MEDIA DI COMPRESSIONE					σ _{cp} = NEd / Ac	0,00	N/mm ²				
RAPPORTO ARMATURA TESA					ρ	0,433721					
RESISTENZA A TAGLIO DEL CALCESTRUZZO					VRd,c	204,93	kN	[(0,18 / γ _c) k (100 ρ l f _{ck}) ^{1/3} + k1 σ _{cp}] bw d / 1000			
RESISTENZA A TAGLIO DEL CALCESTRUZZO MINIMA					VRd,c min	179,24	kN	(ν _{min} + k1 σ _{cp}) bw d / 1000			
CALCOLO DELLE ARMATURE A TAGLIO											
AREA ARMATURA A TAGLIO					Asw	0,00	mm ²				
INCLINAZIONE ARMATURA A TAGLIO					α	90	°	1,570	rad	cotg α =	0
ANGOLO DI INCLINAZIONE DEI PUNTONI DI CLS.					ψ	21,8	°	0,380	rad	cotg ψ =	2,5
COEFFICIENTE DI RIDUZIONE PER FESSURAZIONE					ν ₁	0,5					
					f _{cd} = 0,5 f _{cd}	8,23	N/mm ²				
					σ _{cp} /f _{cd}	0,000000					
COEFFICIENTE DI INTERAZIONE					α _c	1,00					
RESISTENZA A TAGLIO DELL'ARMATURA					VRsd	0,0	kN	0,9 d (Asw/s) f _{yd} (ctg α + ctg ψ) sen α			
RESISTENZA A TAGLIO DELLE BIELLE DI CLS. COMPRESSE					VRcd	1118,8	kN	0,9 d bw α _c f _{cd} (ctg α + ctg ψ) / (1 + ctg ψ ²)			
RESISTENZA A TAGLIO DI PROGETTO					VRd = min(VRcd;VRsd)	0,0	kN	--			

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

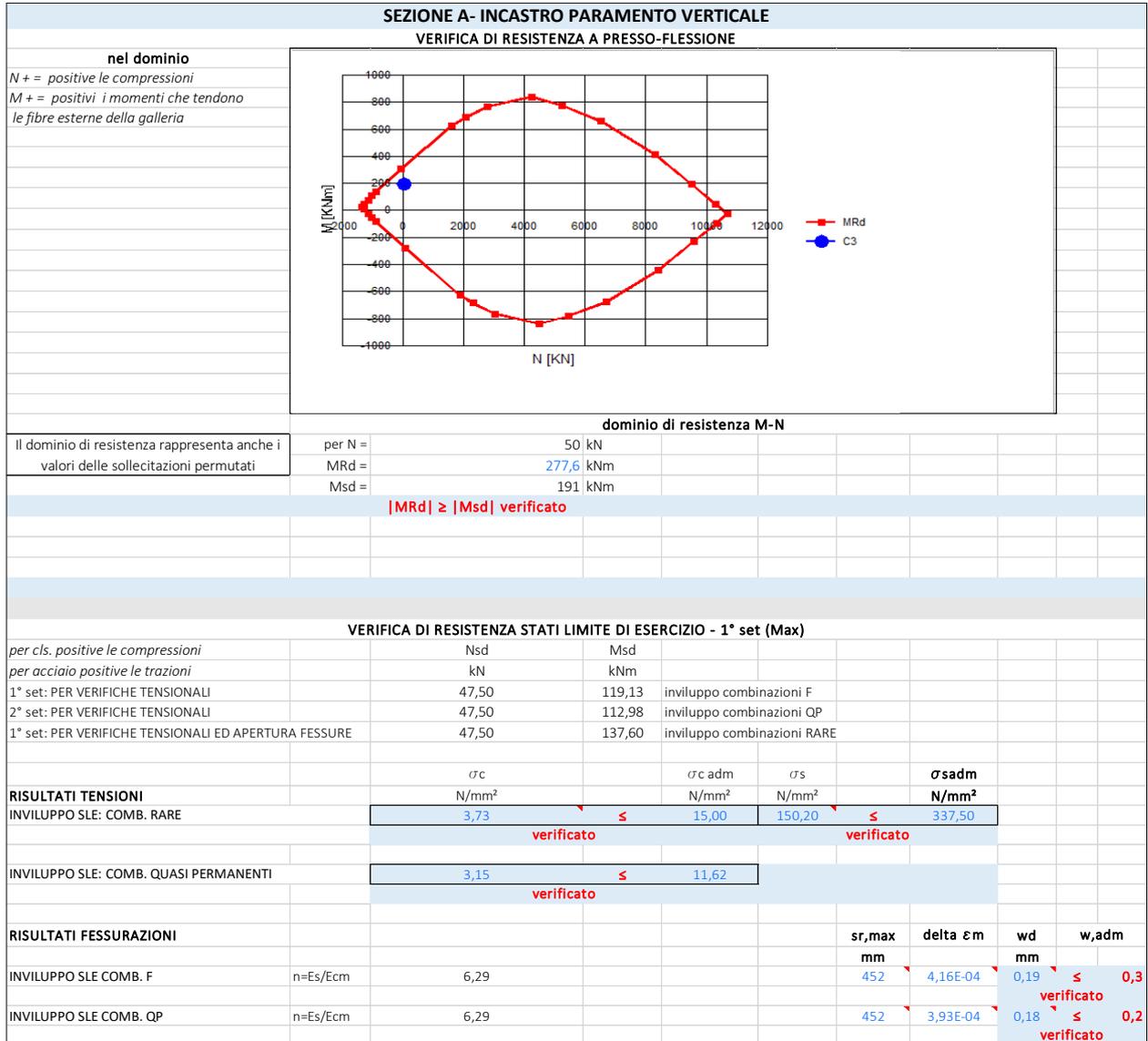
File:

T00OS01GETRE01A.d

oc

Data: Giugno 2020

Pag. 79 di 100



PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

File:

T00OS01GETRE01A.d

oc

Data: Giugno 2020

Pag. 81 di 100

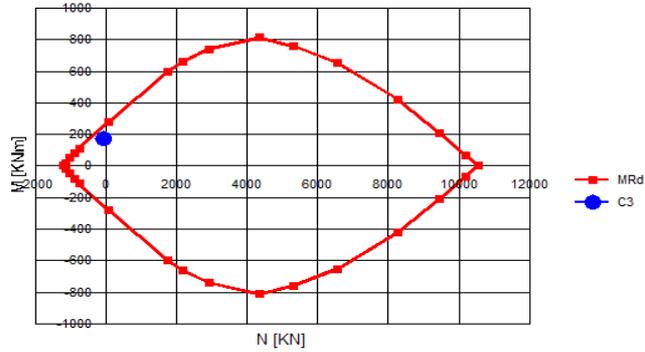
SEZIONE B- INCASTRO SOLETTA LATO DESTRO

VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE

nel dominio

N + = positive le compressioni

M + = positivi i momenti che tendono le fibre esterne della galleria



dominio di resistenza M-N

Il dominio di resistenza rappresenta anche i valori delle sollecitazioni permutati

per N = -75 kN
MRd = 252,1 kNm
Msd = 176 kNm

|MRd| ≥ |Msd| verificato

VERIFICA DI RESISTENZA STATI LIMITE DI ESERCIZIO - 1° set (Max)

per cls. positive le compressioni

per acciaio positive le trazioni

1° set: PER VERIFICHE TENSIONALI

2° set: PER VERIFICHE TENSIONALI

1° set: PER VERIFICHE TENSIONALI ED APERTURA FESSURE

	Nsd	Msd	
	kN	kNm	
1° set: PER VERIFICHE TENSIONALI	-55	104	involuppo combinazioni F
2° set: PER VERIFICHE TENSIONALI	-53	97	involuppo combinazioni QP
1° set: PER VERIFICHE TENSIONALI ED APERTURA FESSURE	-62	121	involuppo combinazioni RARE

RISULTATI TENSIONI

INVILUPPO SLE: COMB. RARE

	σ_c	$\sigma_c adm$	σ_s	$\sigma_s adm$
	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
INVILUPPO SLE: COMB. RARE	4,12	15,98	207,00	337,50
	verificato		verificato	

INVILUPPO SLE: COMB. QUASI PERMANENTI

INVILUPPO SLE: COMB. QUASI PERMANENTI	3,30	11,62
	verificato	

RISULTATI FESSURAZIONI

INVILUPPO SLE COMB. F

INVILUPPO SLE COMB. QP

	n=Es/Ecm	sr,max	delta ε m	wd	w,adm
		mm		mm	
INVILUPPO SLE COMB. F	6,29	407	5,22E-04	0,21	0,30
INVILUPPO SLE COMB. QP	6,29	407	4,89E-04	0,20	0,20
					verificato

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

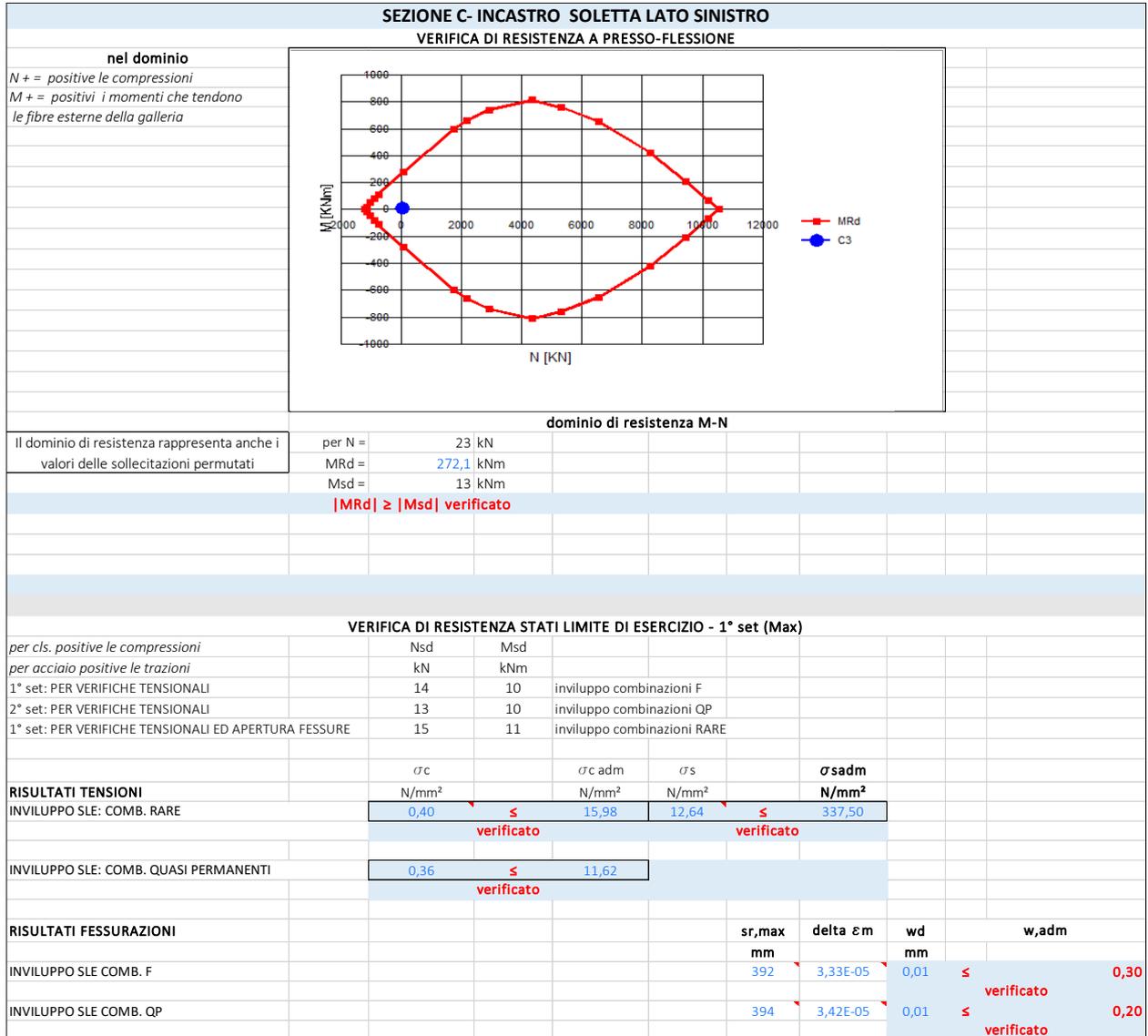
File:

T00OS01GETRE01A.d

oc

Data: Giugno 2020

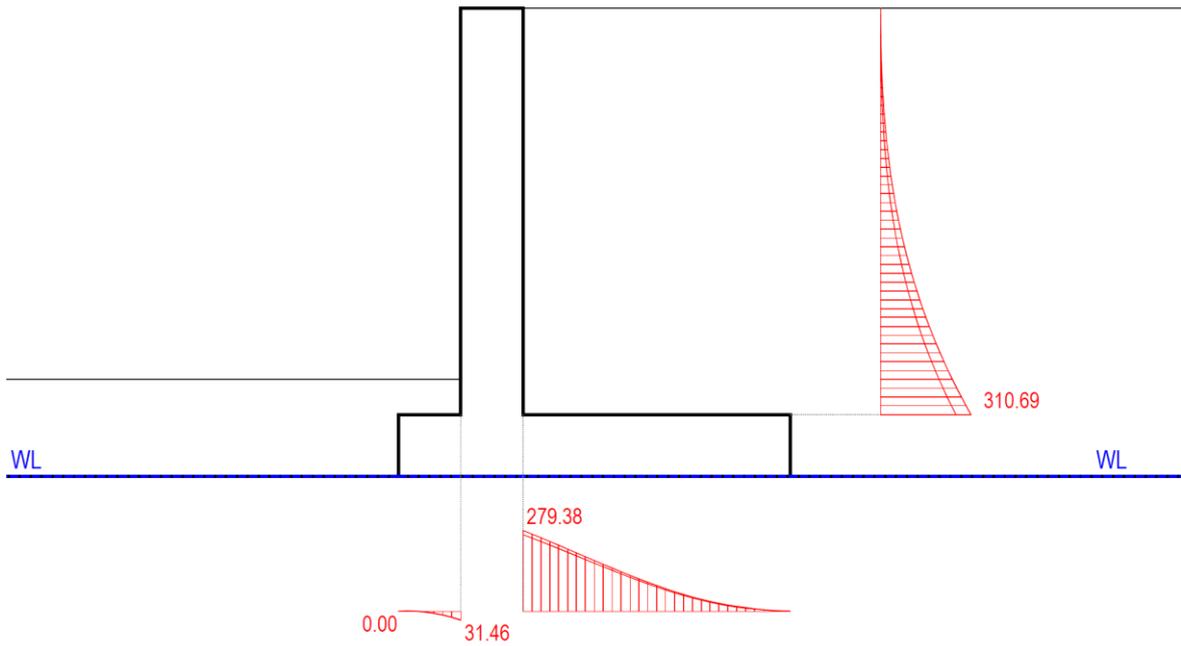
Pag. 83 di 100



<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d</p> <p>oc</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 84 di 100</p>
--	---

9.5 Verifiche Strutturali-Tipologia Sezione 2

INVILUPPI SLU+SLV



<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 85 di 100</p>
--	---

INVILUPPI DEI MOMENTI FLETTENTI

Legenda:

Comb_1 = Statica (A1 +M1+R3)
 Comb_4 = Sisma Su (M1+R3)
 Comb_5 = Sisma Giu (M1+R3)

ELEVAZIONE: SEZIONE ATTACCO SU FONDAZIONE

y [m]	Hsez [m]	Comb_1 [kNm]	Comb_4 [kNm]	Comb_5 [kNm]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
0.70	0.70	310.69	258.98	266.12	258.98	310.69

FONDAZIONE POSTERIORE: SEZIONE ATTACCO NELL'ELEVAZIONE

x [m]	Hsez [m]	Comb_1 [kNm]	Comb_4 [kNm]	Comb_5 [kNm]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1.40	0.70	265.10	274.29	279.38	265.10	279.38

FONDAZIONE ANTERIORE: SEZIONE ATTACCO NELL'ELEVAZIONE

x [m]	Hsez [m]	Comb_1 [kNm]	Comb_4 [kNm]	Comb_5 [kNm]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
0.70	0.70	29.49	29.68	31.46	29.49	31.46

ANAS S.p.A.

S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

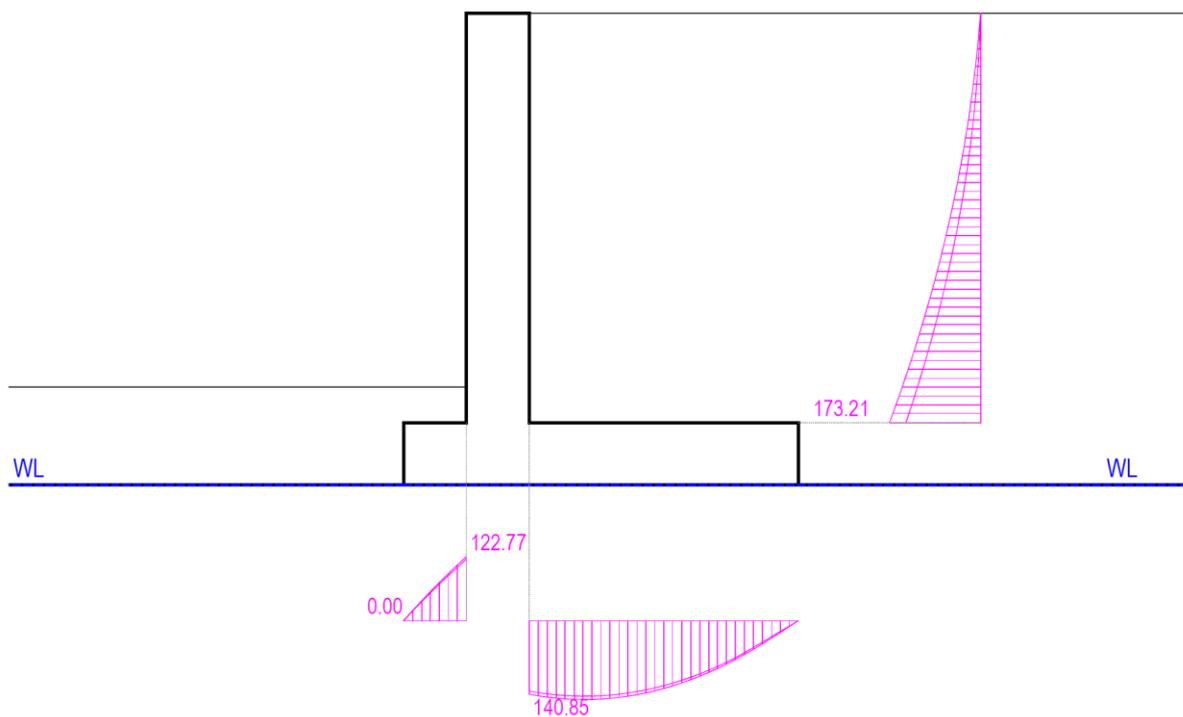
File:

T00OS01GETRE01A.d

oc

Data: Giugno 2020

Pag. 86 di 100



PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

INVILUPPI DELLE FORZE DI TAGLIO

Legenda:

Comb_1 = Statica (A1 +M1+R3)

Comb_4 = Sisma Su (M1+R3)

Comb_5 = Sisma Giu (M1+R3)

ELEVAZIONE: SEZIONE ATTACCO SU FONDAZIONE

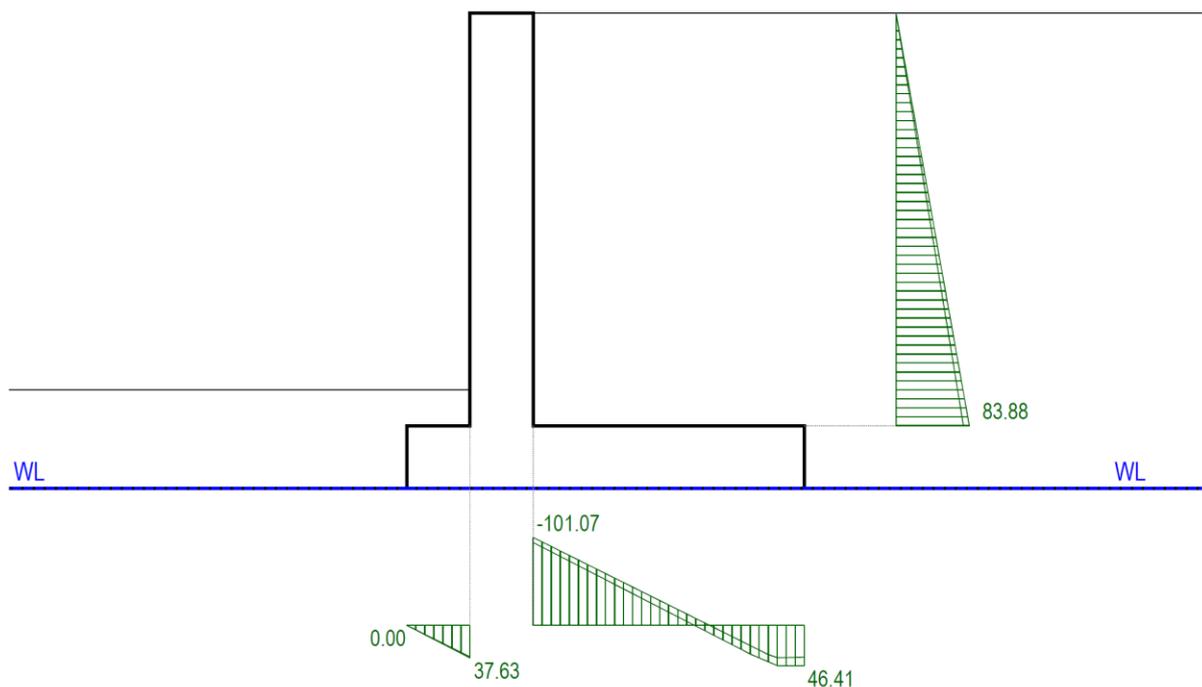
y [m]	Hsez [m]	Comb_1 [kN]	Comb_4 [kN]	Comb_5 [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]
0.70	0.70	173.21	141.93	145.03	141.93	173.21

FONDAZIONE POSTERIORE: SEZIONE ATTACCO NELL'ELEVAZIONE

x [m]	Hsez [m]	Comb_1 [kN]	Comb_4 [kN]	Comb_5 [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]
1.40	0.70	134.93	138.72	140.85	134.93	140.85

FONDAZIONE ANTERIORE: SEZIONE ATTACCO NELL'ELEVAZIONE

x [m]	Hsez [m]	Comb_1 [kN]	Comb_4 [kN]	Comb_5 [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]
0.70	0.70	117.67	118.74	122.77	117.67	122.77



<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00OS01GETRE01A</p> <p>Relazione di calcolo muro di sottoscarpa</p>	<p>File:</p> <p>T00OS01GETRE01A.d</p> <p>oc</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 88 di 100</p>
--	---

INVILUPPI DELLE FORZE NORMALI

Legenda:

Comb_1 = Statica (A1 +M1+R3)
 Comb_4 = Sisma Su (M1+R3)
 Comb_5 = Sisma Giu (M1+R3)

ELEVAZIONE: SEZIONE ATTACCO SU FONDAZIONE

y [m]	Hsez [m]	Comb_1 [kN]	Comb_4 [kN]	Comb_5 [kN]	Nmin [kN]	Nmax [kN]
0.70	0.70	80.50	77.12	83.88	77.12	83.88

FONDAZIONE POSTERIORE: SEZIONE ATTACCO NELL'ELEVAZIONE

x [m]	Hsez [m]	Comb_1 [kN]	Comb_4 [kN]	Comb_5 [kN]	Nmin [kN]	Nmax [kN]
1.40	0.70	-97.94	-95.26	-101.07	-101.07	-95.26

FONDAZIONE ANTERIORE: SEZIONE ATTACCO NELL'ELEVAZIONE

x [m]	Hsez [m]	Comb_1 [kN]	Comb_4 [kN]	Comb_5 [kN]	Nmin [kN]	Nmax [kN]
0.70	0.70	37.63	37.39	36.26	36.26	37.63

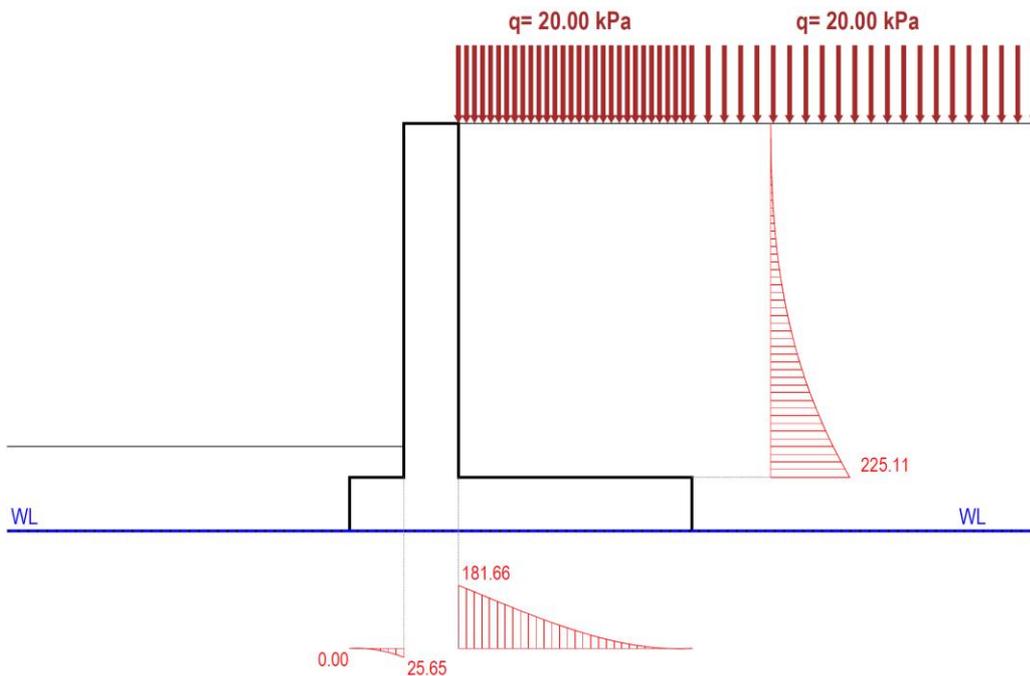
PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

9.5.1. SLE-RARA

DIAGRAMMI MOMENTI FLETTENTI



PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

File:

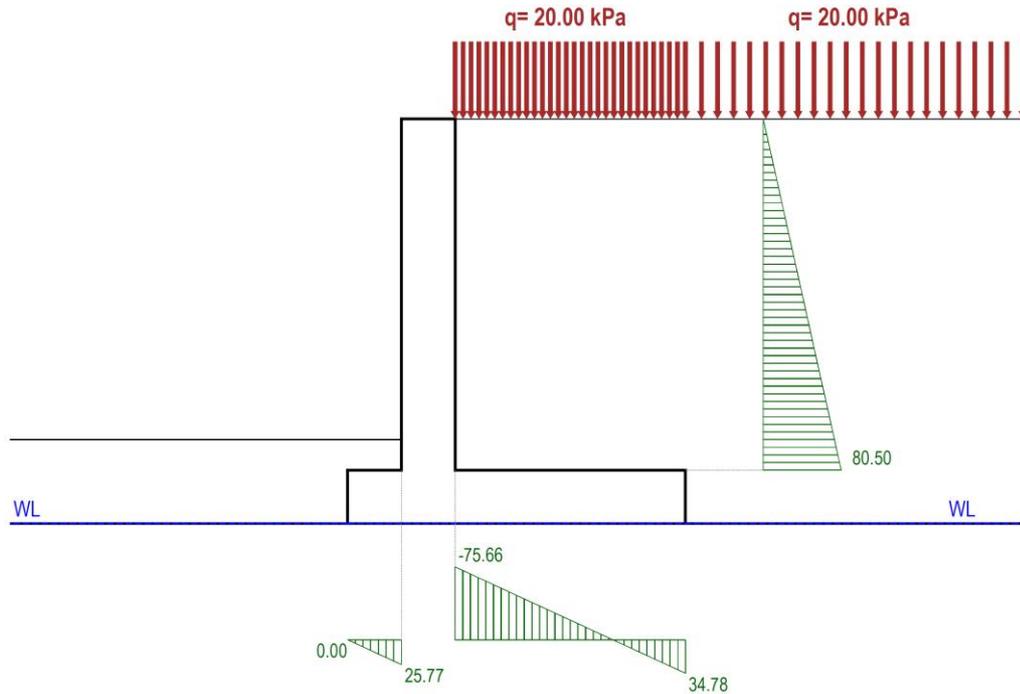
T00OS01GETRE01A.d

oc

Data: Giugno 2020

Pag. 90 di 100

DIAGRAMMI FORZE NORMALI



ELEVAZIONE:
SEZIONE ATTACCO SU FONDAZIONE

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)									
Azione	Tipo Azione		F [kN]	Coef [-]	Fv (T) [kN]	Fh (T) [kN]	x [m]	y [m]	M [kNm]
Materiali Muro: Mat. n.01	Perm. Strutt.	Fav	80.50	1.00	80.50	0.00	0.00	2.30	0.00
Spinta Terra: Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	127.20	1.00	0.00	127.20	0.35	1.77	225.11
Totalli:									
Momento Flettente:	M =		225.11						kNm (>0 ribalta verso Valle)
Forza Assiale:	N =		80.50						kN (>0 compressione)
Forza di Taglio:	T =		127.20						kN (>0 verso Valle)

FONDAZIONE POSTERIORE:
SEZIONE ATTACCO NELL'ELEVAZIONE

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)									
Azione	Tipo Azione		F [kN]	Coef [-]	Fv (T) [kN]	Fh (T) [kN]	x [m]	y [m]	M [kNm]
Fondazione Muro	Perm. Strutt.	Fav	52.50	1.00	52.50	0.00	1.50	0.00	78.75
Terr. su fond.: Area n.01	Perm. Strutt.	Fav	269.09	1.00	269.09	0.00	1.50	2.65	403.64
Sovracc. su muro:	Variabile	Fav	60.00	1.00	60.00	0.00	1.50	4.95	90.00
Componenti verticali spinta terra:									
-Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	0.00	1.00	0.00	0.00	3.00	-0.01	0.00
-Tratto n.02	Perm. Strutt.	Sfav	0.00	1.00	0.00	0.00	3.00	2.12	0.00
Componenti orizzontali spinta terra:									
-Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	34.78	1.00	0.00	34.78	3.00	-0.01	0.24
Reaz. V terreno di fond.			-276.80	1.00	-276.80	0.00	1.27	-0.35	-352.31
Reaz. H terreno di fond.			-110.44	1.00	0.00	-110.44	1.27	-0.35	-38.66
Totalli:									
Momento Flettente:	M =		181.66						kNm (>0 ribalta verso il basso)
Forza Assiale:	N =		-75.66						kN (<0 trazione)
Forza di Taglio:	T =		104.80						kN (>0 verso il basso)

FONDAZIONE ANTERIORE:
SEZIONE ATTACCO NELL'ELEVAZIONE

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)									
Azione	Tipo Azione		F [kN]	Coef [-]	Fv (T) [kN]	Fh (T) [kN]	x [m]	y [m]	M [kNm]
Fondazione Muro	Perm. Strutt.	Fav	12.25	1.00	-12.25	0.00	-0.35	0.00	-4.29
Terr. su fond.: Area n.01	Perm. Strutt.	Fav	5.46	1.00	-5.46	0.00	-0.35	0.55	-1.91
Reaz. V terreno di fond.			114.48	1.00	114.48	0.00	-0.36	-0.35	40.87
Reaz. H terreno di fond.			25.77	1.00	0.00	25.77	-0.36	-0.35	-9.02
Totalli:									
Momento Flettente:	M =		25.65						kNm (>0 ribalta verso l'alto)
Forza Assiale:	N =		25.77						kN (>0 compressione)
Forza di Taglio:	T =		96.77						kN (>0 verso l'alto)

SLE-FREQUENTE

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A
Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

File:

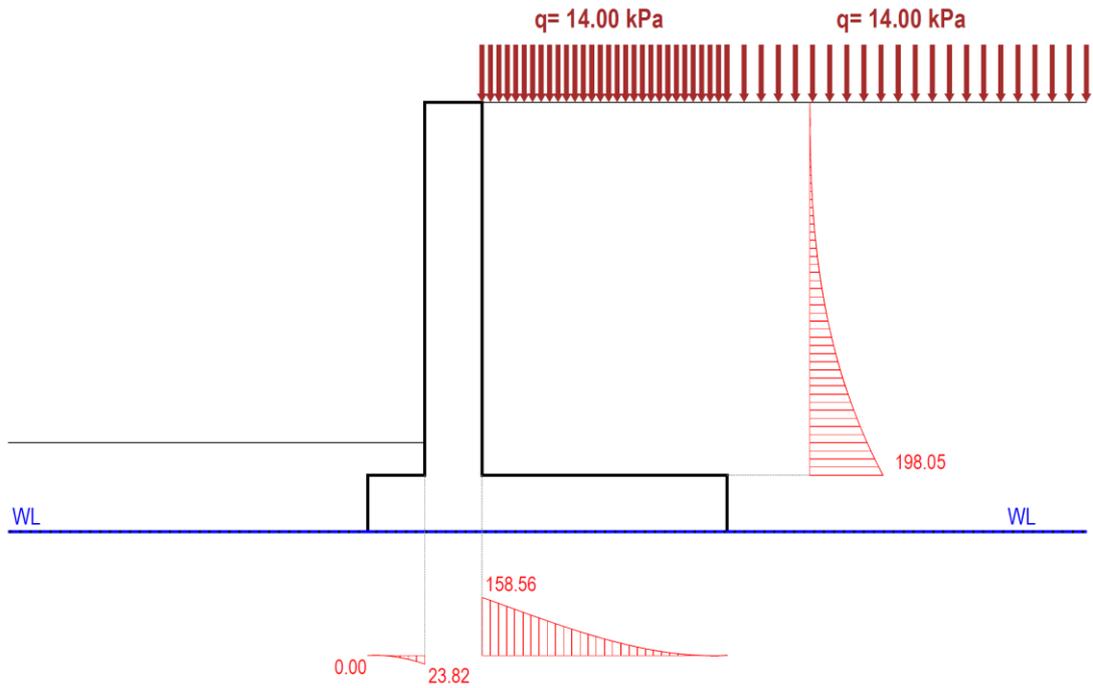
T00OS01GETRE01A.d

oc

Data: Giugno 2020

Pag. 91 di 100

DIAGRAMMI MOMENTI FLETTENTI



PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

File:

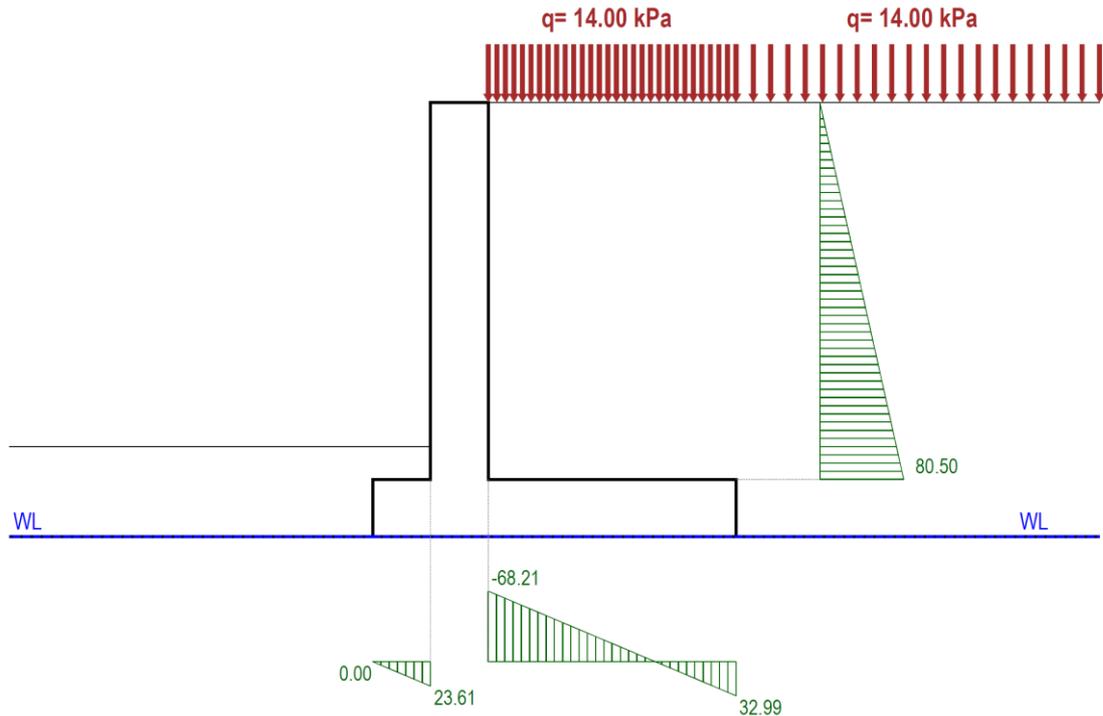
T00OS01GETRE01A.d

oc

Data: Giugno 2020

Pag. 92 di 100

DIAGRAMMI FORZE NORMALI



ELEVAZIONE:
SEZIONE ATTACCO SU FONDAZIONE

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)								
Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	Fv (N) [kN]	Fh (T) [kN]	x [m]	y [m]	M [kNm]
Materiali Muro: Mat. n.01	Perm. Strutt.	Fav	1.00	80.50	0.00	0.00	2.30	0.00
Spinta Terra: Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	1.00	0.00	115.43	0.35	1.72	198.05
Totali:				80.50	115.43			198.05
Momento Flettente:	M =	198.05	kNm	(>0 ribalta verso Valle)				
Forza Assiale:	N =	80.50	kN	(>0 compressione)				
Forza di Taglio:	T =	115.43	kN	(>0 verso Valle)				

FONDAZIONE POSTERIORE:
SEZIONE ATTACCO NELL'ELEVAZIONE

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)								
Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	Fv (T) [kN]	Fh (N) [kN]	x [m]	y [m]	M [kNm]
Fondazione Muro	Perm. Strutt.	Fav	1.00	52.50	0.00	1.50	0.00	78.75
Terr. su fond.: Area n.01	Perm. Strutt.	Fav	1.00	269.09	0.00	1.50	2.65	403.64
Sovracc. su muro:	Variabile	Fav	0.70	42.00	0.00	1.50	4.95	63.00
Componenti verticali spinta terra:								
-Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	0.00	0.00	0.00	3.00	-0.01	0.00
-Tratto n.02	Perm. Strutt.	Sfav	0.00	0.00	0.00	3.00	2.07	0.00
Componenti orizzontali spinta terra:								
-Tratto n.01	Perm. Strutt.	Sfav	1.00	0.00	32.99	3.00	-0.01	0.24
Reaz. V terreno di fond.			1.00	-271.43	0.00	1.30	-0.35	-351.65
Reaz. H terreno di fond.			1.00	-101.20	0.00	1.30	-0.35	-35.42
Totali:				92.17	-68.21			158.56
Momento Flettente:	M =	158.56	kNm	(>0 ribalta verso il basso)				
Forza Assiale:	N =	-68.21	kN	(<0 trazione)				
Forza di Taglio:	T =	92.17	kN	(>0 verso il basso)				

FONDAZIONE ANTERIORE:
SEZIONE ATTACCO NELL'ELEVAZIONE

COMBINAZIONE DI CARICO N. 1: Statica (A1 +M1+R3)								
Azione	Tipo Azione	F [kN]	Coef [-]	Fv (T) [kN]	Fh (N) [kN]	x [m]	y [m]	M [kNm]
Fondazione Muro	Perm. Strutt.	Fav	1.00	12.25	0.00	-0.35	0.00	-4.29
Terr. su fond.: Area n.01	Perm. Strutt.	Fav	1.00	5.46	0.00	-0.35	0.55	-1.91
Reaz. V terreno di fond.			1.00	107.36	0.00	-0.36	-0.35	38.28
Reaz. H terreno di fond.			1.00	23.61	0.00	-0.36	-0.35	-8.26
Totali:				89.65	23.61			23.82
Momento Flettente:	M =	23.82	kNm	(>0 ribalta verso l'alto)				
Forza Assiale:	N =	23.61	kN	(>0 compressione)				
Forza di Taglio:	T =	89.65	kN	(>0 verso l'alto)				

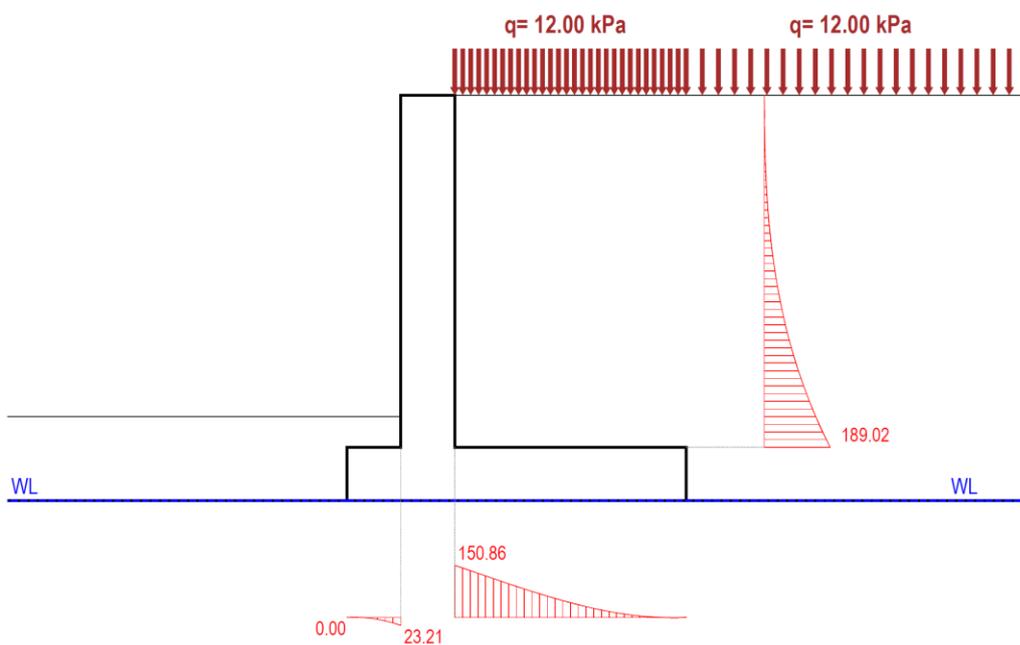
PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

9.5.2. SLE-QUASI PERMANENTE

DIAGRAMMI MOMENTI FLETTENTI



ANAS S.p.A.

S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

File:

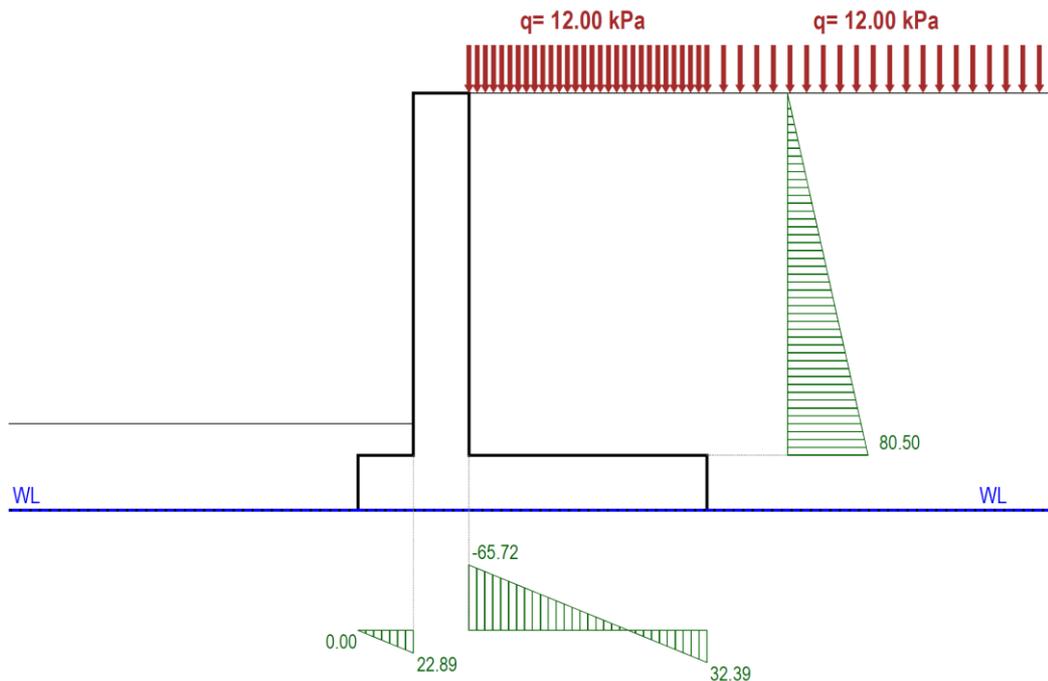
T00OS01GETRE01A.d

oc

Data: Giugno 2020

Pag. 94 di 100

DIAGRAMMI FORZE NORMALI



ANAS S.p.A.

S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

File:

T00OS01GETRE01A.d

oc

Data: Giugno 2020

Pag. 95 di 100

9.5.3.Sez. A- Paramento verticale

SEZIONE A- INCASTRO PARAMENTO VERTICALE												
INPUT					INPUT							
GEOMETRIA SEZIONE					ARMATURA A TAGLIO							
BASE	B			1,000	mm	NUMERO BRACCI	nb	3	N°/m	= passo	333	mm
ALTEZZA	H			700	mm	DIAMETRO BARRE	φ	0	mm			
ALTEZZA UTILE	d			625	mm	PASSO	sw	300	mm			
AREA CALCESTRUZZO				700,000	mm ²	INCLINAZIONE	α°	90	1,570	rad		
COPRIFERRO NETTO BARRE SECONDARIE	c1			75	mm	AREA STAFFE AL mm	Asw / sw	0,000	mm ² /mm			
DISTANZA ASSE ARMATURE - PARAMENTO ESTERNO	c2			75	mm	AZIONI INTERNE DI VERIFICA						
DISTANZA ASSE ARMATURE - PARAMENTO INTERNO	c2			75	mm	POSITIVE LE TRAZIONI						
BARRA SEPARATRICE TRA I LETTI DI ARMATURA	h*			0	mm	POSITIVI I MOMENTI CHE TENDONO LE FIBRE ESTERNE						
ARMATURA SECONDARIA					STATI LIMITE ULTIMI							
DIAMETRO MASSIMO BARRE SECONDARIE (RIPARTITORE)	φ			0	mm	1° set: INVILUPPO STATI LIMITE ULTIMI: SLV, SLV (Max)						
ARMATURA PRINCIPALE PARAMENTO LATO STRADA					AZIONI INTERNE DI VERIFICA							
NUMERO BARRE PRINCIPALI	N		1° STRATO	5		POSITIVE LE TRAZIONI						
DIAMETRO BARRE PRINCIPALI	φ		2° STRATO	20	mm	POSITIVI I MOMENTI CHE TENDONO LE FIBRE ESTERNE						
AREA STRATO	A			1,570	mm ²	STATI LIMITE DI ESERCIZIO						
RAPPORTO DI ARMATURA	ρ			0,2512	%	1° set: INVILUPPO STATI LIMITE DI ESERCIZIO: COMB. RARE, SLD (Max)						
ARMATURA PRINCIPALE PARAMENTO LATO TERRA					1° set: INVILUPPO STATI LIMITE DI ESERCIZIO: COMB. QUASI PERMANENTI (Max)							
NUMERO BARRE PRINCIPALI	N		1° STRATO	5		1° set: INVILUPPO STATI LIMITE DI ESERCIZIO: COMB. RARE (Max)						
DIAMETRO BARRE PRINCIPALI	φ		2° STRATO	24	mm							
AREA STRATO	A			2,261	mm ²							
RAPPORTO DI ARMATURA	ρ			0,3617	%							

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO - NTC § 4.1.2.1.3				
TAGLIO RESISTENTE IN ASSENZA DI ARMATURE A TAGLIO	VRd	259,4	kN	≥ Vsd non è necessario armare a taglio
CON:	Vsd	173,2	kN	
COEFFICIENTE K	$k = 1 + (200/d)^{0.5}$	1,56		
COEFFICIENTE K1	k1	0,15		
RESISTENZA A TAGLIO UNITARIA MINIMA DEL CLS.	ν_{min}	0,368	N/mm ²	$0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$
TENSIONE ASSIALE MEDIA DI COMPRESSIONE	$\sigma_{cp} = NEd / A_c$	0,00	N/mm ²	
RAPPORTO ARMATURA TESA	ρ	0,355472		
RESISTENZA A TAGLIO DEL CALCESTRUZZO	VRd,c	259,37	kN	$[(0,18 / \gamma_c) k (100 \rho l f_{ck})^{1/3} + k1 \sigma_{cp}] bw d / 1000$
RESISTENZA A TAGLIO DEL CALCESTRUZZO MINIMA	VRd,c min	233,94	kN	$(\nu_{min} + k1 \sigma_{cp}) bw d / 1000$
CALCOLO DELLE ARMATURE A TAGLIO				
AREA ARMATURA A TAGLIO	Asw	0,00	mm ²	
INCLINAZIONE ARMATURA A TAGLIO	α	90	°	1,570 rad
ANGOLO DI INCLINAZIONE DEI PUNTONI DI CLS.	ψ	21,8	°	0,380 rad
COEFFICIENTE DI RIDUZIONE PER FESSURAZIONE	ν1	0,5		cotg ψ = 2,5
	f'cd = 0.5 fcd	8,23	N/mm ²	
	σcp/fcd	0,000000		
COEFFICIENTE DI INTERAZIONE	α c	1,00		
RESISTENZA A TAGLIO DELL'ARMATURA	VRsd	0,0	kN	$0.9 d (Asw/s) f_{yd} (ctg \alpha + ctg \psi) \sin \alpha$
RESISTENZA A TAGLIO DELLE BIELLE DI CLS. COMPRESSE	VRcd	1624,6	kN	$0.9 d bw \alpha c f_{cd} (ctg \alpha + ctg \psi) / (1 + ctg \psi^2)$
RESISTENZA A TAGLIO DI PROGETTO	VRd = min(VRcd;VRsd)	0,0	kN	--

ANAS S.p.A.

S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

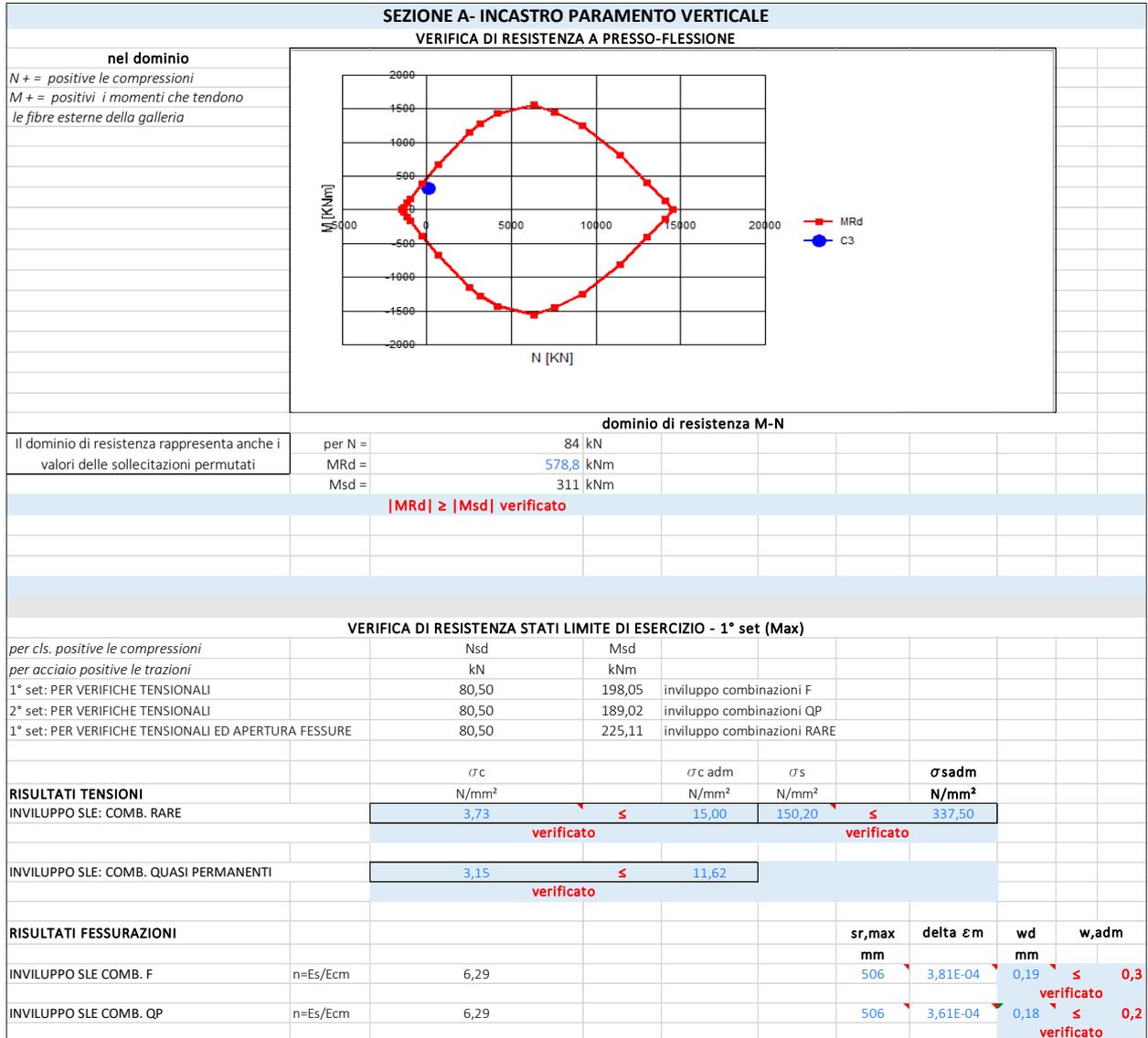
File:

T00OS01GETRE01A.d

oc

Data: Giugno 2020

Pag. 96 di 100



ANAS S.p.A. S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2 PROGETTO DEFINITIVO T00OS01GETRE01A Relazione di calcolo muro di sottoscarpa	File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 97 di 100
---	--

9.5.4.Sez.B-Soletta di fondazione-incastro lato destro

SEZIONE B- INCASTRO SOLETTA LATO DESTRO											
INPUT					INPUT						
GEOMETRIA SEZIONE					ARMATURA A TAGLIO						
BASE	B			1,000	NUMERO BRACCI	nb	4	N°/m	= passo	250	mm
ALTEZZA	H			700	DIAMETRO BARRE	φ	0	mm			
ALTEZZA UTILE	d			625	PASSO	sw	250	mm			
AREA CALCESTRUZZO				700,000	INCLINAZIONE	α°	90	1,570	rad		
COPRIFERRO BARRE SECONDARIE	c1			75	AREA STAFFE AL mm	Asw / sw	0,000	mm²/mm			
DISTANZA ASSE BARRA - BARRE PRINCIPALI - PARAMENTO ESTERNO	c2			75	AZIONI INTERNE DI VERIFICA						
DISTANZA ASSE BARRA - BARRE PRINCIPALI - PARAMENTO INTERNO	c2			75	POSITIVE LE TRAZIONI						
					POSITIVI I MOMENTI CHE TENDONO LE FIBRE ESTERNE						
					STATI LIMITE ULTIMI						
					1° set: INVILUPPO STATI LIMITE ULTIMI: SLU, SLV (Max)						
					NL_ENV_SLU_SLV						
					-101						
					279						
					141						
					STATI LIMITE DI ESERCIZIO						
					1° set: INVILUPPO STATI LIMITE DI ESERCIZIO: COMB. RARE, SLD (Max)						
					NL_ENV_SLE_R_SLD						
					68						
					159						
					0						
					1° set: INVILUPPO STATI LIMITE DI ESERCIZIO: COMB. QUASI PERMANENTI (Max)						
					NL_ENV_SLE_QP						
					66						
					151						
					0						
					1° set: INVILUPPO STATI LIMITE DI ESERCIZIO: COMB. RARE (Max)						
					NL_ENV_SLE_R						
					76						
					182						
					0						

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO - NTC § 4.1.2.1.3									
TAGLIO RESISTENTE IN ASSENZA DI ARMATURE A TAGLIO	VRd	251,8	kN	≥ Vsd non è necessario armare a taglio					
CON:	Vsd	140,9	kN						
COEFFICIENTE K	$k = 1 + (200/d)^{0.5}$	1,55							
COEFFICIENTE K1	k1	0,15							
RESISTENZA A TAGLIO UNITARIA MINIMA DEL CLS.	ν_{min}	0,366	N/mm²	0,035 $k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$					
TENSIONE ASSIALE MEDIA DI COMPRESSIONE	$\sigma_{cp} = NEd / Ac$	0,14	N/mm²						
RAPPORTO ARMATURA TESA	ρ	0,241538							
RESISTENZA A TAGLIO DEL CALCESTRUZZO	VRd,c	246,22	kN	[(0.18 / γc) k (100 ρ l f _{ck}) ^{1/3} + k1 σ _{cp}] bw d / 1000					
RESISTENZA A TAGLIO DEL CALCESTRUZZO MINIMA	VRd,c min	251,78	kN	(ν _{min} + k1 σ _{cp}) bw d / 1000					
CALCOLO DELLE ARMATURE A TAGLIO									
AREA ARMATURA A TAGLIO	Asw	0,00	mm²						
INCLINAZIONE ARMATURA A TAGLIO	α	90	°	1,570	rad	cotg α = 0			
ANGOLO DI INCLINAZIONE DEI PUNTONI DI CLS.	ψ	21,8	°	0,380	rad	cotg ψ = 2,5			
COEFFICIENTE DI RIDUZIONE PER FESSURAZIONE	ν1	0,5							
	f _{cd} = 0.5 f _{cd}	8,23	N/mm²						
	σ _{cp} /f _{cd}	0,008771							
COEFFICIENTE DI INTERAZIONE	αc	1,01							
RESISTENZA A TAGLIO DELL'ARMATURA	VRsd	0,0	kN	0.9 d (Asw/s) f _{yd} (ctg α + ctg ψ) sen α					
RESISTENZA A TAGLIO DELLE BIELLE DI CLS. COMPRESSE	VRcd	1674,9	kN	0.9 d bw α c f _{cd} (ctg α + ctg ψ) / (1 + ctg ψ ²)					
RESISTENZA A TAGLIO DI PROGETTO	VRd = min(VRcd;VRs)	0,0	kN	--					

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

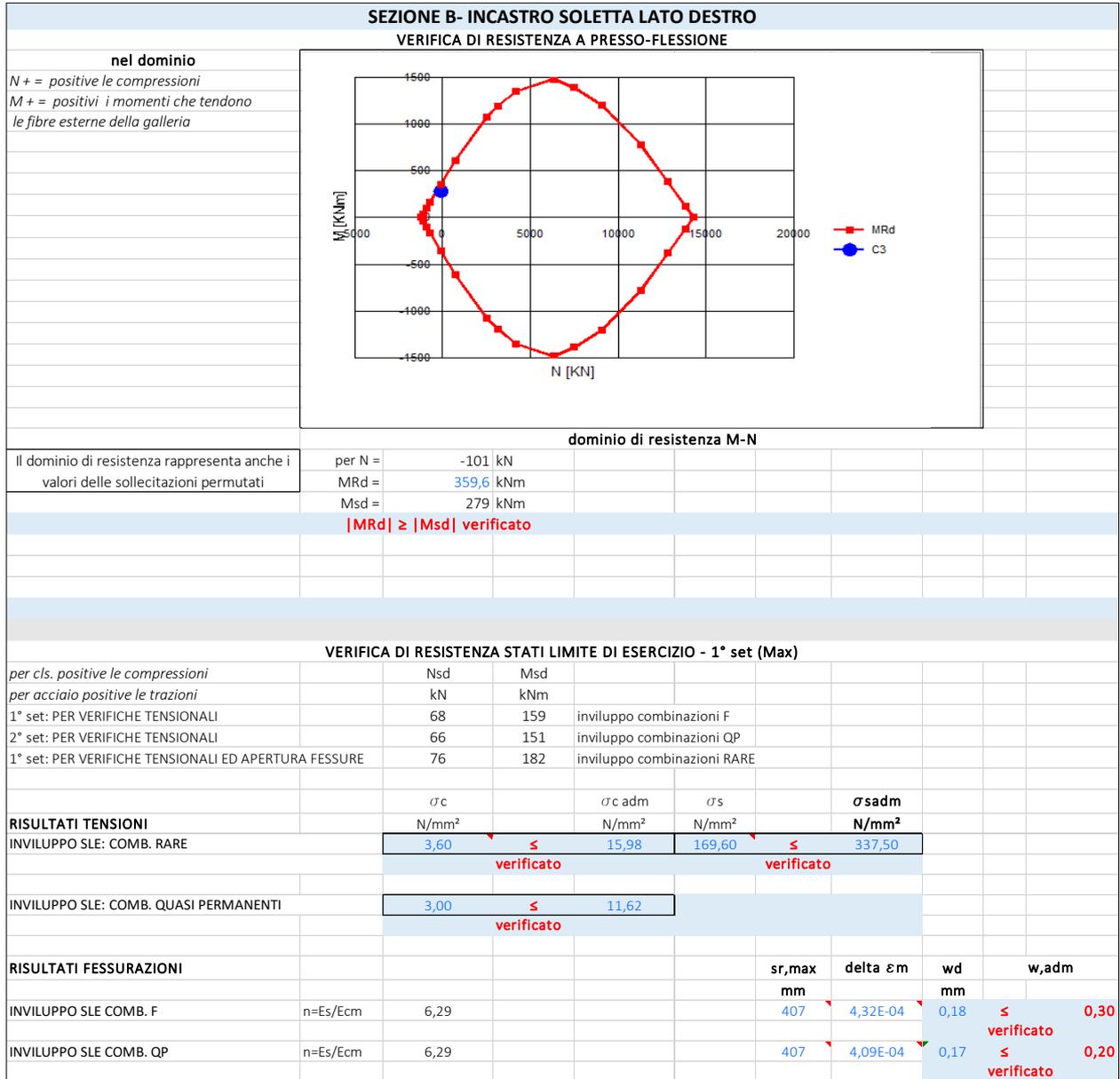
File:

T00OS01GETRE01A.d

oc

Data: Giugno 2020

Pag. 98 di 100



ANAS S.p.A. S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2 PROGETTO DEFINITIVO T00OS01GETRE01A Relazione di calcolo muro di sottoscarpa	File: T00OS01GETRE01A.d oc Data: Giugno 2020 Pag. 99 di 100
---	--

9.5.5. Sez.C-Soletta di fondazione-incastro lato sinistro

SEZIONE C- INCASTRO SOLETTA LATO SINISTRO					
INPUT			INPUT		
GEOMETRIA SEZIONE			ARMATURA A TAGLIO		
BASE	B	1,000 mm	NUMERO BRACCI	nb	4
ALTEZZA	H	700 mm	DIAMETRO BARRE	φ	0
ALTEZZA UTILE	d	625 mm	PASSO	sw	400
AREA CALCESTRUZZO		700,000 mm ²	INCLINAZIONE	α °	90
COPRIFERRO BARRE SECONDARIE	c1	75 mm	AREA STAFFE AL	Asw / sw	0,000
DISTANZA ASSE BARRA - BARRE PRINCIPALI - PARAMENTO ESTERNO	c2	75 mm			
DISTANZA ASSE BARRA - BARRE PRINCIPALI - PARAMENTO INTERNO	c2	75 mm			
ARMATURA SECONDARIA			AZIONI INTERNE DI VERIFICA		
DIAMETRO MASSIMO BARRE SECONDARIE	φ	0			
ARMATURA PRINCIPALE PARAMENTO INTERNO			POSITIVE LE TRAZIONI		
		1° STRATO	2° STRATO		
NUMERO BARRE PRINCIPALI	N	5			
DIAMETRO BARRE PRINCIPALI	φ	20			
AREA STRATO	A	1,570			
RAPPORTO DI ARMATURA	ρ	0,2512			
ARMATURA PRINCIPALE PARAMENTO ESTERNO			STATI LIMITE ULTIMI		
		1° STRATO	2° STRATO		
NUMERO BARRE PRINCIPALI	N	5			
DIAMETRO BARRE PRINCIPALI	φ	20			
AREA STRATO	A	1,570			
RAPPORTO DI ARMATURA	ρ	0,2512			
VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO - NTC § 4.1.2.1.3					
TAGLIO RESISTENTE IN ASSENZA DI ARMATURE A TAGLIO	VRd	237,7	kN	≥ Vsd non è necessario armare a taglio	
CON:	Vsd	122,8	kN		
COEFFICIENTE K	$k = 1 + (200/d)^{0.5}$	1,55			
COEFFICIENTE K1	k1	0,15			
RESISTENZA A TAGLIO UNITARIA MINIMA DEL CLS.	v_{min}	0,366	N/mm ²		$0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$
TENSIONE ASSIALE MEDIA DI COMPRESSIONE	$\sigma_{cp} = NEd / Ac$	0,00	N/mm ²		
RAPPORTO ARMATURA TESA	ρ	0,241538			
RESISTENZA A TAGLIO DEL CALCESTRUZZO	VRd,c	232,14	kN		$\{[(0.18 / \gamma_c) k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] bw d / 1000$
RESISTENZA A TAGLIO DEL CALCESTRUZZO MINIMA	VRd,c min	237,70	kN		$(v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) bw d / 1000$
CALCOLO DELLE ARMATURE A TAGLIO					
AREA ARMATURA A TAGLIO	Asw	0,00	mm ²		
INCLINAZIONE ARMATURA A TAGLIO	α	90	°	1,570	rad
ANGOLO DI INCLINAZIONE DEI PUNTONI DI CLS.	ψ	21,8	°	0,380	rad
COEFFICIENTE DI RIDUZIONE PER FESSURAZIONE	η	0,5			
	f _{cd} = 0.5 f _{cd}	8,23	N/mm ²		
	σ _{cp} /f _{cd}	0,000000			
COEFFICIENTE DI INTERAZIONE	α _c	1,00			
RESISTENZA A TAGLIO DELL'ARMATURA	VRsd	0,0	kN		$0.9 d (Asw/s) f_{yd} (ctg \alpha + ctg \psi) \sin \alpha$
RESISTENZA A TAGLIO DELLE BIELLE DI CLS. COMPRESSE	VRcd	1660,4	kN		$0.9 d bw \alpha c f_{cd} (ctg \alpha + ctg \psi) / (1 + ctg \psi^2)$
RESISTENZA A TAGLIO DI PROGETTO	VRd = min(VRcd;VRs)	0,0	kN		--

PROGETTO DEFINITIVO

T00OS01GETRE01A

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

File:

T00OS01GETRE01A.d

oc

Data: Giugno 2020

Pag. 100 di 100

