



MARZO 2022

PALLADIO TEAM FORNOVO S.R.L.

**IMPIANTO DI SMALTIMENTO RIFIUTI SPECIALI
NON PERICOLOSI SITO IN LOCALITÀ MONTE
ARDONE NEL COMUNE DI FORNOVO DI TARO**

PROGETTO DI AMPLIAMENTO PER OPERAZIONI D1 E D15

**NUOVO ARGINE DI VALLE –
ISTANZA DI AUTORIZZAZIONE
SISMICA**

RELAZIONE DI CALCOLO



Progettisti/coordinamento

Ing. Alberto Angeloni (Ord. Ingegneri P.v. di Milano nr. 20024)
Geol. Pietro Simone (Ord. Geologi della Lombardia n. 1030)

Codice elaborato

2582_4809_IS_R02_Rev1_CALCOLO.docx

Monte



Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2582_4809_IS_R02_Rev0_CALCOLO	12/2021	Prima emissione	A.F.	P. Simone	A. Angeloni
2582_4809_IS_R02_Rev1_CALCOLO.docx	03/2022	Chiarimenti CDS	A.F.	P. Simone	A. Angeloni

Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Alberto Angeloni	Direttore Tecnico – firmatario del progetto	Ord. Ing. Prov. Milano nr. 20024
Piero Simone	Geologo - coordinamento generale	Ord. Geologi Lombardia, nr. 1030
Federico Bernar	Ingegnere – progettista	Ord. Ing. Prov. Milano, nr. A24929
Santina Maddè	Ingegnere – progettista idraulica	Ord. Ing. Prov. Milano, nr. 21616
Marco Maroni	Geologo – progettista	
Mauro Scudu	Geologo – coordinamento progetto	Ord. Geologi Sardegna, nr. A757
Paolo Vasino	Architetto – paesaggista	Ord. Arch. Prov. Milano, nr. 6321
Francesca Jasparro	Esperto ambientale e dott. in urbanistica	
Daniela Casu	Ingegnere – progettista	
Giorgiana Pinna	Ingegnere – progettista	



INDICE

1. PREMESSA.....	5
1.1 IL PROPONENTE.....	5
2. ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE	7
3. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SITO.....	9
4. GEOMETRIA DEL MODELLO	11
4.1 NUOVO ARGINE DI VALLE.....	11
5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	12
5.1 CALCESTRUZZO	12
5.2 BARRE D'ARMATURA	12
5.3 ACCIAIO PER TIRANTI	13
5.4 BOIACCA PER INIEZIONE ANCORAGGI.....	13
5.5 ACCIAIO PER PALI.....	13
5.6 MALTA DI INIEZIONI PER FONDAZIONI PROFONDE	13
5.7 TERRENO DI RIPIIMENTO	13
5.8 ELEMENTI DI RINFORZO/GEOGRIGLIE	14
6. METODI DI CALCOLO E VERIFICA	17
6.1 PERCENTUALE MINIMA D'ARMATURA.....	17
6.2 COPRIFERRO.....	17
7. CODICI DI CALCOLO UTILIZZATI.....	18
8. CARATTERISTICHE DELL'OPERA STRUTTURALE.....	19
8.1 VITA NOMINALE	19
8.2 CLASSE D'USO.....	19
8.3 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA.....	19
8.4 CATEGORIA DEL SUOLO	20
8.5 CATEGORIA TOPOGRAFICA.....	20
9. COMBINAZIONI DI CARICO	21
9.1 COMBINAZIONE STATICA SLU	21
9.2 COMBINAZIONE STATICA SLE	21
10. INQUADRAMENTO SISMICO	22
11. ANALISI SISMICA	24
12. VERIFICA SEZIONI MURO IN C.A.....	25
12.1 SOLLECITAZIONI STATICHE	25
12.2 SOLLECITAZIONI SISMICHE	26
12.3 COMBINAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI.....	27



12.3.1	Combinazioni statiche	27
12.3.2	Combinazioni sismiche	29
12.4	DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.	32
12.4.1	Variazioni termiche	33
13.	DIMENSIONAMENTO PALI DI FONDAZIONE	35
14.	DIMENSIONAMENTO TIRANTI	39
15.	DIMENSIONAMENTO TERRA RINFORZATA	44
15.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	44
15.2	MATERIALI IMPIEGATI – SISTEMA TIPO MISTO CON RINFORZI SECONDARI IN RETE METALLICA A DOPPIA TORSIONE E RINFORZI PRINCIPALI IN GEOGRIGLIE DRENANTI IN POLIESTERE AD ALTA RESISTENZA	44
15.2.1	Elementi di rinforzo principali in geogriglie drenanti in poliestere ad alta resistenza	44
15.2.2	Elementi di rinforzo secondari in rete metallica a doppia torsione	46
15.3	CONDIZIONI DI CARICO VERIFICATE	47
15.4	COEFFICIENTI DI SICUREZZA PARZIALI	48
15.5	IPOTESI DI CALCOLO	49
15.6	METODO DI CALCOLO	50
15.7	GENERAZIONE DELLE SUPERFICI DI ROTTURA	53
15.8	CARICHI DINAMICI DOVUTI A FORZE DI NATURA SISMICHE	54
15.9	ESITO DELLE VERIFICHE	55
15.10	ACCORGIMENTI TECNICI REALIZZATIVI	56
15.11	PROVE DI CARICO SUI TIRANTI	56

ALLEGATI

ALLEGATO 1 – DIMENSIONAMENTO E VERIFICA SEZIONE INCASTRO FONDAZIONE

ALLEGATO 2 – DIMENSIONAMENTO E VERIFICA SEZIONE FONDAZIONE 2M

ALLEGATO 3 – DIMENSIONAMENTO E VERIFICA SEZIONE INCASTRO PARAMENTO VERTICALE

ALLEGATO 4 – DIMENSIONAMENTO E VERIFICA SEZIONE PARAMENTO VERTICALE 2M

ALLEGATO 5 – VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO – APERTURA FESSURE

ALLEGATO 6 – DIMENSIONAMENTO STATICO RILEVATO IN TERRA RINFORZATA

ALLEGATO 7 – DIMENSIONAMENTO SISMICO RILEVATO IN TERRA RINFORZATA



1. PREMESSA

Il presente elaborato, redatto da Montana S.p.A. su incarico della ditta Palladio Team Fornovo S.r.l., costituisce la Relazione di calcolo relativa al progetto esecutivo del nuovo argine di valle dell'ampliamento per operazioni D1 e D15 dell'impianto di smaltimento di rifiuti non pericolosi sito in località Monte Ardone nel Comune di Fornovo Taro (PR).

In particolare il nuovo argine sarà costituito da un muro in c.a. fondato su pali e tirantato alla base, e da un rilevato in terra rinforzata a valle, la cui larghezza in testa garantisce il transito dei mezzi nelle fasi di conferimento a discarica dei materiali.

L'inquadramento geologico dell'area è stato analizzato nella Relazione Geologica (rif. 2582_3937_R05_A3_Rev0_GEOL).

Il dimensionamento degli elementi strutturali (muro, pali e tiranti) è stato eseguito utilizzando le sollecitazioni determinate nei modelli di calcolo bidimensionale agli elementi finiti (software PLAXIS, versione 8.6) ed alle differenze finite (software FLAC2D v8 - Itasca) per la stabilità della geometria finale dell'impianto di smaltimento rifiuti, in condizioni statiche e sismiche, così come riportate nei seguenti documenti allegati al progetto definitivo:

- Relazione Geotecnica (rif. 2582_3937_R05_A4_Rev0_GEOTEC) redatta da Geotechnical Engineering nel dicembre 2020 – stabilità in condizione statiche;
- Relazioni Sismica (rif. 2582_3937_R05_A5_Rev0_SISMIC) redatta dallo Studio Calvi nel dicembre 2020;

Nei calcoli di dimensionamento delle opere strutturali (muro, pali e tiranti), le sollecitazioni determinate dalle analisi soprarichiamate sono state incrementate secondo quanto indicato nell'“ALLEGATO 28 ANALISI INTEGRATIVE PER LA VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DELLA VARIAZIONE DEL PESO DI UNITÀ DI VOLUME DEI RIFIUTI”, considerando quindi una variazione del peso di volume dei materiali da conferire di +/- 10% rispetto al valore medio originario, pari a 14 kN/m³. Questo in accordo alle osservazioni espresse dai Tecnici di Regione Emilia-Romagna Servizio Geologico Sismico e dei Suoli nella seconda seduta di Conferenza dei Servizi decisoria, convocata con nota prot. PG/2022/11461 del 25/01/2022 da Arpa S.A.C. e svolta in modalità sincrona ai sensi dell'articolo 14-ter della L. 241/90 smi in data 16/02/2022.

Il dimensionamento delle opere fa riferimento alla seguente normativa tecnica:

- D.M. 1° gennaio 2018 “Nuove norme Tecniche per le costruzioni”, emanato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti di concerto con il Ministero dell'Interno e il capo del Dipartimento della Protezione Civile, pubblicato sul Supplemento Ordinario n. 8 alla Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20 febbraio 2018, entrando quindi in vigore il 22 marzo 2018;
- Istruzioni per l'applicazione delle NTC 17/01/2018. Circolare C.S.LL.PP. n. 7 del 21/02/2019. Supplemento ordinario n. 5 della G.U. n. 35 del 11 Febbraio 2019.
- UNI EN1537 - Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Tiranti d'ancoraggio.

1.1 IL PROPONENTE

Il proponente dell'iniziativa progettuale è la società Palladio Team Fornovo S.r.l. che costituisce al contempo il richiedente dell'autorizzazione e il gestore dell'impianto. L'azienda ad oggi svolge nel sito attività di smaltimento di rifiuti speciali non pericolosi.



La Società è conforme alla norma per il Sistema di Gestione Qualità e ambiente ISO 9001:2015 e 14001:2015, ai requisiti della norma per il Sistema di Gestione della Salute e Sicurezza sul Lavoro ISO 45001 ed è conforme ai requisiti della norma Regolamento (CE) No. 1221/2009 modificato dal Regolamento (UE) 2017/1505 della Commissione del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 novembre 2009, sull'adesione volontaria delle organizzazioni a un sistema comunitario di ecogestione e audit (Regolamento EMAS).

I dati societari del Proponente sono i seguenti:

- Denominazione: Palladio Team Fornovo S.r.l.
- Sede Legale: Strada Neviano de' Rossi, 51, 43045 Fornovo (PR)
- C.F. & P.IVA: 02334520984.

2. ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

L'opera strutturale di sostegno sarà realizzata mediante muro a mensola con fondazione a valle e monte, in cemento armato, con classe di esposizione XA2, classe di resistenza C35/45, armato con barre d'acciaio di tipo B450C $\phi 32\text{mm}$ e ripartitori $\phi 24\text{mm}$, avente le seguenti caratteristiche geometriche:

- Fondazione
 - Sezione rettangolare di larghezza 7.00 e altezza 2m;
 - Piano di imposta fondazione tratto centrale a 245m slm, con sviluppo 100m;
 - Piano di imposta fondazione tratti laterali a 247m slm, con sviluppo 12m ciascuno;
 - Sovrapposizione in pianta della fondazione centrale con le parti laterali di 2m.
- Elevazione
 - Posta a 3m dal bordo di valle della fondazione, con spessore costante pari a 1m;
 - Altezza elevazione nella parte centrale pari a 9m e nelle parti laterali a 7m;
 - Quota testa muratura a 256m slm.

Tale muro, fondato sull'argine esistente, presenterà doppia fila di pali realizzati con profilati d'acciaio tipo HEM 800 in perforo di 1000mm di lunghezza 25m e annegati con malta di iniezione ad elevato dosaggio di cemento. I pali, posti ad interasse longitudinale di 2m e trasversale di 5m, hanno una lunghezza complessiva di 26m ed entreranno nella fondazione della muratura per circa 1m.

All'incastro tra fondazione ed elevazione, verranno posizionati, lungo l'intero sviluppo del muro con interasse di 1m, dei tiranti a 5 trefoli di diam. 15,3mm e sezione 140mm^2 in acciaio con tensione caratteristica a rottura di $f_{ptk} = 1770 \text{ N/mm}^2$ con doppia guaina nel tratto libero, di lunghezza complessiva 50m e fondazione di 10m. L'ancoraggio alla muratura verrà fissato mediante piastra d'acciaio sagomata, al tirante verrà poi applicato un precarico di 22,2kN.

A valle del muro si prevede altresì la realizzazione di una terra rinforzata, con paramento di inclinazione massima a 45° , elevazione massima nella parte centrale di 20,50m e sviluppo 63m. In tale zona centrale si prevede la posa di uno strato drenante, al di sopra del quale verrà realizzato il rilevato, con strati da 58cm, che andranno poi ad intestarsi lateralmente su entrambe le scarpate. In corrispondenza della sommità del muro a 256m, si otterrà un piano con larghezza pari circa a 7,80m, che garantisce il transito dei mezzi d'opera.

Il rilevato strutturale ed il riempimento a tergo saranno eseguiti con terreno proveniente dagli scavi (principalmente argilloso), le cui caratteristiche sono riportate di seguito ed ipotizzate nei calcoli di verifica per il dimensionamento delle opere, dovranno essere accertate prima dell'inizio dei lavori da parte della Direzione Lavori. Dovranno essere rispettate le seguenti condizioni minime:

- Il terreno di riempimento non dovrà contenere nessun elemento superiore a 100 mm. se non in percentuale massima del 10%;
- La stesa e la compattazione del rilevato viene effettuata impiegando attrezzature e modalità in accordo a quanto previsto dalle specifiche sulle costruzioni stradali;
- La compattazione di ogni singolo corso dovrà avvenire per strati di spessore soffice non superiore a 35-40 cm;
- Il grado di compattazione deve raggiungere in opera il 95 % della prova Proctor modificata.

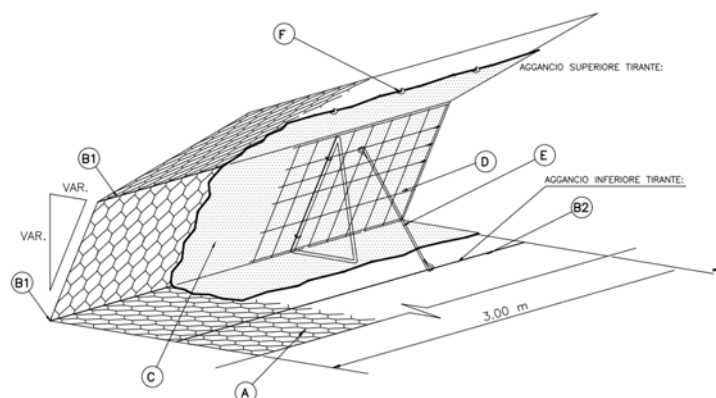


Figura 2.1: Schema tipo armatura paramento terra rinforzata

- A = ELEMENTO DI RINFORZO
IN RETE METALLICA A DOPPIA TORSIONE
A MAGLIA ESAGONALE TIPO 8x10 CON
FILO CON GALVANIZZAZIONE tipo "GALFAN"
(LEGA EUTETTICA DI ZINCO-5% ALLUMINIO)
E ULTERIORMENTE RIVESTITO CON
MATERIALE PLASTICO, DIAM. 2.7/3.7mm
- B1 = BARRETTE METALLICHE DI RINFORZO
ZINCATE E PLASTICATE DIAM. 3.4/4.4mm
INSERITE NELLA RETE METALLICA
- B2 = BARRETTE METALLICHE DI RINFORZO
ZINCATE E PLASTICATE DIAM. 3.4/4.4mm
INSERITE NELLA RETE METALLICA PER
L'AGGANCIO INFERIORE DEL TIRANTE
- C = RITENTORE DI FINI IN TESSUTO A MAGLIA
ACCOPIATO A MICRO-NONTESSUTO
O GEOSTUOIA TRIDIMENSIONALE IN
FILAMENTI DI POLIPROPILENE
- D = PANNELLO DI RINFORZO
IN RETE ELETTRISALDATA
- E = TIRANTE DI RINFORZO (4/EL)
IN ACCIAIO DIAM. 8mm COLLEGATO
AGLI ELEMENTI IN RETE
METALLICA ELETTRISALDATA
- F = PUNTI METALLICI MECCANIZZATI IN ACCIAIO
GALVANIZZATI CON GALFAN DIAM. 3.00mm.

La struttura della terra rinforzata è costituita da:

- elementi di armatura planari orizzontali in rete metallica a doppia torsione, di dimensione 3m x 3m, realizzati a maglia esagonale del tipo 8x10, tessuta con trafilato di ferro protetto mediante galvanizzazione e rivestito in materiale plastico, in accordo con le "Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione" approvate dal Consiglio Superiore LL.PP, commissione relatrice n.69/2013;
- rinforzi principali, interposti tra gli strati di terra rinforzata strutturale, in geogriglie drenanti in poliestere di larghezza 3m e lunghezza tale da formare un piede di lunghezza variabile da 16,5m a 8,5m. Questi elementi saranno dotati di certificato CE, completamente imputrescibili, resistenti agli agenti chimici presenti nel terreno alle normali concentrazioni, inalterabili da insetti, muffe e microorganismi;
- geotessile in fibre di polipropilene (con massa areica 400 g/m²) con funzione di separazione e protezione dello strato drenante in ghiaia alla base del rilevato.

Per garantire il rinverdimento della terra rinforzata è necessario prevedere la formazione di una tasca vegetale, di uno spessore non inferiore ai 30 cm, posta a tergo del paramento frontale delle strutture di rinforzo. Prima della posa del terreno vegetale si procederà alla semina a spaglio per l'unione dello stesso a sementi idonee certificate.

3. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SITO

Rimandando per maggiori dettagli alla Relazione Geotecnica (rif. 2582_3937_R05_A4_Rev0_GEOTEC), si rileva come il modello geologico del sito di intervento deriva direttamente dalle considerazioni ivi riportate.

Di seguito si riassumono le caratteristiche geotecniche dei materiali utilizzate nella definizione del modello di calcolo sviluppato per condurre le verifiche di stabilità, precisando che i simboli utilizzati nella Tabella 3.1 riassuntiva sono i seguenti:

γ_{dry} = peso dell'unità di volume del materiale sopra il livello della falda/percolato;

ϕ'_k = angolo di resistenza al taglio efficace;

c'_k = coesione intercetta efficace;

E = modulo di Young;

ν = coefficiente di Poisson.

Tabella 3.1: Valori caratteristici dei parametri geotecnici assegnati ai materiali del modello numerico agli elementi finiti.

MATERIALI	γ_{dry} (kN/m ³)	ϕ'_k (°)	c'_k (kPa)	E (MPa)	ν (-)
Substrato	20	21	27	50	0,25
Argine	20	21	50	20	0,25
Interfaccia esistente	20	10	0	5	0,25
Interfaccia ampliamento	20	14	0	5	0,25
Rifiuti assimilabili (pre-2010)	10	24	0	3	0,25
Fanghi	14	32	8	3	0,25
Copertura	20	30	15	5	0,25

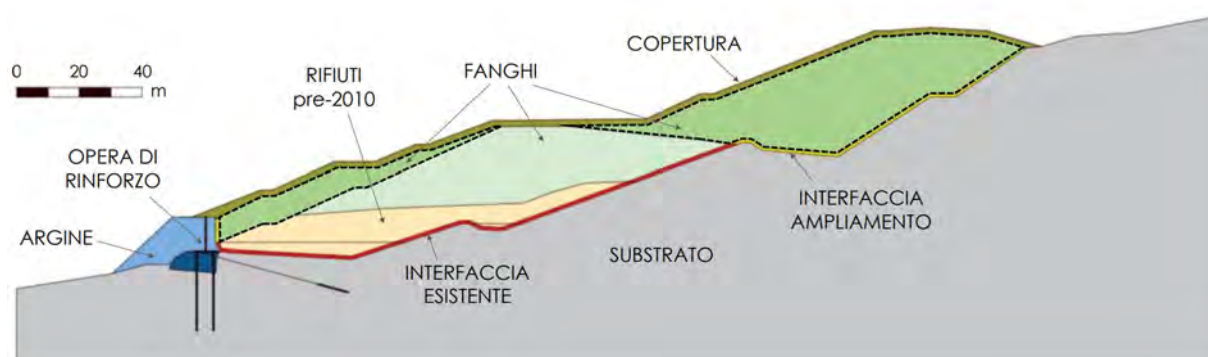


Figura 3.1: Geometria della sezione bidimensionale utilizzata per condurre le verifiche di stabilità.

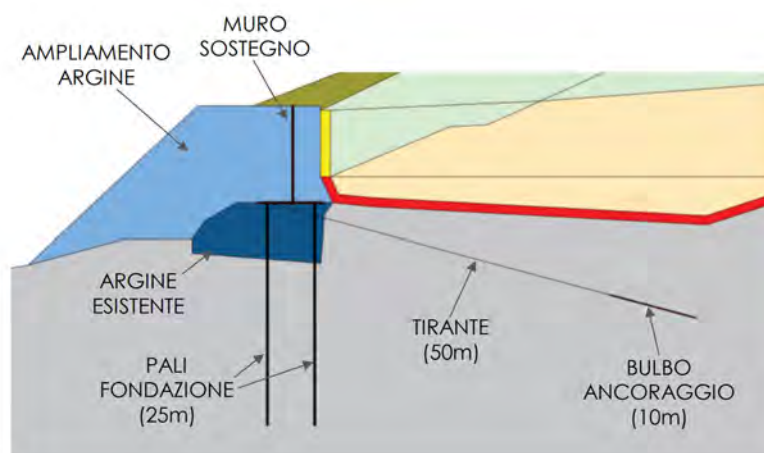


Figura 3.2: Dettaglio della geometria del modello in corrispondenza dell'argine di contenimento di valle.

4. GEOMETRIA DEL MODELLO

4.1 NUOVO ARGINE DI VALLE

L'opera in progetto prevede la realizzazione di un nuovo argine in terra rinforzata per l'ampliamento della già esistente discarica ed è costituito da un muro in C.A. e rilevato in terra rinforzata con funzione sia strutturale sia di mitigazione del paramento in calcestruzzo. Il muro a mensola ha elevazione massima pari a 9m e spessore pari a 1m, fondazione formata da una ciabatta di larghezza 7m e spessore di 2m poggianti su una doppia fila di pali in profilati d'acciaio tipo HEM800 di lunghezza complessiva pari a 26 m alloggiati in foro di diam.1000m - profondità min.25m - posti ad interasse trasversale di 5m e longitudinale di 2m. In corrispondenza della parte centrale del nuovo argine, per uno sviluppo di 100m la quota d'impasto della fondazione è prevista a 245m slm, mentre nelle parti laterali, la fondazione viene impostata a quota 247m slm - altezza del muro pari a 7m - per uno sviluppo di ciascun tratto di 12m.

In corrispondenza della base del muro di sostegno è prevista la realizzazione di tiranti d'ancoraggio di lunghezza pari a 50 m, posti ad interasse di 1m e di inclinazione di 15° rispetto all'orizzontale. Il bulbo del tirante, realizzato con diametro di perforazione di 200mm, ha una lunghezza pari a 10m e si innesta per tutta la sua lunghezza all'interno del substrato.

Il rilevato in terra rinforzata antistante il muro in calcestruzzo viene realizzato con il terreno proveniente dagli scavi, con paramento inclinato di max 45°, altezza massima pari a 21,3m, incluso uno strato di base di spessore 80cm di materiale drenante, e spessore in testa di circa 7,80m, che garantisce il transito dei mezzi durante la fase di coltivo della discarica.

Tutti gli elementi strutturali sono stati inseriti nei modelli bidimensionali mediante elementi monodimensionali aventi rigidezza flessionale e assiale (rif. 2582_3937_R05_A4_Rev0_GEOTEC).

Nell'immagine sottostante è schematizzata la geometria del muro e della terra rinforzata antistante la struttura.

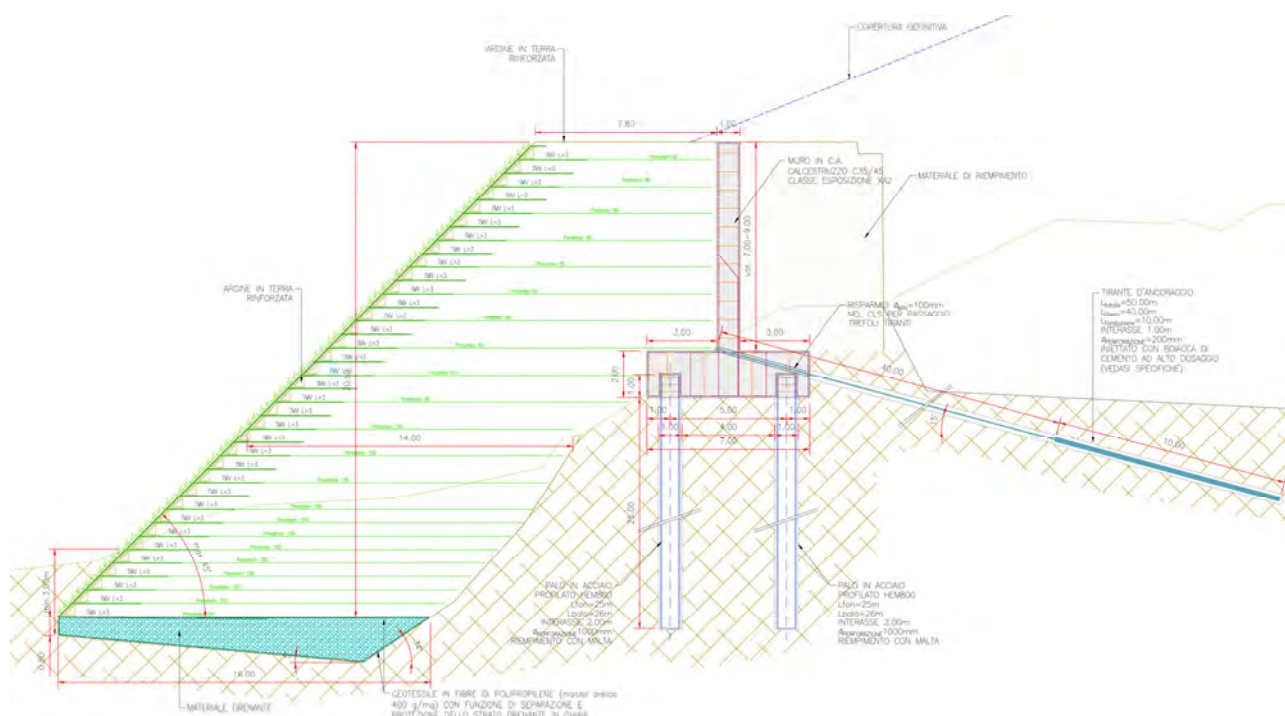


Figura 4.1: Geometria del muro in c.a.

5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

5.1 CALCESTRUZZO

I materiali per le strutture in cemento armato sono in accordo con le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2018 – D.M. 17/01/2018), UNI EN 206:2006 e UNI 11104:2004 “Classi di esposizione per calcestruzzo strutturale”.

Il calcestruzzo ha le seguenti caratteristiche generali:

Coefficiente di Poisson	$\nu = 0,2$
Coefficiente di espansione termica	$\alpha = 1,00 \times 10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{C}$
Peso specifico (compresa l'armatura)	$\rho = 25 \text{ kN/m}^3$

Di seguito sono elencate le caratteristiche specifiche del calcestruzzo per i diversi tipi di impiego.

Strutture di fondazione ed elevazione

Classe di resistenza	C35/45
Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck} \geq 45 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck} \geq 37,35 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico secante	$E = 34.625,5 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione	XA2
Classe di consistenza	S3
Diametro massimo dell'aggregato	32 mm
Massimo rapporto A/C	$\leq 0,50$
Contenuto minimo di cemento	340 kg/m ³
Copriferro nominale	60 mm

Magrone di pulizia e livellamento

Classe di resistenza	C12/15
Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck} \geq 15 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck} \geq 12,45 \text{ N/mm}^2$
Contenuto minimo di cemento	150 kg/m ³

5.2 BARRE D'ARMATURA

L'acciaio ha le seguenti caratteristiche generali:

Modulo elastico	$E = 210.000 \text{ N/mm}^2$
Coefficiente di Poisson	$\nu = 0,3$
Coefficiente di espansione termica	$\alpha = 1,20 \times 10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{C}$
Peso specifico	$\rho = 78,50 \text{ kN/m}^3$

Di seguito sono elencate le caratteristiche dell'acciaio per armatura lenta sono:

Tipo di acciaio	B450C
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
Rapporto tensioni caratteristiche	$1,15 \leq (f_t/f_y)_k < 1,35$



Rapporto tensioni di snervamento	$(f_y/f_{y,nom})_k < 1,25$
Allungamento a carico massimo	$(A_{gt})_k \geq 7,5\%$

5.3 ACCIAIO PER TIRANTI

Qualità dell'acciaio	
Tensione caratteristica di rottura dell'acciaio	$f_{ptk} = 1770 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica all'1% di def. dell'acciaio	$f_{p(1)k} = 1550 \text{ N/mm}^2$
Diametro trefolo	$\phi_s = 15,30 \text{ mm (0,60'')}$
Area trefolo	$A_s = 140 \text{ mm}^2$

5.4 BOIACCA PER INIEZIONE ANCORAGGI

Cemento	CEM II 42.5 R resistente ai solfati
Resistenza a compressione a 28gg	$R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$
Massimo rapporto A/C	$\leq 0,45$

5.5 ACCIAIO PER PALI

L'acciaio ha le seguenti caratteristiche generali:

Modulo elastico	$E = 210.000 \text{ N/mm}^2$
Coefficiente di Poisson	$\nu = 0,3$
Coefficiente di espansione termica	$\alpha = 1,20 \times 10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{C}$
Peso specifico	$\rho = 78,50 \text{ kN/m}^3$

Di seguito sono elencate le caratteristiche dell'acciaio per strutturale per i pali di fondazione sono:

Tipo di acciaio	S450
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 440 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq 550 \text{ N/mm}^2$

5.6 MALTA DI INIEZIONI PER FONDAZIONI PROFONDE

Cemento	CEM II 42.5 R resistente ai solfati
Resistenza a compressione a 28gg	$R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$
Massimo rapporto A/C	$\leq 0,50$
Dosaggio per m ³	
Inerti	1.100-1.300 kg
Cemento	600kg
Additivi	5-10kg

5.7 TERRENO DI RIEMPIMENTO

Il materiale costituente l'argine di valle e di riempimento a monte della muratura, utilizzerà il terreno di scavo preparato mediante fresatura con frangizolle, eliminazione di eventuali blocchi/trovanti ecc. posato a strati e compattati. Le caratteristiche geotecniche del terreno per la realizzazione del nuovo argine sono conformi ai valori ottenuti dalle prove a taglio su campioni rilevati di terreno dell'argine esistente. Valori indicativi di riferimento:

Angolo di attrito interno: 21°;

Peso specifico: 20,0 kN/m³;

Coesione: 18,0 kN/m².

5.8 ELEMENTI DI RINFORZO/GEOGRIGLIE

Linear Composites - ParaDrain - 150_Seismic

CARATTERISTICHE	NORMA	U.M.	VALORI DI RIFERIMENTO
Resistenza a trazione nominale longitudinale	EN ISO 10319	kN/m	≥ 150
Resistenza a trazione nominale trasversale	EN ISO 10319	kN/m	≥ 5.0
Resistenza a trazione nominale singolo nastro	EN ISO 10319	kN	≥ 11.25
Allungamento a rottura nelle due direzioni	EN ISO 10319	%	≤ 9
Sforzo di trazione allo SLU/SLV con deformazione massima inferiore al 10%;	UNI EN ISO 12958	kN/m	≥ da calcolare
Deformazione viscosa residua post-costruzione tra la curva a 24 h e quella a 1.000.000 h *	ISO TR 20432	-	≤ 1%*
Allungamento max sulla curva dei 114 anni (1.000.000 h) al 40% del NBL*	ISO TR 20432	%	≤ 6%*
Coefficiente riduttivo per impiego in ambienti basici con PH pari a 11 per opere permanenti con tempo di ritorno di 120 anni a 20°C *	ISO TR 20432		≤ 1.12*
Coefficiente riduttivo del "creep" a 20°C per opere permanenti di 120 anni *	ISO TR 20432	-	≤ 1.38*
Trasmissività longitudinale a 100 kPa con gradiente idraulico di 1.0		l/(m · h)	3.8
Trasmissività longitudinale a 100 kPa con gradiente idraulico di 0,5		l/(m · h)	1.9
Trasmissività longitudinale a 100 kPa con gradiente idraulico di 0.1		l/(m · h)	0.9
Global Warming Potential (GWP 100 anni) - coefficiente di emissione di kg CO ₂ per kg di prodotto realizzato fco stabilimento di produzione, incluso dell'imballaggio.	ISO 14025 - EN 15804		<2.00 kgCO ₂ -Equiv. per kg di prodotto realizzato*

* valore certificato da ente governativo/laboratorio accreditato esterno qualificato (BBA o assimilabile)


Linear Composites - ParaDrain - 80_Seismic

CARATTERISTICHE	NORMA	U.M.	VALORI DI RIFERIMENTO
Resistenza a trazione nominale longitudinale	EN ISO 10319	kN/m	≥ 80
Resistenza a trazione nominale trasversale	EN ISO 10319	kN/m	≥ 5.0
Resistenza a trazione nominale singolo nastro	EN ISO 10319	kN	≥ 6.0
Allungamento a rottura nelle due direzioni	EN ISO 10319	%	≤ 9
Sforzo di trazione allo SLU/SLV con deformazione massima inferiore al 10%;	UNI EN ISO 12958	kN/m	≥ da calcolare
Deformazione viscosa residua post-costruzione tra la curva a 24 h e quella a 1.000.000 h *	ISO TR 20432	-	≤ 1%*
Allungamento max sulla curva dei 114 anni (1.000.000 h) al 40% del NBL*	ISO TR 20432	%	≤ 6%*
Coefficiente riduttivo per impiego in ambienti basici con PH pari a 11 per opere permanenti con tempo di ritorno di 120 anni a 20°C *	ISO TR 20432		≤ 1.12*
Coefficiente riduttivo del "creep" a 20°C per opere permanenti di 120 anni *	ISO TR 20432	-	≤ 1.38*
Trasmissività longitudinale a 100 kPa con gradiente idraulico di 1.0		l/(m · h)	3.8
Trasmissività longitudinale a 100 kPa con gradiente idraulico di 0,5		l/(m · h)	1.9
Trasmissività longitudinale a 100 kPa con gradiente idraulico di 0.1		l/(m · h)	0.9
Global Warming Potential (GWP 100 anni) - coefficiente di emissione di kg CO2 per kg di prodotto realizzato fco stabilimento di produzione, incluso dell'imballaggio.	ISO 14025 - EN 15804		<2.00 kgCO ₂ -Equiv. per kg di prodotto realizzato*

* valore certificato da ente governativo/laboratorio accreditato esterno qualificato (BBA o assimilabile)

Maccaferri - Green Terramesh - 45° - 8/2.7P - 0.58

CARATTERISTICHE	NORMA	U.M.	VALORI DI RIFERIMENTO
Altezza elemento		m	0.58
Lunghezza Rinforzo		m	3 + 1.50



Tipo di maglia della rete	UNI EN 10223-3	-	8 x 10
Diametro filo interno	UNI EN 10218-2	mm	2.7
Diametro filo esterno	UNI EN 10218-2	mm	3.7
Rivestimento filo in acciaio	UNI EN 10244-2	-	Zn-Al 5% - Classe A 245 g/m ²
Spessore rivestimento Polimerico	UNI EN 10245	mm	0.5
Rivestimento Polimerico – resistenza all'abrasione	EN 60229-2008	cicli	100.000
Rivestimento Polimerico – resistenza ai raggi UV dopo esposizione di 2500 ore a raggi QUV-A	ISO 4892-3 mode 1	%	< 25%
Resistenza a trazione del filo	UNI EN 10218-2	N/mm ²	350 - 550
Resistenza a trazione della rete nominale Tb	UNI EN 10223-3	kN/m	≥ 50*
Resistenza a trazione della rete nelle condizioni di progetto Td = 120 anni e terreno di riempimento con dimensioni < 38 mm e PH tra 3 e 13	BS 8006	kN/m	≥ 39,5*
Resistenza a punzonamento della rete	UNI 11437.	kN/m	≥ 65
Resistenza a corrosione in SO ₂ del rivestimento Galfan dopo 28 cicli	EN ISO 6988		percentuale di ruggine rossa < 5%
Resistenza del filo plasticato a corrosione test in nebbia salina della rete dopo 6000 h	EN ISO 9227		percentuale di ruggine rossa < 5%
Global Warming Potential (GWP 100 anni) - coefficiente di emissione di kg CO ₂ per kg di prodotto realizzato fco stabilimento di produzione, incluso dell'imballaggio	ISO 14025 - EN 15804		< 1.1 kgCO ₂ -Equiv. per kg di prodotto realizzato *
Durabilità (vita utile presunta)	EN 10223-3	Anni	120*

* valore certificato da ente governativo/laboratorio accreditato esterno qualificato (BBA o assimilabile)

6. METODI DI CALCOLO E VERIFICA

La schematizzazione di calcolo delle strutture progettate, il calcolo dei parametri di sollecitazione e la valutazione delle tensioni e delle deformazioni, allo scopo di ottenere la garanzia di una sicurezza permanente e uniforme dell'opera, sono stati effettuati secondo i metodi della scienza delle costruzioni e della teoria dell'elasticità. Si sono analizzate le combinazioni più sfavorevoli delle condizioni elementari di carico al fine di individuare i valori massimi e minimi delle sollecitazioni cercate. Il calcolo è stato eseguito in conformità alla vigente normativa tecnica e più precisamente alle già citate Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" – D.M. 17/01/2018 (G.U. n.42 del 20.02.2018), ricorrendo al metodo degli Stati Limite.

Le verifiche a stato limite ultimo confrontano le resistenze di progetto del calcestruzzo e dell'acciaio rispetto e le sollecitazioni agenti di progetto.

Le verifiche a stato limite di esercizio verificano la tensione massima agente nell'acciaio $\sigma_{s,max} \leq 0,80 f_{yk}$ e nel calcestruzzo in combinazione rara $\sigma_{c,max} \leq 0,60 f_{ck}$ e combinazione quasi permanente $\sigma_{c,max} \leq 0,45 f_{ck}$, oltre all'analisi dello stato di fessurazione per la combinazione frequente e quasi permanente nella condizione ambientale aggressiva e per armatura poco sensibile.

In accordo con le NTC 2018 si considerano le aperture di fessure riportate in tabella Tabella 6.1 per gruppo di elemento strutturale.

Tabella 6.1: - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione (NTC 2018 – tabella 4.1.IV)

ELEMENTO	CONDIZIONI AMBIENTALI	COMBINAZIONE DELLE AZIONI	STATO LIMITE	WK
Fondazione	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq 0,3 = w_2$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq 0,2 = w_1$
Elevazione	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq 0,3 = w_2$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq 0,2 = w_1$

6.1 PERCENTUALE MINIMA D'ARMATURA

Per la percentuale minima di armatura si considerano le prescrizioni delle NTC 2018 tenendo conto del tipo di sollecitazione agente sull'elemento.

Si considera di armare le sezioni (in fondazione ed in elevazione) con percentuali di armatura comunque non inferiori a $0,26 (f_{ctm}/f_{yk}) b_t d$ e comunque non minore di $0,0013 b_t d$, dove b_t rappresenta la larghezza della sezione di verifica e d l'altezza utile della sezione.

6.2 COPRIFERRO

La determinazione del copriferro minimo si evince dalla tabella C4.1.IV della Circolare applicativa 7 delle NTC 2018. I valori del copriferro, per ogni tipologia di elemento costruttivo, sono riportati nel paragrafo 5.1 delle specifiche materiali.



7. CODICI DI CALCOLO UTILIZZATI

Le analisi sono state svolte ricorrendo ai seguenti codici di calcolo:

Software Plaxis (versione 8.6) - simulazione numerica agli elementi finiti con valutazione delle condizioni di stabilità della discarica;

Software Slope (GeoStudio 2010, versione 8.11.1) - verifiche di stabilità globali eseguite con il metodo dell'equilibrio limite;

Software FLAC2D v8 (Itasca) - codice di calcolo alle differenze finite con il quale sono state implementate le analisi dinamiche non-lineari mediante modello numerico bidimensionale della discarica;

MacStARS W – Rel. 4.0 - Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls – calcolo delle griglie di rinforzo – rilevato in terra rinforzata;

Calculus-SEZIONE v.6.00a - ACCA Software – dimensionamento delle sezioni in C.A..

8. CARATTERISTICHE DELL'OPERA STRUTTURALE

Si riportano di seguito le caratteristiche dell'opera strutturale secondo quanto esposto nelle Aggiornamenti delle "Norme tecniche per le costruzioni" – D.M. 17/01/2018 (NTC 2018).

8.1 VITA NOMINALE

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Tabella 8.1: Tipo e vita nominale V_N dell'opera (NTC 2018 – tabella 2.4.I)

TIPI DI COSTRUZIONE	V_N (ANNI)
1 - Costruzioni temporanee e provvisorie	≤ 10
2 - Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	≥ 50
3 - Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	≥ 100

Nel caso in studio è possibile fare riferimento al tipo 3 – Costruzioni con livelli di prestazioni elevati - con vita nominale pari a:

$$V_N \geq 100 \text{ anni}$$

8.2 CLASSE D'USO

In presenza di azioni sismiche con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso la classe d'uso dell'opera in oggetto è pari a **III** (si veda § 2.4.2 NTC 2018).

8.3 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tabella 8.2.

Tabella 8.2: Valori del coefficiente d'uso C_U dell'opera (NTC 2018 – tabella 2.4.II)

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \times C_U = 100 \times 1,5 = 150 \text{ anni}$$



8.4 CATEGORIA DEL SUOLO

La categoria del suolo, sulla base del modello sismo-stratigrafico utilizzato per le Argille a Palombini (vedi fig. 31 a pag. 31 della relazione sismica – Rif2582_3937_R05_A5_Rev0_SISMIC) può essere assunta pari alla *categoria B*: “Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.”

8.5 CATEGORIA TOPOGRAFICA

Con riferimento al rilievo eseguito nell’area, si individua nella prima porzione di discarica un’inclinazione maggiore di 15° e pertanto viene individuata come rappresentativa la categoria T2.

9. COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

9.1 COMBINAZIONE STATICA SLU

La combinazione per le verifiche statiche allo stato limite ultimo è:

$$F_d = \sum_{i=1}^{ng} \gamma_{gi} \cdot G_{ki} + \gamma_{q1} \cdot Q_{1k} + \sum_{i=2}^{nq} \gamma_{qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ik}$$

dove:

- G_{ki} è il valore caratteristico delle azioni permanenti
- Q_{1k} è il valore caratteristico di una delle azioni variabili
- Q_{ik} è il valore caratteristico delle altre azioni variabili
- γ_g coefficiente parziale per la i-esima azione permanente
- γ_q coefficiente parziale per la i-esima azione variabile
- ψ_{0i} coefficiente di combinazione

Si riportano di seguito, in tabella 9.1, i valori dei coefficienti di combinazione per le azioni agenti sull'opera in esame.

Tabella 9.1: Valore dei coefficienti parziali di sicurezza (NTC 2018 – tabella 2.6.1)

		COEFFICIENTE γ_F	STR
Carichi permanenti	Favorevoli	γ_{G1}	1,00
	Sfavorevoli		1,30
Carichi permanenti non strutturali (1)	Favorevoli	γ_{G2}	0,80
	Sfavorevoli		1,50
Carichi variabili	Favorevoli	γ_Q	0,00
	Sfavorevoli		1,50

Le sollecitazioni determinate sull'elemento di sostegno (muro tirantato fondato su micropali), nel modello analizzato con Plaxis e Flac3D sono dovute al solo terreno a monte e pertanto verranno amplificate allo SLU secondo il coefficiente $\gamma_{G1}=1,3$ o pari a 1 in condizioni sismiche.

9.2 COMBINAZIONE STATICA SLE

La combinazione per le verifiche statiche allo stato limite di esercizio sono:

- Combinazione rara $F_d = \sum_{j=1}^{ng} G_{kj} + Q_{1k} + \sum_{j=2}^{nq} \psi_{0j} \cdot Q_{jk}$
- Combinazione frequente $F_d = \sum_{j=1}^{ng} G_{kj} + \psi_{1j} \cdot Q_{1k} + \sum_{j=2}^{nq} \psi_{2j} \cdot Q_{jk}$
- Combinazione quasi permanente $F_d = \sum_{j=1}^{ng} G_{kj} + \sum_{j=2}^{nq} \psi_{2j} \cdot Q_{jk}$

Non avendo sollecitazioni dovute a carichi variabili le combinazioni frequente e quasi permanente si equivalgono.

10. INQUADRAMENTO SISMICO

L'intervento ricade nel comune di Fornovo di Taro sito alle seguenti coordinate geografiche (sistema ED50):

Longitudine 10,138931

Latitudine 44,676709



Figura 10.1: Inquadramento planimetrico con individuazione dei vertici della maglia di riferimento

Siti di riferimento

- Sito 1	ID: 15825	Lat: 44,6871	Lon: 10,1160	Distanza: 2149,119
- Sito 2	ID: 15826	Lat: 44,6891	Lon: 10,1862	Distanza: 3984,833
- Sito 3	ID: 16048	Lat: 44,6391	Lon: 10,1891	Distanza: 5761,943
- Sito 4	ID: 16047	Lat: 44,6371	Lon: 10,1189	Distanza: 4676,442

 Vita Nominale

 Interpolazione

CU = 1.5

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	90	0.084	2.472	0.265
Danno (SLD)	151	0.103	2.476	0.272
Salvaguardia vita (SLV)	1424	0.220	2.523	0.297
Prevenzione collasso (SLC)	2475	0.257	2.548	0.306
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	150			

Figura 10.2: Parametri sismici di riferimento (GeostruAPP)

Di seguito si riportano le rappresentazioni grafiche della pericolosità sismica come picco di accelerazione orizzontale del suolo riferita ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

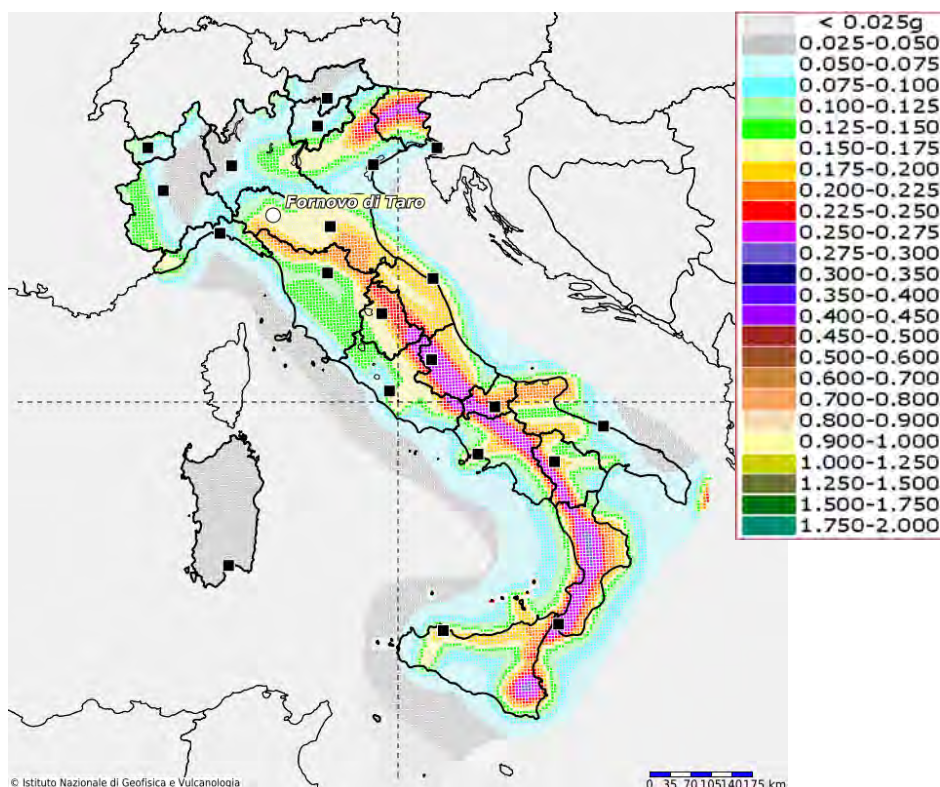


Figura 10.3: Carta della pericolosità sismica nazionale

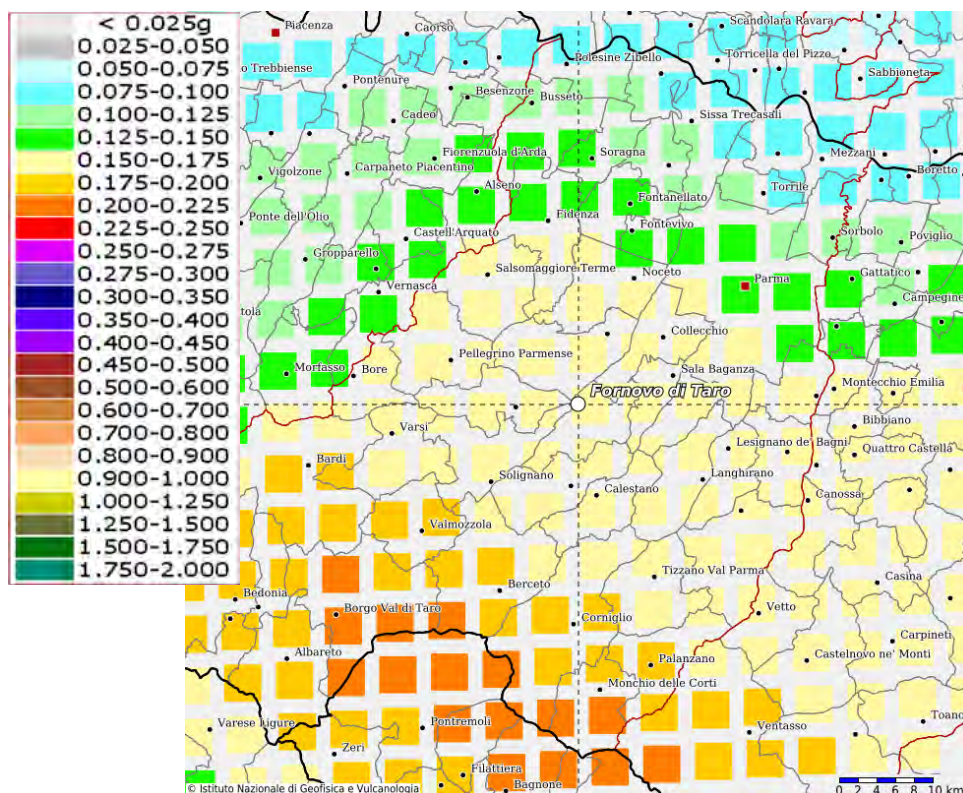


Figura 10.4: Carta della pericolosità sismica provincia di Parma



11. ANALISI SISMICA

La verifica sismica e il calcolo delle sollecitazioni applicate all'elemento resistente di valle (muro tirantato fondato su micropali) sono stati eseguiti in accordo alle prescrizioni delle NTC 2018 e del Decreto Legislativo 3 Settembre 2020 attraverso analisi dinamiche non-lineari utilizzando un modello numerico bidimensionale della discarica e un input sismico rappresentato dallo stesso set di accelerogrammi reali spettro-compatibili utilizzato nello studio di Calvi e Lai (2018).

Per maggiori dettagli si rimanda alla Relazioni Sismica (rif. 2582_3937_R05_A5_Rev0_SISMIC) e all'"ALLEGATO 28 ANALISI INTEGRATIVE PER LA VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DELLA VARIAZIONE DEL PESO DI UNITÀ DI VOLUME DEI RIFIUTI".



12. VERIFICA SEZIONI MURO IN C.A.

12.1 SOLLECITAZIONI STATICHE

Nelle tabelle seguenti vengono riportate le sollecitazioni statiche caratteristiche applicate agli elementi strutturali (fondazione ed elevazione) nella sezione centrale quella maggiormente caricata considerando l'involuppo massimo dovuto alle variazioni del peso dei rifiuti di +/-10% rispetto al valore medio di 14kN/m³.

PARAMENTO VERTICALE									
x	y		N	Q	M		N	Q	M
			+10 %				-10 %		
[m]	[m]		[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]		[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]
0,00	10,90		-10,89	5,08	0,00		-12,86	4,28	0,00
0,00	10,51		-45,14	-12,09	-2,14		-49,00	-14,18	-2,78
0,00	10,12		-88,02	-13,43	-7,18		-93,43	-15,46	-8,62
0,00	9,73		-135,24	-6,77	-11,56		-141,82	-8,36	-13,73
0,00	9,34		-182,56	0,08	-12,60		-189,89	-1,70	-15,38
0,00	9,34		-181,31	5,34	-12,60		-189,27	3,55	-15,38
0,00	8,95		-239,30	14,11	-8,62		-248,14	12,75	-11,95
0,00	8,56		-297,51	20,75	-1,98		-307,16	18,63	-5,98
0,00	8,18		-356,83	29,08	7,75		-367,29	25,58	2,70
0,00	7,79		-418,18	42,91	21,46		-429,48	37,99	14,74
0,00	7,79		-417,30	42,99	21,46		-428,68	38,28	14,74
0,00	7,40		-483,01	50,54	39,58		-495,36	43,30	30,51
0,00	7,01		-548,33	60,83	61,15		-562,05	51,45	48,87
0,00	6,62		-613,79	74,31	87,37		-629,02	62,55	70,97
0,00	6,23		-679,92	91,43	119,49		-696,53	76,42	97,93
0,00	6,23		-682,54	86,15	119,49		-697,69	70,88	97,93
0,00	5,84		-749,34	102,21	156,22		-765,47	83,86	128,08
0,00	5,45		-816,52	117,41	198,93		-833,65	96,34	163,14
0,00	5,06		-883,27	133,18	247,73		-901,08	109,18	203,15
0,00	4,67		-948,80	150,91	302,90		-966,64	123,26	248,32
0,00	4,67		-948,29	149,86	302,90		-966,50	122,72	248,32
0,00	4,28		-1012,61	169,30	364,94		-1030,88	138,68	299,09
0,00	3,89		-1075,77	192,11	435,13		-1093,34	158,33	356,76
0,00	3,50		-1136,52	219,47	515,13		-1152,63	182,35	422,95
0,00	3,11		-1193,60	252,56	606,76		-1207,46	211,39	499,39
0,00	3,11		-1194,45	252,50	606,76		-1208,29	211,22	499,39
0,00	2,73		-1247,05	287,71	711,72		-1259,20	242,00	587,43
0,00	2,34		-1296,79	326,23	831,24		-1307,39	276,13	688,28
0,00	1,95		-1344,53	366,46	966,00		-1353,66	312,08	802,70
0,00	1,56		-1391,12	406,81	1116,52		-1398,87	348,33	931,26
0,00	1,56		-1391,29	406,46	1116,52		-1399,06	347,96	931,26
0,00	1,17		-1435,58	443,52	1282,00		-1442,07	381,18	1073,22
0,00	0,78		-1476,79	475,14	1461,20		-1482,20	409,32	1227,44
0,00	0,39		-1513,89	498,38	1650,93		-1518,42	429,75	1390,98
0,00	0,00		-1545,87	510,28	1847,68		-1549,70	439,82	1560,63

Tabella 12.1: Sollecitazioni statiche massime dal modello Plaxis – Paramento verticale



FONDAZIONE

x	y	+10 %			-10 %		
		N	Q	M	N	Q	M
[m]	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]
0,00	0,00	-120,64	-60,15	0,00	-119,99	-59,07	0,00
0,27	0,00	-168,63	-97,78	22,05	-167,47	-95,41	21,56
0,55	0,00	-211,52	-124,17	52,69	-209,86	-121,00	51,44
0,82	0,00	-249,52	-142,94	89,66	-247,42	-139,15	87,44
1,10	0,00	-282,83	-157,70	131,00	-280,44	-153,18	127,64
1,10	0,00	-610,80	-815,43	-598,70	-568,53	-735,25	-505,02
1,55	0,00	-650,12	-829,49	-228,68	-607,92	-749,47	-171,04
2,00	0,00	-683,88	-845,76	148,13	-641,67	-765,75	169,76
2,45	0,00	-712,68	-866,22	533,30	-670,38	-786,07	518,90
2,90	0,00	-737,04	-892,59	928,70	-694,58	-812,15	878,18
2,90	0,00	-737,08	-892,86	928,70	-694,63	-812,41	878,18
3,35	0,00	-757,16	-927,11	1337,83	-714,49	-846,25	1251,03
3,80	0,00	-771,71	-971,38	1764,46	-728,77	-889,99	1641,14
4,25	0,00	-780,66	-1029,70	2214,39	-737,41	-947,67	2054,30
4,70	0,00	-784,00	-1106,36	2694,04	-740,38	-1023,62	2496,89
4,70	0,00	-275,82	428,84	846,36	-302,27	515,69	936,27
5,05	0,00	-253,82	372,36	706,50	-280,65	458,28	766,16
5,40	0,00	-225,15	319,75	585,12	-252,58	403,99	614,97
5,75	0,00	-184,80	263,87	483,01	-213,10	345,73	483,76
6,10	0,00	-127,73	197,59	401,76	-157,21	276,37	374,39
6,10	0,00	-228,98	221,45	109,21	-232,18	264,52	139,29
6,34	0,00	-186,01	170,90	62,38	-189,36	209,80	82,72
6,58	0,00	-145,52	114,47	28,60	-148,94	147,73	40,30
6,81	0,00	-105,53	58,78	7,94	-109,01	84,00	12,66
7,05	0,00	-64,06	10,45	0,00	-67,66	24,29	0,00

Tabella 12.2: Sollecitazioni statiche massime dal modello Plaxis - Fondazione

12.2 SOLLECITAZIONI SISMICHE

Nelle tabelle seguenti vengono riportate i valori di incremento delle sollecitazioni dovute al sisma applicate agli elementi strutturali (fondazione ed elevazione) nella condizione di carico peggiore, nella sezione maggiormente caricata (sezione centrale):

PARAMENTO VERTICALE		ΔM		ΔT	
X [M]	Y [M]	MIN [KNM/M]	MAX [KNM/M]	MIN [KN/M]	MAX [KN/M]
0,00	11,02466	0,10	-0,10	0,09	-0,09
0,00	10,12286	0,91	-0,91	0,82	-0,82
0,00	9,544027	2,24	-2,24	1,68	-1,68
0,00	8,815821	4,50	-4,50	3,00	-3,00
0,00	8,087614	8,22	-8,22	4,35	-4,35
0,00	7,359407	12,70	-12,70	5,70	-5,70
0,00	6,51917	18,97	-18,97	7,26	-7,26
0,00	5,622915	27,32	-27,32	8,92	-8,92
0,00	4,633302	38,39	-38,39	10,77	-10,77



PARAMENTO VERTICALE		ΔM		ΔT	
X [M]	Y [M]	MIN [KNM/M]	MAX [KNM/M]	MIN [KN/M]	MAX [KN/M]
0,00	3,625016	51,53	-51,53	12,64	-12,64
0,00	2,467354	68,93	-68,93	14,81	-14,81
0,00	1,309692	88,87	-88,87	16,96	-16,96
0,00	0,00	114,35	-114,35	19,41	-19,41

Tabella 12.3: Incrementi sismici massimi dal modello Flac2D – Paramento verticale

FONDAZIONE		ΔM		ΔT	
x [m]	y [m]	Min [kNm/m]	Max [kNm/m]	Min [kN/m]	Max [kN/m]
0,0	0,0	-0,12	0,12	-1,04	-0,75
0,5	0,0	3,81	6,09	-3,10	-2,35
1,0	0,0	-199,40	-68,23	2,91	7,99
3,0	0,0	-296,01	-239,32	-3,33	1,43
4,6	0,0	-282,35	-201,81	-27,54	-21,85
5,0	0,0	-177,85	-87,45	-30,30	-24,27
6,0	0,0	16,94	23,97	2,36	3,13
6,5	0,0	4,00	6,21	0,75	1,08
7,0	0,0	-0,17	0,19	-0,02	0,00

Tabella 12.4: Incrementi sismici massimi dal modello Flac2D - Fondazione

12.3 COMBINAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni statiche amplificate del coefficiente A1 in condizioni statiche, in particolare dovute alla spinta delle terre ($\gamma_G = 1,3$) e in condizioni sismiche dove i carichi non sono amplificati in quanto ($\gamma_G = \gamma_Q = 1$), valutando inoltre se il contributo della sollecitazione sia favorevole o sfavorevole ai fini della verifica strutturale.

12.3.1 Combinazioni statiche

PARAMENTO VERTICALE				
x [M]	y [M]	N [KN/M]	Q [KN/M]	M [KNM/M]
0,000	11,024	-14,16	6,61	0,00
0,000	10,900	-14,16	6,61	0,00
0,000	10,511	-58,69	-15,72	-2,78
0,000	10,123	-114,22	-17,45	-9,32
0,000	10,121	-114,42	-17,46	-9,34
0,000	9,732	-175,82	-8,80	-15,03
0,000	9,544	-205,54	-4,49	-15,68
0,000	9,343	-237,33	0,11	-16,38
0,000	9,343	-235,70	6,94	-16,38
0,000	8,954	-311,09	18,34	-11,21
0,000	8,816	-337,86	21,40	-8,15
0,000	8,564	-386,76	26,98	-2,57
0,000	8,175	-463,88	37,80	10,08
0,000	8,088	-481,79	41,84	14,08
0,000	7,786	-543,64	55,78	27,90
0,000	7,786	-542,49	55,89	27,90



x	y	N	Q	M
[M]	[M]	[KN/M]	[KN/M]	[KNM/M]
0,000	7,396	-627,91	65,70	51,46
0,000	7,359	-635,98	66,97	54,13
0,000	7,007	-712,83	79,08	79,50
0,000	6,618	-797,93	96,60	113,58
0,000	6,519	-819,73	102,25	124,17
0,000	6,229	-883,90	118,86	155,34
0,000	6,229	-887,30	112,00	155,34
0,000	6,000	-938,29	124,25	183,37
0,000	5,839	-974,15	132,87	203,08
0,000	5,623	-1022,69	143,86	233,94
0,000	5,450	-1061,48	152,64	258,60
0,000	5,061	-1148,26	173,13	322,04
0,000	4,671	-1233,44	196,18	393,77
0,000	4,671	-1232,78	194,82	393,77
0,000	4,633	-1240,97	197,29	401,67
0,000	4,282	-1316,39	220,09	474,42
0,000	3,893	-1398,50	249,74	565,66
0,000	3,625	-1452,84	274,21	637,22
0,000	3,504	-1477,47	285,31	669,67
0,000	3,114	-1551,68	328,33	788,79
0,000	3,114	-1552,79	328,25	788,79
0,000	3,000	-1572,86	341,69	828,85
0,000	2,725	-1621,17	374,03	925,24
0,000	2,467	-1663,96	407,17	1028,07
0,000	2,336	-1685,83	424,10	1080,61
0,000	2,000	-1739,34	469,20	1231,69
0,000	1,946	-1747,88	476,39	1255,80
0,000	1,557	-1808,45	528,85	1451,48
0,000	1,557	-1808,68	528,40	1451,48
0,000	1,310	-1845,28	559,02	1588,23
0,000	1,168	-1866,26	576,57	1666,61
0,000	0,779	-1919,82	617,68	1899,56
0,000	0,389	-1968,05	647,89	2146,21
0,000	0,000	-2009,63	663,37	2401,99
0,000	0,000	-2009,63	663,37	2401,99
0,000	0,000	-2009,63	663,37	2401,99

Tabella 12.5: Combinazione statica per il paramento verticale

FONDAZIONE				
x	y	N	Q	M
[M]	[M]	[KN/M]	[KN/M]	[KNM/M]
0,000	0,000	-156,84	-78,20	0,00
0,000	0,000	-156,84	-78,20	0,00
0,275	0,000	-219,22	-127,11	28,67
0,500	0,000	-264,84	-155,18	61,26
0,550	0,000	-274,98	-161,42	68,50



x	y	N	Q	M
[M]	[M]	[KN/M]	[KN/M]	[KNM/M]
0,825	0,000	-324,38	-185,82	116,56
1,000	0,000	-351,94	-198,03	150,76
1,100	0,000	-367,68	-205,01	170,30
1,100	0,000	-794,04	-1060,05	-778,30
1,550	0,000	-845,15	-1078,34	-297,29
2,000	0,000	-889,05	-1099,49	192,57
2,450	0,000	-926,48	-1126,08	693,30
2,900	0,000	-958,15	-1160,37	1207,31
2,900	0,000	-958,20	-1160,71	1207,31
3,000	0,000	-964,00	-1170,61	1325,50
3,350	0,000	-984,30	-1205,25	1739,19
3,800	0,000	-1003,22	-1262,80	2293,80
4,250	0,000	-1014,86	-1338,61	2878,71
4,600	0,000	-1018,23	-1416,12	3363,69
4,700	0,000	-784,00	-1106,36	2694,04
4,700	0,000	-358,57	557,49	1100,26
5,000	0,000	-334,05	494,56	944,43
5,050	0,000	-329,97	484,07	918,46
5,400	0,000	-292,70	415,67	760,65
5,750	0,000	-240,24	343,03	627,91
6,000	0,000	-187,24	281,48	552,46
6,100	0,000	-166,05	256,86	522,29
6,100	0,000	-297,68	287,88	141,98
6,338	0,000	-241,81	222,17	81,09
6,500	0,000	-205,80	171,98	51,04
6,575	0,000	-189,18	148,81	37,17
6,813	0,000	-137,19	76,41	10,32
7,000	0,000	-94,63	26,81	2,17
7,050	0,000	-83,27	13,59	0,00

Tabella 12.6: Combinazione statica per la fondazione

12.3.2 Combinazioni sismiche

PARAMENTO VERTICALE		T		M	
X [M]	Y [M]	MIN [KN/M]	MAX [KN/M]	MIN [KNM/M]	MAX [KNM/M]
0,000	11,025	5,18	4,99	0,10	-0,10
0,000	10,900	5,28	4,89	0,22	-0,22
0,000	10,511	-11,58	-12,60	-1,57	-2,70
0,000	10,123	-12,60	-14,25	-6,26	-8,08
0,000	10,121	-12,61	-14,26	-6,27	-8,10
0,000	9,732	-5,36	-8,17	-9,75	-13,37
0,000	9,544	-1,78	-5,14	-9,82	-14,31
0,000	9,343	2,13	-1,96	-9,73	-15,47
0,000	9,343	7,38	3,29	-9,73	-15,47
0,000	8,954	16,86	11,36	-4,55	-12,70
0,000	8,816	19,46	13,46	-1,77	-10,78



PARAMENTO VERTICALE		T		M	
X [M]	Y [M]	MIN [KN/M]	MAX [KN/M]	MIN [KNM/M]	MAX [KNM/M]
0,000	8,564	24,22	17,28	3,81	-7,77
0,000	8,175	33,27	24,89	15,53	-0,02
0,000	8,088	36,53	27,83	19,06	2,61
0,000	7,786	47,82	37,99	31,54	11,38
0,000	7,786	47,91	38,08	31,54	11,38
0,000	7,396	56,17	44,91	52,05	27,12
0,000	7,359	57,22	45,81	54,33	28,94
0,000	7,007	67,18	54,47	76,48	45,83
0,000	6,618	81,39	67,23	105,60	69,14
0,000	6,519	85,91	71,39	114,48	76,55
0,000	6,229	99,23	83,64	141,17	97,81
0,000	6,229	93,95	78,35	141,17	97,81
0,000	6,000	103,80	87,36	164,86	117,25
0,000	5,839	110,73	93,69	181,52	130,91
0,000	5,623	119,58	101,74	207,28	152,63
0,000	5,450	126,66	108,17	228,18	169,67
0,000	5,061	143,15	123,21	281,34	214,12
0,000	4,671	161,61	140,21	340,86	264,93
0,000	4,671	160,56	139,16	340,86	264,93
0,000	4,633	162,53	140,99	347,37	270,58
0,000	4,282	180,72	157,88	407,90	321,97
0,000	3,893	204,25	179,97	483,16	387,09
0,000	3,625	223,57	198,29	541,70	438,64
0,000	3,504	232,33	206,60	568,48	461,78
0,000	3,114	266,15	238,96	665,97	547,56
0,000	3,114	266,10	238,91	665,97	547,56
0,000	3,000	276,65	249,03	698,50	576,66
0,000	2,725	302,04	273,39	776,78	646,67
0,000	2,467	328,01	298,40	859,75	721,90
0,000	2,336	341,28	311,17	902,43	760,04
0,000	2,000	376,60	345,24	1024,43	870,48
0,000	1,946	382,23	350,68	1043,90	888,10
0,000	1,557	423,31	390,31	1201,13	1031,92
0,000	1,557	422,96	389,96	1201,13	1031,92
0,000	1,310	446,98	413,05	1310,58	1132,84
0,000	1,168	460,74	426,29	1373,63	1190,38
0,000	0,779	493,10	457,18	1560,40	1362,00
0,000	0,389	517,06	479,70	1757,71	1544,15
0,000	0,000	529,69	490,87	1962,04	1733,33
0,000	0,000	529,69	490,87	1962,04	1733,33
0,000	0,000	529,69	490,87	1962,04	1733,33

Tabella 12.7: Combinazione sismica per il paramento verticale



FONDAZIONE		T		M	
X [M]	Y [M]	MIN [KN/M]	MAX [KN/M]	MIN [KNM/M]	MAX [KNM/M]
0,000	0,000	-61,20	-60,91	-0,12	0,12
0,000	0,000	-61,20	-60,91	-0,12	0,12
0,275	0,000	-99,95	-99,41	24,09	25,46
0,500	0,000	-122,46	-121,72	50,93	53,21
0,550	0,000	-126,66	-125,48	36,18	51,35
0,825	0,000	-142,12	-138,56	-38,61	47,44
1,000	0,000	-149,42	-144,34	-83,43	47,73
1,100	0,000	-155,10	-150,04	-73,23	54,21
1,100	0,000	-812,82	-807,76	-802,93	-675,48
1,550	0,000	-828,29	-823,30	-454,65	-343,96
2,000	0,000	-845,96	-841,05	-99,58	-5,65
2,450	0,000	-867,83	-862,98	263,86	341,03
2,900	0,000	-895,61	-890,83	637,52	697,93
2,900	0,000	-895,87	-891,10	637,52	697,93
3,000	0,000	-903,80	-899,04	723,61	780,29
3,350	0,000	-935,74	-930,77	1044,81	1106,72
3,800	0,000	-986,82	-981,59	1475,28	1543,89
4,250	0,000	-1051,94	-1046,46	1929,05	2004,37
4,600	0,000	-1116,86	-1111,17	2305,10	2385,64
4,700	0,000	-1134,58	-1128,81	2437,82	2520,82
4,700	0,000	400,61	406,39	590,14	673,14
5,000	0,000	350,13	356,16	548,64	639,03
5,050	0,000	343,70	349,47	538,40	624,62
5,400	0,000	302,51	306,44	485,18	542,23
5,750	0,000	258,07	260,15	451,25	479,13
6,000	0,000	218,88	219,65	441,91	448,95
6,100	0,000	199,62	200,30	416,11	422,18
6,100	0,000	223,49	224,17	123,56	129,63
6,338	0,000	172,18	172,65	70,59	74,36
6,500	0,000	133,04	133,37	43,27	45,47
6,575	0,000	115,10	115,39	31,97	33,90
6,813	0,000	59,05	59,18	9,33	10,38
7,000	0,000	20,61	20,62	1,50	1,86
7,050	0,000	10,44	10,45	-0,17	0,19

Tabella 12.8: Combinazione sismica per la fondazione

12.4 DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.

Per il dimensionamento del muro in calcestruzzo armato si sono utilizzati quali dati di calcolo gli sforzi massimi risultanti dalla combinazione di carico più sfavorevole.

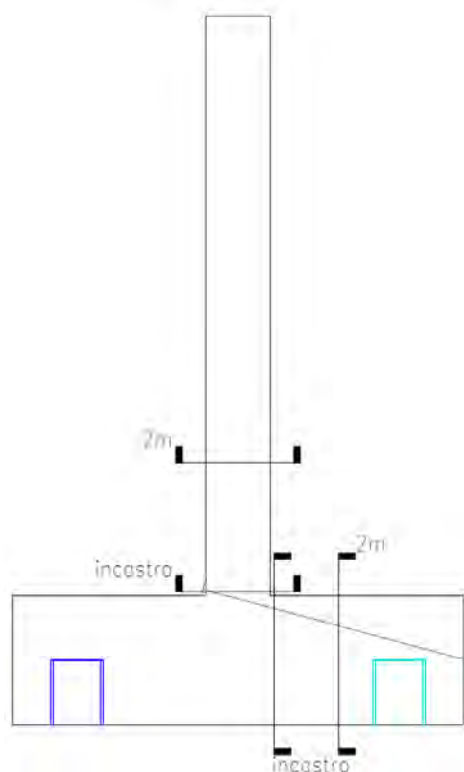


Figura 12.1: Individuazione delle sezioni per il dimensionamento dell'opera in C.A.

Le sezioni in C.A. sono state dimensionate in tre punti distinti come si vede in figura:

- all'incastro tra fondazione ed elevazione dove ho gli sforzi massimi sia in fondazione sia in elevazione;
- ad un'altezza di 2 m dalla fondazione per il paramento verticale;
- a distanza di 2m dal bordo della fondazione di monte.

Mentre le sezioni all'incastro sono state utilizzate per il calcolo dell'armatura minima necessaria per la resistenza a SLU e SLE, le altre due sezioni calcolate si sono utilizzate per ottimizzare la quantità di armatura all'interno dell'opera.

Dimensionamento e verifica delle sezioni sono stati condotti tramite l'utilizzo del software Calcolus v. 6.00a. Per ogni sezione evidenziata sono state eseguite le seguenti verifiche:

- verifica a pressoflessione retta allo SLU;
- verifica a taglio;
- verifica delle tensioni di esercizio del calcestruzzo e dell'acciaio e calcolo momento di prima fessurazione allo SLE per le sezioni in C.A..

La metodologia di calcolo usata per la valutazione della Resistenza strutturale dell'elemento in calcestruzzo armato è quella della discretizzazione in fibre della sezione. La sezione viene suddivisa in un numero discreto di elementi, di dimensione quasi infinitesimale, ognuno di essi caratterizzati da un determinato tipo di materiale con le proprie caratteristiche meccaniche. Per ognuno è possibile ricavare, in funzione dei legami costitutivi e delle proprietà meccaniche del materiale, lo stato deformativo e tensionale. In funzione di quest'ultimo è possibile ricavate le sollecitazioni resistenti per i meccanismi di verifica considerati. Per ogni meccanismo resistente considerato, il confronto tra Resistenza e valore di Progetto fornisce il coefficiente di sicurezza (CS).

Le sollecitazioni agenti considerano cautelativamente la variabilità del peso dei materiali che verranno conferiti e abbancanti nell'ampliamento della discarica, per una differenza di peso di +10% rispetto al valore medio $\gamma = 14 \text{ kN/m}^3$.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda ai tabulati di calcolo allegati alla presente (Allegato 1, Allegato 2, Allegato 3 e Allegato 4).

12.4.1 Variazioni termiche

Nel presente capitolo vengono analizzate le sollecitazioni generate da variazioni termiche determinate ai sensi del capitolo 3.5 delle NTC 2018.

Da studi e dati di letteratura, per le latitudini caratteristiche del sito in oggetto, nel suolo ad una profondità di circa 10m non si rilevano variazioni stagionali significative di temperatura.

La variazione massima annuale dell'andamento della temperatura, sulla struttura in c.a. completamente ricoperta con uno spessore minimo di 0,50m di terreno, è stimata secondo la formulazione di Kasuda ad una profondità di 5,75m (media tra p.c. e quota del piano di posa della fondazione). A favore di sicurezza è stato applicato un gradiente termico uniforme su tutta la sezione.

L'azione che si determina, da un gradiente termico di basso valore, dovuto ad una bassa diffusività termica del terreno di ricoprimento, sarà assorbita completamente dall'armatura longitudinale prevista nella sezione così come riportato nei calcoli in Tabella 12.9.

Tabella 12.9: Verifica delle sollecitazioni dovute alle azioni termiche

Dati di calcolo

$a_s =$	250 mslm	Quota
$T_{min} =$	-16 °C	Zona I - NTC2018
$T_{max} =$	40,5 °C	Zona I - NTC2018
$T_{mean} =$	28,25 °C	

Valutazione temperatura nel terreno

Formula di Kasuda

$\alpha_T =$	0,026784 m ² /giorno
$T_1 =$	27,18 °
$T_2 =$	29,33 °

Variazione massima stagionale della T nel terreno ad una profondità di 5,75m

$d =$	5,75 m
$\Delta T =$	2,15 °

Calcolo delle azione della temperatura nel cls

$\alpha_T =$	0,00001 m ² /s
$\Delta T =$	2,15 °C
$E_{cls} =$	34.625,49 MPa
$A =$	23.000.000,00 mm ²
$\varepsilon =$	2,15E-05
$\sigma =$	0,74 MPa
$\gamma =$	1,50 -
$N_{ed} =$	25.625,88 kN/m

Azione compresa nell'interasse tra due pali

$N_{Ed-tot} =$	51.251,77 kN
----------------	--------------



Azione resistente generata dai ferri ripartitori

$\phi =$	24 mm	Acciaio B450C
$a_s =$	452 mm ²	
$n_{rip} =$	176 -	
$A_s =$	79.552,00 mm ²	
$f_{yd} =$	391,30 N/mm ²	
$f_{ctm} =$	3,35 N/mm ²	
$N_{Rd} =$	108.179,04 kN	
$N_{Ed-tot} < N_{Rd} =$		Verificato

La geometria e l'interasse dei pali di fondazione, oltre ad annullare i cedimenti differenziali della struttura, determinano un efficace contrasto nei confronti di eventuali dilatazioni o azioni secondarie. Non si prevedono quindi giunti strutturali: la realizzazione di un'opera continua, che non presenti giunti di discontinuità, permette di garantire una distribuzione uniforme delle sollecitazioni sul paramento e sulla fondazione.

13. DIMENSIONAMENTO PALI DI FONDAZIONE

Al fine di identificare le sollecitazioni di momento flettente, taglio, e sforzo normale agenti nei pali, è stata eseguita una simulazione numerica (analisi tenso-deformativa elasto-plastica) così come riportato al capitolo 9.1 della relazione Geotecnica (rif. 2582_3937_R05_A4_Rev0_GEOTEC).

I valori massimi di sforzo normale sono rispettivamente di 338 kN e 639 kN per il palo di monte e di valle.

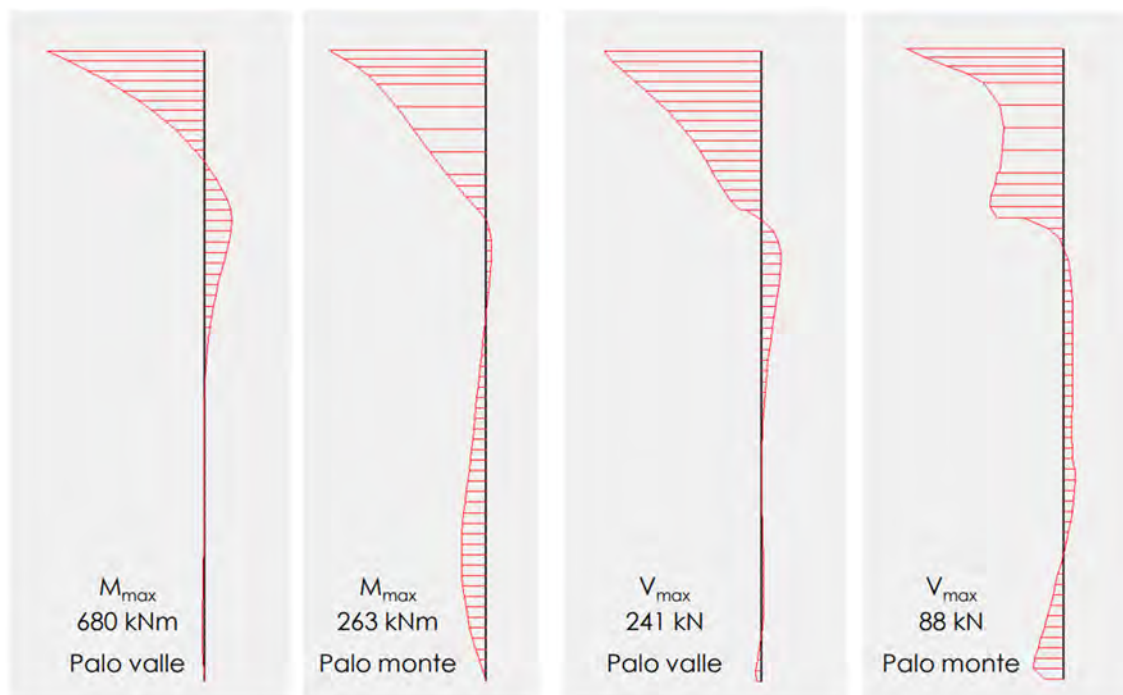


Figura 13.1: Sollecitazioni statiche caratteristiche di momento flettente (M_k) e taglio (V_k) lungo i pali di valle e di monte – peso medio dei rifiuti pari a 14 kN/m^3

Nella Tabella 13.1 e Tabella 13.2 vengono riassunti i valori delle sollecitazioni statiche e sismiche caratteristiche e di progetto rispettivamente del momento flettente M_{ed} , del taglio V_{ed} e dell'azione assiale N_{ed} , considerando le variazioni di + 10% del peso medio dei rifiuti (14 kN/m^3).

Tabella 13.1: Sollecitazioni statiche caratteristiche e di progetto

	M_{ek}		M_{ed}	
γ	valle	monte	valle	monte
kN/m ³	kNm	kNm	kNm	kNm
14	680	263	884,0	341,9
+10%	730	292	949,0	379,6

	V_{ek}		V_{ed}	
γ	valle	monte	valle	monte
kN/m ³	kN	kN	kN	kN
14	241	88	313,3	114,4
+10%	258	102	335,4	132,6

	N_{ek}		N_{ed}	
γ	valle	monte	valle	monte
kN/m ³	kN	kN	kN	kN
14	639	338	830,7	439,4
+10%	678	362	881,4	470,6

Tabella 13.2: Sollecitazioni sismiche caratteristiche e di progetto

	M_{ek}		$\Delta M_{ek-sism}$		M_{ed}	
γ	valle	monte	valle	monte	valle	monte
kN/m ³	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
14	680	263	389	130	1069,0	393,0
+10%	730	292	428	180	1158,0	472,0

	V_{ek}		$\Delta V_{ek-sism}$		V_{ed}	
γ	valle	monte	valle	monte	valle	monte
kN/m ³	kN	kN	kN	kN	kN	kN
14	241	88	67	29	308,0	117,0
+10%	258	102	69	23	327,0	125,0

	N_{ek}		ΔN_{ek}		N_{ed}	
γ	valle	monte	valle	monte	valle	monte
kN/m ³	kN	kN	kN	kN	kN	kN
14	639	338	2737	1116	3376,0	1454,0
+10%	678	362	2471	1257	3149,0	1619,0

Nel caso di verifiche strutturali dei pali, le NTC 2018 prevedono che il coefficiente delle resistenze γ_R non sia considerato. Pertanto, al fine di soddisfare le verifiche, è necessario che i valori delle resistenze siano maggiori delle sollecitazioni massime ottenute dalla modellazione amplificate tramite il coefficiente parziale per le azioni (γ_F) pari ad 1.3. I valori di resistenza del momento flettente, taglio, e sforzo normale sono stati calcolati in accordo con il paragrafo 4.2.4 delle NTC 2018 per i profilati in



acciaio. Il momento flettente resistente $M_{rd,pl}$ è stato calcolato con la seguente formula, considerando la sezione dei pali HEM 800 di classe 1:

$$M_{rd,pl} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad (1)$$

dove W_{pl} è il modulo di resistenza plastico della sezione pari a 12.490 cm³, f_{yk} è la tensione caratteristica di snervamento pari a 440 MPa per l'acciaio S450, e γ_{M0} è il coefficiente di sicurezza per la resistenza pari 1,05. Da questi valori, si ottiene un momento resistente per il singolo palo pari a 5.234 kNm.

$$V_{rd} = \frac{A_V \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \quad (2)$$

dove A_V è l'area resistente a taglio, ed è ottenuta per i profilati ad I e ad H dalla seguente formula:

$$A_V = A - 2 b t_f + (t_w + r) t_f \quad (3)$$

dove i parametri A , b , t_f , t_w , r , t_f sono relativi alla geometria della sezione (si veda il paragrafo 4.2.4.1.2.4 delle NTC 2018). Il valore di V_{rd} ottenuto per il singolo palo è pari 4.701 kN.

Infine, la resistenza di progetto a compressione è calcolata con la seguente espressione:

$$N_{rd} = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad (4)$$

dove A è l'area della sezione. Il valore ottenuto per il singolo palo è pari 16.942 kN

Considerato che è stato adottato un interasse dei pali pari a 2 m, i valori delle resistenze devono essere dimezzati per eseguire le verifiche. Nella Tabella 13.3 sono riassunti i valori resistenti e sollecitanti di momento flettente, taglio e sforzo, normale.

Tutte le verifiche in condizioni statiche sono soddisfatte, ovvero $E_d \leq R_d$.

Tabella 13.3: Confronto tra i valori delle massime azioni in condizioni statiche (M , V , N) e delle resistenze dei pali

SOLLECITAZIONE	RESISTENZA (R_d)	AZIONE STATICA MASSIMA (E_d)
Momento flettente (kN/m) - M	2617	949,0
Taglio (kN) - V	2350	335,4
Sforzo normale (kN) - N	8471	881,4

Gli incrementi delle sollecitazioni dovute alle azioni sismiche e le sollecitazioni totali (statiche più sismiche) sono riportati nella Tabella 13.4. Per il calcolo degli incrementi indotti dalle azioni sismiche si veda la "Relazione sismica" condotta dall'Università di Pavia (rif. 2582_3937_R05_A5_Rev0_SISMIC) e l'ALLEGATO 28 ANALISI INTEGRATIVE PER LA VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DELLA VARIAZIONE DEL PESO DI UNITÀ DI VOLUME DEI RIFIUTI". A tali incrementi, come indicato nelle NTC18, è stato applicato un coefficiente parziale sulle azioni unitario. Nella stessa tabella sono riportati i



corrispondenti valori di resistenza di confronto. Anche in queste condizioni le resistenze strutturali soddisfano i requisiti richiesti dalle norme nazionali.

Tabella 13.4: Confronto tra i valori delle massime azioni in condizioni sismiche (M, V,N) e delle resistenze dei pali

SOLLECITAZIONE	RESISTENZA (R_d)	AZIONE STATICA MASSIMA (E_d)
Momento flettente (kN/m) - M	2617	1158,0
Taglio (kN) - V	2350	327,0
Sforzo normale (kN) - N	8471	3149,0

14. DIMENSIONAMENTO TIRANTI

Le verifiche a sfilamento dei tiranti sono state eseguite in accordo con quanto indicato dalle NTC 2018 al paragrafo 6.6.2.

Secondo la normativa tecnica i tiranti devono essere progettati considerando tutti i meccanismi di SLU sia a breve sia a lungo termine, e si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi che li compongono. Per il dimensionamento geotecnico, deve risultare rispettata la condizione [6.2.1] con specifico riferimento ad uno stato limite di sfilamento della fondazione dell'ancoraggio. La verifica di tale condizione può essere effettuata con riferimento alla combinazione A1+M1+R3, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.6.I. delle NTC di seguito riportate.

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

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

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

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

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

Tab. 6.6.I - Coefficienti parziali per la resistenza degli ancoraggi

	Simbolo	Coefficiente parziale
Temporanei	γ_R	1,1
Permanenti	γ_R	1,2

Tab. 6.6.III - Fattori di correlazione per derivare la resistenza caratteristica dalle prove geotecniche, in funzione del numero n di profili di indagine

Numero di profili di indagine	1	2	3	4	≥ 5
ξ_{a3}	1,80	1,75	1,70	1,65	1,60
ξ_{a4}	1,80	1,70	1,65	1,60	1,55

La **verifica a sfilamento** della fondazione dell'ancoraggio si esegue confrontando la massima azione di progetto E_d con la resistenza di progetto $R_{a,d}$, determinata applicando alla resistenza caratteristica $R_{a,k}$ i coefficienti parziali γ_R riportati nella Tab. 6.6.I. delle NTC.

Il valore caratteristico della resistenza allo sfilamento dell'ancoraggio $R_{a,k}$ si può determinare dai risultati di prove di progetto su ancoraggi di prova, applicando i fattori di correlazione ξ_{a1} e ξ_{a2} al valor medio e al valor minimo delle resistenze, o come nel caso in esame con metodi di calcolo analitici, dai valori caratteristici dei parametri geotecnici dedotti dai risultati di prove in sito e/o di laboratorio, applicando i fattori di correlazione ξ_{a3} e ξ_{a4} al valor medio e al valor minimo delle resistenze. Considerato che la resistenza limite a sfilamento è ottenuta tramite la resistenza limite unitaria (τ_s) stimata dalle otto prove penetrometriche indicate nella Relazione geotecnica al capitolo 8.3 (rif. 2582_3937_R05_A4_Rev0_GEOTEC), il valore di progetto della resistenza a sfilamento ($R_{a,d}$) è stato calcolato con la seguente espressione:

$$R_{a,d} = \frac{(\alpha \cdot \pi \cdot D \cdot \tau_s \cdot L_{fi})}{\gamma_R \cdot \xi_a} \quad (5)$$

Dove:

- $R_{a,d}$ = è la resistenza a sfilamento di progetto;
- τ_s = è la resistenza al taglio nell'interfaccia roccia/malta determinata dalle prove effettuate;
- α = coefficiente in funzione del tipo di terreno, della metodologia di iniezione e del quantitativo di miscela iniettata (1,1);
- D = diametro della perforazione;
- L_{fi} = lunghezza della fondazione;
- γ_R = coefficiente di parziale per la resistenza degli ancoraggi permanenti (1,2) (Tabella 6.6.I);
- ξ_a = coefficiente per determinare la resistenza caratteristica sulla base delle prove geotecniche eseguite, (ξ_{a3} - ξ_{a4} - Tabella 6.6.III).

A partire dal valore di resistenza unitaria $\tau_{medio}=150$ kPa e $\tau_{min}=120$ kPa, derivante delle prove in sito assumendo cautelativamente un valore di NSPT pari a 30 e a 20 rispettivamente per il valor medio e il valor minimo (Figura 14.2), dalla lunghezza del bulbo di ancoraggio $L=10$ m, assumendo un diametro del bulbo $D=200$ mm, inclinazione 15° , un interasse tra i tiranti di 1,00m, un valore di ξ_a in funzione del numero di profili di indagine (pari a 1,60 – 1,55), e un γ_R per ancoraggi permanente (pari a 1,2), il valore di resistenza di progetto ($R_{a,d}$) ottenuto è pari a 445,90 kN.

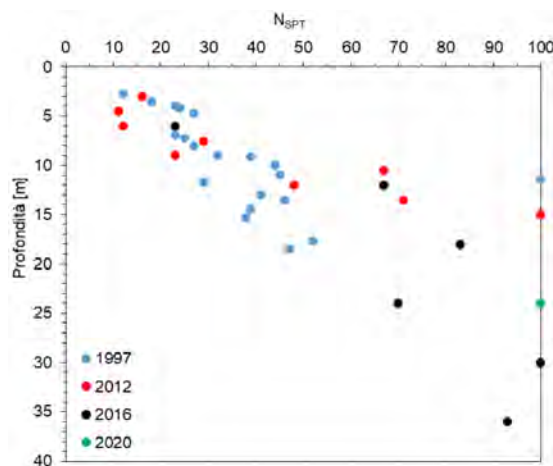


Figura 14.1: Risultati delle prove penetrometriche dinamiche utilizzate per la stima della resistenza unitaria limite (q_s)

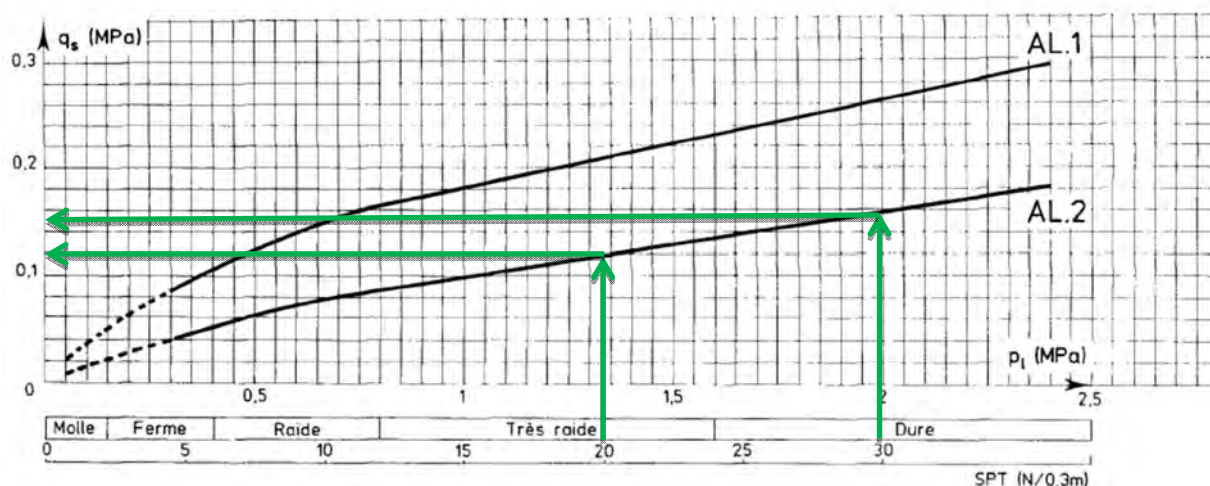


Figura 14.2: Resistenza unitaria limite per terreni a grana fine (AGI, AICAP, Ancoraggio nei Terreni e nelle Rocce, 2012)

Nella Tabella 14.1 e Tabella 14.2 sono riassunti i valori della sollecitazione assiale N , determinati considerando anche la variazioni del peso dei rifiuti di +10%, in condizioni statica e sismica.

Tabella 14.1: Sollecitazioni assiale statica caratteristica e di progetto sul tirante

γ	N_{ek}	N_{ed}
kN/m ³	kN	kN
14	72	93,6
+10%	74	96,2

Tale valore è stato confrontato con la sollecitazione massima nel tirante, la quale è stata stimata tramite la medesima simulazione numerica adottata per le verifiche dei pali presentata nel precedente paragrafo. Il valore massimo ottenuto dalla simulazione è pari a 74 kN, che moltiplicato per il coefficiente parziale sulle azioni $\gamma_F = 1,3$, porta ad una stima finale della forza assiale pari a 96,2 kN. Tale valore risulta essere inferiore al valore della resistenza di progetto a sfilamento $R_{a,d}$, e pertanto la verifica in condizioni statiche è soddisfatta.

Tabella 14.2: Sollecitazioni assiale sismica caratteristica e di progetto sul tirante

γ	N_{ek}	ΔN_{ek}	N_{ed}
kN/m ³	kN	kN	kN
14	72	114	186,0
+10%	74	117	191,0

Come nel caso dei pali, l'incremento di carico sui tiranti dovuto alle azioni sismiche è stato valutato tramite le analisi dinamiche presentate nella "Relazione Sismica" (rif. 2582_3937_R05_A5_Rev0_SISMIC) dell'Università di Pavia e l'ALLEGATO 28 ANALISI INTEGRATIVE PER LA VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DELLA VARIAZIONE DEL PESO DI UNITÀ DI VOLUME DEI RIFIUTI". Nella Tabella 14.3 è riportato tale incremento di carico insieme al valore ottenuto in condizioni statiche ed il corrispondente valore di resistenza.

Anche in queste condizioni le resistenze strutturali soddisfano i requisiti richiesti dalle norme nazionali.

Tabella 14.3: Verifica geotecnica dei tiranti di ancoraggio in condizioni statiche e sismiche massime.

SOLLECITAZIONE	RESISTENZA MALTA TERRENO ($R_{a,d}$)	AZIONE STATICA MASSIMA	AZIONE SISMICA MASSIMA
Azione (kN)	445,90	96,2	191,0

Si precisa che le verifiche presentate dovranno essere successivamente validate con delle prove di sfilamento su ancoraggi di prova da eseguire in-situ durante la messa in opera dei tiranti.

In fase realizzativa, sulla testa di ciascun tirante, oltre a prevedere un precarico di 22,2kN, sarà posizionata una cella di carico necessaria al monitoraggio in continuo dello stato dell'ancoraggio, che consenta di rilevare eventuali anomalie dovute a perdite di tensione o a variazione delle sollecitazioni agenti.

Nella verifica del criterio di gerarchia delle resistenze è stata eseguita anche la verifica all'interfaccia acciaio/malta, considerando un coefficiente d'aderenza $\tau_{M-A} = 2,69\text{MPa}$ (pari alla tensione d'aderenza nei calcestruzzi f_{bd} corrispondente ad un cls con valore minimo di $f_{ck} = 25\text{MPa}$) risulta soddisfatta per gli ancoraggi in quanto $R_{tm,d} = 6796,28\text{ kN}$.

A favore di sicurezza, è stato verificato che la resistenza a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio risulti minore della resistenza a snervamento dell'armatura (pari a 664,70kN) considerando un tirante costituito da 5 trefoli di $\phi = 15.3\text{mm}$ sezione 140mm^2 e una tensione caratteristica di rottura $f_{ptk} = 1770\text{N/mm}^2$.

Tabella 14.4: Calcolo resistenza ancoraggio

METODO DI CALCOLO SECONDO BUSTAMANTE DOIX		
$R_{a,c} = (\alpha \cdot \pi \cdot D_f \cdot \tau_f \cdot L_f) / (\gamma_{Ra} \cdot \xi_a)$		
Sollecitazione di progetto (sismica più sfavorevole)	E_{d_tot}	191,00 kN
Percentuale precarico	%P	30%
Precarico progetto	P_d	22,2 kN
Diametro della perforazione	D_f	200,00 mm
Diametro dell'ancoraggio (barra/trefolo)	D_a	15,30 mm
Rapporto D_a/D_f	D_a/D_f	0,08
Coefficiente di maggiorazione del diametro	α	1,1
Tipo di ancoraggio		permanente
Coefficiente parziale resistenza ancoraggi (NTC 2018-Tab. 6.6.I)	$\gamma_{Ra,t}$	1,2
Numero di prove eseguite	n.	5,0
Valore tensione aderenza medio determinato da NSPT medio	τ_{MEDIO}	0,15 MPa
Valore tensione aderenza minimo determinato da NSPT minimo	τ_{MIN}	0,12 MPa
Fattore di correlazione medio (NTC 2018-Tab. 6.6.III)	ξ_{3a}	1,60
Lunghezza fondazione con valore τ_{MEDIO}	L_{f_med}	3,95 m
Fattore di correlazione minimo (NTC 2018-Tab. 6.6.III)	ξ_{4a}	1,55
Lunghezza fondazione con valore τ_{MINIMO}	L_{f_min}	4,78 m
Lunghezza fondazione massima	L_{f_MAX}	4,78 m
N. ancoraggi		1,00



Lunghezza fondazione di progetto	L_f	10,00 m
Resistenza progetto terreno/fondazione singolo ancoraggio	$R_{a,d-singolo}$	445,90 kN
Resistenza progetto terreno/fondazione totale ancoraggi	$R_{a,d-totale}$	445,90 kN
Fattore sicurezza terreno/fondazione ancoraggi	FS	2,09
Verifica resistenza (malta/terreno)	$E_{d-tot} < R_{a,d-totale}$	Verificata
Tipo di ancoraggio		trefoli
N. ancoraggi/trefoli	$n \cdot \text{trefoli/ancoraggi}$	5
Diametro barra/trefolo	ϕ	15,30 mm
Sezione barra/trefolo	A	700 mm ²
Tensione limite di snervamento	f_{yk}	1092 kN
Tensione limite di rottura	f_{tk}	1239 kN
Coefficiente parziale di sicurezza dell'acciaio	γ_s	1,15
Coefficiente calcolo aderenza	η	1
Coefficiente sicurezza calcestruzzo	γ_c	1,5
Resistenza cilindrica calcestruzzo	f_{ck}	25,00 MPa
	$f_{ctk} = 0,21 \cdot f_{ck}^{2/3}$	1,80 MPa
Resistenza caratteristica di aderenza	$f_{bk} = 2,25 \cdot \eta \cdot f_{ctk}$	4,04 MPa
Resistenza tangenziale barre calcestruzzo	$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c$	2,69 MPa
Tensione aderenza malta-acciaio	$\tau_{M-A} = f_{bd}$	2,69 MPa
Coefficiente correttivo dipendente dallo stato delle superfici	γ	2
Coefficiente correttivo dipendente dal numero di tiranti elementari contenuti nella stessa guaina	δ	0,63
Resistenza aderenza malta-acciaio singolo ancoraggio	$R_{tm,d-singolo}$	6796,28 kN
Resistenza aderenza malta-acciaio ancoraggi	$R_{tm,d-tot}$	6796,28 kN
Verifica resistenza (malta-acciaio)	$E_{d-tot} < R_{tm,d-tot}$	Verificata
Fattore sicurezza malta/acciaio ancoraggi	FS	31,88
Resistenza rottura acciaio singolo ancoraggio	$R_{rot,d-singolo}$	754,17 kN
Resistenza snervamento acciaio singolo ancoraggio	$R_{t,d-singolo}$	664,70 kN
Resistenza snervamento acciaio ancoraggi	$R_{t,d-tot}$	664,70 kN
Verifica resistenza dell'acciaio	$E_{d-tot} < R_{t,d-tot}$	Verificata
Fattore sicurezza snervamento acciaio ancoraggi	FS	3,12
Sollecitazione di progetto singolo ancoraggio	E_d	213,20 kN
Resistenza aderenza malta-terreno singolo ancoraggio	$R_{a,d}$	445,90 kN
Resistenza snervamento acciaio singolo ancoraggio	$R_{t,d}$	664,70 kN
Verifica principio delle gerarchie delle resistenze	$E_d < R_{a,d} < R_{t,d}$	Verificata

15. DIMENSIONAMENTO TERRA RINFORZATA

Nel campo della geotecnica è definita come opera in terra rinforzata o pendio rinforzato, una struttura atta al contenimento o alla stabilizzazione di una scarpata costituita, essa stessa, da terreno e da elementi di rinforzo di forma e materiale opportuno, capaci di assorbire sforzi di trazione. Tali elementi vengono di solito disposti lungo piani di posa orizzontali durante il riempimento e la compattazione del rilevato di terreno strutturale, che avviene per strati successivi.

Così facendo, il regime di sollecitazioni che s'instaura nel rilevato strutturale con l'aumentare dei carichi, è tale da mobilitare la resistenza a trazione dei rinforzi in virtù della propria aderenza per attrito con il terreno.

Il terreno che costituisce il rilevato strutturale, invece, offrirà il suo contributo di resistenza alla compressione per effetto dei carichi verticali.

Nella progettazione di queste strutture è pertanto necessario individuare i meccanismi di rottura potenziali nel terreno al fine di valutare il contributo di stabilità offerto dalla presenza dei rinforzi.

Il dimensionamento di una struttura in terra rinforzata implica pertanto la scelta corretta della lunghezza e della spaziatura verticale dei rinforzi necessarie a garantire la stabilità, noti i parametri geotecnici del rilevato strutturale (angolo d'attrito, peso specifico) e le caratteristiche meccaniche dei rinforzi (carico rottura, coeff. aderenza terreno).

I meccanismi di scivolamento schematizzati nel calcolo saranno in generale diversi secondo le caratteristiche dei rinforzi e soprattutto della geometria e della stratigrafia della scarpata.

15.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nella redazione della presente relazione si è fatto riferimento alla seguente normativa:

- Nuove Norme tecniche sulle Costruzioni Approvate con D.Min. 17/01/2018
- Eurocodice 7 “Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali”, aprile 1997.
- Eurocodice 8 “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 1: Regole generali - azioni sismiche e requisiti generali per le strutture”, ottobre 1997.
- Eurocodice 8 “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”, febbraio 1998.
- UNI EN 14475 - Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Terra rinforzata
- UNI 10006 - Costruzione e manutenzione delle strade - Tecniche di impiego delle terre
- ASTM D 3282 - Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes
- 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
- UNI EN 13285 - Miscele non legate - Specifiche
- UNI EN ISO 14688-1 - Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Identificazione e descrizione

15.2 MATERIALI IMPIEGATI – SISTEMA TIPO MISTO CON RINFORZI SECONDARI IN RETE METALLICA A DOPPIA TORSIONE E RINFORZI PRINCIPALI IN GEOGRIGLIE DRENANTI IN POLIESTERE AD ALTA RESISTENZA

15.2.1 Elementi di rinforzo principali in geogriglie drenanti in poliestere ad alta resistenza

I rinforzi previsti per la realizzazione dei muri in terra rinforzata sono costituiti da geogriglie drenanti del tipo “Paradrain”. Queste geogriglie sono costituite da due ordini di nastri tra loro saldati



ortogonalmente così da ottenere una struttura di rinforzo a “griglia” avente resistenza longitudinale e trasversale variabile, con maglia vuota di dimensioni pari a mm ...①... . I singoli nastri sono costituiti da filamenti di poliestere ad alta tenacità allineati ed incapsulati in una guaina protettiva di rivestimento di polietilene (LDPE). I singoli nastri, una volta rivestiti, vengono sagomati longitudinalmente ad “omega” e i due lembi inferiori vengono connessi tra loro tramite un sottile strato di geotessuto non tessuto a filo continuo termosaldato in bopolimero coestruso di polipropilene e polietilene (esterno) avente una permeabilità minima di 90 l/mq x sec ed una dimensione dei pori AOS O90 di 100 micron. In questo modo, il canale che si viene a formare all’interno, è in grado di drenare le acque contenute all’interno del terreno circostante.

Le caratteristiche minime di seguito riportate dovranno essere certificate dal produttore supportate da adeguate certificazioni di enti/laboratori esterni:

- resistenza a trazione trasversale 5 kN/m
- resistenza a trazione longitudinale kN/m ...②...
- resistenza a trazione singolo nastro longitudinale kN ...③...
- allungamento a rottura nelle due direzioni $\leq 11\%$
- allungamento max sulla curva dei 114 anni (1.000.000 h) al 40% del NBL < 6%
- deformazione viscosa residua post-costruzione tra la curva a 24 h e quella a 20.000 h non superiore all’ 1% per carichi di esercizio compresi tra il 40 ed il 60% della resistenza nominale a breve termine; il coefficiente riduttivo del “creep” a 20°C per opere permanenti di 100 anni deve risultare non superiore a 1.39 corrispondente al 72% del carico di rottura nominale del prodotto
- la griglia dovrà risultare idonea all’impiego in ambienti basici con ph pari a 11 con coefficiente ambientale riduttivo per opere permanenti con tempo di ritorno di 120 anni a 20°C non superiore a 1.17
- trasmissività longitudinale a 100 kPa con gradiente idraulico di 1.0, 0.5 e 0.1 pari rispettivamente a 3.8, 1.9, 0.9 l/m x hr

Tabella 15.1: Caratteristiche degli elementi di rinforzo

TIPOLOGIA	80	150
①	425x50	425x40
②	80	150
③	6,0	11,25

Il materiale dovrà essere sottoposto alla DL per approvazione accompagnato dalla scheda tecnica, la documentazione CE relativa secondo norma relativa alle applicazioni di rinforzo, certificazione ISO 9001 del produttore e fornitore, polizza assicurativa RC prodotto per danni contro terzi per massimale non inferiore a 5 milioni di Euro (validità decennale come da DPR 224/1988 art. 14) con sotto limite di 0.5 milioni di Euro per il danno da inquinamento ambientale accidentale; la non presentazione della presente documentazione implica la non accettazione del prodotto.

Il prodotto dovrà possedere una certificazione ambientale (EPD) in accordo a ISO 14025 e EN 15804 presentando un coefficiente Global Warming Potential (GWP 100 anni) - coefficiente di emissione di kg CO₂ per kg di prodotto realizzato fco stabilimento di produzione, incluso dell’imballaggio, <2.0 kgCO₂-Equiv. per kg di prodotto realizzato

Il materiale sarà steso manualmente avendo cura di evitare la formazione di ondulazioni o grinze in conformità alle istruzioni di posa del fornitore ed in accordo alla EN 14475.



15.2.2 Elementi di rinforzo secondari in rete metallica a doppia torsione

La struttura di sostegno in terra rinforzata con paramento rinverdibile è realizzata in elementi marcati CE in accordo con la ETA 16/0767 per gli specifici impieghi come “sistemi in rete metallica per il rinforzo del terreno per opere di sostegno”. La struttura è costituita da elementi di armatura planari orizzontali, larghi 3.0 m, in rete metallica a doppia torsione, realizzati in accordo con le “Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all’impiego e l’utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione” approvate dal Consiglio Superiore LL.PP. (n.69/2013), ed in accordo con la UNI EN 10223-3:2013. La rete metallica a doppia torsione deve essere realizzata con maglia esagonale tipo 8x10 (UNI-EN 10223-3), tessuta con filo in acciaio trafilato, avente un diametro non inferiore a 2.70 mm, galvanizzato con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%), conforme all’EN 10244-2 (Classe A) con un quantitativo non inferiore a 245 g/mq. Oltre a tale trattamento il filo sarà ricoperto da un rivestimento di materiale polimerico che dovrà avere uno spessore nominale di 0.5 mm, portando il diametro esterno al valore nominale di almeno 3.70 mm

La resistenza a trazione nominale della rete dovrà essere non inferiore a 50 kN/m (test eseguiti in accordo alla UNI EN 10223-3:2013) ed avrà capacità di carico massimo a punzonamento non inferiore a 65 kN (test eseguiti in accordo alla UNI 11437 e ISO 17746).

La rete una volta sottoposta al 50% del carico massimo a rottura nominale per trazione pari a 25 kN/m, non dovrà presentare rotture del rivestimento plastico del filo all’interno delle torsioni.

La rete deve presentare una resistenza a corrosione in SO₂ tale per cui dopo 28 cicli la percentuale di ruggine rossa non deve essere superiore al 5% (test eseguito in accordo alla EN ISO 6988) e deve presentare una resistenza a corrosione in test in nebbia salina tale per cui dopo 6000h la percentuale di ruggine rossa non deve essere superiore al 5% (test eseguito in accordo alla EN ISO 9227).

- Resistenza all’abrasione del rivestimento polimerico superiore ai 100.000 cicli secondo test eseguito in accordo alla EN60229-2008.
- Resistenza a raggi U.V.: dopo esposizione di 2500 ore ai raggi QUV-A (ISO 4892-3 Mode 1) le prestazioni meccaniche del polimero di base non variano in misura maggiore al 25%
- Resistenza chimica: resistenza agli agenti chimici in concentrazioni che sono normalmente rappresentative dei terreni e dei corsi d’acqua di uso civile.
- Resistenza chimica: resistenza agli agenti chimici in concentrazioni che sono normalmente rappresentative dei terreni e dei corsi d’acqua di uso civile.
- Il prodotto dovrà possedere una certificazione ambientale (EPD) emessa da ente terzo accreditato in accordo a ISO 14025 e EN 15804 presentando un coefficiente Global Warming Potential (GWP 100 anni) - coefficiente di emissione di kg CO₂ per kg di prodotto realizzato fco stabilimento di produzione, incluso dell’imballaggio, < 1.5 kgCO₂-Equiv. per kg di prodotto realizzato

Ogni singolo elemento è provvisto di barrette di rinforzo galvanizzate con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%), con un quantitativo non inferiore a 265 g/mq e plasticate, aventi diametro pari a 3.40/4.40 mm e inserite all’interno della doppia torsione delle maglie, in corrispondenza dello spigolo superiore ed inferiore del paramento. Il paramento in vista sarà provvisto inoltre di un elemento di irrigidimento interno assemblato in fase di produzione in stabilimento, costituito da un pannello di rete elettrosaldata con diametro non inferiore a 8 mm e da un idoneo ritentore di fini. Il paramento sarà fissato secondo la pendenza di progetto, per mezzo di elementi a squadra realizzati in tondino metallico e preassemblati alla struttura.



Gli elementi di rinforzo contigui saranno posti in opera e legati tra loro con punti metallici meccanizzati galvanizzati con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%) classe A secondo la UNI EN 10244-2, con diametro 3.00 mm e carico di rottura minimo pari a 1720 MPa.

Prima della messa in opera e per ogni partita ricevuta in cantiere, l'Appaltatore dovrà consegnare alla D.L. la relativa Dichiarazione di Prestazione (DoP) rilasciata in originale, in cui specifica il nome del prodotto, la Ditta produttrice, le quantità fornite e la destinazione. La conformità dei prodotti dovrà essere certificata da un organismo notificato ai sensi della CPD 89/106 CEE o del CPR 305/2011, terzo ed indipendente, tramite certificato del controllo del processo di fabbrica CE.

Il Sistema Qualità della ditta produttrice dovrà essere inoltre certificato in accordo alla ISO 9001:2008 da un organismo terzo indipendente. Il Sistema di Gestione Ambientale della ditta produttrice dovrà essere inoltre certificato in accordo alla ISO 14001:2004 da un organismo terzo indipendente.

La ditta produttrice dovrà esibire polizza assicurativa RC prodotto per danni contro terzi per massimale non inferiore a 10 milioni di Euro (validità decennale come da DPR 224/1988 art. 14; la non presentazione della presente documentazione implica la non accettazione del prodotto).

Le lunghezze dei rinforzi sono riportate negli elaborati grafici di dettaglio e nei tabulati di dimensionamento allegati.

15.3 CONDIZIONI DI CARICO VERIFICATE

Il dimensionamento della struttura è stato condotto sulla base dei dati forniti dal cliente secondo gli Stati Limite Ultimi (SLU - SLV) sia in condizioni statiche che in condizioni sismiche.

In accordo con le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018 - capitolo 6 – sono stati applicati coefficienti parziali ai carichi, ai parametri geotecnici ed alle resistenze (come definiti nel capitolo successivo).

Per quanto riguarda la stabilità globale si è utilizzato l'Approccio 1 Combinazione 2: $A2+M2+R2$ (NTC2018 par. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno).

Per quanto riguarda le verifiche agli SLU di tipo geotecnico (GEO) cioè per le Verifiche Esterne a Scorrimento della Fondazione, verifica di Capacità Portante della Fondazione e verifica a Ribaltamento della Struttura si è utilizzato l'Approccio 2: $A1+M1+R3$ (NTC2018 par. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno).

Per quanto riguarda le verifiche agli SLU di tipo strutturale (STR), per le Verifiche di resistenza degli elementi strutturali si è utilizzato l'Approccio 2: $A1+M1+R3$ (NTC2018 par. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno).

In accordo con le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018 - capitolo 7.11 – sono state condotte anche le verifiche in condizioni sismiche applicando i coefficienti parziali dei parametri geotecnici ed alle resistenze (come definiti nel capitolo successivo), mentre i coefficienti parziali dei carichi sono stati posti pari ad 1.

Per quanto riguarda la stabilità globale si è utilizzato l'Approccio 1 Combinazione 2: $M2+R2+kh\pm kv$ (NTC2018 par. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno).

Per quanto riguarda le verifiche agli SLU di tipo geotecnico (GEO) cioè per le Verifiche Esterne a Scorrimento della Fondazione, verifica di Capacità Portante della Fondazione e verifica a Ribaltamento della Struttura si è utilizzato l'Approccio 2: $M1+R3+kh\pm kv$ (NTC2018 par. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno).

Per quanto riguarda invece le verifiche agli SLU di tipo strutturale (STR) (NTC2018 par. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno), per le Verifiche di resistenza degli elementi strutturali si è utilizzato l'Approccio 2: $M1+R3+kh\pm kv$.

15.4 COEFFICIENTI DI SICUREZZA PARZIALI

Il progetto strutturale e geotecnico delle opere in esame sarà condotto in conformità alle indicazioni del D.M. 17/01/2018 (rif. Cap. 6 e Cap. 7).

Nell'ambito delle verifiche allo Stato Limite Ultimo si sono adottati i seguenti coefficienti parziali:

COEFFICIENTI PARZIALI DEI PARAMETRI DI RESISTENZA γ_R				
$R_d = R_k / \gamma_R$	R2	R2(*)	R3	R3(*)
Stabilità	1,10	1,20	1,00	1,20
Scorrimento - Slittamento per attrito	1,00	1,00	1,10	1,00
Ribaltamento	1,00	1,00	1,15	1,00
Capacità portante della Fondazione - Punzonamento	1,00	1,00	1,40	1,20

COEFFICIENTI PARZIALI DEI PARAMETRI GEOTECNICI γ_M				
$R_d = R_k / \gamma_R$	M1	M1(*)	M2	M2(*)
Stabilità	1,10	1,20	1,00	1,20
Scorrimento - Slittamento per attrito	1,00	1,00	1,10	1,00
Ribaltamento	1,00	1,00	1,15	1,00
Capacità portante della Fondazione - Punzonamento	1,00	1,00	1,40	1,20

COEFFICIENTI PARZIALI DELLE AZIONI γ_F					
		A1	A1(*)	A2	A2(*)
<u>PERMANENTI:</u> (Pesi, spinte geostatiche del terreno; sovraccarichi permanenti) (γ_{G1})	Favorevole	1,00	1,00	1,00	1,00
	Sfavorevole	1,30	1,00	1,00	1,00
<u>VARIABILI:</u> (sovraccarichi variabili; sisma; spinte relative indotte) (γ_{Q1})	Favorevole	0,00	1,00	0,00	1,00
	Sfavorevole	1,50	1,00	1,30	1,00



Nota:

Coefficienti parziali dei carichi e delle spinte (i carichi permanenti non strutturali sono assimilati ai sovraccarichi permanenti in quanto compiutamente definiti).

I coefficienti parziali di riduzione delle prestazioni dei rinforzi definiti nel report di calcolo di MacStars W come “Fs Rottura Rinforzi” e “Fs Sfilamento Rinforzi” sono posti pari all’unità poiché non definiti nelle “Nuove Norme Tecniche 2018”.

(*) condizioni sismiche: nel caso di verifiche sismiche i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici vengono posti pari all’unità (Rif. 7.11.6.2.2 del D.M. 17/01/2018).

15.5 IPOTESI DI CALCOLO

- | | |
|--|----------------------|
| - Comune di costruzione o coordinate topografiche: | Fornovo di Taro (PR) |
| - Vita nominale dell’opera - VN (Rif. D.M. 17/01/2018 tab 2.4.I): | 100 anni |
| - Coefficiente d’uso – CU=1,5 (Rif. D.M. 17/01/2018 tab 2.4.II): | Classe III |
| - Categoria del Sottosuolo (Rif. D.M. 17/01/2018 tab. 3.2.II e tab. 3.2.IV): | B |
| - Categoria Topografica (Rif. D.M. 17/01/2018 Tab. 3.2.III e Tab. 3.2.V): | T2 |

Poiché sulla sommità dell’argine transiteranno mezzi per la manutenzione, si è considerato agente un sovraccarico accidentale pari a 20 kPa; per le verifiche sismiche il sovraccarico accidentale dovuto al transito di mezzi viene moltiplicato per il fattore $\psi_{2j} = 0.2$ in accordo con D.M. 17/01/2018 cap. 5.1.3.12.

Il calcolo viene inoltre eseguito tenendo conto delle azioni sismiche dell’area oggetto del progetto secondo con quanto prescritto da D.M. 17/01/2018 (valori riferiti allo stato limite ultimo SLV):

- | | |
|---|---|
| - Accelerazione orizzontale massima attesa su suolo rigido: | $a_g/g = 0,220$ |
| - Coefficiente di sottosuolo: | $S = S_s \times S_t = 1,42$ |
| - Coefficiente di riduzione: | $\beta_m = 0,38;$ |
| - Coefficiente sismico orizzontale: | $k_h = S \times a_g/g \times \beta_m = 1,42 \times 0,220 \times 0,38 = 0,119$ |
| - Coefficiente sismico verticale: | $k_v = k_h / 2 = \pm 0,059$ |

Il dimensionamento delle strutture in progetto è stato eseguito con riferimento alla sezione critica nella zona centrale del rilevato. Per le altezze delle sezioni di calcolo si rimanda ai relativi tabulati ed agli eventuali disegni acclusi alla presente nota oltre che alle tavole di progetto. Le caratteristiche geotecniche del terreno per la realizzazione del nuovo argine sono conformi ai valori ottenuti dalle prove a taglio su campioni rilevati di terreno dell’argine esistente, realizzato con materiale in posto (rif. 2582_3937_R05_A4_Rev0_GEOTEC, cap. 4.4).

Tabella 15.2: Dati di calcolo

NORMATIVA/ OPERAZIONE	TIPOLOGIA	QUANTITATIVO	SOGGETTA AD AIA	SOGGETTA A VIA
DATI GEOTECNICI	AE Argille Esistenti (argine esistente)	$\gamma_1 = 20,0 \text{ kN/m}^3$	$\varphi_1 = 21^\circ$	$c'_1 = 50 \text{ kPa}$
	AP Argille Palombini	$\gamma_1 = 20,0 \text{ kN/m}^3$	$\varphi_1 = 21^\circ$	$c'_1 = 18 \text{ kPa}$
	GH ghiaia drenaggio	$\gamma_2 = 19 \text{ kN/m}^3$	$\varphi_2 = 35^\circ$	$c'_2 = 0 \text{ kPa}$
	SUB Substrato Argille Palombini	$\gamma_3 = 20 \text{ kN/m}^3$	$\varphi_3 = 21^\circ$	$c'_3 = 27 \text{ kPa}$
CARICHI ACCIDENTALI ESTERNI	Dinamico	20 kPa (4 kPa in condizioni sismiche)		
	Sismico	$k_h = 0,119$ $k_v = 0,059$		

La veridicità dei dati geotecnici in fase esecutiva deve essere verificata attraverso prove di laboratorio e di cantiere. Sarà compito della DD.LL. verificare che i materiali posti in opera corrispondano a quelli di progetto, al fine di assicurare, nella costruzione dei rilevati, i coefficienti di sicurezza previsti.

15.6 METODO DI CALCOLO

L'esame delle condizioni di stabilità dei rilevati viene condotto utilizzando gli usuali metodi dell'equilibrio limite. La valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità viene condotta mediante un programma di calcolo denominato MacStars W cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento. In particolare, in questa sede si fa riferimento al metodo di BISHOP modificato che prevede l'utilizzo di superfici di scorrimento circolari.

Metodi utilizzati nel codice

Nel codice di calcolo di MacStars W si utilizzano i metodi semplificati di Bishop e Janbu.

In entrambi i metodi il criterio di rottura adottato è quello di Mohr - Coulomb:

$$\tau = c + (\sigma - u) \cdot \tan(\phi')$$

dove:

- τ = tensione tangenziale massima
- c = coesione
- σ = pressione normale totale
- u = pressione interstiziale
- ϕ' = angolo di attrito

Applicando al valore della tensione tangenziale massima il coefficiente di sicurezza si ottiene la forza tangenziale mobilitata.

Caratteristiche del metodo semplificato di Bishop sono:

- vale solo per superfici circolari e quasi circolari, cioè superfici che vengono assimilate a superfici circolari adottando un centro di rotazione fittizio;
- ipotizza che le forze di interazione tra i conci siano solo orizzontali;
- ottiene il coefficiente di sicurezza mediante scrittura della condizione di equilibrio alla rotazione intorno al centro della circonferenza;
- non soddisfa l'equilibrio globale in direzione orizzontale.

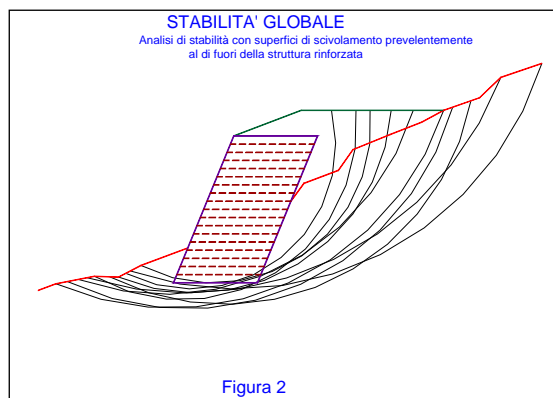
Caratteristiche del metodo semplificato di Janbu sono:

- vale per superfici di forma qualsiasi;
- ipotizza inizialmente che le forze di interazione tra i conci siano solo orizzontali;
- ottiene il coefficiente di sicurezza mediante scrittura della condizione di equilibrio alla traslazione verticale e quindi orizzontale;
- consente di tenere in conto le forze di interazione verticali (tangenziale) tra i conci mediante applicazione al precedente coefficiente di sicurezza di un fattore correttivo che dipende dalla geometria del problema e dal tipo di terreno;
- non soddisfa l'equilibrio globale alla rotazione del cuneo.

In relazione ai modelli di comportamento dei rinforzi una verifica di stabilità può essere condotta con il metodo rigido o con il metodo degli spostamenti.

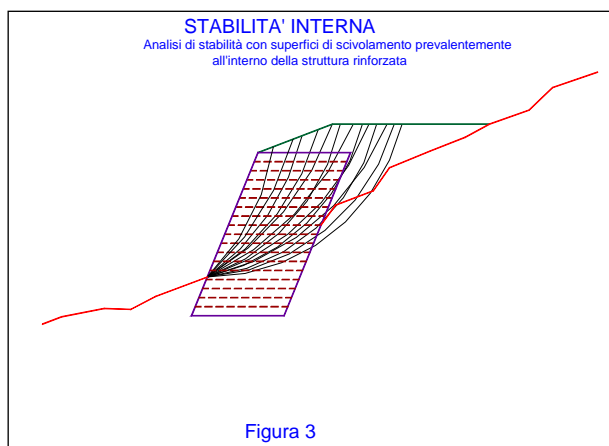
Verifica di stabilità globale

La verifica di stabilità globale, o stabilità di base, è da intendersi come la verifica di stabilità con i metodi all'equilibrio limite di un pendio, rinforzato o meno. Può quindi essere utilizzato per valutare la stabilità del pendio in assenza di rinforzi, prima delle ipotesi di progetto di rinforzo. A seguito del progetto, tale verifica è da utilizzare per valutare la stabilità dell'opera nei confronti di meccanismi di potenziale scivolamento profondi e quindi eventualmente esterni ai rinforzi stessi (fig. 2).



Verifica di stabilità interna

La verifica di stabilità interna (o stabilità di pendio) è quella verifica che consente di valutare il dimensionamento dell'opera, intesa come definizione dei rinforzi (tipologia, spaziatura, lunghezza, ecc.). In tale tipo di verifica le superfici di potenziale scivolamento partono dal piede di valle dell'opera di rinforzo e terminano nella parte superiore del pendio dopo aver attraversato l'opera progettata (fig. 3).



Modello rigido

Nel modello rigido si ipotizza che un qualsiasi rinforzo che attraversi la superficie di potenziale scorrimento analizzata fornisca la forza di rottura del rinforzo, penalizzata dal relativo coefficiente di sicurezza, indipendentemente dai valori di rigidità dei rinforzi stessi. Per ciascun rinforzo devono essere verificate le seguenti condizioni:

- deve essere garantito un ancoraggio minimo (fornito dall'utente);
- deve essere garantito lo sfilamento nella zona di ancoraggio;
- deve essere garantito lo sfilamento all'interno della porzione di terreno instabile.

Nel primo caso, una lunghezza di ancoraggio inferiore al minimo stabilito comporta l'annullamento completo della trazione nel rinforzo

Nel secondo e nel terzo caso la trazione nel rinforzo viene limitata al minore dei due valori di sfilamento.

Il calcolo delle forze ultime di sfilamento viene eseguito con il seguente procedimento, che si basa sulla considerazione che in tutti i punti del rinforzo sia raggiunta la condizione ultima (τ_u).

Sfilamento esterno (tratto di ancoraggio)

La zona di ancoraggio viene suddivisa in tratti e per ciascun tratto si calcola il valore della tensione tangenziale ultima (τ_u) dalla seguente relazione:

$$\tau_u = f \cdot \sigma_v$$

dove:

- f = coefficiente di attrito totale del rinforzo sui materiali sopra e sotto nel tratto interessato, potendo essere rinforzo su rinforzo (f_{rr}) o rinforzo su terreno (f_{tr}).
- σ_v = tensione verticale efficace sul tratto considerato, ottenuta dalla relazione:

$$\sigma_v = (W + P_v - U) / dx$$

- W = peso totale della colonna di terreno sovrastante;
- P_v = componente verticale del carico distribuito uniforme agente in sommità;
- U = pressione neutra;
- dx = larghezza del tratto considerato.

L'integrale delle tensioni tangenziali ultime fornisce la forza di sfilamento esterna ultima del rinforzo. Al valore così determinato può essere applicato un coefficiente di sicurezza definito dall'utente.



Sfilamento interno

Nel caso di rinforzi secondari il procedimento per il calcolo della forza di sfilamento ultima è identico a quella dello sfilamento esterno.

La lunghezza del rinforzo all'interno del blocco instabile viene suddivisa in tratti e per ciascun tratto si calcola il valore della tensione tangenziale ultima (τ_u) dalla seguente relazione:

$$\tau_u = f \cdot \sigma_v$$

dove il significato dei simboli è il medesimo del caso precedente. L'integrazione delle tensioni tangenziali ultime fornisce la forza ultima di sfilamento interno.

Nel caso di rinforzi principali è da aggiungere il contributo resistente dovuto al risvolto. Tale contributo (F_0) può essere calcolato mediante somma di due contributi:

$$F_0 = F_1 + \Delta F$$

Dove F_1 è il contributo che genera sfilamento nella parte risvoltata (orizzontale), mentre ΔF è l'ulteriore contributo che tiene conto delle forze radenti lungo il tratto subverticale, adiacente al paramento.

F_1 viene calcolata con procedimento analogo a quello dello sfilamento esterno (integrazione delle forze tangenziali ultime), mentre ΔF viene calcolato, nell'ipotesi che il tratto in oggetto assuma una configurazione semicircolare, dalla relazione:

$$\Delta F = F_1 \cdot \pi \cdot f_{tr}$$

Al valore di forza ultima totale di sfilamento interno può essere applicato un coefficiente di sicurezza definito dall'utente.

15.7 GENERAZIONE DELLE SUPERFICI DI ROTTURA

Nel codice di calcolo MacStars W è possibile assegnare una superficie di scorrimento mediante le coordinate (da utilizzare quando siano acquisite informazioni tali da conoscere la posizione della superficie di rottura del pendio) oppure è possibile far eseguire una ricerca della superficie di potenziale scorrimento, cioè la ricerca di quella superficie che presenta il coefficiente di sicurezza minore e quindi la superficie che presenta la maggiore probabilità di generare un collasso del pendio, qualora uno o più parametri di resistenza fossero inferiori a quelli del calcolo o i carichi fossero superiori.

La generazione delle superfici può essere di due tipi:

- superfici circolari;
- superfici casuali.

Il metodo di calcolo associabile alle superfici generate è: Bishop per superfici circolari, Janbu per superfici circolari e casuali.

Nel caso di superficie assegnata è possibile il calcolo sia con il metodo di Janbu che con il metodo di Bishop, ma in questo caso la forma della superficie deve essere prossima ad un arco di circonferenza.

La ricerca della superficie critica è sostanzialmente guidata dall'utente mediante l'utilizzo di alcuni parametri geometrici quali:



- l'estensione del tratto da cui partono le superfici;
- l'estensione del tratto in cui terminano le superfici;
- l'ampiezza dell'angolo di partenza delle superfici;
- la lunghezza di ogni singolo tratto della superficie di scorrimento;
- una quota minima sotto la quale le superfici non possono arrivare;
- un profilo geometrico all'interno del quale le superfici non possono entrare (ad esempio un profilo roccioso).

Il risultato finale può dipendere anche sensibilmente da tali scelte per cui è sempre opportuno eseguire più calcoli con differenti parametri. L'utente ovviamente può anche scegliere quante superfici generare. Ogni singola superficie viene generata mediante successione di tratti (della lunghezza stabilita dall'utente) la cui inclinazione è generata in modo casuale, ma comunque parzialmente guidata per rispettare i vincoli imposti.

15.8 CARICHI DINAMICI DOVUTI A FORZE DI NATURA SISMICHE

MacStars W riconduce il calcolo in presenza di carichi sismici al metodo pseudostatico, introducendo nel calcolo forze di massa in direzione orizzontale ed in direzione verticale, ottenute moltiplicando il peso totale di ogni concio per i due coefficienti di intensità sismica.

Valori positivi dei coefficienti di intensità sismica, che vanno espressi come % di g, danno luogo a forze orientate verso l'esterno del pendio e verso l'alto.

Il contributo dei teli di rinforzo viene introdotto nel calcolo solo se essi intersecano la superficie di scivolamento. La resistenza a trazione nei rinforzi può mobilitarsi per l'aderenza tra il rinforzo stesso ed i materiali (terreno o altri rinforzi) che si trovano sopra e/o sotto.

Tale contributo viene simulato con una forza stabilizzante diretta verso l'interno del rilevato applicata nel punto di contatto tra superficie di scorrimento e rinforzo stesso. Il modulo di tale forza è determinato scegliendo il minore tra il valore della resistenza a rottura del rinforzo ed il valore della resistenza allo sfilamento del rinforzo nel tratto di ancoraggio o nel tratto interno alla porzione di terreno instabile.

Per tenere conto dell'effetto dei rinforzi è stato implementato un modello di comportamento rigido. Nel modello rigido si ipotizza che un qualsiasi rinforzo, che attraversi la superficie di potenziale scorrimento analizzata, fornisca la forza di rottura del rinforzo penalizzata del relativo coefficiente di sicurezza, indipendentemente dai valori di rigidezza dei rinforzi stessi. Per ciascun rinforzo vengono verificate le seguenti condizioni:

- deve essere garantito un ancoraggio minimo;
- deve essere garantito lo sfilamento nella zona di ancoraggio;
- deve essere garantito lo sfilamento all'interno della porzione di terreno instabile.

Nel primo caso una lunghezza di ancoraggio inferiore al minimo stabilito comporta l'annullamento completo della trazione nel rinforzo. Nel secondo e terzo caso la trazione nel rinforzo viene limitata al minore dei due valori di sfilamento.

Ai fini del calcolo strutturale si è tenuto conto che si tratta di un'opera permanente per cui si è fatto riferimento alle prestazioni a lungo termine dei materiali metallici.

A tale proposito viene valutato il parametro di resistenza di lavoro T_d . Mancando in Italia uno specifico riferimento normativo, la stima della resistenza di lavoro degli elementi di rinforzo è stata determinata facendo riferimento allo schema illustrato di seguito che la normativa inglese BS8006 prescrive per i rinforzi in genere.

La resistenza di lavoro T_d è valutata secondo la formula:

$$T_d = T_b / f_m$$

Dove f_m è il fattore di sicurezza complessivo che consente di passare dalla resistenza a trazione nominale T^b a quella di progetto e si compone secondo lo schema indicato sotto:

$$f_m = R_{FID} \cdot R_{FW} \cdot R_{FCH} \cdot f_s$$

Un ulteriore coefficiente di sicurezza per fenomeni di creep viene considerato nel caso di rinforzi in materiali sintetici ed il suo valore è tabellato a seconda della certificazione dei materiali.

Per rinforzi realizzati in rete metallica doppia torsione, che non subiscono effetti di creep alle condizioni di carico di lavoro, tale coefficiente di riduzione non viene applicato.

La tabella seguente mostra i valori della resistenza a trazione di ogni rinforzo e del valore del coefficiente di sicurezza alla rottura applicato f_m e f_{creep} .

Tabella 15.3: Sintesi dei risultati ottenuti per gli elementi di rinforzo principali

PARADRAIN – 120 ANNI			
Fattore	Significato	Valore	Note
f_{creep}	Creep	1.38 – 1.43	Polimero sensibile al creep
R_{FID}	Danneggiamento da installazione	1.01 – 1.08	Rispettivamente per sabbie e ghiaie
R_{FW}	Invecchiamento	1.00	Terreno che copre il polimero
R_{FCH}	Degradazione chimica e biologica	1.03 – 1.15	Alta stabilità chimica del polimero
f_s	Affidabilità estrapolazione alla vita utile di progetto	1.05	Test di trazione eseguiti da oltre 20 anni
f_m			1.51 – 1.86

Tabella 15.4: Sintesi dei risultati ottenuti sui singoli elementi di rinforzo

		PARADRAIN 80		PARADRAIN 150		TERRAMESH VERDE (MAGLIA 8X10 FILO 2.7/3.7MM)
		Statico	Sismico	Statico	Sismico	Argilla
Resistenza caratteristica a trazione (UTS)	kN/m	80	80	150	150	50
Coefficiente di sicurezza globale - f_m	-	1.52	1.10	1.51	1.09	1.09
Coefficiente di creep - f_{creep}	-	1.38	-	1.38	-	-
Resistenza a trazione di progetto	kN/m	38.13	72.72	71.98	137.61	45.87

15.9 ESITO DELLE VERIFICHE

Nella verifica di stabilità esterna ed interna si definiscono i cosiddetti coefficienti di sovradimensionamento, cioè i rapporti fra le capacità di resistenza della struttura e le azioni agenti sulla struttura stessa. Poiché nel calcolo si introducono sia coefficienti di sicurezza parziali che fattori di amplificazione dei carichi, è sufficiente che i fattori di sovradimensionamento siano maggiori od uguali a 1,00 per garantire la sicurezza nei confronti del criterio considerato.



I valori minimi ottenuti nella struttura in oggetto sono riportati in dettaglio nei tabulati di calcolo allegati (Allegato 5 e Allegato 6).

15.10 ACCORGIMENTI TECNICI REALIZZATIVI

La limitazione delle fessurazioni da sviluppo termico per strutture massive, come per l'opera in progetto, può essere ovviato mediante la messa in atto di alcuni accorgimenti tecnici, sia nella presente fase di progettazione sia in fase di esecuzione.

In particolare allo stato attuale si è scelto di adottare un calcestruzzo con classe di esposizione XA2, resistente ai solfati, che sviluppi pertanto minor calore durante l'idratazione del cls, ed utilizzare aggregati di massima pezzatura di 32mm, prediligendo in fase esecutiva un fuso granulometrico "sottosabbiato".

In fase realizzativa, durante il getto della struttura:

- dovranno essere utilizzati casseri coibentati per una durata di almeno 7 giorni,
- dovranno essere utilizzati efficaci additivi,
- dovranno essere protette le superfici non casserate con fogli di polietilene e/o coperte termiche e/o fogli coibenti.

In fase di produzione del calcestruzzo fresco potrà eventualmente essere abbassata la temperatura degli ingredienti della miscela (es. dell'acqua di impasto). Come buona prassi si dovrà evitare l'esecuzione del getto nelle ore più calde della giornata e irrorare costantemente con acqua le superfici esposte all'aria.

15.11 PROVE DI CARICO SUI TIRANTI

In corso d'opera, così come previsto al capitolo 6.6.4.2 delle Norme Tecniche, su tutti gli ancoraggi verranno effettuate le prove di carico per controllarne il comportamento sotto le azioni di progetto. La prova consiste nell'applicazione di un ciclo semplice di carico e scarico; in questo ciclo il tirante viene sottoposto ad una forza pari a 1,2 l'azione di progetto P_d utilizzata per le verifiche SLE, pari pertanto a 88,8kN, verificando che gli allungamenti misurati siano nei limiti previsti e/o compatibili con le risultanze delle prove sugli ancoraggi preliminari realizzati allo scopo (n. 7), secondo quanto indicato al capitolo 6.6.4.1 delle NTC.

Allegato 1

Dimensionamento e verifica sezione incastro fondazione

1 - PREMESSA

Scopo della presente relazione tecnica è la valutazione analitica della capacità portante di un elemento strutturale in **CALCESTRUZZO ARMATO**.

La metodologia di calcolo usata per la valutazione della Resistenza strutturale dell'elemento è quella della discretizzazione in **fibre** della sezione. In pratica, la sezione viene suddivisa in un numero discreto di elementini, di dimensione quasi infinitesimale, ognuno di essi caratterizzati da un determinato tipo di materiale con le proprie caratteristiche meccaniche. Per ogni fibra è possibile ricavare, in funzione dei legami costitutivi e delle proprietà meccaniche del materiale, lo stato deformativo e tensionale.

In funzione dello stato deformativo-tensionale delle varie fibre che costituiscono la sezione è possibile ricavare le sollecitazioni resistenti per i meccanismi di verifica considerati.

Per ogni meccanismo resistente considerato, il confronto tra Resistenza e valore di Progetto fornisce il coefficiente di sicurezza (CS).

2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative:

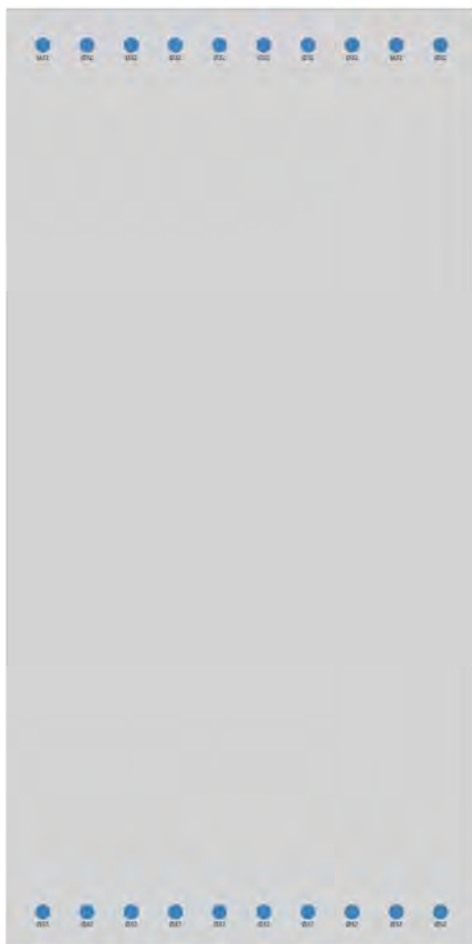
- **D.M. Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018** (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42 - Suppl. Ord. n. 8) - "Aggiornamento delle *Norme tecniche per le Costruzioni*" (NTC 18).

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

- **Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.** (G.U. Serie Generale n. 35 del 11/02/2019 - Suppl. Ord. n. 5) *Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.*
- **Eurocodice 2** - "Progettazione delle strutture di calcestruzzo - UNI EN 1992 Parte 1-1: *Regole generali e regole per edifici*".

3 - GEOMETRIA SEZIONE

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche della sezione oggetto di verifica. È stato adottato un copriferro, misurato dal lembo più esterno delle barre longitudinali al lato della sezione in calcestruzzo (comprendente, quindi, il diametro delle staffe), pari a **6,0** cm.



SEZIONE

Caratteristiche della sezione									
Tp	Dimensioni								A
	B	H	Sp _w	H _w	Sp _{r,i}	L _{r,i}	Sp _{r,s}	L _{r,s}	
	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	
Rettangolare	100.0	200.0	-	-	-	-	-	-	20'000.0

LEGENDA:

Tp	Tipo di sezione.
B	Base.
H	Altezza/Lato.
Sp_w	Spessore anima.
H_w	Altezza anima.
Sp_{r,i}	Spessore ala inferiore.
L_{r,i}	Lunghezza ala inferiore.
Sp_{r,s}	Spessore ala superiore.
L_{r,s}	Lunghezza ala superiore.
A	Area della sezione.

4 - MATERIALI

La sezione oggetto della verifica è costituita dai seguenti materiali:

CALCESTRUZZO

Caratteristiche Calcestruzzo															
Sigla	γ_k	FC	E _c	α_{cc}	γ_c	f _{cm}	f _{ck}	f _{cd,SLU}	f _{cd,SLE} R	f _{cd,SLE} P	f _{ctd}	Mod. σ ₈	ε _{c2}	ε _{c3}	ε _{cu}
	[N/m³]		[N/mm²]			[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]		[%]	[%]	[%]
C35/45	25000	-	34'625	0.85	1.50	-	37.35	21.17	22.41	16.81	1.56	a	0.20	0.18	0.35

LEGENDA:

Sigla	Sigla del materiale.
γ_k	Peso specifico caratteristico.
FC	Fattore di Confidenza ("-" = struttura nuova).
E_c	Modulo elastico.
α_{cc}	Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata.
γ_c	Coefficiente parziale di sicurezza.
f_{cm}	Resistenza media cilindrica a compressione a 28 giorni.
f_{ck}	Resistenza caratteristica cilindrica a compressione a 28 giorni.
$f_{cd,SLU}$	Resistenza di calcolo a compressione per le combinazioni allo SLU.
$f_{cd,SLE R}$	Resistenza di calcolo a compressione per le combinazioni allo SLE Rare.
$f_{cd,SLE P}$	Resistenza di calcolo a compressione per le combinazioni allo SLE Permanenti.
f_{ctd}	Resistenza di calcolo a trazione.
Mod. σ_8	Modello del diagramma tensione-deformazione: (a) parabola-rettangolo; (b) triangolo-rettangolo.
ϵ_{c2}	Deformazione al limite elastico per il diagramma parabola-rettangolo.
ϵ_{c3}	Deformazione al limite elastico per il diagramma triangolo-rettangolo.
ϵ_{cu}	Deformazione ultima.

ACCIAIO

Caratteristiche Acciaio					
Sigla	γ_k	E	f_{yk}	K	γ_M
	[N/m ³]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
B450C	78500	210000	450.00	1.20	1.15

LEGENDA:

Sigla	Sigla del materiale.
γ_k	Peso specifico caratteristico.
E	Modulo elastico normale.
f_{yk}	Resistenza caratteristica allo snervamento.
K	Rapporto di Sovraresistenza.
γ_M	Coefficiente parziale di sicurezza.

5 - AZIONI

Le azioni sull'elemento strutturale, in base alle quali sono state eseguite le verifiche di resistenza, sono riportate nella seguente tabella:

SOLLECITAZIONI

Sollecitazioni									
Cmb	SL	Tipo	N	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	M_z	T_x	T_y	Pos
			[N]	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[N]	[N]	
1	SLU	-	-1019190	3502254	0	0	0	1438260	I
2	SLE	rara	-784000	2694040	0	0	0	0	-
4	SLE	permanente	-784000	2694040	0	0	0	0	-

LEGENDA:

Cmb	Combinazione.
SL	Stato Limite (SLU=Ultimo; SLE=Esercizio; ECC=Combinazione Eccezionale).

Tipo	Tipo di combinazione per lo Stato Limite di Esercizio.
N	Sforzo Normale.
M_{Ed,x}	Momento di Progetto in direzione X.
M_{Ed,y}	Momento di Progetto in direzione Y.
M_z	Momento Torcente
T_x	Taglio in direzione X.
T_y	Taglio in direzione Y.
Pos	Posizione rispetto al dominio di resistenza (I=Interno; E=Esterno).

6 - VERIFICHE DI RESISTENZA

Si riportano di seguito le verifiche di resistenza e i domini di resistenza. Inoltre, si riporta il diagramma momento curvatura.

DIAGRAMMA MOMENTO-CURVATURA

Diagramma momento-curvatura							
N = -1019190							
Dir X+		Dir X-		Dir Y+		Dir Y-	
M _{Rd} = 6811010 $\phi_u = 0.0295$; M _y = 6440242 $\phi_y = 0.0013$		M _{Rd} = -6811010 $\phi_u = 0.0295$; M _y = -6440242 $\phi_y = 0.0013$		M _{Rd} = 3098582 $\phi_u = 0.0218$; M _y = 2063168 $\phi_y = 0.0028$		M _{Rd} = -3098582 $\phi_u = 0.0218$; M _y = -2063168 $\phi_y = 0.0028$	
M	ϕ	M	ϕ	M	ϕ	M	ϕ
[Nm]	[1/m]	[Nm]	[1/m]	[Nm]	[1/m]	[Nm]	[1/m]
16835	0.0000	-16835	0.0000	3735	0.0000	-3735	0.0000
16835	0.0000	-16835	0.0000	3735	0.0000	-3735	0.0000
5354693	0.0011	-5354693	0.0011	1912483	0.0025	-1912483	0.0025
6438528	0.0013	-6438528	0.0013	2062975	0.0028	-2062975	0.0028
6440242	0.0013	-6440242	0.0013	2063168	0.0028	-2063168	0.0028
6441194	0.0013	-6441195	0.0013	2978672	0.0100	-2978672	0.0100
6780096	0.0100	-6780096	0.0100	2978672	0.0100	-2978672	0.0100
6780098	0.0100	-6780098	0.0100	3094173	0.0200	-3094173	0.0200
6805590	0.0200	-6805591	0.0200	3098582	0.0218	-3098582	0.0218
6811010	0.0295	-6811010	0.0295				
6772472	0.0395	-6772472	0.0395				
6765052	0.0495	-6765051	0.0495				
6758635	0.0595	-6758635	0.0595				

LEGENDA:

N	Sforzo Normale di progetto.
Dir	Direzione.
ϕ	Curvatura di calcolo.
M	Momento associato a ϕ
ϕ_u	Curvatura Ultima.
M_{Rd}	Momento Ultimo.
ϕ_y	Curvatura allo Snervamento.
M_y	Momento di Snervamento.

Diagramma del Dominio di Resistenza

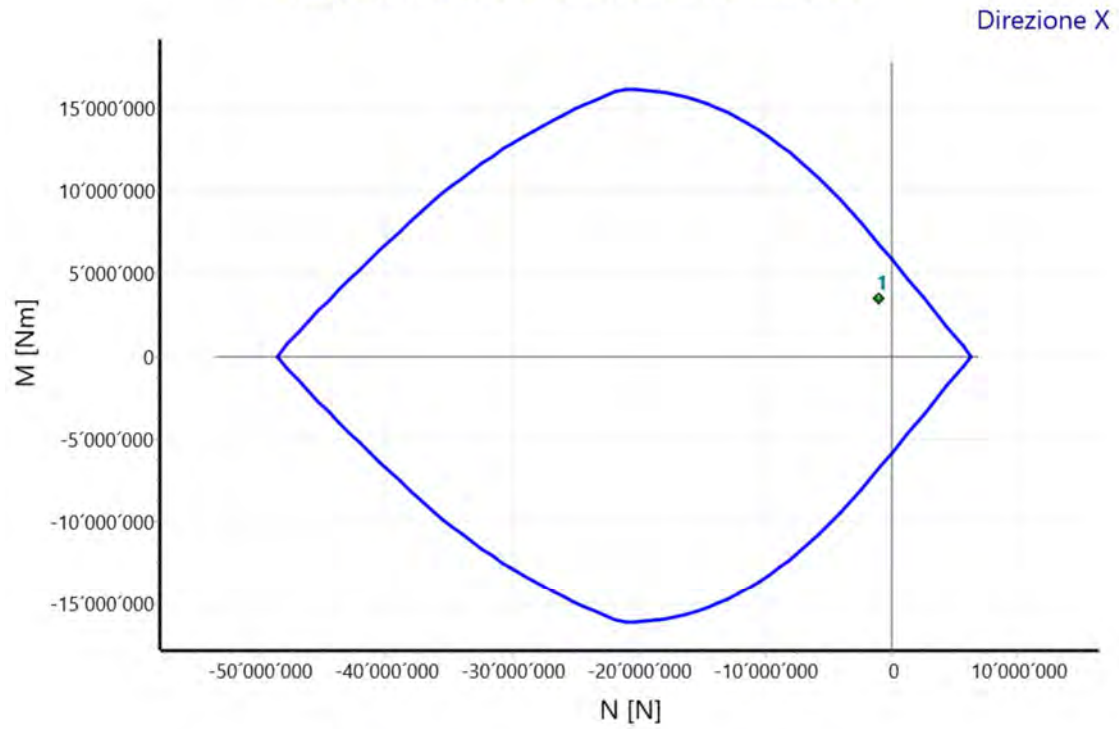
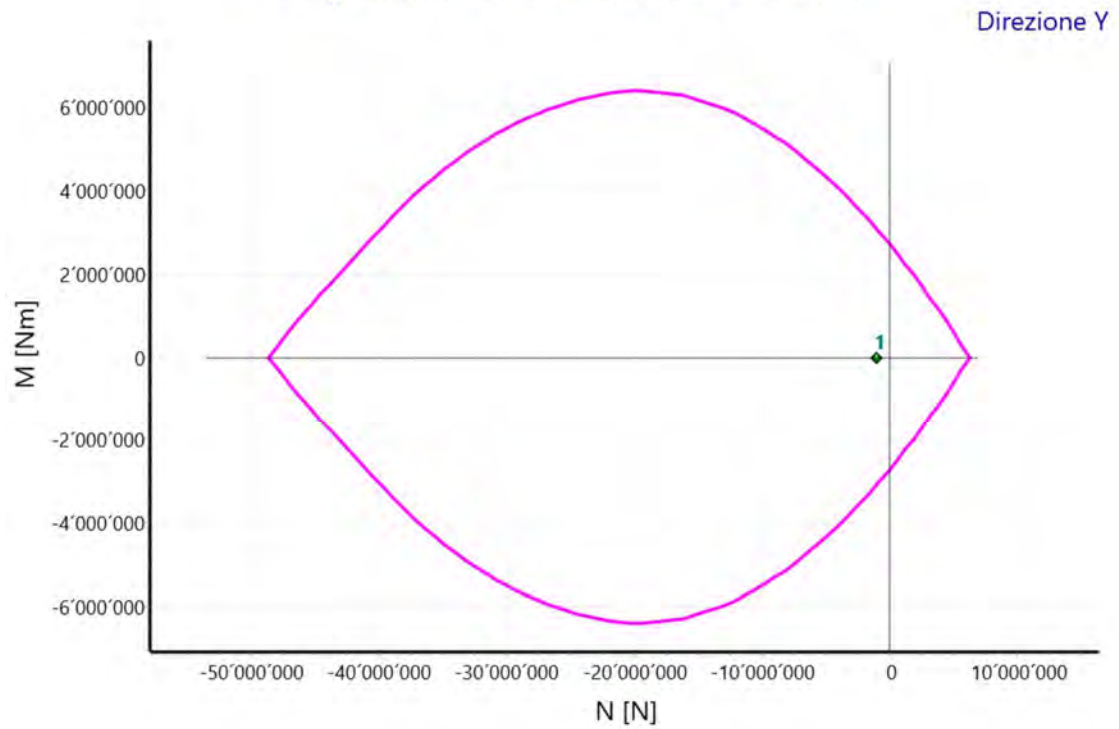


Diagramma del Dominio di Resistenza



Tutti i punti rappresentativi delle sollecitazioni agenti ricadono all'interno del dominio di resistenza della sezione.

DOMINIO DI RESISTENZA

Dominio di resistenza				
N	Dir X		Dir Y	
	M _{Rd,max}	M _{Rd,min}	M _{Rd,max}	M _{Rd,min}
[N]	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[Nm]
-48'624'113	0	0	0	0
-48'624'113	0	0	0	0
-47'813'711	733'712	-733'711	332'029	-332'029
-47'003'309	1'429'054	-1'429'053	638'648	-638'648
-46'192'907	2'103'104	-2'103'104	933'646	-933'646
-45'382'505	2'753'669	-2'753'668	1'218'835	-1'218'835
-44'572'103	3'388'779	-3'388'779	1'502'342	-1'502'342
-43'761'701	4'010'656	-4'010'655	1'781'635	-1'781'635
-42'951'299	4'623'005	-4'623'005	2'051'535	-2'051'535
-42'140'898	5'226'130	-5'226'129	2'321'902	-2'321'902
-41'330'496	5'821'212	-5'821'211	2'589'604	-2'589'604
-40'520'094	6'410'182	-6'410'181	2'855'392	-2'855'392
-39'709'692	6'993'315	-6'993'315	3'119'622	-3'119'622
-38'899'290	7'571'869	-7'571'869	3'382'656	-3'382'656
-38'088'888	8'143'789	-8'143'789	3'637'521	-3'637'521
-37'278'486	8'709'733	-8'709'733	3'877'444	-3'877'444
-36'468'084	9'256'283	-9'256'282	4'102'926	-4'102'926
-35'657'683	9'781'257	-9'781'257	4'317'101	-4'317'101
-34'847'281	10'285'997	-10'285'996	4'519'450	-4'519'450
-34'036'879	10'769'739	-10'769'738	4'709'952	-4'709'952
-33'226'477	11'232'528	-11'232'528	4'889'267	-4'889'267
-32'416'075	11'676'118	-11'676'118	5'057'155	-5'057'155
-31'605'673	12'101'219	-12'101'219	5'214'073	-5'214'073
-30'795'271	12'506'010	-12'506'010	5'360'767	-5'360'767
-29'984'869	12'896'080	-12'896'080	5'497'384	-5'497'384
-29'174'468	13'267'745	-13'267'745	5'622'064	-5'622'064
-28'364'066	13'623'180	-13'623'180	5'734'990	-5'734'990
-27'553'664	13'963'197	-13'963'197	5'838'886	-5'838'886
-26'743'262	14'288'390	-14'288'390	5'934'110	-5'934'110
-25'932'860	14'599'825	-14'599'825	6'020'745	-6'020'745
-25'122'458	14'898'177	-14'898'177	6'099'261	-6'099'261
-24'312'056	15'184'321	-15'184'321	6'170'134	-6'170'134
-23'501'654	15'459'210	-15'459'210	6'234'053	-6'234'053
-22'691'253	15'723'536	-15'723'536	6'291'005	-6'291'005
-21'880'851	15'979'319	-15'979'319	6'337'881	-6'337'881
-21'070'449	16'107'580	-16'107'580	6'362'149	-6'362'149
-20'260'047	16'110'365	-16'110'365	6'379'182	-6'379'182
-19'449'645	16'081'307	-16'081'307	6'385'299	-6'385'299
-18'639'243	16'020'239	-16'020'239	6'374'290	-6'374'290
-17'828'841	15'927'333	-15'927'333	6'347'784	-6'347'784
-17'018'439	15'802'390	-15'802'390	6'314'166	-6'314'166
-16'208'038	15'645'946	-15'645'946	6'274'261	-6'274'261
-15'397'636	15'457'372	-15'457'372	6'209'762	-6'209'762
-14'587'234	15'236'815	-15'236'815	6'136'589	-6'136'589
-13'776'832	14'984'760	-14'984'760	6'056'708	-6'056'708
-12'966'430	14'700'335	-14'700'335	5'964'323	-5'964'323
-12'156'028	14'384'135	-14'384'135	5'851'684	-5'851'684
-11'345'626	14'036'453	-14'036'453	5'731'561	-5'731'561
-10'535'224	13'656'350	-13'656'350	5'604'370	-5'604'370

-9'724'823	13'244'436	-13'244'436	5'453'570	-5'453'570
-8'914'421	12'801'141	-12'801'141	5'289'902	-5'289'902
-8'104'019	12'325'686	-12'325'686	5'119'359	-5'119'358
-7'293'617	11'817'885	-11'817'885	4'941'397	-4'941'397
-6'483'215	11'278'378	-11'278'378	4'738'756	-4'738'756
-5'672'813	10'707'095	-10'707'095	4'528'270	-4'528'270
-4'862'411	10'104'155	-10'104'155	4'311'637	-4'311'637
-4'052'009	9'469'104	-9'469'104	4'080'472	-4'080'472
-3'241'608	8'802'002	-8'802'002	3'830'631	-3'830'631
-2'431'206	8'094'911	-8'094'911	3'573'528	-3'573'528
-1'620'804	7'360'973	-7'360'973	3'310'588	-3'310'588
-810'402	6'620'240	-6'620'240	3'022'326	-3'022'326
0	5'874'524	-5'874'524	2'720'680	-2'720'680
0	5'874'524	-5'874'524	2'720'680	-2'720'680
629'411	5'293'586	-5'293'586	2'481'891	-2'481'891
1'258'823	4'711'470	-4'711'470	2'239'871	-2'239'871
1'888'234	4'128'650	-4'128'650	1'985'406	-1'985'406
2'517'645	3'545'441	-3'545'442	1'719'720	-1'719'720
3'147'056	2'961'930	-2'961'931	1'449'091	-1'449'091
3'776'468	2'378'487	-2'378'488	1'174'439	-1'174'439
4'405'879	1'794'741	-1'794'742	897'896	-897'896
5'035'290	1'211'561	-1'211'562	609'951	-609'951
5'664'701	619'695	-619'695	309'480	-309'480
6'294'113	0	0	0	0
6'294'113	0	0	0	0

LEGENDA:

Dir	Direzione.
N	Sforzo Normale di progetto.
M_{Rd,max}	Momento Resistente Massimo in funzione dello Sforzo Normale per direzione X(Y).
M_{Rd,min}	Momento Resistente Minimo in funzione dello Sforzo Normale per direzione X(Y).

VERIFICHE: PRESSOFLESSIONE RETTA ALLO SLU

Pressoflessione Retta allo Stato Limite Ultimo													
Cmb	N _{Ed}	M _{Ed,x}	M _{Ed,y}	Dir X					Dir Y				
				M _{Rd,x}	CS	x _c	x _c /h	TP _f	M _{Rd,y}	CS	x _c	x _c /h	TP _f
	[N]	[Nm]	[Nm]	[Nm]		[m]			[Nm]		[m]		
1	-101919 0	3502254	0	6811425	1.94	0.119	0.06	CLS	0	47.71	0.005	0.07	-

LEGENDA:

Cmb	Combinazione.
N_{Ed}, M_{Ed,x}, M_{Ed,y}	Sollecitazioni di progetto.
Dir XY	Direzione.
M_{Rd,x}, M_{Rd,y}	Momento resistente in direzione X(Y).
CS	Coefficiente di sicurezza([NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta).
x_c	Distanza dell'asse neutro dal lembo compresso della sezione.
x_c/h	Indice di duttilità.
TP_f	Tipologia di rottura: CLS = "lato calcestruzzo"; AC-C = "lato armatura metallica a compressione"; AC-T = "lato armatura metallica a trazione"; P-DL1 = "delaminazione di estremità del rinforzo FRP"; P-DL2 = "delaminazione intermedia del rinforzo FRP"; P-UL = "deformazione ultima FRP".

VERIFICHE: PRESSOFLESSIONE RETTA ALLO SLE

Verifica delle Tensioni allo Stato Limite di Esercizio												
Cmb	N _{Ed}	M _{Ed,x}	M _{Ed,y}	Tipo	Dir X				Dir Y			
					M ₀	σ _{cc}	σ _{st}	CS	M ₀	σ _{cc}	σ _{st}	CS
	[N]	[Nm]	[Nm]		[Nm]	[N/mm²]	[N/mm²]		[Nm]	[N/mm²]	[N/mm²]	
2	-784000	2694040	0	rara	2'794'16 7	-3.95	17.86	5.68	0	-0.37	0.00	59.96
4	-784000	2694040	0	permanente	2'794'16 7	-3.95	17.86	4.26	0	-0.37	0.00	44.97

LEGENDA:

Cmb	Combinazione.
N_{Ed}, M_{Ed,x}, M_{Ed,y}	Sollecitazioni di progetto.
Tipo	Tipo di combinazione per lo Stato Limite di Esercizio.
Dir X/Dir Y	Direzione.
M₀	Momento di prima fessurazione.
σ_{cc}	Tensione di compressione nel calcestruzzo.
σ_{st}	Tensione di trazione nell'acciaio.
CS	Coefficiente di sicurezza([NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta).

VERIFICA A TAGLIO

Verifiche a Taglio											
Cmb	N _{Ed}	CS	d	s	Dir	V _{Ed}	V _{Rcd}	V _{Rsd,s}	Ctg ⊙	A _{sw,p}	n
	[N]		[mm]	[cm]		[N]	[N]	[N]		[mm ²]	
1	-1019190	2.13	24	20	x-x	0	0	1472114	1.000	0.00	2
					y-y	1438260	9391646	3065312	1.000	0.00	2

LEGENDA:

Cmb	Combinazione.
N_{Ed}	Sforzo Normale di progetto.
CS	Coefficiente di sicurezza([NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta).
d	Diametro delle staffe.
s	Passo delle staffe.
Dir	Direzione.
V_{Ed}	Taglio di progetto.
V_{Rcd}	Resistenza a taglio compressione del calcestruzzo.
V_{Rsd,s}	Resistenza a taglio trazione delle staffe.
Ctg ⊙	Cotangente dell'angolo ⊙utilizzata nella verifica.
A_{sw,p}	Area dei ferri piegati.
n	Numero di bracci delle staffe.

Esito della verifica: la verifica di resistenza richiesta risulta globalmente **Soddisfatta**.

7 - CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO

Nome del Software	Calcolus-SEZIONE
Versione	6.00a
Caratteristiche del Software	Software per la verifica di resistenza delle sezioni con la schematizzazione a fibre per Windows
Numero di serie	21202522
Intestatario Licenza	Areaquattro Srl
Produzione e Distribuzione	ACCA software S.p.A. Contrada Rosole, 13 83043 Bagnoli Irpino (AV) Tel. 0827/69504 r.a. - Fax 0827/601235 e-mail: info@acca.it - Internet: www.acca.it

Comune di Fornovo di Taro, 01/03/2022

Il *Tecnico*

...

Allegato 2

Dimensionamento e verifica sezione fondazione 2m

1 - PREMESSA

Scopo della presente relazione tecnica è la valutazione analitica della capacità portante di un elemento strutturale in **CALCESTRUZZO ARMATO**.

La metodologia di calcolo usata per la valutazione della Resistenza strutturale dell'elemento è quella della discretizzazione in **fibre** della sezione. In pratica, la sezione viene suddivisa in un numero discreto di elementini, di dimensione quasi infinitesimale, ognuno di essi caratterizzati da un determinato tipo di materiale con le proprie caratteristiche meccaniche. Per ogni fibra è possibile ricavare, in funzione dei legami costitutivi e delle proprietà meccaniche del materiale, lo stato deformativo e tensionale.

In funzione dello stato deformativo-tensionale delle varie fibre che costituiscono la sezione è possibile ricavare le sollecitazioni resistenti per i meccanismi di verifica considerati.

Per ogni meccanismo resistente considerato, il confronto tra Resistenza e valore di Progetto fornisce il coefficiente di sicurezza (CS).

2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative:

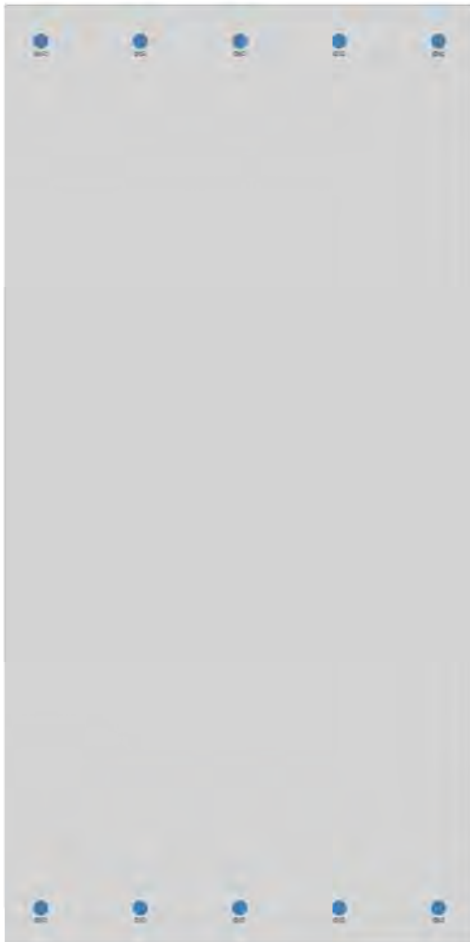
- **D.M. Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018** (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42 - Suppl. Ord. n. 8) - "Aggiornamento delle *Norme tecniche per le Costruzioni*" (NTC 18).

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

- **Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.** (G.U. Serie Generale n. 35 del 11/02/2019 - Suppl. Ord. n. 5) *Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.*
- **Eurocodice 2** - "Progettazione delle strutture di calcestruzzo - UNI EN 1992 Parte 1-1: *Regole generali e regole per edifici*".

3 - GEOMETRIA SEZIONE

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche della sezione oggetto di verifica. È stato adottato un copriferro, misurato dal lembo più esterno delle barre longitudinali al lato della sezione in calcestruzzo (comprendente, quindi, il diametro delle staffe), pari a **6,0** cm.



SEZIONE

Caratteristiche della sezione									
Tp	Dimensioni								A
	B	H	Sp _w	H _w	Sp _{r,i}	L _{r,i}	Sp _{r,s}	L _{r,s}	
	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm ²]
Rettangolare	100.0	200.0	-	-	-	-	-	-	20'000.0

LEGENDA:

Tp	Tipo di sezione.
B	Base.
H	Altezza/Lato.
Sp_w	Spessore anima.
H_w	Altezza anima.
Sp_{r,i}	Spessore ala inferiore.
L_{r,i}	Lunghezza ala inferiore.
Sp_{r,s}	Spessore ala superiore.
L_{r,s}	Lunghezza ala superiore.
A	Area della sezione.

4 - MATERIALI

La sezione oggetto della verifica è costituita dai seguenti materiali:

CALCESTRUZZO

Caratteristiche Calcestruzzo															
Sigla	γ_k	FC	E_c	α_{cc}	γ_c	f_{cm}	f_{ck}	$f_{cd,SLU}$	$f_{cd,SLE R}$	$f_{cd,SLE P}$	f_{ctd}	Mod. σ_8	ϵ_{c2}	ϵ_{c3}	ϵ_{cu}
	[N/m ³]		[N/mm ²]			[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[%]	[%]	[%]
C35/45	25000	-	34'625	0.85	1.50	-	37.35	21.17	22.41	16.81	1.56	a	0.20	0.18	0.35

LEGENDA:

Sigla	Sigla del materiale.
γ_k	Peso specifico caratteristico.
FC	Fattore di Confidenza ("-" = struttura nuova).
E_c	Modulo elastico.
α_{cc}	Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata.
γ_c	Coefficiente parziale di sicurezza.
f_{cm}	Resistenza media cilindrica a compressione a 28 giorni.
f_{ck}	Resistenza caratteristica cilindrica a compressione a 28 giorni.
$f_{cd,SLU}$	Resistenza di calcolo a compressione per le combinazioni allo SLU.
$f_{cd,SLE R}$	Resistenza di calcolo a compressione per le combinazioni allo SLE Rare.
$f_{cd,SLE P}$	Resistenza di calcolo a compressione per le combinazioni allo SLE Permanenti.
f_{ctd}	Resistenza di calcolo a trazione.
Mod. σ_8	Modello del diagramma tensione-deformazione: (a) parabola-rettangolo; (b) triangolo-rettangolo.
ϵ_{c2}	Deformazione al limite elastico per il diagramma parabola-rettangolo.
ϵ_{c3}	Deformazione al limite elastico per il diagramma triangolo-rettangolo.
ϵ_{cu}	Deformazione ultima.

ACCIAIO

Caratteristiche Acciaio					
Sigla	γ_k	E	f_{yk}	K	γ_M
	[N/m ³]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
B450C	78500	210000	450.00	1.20	1.15

LEGENDA:

Sigla	Sigla del materiale.
γ_k	Peso specifico caratteristico.
E	Modulo elastico normale.
f_{yk}	Resistenza caratteristica allo snervamento.
K	Rapporto di Sovraresistenza.
γ_M	Coefficiente parziale di sicurezza.

5 - AZIONI

Le azioni sull'elemento strutturale, in base alle quali sono state eseguite le verifiche di resistenza, sono riportate nella seguente tabella:

SOLLECITAZIONI

Sollecitazioni									
Cmb	SL	Tipo	N	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	M_z	T_x	T_y	Pos
			[N]	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[N]	[N]	
1	SLU	-	-737080	1207307	0	0	0	1160710	I
2	SLE	rara	-737080	697929	0	0	0	0	-
3	SLE	permanente	-737080	697929	0	0	0	0	-

LEGENDA:

Cmb	Combinazione.
SL	Stato Limite (SLU=Ultimo; SLE=Esercizio; ECC=Combinazione Eccezionale).

Tipo	Tipo di combinazione per lo Stato Limite di Esercizio.
N	Sforzo Normale.
M_{Ed,X}	Momento di Progetto in direzione X.
M_{Ed,Y}	Momento di Progetto in direzione Y.
M_z	Momento Torcente
T_x	Taglio in direzione X.
T_y	Taglio in direzione Y.
Pos	Posizione rispetto al dominio di resistenza (I=Interno; E=Esterno).

6 - VERIFICHE DI RESISTENZA

Si riportano di seguito le verifiche di resistenza e i domini di resistenza. Inoltre, si riporta il diagramma momento curvatura.

DIAGRAMMA MOMENTO-CURVATURA

Diagramma momento-curvatura							
N = -737080							
Dir X+		Dir X-		Dir Y+		Dir Y-	
M _{Rd} = 3648016 $\phi_u = 0.0360$; M _y = 3465726 $\phi_y = 0.0012$		M _{Rd} = -3648016 $\phi_u = 0.0360$; M _y = -3465726 $\phi_y = 0.0012$		M _{Rd} = 1765476 $\phi_u = 0.0391$; M _y = 1269249 $\phi_y = 0.0026$		M _{Rd} = -1765476 $\phi_u = 0.0391$; M _y = -1269249 $\phi_y = 0.0026$	
M	ϕ	M	ϕ	M	ϕ	M	ϕ
[Nm]	[1/m]	[Nm]	[1/m]	[Nm]	[1/m]	[Nm]	[1/m]
15433	0.0000	-15433	0.0000	3649	0.0000	-3649	0.0000
15433	0.0000	-15433	0.0000	3649	0.0000	-3649	0.0000
3036289	0.0010	-3036289	0.0010	1182655	0.0024	-1182655	0.0024
3464961	0.0012	-3464961	0.0012	1269249	0.0026	-1269249	0.0026
3465726	0.0012	-3465726	0.0012	1269624	0.0026	-1269624	0.0026
3466231	0.0012	-3466231	0.0012	1706639	0.0100	-1706639	0.0100
3628744	0.0100	-3628744	0.0100	1706639	0.0100	-1706639	0.0100
3628745	0.0100	-3628745	0.0100	1757022	0.0200	-1757023	0.0200
3643970	0.0200	-3643971	0.0200	1763654	0.0300	-1763654	0.0300
3647236	0.0300	-3647236	0.0300	1765476	0.0391	-1765476	0.0391
3648016	0.0360	-3648016	0.0360	1657952	0.0491	-1657952	0.0491
3619908	0.0460	-3619908	0.0460				
3599605	0.0560	-3599605	0.0560				
3592842	0.0660	-3592842	0.0660				
3593397	0.0760	-3593397	0.0760				
3587512	0.0860	-3587512	0.0860				

LEGENDA:

N	Sforzo Normale di progetto.
Dir	Direzione.
ϕ	Curvatura di calcolo.
M	Momento associato a ϕ
ϕ_u	Curvatura Ultima.
M_{Rd}	Momento Ultimo.
ϕ_y	Curvatura allo Snervamento.
M_y	Momento di Snervamento.

Diagramma del Dominio di Resistenza

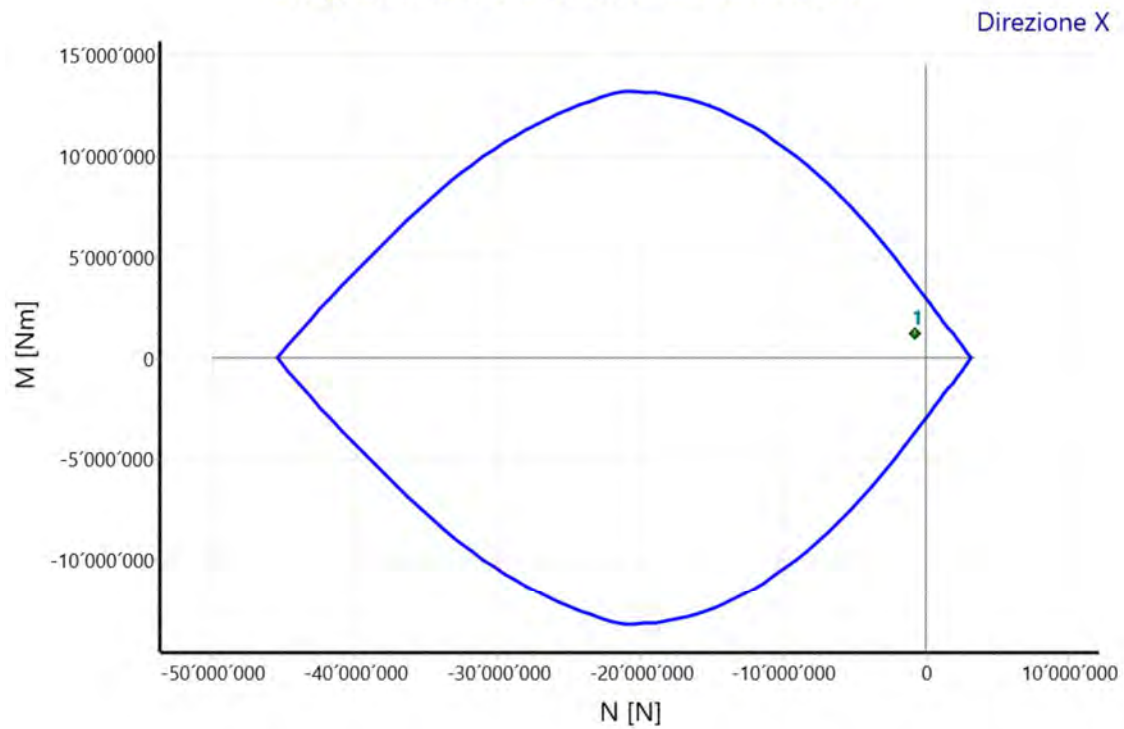
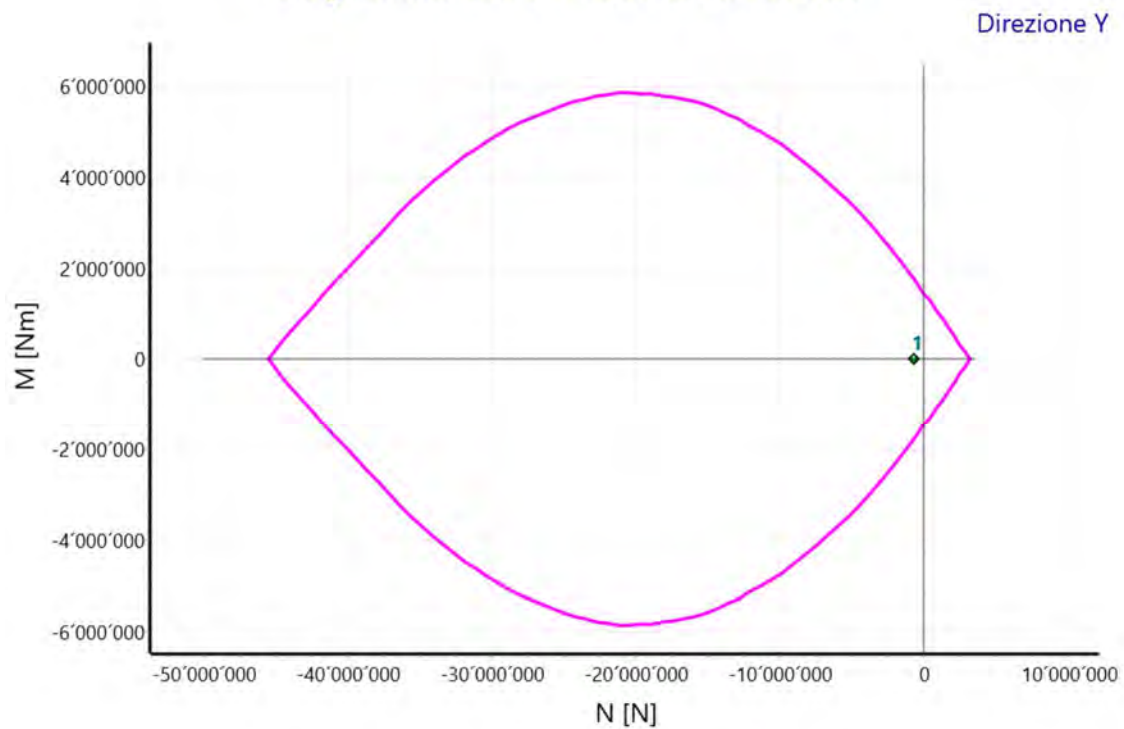


Diagramma del Dominio di Resistenza



Tutti i punti rappresentativi delle sollecitazioni agenti ricadono all'interno del dominio di resistenza della sezione.

DOMINIO DI RESISTENZA

Dominio di resistenza				
N	Dir X		Dir Y	
	M _{Rd,max}	M _{Rd,min}	M _{Rd,max}	M _{Rd,min}
[N]	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[Nm]
-45'477'056	0	0	0	0
-45'477'056	0	0	0	0
-44'719'105	671'189	-671'188	317'826	-317'826
-43'961'154	1'296'464	-1'296'464	607'385	-607'385
-43'203'203	1'894'473	-1'894'473	885'308	-885'308
-42'445'253	2'477'221	-2'477'221	1'160'716	-1'160'716
-41'687'302	3'046'304	-3'046'304	1'430'121	-1'430'121
-40'929'351	3'604'910	-3'604'910	1'696'314	-1'696'314
-40'171'400	4'155'058	-4'155'058	1'958'391	-1'958'391
-39'413'449	4'697'957	-4'697'957	2'218'258	-2'218'258
-38'655'498	5'234'129	-5'234'129	2'475'233	-2'475'233
-37'897'547	5'766'121	-5'766'121	2'726'418	-2'726'417
-37'139'596	6'292'551	-6'292'551	2'975'486	-2'975'486
-36'381'645	6'814'283	-6'814'283	3'222'594	-3'222'594
-35'623'694	7'332'128	-7'332'128	3'462'352	-3'462'352
-34'865'743	7'828'783	-7'828'783	3'689'112	-3'689'112
-34'107'792	8'302'531	-8'302'531	3'903'330	-3'903'330
-33'349'841	8'753'638	-8'753'638	4'105'959	-4'105'959
-32'591'890	9'183'215	-9'183'215	4'296'885	-4'296'885
-31'833'939	9'590'115	-9'590'115	4'476'124	-4'476'124
-31'075'988	9'976'042	-9'976'042	4'643'764	-4'643'764
-30'318'038	10'340'455	-10'340'455	4'799'996	-4'799'996
-29'560'087	10'684'189	-10'684'189	4'945'325	-4'945'325
-28'802'136	11'006'606	-11'006'606	5'079'535	-5'079'535
-28'044'185	11'310'975	-11'310'975	5'202'753	-5'202'753
-27'286'234	11'594'971	-11'594'971	5'315'126	-5'315'126
-26'528'283	11'860'213	-11'860'213	5'417'678	-5'417'678
-25'770'332	12'107'133	-12'107'133	5'509'850	-5'509'850
-25'012'381	12'336'224	-12'336'224	5'591'751	-5'591'751
-24'254'430	12'548'104	-12'548'104	5'664'248	-5'664'248
-23'496'479	12'744'186	-12'744'186	5'727'217	-5'727'217
-22'738'528	12'924'494	-12'924'494	5'781'202	-5'781'202
-21'980'577	13'089'700	-13'089'700	5'826'528	-5'826'528
-21'222'626	13'195'635	-13'195'635	5'858'805	-5'858'805
-20'464'675	13'204'899	-13'204'899	5'859'836	-5'859'836
-19'706'724	13'186'037	-13'186'037	5'850'855	-5'850'855
-18'948'773	13'139'458	-13'139'458	5'832'148	-5'832'148
-18'190'823	13'064'899	-13'064'899	5'803'772	-5'803'772
-17'432'872	12'962'477	-12'962'477	5'766'473	-5'766'473
-16'674'921	12'832'148	-12'832'148	5'720'587	-5'720'587
-15'916'970	12'673'992	-12'673'992	5'666'590	-5'666'590
-15'159'019	12'487'923	-12'487'923	5'589'595	-5'589'595
-14'401'068	12'273'794	-12'273'794	5'494'619	-5'494'619
-13'643'117	12'032'123	-12'032'123	5'389'550	-5'389'550
-12'885'166	11'762'125	-11'762'125	5'274'402	-5'274'402
-12'127'215	11'464'441	-11'464'441	5'150'255	-5'150'255
-11'369'264	11'138'933	-11'138'933	5'017'267	-5'017'267
-10'611'313	10'785'586	-10'785'586	4'876'353	-4'876'353
-9'853'362	10'404'178	-10'404'178	4'721'686	-4'721'686

-9'095'411	9'994'740	-9'994'740	4'540'542	-4'540'542
-8'337'460	9'557'657	-9'557'657	4'348'958	-4'348'958
-7'579'509	9'092'559	-9'092'559	4'146'588	-4'146'588
-6'821'558	8'599'577	-8'599'577	3'934'461	-3'934'461
-6'063'608	8'078'798	-8'078'798	3'713'570	-3'713'570
-5'305'657	7'530'067	-7'530'067	3'484'668	-3'484'668
-4'547'706	6'953'466	-6'953'466	3'248'666	-3'248'666
-3'789'755	6'348'855	-6'348'855	2'981'232	-2'981'232
-3'031'804	5'716'444	-5'716'444	2'697'058	-2'697'058
-2'273'853	5'049'017	-5'049'017	2'400'161	-2'400'161
-1'515'902	4'362'651	-4'362'651	2'092'059	-2'092'059
-757'951	3'667'295	-3'667'295	1'774'374	-1'774'374
0	2'966'500	-2'966'501	1'449'090	-1'449'090
0	2'966'500	-2'966'501	1'449'090	-1'449'090
314'706	2'674'654	-2'674'655	1'312'008	-1'312'008
629'411	2'382'389	-2'382'389	1'174'413	-1'174'413
944'117	2'089'984	-2'089'984	1'036'206	-1'036'206
1'258'823	1'797'561	-1'797'561	897'787	-897'788
1'573'528	1'505'005	-1'505'005	756'574	-756'574
1'888'234	1'212'258	-1'212'258	609'930	-609'930
2'202'939	920'004	-920'005	460'979	-460'979
2'517'645	619'710	-619'711	309'486	-309'486
2'832'351	312'099	-312'099	155'786	-155'786
3'147'056	0	0	0	0
3'147'056	0	0	0	0

LEGENDA:

Dir	Direzione.
N	Sforzo Normale di progetto.
M_{Rd,max}	Momento Resistente Massimo in funzione dello Sforzo Normale per direzione X(Y).
M_{Rd,min}	Momento Resistente Minimo in funzione dello Sforzo Normale per direzione X(Y).

VERIFICHE: PRESSOFLESSIONE RETTA ALLO SLU

Pressoflessione Retta allo Stato Limite Ultimo													
Cmb	N _{Ed}	M _{Ed,x}	M _{Ed,y}	Dir X					Dir Y				
				M _{Rd,x}	CS	x _c	x _c /h	TP _f	M _{Rd,y}	CS	x _c	x _c /h	TP _f
	[N]	[Nm]	[Nm]	[Nm]		[m]			[Nm]		[m]		
1	-737080	1207307	0	3648016	3.02	0.097	0.05	CLS	0	61.70	0.005	0.07	-

LEGENDA:

Cmb	Combinazione.
N_{Ed}, M_{Ed,x}, M_{Ed,y}	Sollecitazioni di progetto.
Dir XY	Direzione.
M_{Rd,x}, M_{Rd,y}	Momento resistente in direzione X(Y).
CS	Coefficiente di sicurezza[NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta).
x_c	Distanza dell'asse neutro dal lembo compresso della sezione.
x_c/h	Indice di duttilità.
TP_f	Tipologia di rottura: CLS = "lato calcestruzzo"; AC-C = "lato armatura metallica a compressione"; AC-T = "lato armatura metallica a trazione"; P-DL1 = "delaminazione di estremità del rinforzo FRP"; P-DL2 = "delaminazione intermedia del rinforzo FRP"; P-UL = "deformazione ultima FRP".

VERIFICHE: PRESSOFLESSIONE RETTA ALLO SLE

Verifica delle Tensioni allo Stato Limite di Esercizio												
Cmb	N _{Ed}	M _{Ed,x}	M _{Ed,y}	Tipo	Dir X				Dir Y			
					M ₀	σ _{cc}	σ _{st}	CS	M ₀	σ _{cc}	σ _{st}	CS
	[N]	[Nm]	[Nm]		[Nm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[Nm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	
2	-737080	697929	0	rara	2'629'085	-1.34	3.34	16.72	0	-0.36	0.00	62.29
3	-737080	697929	0	permanente	2'629'085	-1.34	3.34	12.54	0	-0.36	0.00	46.72

LEGENDA:

Cmb	Combinazione.
N_{Ed}, M_{Ed,x}, M_{Ed,y}	Sollecitazioni di progetto.
Tipo	Tipo di combinazione per lo Stato Limite di Esercizio.
Dir X/Dir Y	Direzione.
M₀	Momento di prima fessurazione.
σ_{cc}	Tensione di compressione nel calcestruzzo.
σ_{st}	Tensione di trazione nell'acciaio.
CS	Coefficiente di sicurezza([NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta).

VERIFICA A TAGLIO

Verifiche a Taglio											
Cmb	N _{Ed}	CS	d	s	Dir	V _{Ed}	V _{Rcd}	V _{Rsd,s}	Ctg ⊙	A _{sw,p}	n
	[N]		[mm]	[cm]		[N]	[N]	[N]		[mm ²]	
1	-737080	2.64	24	20	x-x	0	0	1472114	1.000	0.00	2
					y-y	1160710	9328172	3065312	1.000	0.00	2

LEGENDA:

Cmb	Combinazione.
N_{Ed}	Sforzo Normale di progetto.
CS	Coefficiente di sicurezza([NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta).
d	Diametro delle staffe.
s	Passo delle staffe.
Dir	Direzione.
V_{Ed}	Taglio di progetto.
V_{Rcd}	Resistenza a taglio compressione del calcestruzzo.
V_{Rsd,s}	Resistenza a taglio trazione delle staffe.
Ctg ⊙	Cotangente dell'angolo ⊙utilizzata nella verifica.
A_{sw,p}	Area dei ferri piegati.
n	Numero di bracci delle staffe.

Esito della verifica: la verifica di resistenza richiesta risulta globalmente **Soddisfatta**.

7 - CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO

Nome del Software	Calcolus-SEZIONE
Versione	6.00a
Caratteristiche del Software	Software per la verifica di resistenza delle sezioni con la schematizzazione a fibre per Windows
Numero di serie	21202522
Intestatario Licenza	Areaquattro Srl
Produzione e Distribuzione	ACCA software S.p.A. Contrada Rosole, 13 83043 Bagnoli Irpino (AV) Tel. 0827/69504 r.a. - Fax 0827/601235 e-mail: info@acca.it - Internet: www.acca.it

Comune di Fornovo di Taro, 01/03/2022

Il *Tecnico*

...

Allegato 3

Dimensionamento e verifica sezione incastro paramento verticale

1 - PREMESSA

Scopo della presente relazione tecnica è la valutazione analitica della capacità portante di un elemento strutturale in **CALCESTRUZZO ARMATO**.

La metodologia di calcolo usata per la valutazione della Resistenza strutturale dell'elemento è quella della discretizzazione in **fibre** della sezione. In pratica, la sezione viene suddivisa in un numero discreto di elementini, di dimensione quasi infinitesimale, ognuno di essi caratterizzati da un determinato tipo di materiale con le proprie caratteristiche meccaniche. Per ogni fibra è possibile ricavare, in funzione dei legami costitutivi e delle proprietà meccaniche del materiale, lo stato deformativo e tensionale.

In funzione dello stato deformativo-tensionale delle varie fibre che costituiscono la sezione è possibile ricavate le sollecitazioni resistenti per i meccanismi di verifica considerati.

Per ogni meccanismo resistente considerato, il confronto tra Resistenza e valore di Progetto fornisce il coefficiente di sicurezza (CS).

2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative:

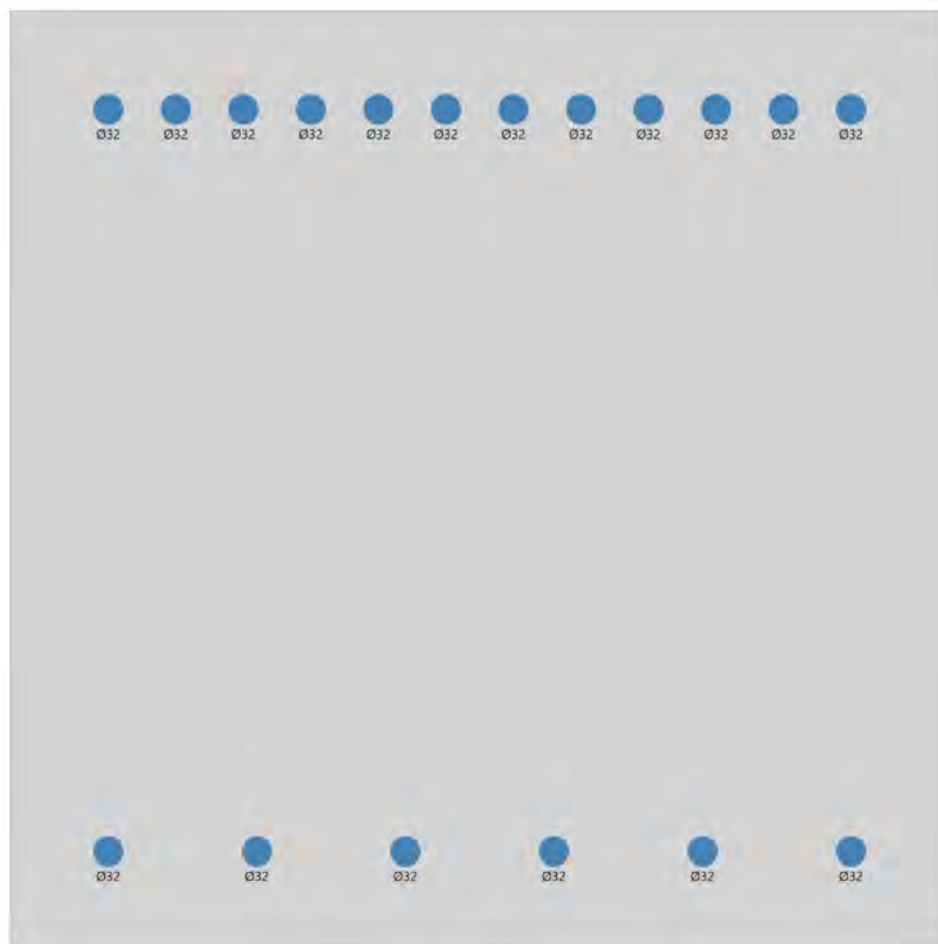
- **D.M. Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018** (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42 - Suppl. Ord. n. 8) - "Aggiornamento delle *Norme tecniche per le Costruzioni*" (NTC 18).

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

- **Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.** (G.U. Serie Generale n. 35 del 11/02/2019 - Suppl. Ord. n. 5) *Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.*
- **Eurocodice 2** - "Progettazione delle strutture di calcestruzzo - UNI EN 1992 Parte 1-1: *Regole generali e regole per edifici*".

3 - GEOMETRIA SEZIONE

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche della sezione oggetto di verifica. È stato adottato un copriferro, misurato dal lembo più esterno delle barre longitudinali al lato della sezione in calcestruzzo (comprendente, quindi, il diametro delle staffe), pari a **8,8** cm.



SEZIONE

Caratteristiche della sezione									
Tp	Dimensioni								A
	B	H	Sp _w	H _w	Sp _{r,i}	L _{r,i}	Sp _{r,s}	L _{r,s}	
	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	
Rettangolare	100.0	100.0	-	-	-	-	-	-	10'000.0

LEGENDA:

Tp	Tipo di sezione.
B	Base.
H	Altezza/Lato.
Sp_w	Spessore anima.
H_w	Altezza anima.
Sp_{r,i}	Spessore ala inferiore.
L_{r,i}	Lunghezza ala inferiore.
Sp_{r,s}	Spessore ala superiore.
L_{r,s}	Lunghezza ala superiore.
A	Area della sezione.

4 - MATERIALI

La sezione oggetto della verifica è costituita dai seguenti materiali:

CALCESTRUZZO

Caratteristiche Calcestruzzo															
Sigla	γ_k	FC	E_c	α_{cc}	γ_c	f_{cm}	f_{ck}	$f_{cd,SLU}$	$f_{cd,SLE R}$	$f_{cd,SLE P}$	f_{ctd}	Mod. σ_8	ϵ_{c2}	ϵ_{c3}	ϵ_{cu}
	[N/m ³]		[N/mm ²]			[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[%]	[%]	[%]
C35/45	25000	-	34'625	0.85	1.50	-	37.35	21.17	22.41	16.81	1.56	a	0.20	0.18	0.35

LEGENDA:

Sigla	Sigla del materiale.
γ_k	Peso specifico caratteristico.
FC	Fattore di Confidenza ("-" = struttura nuova).
E_c	Modulo elastico.
α_{cc}	Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata.
γ_c	Coefficiente parziale di sicurezza.
f_{cm}	Resistenza media cilindrica a compressione a 28 giorni.
f_{ck}	Resistenza caratteristica cilindrica a compressione a 28 giorni.
$f_{cd,SLU}$	Resistenza di calcolo a compressione per le combinazioni allo SLU.
$f_{cd,SLE R}$	Resistenza di calcolo a compressione per le combinazioni allo SLE Rare.
$f_{cd,SLE P}$	Resistenza di calcolo a compressione per le combinazioni allo SLE Permanenti.
f_{ctd}	Resistenza di calcolo a trazione.
Mod. σ_8	Modello del diagramma tensione-deformazione: (a) parabola-rettangolo; (b) triangolo-rettangolo.
ϵ_{c2}	Deformazione al limite elastico per il diagramma parabola-rettangolo.
ϵ_{c3}	Deformazione al limite elastico per il diagramma triangolo-rettangolo.
ϵ_{cu}	Deformazione ultima.

ACCIAIO

Caratteristiche Acciaio					
Sigla	γ_k	E	f_{yk}	K	γ_M
	[N/m ³]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
B450C	78500	210000	450.00	1.20	1.15

LEGENDA:

Sigla	Sigla del materiale.
γ_k	Peso specifico caratteristico.
E	Modulo elastico normale.
f_{yk}	Resistenza caratteristica allo snervamento.
K	Rapporto di Sovraresistenza.
γ_M	Coefficiente parziale di sicurezza.

5 - AZIONI

Le azioni sull'elemento strutturale, in base alle quali sono state eseguite le verifiche di resistenza, sono riportate nella seguente tabella:

SOLLECITAZIONI

Sollecitazioni									
Cmb	SL	Tipo	N	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	M_z	T_x	T_y	Pos
			[N]	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[N]	[N]	
1	SLU	-	-2009630	2401989	0	0	0	663370	I
2	SLE	rara	-1545870	1847680	0	0	0	0	-
6	SLE	permanente	-1545870	1847680	0	0	0	0	-

LEGENDA:

Cmb	Combinazione.
SL	Stato Limite (SLU=Ultimo; SLE=Esercizio; ECC=Combinazione Eccezionale).

Tipo	Tipo di combinazione per lo Stato Limite di Esercizio.
N	Sforzo Normale.
M_{Ed,X}	Momento di Progetto in direzione X.
M_{Ed,Y}	Momento di Progetto in direzione Y.
M_z	Momento Torcente
T_x	Taglio in direzione X.
T_y	Taglio in direzione Y.
Pos	Posizione rispetto al dominio di resistenza (I=Interno; E=Esterno).

6 - VERIFICHE DI RESISTENZA

Si riportano di seguito le verifiche di resistenza e i domini di resistenza. Inoltre, si riporta il diagramma momento curvatura.

DIAGRAMMA MOMENTO-CURVATURA

Diagramma momento-curvatura							
N = -2009630							
Dir X+		Dir X-		Dir Y+		Dir Y-	
M _{Rd} = 3823270 $\phi_u = 0.0154$; M _y = 3604050 $\phi_y = 0.0037$		M _{Rd} = -2402207 $\phi_u = 0.0261$; M _y = -2284451 $\phi_y = 0.0032$		M _{Rd} = 2748338 $\phi_u = 0.0125$; M _y = 2019056 $\phi_y = 0.0034$		M _{Rd} = -2748338 $\phi_u = 0.0125$; M _y = -2019055 $\phi_y = 0.0034$	
M	ϕ	M	ϕ	M	ϕ	M	ϕ
[Nm]	[1/m]	[Nm]	[1/m]	[Nm]	[1/m]	[Nm]	[1/m]
-31786	0.0000	-36104	0.0000	1888	0.0000	-1888	0.0000
1763248	0.0015	-36104	0.0000	1043929	0.0012	-1043929	0.0012
3079011	0.0031	-1985694	0.0026	1619341	0.0025	-1619341	0.0025
3079011	0.0031	-2282167	0.0032	1619340	0.0025	-1619340	0.0025
3524099	0.0036	-2284190	0.0032	2015893	0.0034	-2015893	0.0034
3596753	0.0037	-2284451	0.0032	2018938	0.0034	-2018937	0.0034
3603892	0.0037	-2285725	0.0032	2019056	0.0034	-2019055	0.0034
3604050	0.0037	-2381542	0.0100	2115378	0.0037	-2115378	0.0037
3659714	0.0046	-2381540	0.0100	2115378	0.0037	-2115378	0.0037
3659714	0.0046	-2399468	0.0200	2380521	0.0050	-2380521	0.0050
3719726	0.0062	-2402207	0.0261	2527298	0.0062	-2527298	0.0062
3754557	0.0077	-2331206	0.0361	2613523	0.0075	-2613523	0.0075
3777335	0.0092	-2319277	0.0461	2665063	0.0087	-2665063	0.0087
3793860	0.0108	-2300634	0.0561	2705827	0.0100	-2705827	0.0100
3806621	0.0123	-2301527	0.0661	2730638	0.0112	-2730638	0.0112
3816760	0.0138	-2295650	0.0761	2748338	0.0125	-2748338	0.0125
3823270	0.0154	-2295810	0.0861	2506645	0.0137	-2506645	0.0137
		-2295981	0.0961				
		-2291968	0.1061				
		-2292151	0.1161				
		-2292348	0.1261				
		-2292550	0.1361				
		-2292766	0.1461				
		-2292994	0.1561				
		-2292998	0.1661				
		-2292999	0.1761				
		-2293000	0.1861				
		-2293000	0.1961				
		-2291091	0.2061				
		-2291091	0.2161				
		-2291091	0.2261				
		-2291092	0.2361				
		-2291094	0.2461				
		-2291093	0.2561				

		-2291097	0.2661				
		-2291095	0.2761				
		-2291094	0.2861				
		-2291095	0.2961				
		-2291095	0.3061				

LEGENDA:

N	Sforzo Normale di progetto.
Dir	Direzione.
ϕ	Curvatura di calcolo.
M	Momento associato a ϕ
ϕ_u	Curvatura Ultima.
M_{Rd}	Momento Ultimo.
ϕ_y	Curvatura allo Snervamento.
M_y	Momento di Snervamento.

Diagramma del Dominio di Resistenza

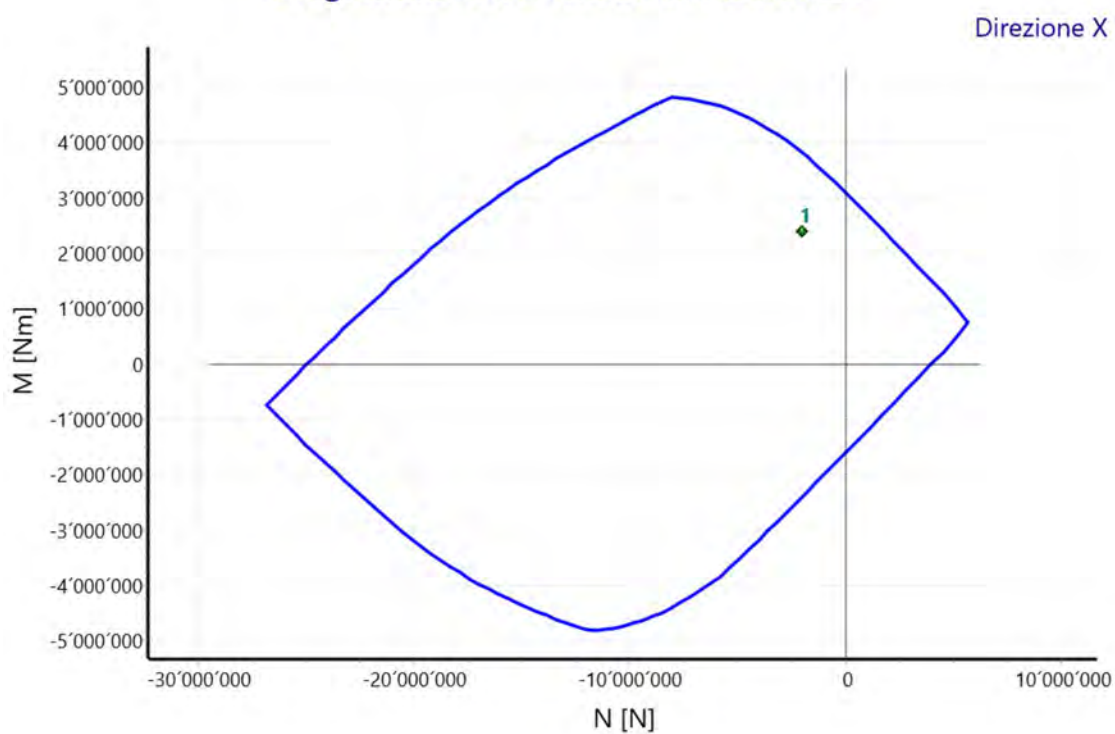
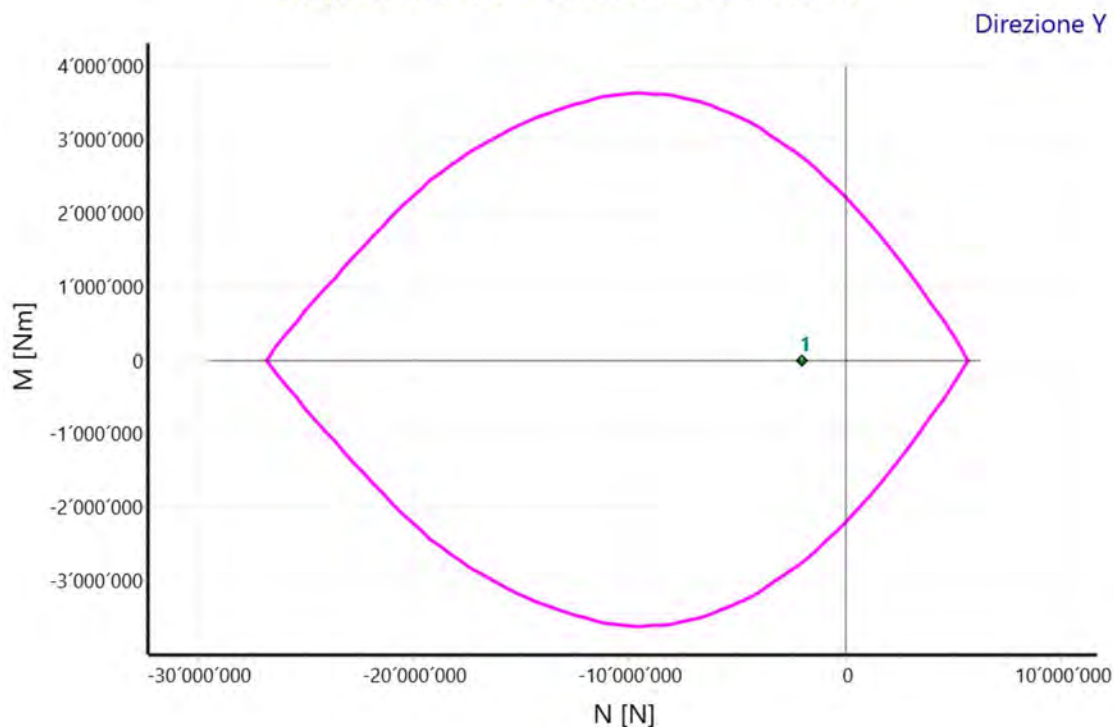


Diagramma del Dominio di Resistenza



Tutti i punti rappresentativi delle sollecitazioni agenti ricadono all'interno del dominio di resistenza della sezione.

DOMINIO DI RESISTENZA

Dominio di resistenza				
N	Dir X		Dir Y	
	M _{Rd,max}	M _{Rd,min}	M _{Rd,max}	M _{Rd,min}
[N]	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[Nm]
-26'829'701	-747'741	-747'741	0	0
-26'829'701	-747'741	-747'741	0	0
-26'382'540	-565'962	-930'504	180'023	-180'023
-25'935'378	-387'145	-1'108'271	344'958	-344'958
-25'488'216	-210'256	-1'281'280	503'503	-503'504
-25'041'055	-35'757	-1'450'759	659'130	-659'131
-24'593'893	136'955	-1'617'618	809'923	-809'924
-24'146'731	307'133	-1'781'010	958'502	-958'502
-23'699'570	475'484	-1'942'517	1'105'210	-1'105'210
-23'252'408	642'640	-2'102'252	1'249'199	-1'249'200
-22'805'246	806'814	-2'260'283	1'392'559	-1'392'559
-22'358'084	970'213	-2'416'648	1'535'220	-1'535'220
-21'910'923	1'132'252	-2'571'779	1'677'332	-1'677'333
-21'463'761	1'292'970	-2'725'764	1'818'976	-1'818'977
-21'016'599	1'452'354	-2'877'694	1'956'041	-1'956'041
-20'569'438	1'610'916	-3'023'496	2'086'004	-2'086'005
-20'122'276	1'767'953	-3'162'538	2'209'457	-2'209'457
-19'675'114	1'924'766	-3'295'335	2'326'899	-2'326'899
-19'227'953	2'077'504	-3'422'065	2'438'019	-2'438'019

-18'780'791	2'225'078	-3'542'731	2'541'641	-2'541'641
-18'333'629	2'369'517	-3'657'829	2'639'496	-2'639'496
-17'886'468	2'507'867	-3'767'271	2'732'285	-2'732'285
-17'439'306	2'642'946	-3'871'076	2'817'984	-2'817'984
-16'992'144	2'773'463	-3'970'266	2'898'620	-2'898'620
-16'544'982	2'900'776	-4'064'357	2'974'621	-2'974'621
-16'097'821	3'023'883	-4'153'701	3'046'005	-3'046'005
-15'650'659	3'143'996	-4'238'741	3'113'018	-3'113'019
-15'203'497	3'260'371	-4'319'610	3'175'909	-3'175'909
-14'756'336	3'373'758	-4'396'632	3'235'105	-3'235'105
-14'309'174	3'484'409	-4'470'055	3'290'504	-3'290'504
-13'862'012	3'591'988	-4'540'154	3'341'851	-3'341'851
-13'414'851	3'697'306	-4'607'230	3'388'692	-3'388'692
-12'967'689	3'800'212	-4'671'739	3'432'331	-3'432'331
-12'520'527	3'900'938	-4'733'764	3'473'435	-3'473'435
-12'073'366	3'999'902	-4'793'706	3'511'891	-3'511'891
-11'626'204	4'096'865	-4'809'861	3'547'977	-3'547'977
-11'179'042	4'192'491	-4'792'873	3'581'975	-3'581'975
-10'731'881	4'286'617	-4'766'178	3'601'131	-3'601'131
-10'284'719	4'379'549	-4'729'709	3'613'667	-3'613'667
-9'837'557	4'471'358	-4'683'644	3'622'334	-3'622'334
-9'390'395	4'562'434	-4'627'761	3'622'570	-3'622'570
-8'943'234	4'652'705	-4'562'217	3'616'513	-3'616'513
-8'496'072	4'742'325	-4'486'934	3'608'260	-3'608'260
-8'048'910	4'814'291	-4'401'978	3'594'137	-3'594'137
-7'601'749	4'801'700	-4'307'477	3'566'721	-3'566'721
-7'154'587	4'779'255	-4'202'939	3'535'687	-3'535'687
-6'707'425	4'747'138	-4'089'016	3'499'189	-3'499'189
-6'260'264	4'705'484	-3'965'017	3'455'147	-3'455'147
-5'813'102	4'653'798	-3'831'567	3'408'742	-3'408'742
-5'365'940	4'592'656	-3'677'416	3'358'552	-3'358'552
-4'918'779	4'521'673	-3'515'341	3'300'311	-3'300'311
-4'471'617	4'441'037	-3'349'909	3'230'063	-3'230'063
-4'024'455	4'350'822	-3'182'096	3'156'051	-3'156'051
-3'577'294	4'250'619	-3'011'842	3'072'075	-3'072'075
-3'130'132	4'140'905	-2'839'852	2'985'519	-2'985'519
-2'682'970	4'021'389	-2'665'945	2'896'843	-2'896'843
-2'235'808	3'892'193	-2'490'857	2'798'667	-2'798'667
-1'788'647	3'750'255	-2'314'800	2'697'542	-2'697'542
-1'341'485	3'593'767	-2'138'031	2'586'861	-2'586'861
-894'323	3'432'334	-1'960'445	2'466'192	-2'466'191
-447'162	3'266'241	-1'782'372	2'341'305	-2'341'304
0	3'096'505	-1'604'010	2'210'975	-2'210'975
0	3'096'505	-1'604'010	2'210'975	-2'210'975
566'470	2'876'876	-1'377'563	2'033'507	-2'033'507
1'132'940	2'653'575	-1'150'831	1'850'931	-1'850'930
1'699'410	2'427'646	-923'911	1'656'624	-1'656'623
2'265'881	2'200'157	-696'878	1'445'829	-1'445'828
2'832'351	1'971'550	-469'879	1'230'606	-1'230'606
3'398'821	1'742'544	-242'607	1'003'817	-1'003'816
3'965'291	1'513'241	-15'937	770'687	-770'686
4'531'761	1'283'010	212'504	535'221	-535'220
5'098'231	1'023'086	472'366	275'405	-275'405
5'664'701	747'741	747'741	0	0
5'664'701	747'741	747'741	0	0

LEGENDA:

Dir

Direzione.

N

Sforzo Normale di progetto.

M_{Rd,max}

Momento Resistente Massimo in funzione dello Sforzo Normale per direzione X(Y).

M_{Rd,min}

Momento Resistente Minimo in funzione dello Sforzo Normale per direzione X(Y).

VERIFICHE: PRESSOFLESSIONE RETTA ALLO SLU

Pressoflessione Retta allo Stato Limite Ultimo

Cmb	N _{Ed}	M _{Ed,x}	M _{Ed,y}	Dir X					Dir Y				
				M _{Rd,x}	CS	x _c	x _c /h	TP _f	M _{Rd,y}	CS	x _c	x _c /h	TP _f
	[N]	[Nm]	[Nm]	[Nm]		[m]			[Nm]		[m]		
1	-2009630	2401989	0	3823184	1.58	0.227	0.25	CLS	0	13.35	0.005	0.05	-

LEGENDA:

Cmb Combinazione.
N_{Ed}, M_{Ed,x}, M_{Ed,y} Sollecitazioni di progetto.
Dir X/Y Direzione.
M_{Rd,x}, M_{Rd,y} Momento resistente in direzione X(Y).
CS Coefficiente di sicurezza([NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta).
x_c Distanza dell'asse neutro dal lembo compresso della sezione.
x_c/h Indice di duttilità.
TP_f Tipologia di rottura: CLS = "lato calcestruzzo"; AC-C = "lato armatura metallica a compressione"; AC-T = "lato armatura metallica a trazione"; P-DL1 = "delaminazione di estremità del rinforzo FRP"; P-DL2 = "delaminazione intermedia del rinforzo FRP"; P-UL = "deformazione ultima FRP".

VERIFICHE: PRESSOFLESSIONE RETTA ALLO SLE

Verifica delle Tensioni allo Stato Limite di Esercizio

Cmb	N _{Ed}	M _{Ed,x}	M _{Ed,y}	Tipo	Dir X				Dir Y			
					M ₀	σ _{cc}	σ _{st}	CS	M ₀	σ _{cc}	σ _{st}	CS
	[N]	[Nm]	[Nm]		[Nm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[Nm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	
2	-1545870	1847680	0	rara	929 ' 390	-16.31	165.21	1.37	0	-1.42	0.00	15.77
6	-1545870	1847680	0	permanente	929 ' 390	-16.31	165.21	1.03	0	-1.42	0.00	11.83

LEGENDA:

Cmb Combinazione.
N_{Ed}, M_{Ed,x}, M_{Ed,y} Sollecitazioni di progetto.
Tipo Tipo di combinazione per lo Stato Limite di Esercizio.
Dir X/Dir Y Direzione.
M₀ Momento di prima fessurazione.
σ_{cc} Tensione di compressione nel calcestruzzo.
σ_{st} Tensione di trazione nell'acciaio.
CS Coefficiente di sicurezza([NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta).

VERIFICA A TAGLIO

Verifiche a Taglio

Cmb	N _{Ed}	CS	d	s	Dir	V _{Ed}	V _{Rcd}	V _{Rsd,s}	Ctg θ	A _{sw,p}	n
	[N]		[mm]	[cm]		[N]	[N]	[N]		[mm ²]	
1	-2009630	2.15	24	20	x-x	0	0	1427505	1.000	0.00	2
					y-y	663370	4719031	1427505	1.000	0.00	2

LEGENDA:

Cmb Combinazione.
N_{Ed} Sforzo Normale di progetto.
CS Coefficiente di sicurezza([NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta).
d Diametro delle staffe.
s Passo delle staffe.
Dir Direzione.
V_{Ed} Taglio di progetto.
V_{Rcd} Resistenza a taglio compressione del calcestruzzo.
V_{Rsd,s} Resistenza a taglio trazione delle staffe.
Ctg θ Cotangente dell'angolo θ utilizzata nella verifica.
A_{sw,p} Area dei ferri piegati.
n Numero di bracci delle staffe.

Esito della verifica: la verifica di resistenza richiesta risulta globalmente **Soddisfatta**.

7 - CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO

Nome del Software	Calcolus-SEZIONE
Versione	6.00a
Caratteristiche del Software	Software per la verifica di resistenza delle sezioni con la schematizzazione a fibre per Windows
Numero di serie	21202522
Intestatario Licenza	Areaquattro Srl
Produzione e Distribuzione	ACCA software S.p.A. Contrada Rosole, 13 83043 Bagnoli Irpino (AV) Tel. 0827/69504 r.a. - Fax 0827/601235 e-mail: info@acca.it - Internet: www.acca.it

Comune di Fornovo di Taro, 01/03/2022

Il *Tecnico*

...

Allegato 4

Dimensionamento e verifica sezione paramento verticale 2m

1 - PREMESSA

Scopo della presente relazione tecnica è la valutazione analitica della capacità portante di un elemento strutturale in **CALCESTRUZZO ARMATO**.

La metodologia di calcolo usata per la valutazione della Resistenza strutturale dell'elemento è quella della discretizzazione in **fibre** della sezione. In pratica, la sezione viene suddivisa in un numero discreto di elementini, di dimensione quasi infinitesimale, ognuno di essi caratterizzati da un determinato tipo di materiale con le proprie caratteristiche meccaniche. Per ogni fibra è possibile ricavare, in funzione dei legami costitutivi e delle proprietà meccaniche del materiale, lo stato deformativo e tensionale.

In funzione dello stato deformativo-tensionale delle varie fibre che costituiscono la sezione è possibile ricavare le sollecitazioni resistenti per i meccanismi di verifica considerati.

Per ogni meccanismo resistente considerato, il confronto tra Resistenza e valore di Progetto fornisce il coefficiente di sicurezza (CS).

2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative:

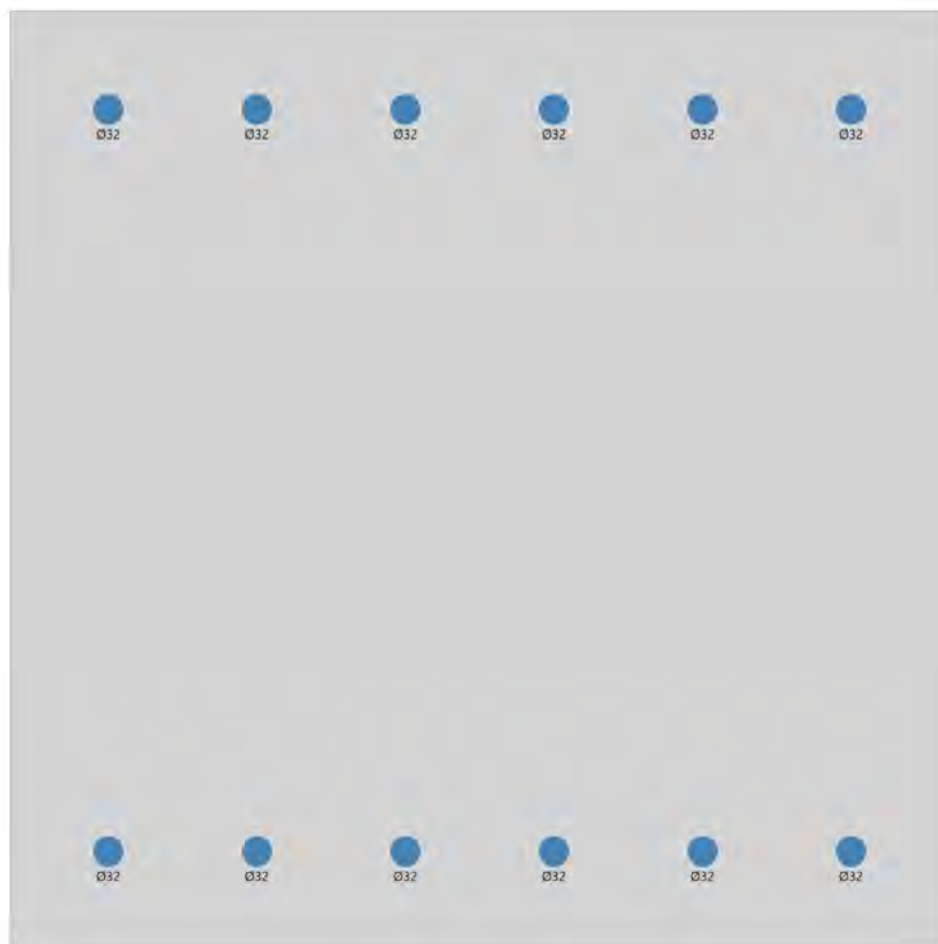
- **D.M. Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018** (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42 - Suppl. Ord. n. 8) - "Aggiornamento delle *Norme tecniche per le Costruzioni*" (NTC 18).

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

- **Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.** (G.U. Serie Generale n. 35 del 11/02/2019 - Suppl. Ord. n. 5) *Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.*
- **Eurocodice 2** - "Progettazione delle strutture di calcestruzzo - UNI EN 1992 Parte 1-1: *Regole generali e regole per edifici*".

3 - GEOMETRIA SEZIONE

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche della sezione oggetto di verifica. È stato adottato un copriferro, misurato dal lembo più esterno delle barre longitudinali al lato della sezione in calcestruzzo (comprendente, quindi, il diametro delle staffe), pari a **8,8** cm.



SEZIONE

Caratteristiche della sezione									
Tp	Dimensioni								A
	B	H	Sp _w	H _w	Sp _{r,i}	L _{r,i}	Sp _{r,s}	L _{r,s}	
	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm ²]
Rettangolare	100.0	100.0	-	-	-	-	-	-	10'000.0

LEGENDA:

Tp	Tipo di sezione.
B	Base.
H	Altezza/Lato.
Sp_w	Spessore anima.
H_w	Altezza anima.
Sp_{r,i}	Spessore ala inferiore.
L_{r,i}	Lunghezza ala inferiore.
Sp_{r,s}	Spessore ala superiore.
L_{r,s}	Lunghezza ala superiore.
A	Area della sezione.

4 - MATERIALI

La sezione oggetto della verifica è costituita dai seguenti materiali:

CALCESTRUZZO

Caratteristiche Calcestruzzo															
Sigla	γ_k	FC	E _c	α_{cc}	γ_c	f _{cm}	f _{ck}	f _{cd,SLU}	f _{cd,SLE_R}	f _{cd,SLE_P}	f _{ctd}	Mod. σ ₈	ε _{c2}	ε _{c3}	ε _{cu}
	[N/m³]		[N/mm²]			[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]		[%]	[%]	[%]
C35/45	25000	-	34'625	0.85	1.50	-	37.35	21.17	22.41	16.81	1.56	a	0.20	0.18	0.35

LEGENDA:

Sigla	Sigla del materiale.
γ_k	Peso specifico caratteristico.
FC	Fattore di Confidenza ("-" = struttura nuova).
E_c	Modulo elastico.
α_{cc}	Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata.
γ_c	Coefficiente parziale di sicurezza.
f_{cm}	Resistenza media cilindrica a compressione a 28 giorni.
f_{ck}	Resistenza caratteristica cilindrica a compressione a 28 giorni.
$f_{cd,SLU}$	Resistenza di calcolo a compressione per le combinazioni allo SLU.
$f_{cd,SLE R}$	Resistenza di calcolo a compressione per le combinazioni allo SLE Rare.
$f_{cd,SLE P}$	Resistenza di calcolo a compressione per le combinazioni allo SLE Permanenti.
f_{ctd}	Resistenza di calcolo a trazione.
Mod. σ_8	Modello del diagramma tensione-deformazione: (a) parabola-rettangolo; (b) triangolo-rettangolo.
ϵ_{c2}	Deformazione al limite elastico per il diagramma parabola-rettangolo.
ϵ_{c3}	Deformazione al limite elastico per il diagramma triangolo-rettangolo.
ϵ_{cu}	Deformazione ultima.

ACCIAIO

Caratteristiche Acciaio					
Sigla	γ_k	E	f_{yk}	K	γ_M
	[N/m ³]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
B450C	78500	210000	450.00	1.20	1.15

LEGENDA:

Sigla	Sigla del materiale.
γ_k	Peso specifico caratteristico.
E	Modulo elastico normale.
f_{yk}	Resistenza caratteristica allo snervamento.
K	Rapporto di Sovraresistenza.
γ_M	Coefficiente parziale di sicurezza.

5 - AZIONI

Le azioni sull'elemento strutturale, in base alle quali sono state eseguite le verifiche di resistenza, sono riportate nella seguente tabella:

SOLLECITAZIONI

Sollecitazioni									
Cmb	SL	Tipo	N	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	M_z	T_x	T_y	Pos
			[N]	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[N]	[N]	
1	SLU	-	-1739340	1231688	0	0	0	469197	I
2	SLE	rara	-1337960	947450	0	0	0	0	-
6	SLE	permanente	-1337960	947450	0	0	0	0	-

LEGENDA:

Cmb	Combinazione.
SL	Stato Limite (SLU=Ultimo; SLE=Esercizio; ECC=Combinazione Eccezionale).

Tipo	Tipo di combinazione per lo Stato Limite di Esercizio.
N	Sforzo Normale.
M_{Ed,X}	Momento di Progetto in direzione X.
M_{Ed,Y}	Momento di Progetto in direzione Y.
M_z	Momento Torcente
T_x	Taglio in direzione X.
T_y	Taglio in direzione Y.
Pos	Posizione rispetto al dominio di resistenza (I=Interno; E=Esterno).

6 - VERIFICHE DI RESISTENZA

Si riportano di seguito le verifiche di resistenza e i domini di resistenza. Inoltre, si riporta il diagramma momento curvatura.

DIAGRAMMA MOMENTO-CURVATURA

Diagramma momento-curvatura							
N = -1739340							
Dir X+		Dir X-		Dir Y+		Dir Y-	
M _{Rd} = 2291279 $\phi_u = 0.0235$; M _y = 2159288 $\phi_y = 0.0032$		M _{Rd} = -2291279 $\phi_u = 0.0235$; M _y = -2159288 $\phi_y = 0.0032$		M _{Rd} = 2159022 $\phi_u = 0.0156$; M _y = 1610223 $\phi_y = 0.0032$		M _{Rd} = -2159022 $\phi_u = 0.0156$; M _y = -1610222 $\phi_y = 0.0032$	
M	ϕ	M	ϕ	M	ϕ	M	ϕ
[Nm]	[1/m]	[Nm]	[1/m]	[Nm]	[1/m]	[Nm]	[1/m]
2014	0.0000	-2014	0.0000	1845	0.0000	-1845	0.0000
2014	0.0000	-2014	0.0000	1021043	0.0016	-1021043	0.0016
1861444	0.0027	-1861444	0.0027	1573146	0.0031	-1573145	0.0031
2157555	0.0032	-2157554	0.0032	1573145	0.0031	-1573145	0.0031
2159071	0.0032	-2159071	0.0032	1608305	0.0032	-1608305	0.0032
2159288	0.0032	-2159288	0.0032	1610223	0.0032	-1610222	0.0032
2160283	0.0033	-2160282	0.0033	1852958	0.0047	-1852958	0.0047
2269143	0.0100	-2269143	0.0100	1852958	0.0047	-1852958	0.0047
2269140	0.0100	-2269139	0.0100	1991832	0.0063	-1991832	0.0063
2289379	0.0200	-2289379	0.0200	2048632	0.0078	-2048632	0.0078
2291279	0.0235	-2291279	0.0235	2095407	0.0094	-2095406	0.0094
2201539	0.0335	-2201540	0.0335	2129192	0.0110	-2129192	0.0110
				2140523	0.0125	-2140523	0.0125
				2150202	0.0141	-2150201	0.0141
				2159022	0.0156	-2159022	0.0156
				1887167	0.0172	-1887167	0.0172

LEGENDA:

N	Sforzo Normale di progetto.
Dir	Direzione.
ϕ	Curvatura di calcolo.
M	Momento associato a ϕ
ϕ_u	Curvatura Ultima.
M_{Rd}	Momento Ultimo.
ϕ_y	Curvatura allo Snervamento.
M_y	Momento di Snervamento.

Diagramma del Dominio di Resistenza

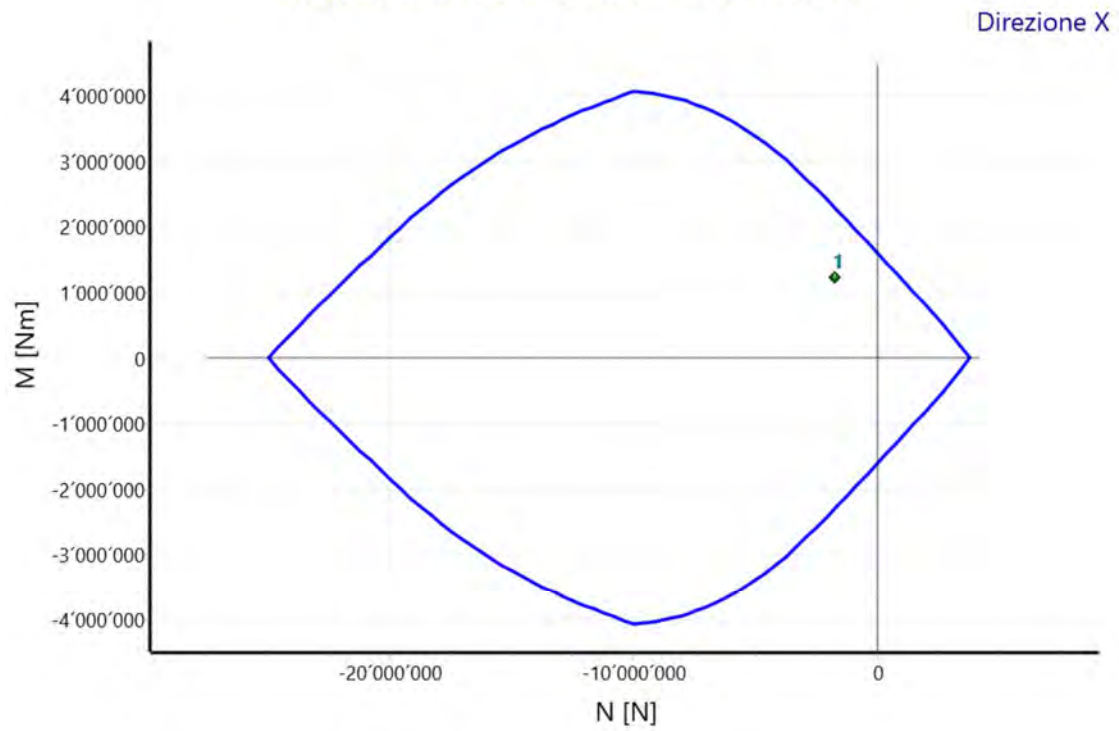
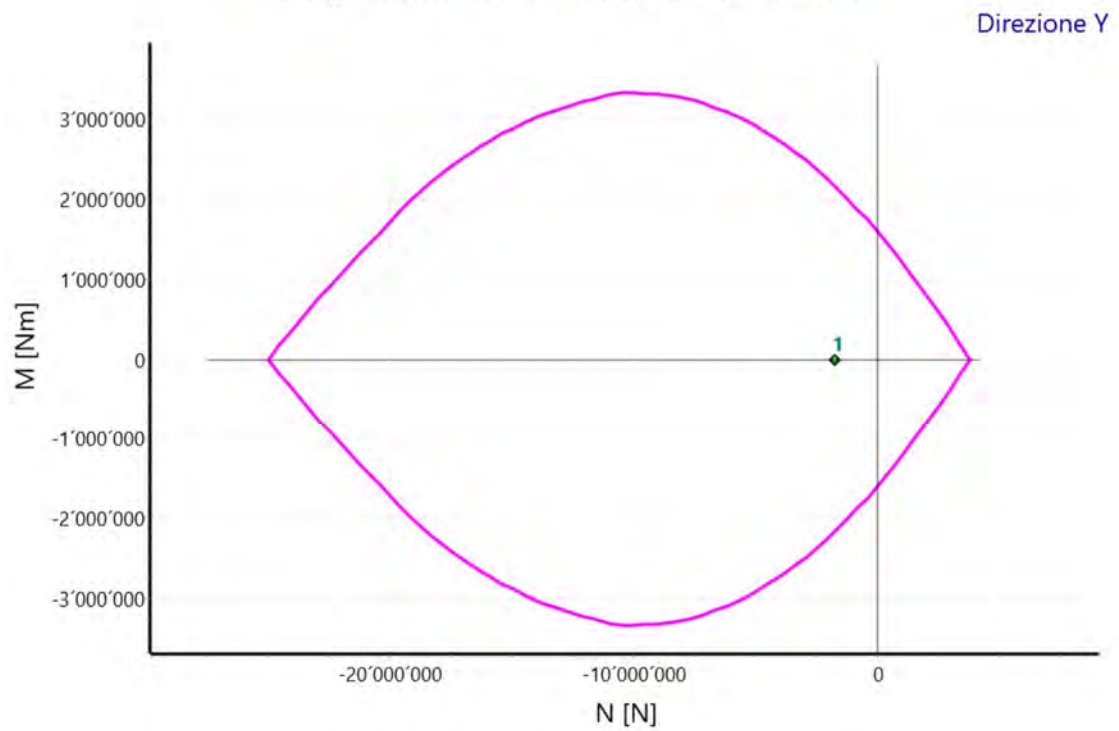


Diagramma del Dominio di Resistenza



Tutti i punti rappresentativi delle sollecitazioni agenti ricadono all'interno del dominio di resistenza della sezione.

DOMINIO DI RESISTENZA

Dominio di resistenza				
N	Dir X		Dir Y	
	M _{Rd,max}	M _{Rd,min}	M _{Rd,max}	M _{Rd,min}
[N]	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[Nm]
-24'941'468	0	0	0	0
-24'941'468	0	0	0	0
-24'525'776	170'425	-170'426	171'092	-171'092
-24'110'085	335'889	-335'890	325'358	-325'358
-23'694'394	497'482	-497'483	476'678	-476'679
-23'278'703	655'154	-655'155	625'439	-625'440
-22'863'012	811'229	-811'230	769'736	-769'737
-22'447'321	964'380	-964'380	908'915	-908'916
-22'031'630	1'115'501	-1'115'502	1'046'673	-1'046'673
-21'615'939	1'264'641	-1'264'641	1'184'597	-1'184'597
-21'200'247	1'412'662	-1'412'662	1'321'202	-1'321'203
-20'784'556	1'559'133	-1'559'134	1'456'935	-1'456'935
-20'368'865	1'704'260	-1'704'261	1'591'914	-1'591'915
-19'953'174	1'848'087	-1'848'088	1'726'264	-1'726'265
-19'537'483	1'990'840	-1'990'840	1'857'107	-1'857'107
-19'121'792	2'132'133	-2'132'133	1'981'373	-1'981'373
-18'706'101	2'267'710	-2'267'711	2'099'859	-2'099'860
-18'290'410	2'397'561	-2'397'562	2'211'988	-2'211'988
-17'874'718	2'522'576	-2'522'577	2'317'636	-2'317'637
-17'459'027	2'640'850	-2'640'850	2'413'746	-2'413'746
-17'043'336	2'755'086	-2'755'086	2'504'417	-2'504'418
-16'627'645	2'863'976	-2'863'977	2'589'763	-2'589'763
-16'211'954	2'967'884	-2'967'884	2'669'778	-2'669'778
-15'796'263	3'066'909	-3'066'910	2'744'745	-2'744'745
-15'380'572	3'161'883	-3'161'883	2'814'760	-2'814'760
-14'964'881	3'252'162	-3'252'162	2'880'033	-2'880'033
-14'549'189	3'338'432	-3'338'432	2'940'524	-2'940'524
-14'133'498	3'420'570	-3'420'570	2'996'929	-2'996'929
-13'717'807	3'499'339	-3'499'339	3'048'825	-3'048'825
-13'302'116	3'574'224	-3'574'224	3'096'603	-3'096'603
-12'886'425	3'645'797	-3'645'797	3'140'864	-3'140'864
-12'470'734	3'714'305	-3'714'305	3'181'361	-3'181'361
-12'055'043	3'780'011	-3'780'011	3'218'389	-3'218'390
-11'639'352	3'842'923	-3'842'923	3'252'196	-3'252'196
-11'223'660	3'903'432	-3'903'432	3'283'074	-3'283'074
-10'807'969	3'961'904	-3'961'904	3'311'133	-3'311'133
-10'392'278	4'018'442	-4'018'442	3'323'480	-3'323'480
-9'976'587	4'067'238	-4'067'238	3'324'976	-3'324'976
-9'560'896	4'056'585	-4'056'585	3'320'266	-3'320'266
-9'145'205	4'037'560	-4'037'560	3'312'447	-3'312'447
-8'729'514	4'010'023	-4'010'023	3'301'655	-3'301'655
-8'313'823	3'974'263	-3'974'263	3'288'149	-3'288'149
-7'898'131	3'929'900	-3'929'900	3'264'791	-3'264'791
-7'482'440	3'877'349	-3'877'349	3'226'608	-3'226'608
-7'066'749	3'816'357	-3'816'357	3'184'869	-3'184'868
-6'651'058	3'746'905	-3'746'905	3'139'840	-3'139'840
-6'235'367	3'669'192	-3'669'192	3'091'669	-3'091'669
-5'819'676	3'582'919	-3'582'919	3'040'843	-3'040'843
-5'403'985	3'488'479	-3'488'479	2'985'815	-2'985'815

-4'988'294	3'385'348	-3'385'348	2'910'772	-2'910'771
-4'572'602	3'274'003	-3'274'003	2'831'745	-2'831'744
-4'156'911	3'154'326	-3'154'326	2'749'298	-2'749'297
-3'741'220	3'024'453	-3'024'453	2'663'559	-2'663'559
-3'325'529	2'880'053	-2'880'053	2'575'134	-2'575'133
-2'909'838	2'731'003	-2'731'003	2'484'396	-2'484'395
-2'494'147	2'577'990	-2'577'990	2'374'052	-2'374'052
-2'078'456	2'421'286	-2'421'286	2'257'218	-2'257'218
-1'662'765	2'261'851	-2'261'851	2'135'830	-2'135'829
-1'247'073	2'099'966	-2'099'966	2'007'719	-2'007'719
-831'382	1'936'091	-1'936'090	1'876'837	-1'876'837
-415'691	1'770'724	-1'770'724	1'744'001	-1'744'001
0	1'604'210	-1'604'209	1'598'161	-1'598'160
0	1'604'210	-1'604'209	1'598'161	-1'598'160
377'647	1'452'348	-1'452'347	1'454'940	-1'454'939
755'294	1'300'072	-1'300'071	1'307'664	-1'307'664
1'132'940	1'147'444	-1'147'444	1'157'008	-1'157'008
1'510'587	994'808	-994'807	1'003'734	-1'003'734
1'888'234	841'881	-841'880	848'705	-848'704
2'265'881	689'242	-689'241	692'639	-692'638
2'643'527	535'236	-535'235	535'230	-535'229
3'021'174	363'800	-363'799	363'679	-363'679
3'398'821	185'267	-185'266	185'266	-185'265
3'776'468	0	0	0	0
3'776'468	0	0	0	0

LEGENDA:

Dir	Direzione.
N	Sforzo Normale di progetto.
M_{Rd,max}	Momento Resistente Massimo in funzione dello Sforzo Normale per direzione X(Y).
M_{Rd,min}	Momento Resistente Minimo in funzione dello Sforzo Normale per direzione X(Y).

VERIFICHE: PRESSOFLESSIONE RETTA ALLO SLU

Pressoflessione Retta allo Stato Limite Ultimo													
Cmb	N _{Ed}	M _{Ed,x}	M _{Ed,y}	Dir X					Dir Y				
				M _{Rd,x}	CS	x _c	x _c /h	TP _f	M _{Rd,y}	CS	x _c	x _c /h	TP _f
	[N]	[Nm]	[Nm]	[Nm]		[m]			[Nm]		[m]		
1	-1739340	1231688	0	2291279	1.86	0.149	0.17	CLS	0	14.34	0.005	0.05	-

LEGENDA:

Cmb	Combinazione.
N_{Ed}, M_{Ed,x}, M_{Ed,y}	Sollecitazioni di progetto.
Dir XY	Direzione.
M_{Rd,x}, M_{Rd,y}	Momento resistente in direzione X(Y).
CS	Coefficiente di sicurezza([NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta).
x_c	Distanza dell'asse neutro dal lembo compresso della sezione.
x_c/h	Indice di duttilità.
TP_f	Tipologia di rottura: CLS = "lato calcestruzzo"; AC-C = "lato armatura metallica a compressione"; AC-T = "lato armatura metallica a trazione"; P-DL1 = "delaminazione di estremità del rinforzo FRP"; P-DL2 = "delaminazione intermedia del rinforzo FRP"; P-UL = "deformazione ultima FRP".

VERIFICHE: PRESSOFLESSIONE RETTA ALLO SLE

Verifica delle Tensioni allo Stato Limite di Esercizio												
Cmb	N _{Ed}	M _{Ed,x}	M _{Ed,y}	Tipo	Dir X				Dir Y			
					M ₀	σ _{cc}	σ _{st}	CS	M ₀	σ _{cc}	σ _{st}	CS
	[N]	[Nm]	[Nm]		[Nm]	[N/mm²]	[N/mm²]		[Nm]	[N/mm²]	[N/mm²]	
2	-1337960	947450	0	rara	854'010	-10.17	111.02	2.20	0	-1.26	0.00	17.73
6	-1337960	947450	0	permanente	854'010	-10.17	111.02	1.65	0	-1.26	0.00	13.30

LEGENDA:

Cmb	Combinazione.
N_{Ed}, M_{Ed,x}, M_{Ed,y}	Sollecitazioni di progetto.
Tipo	Tipo di combinazione per lo Stato Limite di Esercizio.
Dir X/Dir Y	Direzione.
M₀	Momento di prima fessurazione.
σ_{cc}	Tensione di compressione nel calcestruzzo.
σ_{st}	Tensione di trazione nell'acciaio.
CS	Coefficiente di sicurezza([NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta).

VERIFICA A TAGLIO

Verifiche a Taglio											
Cmb	N _{Ed}	CS	d	s	Dir	V _{Ed}	V _{Rcd}	V _{Rsd,s}	Ctg ⊙	A _{sw,p}	n
	[N]		[mm]	[cm]		[N]	[N]	[N]		[mm²]	
1	-1739340	3.04	24	20	x-x	0	0	1427505	1.000	0.00	2
					y-y	469197	4658215	1427505	1.000	0.00	2

LEGENDA:

Cmb	Combinazione.
N_{Ed}	Sforzo Normale di progetto.
CS	Coefficiente di sicurezza([NS]= non significativo per valori >100; [VNR]= verifica non richiesta).
d	Diametro delle staffe.
s	Passo delle staffe.
Dir	Direzione.
V_{Ed}	Taglio di progetto.
V_{Rcd}	Resistenza a taglio compressione del calcestruzzo.
V_{Rsd,s}	Resistenza a taglio trazione delle staffe.
Ctg ⊙	Cotangente dell'angolo ⊙utilizzata nella verifica.
A_{sw,p}	Area dei ferri piegati.
n	Numero di bracci delle staffe.

Esito della verifica: la verifica di resistenza richiesta risulta globalmente **Soddisfatta**.

7 - CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO

Nome del Software	Calcolus-SEZIONE
Versione	6.00a
Caratteristiche del Software	Software per la verifica di resistenza delle sezioni con la schematizzazione a fibre per Windows
Numero di serie	21202522
Intestatario Licenza	Areaquattro Srl
Produzione e Distribuzione	ACCA software S.p.A. Contrada Rosole, 13 83043 Bagnoli Irpino (AV) Tel. 0827/69504 r.a. - Fax 0827/601235 e-mail: info@acca.it - Internet: www.acca.it

Comune di Fornovo di Taro, 01/03/2022

Il *Tecnico*

...

Allegato 5

Verifiche allo Stato Limite di Esercizio – apertura fessure

Allegato 6

Dimensionamento statico rilevato in terra rinforzata

MacStARS W – Rel. 4.0

Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls
Officine Maccaferri S.p.A. - Via Kennedy 10 - 40069 Zola Predosa (Bologna)
Tel. 051.6436000 - Fax 051.236507

Proposta___:

Sezione____:

Località_____:

Pratica_____: 10954

File_____: sezioneF_statica_rev03

Data_____: 25/11/2021

Verifiche condotte in accordo alla normativa : NTC 2018
_Verifiche di sicurezza (SLU)

SOMMARIO

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI	2
PROFILI STRATIGRAFICI	3
BLOCCHI RINFORZATI	3
Blocco : TMV1	3
Blocco : TMV2	4
Blocco : TMV3	4
Blocco : TMV4	4
Blocco : TMV5	5
CARICHI	5
PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI	5
VERIFICHE	7
Verifica di stabilità globale :	7
Verifica di stabilità interna :	8
Verifica di stabilità interna :	10
Verifica di stabilità interna :	12
Verifica come muro di sostegno :	14

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Terreno : AE Descrizione : Argine esistente
Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....[kN/m²].....: 50.00
Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....[°].....: 21.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00
Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 20.00
Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 20.00

Modulo elastico.....[kN/m²].....: 20000.00
Coefficiente di Poisson.....: 0.25

Terreno : AP Descrizione : Argille Palombini
Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....[kN/m²].....: 18.00
Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....[°].....: 21.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00
Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 20.00
Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 20.00

Modulo elastico.....[kN/m²].....: 20000.00
Coefficiente di Poisson.....: 0.25

Terreno : GH Descrizione : Ghiaia
Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....[kN/m²].....: 0.00
Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....[°].....: 35.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00
Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 19.00
Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 19.00

Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00
Coefficiente di Poisson.....: 0.30

Terreno : SUB Descrizione : Substrato argille Palombini
Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....[kN/m²].....: 27.00
Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....[°].....: 21.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00
Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 20.00
Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 20.00

Modulo elastico.....[kN/m²].....: 50000.00
Coefficiente di Poisson.....: 0.25

PROFILI STRATIGRAFICI
Strato: AE

Descrizione:

Terreno : AE

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
55.78	9.81	59.20	15.73	60.70	15.73	65.00	18.49

Strato: AP

Descrizione:

Terreno : AP

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
37.78	8.61	57.30	28.03	65.00	28.03		

Strato: GH

Descrizione:

Terreno : GH

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
37.80	7.71	52.67	7.71				

Strato: SUB

Descrizione:

Terreno : SUB

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	3.48	0.52	9.86	2.80	12.28	4.02
27.79	8.67	31.25	9.31	33.20	9.25	34.04	9.51
37.53	9.89	37.78	8.61	37.80	7.71	37.82	6.91
49.91	5.85	52.67	7.71	55.78	9.81	65.00	9.19

BLOCCHI RINFORZATI
Blocco : TMV1

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 16.00 Altezza.....= 4.64
 Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 36.90 Ordinata.....= 7.73
 Inclinazione paramento.....[°].....: 45.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
 Rilevato strutturale.....: AP
 Terreno di riempimento a tergo.....: AP
 Terreno di copertura.....: AP
 Terreno di fondazione.....: SUB

Parametri per il calcolo della capacità portante com Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00
 Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 45° - 8/2.7P - 0.58

Lunghezza.....[m].....= 3.00
 Interasse.....[m].....= 0.58
 Risvolto.....[m].....= 0.65

Linear Composites - ParaDrain - 150

Lunghezza.....[m].....= 16.00
 Interasse verticale.....[m].....= 0.58
 Offset.....[m].....= 0.00

Blocco : TMV2

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 14.00 Altezza..... = 4.64
Arretramento.....[m]..... = 0.00 da TMV1
Inclinazione paramento.....[°].....: 45.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
Rilevato strutturale.....: AP
Terreno di riempimento a tergo.....: AP
Terreno di copertura.....: AP
Terreno di fondazione.....: AP

Parametri per il calcolo della capacità portante com Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 45° - 8/2.7P - 0.58

Lunghezza.....[m]..... = 3.00
Interasse.....[m]..... = 0.58
Risolto.....[m]..... = 0.65

Linear Composites - ParaDrain - 150

Lunghezza.....[m]..... = 14.00
Interasse verticale.....[m]..... = 1.16
Offset.....[m]..... = 0.00

Blocco : TMV3

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 14.00 Altezza..... = 4.64
Arretramento.....[m]..... = 0.00 da TMV2
Inclinazione paramento.....[°].....: 45.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
Rilevato strutturale.....: AP
Terreno di riempimento a tergo.....: AP
Terreno di copertura.....: AP
Terreno di fondazione.....: AP

Parametri per il calcolo della capacità portante com Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 45° - 8/2.7P - 0.58

Lunghezza.....[m]..... = 3.00
Interasse.....[m]..... = 0.58
Risolto.....[m]..... = 0.65

Linear Composites - ParaDrain - 80

Lunghezza.....[m]..... = 14.00
Interasse verticale.....[m]..... = 1.16
Offset.....[m]..... = 0.00

Blocco : TMV4

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 11.00 Altezza..... = 2.90
Arretramento.....[m]..... = 0.00 da TMV3
Inclinazione paramento.....[°].....: 45.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
Rilevato strutturale.....: AP

Terreno di riempimento a tergo..... : AP
Terreno di copertura..... : AP
Terreno di fondazione..... : AP

Parametri per il calcolo della capacità portante com Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 45° - 8/2.7P - 0.58

Lunghezza.....[m] = 3.00
Interasse.....[m] = 0.58
Risolto.....[m] = 0.65

Linear Composites - ParaDrain - 80

Lunghezza.....[m] = 11.00
Interasse verticale.....[m] = 1.16
Offset.....[m] = 0.00

Blocco : TMV5

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 7.50 Altezza..... = 3.48
Arretramento.....[m] = 0.00 da TMV4
Inclinazione paramento.....[°] : 45.00

Rilevato strutturale - materiale tipo..... : Argilla
Rilevato strutturale..... : AP
Terreno di riempimento a tergo..... : AP
Terreno di copertura..... : AP
Terreno di fondazione..... : AP

Parametri per il calcolo della capacità portante com Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 45° - 8/2.7P - 0.58

Lunghezza.....[m] = 3.00
Interasse.....[m] = 0.58
Risolto.....[m] = 0.65

Linear Composites - ParaDrain - 80

Lunghezza.....[m] = 7.50
Interasse verticale.....[m] = 1.16
Offset.....[m] = 0.58

CARICHI**Pressione : CS**

Descrizione : Passaggio automezzi

Classe : Variabile - sfavorevole

Intensità.....[kN/m²] = 20.00 Inclinazione.....[°] = 0.00

Ascissa.....[m] : Da = 58.20 To = 63.20

PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI**Linear Composites - ParaDrain - 150**

Carico di rottura Nominale Tr.....[kN/m] : 150.00
Rapporto di Scorrimento plastico..... : 0.00

Coefficiente di Scorrimento elastico.....	[m ³ /kN]	1.10e-04
Rigidezza estensionale.....	[kN/m]	1667.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....	[m]	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....		1.52
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....		1.51
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....		1.51
Coefficiente di sicurezza al Pull-out		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....		1.51
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo.....		0.21
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....		0.60
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....		0.50

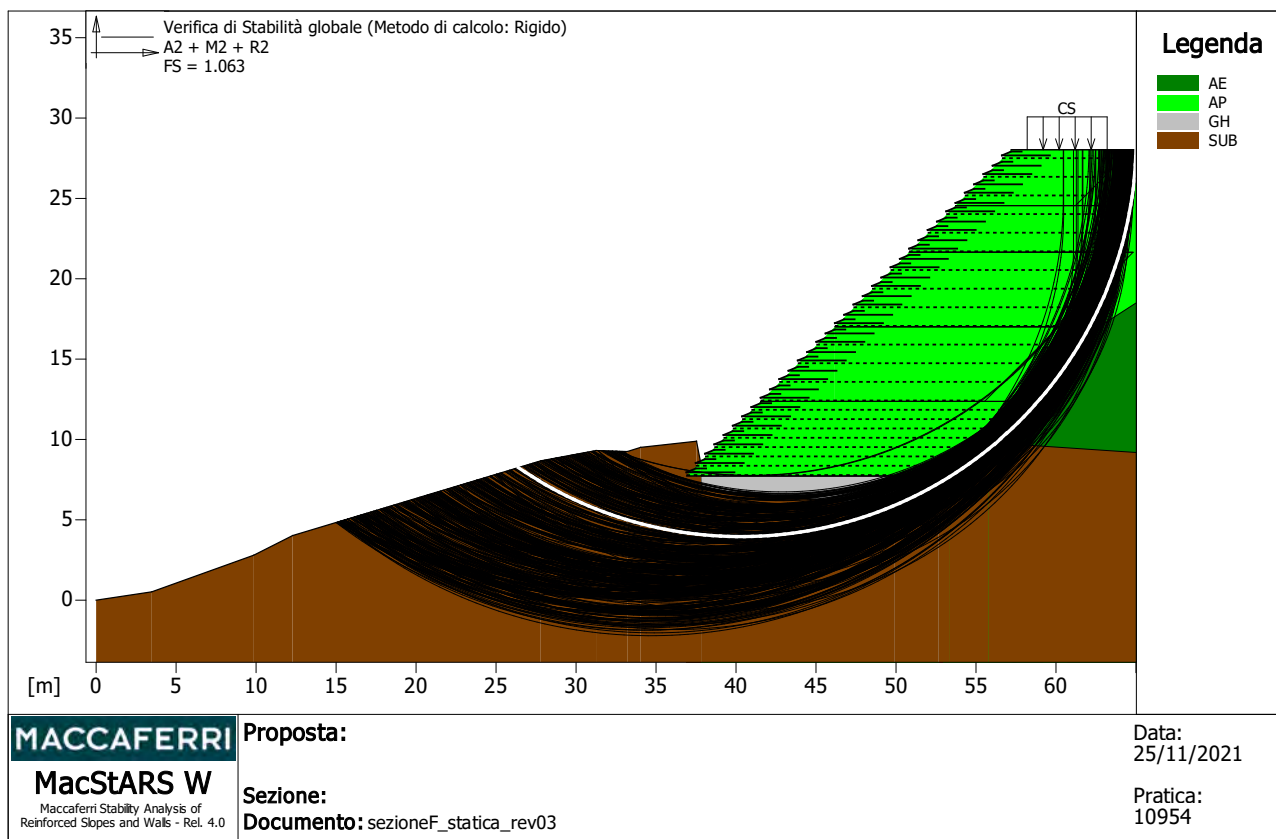
Linear Composites - ParaDrain - 80

Carico di rottura Nominale Tr	[kN/m]	80.00
Rapporto di Scorrimento plastico.....		0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....	[m ³ /kN]	1.10e-04
Rigidezza estensionale.....	[kN/m]	889.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....	[m]	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....		1.54
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....		1.52
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....		1.52
Coefficiente di sicurezza al Pull-out		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....		1.52
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo.....		0.16
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....		0.60
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....		0.50

Maccaferri - Green Terramesh - 45° - 8/2.7P - 0.58

Carico di rottura Nominale Tr	[kN/m]	50.00
Rapporto di Scorrimento plastico.....		2.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....	[m ³ /kN]	1.10e-04
Rigidezza estensionale.....	[kN/m]	500.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....	[m]	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....		1.26
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo.....		0.30
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....		0.65
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....		0.50
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....		0.30

VERIFICHE



Verifica di stabilità globale :

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

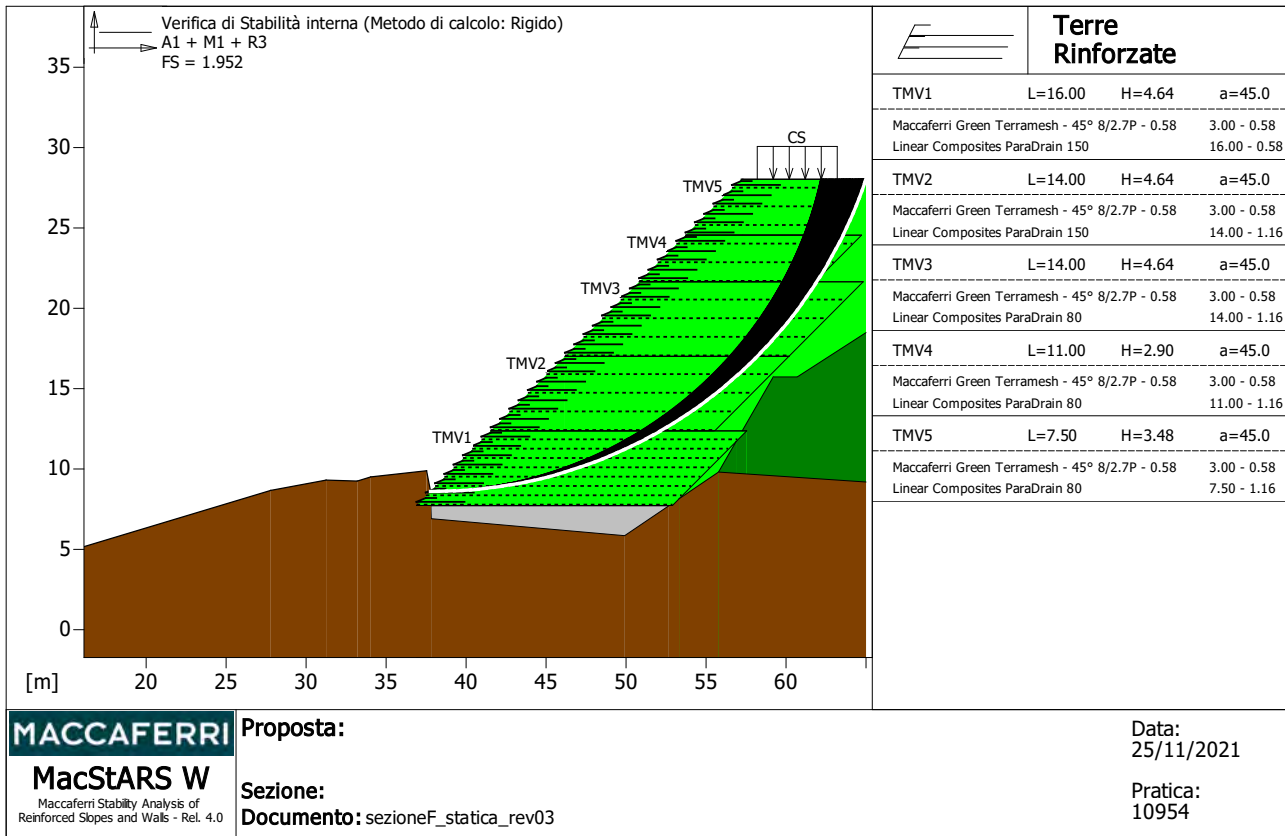
Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato : 1.063

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
15.00	33.00	58.00	65.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		200	
Numero totale superfici di prova.....:		2000	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		0.50	
Angolo limite orario..... [°].....:		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:		0.00	

Fattore	Classe
1.30	Variabile - sfavorevole
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	Coeff. Parziale R - Stabilità



Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato : 1.952

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco
TMV1

Segmento di arrivo, ascisse [m]
Primo punto 45.00
Secondo punto 65.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza : 1
Numero totale superfici di prova : 2000
Lunghezza segmenti delle superfici [m] : 0.50
Angolo limite orario [°] : 1.00
Angolo limite antiorario [°] : 0.00

Blocco : TMV1
Linear Composites - ParaDrain - 150

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
1.160	150.0	61.9	61.9	2.42	1.00
1.740	150.0	155.8	99.3	1.51	1.57
2.320	150.0	232.1	99.3	1.51	2.34
2.900	150.0	296.4	99.3	1.51	2.98
3.480	150.0	350.6	99.3	1.51	3.53
4.060	150.0	396.3	99.3	1.51	3.99

Blocco : TMV2
Linear Composites - ParaDrain - 150

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	150.0	319.3	99.3	1.51	3.22
1.160	150.0	260.8	99.3	1.51	2.63
2.320	150.0	221.5	99.3	1.51	2.23
3.480	150.0	199.4	99.3	1.51	2.01

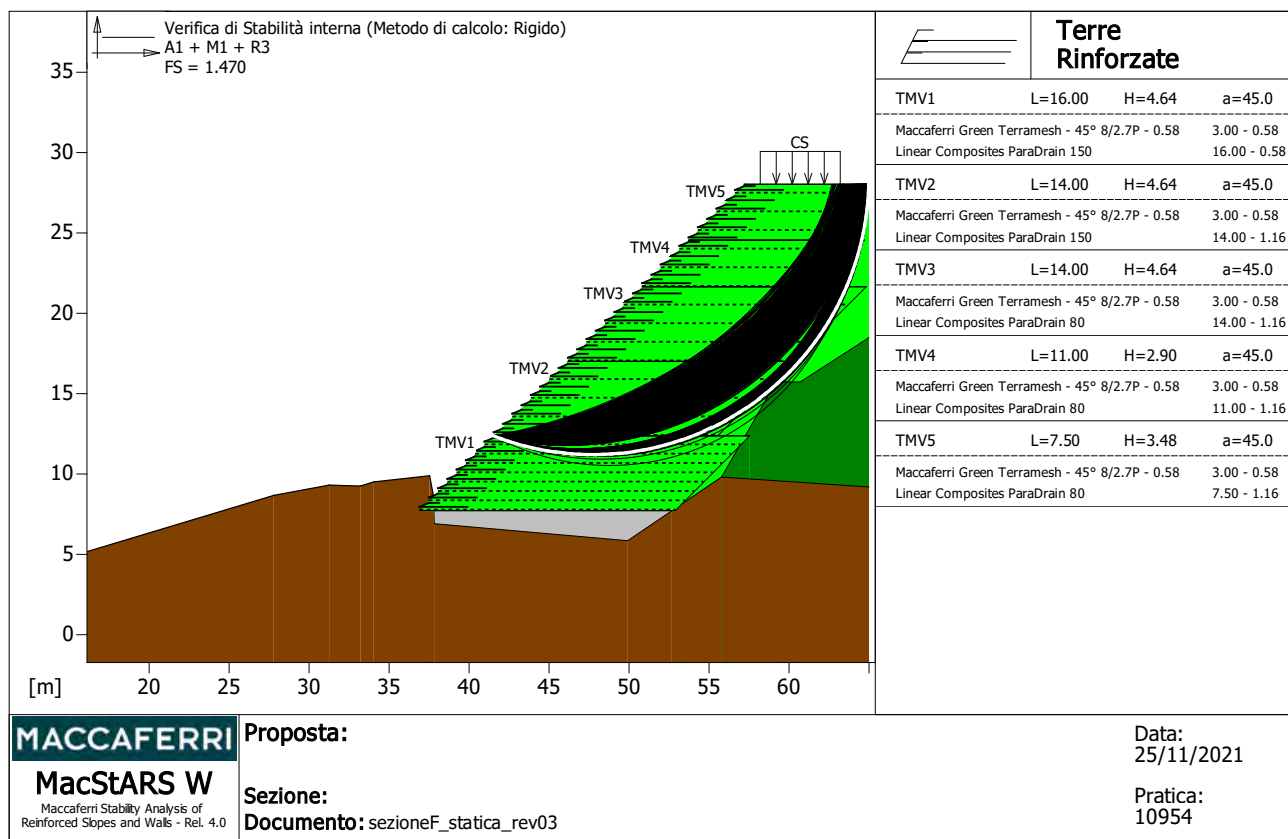
Blocco : TMV3
Linear Composites - ParaDrain - 80

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	80.0	189.6	52.6	1.52	3.60
1.160	80.0	178.2	52.6	1.52	3.39
2.320	80.0	174.5	52.6	1.52	3.32
3.480	80.0	169.0	52.6	1.52	3.21

Blocco : TMV4
Linear Composites - ParaDrain - 80

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
1.160	80.0	17.2	17.2	4.65	1.00
2.320	80.0	26.8	26.8	2.99	1.00

Fattore	Classe
1.50	Variabile - sfavorevole
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. Parziale R - Stabilità



Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato : 1.470

Intervallo di ricerca delle superfici
Segmento di arrivo, ascisse [m]
Blocco TMV2 Primo punto 50.00 Secondo punto 65.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza : 1
Numero totale superfici di prova : 2000
Lunghezza segmenti delle superfici [m] : 0.50
Angolo limite orario [°] : 0.00
Angolo limite antiorario [°] : 0.00

Blocco : TMV1
Linear Composites - ParaDrain - 150

Y	Tb rottura	Tp sfilamento	Td agente	Tb/Td 1/Fmax	Tp/Td
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
4.060	150.0	485.2	99.3	1.51	4.89

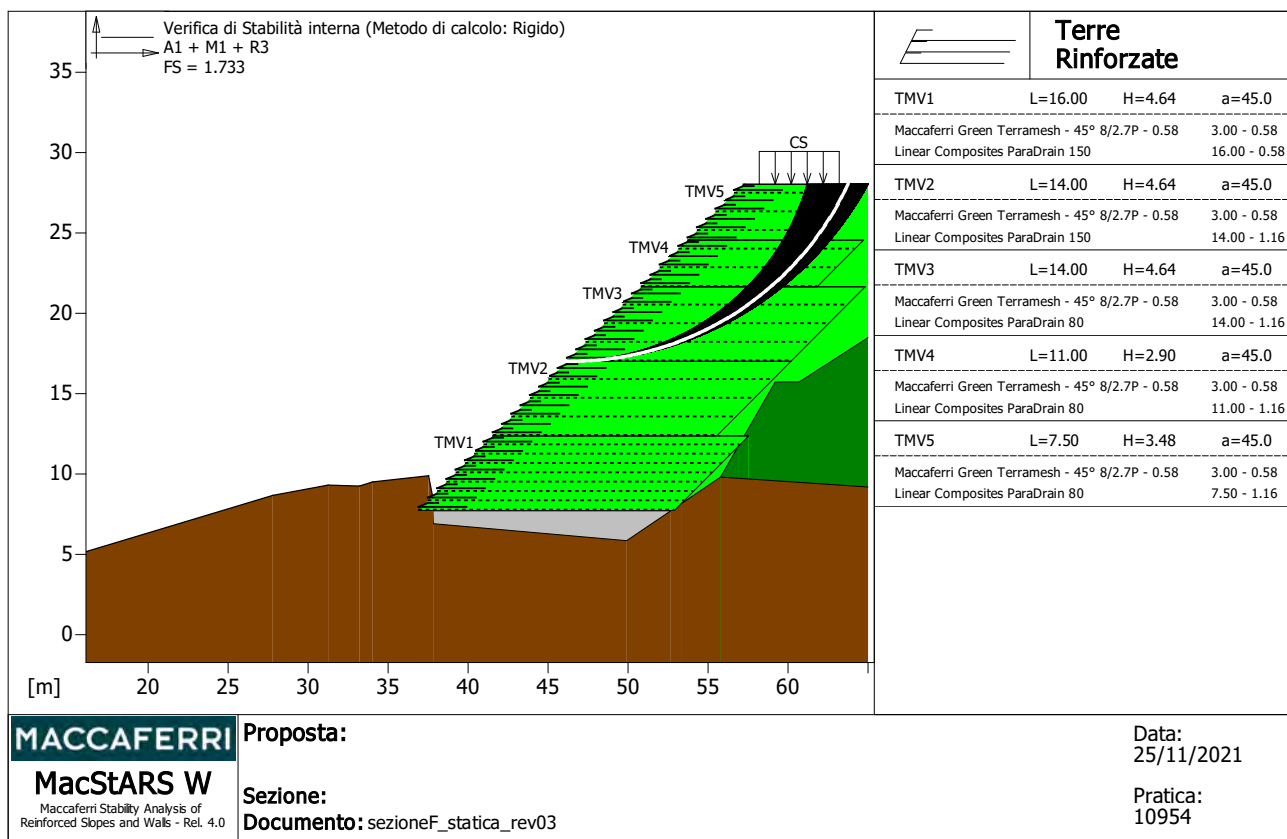
Blocco : TMV2
Linear Composites - ParaDrain - 150

Y	Tb rottura	Tp sfilamento	Td agente	Tb/Td 1/Fmax	Tp/Td
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	150.0	159.8	99.3	1.51	1.61
1.160	150.0	33.2	33.2	4.52	1.00

Blocco : TMV3
Linear Composites - ParaDrain - 80

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
3.480	80.0	37.6	37.6	2.13	1.00

Fattore	Classe
1.50	Variabile - sfavorevole
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. Parziale R - Stabilità



Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato : 1.733

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
TMV3	Primo punto	Secondo punto
	56.00	65.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....: 1
 Numero totale superfici di prova.....: 2000
 Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....: 0.50
 Angolo limite orario..... [°].....: 1.00
 Angolo limite antiorario..... [°].....: 0.00

Blocco : TMV3
 Linear Composites - ParaDrain - 80

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
1.160	80.0	119.5	52.6	1.52	2.27
2.320	80.0	188.1	52.6	1.52	3.58
3.480	80.0	228.4	52.6	1.52	4.34

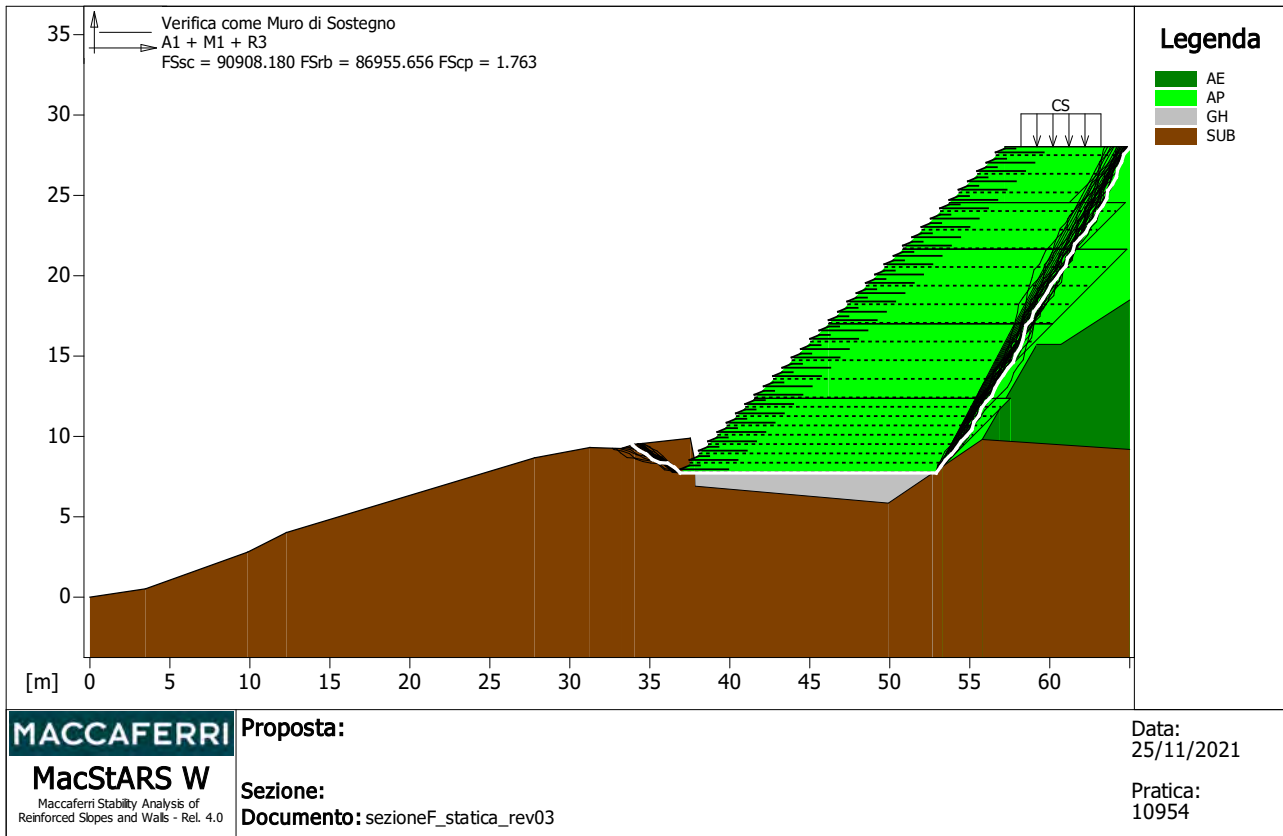
Blocco : TMV4
Linear Composites - ParaDrain - 80

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
0.000	80.0	175.9	52.6	1.52	3.34
1.160	80.0	146.3	52.6	1.52	2.78
2.320	80.0	115.6	52.6	1.52	2.20

Blocco : TMV5
Linear Composites - ParaDrain - 80

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
2.900	80.0	2.9	2.9	27.59	1.00

Fattore	Classe
1.50	Variabile - sfavorevole
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. Parziale R - Stabilità



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Stabilità verificata sul blocco : TMV1

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 2488.00

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....:-2064.00

Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....:90908.180

Momento Stabilizzante.....[kN*m/m].....:90312.00

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m].....:-23995.00

Classe momento.....: Coeff. parziale R - Ribaltamento

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....:86955.656

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m²].....: 936.15

Pressione media agente.....[kN/m²].....: 379.20

Classe pressione.....: Coeff. parziale R - Capacità portante

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 1.763

Fondazione equivalente.....[m].....: 16.00

Eccentricità forza normale.....[m].....: -12.03

Braccio momento.....[m].....: 11.63

Forza normale.....[kN].....: 5705.30

Pressione estremo di valle.....[kN/m²].....:-7032.97

Pressione estremo di monte.....[kN/m²].....: 5619.02

Fattore	Classe
1.50	Variabile - sfavorevole
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi

1.10	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.40	Coeff. parziale R - Capacità portante
1.15	Coeff. parziale R - Ribaltamento

Officine Maccaferri non è responsabile dei disegni e dei calcoli trasmessi al Cliente sulla base dei dati forniti dal medesimo, né è responsabile del progetto e delle verifiche sui luoghi che dovessero successivamente realizzarsi senza specifico incarico.

Il presente elaborato è stato realizzato sulla base dei prodotti di Officine Maccaferri ai soli fini dell'elaborazione dell'offerta. Pertanto Officine Maccaferri non è responsabile in caso di un uso dell'elaborato con prodotti diversi da quelli di Officine Maccaferri o, comunque, non controllato da parte di Officine Maccaferri stessa.

Allegato 7

Dimensionamento sismico rilevato in terra rinforzata

MacStARS W – Rel. 4.0

Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls
Officine Maccaferri S.p.A. - Via Kennedy 10 - 40069 Zola Predosa (Bologna)
Tel. 051.6436000 - Fax 051.236507

Proposta___:

Sezione____:

Località____:

Pratica____: 10954

File_____: sezioneF_sismica_rev03

Data_____: 25/11/2021

Verifiche condotte in accordo alla normativa : NTC 2018
_Verifiche di sicurezza (SLU)

SOMMARIO

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI	2
PROFILI STRATIGRAFICI	3
BLOCCHI RINFORZATI	3
Blocco : TMV1	3
Blocco : TMV2	4
Blocco : TMV3	4
Blocco : TMV4	4
Blocco : TMV5	5
CARICHI	5
PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI	6
VERIFICHE	8
Verifica di stabilità globale :	8
Verifica di stabilità interna :	10
Verifica di stabilità interna :	12
Verifica di stabilità interna :	14
Verifica come muro di sostegno :	16

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Terreno : AE Descrizione : Argine esistente
Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....[kN/m²].....: 50.00
Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....[°].....: 21.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00
Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 20.00
Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 20.00

Modulo elastico.....[kN/m²].....: 20000.00
Coefficiente di Poisson.....: 0.25

Terreno : AP Descrizione : Argille Palombini
Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....[kN/m²].....: 18.00
Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....[°].....: 21.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00
Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 20.00
Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 20.00

Modulo elastico.....[kN/m²].....: 20000.00
Coefficiente di Poisson.....: 0.25

Terreno : GH Descrizione : Ghiaia
Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....[kN/m²].....: 0.00
Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....[°].....: 35.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00
Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 19.00
Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 19.00

Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00
Coefficiente di Poisson.....: 0.30

Terreno : SUB Descrizione : Substrato argille Palombini
Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....[kN/m²].....: 27.00
Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....[°].....: 21.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00
Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 20.00
Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 20.00

Modulo elastico.....[kN/m²].....: 50000.00
Coefficiente di Poisson.....: 0.25

PROFILI STRATIGRAFICI
Strato: AE

Descrizione:

Terreno : AE

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
55.78	9.81	59.20	15.73	60.70	15.73	65.00	18.49

Strato: AP

Descrizione:

Terreno : AP

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
37.78	8.61	57.30	28.03	65.00	28.03		

Strato: GH

Descrizione:

Terreno : GH

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
37.80	7.71	52.67	7.71				

Strato: SUB

Descrizione:

Terreno : SUB

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	3.48	0.52	9.86	2.80	12.28	4.02
27.79	8.67	31.25	9.31	33.20	9.25	34.04	9.51
37.53	9.89	37.78	8.61	37.80	7.71	37.82	6.91
49.91	5.85	52.67	7.71	55.78	9.81	65.00	9.19

BLOCCHI RINFORZATI
Blocco : TMV1

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 16.00 Altezza.....= 4.64
 Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 36.90 Ordinata.....= 7.73
 Inclinazione paramento.....[°].....: 45.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
 Rilevato strutturale.....: AP
 Terreno di riempimento a tergo.....: AP
 Terreno di copertura.....: AP
 Terreno di fondazione.....: SUB

Parametri per il calcolo della capacità portante com Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00
 Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 45° - 8/2.7P - 0.58

Lunghezza.....[m].....= 3.00
 Interasse.....[m].....= 0.58
 Risvolto.....[m].....= 0.65

Linear Composites - ParaDrain - 150_Seismic

Lunghezza.....[m].....= 16.00
 Interasse verticale.....[m].....= 0.58
 Offset.....[m].....= 0.00

Blocco : TMV2

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 14.00 Altezza.....= 4.64
Arretramento.....[m].....= 0.00 da TMV1
Inclinazione paramento.....[°].....: 45.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
Rilevato strutturale.....: AP
Terreno di riempimento a tergo.....: AP
Terreno di copertura.....: AP
Terreno di fondazione.....: AP

Parametri per il calcolo della capacità portante com Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 45° - 8/2.7P - 0.58

Lunghezza.....[m].....= 3.00
Interasse.....[m].....= 0.58
Risolto.....[m].....= 0.65

Linear Composites - ParaDrain - 150_Seismic

Lunghezza.....[m].....= 14.00
Interasse verticale.....[m].....= 1.16
Offset.....[m].....= 0.00

Blocco : TMV3

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 14.00 Altezza.....= 4.64
Arretramento.....[m].....= 0.00 da TMV2
Inclinazione paramento.....[°].....: 45.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
Rilevato strutturale.....: AP
Terreno di riempimento a tergo.....: AP
Terreno di copertura.....: AP
Terreno di fondazione.....: AP

Parametri per il calcolo della capacità portante com Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 45° - 8/2.7P - 0.58

Lunghezza.....[m].....= 3.00
Interasse.....[m].....= 0.58
Risolto.....[m].....= 0.65

Linear Composites - ParaDrain - 80_Seismic

Lunghezza.....[m].....= 14.00
Interasse verticale.....[m].....= 1.16
Offset.....[m].....= 0.00

Blocco : TMV4

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 11.00 Altezza.....= 2.90
Arretramento.....[m].....= 0.00 da TMV3
Inclinazione paramento.....[°].....: 45.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla
Rilevato strutturale.....: AP

Terreno di riempimento a tergo..... : AP
Terreno di copertura..... : AP
Terreno di fondazione..... : AP

Parametri per il calcolo della capacità portante com Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 45° - 8/2.7P - 0.58

Lunghezza.....[m] = 3.00
Interasse.....[m] = 0.58
Risolto.....[m] = 0.65

Linear Composites - ParaDrain - 80_Seismic

Lunghezza.....[m] = 11.00
Interasse verticale.....[m] = 1.16
Offset.....[m] = 0.00

Blocco : TMV5

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 7.50 Altezza..... = 3.48
Arretramento.....[m] = 0.00 da TMV4
Inclinazione paramento.....[°] : 45.00

Rilevato strutturale - materiale tipo..... : Argilla
Rilevato strutturale..... : AP
Terreno di riempimento a tergo..... : AP
Terreno di copertura..... : AP
Terreno di fondazione..... : AP

Parametri per il calcolo della capacità portante com Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 45° - 8/2.7P - 0.58

Lunghezza.....[m] = 3.00
Interasse.....[m] = 0.58
Risolto.....[m] = 0.65

Linear Composites - ParaDrain - 80_Seismic

Lunghezza.....[m] = 7.50
Interasse verticale.....[m] = 1.16
Offset.....[m] = 0.58

CARICHI**Pressione : CS**

Descrizione : Passaggio automezzi

Classe : Variabile - sfavorevole

Intensità.....[kN/m²] = 4.00 Inclinazione.....[°] = 0.00
Ascissa.....[m] : Da = 58.20 To = 63.20

Sisma :

Classe : Sisma

Accelerazione.....[m/s²] : Orizzontale..... = 1.17 Verticale..... = 0.58

PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI
Linear Composites - ParaDrain - 150_Seismic

Carico di rottura Nominale Tr	[kN/m]	150.00
Rapporto di Scorrimento plastico		0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico	[m ³ /kN]	1.10e-04
Rigidezza estensionale	[kN/m]	1667.00
Lunghezza minima di ancoraggio	[m]	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia)		1.10
Coefficiente di sicurezza al Pull-out		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia)		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo)		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla)		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out		1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo		0.21
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo		0.60
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla		0.50

Linear Composites - ParaDrain - 80_Seismic

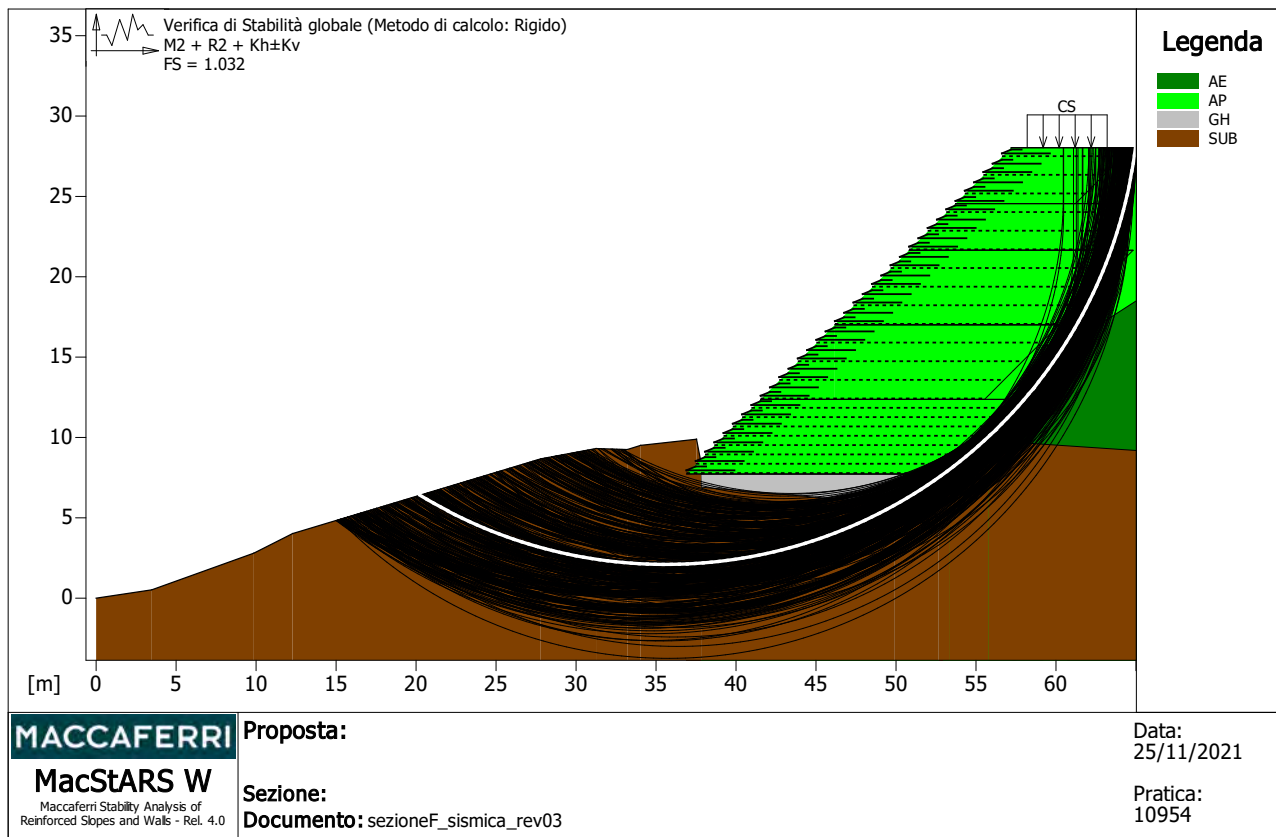
Carico di rottura Nominale Tr	[kN/m]	80.00
Rapporto di Scorrimento plastico		0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico	[m ³ /kN]	1.10e-04
Rigidezza estensionale	[kN/m]	889.00
Lunghezza minima di ancoraggio	[m]	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia)		1.11
Coefficiente di sicurezza al Pull-out		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia)		1.10
Coefficiente di sicurezza al Pull-out		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo)		1.10
Coefficiente di sicurezza al Pull-out		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla)		1.10
Coefficiente di sicurezza al Pull-out		1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo		0.16
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo		0.60
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla		0.50

Maccaferri - Green Terramesh - 45° - 8/2.7P - 0.58

Carico di rottura Nominale Tr	[kN/m]	50.00
Rapporto di Scorrimento plastico		2.00
Coefficiente di Scorrimento elastico	[m ³ /kN]	1.10e-04
Rigidezza estensionale	[kN/m]	500.00
Lunghezza minima di ancoraggio	[m]	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia)		1.26
Coefficiente di sicurezza al Pull-out		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia)		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo)		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla)		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out		1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo		0.30
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia		0.65

Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....:	0.50
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....:	0.30

VERIFICHE



Verifica di stabilità globale :

Combinazione di carico : M2 + R2 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato : 1.032

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
15.00	33.00	58.00	65.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....		200	
Numero totale superfici di prova.....		2000	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....		0.50	
Angolo limite orario..... [°].....		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....		0.00	

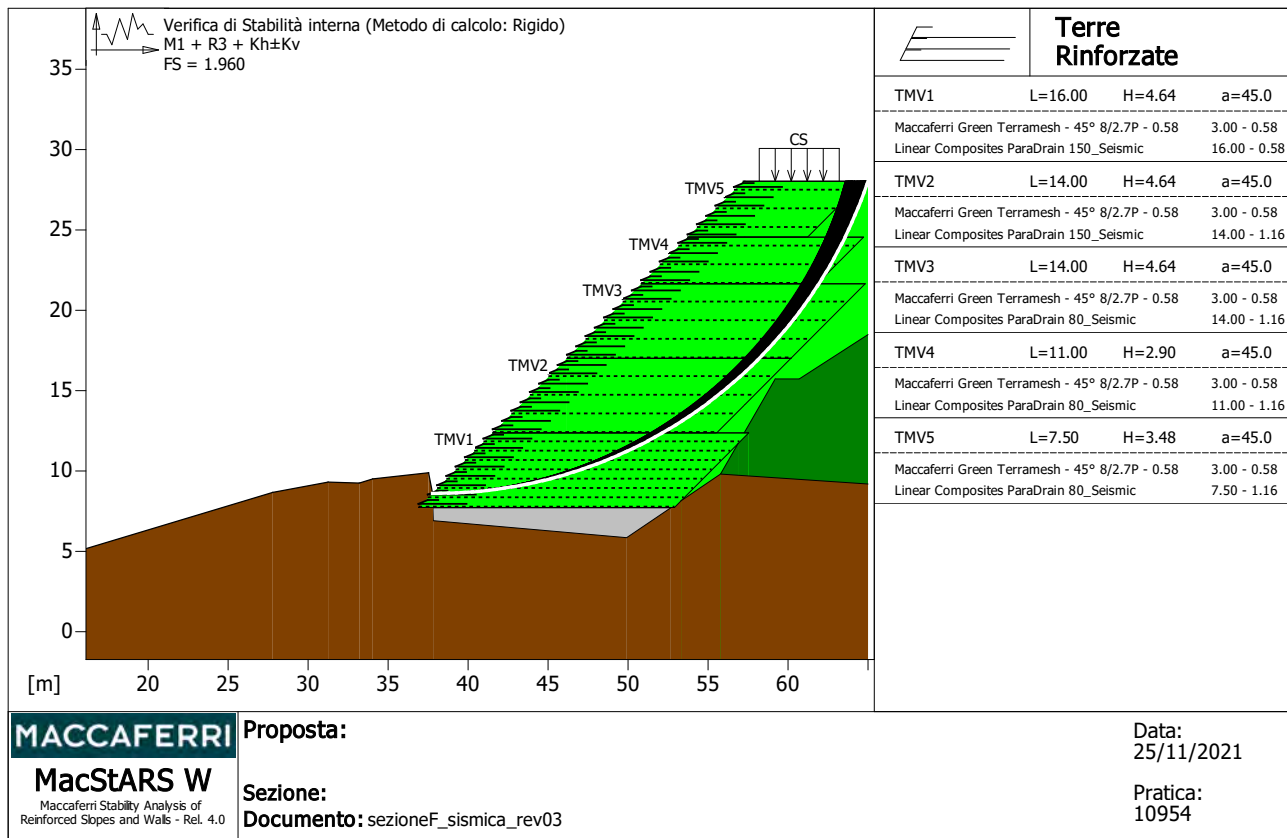
Blocco : TMV3

Linear Composites - ParaDrain - 80_Seismic

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
3.480	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
	80.0	39.0	39.0	2.05	1.00

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio

1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità



Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato : 1.960

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco

Segmento di arrivo, ascisse [m]

TMV1

Primo punto

Secondo punto

45.00

65.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza : 1

Numero totale superfici di prova : 2000

Lunghezza segmenti delle superfici [m] : 0.50

Angolo limite orario [°] : 1.00

Angolo limite antiorario [°] : 0.00

Blocco : TMV1

Linear Composites - ParaDrain - 150_Seismic

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
1.160	150.0	61.9	61.9	2.42	1.00
1.740	150.0	155.8	137.6	1.09	1.13
2.320	150.0	232.1	137.6	1.09	1.69
2.900	150.0	296.4	137.6	1.09	2.15
3.480	150.0	350.6	137.6	1.09	2.55
4.060	150.0	396.3	137.6	1.09	2.88

Blocco : TMV2
Linear Composites - ParaDrain - 150_Seismic

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	150.0	319.3	137.6	1.09	2.32
1.160	150.0	260.8	137.6	1.09	1.90
2.320	150.0	221.5	137.6	1.09	1.61
3.480	150.0	191.2	137.6	1.09	1.39

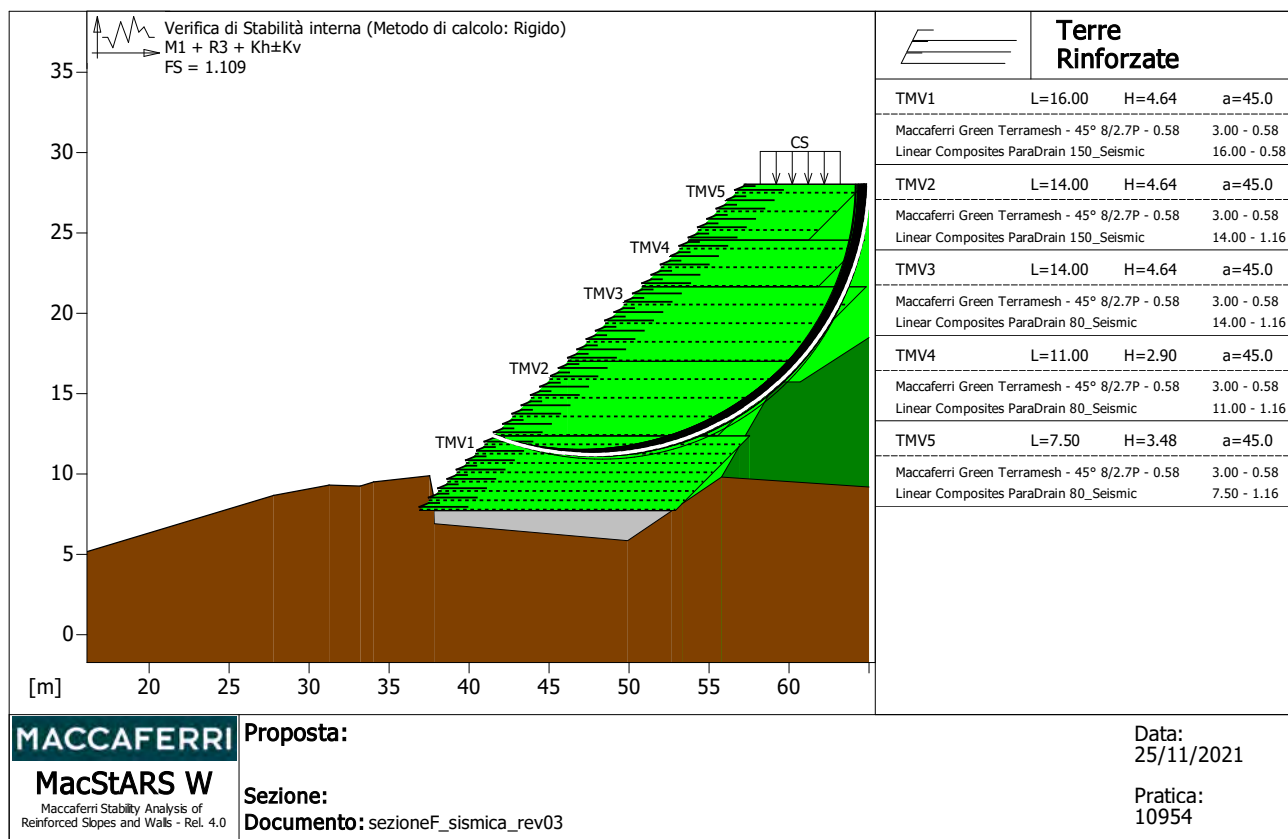
Blocco : TMV3
Linear Composites - ParaDrain - 80_Seismic

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	80.0	169.9	72.7	1.10	2.34
1.160	80.0	157.8	72.7	1.10	2.17
2.320	80.0	152.2	72.7	1.10	2.09
3.480	80.0	148.5	72.7	1.10	2.04

Blocco : TMV4
Linear Composites - ParaDrain - 80_Seismic

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
1.160	80.0	13.9	13.9	5.76	1.00
2.320	80.0	26.8	26.8	2.99	1.00

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità



MACCAFERRI
MacStARS W
 Maccaferri Stability Analysis of
 Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0

Proposta:
Sezione:
Documento: sezioneF_sismica_rev03

Data:
 25/11/2021
Pratica:
 10954

Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv
 Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido
 Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato : 1.109

Intervallo di ricerca delle superfici
 Segmento di arrivo, ascisse [m]
 Primo punto 50.00 Secondo punto 65.00

Blocco
 TMV2

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza : 1
 Numero totale superfici di prova : 2000
 Lunghezza segmenti delle superfici [m] : 0.50
 Angolo limite orario [°] : 0.00
 Angolo limite antiorario [°] : 0.00

Blocco : TMV1
 Linear Composites - ParaDrain - 150_Seismic

Y	Tb rottura	Tp sfilamento	Td agente	Tb/Td 1/Fmax	Tp/Td
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
4.060	150.0	481.3	137.6	1.09	3.50

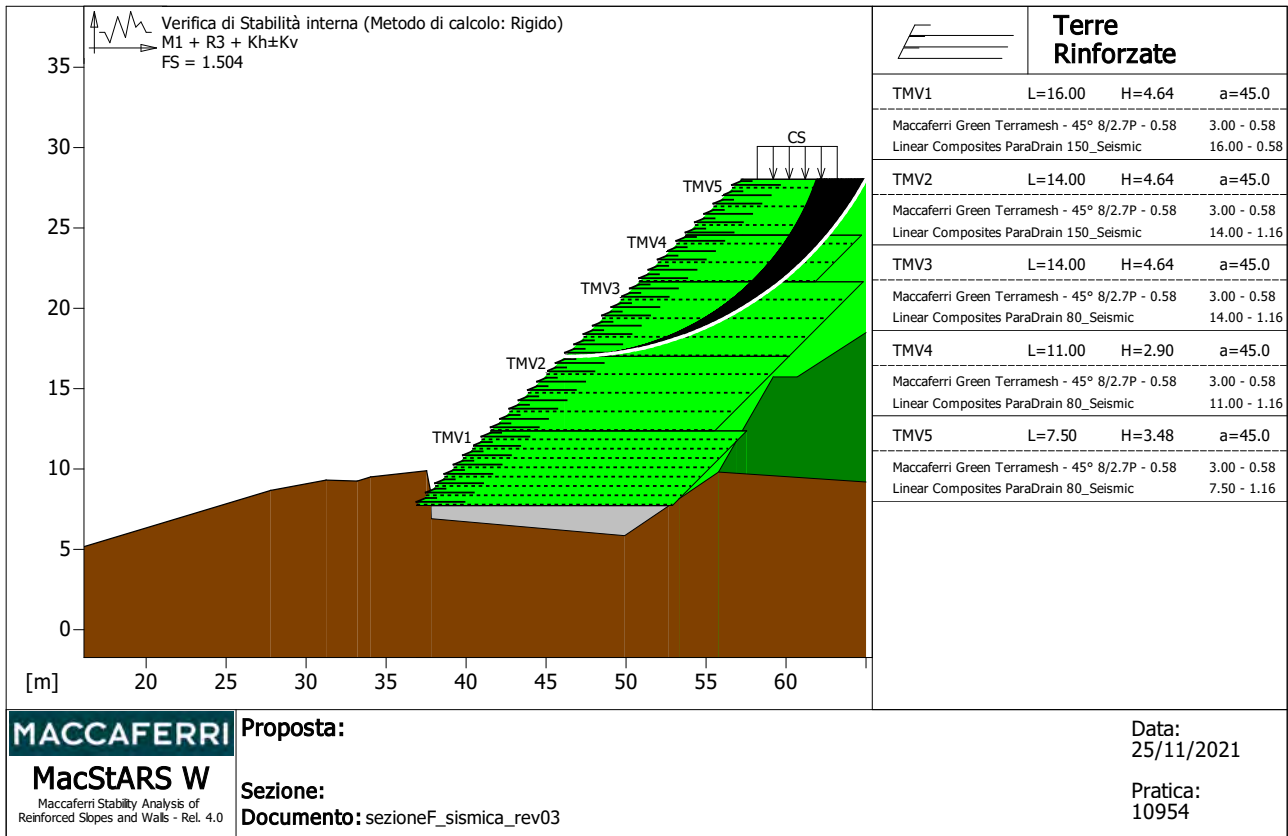
Blocco : TMV2
 Linear Composites - ParaDrain - 150_Seismic

Y	Tb rottura	Tp sfilamento	Td agente	Tb/Td 1/Fmax	Tp/Td
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	150.0	162.9	137.6	1.09	1.18
1.160	150.0	35.6	35.6	4.21	1.00

Blocco : TMV3
Linear Composites - ParaDrain - 80_Seismic

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
3.480	80.0	36.1	36.1	2.22	1.00

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità



Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato : 1.504

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco
TMV3

Segmento di arrivo, ascisse [m]

Primo punto

56.00

Secondo punto

65.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza : 1

Numero totale superfici di prova : 2000

Lunghezza segmenti delle superfici [m] : 0.50

Angolo limite orario [°] : 1.00

Angolo limite antiorario [°] : 0.00

Blocco : TMV3

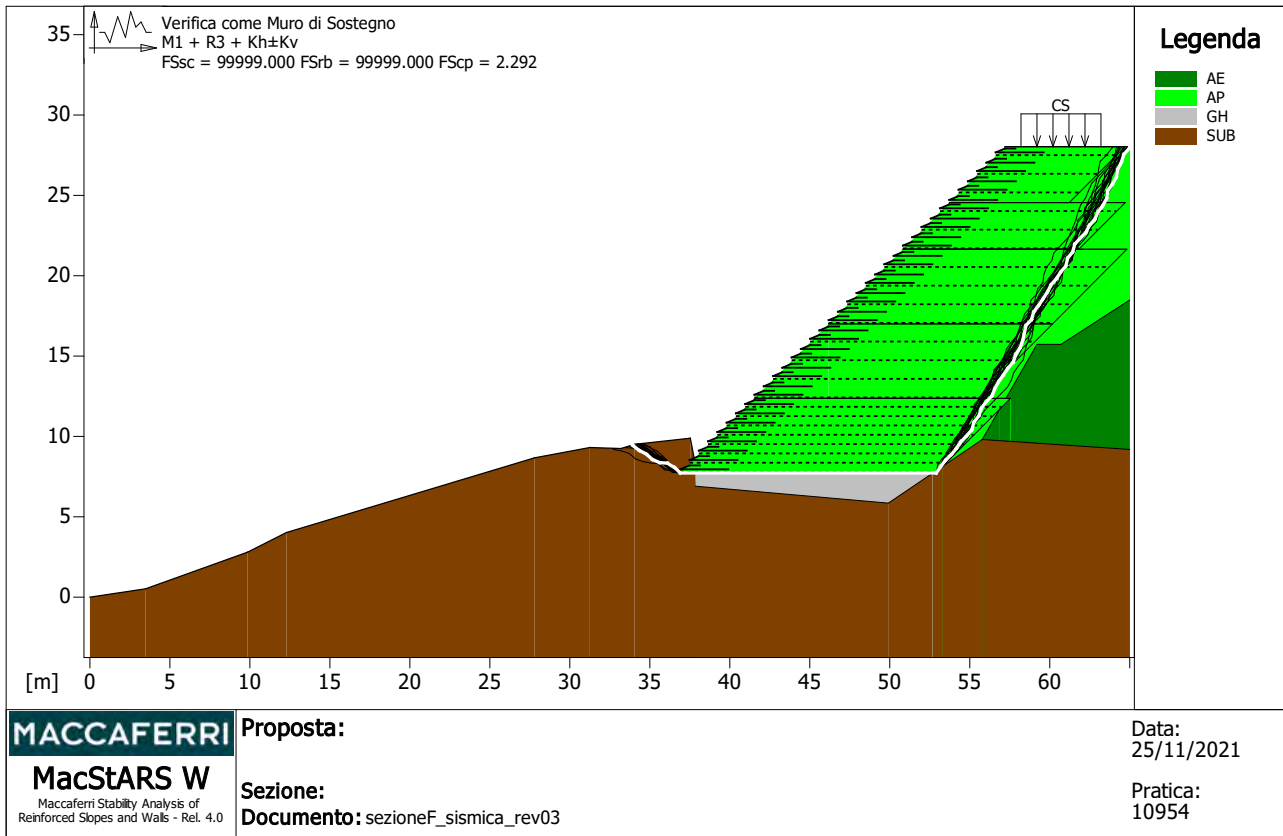
Linear Composites - ParaDrain - 80_Seismic

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
1.160	80.0	135.1	72.7	1.10	1.86
2.320	80.0	216.5	72.7	1.10	2.98
3.480	80.0	264.7	72.7	1.10	3.64

Blocco : TMV4
Linear Composites - ParaDrain - 80_Seismic

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
0.000	80.0	109.5	72.7	1.10	1.51
1.160	80.0	83.2	72.7	1.10	1.14
2.320	80.0	64.8	64.8	1.23	1.00

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : TMV1

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 2312.30

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....:-1532.40

Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....:99999.000

Momento Stabilizzante.....[kN*m/m].....:87300.00

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m].....:-14313.00

Classe momento.....: Coeff. parziale R - Ribaltamento

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....:99999.000

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m²].....: 939.60

Pressione media agente.....[kN/m²].....: 341.67

Classe pressione.....: Coeff. parziale R - Capacità portante

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 2.292

Fondazione equivalente.....[m].....: 16.00

Eccentricità forza normale.....[m].....: -11.36

Braccio momento.....[m].....: 9.34

Forza normale.....[kN].....: 5247.60

Pressione estremo di valle.....[kN/m²].....:-8684.41

Pressione estremo di monte.....[kN/m²].....: 7124.48

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi

1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.20	Coeff. parziale R - Capacità portante
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento

Officine Maccaferri non è responsabile dei disegni e dei calcoli trasmessi al Cliente sulla base dei dati forniti dal medesimo, né è responsabile del progetto e delle verifiche sui luoghi che dovessero successivamente realizzarsi senza specifico incarico.

Il presente elaborato è stato realizzato sulla base dei prodotti di Officine Maccaferri ai soli fini dell'elaborazione dell'offerta. Pertanto Officine Maccaferri non è responsabile in caso di un uso dell'elaborato con prodotti diversi da quelli di Officine Maccaferri o, comunque, non controllato da parte di Officine Maccaferri stessa.
