

**AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA  
NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**COD. UC 162**

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

**RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:**

Dott. Ing. Antonio GRIMALDI (Progin S.p.A.)

**CAPOGRUPPO MANDATARIA:**



**Direttore Tecnico:**

Dott. Ing. Paolo IORIO

**IL GEOLOGO:**

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

**MANDANTI:**



**Direttore Tecnico**



**Direttore Tecnico:**

Dott. Arch. Pasquale Pisano



**Direttore Tecnico:**

Dott. Ing. Ivo FRESIA



**Direttore Tecnico**

Dott. Ing. Massimo T. DE IORIO

**VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:**

Dott. Ing. Antonio CITARELLA

**PROTOCOLLO**

**DATA** \_\_\_\_\_ 20\_\_

. PROGETTO OPERE D'ARTE MINORI

SEMISVINCOLO SUD – RAMPA 1-2 TOMBINO 2.00X2.00 PK 0+556.80

**RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO**

**CODICE PROGETTO**

D	P	U	C	1	6	2	D	2	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

**NOME FILE**

T00TM04STRRE01B

**CODICE**

T	0	0	T	M	0	4	S	T	R	R	E	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

**FLAB.**

**REVISIONE**

B
---

**SCALA:**

-

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

# INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>4</b>
<b>1.</b>	<b>SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'OPERA .....</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>7</b>
<b>4.</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....</b>	<b>8</b>
4.1	CALCESTRUZZO C32/40.....	8
4.2	ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE B450C .....	8
<b>5.</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA .....</b>	<b>9</b>
5.1	INTERAZIONE TERRENO-FONDAZIONE.....	10
<b>6.</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO .....</b>	<b>12</b>
6.1	SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI	15
<b>7.</b>	<b>CRITERI DI VERIFICA DELLE OPERE .....</b>	<b>16</b>
7.1	METODOLOGIA DI CALCOLO.....	16
7.2	VERIFICHE ALLO SLU .....	17
7.3	VERIFICA SLE.....	19
7.4	CARICO LIMITE DI FONDAZIONI DIRETTE.....	22
<b>8.</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>24</b>
8.1	PESO PROPRIO (COND. DI CARICO 1).....	24
8.2	PERMANENTI (COND. DI CARICO 2).....	24
8.3	SPINTA DEL TERRENO (COND. DI CARICO 3/4).....	25
8.4	SPINTA IN PRESENZA DI FALDA (COND. DI CARICO 5) .....	26
8.5	VARIAZIONI TERMICHE DELLA STRUTTURA (COND. DI CARICO 9) .....	26
8.6	RITIRO E VISCOSITÀ (COND. DI CARICO 10) .....	26
8.7	AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO E FRENATURA (COND. DI CARICO 8).....	27
8.8	AZIONI SISMICHE (COND. DI CARICO 6/7).....	32
8.9	APPROCCI PROGETTUALI E METODI DI VERIFICA .....	34
8.10	COMBINAZIONI DI CARICO.....	34
<b>9.</b>	<b>CODICI DI CALCOLO.....</b>	<b>35</b>
9.1	AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO .....	35
9.2	INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE .....	35
9.3	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI .....	35
<b>10.</b>	<b>RISULTATI, ANALISI E VERIFICHE TOMBINO TM04 -SEZ.1-1 .....</b>	<b>37</b>
10.1	MODELLO DI CALCOLO.....	37

10.2	SOLLECITAZIONI DI CALCOLO .....	38
10.3	ARMATURE DI PROGETTO .....	40
10.4	VERIFICHE DI RESISTENZA E DI ESERCIZIO .....	41
10.5	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	43
<b>11.</b>	<b>RISULTATI, ANALISI E VERIFICHE TOMBINO TM04 -SEZ.2-2 .....</b>	<b>44</b>
11.1	MODELLO DI CALCOLO .....	44
11.2	SOLLECITAZIONI DI CALCOLO .....	45
11.3	ARMATURE DI PROGETTO .....	48
11.4	VERIFICHE DI RESISTENZA E DI ESERCIZIO .....	48
11.5	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	50
<b>12.</b>	<b>RISULTATI, ANALISI E VERIFICHE TOMBINO TM04 -SEZ.3-3 .....</b>	<b>51</b>
12.1	MODELLO DI CALCOLO .....	51
12.2	SOLLECITAZIONI DI CALCOLO .....	52
12.3	ARMATURE DI PROGETTO .....	54
12.4	VERIFICHE DI RESISTENZA E DI ESERCIZIO .....	55
12.5	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	57
<b>13.</b>	<b>RISULTATI, ANALISI E VERIFICHE POZZETTI DI IMBOCCO/SBOCCO .....</b>	<b>58</b>
13.1	GEOMETRIA DELLA STRUTTURA .....	58
13.2	ANALISI DELLA STRUTTURA .....	59
13.3	ANALISI DEI CARICHI .....	61
13.4	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO .....	62
13.5	ANALISI POZZETTO SEZ. A-A .....	62
13.6	ANALISI POZZETTO SEZ. B-B .....	66
<b>14.</b>	<b>TABULATI DI CALCOLO .....</b>	<b>69</b>
14.1	TOMBINO SEZ. 1-1 .....	69
14.2	TOMBINO SEZ. 2-2 .....	98
14.3	TOMBINO SEZ. 3-3 .....	127

## 1 INTRODUZIONE

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

### 1. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

In particolare la presente relazione di calcolo fa riferimento al dimensionamento geotecnico-strutturale del tombino TM04 in corrispondenza della Rampa 1-2 dello Svincolo Sud (pk 0+556.80m)

### 2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il tombino è costituito da uno scatolare in c.a. di dimensioni interne 2.00m (larghezza) x 2.00m (altezza). Lo spessore strutturale per il traverso è di 0.40m, per la fondazione è di 0.40m e per i piedritti è pari a 0.40m. Al fine di valutare le condizioni di carico più gravose si rende necessario per il tombino in esame analizzare le seguenti 3 sezioni che si differenziano in funzione dello spessore del terreno di ricoprimento e dei sovraccarichi variabili applicati sul piano stradale opportunamente diffusi.

In particolare, nel presente documento verranno analizzate le seguenti sezioni di calcolo, di cui si riportano gli spessori di ricoprimento:

sezione	Spessore di ricoprimento
	[m]
1	2.30
2	0.60
3	1.50

Di seguito si riportano alcune immagini rappresentative dell'inquadramento planimetrico e delle sezioni trasversali del tombino. Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di riferimento:



SEZIONE LONG. IN ASSE TOMBINO  
scala 1:100

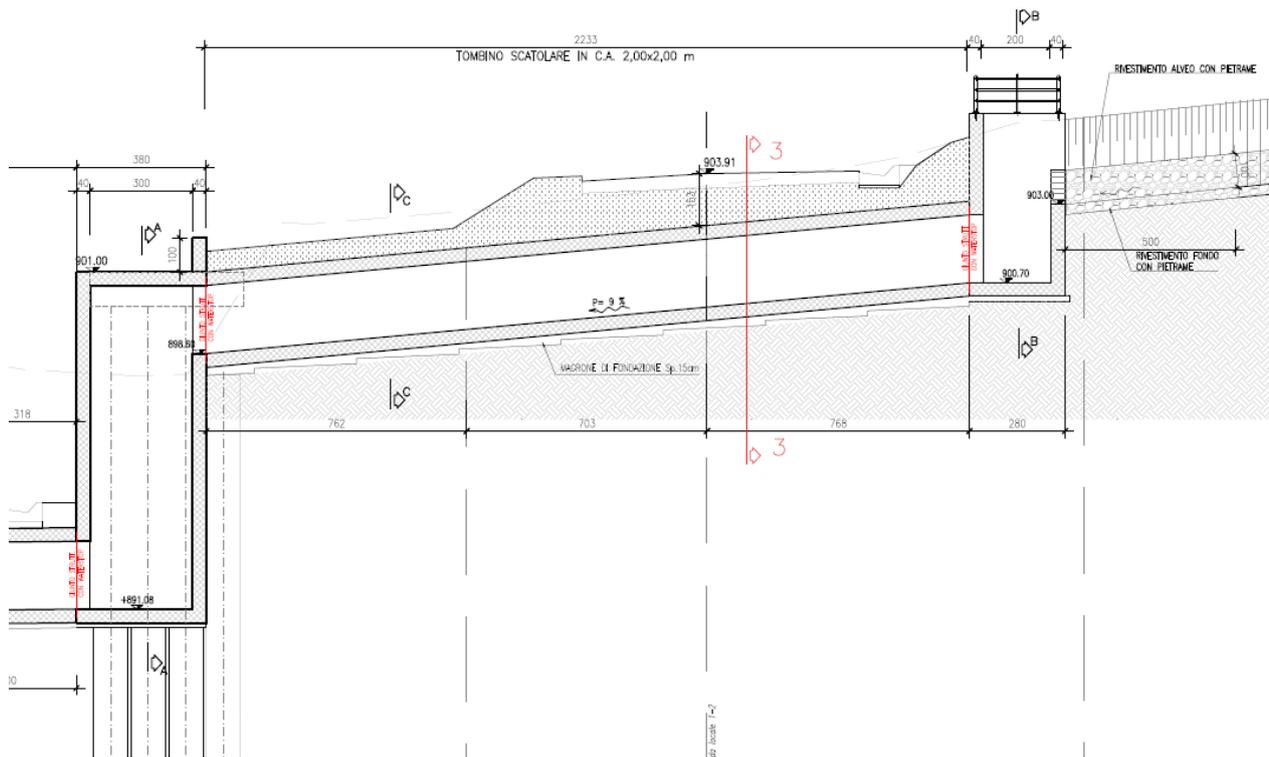
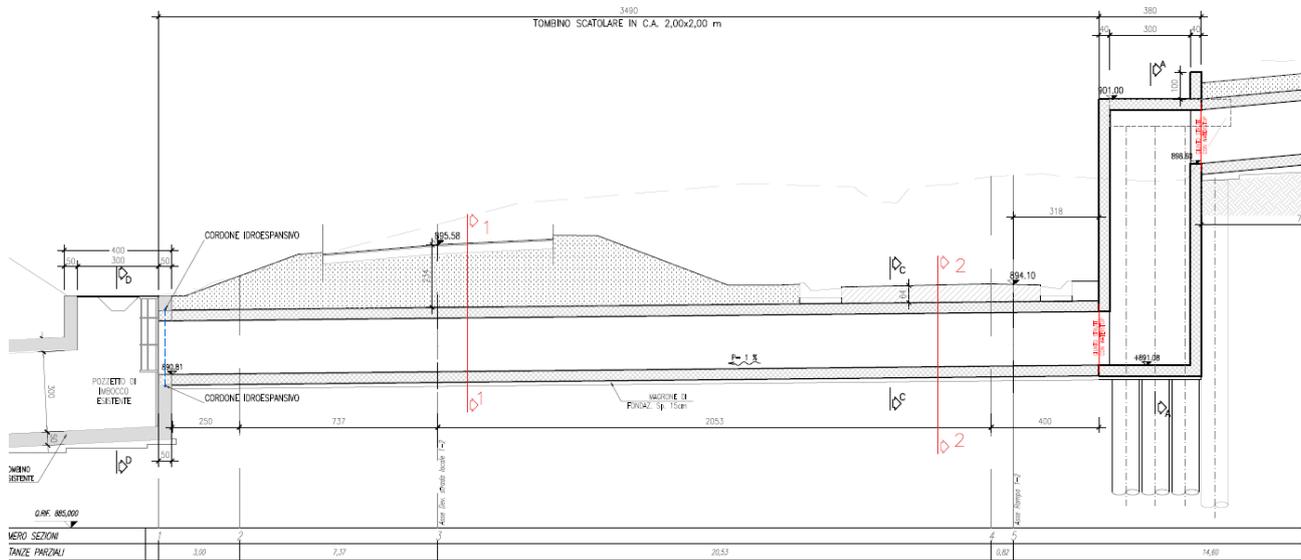


Figura 3 – Sezione Longitudinale

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 7 DI 157
-----------------------------------	--	------------------

### 3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Di seguito si riporta l'elenco generale delle Normative Nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento, quale riferimento per la redazione degli elaborati tecnici e/o di calcolo dell'intero progetto nell'ambito della quale si inserisce l'opera oggetto della presente relazione:

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

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

## 4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

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

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei diversi materiali impiegati nelle opere in progetto.

### 4.1 Calcestruzzo C32/40

Classe d'esposizione	C32/40
XC4-XA1	$f_{ck} \geq 32 \text{ MPa}$ $R_{ck} \geq 40 \text{ MPa}$

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

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	$R_{ck}$	<b>40</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	33,20	N/mm <sup>2</sup>
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41,20	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	22,13	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	18,81	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} [R_{ck} < 50/60]$	3,10	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	2,17	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm}$	3,72	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1,45	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	33643	N/mm <sup>2</sup>

### 4.2 Acciaio Per Armature Ordinarie B450c

B450 C

$f_{yk}$  = 450 MPa tensione caratteristica di snervamento

$f_{yd}$  =  $f_{yk} / 1.15 = 391$  MPa tensione caratteristica di calcolo

$E_s$  = 210000 MPa modulo elastico

Stato limite di esercizio SLE RARA:  $\sigma_s = 0.8 f_{yk} = 360$  MPa

## 5. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

La stratigrafia assunta in fase di progetto è definita sulla base dei sondaggi più vicini nonché delle sezioni geologiche di progetto. In particolare, per il tombino in esame si fa riferimento alla sezione geologica 6, riportata nella seguente immagine:

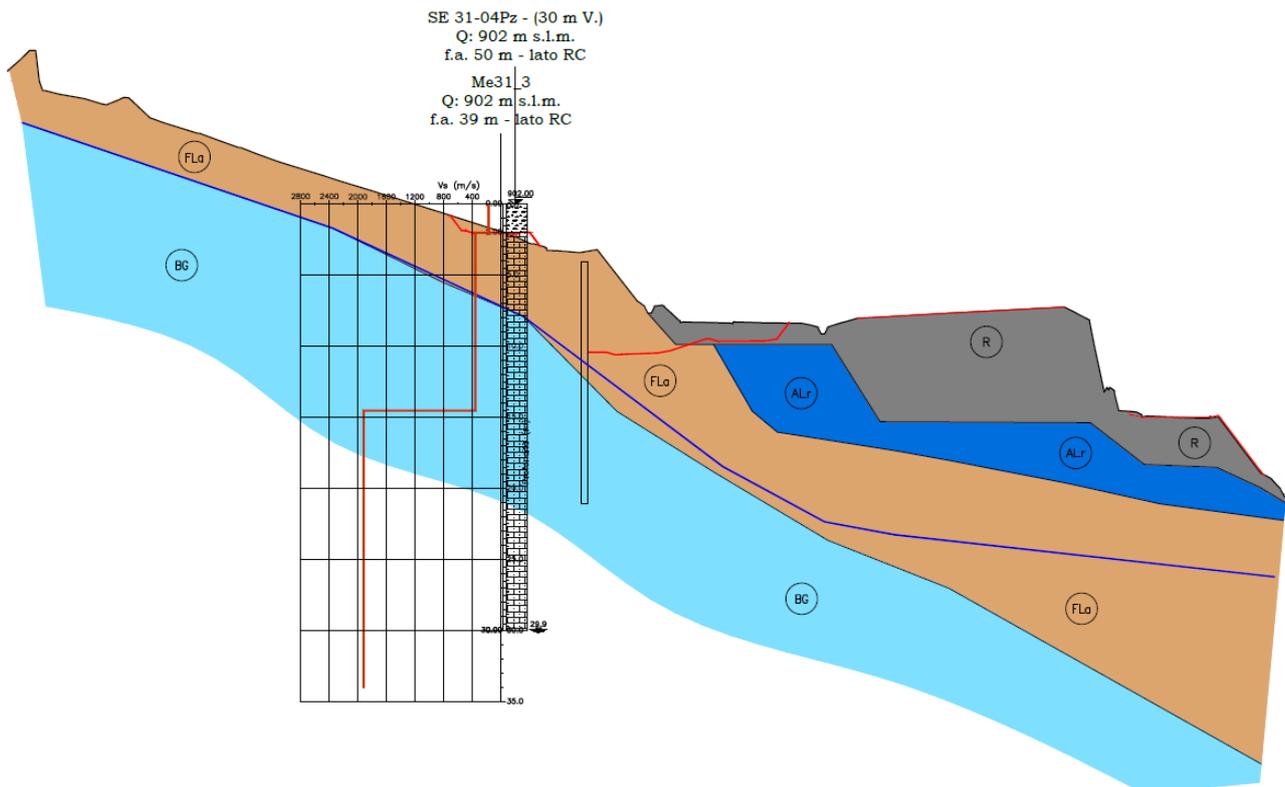


Figura 4: sezione geologica Sez 6

Sulla base di quanto riportato nella relazione geotecnica di riferimento e in relazione alla progressiva in esame, emerge che il piano di posa della fondazione ricade nell'unità FLa – Depositi fluvio-lacustri argilloso-limosi avente le seguenti caratteristiche geo-meccaniche:

### Unità Fla: Depositi fluvio-lacustri argilloso-limosi

$$\gamma = 18 \div 20 \text{ kN/m}^3$$

peso dell'unità di volume

$$c' = 5 \div 15 \text{ kPa}$$

coesione drenata

$$\phi' = 24 \div 27^\circ$$

angolo di resistenza al taglio

$$E_o = 110 \div 500 \text{ MPa}$$

modulo di deformazione elastico iniziale

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 10 DI 157
-----------------------------------	--	-------------------

Per il terreno di ricoprimento, salvo più accurate determinazioni, in via cautelativa, per le caratteristiche dei rilevati stradali si possono assumere i seguenti valori dei parametri geotecnici caratteristici:

peso di volume  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ ;  
 angolo di attrito  $\varphi' = 35^\circ$ ;  
 coesione efficace  $c' = 0$ .

Mentre per il terreno di rinfiaccio si considera cautelativamente il terreno in sito assumendo  $c'=0$  in virtù del rimaneggiamento a cui è sottoposto il terreno nelle operazioni di scavo e ritombamento.

Dalle misure piezometriche in sito emerge che il livello di falda locale è posto a circa 867 m slm. Pertanto, cautelativamente si assume per le sezioni 1 e 2 un livello di falda in corrispondenza della sommità del tombino mentre per la sezione 3 la falda non interagisce con il volume significativo dell'opera.

In fase di analisi è stato dunque considerato il seguente modello geotecnico:

<b>Terreno</b>	<b>Litotipo</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\varphi'</math></b>	<b><math>c'</math></b>	<b><math>E_0</math></b>	<b><math>k_w</math></b>
		<i>(kN/m<sup>3</sup>)</i>	<i>(°)</i>	<i>(kPa)</i>	<i>(MPa)</i>	<i>(kPa/m)</i>
<b>Terreno di Ricoprimento</b>	Terreno da rilevato stradale	20	35	0	100	-
<b>Terreno di Rinfiaccio</b>	Terreno in sito: Fla	19	26	0.0	375	
<b>Terreno di Fondazione</b>	Fla	19	26	10	375	13533

Dove  $k_w$  è la costante di sottofondo definita al paragrafo seguente.

### 5.1 Interazione terreno-fondazione

Per le analisi d'interazione struttura-terreno in direzione verticale, il coefficiente di sottofondo alla Winkler può essere determinato con la seguente relazione:

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

dove:

E = modulo di deformazione elastico del terreno;

$\nu$  = coefficiente di Poisson = 0.25;

B = larghezza della fondazione.

$c_t$  = fattore di forma, coefficiente adimensionale ottenuto dalla interpolazione dei valori dei coefficienti proposti dal Bowles, 1960 (vedasi tabella seguente).

Fondazione Rigida	$c_t$
-------------------	-------

- rettangolare con $L/B \leq 10$	$ct = 0.853 + 0.534 \ln(L/B)$
- rettangolare con $L/B > 10$	$ct = 2 + 0.0089 (L/B)$
dove L é il lato maggiore della fondazione.	

Sulla base della geometria della fondazione e delle condizioni geotecniche locali verrà valutato il modulo di deformazione elastico per il calcolo del coefficienti di sottofondo.

In particolare il modulo di deformazione elastico potrà essere determinato dal modulo di deformazione elastico iniziale ( $E_0$ ) come  $E = E_0 / 5$ .

Di seguito si riportano, in forma tabellare, i risultati delle valutazioni effettuate per il caso in esame, sulla scorta del valore di progetto di **E** attribuito allo strato di Fondazione, avendo considerato una dimensione longitudinale della fondazione ritenuta potenzialmente collaboranti:

<b>E(KN/m<sup>2</sup>) =</b>	<b>75000</b>	
<b>v =</b>	<b>0.25</b>	
<b>B (m) =</b>	<b>2.8</b>	
<b>L (m) =</b>	<b>34.4</b>	
<b>ct =</b>	<b>2.11</b>	
<b>Kw =</b>	<b>13533</b>	kN/m <sup>3</sup>

## 6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

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

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

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

$a_g$ : accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T^*c$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In allegato alla norma, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*c$  necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

L’area di studio è individuata dalle coordinate (ED50) Lat: 39,88322204° Long: 16,01221869° e ricade pertanto all’interno del reticolo di riferimento tra i 4 vertici indicati nella Figura 5 per i quali le NTC definiscono i parametri necessari per definire l’azione sismica.

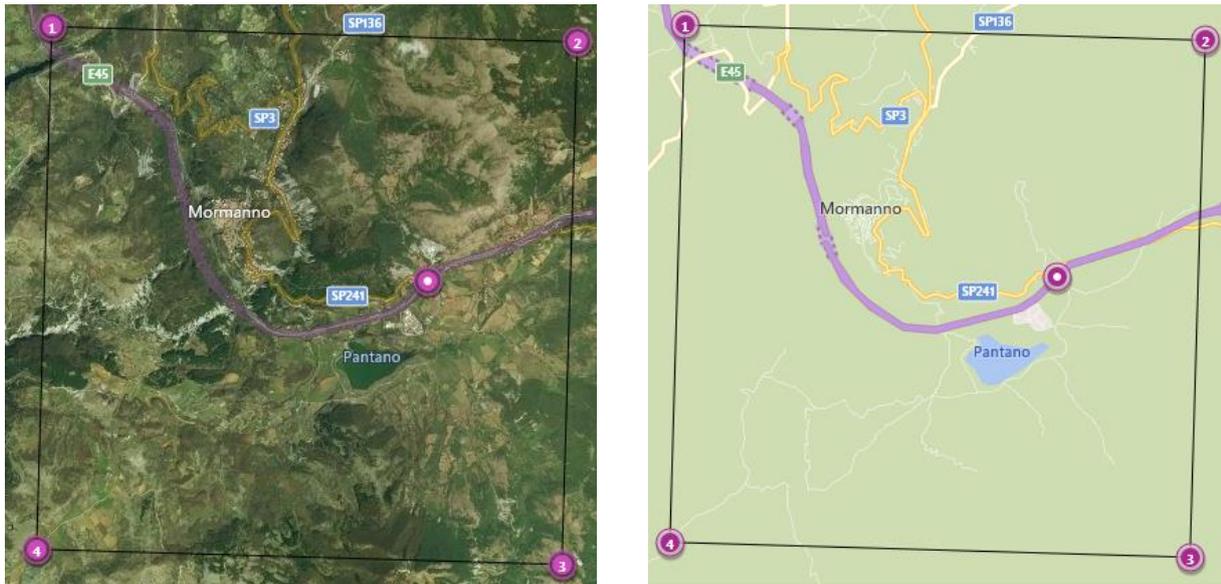


Figura 5 - Rappresentazione dei punti della maglia del reticolo di riferimento riportati nella Tab.1 allegata alle NTC 2018

La classificazione dell'area rispetto alle zone sismiche, ai sensi dell'Ord. 3519/2006, individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale su terreno rigido ( $a_g$ ) con probabilità di superamento del 10% (SLV) in 100 anni (periodo di riferimento VR), è attribuibile alla **Zona 2**.

La seguente **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** riporta i parametri sismici relativi a l'area di intervento, così come definiti dalle NTC 2018:

Tabella 1: Parametri sismici dell'area di intervento (Tabella 1 allegata alle NTC 2018)

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

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

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

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 14 DI 157
-----------------------------------	--	-------------------

*Tabella 2 - Classi degli edifici secondo le NTC 2018*

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

È stata quindi definita la "Vita nominale" dell'opera, facendo riferimento al valore di **50 anni**, così come definito dalle dalle NTC 2018 (Tabella 3).

*Tabella 3 Vita nominale delle opere secondo le NTC 2018*

Tipo opera	Vita Nominale
Opere provvisorie	≤10,
Opere ordinarie	≥50,
Grandi opere	≥100

È stata inoltre definita, sempre con riferimento ai criteri classificativi introdotti dalle NTC, e alle caratteristiche stratigrafiche individuate, la categoria di sottosuolo del sito di edificazione, facendo riferimento alla **Categoria E** (riferimenti MASW Me31\_3), così come definita dalle NTC (Tabella 4).

*Tabella 4 Categorie di sottosuolo secondo le NTC 2018*

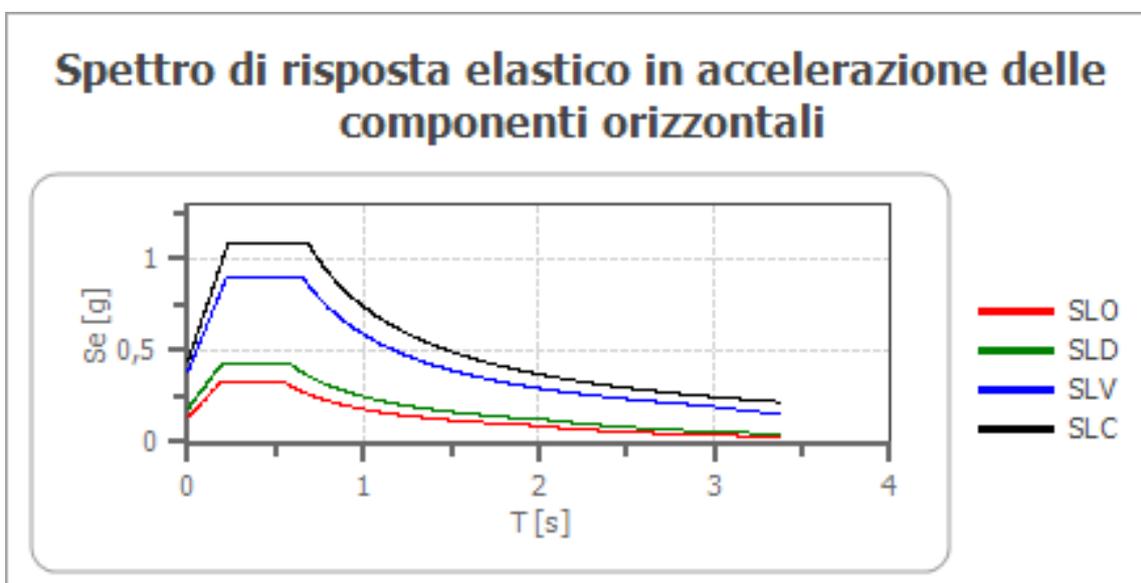
Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi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

Per quanto riguarda infine la definizione della categoria topografica dell'area in esame è stato fatto riferimento alla categoria T1 in ragione della morfologia dell'area e così come definita dalle NTC 2018 (Tabella 5).

Tabella 5      *Categorie topografiche secondo le NTC 2018*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

### 6.1 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



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

## 7. CRITERI DI VERIFICA DELLE OPERE

Le verifiche sono state condotte in accordo con le prescrizioni e le indicazioni del DM 17/01/2018 e della Circolare n.7/19.

### 7.1 METODOLOGIA DI CALCOLO

Le analisi finalizzate al dimensionamento delle strutture sono state condotte con il programma di calcolo "SCAT - Analisi Strutture Scatolari- Versione 11.0" della Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS).

La struttura viene discretizzata in elementi tipo trave. Per simulare il comportamento del terreno di fondazione e di rinfiato vengono inserite delle molle alla Winkler non reagenti a trazione.

A partire dal tipo di terreno, dalla geometria e dai sovraccarichi agenti il programma è in grado di conoscere tutti i carichi agenti sulla struttura per ogni combinazione di carico.

La struttura scatolare viene schematizzata come un telaio piano e viene risolta mediante il metodo degli elementi finiti (FEM). Più dettagliatamente il telaio viene discretizzato in una serie di elementi connessi fra di loro nei nodi. Il terreno di fondazione viene schematizzato con una serie di elementi molle non reagenti a trazione (modello di Winkler). L'area della singola molla è direttamente proporzionale alla costante di Winkler del terreno e all'area di influenza della molla stessa. A partire dalla matrice di rigidezza del singolo elemento,  $K_e$ , si assembla la matrice di rigidezza di tutta la struttura  $K$ . Tutti i carichi agenti sulla struttura vengono trasformati in carichi nodali (reazioni di incastro perfetto) ed inseriti nel vettore dei carichi nodali  $p$ . Indicando con  $u$  il vettore degli spostamenti nodali (incogniti), la relazione risolutiva può essere scritta nella forma

$$K u = p$$

Da questa equazione matriciale si ricavano gli spostamenti incogniti  $u$

$$u = K^{-1} p$$

Noti gli spostamenti nodali è possibile risalire alle sollecitazioni nei vari elementi.

La soluzione del sistema viene fatta per ogni combinazione di carico agente sullo scatolare. Il successivo calcolo delle armature nei vari elementi viene condotto tenendo conto delle condizioni più gravose che si possono verificare nelle sezioni fra tutte le combinazioni di carico.

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

L'analisi che viene effettuata è un'analisi al passo per tener conto delle molle che devono essere eliminate (molle in trazione). L'analisi fornisce i risultati in termini di spostamenti. Dagli spostamenti si risale alle sollecitazioni nodali ed alle pressioni sul terreno.

Il calcolo degli scatolari viene eseguito secondo le seguenti fasi:

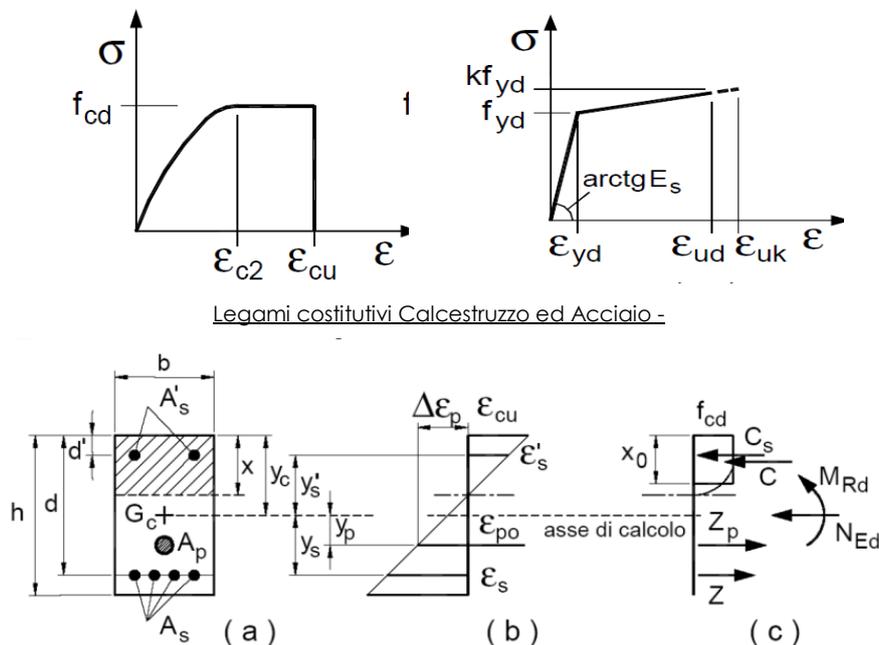
- Calcolo delle pressioni in calotta (per gli scatolari ricoperti da terreno);
- Calcolo della spinta del terreno;
- Calcolo delle sollecitazioni sugli elementi strutturali (fondazione, piedritti e traverso);
- Progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente. La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

## 7.2 VERIFICHE ALLO SLU

### 7.2.1 Pressoflessione

La determinazione della capacità resistente a flessione/pressoflessione della generica sezione, viene effettuata con i criteri di cui al punto 4.1.2.3.2 delle NTC, secondo quanto riportato schematicamente nelle figure seguito, tenendo conto dei valori delle resistenze e deformazioni di calcolo riportate al paragrafo dedicato alle caratteristiche dei materiali:



Schema di riferimento per la valutazione della capacità resistente a pressoflessione generica sezione -

La verifica consisterà nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed} \quad [4.1.18a]$$

$$\mu_{\phi} = \mu_{\phi}(N_{Ed}) \geq \mu_{Ed} \quad [4.1.18b]$$

dove

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

$N_{Ed}$  è il valore di progetto dello sforzo normale sollecitante;

$M_{Ed}$  è il valore di progetto del momento di domanda;

$\mu_{\phi}$  è il valore di progetto della duttilità di curvatura corrispondente a  $N_{Ed}$ ;

$\mu_{Ed}$  è la domanda in termini di duttilità di curvatura.

## 7.2.2 Taglio

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

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

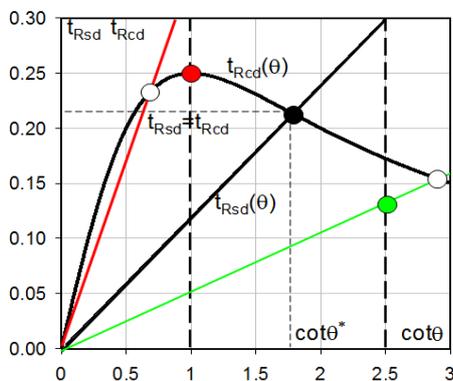
Dove:

- $v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$  ;
- $k = 1 + (200 / d)^{1/2} \leq 2$  ;
- $\rho_1 = A_{sw} / (b_w \cdot d)$
- $d$  = altezza utile per piedritti soletta superiore ed inferiore;
- $b_w = 1000$  mm larghezza utile della sezione ai fini del taglio.

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

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha \quad V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot \frac{(\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta)}{(1 + \text{ctg}^2\theta)}$$

Essendo:  $1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2,5$



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

Per quanto riguarda in particolare le verifiche a taglio per elementi armati a taglio, si è fatto riferimento al metodo del traliccio ad inclinazione variabile, in accordo a quanto prescritto al punto

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 19 DI 157
-----------------------------------	--	-------------------

4.1.2.3.5.2 delle NTC, considerando ai fini delle verifiche, un angolo  $\theta$  di inclinazione delle bielle compresse del traliccio resistente tale da rispettare la condizione.

$$1 \leq \operatorname{ctg} \theta \leq 2,5 \quad 45^\circ \geq \theta \geq 21,8^\circ$$

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

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

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

dove:

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

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

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

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

$\omega_{sw}$  : Percentuale meccanica di armatura trasversale.

$$\omega_{sw} = \frac{A_{sw} f_{yd}}{b s f_{cd}}$$

### 7.3 VERIFICA SLE

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

#### 7.3.1 Verifiche alle tensioni

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

Per il caso in esame risulta in particolare:

### **CALCESTRUZZO C32/40**

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

Tabella 6: limiti tensione calcestruzzo tombini

### **ACCIAIO**

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

Tabella 7: limiti tensione acciaio

### 7.3.2 Verifiche a fessurazione

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

Nel caso in esame sono state considerate delle condizioni ambientali XC4-XA1; le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC – Tabella 4.1.IV].

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

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

Tabella 8: Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e condizioni ambientali

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

Risultando:

w1= 0.2 mm;

w2= 0.3 mm;

w3= 0.4 mm.

Pertanto per i tombini dovranno essere rispettati i seguenti valori limite:

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

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

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 21 DI 157
-----------------------------------	--	-------------------

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

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 22 DI 157
-----------------------------------	--	-------------------

#### 7.4 CARICO LIMITE DI FONDAZIONI DIRETTE

Per la valutazione del carico limite delle fondazioni dirette si utilizza il criterio di **Meyerhof**, di cui nel seguito si riporta la relativa trattazione teorica:

Dette:

- c Coesione
- ca Adesione lungo la base della fondazione ( $ca \leq c$ )
- $\theta$  Angolo che la retta d'azione del carico forma con la verticale
- $\varphi$  Angolo d'attrito
- $\delta$  Angolo di attrito terreno fondazione
- $\gamma$  Peso specifico del terreno
- Kp Coefficiente di spinta passiva espresso da  $Kp = \tan^2(45^\circ + \varphi/2)$
- B Larghezza della fondazione
- L Lunghezza della fondazione
- D Profondità del piano di posa della fondazione
- $\eta$  inclinazione piano posa della fondazione
- P Pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione
- qult Carico ultimo della fondazione

Meyerhof propone per la valutazione di  $q_{ult}$ , le seguenti espressioni generali:

##### Carico verticale

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q + 0.5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma$$

##### Carico inclinato

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot i_c \cdot d_c + q \cdot N_q \cdot i_q \cdot d_q + 0.5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma$$

in cui  $d_c$ ,  $d_q$  e  $d_\gamma$  sono i fattori di profondità,  $s_c$ ,  $s_q$  e  $s_\gamma$  sono i fattori di forma,  $i_c$ ,  $i_q$  e  $i_\gamma$  sono i fattori di inclinazione del carico,

In particolare risulta:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} K_p$$

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

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi)$$

Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.2\sqrt{K_p} \frac{D}{B}$$

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

Fattori di forma

$$s_c = 1 + 0.2K_p \frac{B}{L}$$

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$s_q = s_\gamma = 1$	$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1K_p \frac{B}{L}$

Fattori inclinazione del carico

$$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\vartheta}{90}\right)^2$$

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$i_\gamma = 0$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{\vartheta}{\phi}\right)^2$

L'espressione di Meyerhof presuppone pertanto l'orizzontalità del piano di posa, condizione verificata per il caso in esame.

## 8. ANALISI DEI CARICHI

Le azioni considerate per la verifica delle strutture di sostegno sono le seguenti:

CONDZIONI DI CARICO ELEMENTARI	
1	Peso Proprio
2	Permanenti
3	Spinta terreno sinistra
4	Spinta terreno destra
5	Spinta Falda
6	Sisma sinistra
7	Sisma destra
8	Sovraccarico stradale
9	Variazioni termiche della struttura
10	Ritiro e viscosità

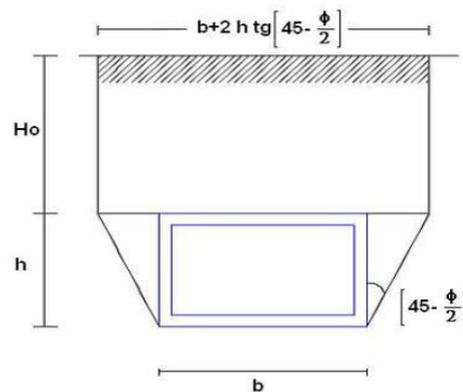
Nel seguito si andranno ad esporre in dettaglio, le valutazioni di calcolo effettuare per ciascuna delle condizioni citate.

### 8.1 Peso proprio (cond. di carico 1)

Il peso proprio delle strutture è determinato automaticamente dal programma di calcolo, avendo considerato un peso dell'unità di volume del c.a.  $\gamma_{cls} = 25 \text{ KN/m}^3$ .

### 8.2 Permanenti (cond. di carico 2)

Peso proprio del terreno di ricoprimento. Per la valutazione del carico permanente in copertura, si è fatto riferimento al metodo di Terzaghi secondo il quale, il carico sul traverso si manifesta come semplice peso di una massa parabolica o ellittica di distacco.



Più in dettaglio Terzaghi fornisce due espressioni differenti della pressione a seconda della maggiore o minore altezza del ricoprimento,  $H_0$ .

Facendo riferimento ai simboli della figura precedente, ed indicando con  $C$  la coesione, con  $\varphi$  l'angolo di attrito e con  $\gamma$  il peso di volume del terreno di ricoprimento, le due espressioni sono le seguenti:

$$p_v = \frac{\gamma B_1 - C}{K \operatorname{tg} \varphi} \left( 1 - e^{-K \frac{H_0}{B_1} \operatorname{tg} \varphi} \right)$$

nella quale  $K$  è un coefficiente sperimentale, che, secondo misure eseguite dallo stesso Terzaghi è circa uguale ad 1, mentre il coefficiente  $B_1$ , si ricava attraverso la seguente espressione:

$$B_1 = \frac{b}{2} + h \operatorname{tg} \left( 45 - \frac{\varphi}{2} \right)$$

nella quale  $\varphi$  è l'angolo di attrito dello strato di rifianco.

I tombini oggetto di dimensionamento prevedono oltre al ricoprimento anche dei carichi permanenti non strutturali dovuti alla pavimentazione stradale.

Tali carichi sono schematizzati, ai fini del calcolo, come dei carichi uniformi agenti sul profilo del terreno e sulla soletta di fondazione. In particolare, è stato considerato uno spessore del pacchetto stradale di 0.20m con peso di volume pari a  $24 \text{KN/m}^3$ . Pertanto, è stato considerato un carico distribuito permanente non strutturale dovuto alla pavimentazione pari a  $4.8 \text{KN/m}$ .

### 8.3 Spinta del terreno (cond. di carico 3/4)

Per la valutazione delle Spinte del terreno sui piedritti, in considerazione della ridotta capacità deformativa dell'opera, si è assunto che sui piedritti agisca la spinta calcolata in condizioni di riposo.

L'espressione della spinta esercitata da un terrapieno, di peso di volume  $\gamma$ , su una parete di altezza  $H$ , risulta espressa secondo la teoria di Coulomb dalla seguente relazione (per terreno incoerente) :

$$S = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_0$$

Il coefficiente di spinta a riposo è espresso dalla relazione:

$$K_0 = 1 - \sin\phi$$

Dove  $\phi$  rappresenta l'angolo d'attrito interno del terreno di rinfianco.

Quindi la pressione laterale, ad una generica profondità  $z$  e la spinta totale sulla parete di altezza  $H$  valgono:

$$\begin{aligned} \sigma &= \gamma \cdot z \cdot K_0 + p_v \cdot K_0 \\ S &= \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_0 + p_v \cdot K_0 \cdot H \end{aligned}$$

dove  $p_v$  è la pressione verticale agente in corrispondenza della calotta.

#### 8.4 Spinta in presenza di falda (cond. di carico 5)

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni sulla parete risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume di galleggiamento:

$$\gamma_a = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

dove  $\gamma_{\text{sat}}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso di volume dell'acqua.

Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione idrostatica esercitata dall'acqua.

#### 8.5 Variazioni termiche della struttura (cond. di carico 9)

La variazione termica applicata sulla struttura è pari a  $\Delta T = +10^\circ\text{C}$ , con una variazione termica aggiuntiva a farfalla pari a  $\Delta T = \pm 5^\circ\text{C}$  (variabile linearmente da  $-2.5^\circ\text{C}$  all'estradosso della soletta superiore, a  $+2.5^\circ\text{C}$ ) all'intradosso della soletta superiore applicata sulla soletta di copertura.

#### 8.6 Ritiro e viscosità (cond. di carico 10)

Gli effetti del ritiro del calcestruzzo e della viscosità sono assimilati ad una variazione termica uniforme della soletta superiore.

Nello specifico, si è assunto di modellare la deformazione da ritiro totale comprensiva anche degli effetti da deformazione viscosa, attraverso l'introduzione di un carico termico uniforme nella soletta superiore di  $-10^{\circ}\text{C}$

### 8.7 Azioni variabili da traffico e frenatura (cond. di carico 8)

Per la determinazione dei carichi accidentali da traffico da considerare sul piano della pavimentazione, si è fatto riferimento agli schemi di carico stabilità al punto 5.1.3.3.3 del DM 17/01/18 di cui nel seguito:

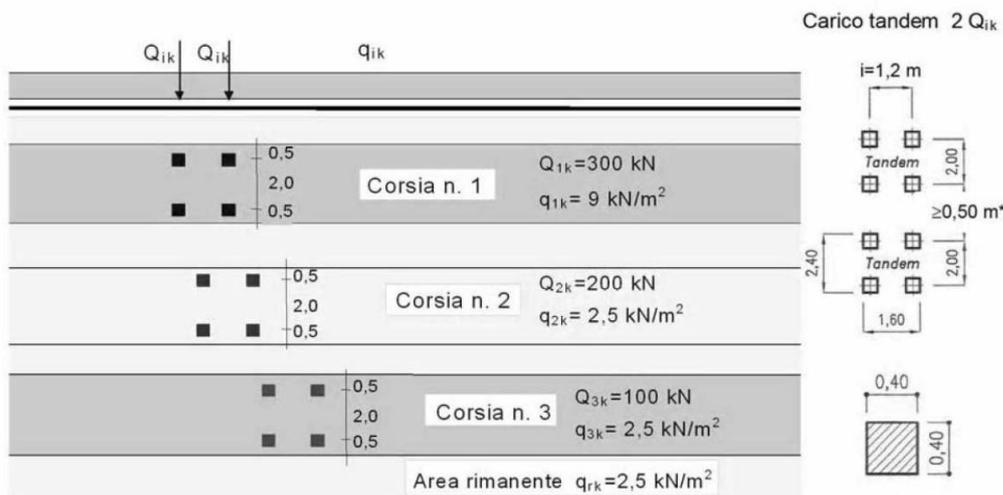


Figura 6 – Schema di carico 1

Lo schema di carico di Normativa, è in particolare costituito dalle seguenti colonne di carico:

- una colonna di carichi (ingombro = 3 m) costituita da un automezzo convenzionale  $Q_{1k}$  di 600 kN dotato di 2 assi di 2 ruote ciascuno, distanti 1.20 m in senso longitudinale e con interasse ruote in senso trasversale di 2.00 m; un carico ripartito  $q_{1k}$  di 9  $\text{kN}/\text{m}^2$  uniformemente distribuito;
- una seconda colonna di carichi (ingombro = 3 m), analoga alla precedente, ma con carichi pari rispettivamente a 400 kN di  $Q_{1k}$  e 2.5  $\text{kN}/\text{m}^2$  di  $q_{1k}$  e posta ad interasse di 3.00 m. da essa;
- una terza colonna di carichi (ingombro = 3 m), analoga alla precedente, ma con carichi pari rispettivamente a 200 kN di  $Q_{1k}$  e 2.5  $\text{kN}/\text{m}^2$  di  $q_{1k}$  e posta ad interasse di 3.00 m. da essa;

- un carico uniforme  $q_{rk} = 2.5 \text{ kN/m}^2$  nella zona di carreggiata non impegnata dai carichi precedenti.

Ai fini delle analisi, si è assunto di trasformare i carichi concentrati  $Q_{1k}$ , in un carico distribuito equivalente, che, con riferimento alla colonna di carico 1, risulta il seguente:

$$Q_{1k} d = 600 / 2.40 \times 1.60 = 156 \text{ KN/m}^2$$

Si è assunto inoltre di diffondere il carico valutato in precedenza fino al piano medio della soletta, secondo quanto riportato negli schemi grafici di figura seguente:

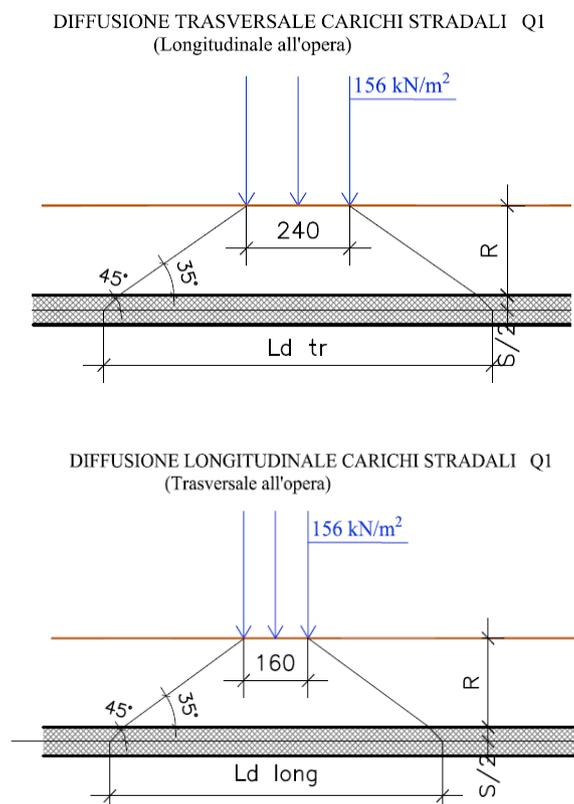


Figura 7: Schema di diffusione in soletta carichi  $Q_1$

In definitiva, sul piano medio della soletta, agirà un carico uniforme distribuito pari a:

$$Q_{1k} d = 600 / (Ld_{tr} \times Ld_{long}).$$

Qualora l'altezza del rilevato è tale da determinare una lunghezza di diffusione longitudinale maggiore o uguale a 3.00m (dimensione della corsia) si considera la sovrapposizione dei carichi della corsia 1 e 2.

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 29 DI 157
-----------------------------------	--	-------------------

### CALCOLO LARGHEZZA DIFFUSIONE SEZ.1

Altezza dello strato di terreno di ricoprimento : Hr [m]	2.30	
Spessore trasverso : Ss [m]	0.40	
$l_{\text{trasv}}$ [m]	2.4	m
$l_{\text{long}}$ [m]	1.6	m
$L_{\text{trasv,diff}}$ [m]	6.02	m
$L_{\text{long,diff}}$ [m]	5.22	m

In definitiva, sul piano medio della soletta, agirà un carico uniforme distribuito dato dalla sovrapposizione dei carichi della corsia 1 e 2 pari a:

$$q = (600+400) / (L_{\text{trasv,diff}} \times L_{\text{long,diff}}) \quad \mathbf{31.81} \text{ kPa}$$

In aggiunta, si è considerato agente sul piano stradale l'ulteriore carico uniforme di **9 KN/m<sup>2</sup>**

### CALCOLO LARGHEZZA DIFFUSIONE SEZ. 2

Altezza dello strato di terreno di ricoprimento : Hr [m]	0.60	
Spessore Traverso : Ss [m]	0.40	
$l_{\text{trasv}}$ [m]	2.4	m
$l_{\text{long}}$ [m]	1.6	m
$L_{\text{trasv,diff}}$ [m]	3.64	m
$L_{\text{long,diff}}$ [m]	2.84	m

In definitiva, sul piano medio della soletta, agirà un carico uniforme distribuito dato dalla sovrapposizione dei carichi della corsia 1 e 2 pari a:

$$q = (600+400) / (L_{\text{trasv,diff}} \times L_{\text{long,diff}}) \quad \mathbf{96.72} \text{ kPa}$$

In aggiunta, si è considerato agente sul piano stradale l'ulteriore carico uniforme di **9 KN/m<sup>2</sup>**

### CALCOLO LARGHEZZA DIFFUSIONE SEZ. 3

Altezza dello strato di terreno di ricoprimento : Hr [m]	1.50	
Spessore Traverso : Ss [m]	0.40	
$l_{\text{trasv}}$ [m]	2.4	m
$l_{\text{long}}$ [m]	1.6	m
$L_{\text{trasv,diff}}$ [m]	4.90	m
$L_{\text{long,diff}}$ [m]	4.10	m

In definitiva, sul piano medio della soletta, agirà un carico uniforme distribuito dato dalla sovrapposizione dei carichi della corsia 1 e 2 pari a:

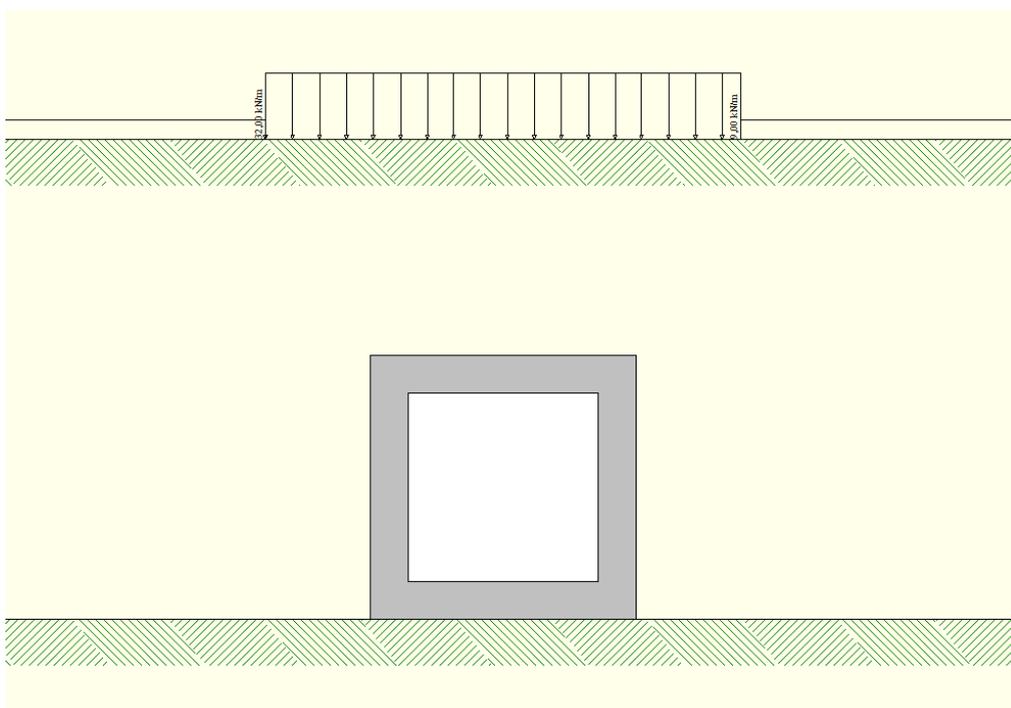
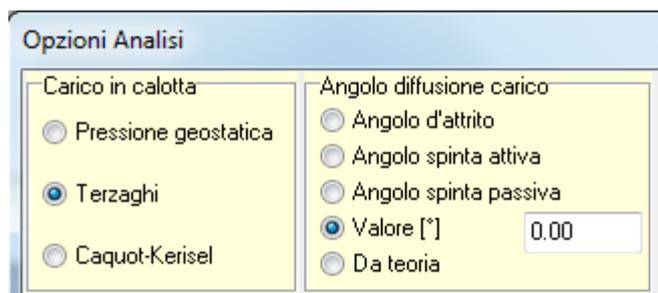
$$q = (600+400) / (L_{\text{trasv,diff}} \times L_{\text{long,diff}}) \quad \mathbf{49.76} \text{ kPa}$$

In aggiunta, si è considerato agente sul piano stradale l'ulteriore carico uniforme di **9 KN/m<sup>2</sup>**

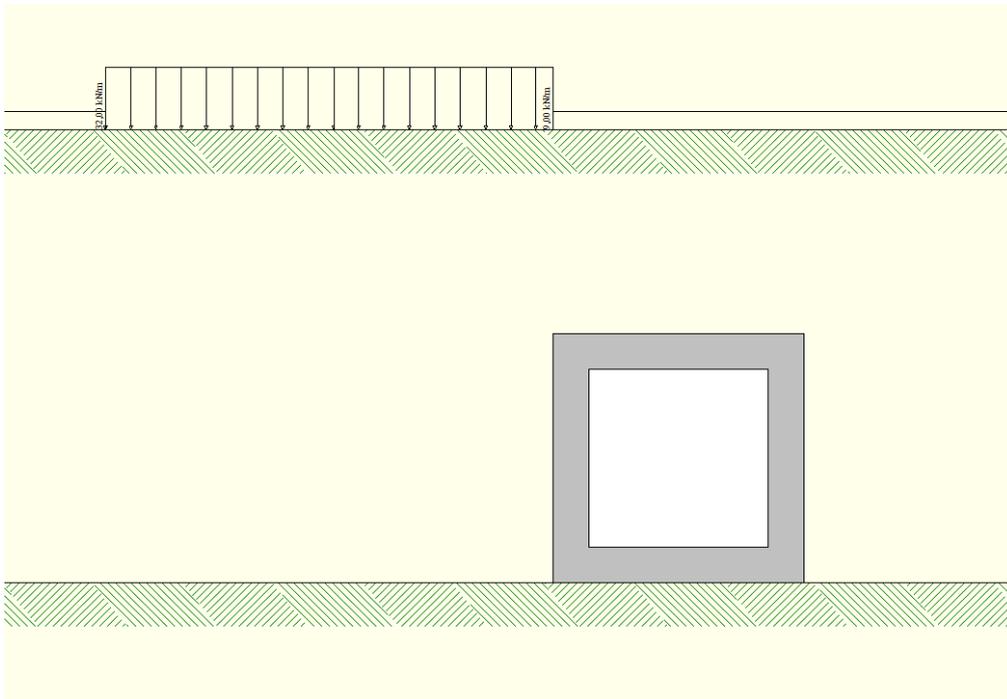
Si fa notare inoltre che per il carico stradale sono state considerate due condizioni di carico:

- **CONDIZIONE 1 “Q centrato”**: finalizzata alla massimizzazione degli effetti flessionali su traverso ed a testa piedritti. Esso consiste nell'applicare il carico da traffico  $Q_k$  in maniera centrata al tombino in superficie e il carico  $q_k$  in maniera indefinita.
- **CONDIZIONE 2 “Q laterale esterno”** con finalità di massimizzare gli effetti flessionali in mezzeria piedritto. Esso consiste nell'applicare il carico da traffico  $Q_k$  a filo con il lato esterno del piedritto e il carico  $q_k$  in maniera indefinita.

Di seguito si riportano gli schemi grafici riferiti alle due condizioni di carico citate, specificando che per comodità di modellazione, i carichi precedentemente determinati sono stati applicati sul piano limite del modello (che li andrà a distribuire ortogonalmente sulla parte di terreno sottostante avendo specificato all'interno del software di calcolo un angolo di diffusione rispetto alla verticale pari a  $0^\circ$ ), allo scopo di cogliere in automatico col software anche gli effetti delle spinte orizzontali ( $q \times K_0$ ).



Condizione di Carico Q centrato- sez. 1



Condizione di Carico Q Laterale- sez. 1

Con riferimento al par. 5.1.3.5 del DM2018, l'azione di frenatura viene presa in conto col valore:

$$F = 0.6 * 2Q_{ik} + 0.1 * q_{ik} * w * L \quad L = \text{lunghezza trasversale soletta}$$

L'azione di cui sopra, viene distribuita sulla soletta superiore dello scatolare; il valore della frenatura equivalente da applicare alla soletta ( $\tau$ ), si ottiene distribuendo il valore del carico frenante, alla lunghezza della soletta e alla larghezza di diffusione del carico, con la seguente relazione:

$$\tau = F / (L_{d, \text{long}} \times L_{d, \text{trasv}})$$

sez. N°	Hr (m)	L	F (KN)	Ld (tr) m	Ld (long) m	$\tau$ (KN/mq)
1	2.30	2.80	367.56	6.02	5.22	11.69
2	0.60	2.80	367.56	3.64	2.84	35.55
3	1.50	2.80	367.56	4.90	4.10	18.29

### 8.8 Azioni Sismiche (cond. di carico 6/7)

Per il calcolo dell'azione sismica si è utilizzato il metodo dell'analisi pseudostatica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k.

- **Forze d'inerzia**

Le forze sismiche sono pertanto le seguenti:

Forza sismica orizzontale  $F_h = k_h \cdot W$

Forza sismica verticale  $F_v = k_v \cdot W$

I valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = a_{max} / g$$

$$k_v = \pm 0,5 \times k_h$$

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione:

$$a_{max} = S \cdot a = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

Nel caso specifico, in accordo a quanto già riportato al paragrafo 0 risulta:

<b>Condizione</b>	<b>Cat. di sottosuolo</b>	<b><math>a_g/g</math></b>	<b><math>S=S_s S_t</math></b>	<b><math>a_{max}/g</math></b>	<b><math>\beta_m</math></b> (-)	<b><math>K_h</math></b> (-)
SLV	E	0.339	1.12	0.38	1.00	0.38

dove:

- $a_{max}$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito,
- $\beta$  è il coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 14/01/2008).

Nel caso in esame si assume  $\beta=1$  in accordo alla teoria di Wood.

- **Spinta sismica terreno**

In corrispondenza di un evento sismico è necessario tener conto dell'amplificazione/deamplificazione delle spinte del terreno a monte e a valle dell'opera. Si trascurano gli effetti inerziali sulle masse che costituiscono la struttura di sostegno (DM 14/01/2008).

Le spinte del terreno in fase sismica, sono state determinate con la **teoria di Wood**, secondo la quale la risultante dell'incremento di spinta per effetto del sisma su una parete di altezza H viene determinata con la seguente espressione:  $\Delta S_E = K_h \cdot \gamma \cdot H^2$

L'effetto del sisma è ottenuto applicando un incremento di spinta del terreno valutato secondo la teoria di Wood, agente direttamente sulla paratia secondo una distribuzione uniforme sull'intera altezza dell'opera. Utilizzando la formulazione seguente:

$$\Delta P_d = \frac{a_g}{g} \cdot S \gamma \cdot H^2 = E$$

Dove  $\gamma$  rappresenta il peso del volume di terreno che interagisce con l'opera,  $H$  rappresenta l'altezza totale dell'opera (comprensiva del tratto infisso),  $S$  è il coeff. di amplificazione locale mentre  $a_g$  è la PGA.

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 34 DI 157
-----------------------------------	--	-------------------

## 8.9 Approcci progettuali e metodi di verifica

Come prescritto dal DM 17/01/2018 è stato adottato l'Approccio Progettuale 1 con le combinazioni di coefficienti parziali (tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I del DM 17/01/2018):

- combinazione 1:  $A1 + M1 + R1$
- combinazione 2:  $A2 + M2 + R1$ .

Il dimensionamento geotecnico dell'opera è stato condotto con la verifica di stati limite ultimi GEO, applicando la Combinazione 2 ( $A2+M2+R1$ ). Per le verifiche di stati limite ultimi STR l'analisi è stata condotta la combinazione 1 ( $A1+M1+R1$ ), applicando i coefficienti parziali  $A1$  all'effetto delle azioni. Le verifiche in condizioni sismiche sono state condotte con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV). Per le verifiche in condizioni sismiche i coefficienti parziali sulle azioni sono pari all'unità.

## 8.10 Combinazioni di carico

Sulla base della definizione dei carichi di cui sopra, in accordo a quanto prescritto dal DM 1/01/2018, sono state individuate le combinazioni di carico per le verifiche di stati limite ultimi e di esercizio in condizioni statiche e in condizioni sismiche.

- combinazione fondamentale (SLU)
- combinazione sismica (SLV): il coefficiente di combinazione per il carico variabile  $Q_1$  è pari a 0
- coefficienti di partecipazione  $\Psi$  per carichi di tipo variabile:

Variabili da traffico:  $\Psi_0 = 0.75$   $\Psi_1 = 0.75$   $\Psi_2 = 0.00$

Azioni Termiche:  $\Psi_0 = 0.60$   $\Psi_1 = 0.60$   $\Psi_2 = 0.50$

Per un riepilogo delle Combinazioni di Calcolo considerate nelle analisi si rimanda ai tabulati di calcolo in allegato.

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 35 DI 157
-----------------------------------	--	-------------------

## 9. CODICI DI CALCOLO

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

- "SCAT- ver 14" (Analisi e Calcolo Strutture Scatolari) prodotto e distribuito dalla Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS) specifico da licenza n° AIU5041GP intestata a PROGIN SPA - CENTRO DIREZIONALE DI NAPOLI ISOLA F4 - 80143 NAPOLI);
- "MAX - ver 15" (Analisi e Calcolo Muri di Sostegno) prodotto e distribuito dalla Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS) specifico da licenza n° AIU5041GP intestata a PROGIN SPA - CENTRO DIREZIONALE DI NAPOLI ISOLA F4 - 80143 NAPOLI);
- "PresFle+ ver 5.15" (Verifiche di sezioni in cemento armato) prodotto e distribuito dalla Concrete srl, identificato nello specifico da licenza n° 4552054 intestata a PROGIN SPA - CENTRO DIREZIONALE DI NAPOLI ISOLA F4 - 80143 NAPOLI);
- "Fogli di Calcolo Excel Autoprodotti".

### 9.1 AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO

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

### 9.2 INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE

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

### 9.3 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 36 DI 157
-----------------------------------	--	-------------------

valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

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

## 10. RISULTATI, ANALISI E VERIFICHE TOMBINO TM04 -SEZ.1-1

Di seguito di riporta una descrizione della modellazione effettuata mediante ausilio del software di calcolo SCAT v.11 prodotto dalla AZTEC Informativa, con una descrizione del modello strutturale implementato, sollecitazioni di calcolo ottenute e risultati delle verifiche effettuate la sez.1 avente unon spessore di ricoprimento pari a 2.3m.

### 10.1 MODELLO DI CALCOLO

Di seguito si riporta una descrizione del modello geometrico/geotecnico considerato ai fini del dimensionamento:

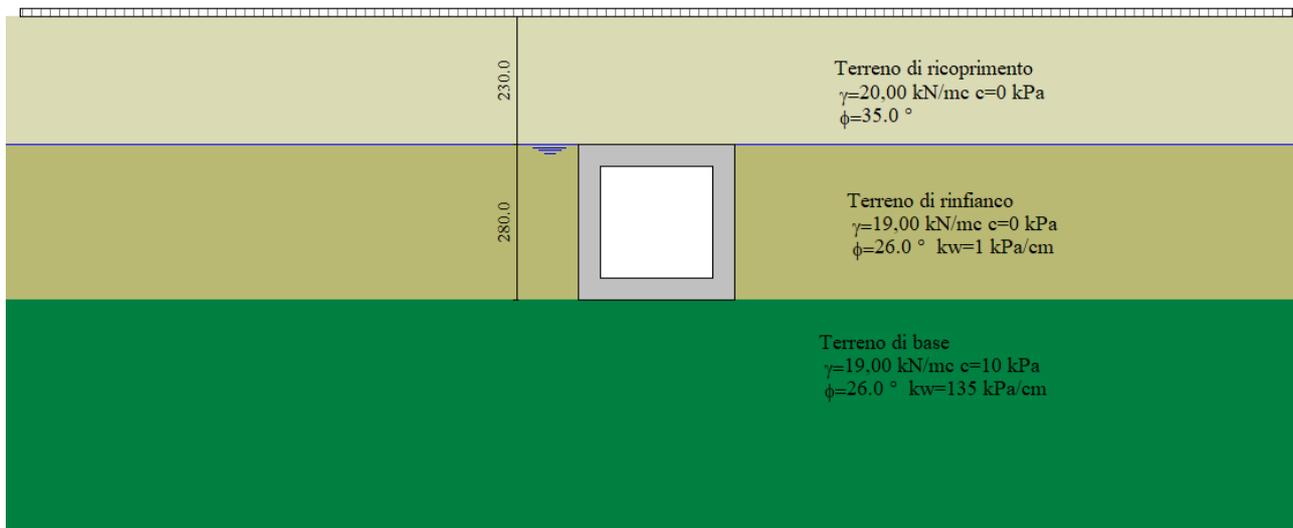


Figura 8:Modello Geometrico Geotecnico di Riferimento – 1/2

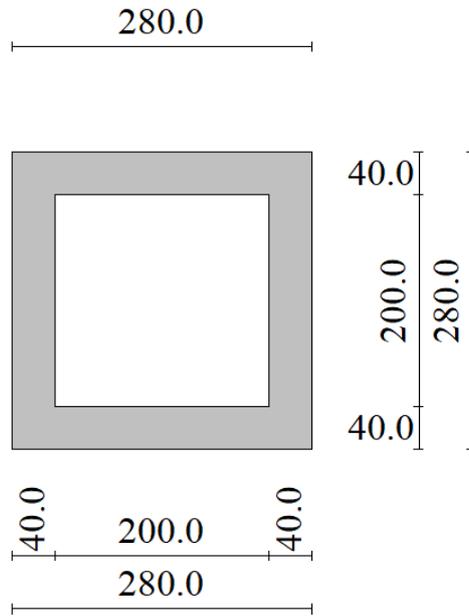


Figura 9: Modello Geometrico Geotecnico di Riferimento – 2/2

## 10.2 SOLLECITAZIONI DI CALCOLO

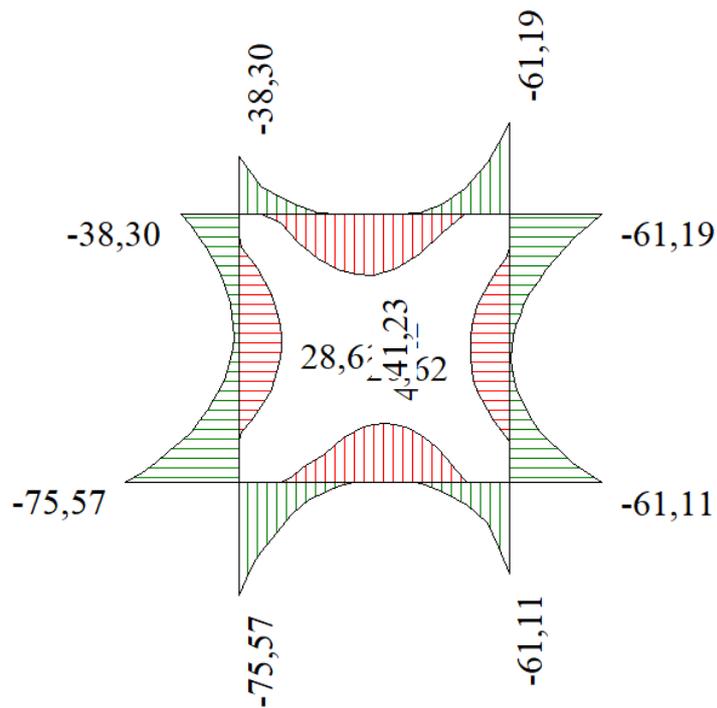


Figura 10: Involuppo diagrammi del momento flettente – SLU statico e sismico

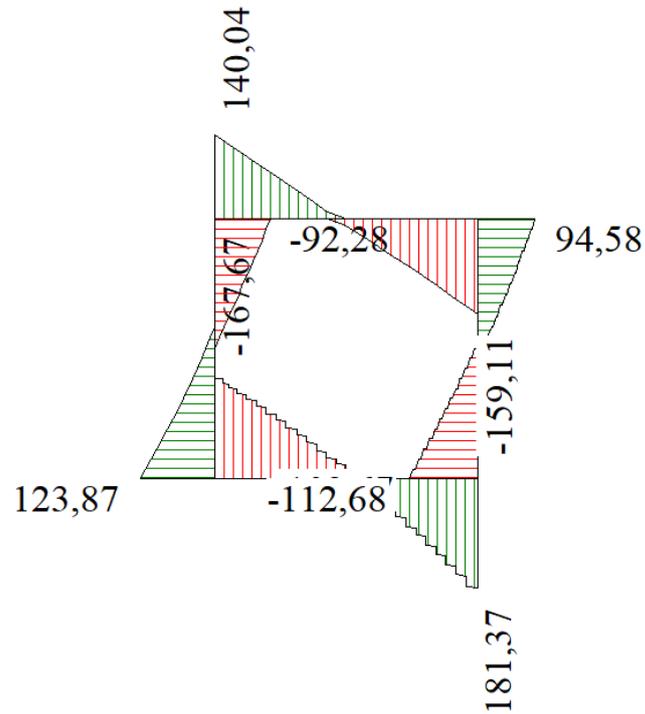


Figura 11: Involuppo diagrammi del taglio – SLU statico e sismico

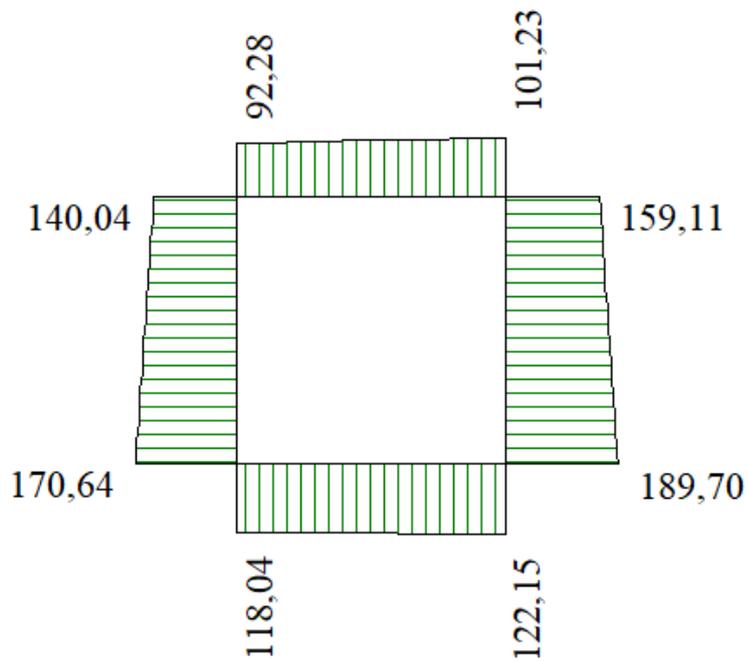


Figura 12: Involuppo diagrammi dello sforzo normale – SLU statico e sismico

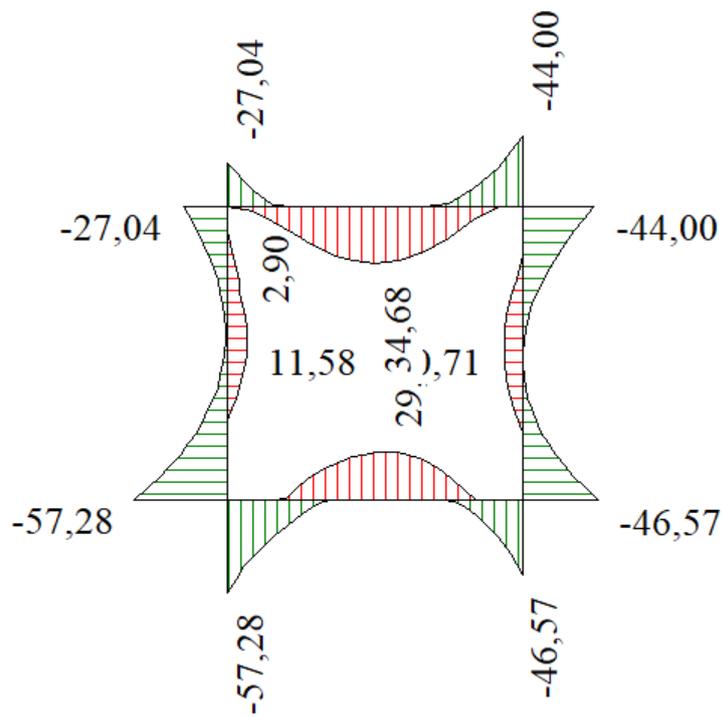


Figura 13: Involuppo diagrammi del momento flettente – SLE

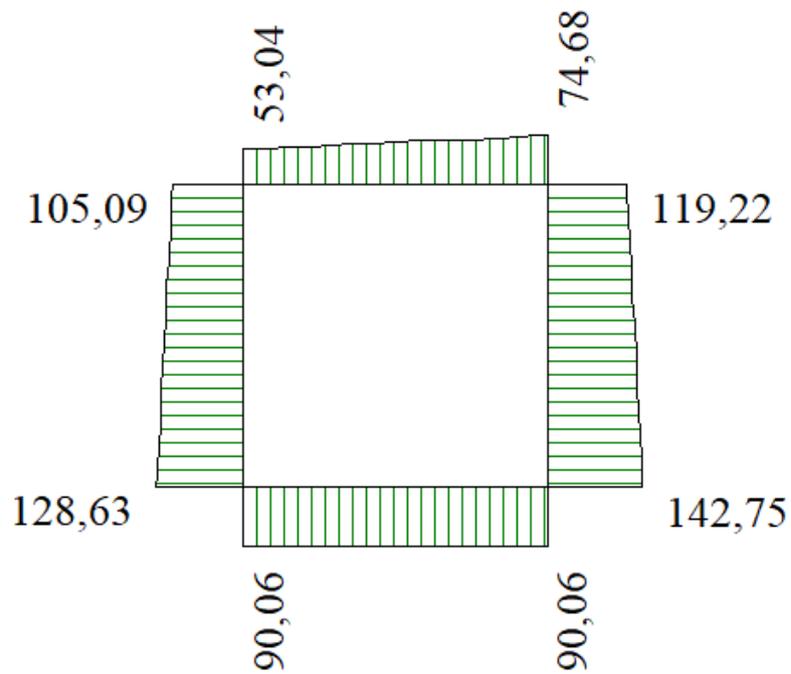


Figura 14: Involuppo diagrammi dello sforzo normale – SLE

### 10.3 ARMATURE DI PROGETTO

Nella tabella seguente si riportano le armature di progetto previste per la sezione di calcolo in questione, come desumibili dagli elaborati grafici di armatura delle opere relative:

Elemento	Armatura a flessione		Armatura a taglio
	Af 1	Af 2	Af t
TRAVERSO	Φ14/20 cm	Φ14/20 cm	Spilli Φ10/40x40 cm
PIEDRITTI	Φ14/20 cm	Φ14/20 cm	Spilli Φ10/40x40 cm
FONDAZIONE	Φ14/20 cm	Φ14/20 cm	Spilli Φ10/40x40 cm
<b>Af1 : Armatura lato esterno (terreno)</b>			
<b>Af1 : Armatura lato interno</b>			

Si dispongono inoltre ferri ripartitori Φ10/20 cm e spilli Φ10/40x20 cm

#### 10.4 VERIFICHE DI RESISTENZA E DI ESERCIZIO

Sia le verifiche a pressoflessione che a taglio sono state eseguite manualmente attraverso l'ausilio di fogli di calcolo strutturati sulla base delle NTC2018 e mediante software di calcolo PresFle+ ver 5.15 sulla base dell'involuppo dei diagrammi delle sollecitazioni. Si riportano i risultati relativi alla verifica a pressoflessione per la sezione più sollecitata del traverso, dei piedritti e della fondazione. Nelle verifiche è stato considerato un copriferro (distanza bordo della sezione all'asse del ferro longitudinale) pari a 7.0cm e un calcestruzzo di classe C32/40 avente resistenza di progetto pari a  $f_{cd}=18.8\text{MPa}$ .

GEOMETRIA								VERIFICA A PRESSOFLESSIONE		
Elemento		b	h	$M_{ed}$	$N_{Ed,min}$	Armature	c	d	$M_{Rd}$	FS
		[mm]	[mm]	[kNm]	[kN]		[mm]	[mm]	[kNm]	[-]
Piedritti	monte(interno)	1000	400	75,6		φ14/20	70	330	103,0	1,36
	valle (terreno)					φ14/20	70			
Fondazione	Superiore	1000	400	75,6		φ14/20	70	330	103,0	1,36
	Inferiore					φ14/20	70			
Traverso	Superiore	1000	400	61,2		φ14/20	70	330	103,0	1,68
	Inferiore					φ14/20	70			

Tabella 9: verifica a pressoflessione

Le sollecitazioni taglianti sono valutate a filo elementi e sono intese come involuppo tra le sollecitazioni taglianti delle varie combinazioni di calcolo considerate. Si riporta la verifica per elementi non armati a taglio

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 42 DI 157
-----------------------------------	--	-------------------

Elemento	Geometrie				Armatura long. tesa			Sollecitazioni di Calcolo		TAGLIO RESISTENTE ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO							
	b <sub>w</sub> (mm)	H (mm)	c (mm)	d (mm)	n	Ø [mm]	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	N <sub>sd</sub> (KN)	V <sub>sd</sub> (KN)	σ <sub>cp</sub> (Mpa)	ρ <sub>t</sub>	k	f <sub>ck</sub> (Mpa)	v <sub>min</sub>	V <sub>Rdmin</sub> (KN)	V <sub>Ret</sub> (KN)	F.S.
Piedritti	1000	400	70	330	5	14	769,3	0	167,67	0	0,002	1,78	33,2	0,48	157,85	139,31	0,83
Fondazione	1000	400	70	330	5	14	769,3	0	181,37	0	0,002	1,78	33,2	0,48	157,85	139,31	0,77
Traverso	1000	400	70	330	5	14	769,3	0	140,04	0	0,002	1,78	33,2	0,48	157,85	139,31	0,99

La verifica per elementi non armati a taglio risulta essere non soddisfatta. Pertanto, si procede con la verifica per elementi armati a taglio disponendo spilli Φ12/40x20 cm in tutti gli elementi strutturali.

Elemento	Armature trasversali				Inclinazione Bielle Compresse				Taglio Compressione		Taglio Trazione		risultati	
	n <sub>b</sub>	Ø	p (mm)	A <sub>sw</sub> (mm <sup>2</sup> )	α°	θ°	ctg θ	σ <sub>cp</sub> (Mpa)	α <sub>c</sub>	f' <sub>cd</sub> (Mpa)	V <sub>Rcd</sub> (KN)	V <sub>Rsd</sub> (KN)		V <sub>rd</sub>
Paramento	2,5	10	200	196,25	90	27	2	0	1	18,81	1117,51	228,07	228,07	1,36
Fondazione	2,5	10	200	196,25	90	27	2	0	1	18,81	1117,51	228,07	228,07	1,26
Traverso	2,5	10	200	196,25	90	27	2	0	1	18,81	1117,51	228,07	228,07	1,63

Ai fini delle verifiche agli stati limite di esercizio si è provveduto a verificare che le tensioni massime nel calcestruzzo e nell'acciaio siano inferiori ai valori massimi, nonché di verificare che l'apertura delle fessure sia inferiore al valore limite di w<sub>i</sub>=0,2mm (Classe di esposizione XC4-XA1 ed armature poco sensibili) per combinazione quasi permanente e al valore limite di w<sub>i</sub>=0,3mm per la combinazione frequente.

Si riportano i risultati della verifica tensionale e a fessurazione:

Verifica delle tensioni	I <sub>p</sub> [-]	M <sub>ed</sub> [kNm]	CLS 32/40			ACCIAIO B450C		
			σ <sub>c</sub> [Mpa]	σ <sub>c,max</sub> = 0,6 f <sub>ck</sub> [Mpa]	FS	σ <sub>f</sub> [Mpa]	σ <sub>f,max</sub> = 0,8 f <sub>yk</sub> [Mpa]	FS
combinazione rara	pedritti	57,3	10,0	19,2	1,92	200,0	360,0	1,80
	fondazione	57,3	10,0	19,2	1,92	200,0	360,0	1,80
	traverso	44,0	9,2	19,2	2,09	175,0	360,0	2,06

Tabella 10: verifica tensionale- combinazione rara

Verifica delle tensioni	I <sub>p</sub> [-]	M <sub>ed</sub> [kNm]	CLS 32/40		
			σ <sub>c</sub> [Mpa]	σ <sub>c,max</sub> = 0,45 f <sub>ck</sub> [Mpa]	FS
combinazione quasi permanente	pedritti	57,3	10,0	14,4	1,44
	fondazione	57,3	10,0	14,4	1,44
	traverso	44,0	9,2	14,4	1,57

Tabella 11: verifica tensionale-combinazione quasi permanente

Le sezioni risultano essere non fessurate.

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 43 DI 157
-----------------------------------	--	-------------------

## 10.5 VERIFICHE GEOTECNICHE

La verifica a carico limite è stata eseguita in automatico dal software di calcolo attraverso l'utilizzo di della formula di Meyerhof. Si riporta la verifica a carico limite per le diverse combinazioni allo SLU.

### Simbologia adottata

<i>IC</i>	Indice della combinazione
<i>N<sub>c</sub>, N<sub>q</sub>, N<sub>γ</sub></i>	Fattori di capacità portante
<i>N<sub>c</sub>, N<sub>q</sub>, N<sub>γ</sub></i>	Fattori di capacità portante corretti per effetto forma, inclinazione del carico, affondamento, etc.
<i>q<sub>u</sub></i>	Portanza ultima del terreno, espressa in [kPa]
<i>Q<sub>U</sub></i>	Portanza ultima del terreno, espressa in [kN]/m
<i>Q<sub>Y</sub></i>	Carico verticale al piano di posa, espressa in [kN]/m
<i>FS</i>	Fattore di sicurezza a carico limite

IC	N <sub>c</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>γ</sub>	N' <sub>c</sub>	N' <sub>q</sub>	N' <sub>γ</sub>	q <sub>u</sub>	Q <sub>U</sub>	Q <sub>Y</sub>	FS
1	22,25	11,85	8	38,6	16,04	10,83	1676	4693,28	163,71	28,67
2	22,25	11,85	8	31,09	13,51	6,45	1244	3483,17	305,27	11,41
3	22,25	11,85	8	21,18	9,21	0,51	744	2083,82	192,87	10,8
4	22,25	11,85	8	20,86	9,07	0,42	689	1928,93	185,58	10,39
5	22,25	11,85	8	30,57	13,28	6,01	1204	3371,09	269,88	12,49
6	22,25	11,85	8	30,57	13,28	6,01	1204	3371,15	269,88	12,49
7	22,25	11,85	8	9,63	4,18	4,39	424	1187,71	142,06	8,36
8	22,25	11,85	8	6,54	2,84	9,72	361	1010,66	106,26	9,51
9	22,25	11,85	8	9,63	4,18	4,39	424	1187,63	142,06	8,36
10	22,25	11,85	8	6,54	2,84	9,72	361	1010,57	106,26	9,51

## 11. RISULTATI, ANALISI E VERIFICHE TOMBINO TM04 -SEZ.2-2

Di seguito di riporta una descrizione della modellazione effettuata mediante ausilio del software di calcolo SCAT v.11 prodotto dalla AZTEC Informativa, con una descrizione del modello strutturale implementato, sollecitazioni di calcolo ottenute e risultati delle verifiche effettuate la sez.2 avente uno spessore di ricoprimento pari a 0.60m.

### 11.1 MODELLO DI CALCOLO

Di seguito si riporta una descrizione del modello geometrico/geotecnico considerato ai fini del dimensionamento:

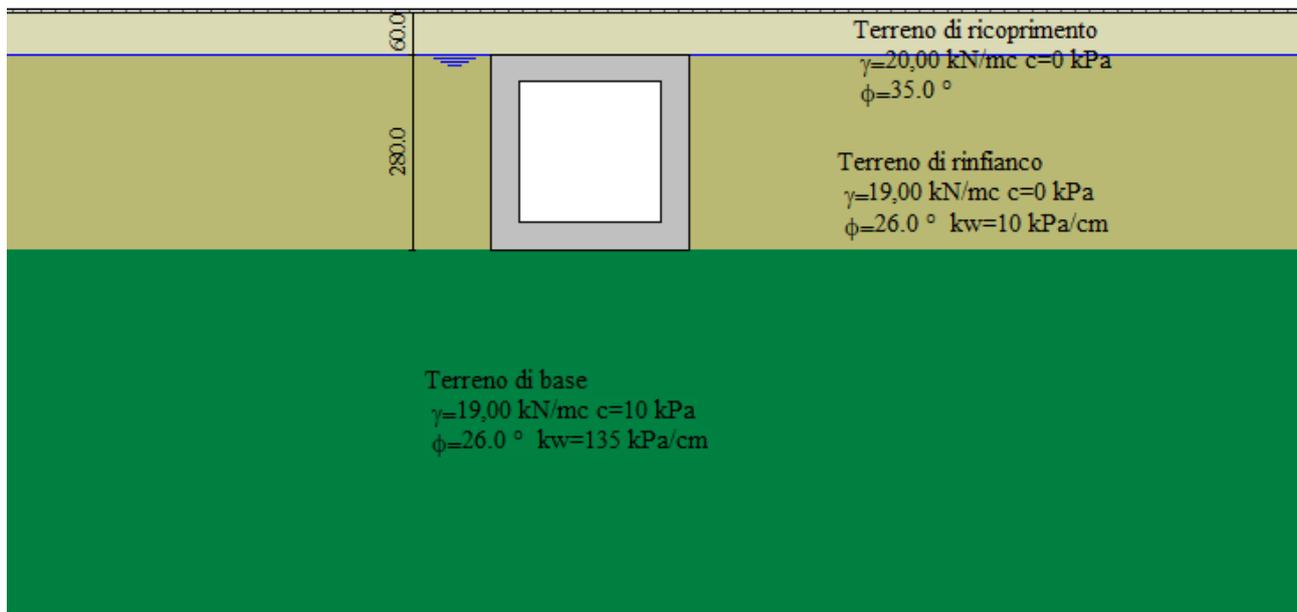


Figura 15:Modello Geometrico Geotecnico di Riferimento – 1/2

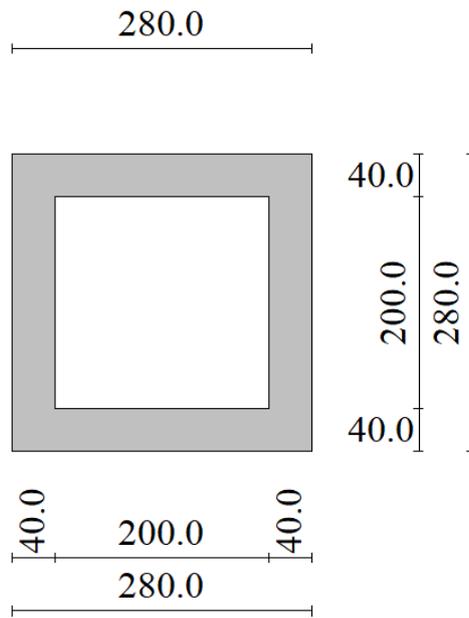


Figura 16: Modello Geometrico Geotecnico di Riferimento – 2/2

## 11.2 SOLLECITAZIONI DI CALCOLO

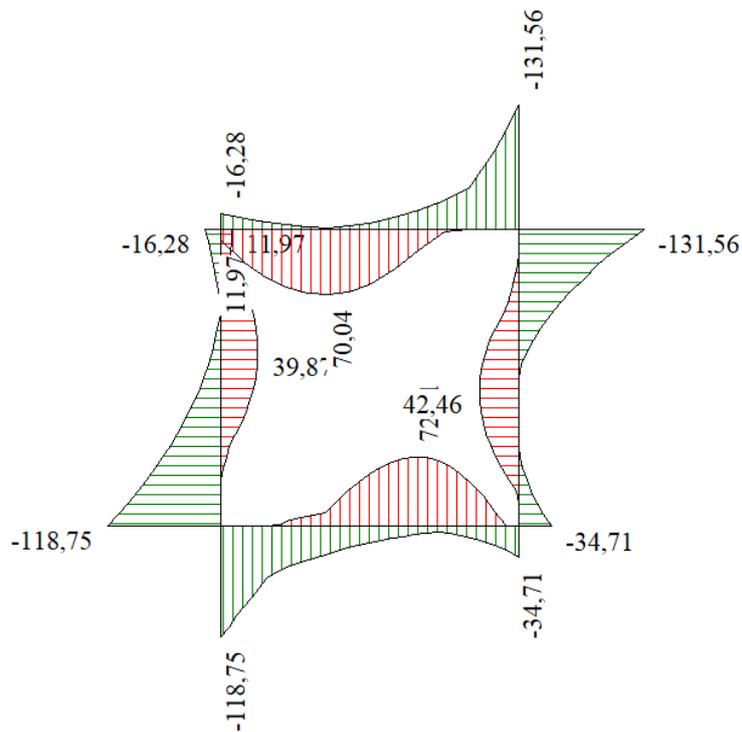


Figura 17: Involuppo diagrammi del momento flettente – SLU statico e sismico

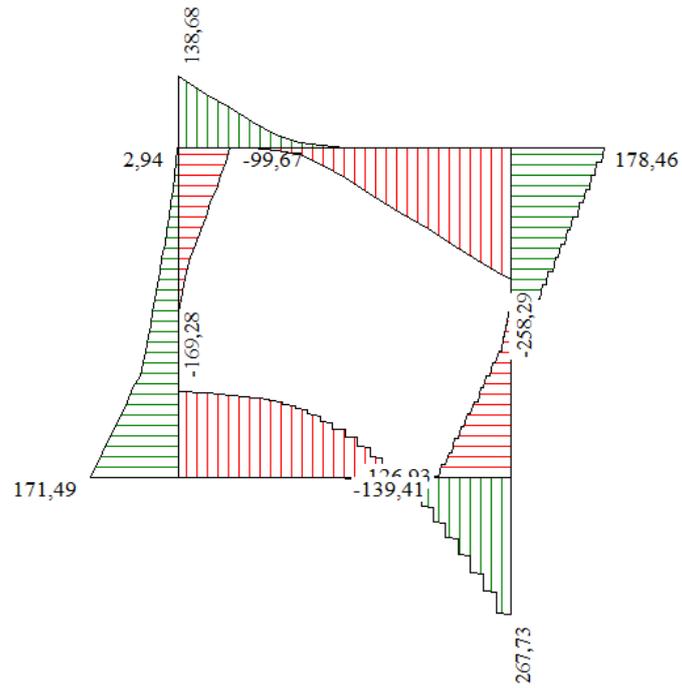


Figura 18: Involuppo diagrammi del taglio – SLU statico e sismico

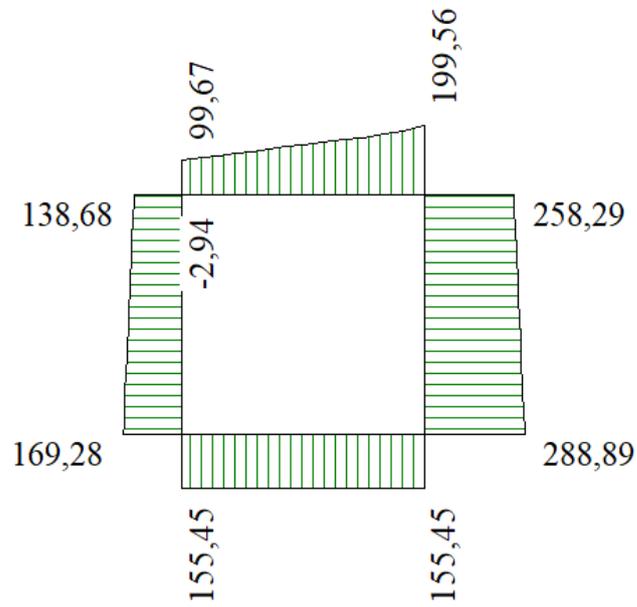


Figura 19: Involuppo diagrammi dello sforzo normale – SLU statico e sismico

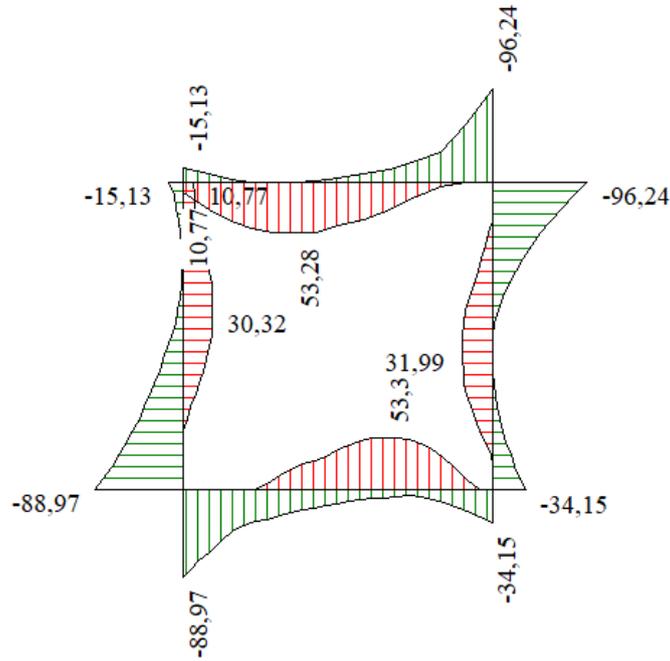


Figura 20: Involuppo diagrammi del momento flettente – SLE

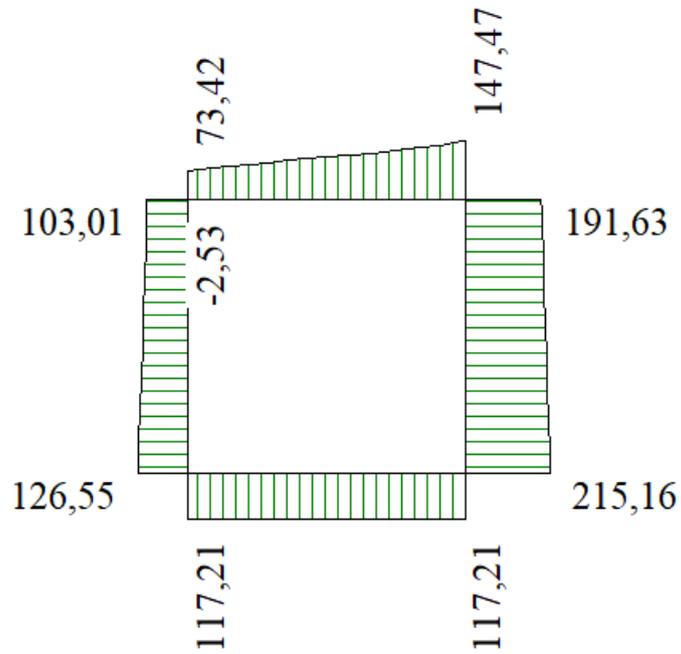


Figura 21: Involuppo diagrammi dello sforzo normale – SLE

### 11.3 ARMATURE DI PROGETTO

Nella tabella seguente si riportano le armature di progetto previste per la sezione di calcolo in questione, come desumibili dagli elaborati grafici di armatura delle opere relative:

Elemento	Armatura a flessione		Armatura a taglio
	Af 1	Af 2	Af t
TRAVERSO	Φ14/20 cm	Φ14/20 cm	Spilli Φ10/40x40 cm
PIEDRITTI	Φ14/20 cm	Φ14/20 cm	Spilli Φ10/40x40 cm
FONDAZIONE	Φ14/20 cm	Φ14/20 cm	Spilli Φ10/40x40 cm
<b>Af1 : Armatura lato esterno (terreno)</b>			
<b>Af1 : Armatura lato interno</b>			

Si dispongono inoltre ferri ripartitori Φ12/20 cm e spilli Φ12/40x20 cm

### 11.4 VERIFICHE DI RESISTENZA E DI ESERCIZIO

Sia le verifiche a pressoflessione che a taglio sono state eseguite manualmente attraverso l'ausilio di fogli di calcolo strutturati sulla base delle NTC2018 e mediante software di calcolo PresFle+ ver 5.15 sulla base dell'involuppo dei diagrammi delle sollecitazioni. Si riportano i risultati relativi alla verifica a pressoflessione per la sezione più sollecitata del traverso, dei piedritti e della fondazione. Nelle verifiche è stato considerato un copriferro (distanza bordo della sezione all'asse del ferro longitudinale) pari a 7.0cm e un calcestruzzo di classe C32/40 avente resistenza di progetto pari a  $f_{cd}=18.8\text{MPa}$ . Le sollecitazioni sono state valutate a filo elemento strutturale.

GEOMETRIA							VERIFICA A PRESSOFLESSIONE			
Elemento		b	h	$M_{ed}$	$N_{Ed,min}$	Armature	c	d	$M_{Rd}$	FS
		[mm]	[mm]	[kNm]	[kN]		[mm]	[mm]	[kNm]	[-]
Piedritti	monte(interno)	1000	400	113,0		φ14/20	70	330	133,4	1,18
	valle (terreno)					φ14/20	70			
Fondazione	Superiore	1000	400	118,8		φ14/20	70	330	130,3	1,10
	Inferiore					φ14/20	70			
Traverso	Superiore	1000	400	106,6		φ14/20	70	330	136,0	1,28
	Inferiore					φ14/20	70			

Tabella 12: verifica a pressoflessione

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 49 DI 157
-----------------------------------	--	-------------------

Le sollecitazioni taglianti sono valutate a filo elementi e sono intese come involucro tra le sollecitazioni taglianti delle varie combinazioni di calcolo considerate. Si riporta la verifica per elementi non armati a taglio

Elemento	Geometrie				Armatura long. tesa			Sollecitazioni di Calcolo		TAGLIO RESISTENTE ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO							
	b <sub>w</sub> (mm)	H (mm)	c (mm)	d (mm)	n	Ø [mm]	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	N <sub>sd</sub> (KN)	V <sub>sd</sub> (KN)	σ <sub>cp</sub> (Mpa)	ρ <sub>t</sub>	k	f <sub>ck</sub> (Mpa)	v <sub>min</sub>	V <sub>Rdmin</sub> (KN)	V <sub>Ret</sub> (KN)	F.S.
Piedritti	1000	400	70	330	5	14	769,3	0	171,49	0	0,002	1,78	33,2	0,48	157,85	139,31	0,81
Fondazione	1000	400	70	330	5	14	769,3	0	267,73	0	0,002	1,78	33,2	0,48	157,85	139,31	0,52
Traverso	1000	400	70	330	5	14	769,3	0	258,29	0	0,002	1,78	33,2	0,48	157,85	139,31	0,54

La verifica per elementi non armati a taglio risulta essere non soddisfatta. Pertanto, si procede con la verifica per elementi armati a taglio disponendo spilli Ø12/40x20 cm in tutti gli elementi strutturali.

Elemento	Armature trasversali				Inclinazione Bielle Compresse				Taglio Compressione		Taglio Trazione		risultati	
	n <sub>b</sub>	Ø	p (mm)	A <sub>sw</sub> (mm <sup>2</sup> )	α°	θ°	ctg θ	σ <sub>cp</sub> (Mpa)	α <sub>c</sub>	f' <sub>cd</sub> (Mpa)	V <sub>Rcd</sub> (KN)	V <sub>Rsd</sub> (KN)	V <sub>rd</sub>	F.S.
Paramento	2,5	12	200	282,6	90	27	2	0	1	18,81	1117,51	328,43	328,43	1,92
Fondazione	2,5	12	200	282,6	90	27	2	0	1	18,81	1117,51	328,43	328,43	1,23
Traverso	2,5	12	200	282,6	90	27	2	0	1	18,81	1117,51	328,43	328,43	1,27

Ai fini delle verifiche agli stati limite di esercizio si è provveduto a verificare che le tensioni massime nel calcestruzzo e nell'acciaio siano inferiori ai valori massimi, nonché di verificare che l'apertura delle fessure sia inferiore al valore limite di w<sub>1</sub>=0,2mm (Classe di esposizione XC4-XA1 ed armature poco sensibili) per combinazione quasi permanente e al valore limite di w<sub>1</sub>=0,3mm per la combinazione frequente.

Si riportano i risultati della verifica tensionale e a fessurazione:

Verifica delle tensioni	I <sub>p</sub> [-]	M <sub>ed</sub> [kNm]	CLS 32/40			ACCIAIO B450C		
			σ <sub>c</sub> [Mpa]	σ <sub>c,max</sub> = 0,6 f <sub>ck</sub> [Mpa]	FS	σ <sub>f</sub> [Mpa]	σ <sub>f,max</sub> = 0,8 f <sub>yk</sub> [Mpa]	FS
combinazione rara	piedritti	77,7	9,3	19,2	2,07	232,3	360,0	1,55
	fondazione	72,3	8,3	19,2	2,31	180,4	360,0	2,00
	traverso	77,7	9,3	19,2	2,06	268,7	360,0	1,34

Tabella 13: verifica tensionale- combinazione rara

Verifica delle tensioni	I <sub>p</sub>	M <sub>ed</sub>	CLS 32/40		
			σ <sub>c</sub>	σ <sub>c,max</sub> = 0,45 f <sub>ck</sub>	FS
			[-]	[kNm]	[Mpa]
combinazione quasi permanente	pedritti	77,7	9,3	14,4	1,55
	fondazione	72,3	8,3	14,4	1,73
	trasverso	77,7	9,3	14,4	1,55

Tabella 14: verifica tensionale-combinazione quasi permanente

Le sezioni risultano essere non fessurate.

## 11.5 VERIFICHE GEOTECNICHE

La verifica a carico limite è stata eseguita in automatico dal software di calcolo attraverso l'utilizzo di della formula di Meyerhof. Si riporta la verifica a carico limite per le diverse combinazioni allo SLU.

### Simbologia adottata

IC	Indice della combinazione
N <sub>c</sub> , N <sub>q</sub> , N <sub>γ</sub>	Fattori di capacità portante
N <sub>c</sub> , N <sub>q</sub> , N <sub>γ</sub>	Fattori di capacità portante corretti per effetto forma, inclinazione del carico, affondamento, etc.
q <sub>u</sub>	Portanza ultima del terreno, espressa in [kPa]
Q <sub>U</sub>	Portanza ultima del terreno, espressa in [kN]/m
Q <sub>V</sub>	Carico verticale al piano di posa, espressa in [kN]/m
FS	Fattore di sicurezza a carico limite

IC	N <sub>c</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>γ</sub>	N' <sub>c</sub>	N' <sub>q</sub>	N' <sub>γ</sub>	q <sub>u</sub>	Q <sub>U</sub>	Q <sub>V</sub>	FS
1	22,25	11,85	8	33,86	14,83	10,01	1027	2876,57	88,81	32,39
2	22,25	11,85	8	15,9	7,28	0	259	725,01	403,09	1,8
3	22,25	11,85	8	2,48	1,13	20,98	136	379,86	117,97	3,22
4	22,25	11,85	8	2,4	1,1	21,44	110	308,37	110,68	2,79
5	22,25	11,85	8	15,12	6,93	0,02	236	661,86	324,52	2,04
6	22,25	11,85	8	15,12	6,93	0,02	236	661,98	324,52	2,04
7	22,25	11,85	8	7,28	3,34	5,84	256	717,59	84,45	8,5
8	22,25	11,85	8	3,17	1,45	17,5	277	775,82	48,65	15,95
9	22,25	11,85	8	7,28	3,34	5,84	256	716,87	84,45	8,49
10	22,25	11,85	8	3,17	1,45	17,5	277	774,39	48,65	15,92

## 12. RISULTATI, ANALISI E VERIFICHE TOMBINO TM04 -SEZ.3-3

Di seguito di riporta una descrizione della modellazione effettuata mediante ausilio del software di calcolo SCAT v.11 prodotto dalla AZTEC Informativa, con una descrizione del modello strutturale implementato, sollecitazioni di calcolo ottenute e risultati delle verifiche effettuate la sez.3 avente uno spessore di ricoprimento pari a 1.50m.

### 12.1 MODELLO DI CALCOLO

Di seguito si riporta una descrizione del modello geometrico/geotecnico considerato ai fini del dimensionamento:

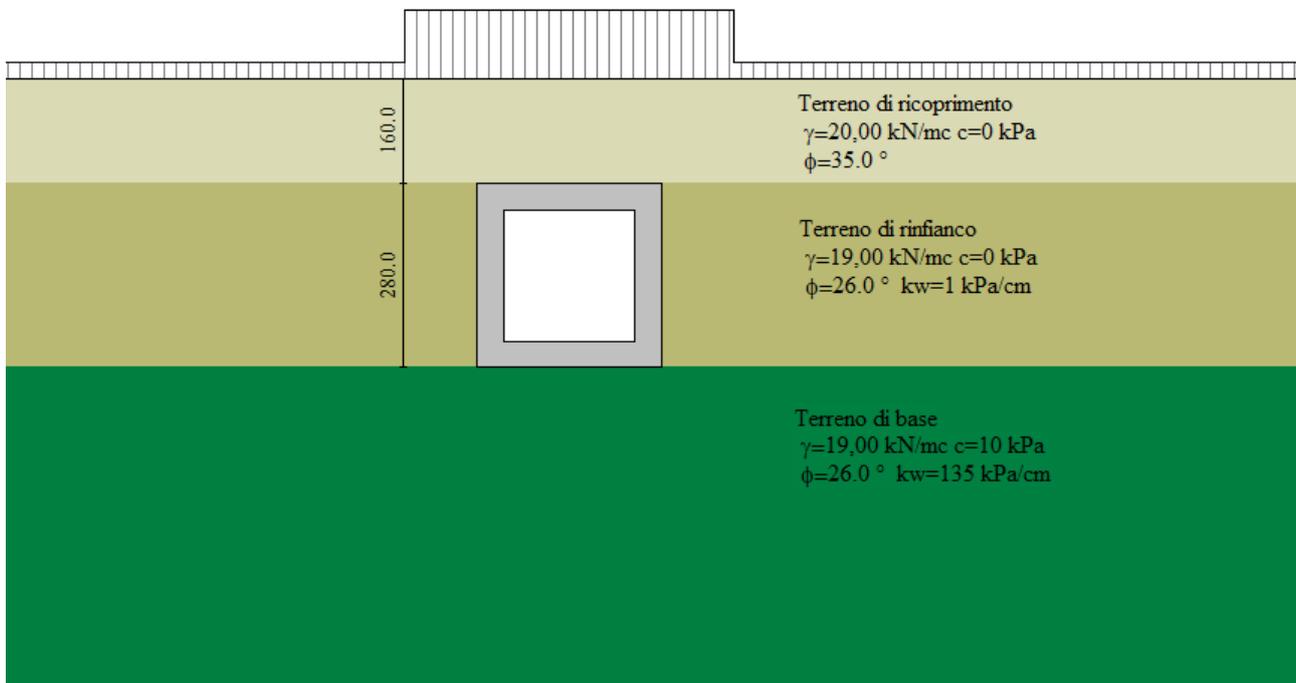


Figura 22:Modello Geometrico Geotecnico di Riferimento – 1/2

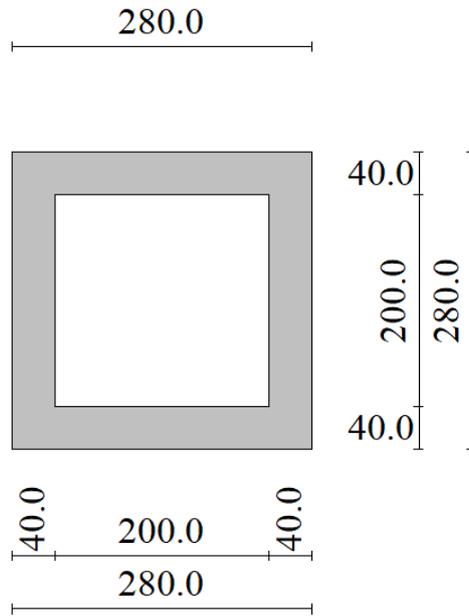


Figura 23: Modello Geometrico Geotecnico di Riferimento – 2/2

## 12.2 SOLLECITAZIONI DI CALCOLO

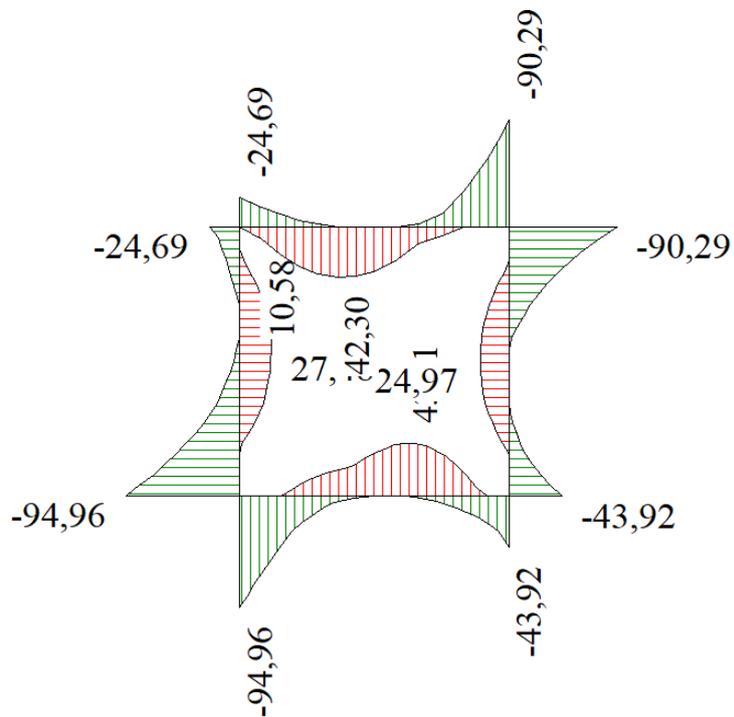


Figura 24: Involuppo diagrammi del momento flettente – SLU statico e sismico

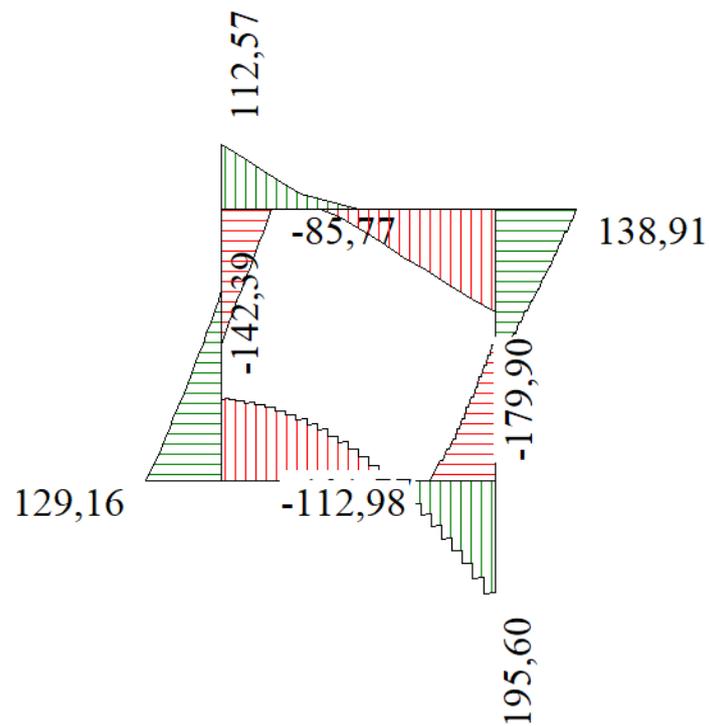


Figura 25: Involuppo diagrammi del taglio – SLU statico e sismico

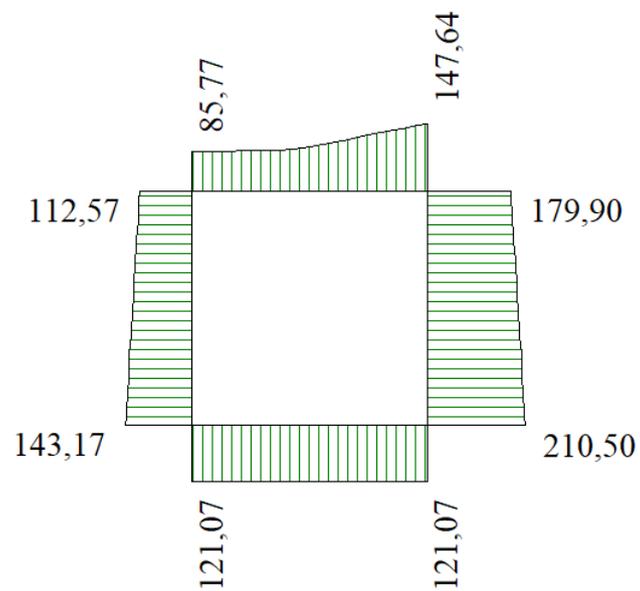


Figura 26: Involuppo diagrammi dello sforzo normale – SLU statico e sismico

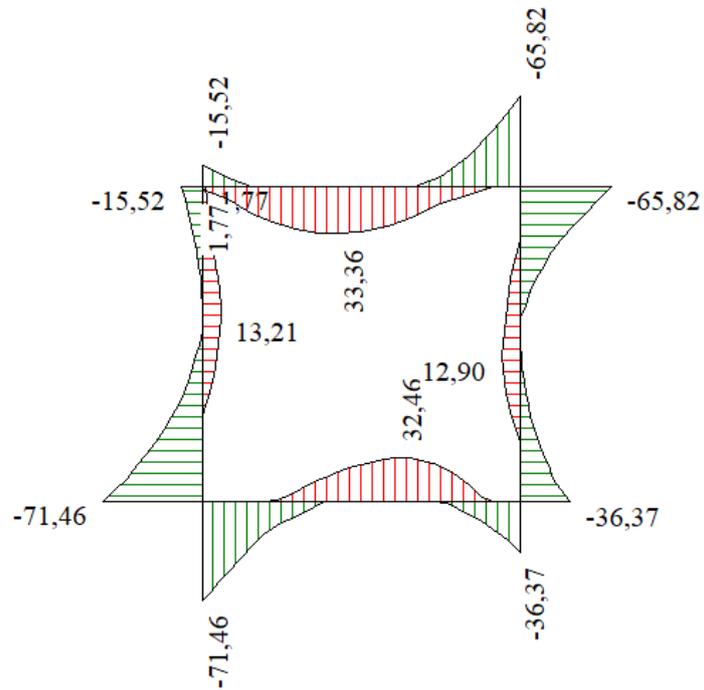


Figura 27: Involuppo diagrammi del momento flettente – SLE

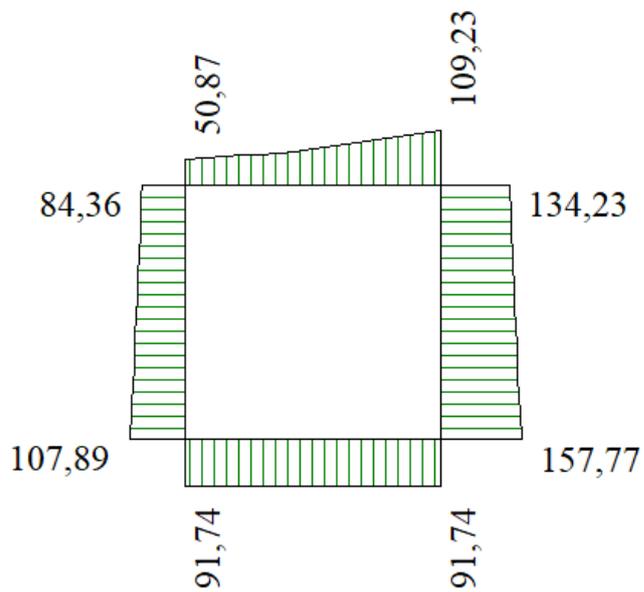


Figura 28: Involuppo diagrammi dello sforzo normale – SLE

### 12.3 ARMATURE DI PROGETTO

Nella tabella seguente si riportano le armature di progetto previste per la sezione di calcolo in questione, come desumibili dagli elaborati grafici di armatura delle opere relative:

Elemento	Armatura a flessione		Armatura a taglio
	Af 1	Af 2	Af t
TRAVERSO	Φ14/20 cm	Φ14/20 cm	Spilli Φ10/40x40 cm
PIEDRITTI	Φ14/20 cm	Φ14/20 cm	Spilli Φ10/40x40 cm
FONDAZIONE	Φ14/20 cm	Φ14/20 cm	Spilli Φ10/40x40 cm
<b>Af1 : Armatura lato esterno (terreno)</b>			
<b>Af1 : Armatura lato interno</b>			

Si dispongono inoltre ferri ripartitori Φ12/20 cm e spilli Φ12/40x20 cm

#### 12.4 VERIFICHE DI RESISTENZA E DI ESERCIZIO

Sia le verifiche a pressoflessione che a taglio sono state eseguite manualmente attraverso l'ausilio di fogli di calcolo strutturati sulla base delle NTC2018 e mediante software di calcolo PresFle+ ver 5.15 sulla base dell'involuppo dei diagrammi delle sollecitazioni. Si riportano i risultati relativi alla verifica a pressoflessione per la sezione più sollecitata del traverso, dei piedritti e della fondazione. Nelle verifiche è stato considerato un copriferro (distanza bordo della sezione all'asse del ferro longitudinale) pari a 7.0cm e un calcestruzzo di classe C32/40 avente resistenza di progetto pari a  $f_{cd}=18.8\text{MPa}$ .

GEOMETRIA						VERIFICA A PRESSOFLESSIONE				
Elemento		b	h	$M_{ed}$	$N_{Ed,min}$	Armature	c	d	$M_{Rd}$	FS
		[mm]	[mm]	[kNm]	[kN]		[mm]	[mm]	[kNm]	[-]
Piedritti	monte(interno)	1000	400	95,0		φ14/20	70	330	103,0	1,08
	valle (terreno)					φ14/20	70			
Fondazione	Superiore	1000	400	95,0		φ14/20	70	330	103,0	1,08
	Inferiore					φ14/20	70			
Traverso	Superiore	1000	400	90,3		φ14/20	70	330	103,0	1,14
	Inferiore					φ14/20	70			

Tabella 15: verifica a pressoflessione

Le sollecitazioni taglianti sono valutate a filo elementi e sono intese come involuppo tra le sollecitazioni taglianti delle varie combinazioni di calcolo considerate. Si riporta la verifica per elementi non armati a taglio

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 56 DI 157
-----------------------------------	--	-------------------

Elemento	Geometrie				Armatura long. tesa			Sollecitazioni di Calcolo		TAGLIO RESISTENTE ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO							
	b <sub>w</sub> (mm)	H (mm)	c (mm)	d (mm)	n	Ø [mm]	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	N <sub>sd</sub> (KN)	V <sub>sd</sub> (KN)	σ <sub>cp</sub> (Mpa)	ρ <sub>l</sub>	k	f <sub>ck</sub> (Mpa)	v <sub>min</sub>	V <sub>Rdmin</sub> (KN)	V <sub>Rct</sub> (KN)	F.S.
Piedritti	1000	400	70	330	5	14	769,3	0	138,91	0	0,002	1,78	33,2	0,48	157,85	139,31	1,00
Fondazione	1000	400	70	330	5	14	769,3	0	195,60	0	0,002	1,78	33,2	0,48	157,85	139,31	0,71
Traverso	1000	400	70	330	5	14	769,3	0	179,90	0	0,002	1,78	33,2	0,48	157,85	139,31	0,77

La verifica per elementi non armati a taglio risulta essere non soddisfatta. Pertanto, si procede con la verifica per elementi armati a taglio disponendo spilli Φ12/40x20 cm in tutti gli elementi strutturali.

Elemento	Armature trasversali				Inclinazione Bielle Compresse				Taglio Compressione		Taglio Trazione		risultati	
	n <sub>b</sub>	Ø	p (mm)	A <sub>sw</sub> (mm <sup>2</sup> )	α°	θ°	ctg θ	σ <sub>cp</sub> (Mpa)	α <sub>c</sub>	f' <sub>cd</sub> (Mpa)	V <sub>Rcd</sub> (KN)	V <sub>Rsd</sub> (KN)		V <sub>rd</sub>
Paramento	2,5	12	200	282,6	90	27	2	0	1	18,81	1117,51	328,43	328,43	2,36
Fondazione	2,5	12	200	282,6	90	27	2	0	1	18,81	1117,51	328,43	328,43	1,68
Traverso	2,5	12	200	282,6	90	27	2	0	1	18,81	1117,51	328,43	328,43	1,83

Ai fini delle verifiche agli stati limite di esercizio si è provveduto a verificare che le tensioni massime nel calcestruzzo e nell'acciaio siano inferiori ai valori massimi, nonché di verificare che l'apertura delle fessure sia inferiore al valore limite di w<sub>1</sub>=0,2mm (Classe di esposizione XC4-XA1 ed armature poco sensibili) per combinazione quasi permanente e al valore limite di w<sub>1</sub>=0,3mm per la combinazione frequente.

Si riportano i risultati della verifica tensionale e a fessurazione:

Verifica delle tensioni	I <sub>p</sub> [-]	M <sub>ed</sub> [kNm]	CLS 32/40			ACCIAIO B450C		
			σ <sub>c</sub> [Mpa]	σ <sub>c,max</sub> = 0,6 f <sub>ck</sub> [Mpa]	FS	σ <sub>f</sub> [Mpa]	σ <sub>f,max</sub> = 0,8 f <sub>yk</sub> [Mpa]	FS
combinazione rara	pedritti	71,5	8,3	19,2	2,32	186,0	360,0	1,94
	fondazione	71,5	8,7	19,2	2,21	230,0	360,0	1,57
	traverso	65,8	7,9	19,2	2,45	195,0	360,0	1,85

Tabella 16: verifica tensionale- combinazione rara

Verifica delle tensioni	I <sub>p</sub>	M <sub>ed</sub>	CLS 32/40		
			σ <sub>c</sub>	σ <sub>c,max</sub> = 0,45 f <sub>ck</sub>	FS
			[-]	[kNm]	[Mpa]
combinazione quasi permanente	pedritti	71,5	8,3	14,4	1,73
	fondazione	71,5	8,7	14,4	1,66
	trasverso	65,8	7,9	14,4	1,82

Tabella 17: verifica tensionale-combinazione quasi permanente

Le sezioni risultano essere non fessurate.

## 12.5 VERIFICHE GEOTECNICHE

La verifica a carico limite è stata eseguita in automatico dal software di calcolo attraverso l'utilizzo di della formula di Meyerhof. Si riporta la verifica a carico limite per le diverse combinazioni allo SLU.

### Simbologia adottata

IC	Indice della combinazione
N <sub>c</sub> , N <sub>q</sub> , N <sub>γ</sub>	Fattori di capacità portante
N <sub>c</sub> , N <sub>q</sub> , N <sub>γ</sub>	Fattori di capacità portante corretti per effetto forma, inclinazione del carico, affondamento, etc.
q <sub>u</sub>	Portanza ultima del terreno, espressa in [kPa]
Q <sub>U</sub>	Portanza ultima del terreno, espressa in [kN]/m
Q <sub>V</sub>	Carico verticale al piano di posa, espressa in [kN]/m
FS	Fattore di sicurezza a carico limite

IC	N <sub>c</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>γ</sub>	N' <sub>c</sub>	N' <sub>q</sub>	N' <sub>γ</sub>	q <sub>u</sub>	Q <sub>U</sub>	Q <sub>V</sub>	FS
1	22,25	11,85	8	36,65	15,54	10,49	1970	5515,95	222,26	24,82
2	22,25	11,85	8	23,22	10,3	1,79	874	2446,8	384,26	6,37
3	22,25	11,85	8	17,34	7,69	0,01	680	1904,17	251,42	7,57
4	22,25	11,85	8	17,4	7,72	0,01	637	1784,12	244,13	7,31
5	22,25	11,85	8	23,61	10,47	2	904	2531,97	343,76	7,37
6	22,25	11,85	8	23,61	10,47	2	904	2532,02	343,76	7,37
7	22,25	11,85	8	11,56	5,13	1,82	570	1595,79	187,1	8,53
8	22,25	11,85	8	9,1	4,03	4,32	514	1440,21	151,3	9,52
9	22,25	11,85	8	11,56	5,13	1,82	570	1595,71	187,1	8,53
10	22,25	11,85	8	9,1	4,03	4,32	514	1440,12	151,3	9,52

## 13. RISULTATI, ANALISI E VERIFICHE POZZETTI DI IMBOCCO/SBOCCO

Nel presente paragrafo sono illustrati i calcoli e le verifiche per i pozzetti idraulici di imbocco e sbocco del tombino TM04. In particolare, di seguito si riportano le analisi relative a 2 sezioni di calcolo:

- POZZETTO SEZ. A-A
- POZZETTO SEZ. B-B

Data la geometria non lineare delle pareti dei pozzetti, essi verranno analizzati secondo gli schemi a piastra di Bares. Si riportano in seguito le trattazioni relative.

### 13.1 GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

Per il calcolo delle pareti del pozzetto di sbocco è stato considerato uno schema a piastra incastrato su 3 lati. Si considera la condizione più gravosa rappresentata da una parete di altezza pari a 10.33m e lunghezza 3.8m per la sez. A-A e una parete di altezza pari a 5.4m e larghezza 2.8m per la sezione B-B. Lo spessore delle pareti è pari a 0.4m come illustrato in figura. Per i dettagli delle carpenterie dei manufatti si rimanda agli elaborati specifici.

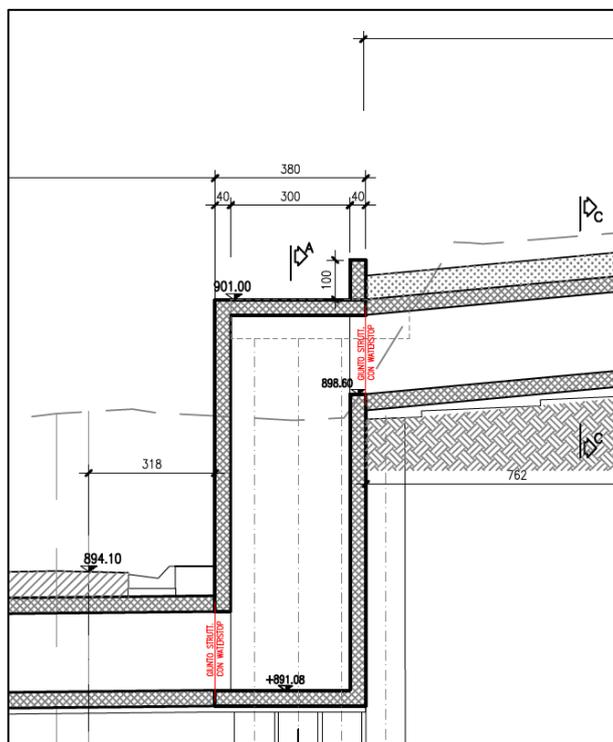


Figura 29: sezione trasversale pozzetto di sbocco\_A-A

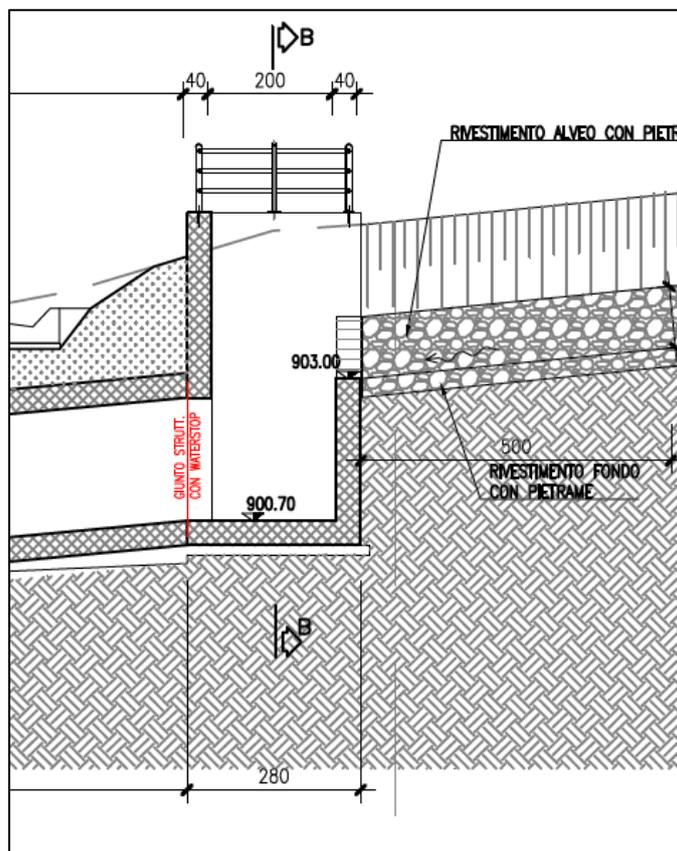


Figura 30: sezione trasversale B-B pozzetto

Si riportano le caratteristiche geometriche della parete laterale analizzata:

**geometria parete laterale**

		h	b	Sfondazione	Sparete	h/b
		[m]	[m]	[m]	[m]	[-]
<b>Sez. A-A</b>	incastro su 3 lati	10,33	3,8	0,4	0,4	2,7
<b>Sez. B-B</b>	incastro su 3 lati	5.40	2.8	0.4	0.4	1.9

**13.2 ANALISI DELLA STRUTTURA**

L'analisi della struttura è condotta con utilizzando degli schemi a piastra semplificati (Bares).

Dalla letteratura si ricavano le seguenti tabelle di calcolo in base alle dimensioni della piastra in esame, di seguito schema numerico e valori dei coefficienti.

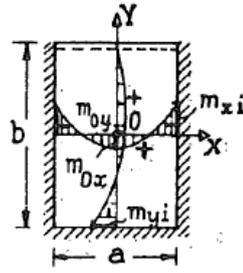


Fig. 273.

$$m_{ox} = \frac{q a^2}{\alpha_x}; \quad m_{oy} = \frac{q a^2}{\alpha_y}; \quad m_{xt} = -\frac{q a^2}{\alpha_{xt}};$$

$$m_{yt} = -\frac{q a^2}{\alpha_{yt}}; \quad f_0 = \frac{q a^4}{100 D \varphi}.$$

b/a	$\alpha_x$	$\alpha_y$	$\alpha_{xt}$	$\alpha_{yt}$	$\varphi$
1,0	38,30	47,00	16,65	18,25	6,414
1,1	34,00	49,00	15,15	17,65	5,688
1,2	31,00	52,00	14,20	17,45	5,204
1,3	28,90	55,90	13,45	17,42	4,879
1,4	27,45	60,20	13,00	17,35	4,650
1,5	26,45	64,90	12,70	17,57	4,488
1,6	25,85	70,00	12,45	17,60	4,364
1,7	25,10	75,20	12,25	17,64	4,272
1,8	24,70	80,00	12,10	17,65	4,202
1,9	24,40	84,70	12,03	17,66	4,146
2,0	24,15	91,00	12,00	17,67	4,102

Figura 31: schemi a piastra semplificati (Bares)

### 13.3 ANALISI DEI CARICHI

- Spinta statica del terrapieno

L'espressione della spinta esercitata da un terrapieno di peso specifico  $\gamma$ , su una parete di altezza H, risulta:

$$S_0 = 1/2 * \gamma * H^2 * K_0 \quad (\text{spinta per metro lineare})$$

l'utilizzo di  $K_0$  è determinato dall'impossibilità, da parte della scatolare, di subire spostamenti; si assume  $K_0 = 1 - \tan \varphi' = 0.562$

In particolare si considera un terreno di riempimento con le seguenti caratteristiche meccaniche:

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi' = 26^\circ \quad c' = 0$$

si ottiene una spinta con diagramma triangolare pari a:

	h	$\sigma$ base
	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]
<b>Sez. A-A</b>	10.33	110.23
<b>Sez. B-B</b>	5.4	57.62

- Spinta del sovraccarico accidentale

Si considera un carico da mezzi d'opera pari a 5 kN/m che determina una pressione sulla parete costante pari a:

$$\sigma_q = q * K_0 = 5 * 0.43 = 2.13 \text{ kN/m}^2$$

- Azione sismica

Per il calcolo dell'azione sismica si utilizza il metodo dell'analisi pseudostatica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k. Le forze sismiche sono pertanto le seguenti:

$$\text{Forza sismica orizzontale } F_h = k_h * W$$

$$\text{Forza sismica verticale } F_v = k_v * W$$

I valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = a_{max}/g$$

$$k_v = \pm 0.5 * k_h$$

Condizione	Categoria sottosuolo	$a_g/g$	$S=S_s S_t$	$a_{max}/g$	$\beta_m$	$K_h$
<b>SLV</b>	E	0.341	1.12	0.381	1.00	0.81

La sovraspinta del terrapieno in fase sismica viene valutata tramite la Teoria di Wood:

$$\Delta P = a_g * S * \gamma * H$$

per cui risulta:

$$F_{in} = 3.81 \text{ kN/m} \quad \text{inerzia elementi in c.a.}$$

	h	$\sigma$ wood
	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]
<b>Sez. A-A</b>	10.33	74.71
<b>Sez. B-B</b>	5.4	39.06

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:  $G_1 + G_2 + \psi_{2j} Q_{kj}$

### 13.4 CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO

Le verifiche di sicurezza strutturali e geotecniche sono state condotte utilizzando combinazioni di carico definite in ottemperanza alle NTC18, secondo quanto riportato nei paragrafi 2.5.3, 5.1.3.12.

#### 2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

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

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto  $A_d$  (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omissi i carichi  $Q_{kj}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_2$ .

Per le verifiche geotecniche si è fatto riferimento alla combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'Approccio 2.

### 13.5 ANALISI POZZETTO SEZ. A-A

### 13.5.1 Calcolo delle Sollecitazioni

Adottando le formule tabellari di Bares, con le dimensioni della piastra pari a 10.33m x 3.8m ed i carichi descritti, si ottengono le seguenti sollecitazioni:

SLU	SLV	SLE rara
q	q	q
[KN/m]	[KN/m]	[KN/m]
153,02	188,75	113,04

Tabella 18: carichi combinati agenti sulla parete

b/a	$\alpha_x$	$\alpha_y$	$\alpha_{yi}$
[-]	[-]	[-]	[-]
2,7	21,00	91,00	11,00

Tabella 19: coefficienti i per il calcolo del momento sollecitante

SLU					SLV					SLE			
M0x	M0y	Mxi	Myi	Ved	M0x	M0y	Mxi	Myi	Ved	M0x	M0y	Mxi	Myi
[KNm]	[KNm]	[KNm]	[KNm]	[KN]	[KNm]	[KNm]	[KNm]	[KNm]	[KN]	[KNm]	[KNm]	[KNm]	[KNm]
105,22	24,28	200,88	129,98	317,18	129,79	29,95	247,78	160,33	391,23	77,73	17,94	148,39	96,02

Tabella 20: sollecitazioni

### 13.5.2 Armature di Progetto

Nella tabella seguente si riportano le armature di progetto previste per la sezione di calcolo in questione, come desumibili dagli elaborati grafici di armatura delle opere relative:

<i>Elemento</i>	Armatura a flessione		Armatura a taglio
	Af 1	Af 2	Af t
PARETE	Φ20/20 cm	Φ20/20 cm	Spilli Φ14/40x20 cm
FONDAZIONE	Φ20/20 cm	Φ20/20 cm	Spilli Φ14/40x20 cm
RIPARTITORI	Φ20/10 cm	Φ20/10 cm	

**Af1 : Armatura lato esterno (terreno)**

**Af2 : Armatura lato interno**

### 13.5.3 Verifiche di Resistenza e di Esercizio

Si riportano i risultati delle verifiche a pressoflessione e taglio per la parete in esame.

Le verifiche a taglio sono condotte con riferimento ad elementi in c.a. armati a taglio. Si prevedono ganci  $\Phi 14/40 \times 20$  per legare le armature.

GEOMETRIA						VERIFICA A PRESSOFLESSIONE				
Elemento		b	h	My	Mx	Armature	c	d	M <sub>Rd</sub>	FS
		[mm]	[mm]	[kNm]	[kN]		[mm]	[mm]	[kNm]	[-]
Parete (ferri verticali)	monte(interno)	1000	400	160,3	-	$\Phi 20/20$	74	326	191,0	1,19
	valle (terreno)					$\Phi 20/20$	74			
Parete (ferri orizzontali)	interni	1000	400	-	248	$\Phi 20/10$	94	306	363,0	1,47
	esterni			$\Phi 20/10$		94				

Tabella 21:verifica a pressoflessione

Elemento	Geometrie				Armatura long. tesa			Sollecitazioni di Calcolo		TAGLIO RESISTENTE ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO							
	b <sub>w</sub> (mm)	H (mm)	c (mm)	d (mm)	n	$\emptyset$ [mm]	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	N <sub>sd</sub> (KN)	V <sub>sd</sub> (KN)	$\sigma_{cp}$ (Mpa)	$\rho_l$	k	f <sub>ck</sub> (Mpa)	V <sub>min</sub>	V <sub>Rdmin</sub> (KN)	V <sub>Rct</sub> (KN)	F.S.
parete	1000	400	74	326	5	20	1570	0	391,23	0	0,005	1,78	33,2	0,48	156,56	175,75	0,45

Tabella 22:verifica per elementi non armati a taglio

La verifica per elementi non armati a taglio risulta essere non soddisfatta. Pertanto si procede con la verifica per elementi armati a taglio. Si dispongono  $\Phi 14/40 \times 20$ .

Elemento	Armature trasversali					Inclinazione Bielle Compresse				Taglio Compressione		Taglio Trazione		risultati
	n <sub>b</sub>	$\emptyset$	p (mm)	A <sub>sw</sub> (mm <sup>2</sup> )	$\alpha^\circ$	$\theta^\circ$	ctg $\theta$	$\sigma_{cp}$ (Mpa)	$\alpha_c$	f' <sub>cd</sub> (Mpa)	V <sub>Rcd</sub> (KN)	V <sub>Rsd</sub> (KN)	V <sub>rd</sub>	F.S.
parete	2,5	14	200	384,65	90	27	2	0	1	18,81	1103,97	441,61	441,61	1,13

Tabella 23:verifica per elementi armati a taglio

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

### CALCESTRUZZO C32/40

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

Tabella 24:limiti tensione calcestruzzo

### ACCIAIO

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

Tabella 25:limiti tensione acciaio

nonché di verificare che l'apertura delle fessure sia inferiore al valore limite (Classe di esposizione XC4-XA1 ed armature poco sensibili).

Pertanto dovrà risultare:

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

Verifica delle tensioni	CLS 32/40						ACCIAIO B450C					
	$M_{ed,y}$	$M_{ed,x}$	$\sigma_{c,y}$	$\sigma_{c,x}$	$\sigma_{c,max} = 0,6 f_{ck}$	FS,y	FS,x	$\sigma_{f,y}$	$\sigma_{f,x}$	$\sigma_{f,max} = 0,8 f_{yk}$	FS	FS
	[kNm]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[-]	[-]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[-]	[-]
combinazione rara	96,0	148,4	8,7	10,0	19,9	2,29	2,00	200,0	162,0	360,0	1,80	2,22

Tabella 26: verifica tensionale combinazione rara

Verifica delle tensioni	$I_p$	CLS 32/40						
		$M_{ed,y}$	$M_{ed,x}$	$\sigma_{c,y}$	$\sigma_{c,x}$	$\sigma_{c,max} = 0,45 f_{ck}$	FS,y	FS,x
		[-]	[kNm]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[-]
combinazione q.permanente	parete	96,0	148,4	8,7	10,0	14,9	1,72	1,50

Tabella 27: verifica tensionale combinazione quasi permanente

La sezione risulta essere non fessurata.

Per le verifiche della fondazione, si considera che il momento al piede della parete si trasferisca alla fondazione pertanto tutte le verifiche precedenti possono essere estese anche alla soletta di fondazione.

### 13.6 ANALISI POZZETTO SEZ. B-B

#### 13.6.1 Calcolo delle Sollecitazioni

Adottando le formule tabellari di Bares, con le dimensioni della piastra pari a 5.4m x 2.8m ed i carichi descritti, si ottengono le seguenti sollecitazioni:

SLU	SLV	SLE rara
q	q	q
[KN/m]	[KN/m]	[KN/m]
82,00	100,49	60,43

Tabella 28: carichi combinati agenti sulla parete

b/a	$\alpha_x$	$\alpha_y$	$\alpha_{yi}$
[-]	[-]	[-]	[-]
1,9	24,40	84,70	12,03

Tabella 29: coefficienti  $\alpha$  per il calcolo del momento sollecitante

SLU					SLV					SLE			
M0x	M0y	Mxi	Myi	Ved	M0x	M0y	Mxi	Myi	Ved	M0x	M0y	Mxi	Myi
[KNm]	[KNm]	[KNm]	[KNm]	[KN]	[KNm]	[KNm]	[KNm]	[KNm]	[KN]	[KNm]	[KNm]	[KNm]	[KNm]
26,35	7,59	53,44	36,40	114,52	32,29	9,30	65,49	44,61	140,33	19,42	5,59	39,38	26,83

Tabella 30: sollecitazioni

#### 13.6.2 Armature di Progetto

Nella tabella seguente si riportano le armature di progetto previste per la sezione di calcolo in questione, come desumibili dagli elaborati grafici di armatura delle opere relative:

Elemento	Armatura a flessione		Armatura a taglio
	Af 1	Af 2	Af t
PARETE	$\Phi 14/20$ cm	$\Phi 14/20$ cm	Spilli $\Phi 10/40 \times 20$ cm
FONDAZIONE	$\Phi 14/20$ cm	$\Phi 14/20$ cm	Spilli $\Phi 10/40 \times 20$ cm
RIPARTITORI	$\Phi 14/20$ cm	$\Phi 14/20$ cm	

**Af1 : Armatura lato esterno (terreno)**

**Af2 : Armatura lato interno**

### 13.6.3 Verifiche di Resistenza e di Esercizio

Si riportano i risultati delle verifiche a pressoflessione e taglio per la parete in esame.

Le verifiche a taglio sono condotte con riferimento ad elementi in c.a. armati a taglio. Si prevedono ganci  $\Phi 10/40 \times 20$  per legare le armature.

GEOMETRIA						VERIFICA A PRESSOFLESSIONE				
Elemento		b	h	My	Mx	Armature	c	d	M <sub>Rd</sub>	FS
		[mm]	[mm]	[kNm]	[kN]		[mm]	[mm]	[kNm]	[-]
Parete (ferri verticali)	monte(interno)	1000	400	44,6	-	$\phi 14/20$	67	333	103,0	2,31
	valle (terreno)						67			
Parete (ferri orizzontali)	interni	1000	400	-	65	$\phi 14/20$	81	319	102,0	1,56
	esterni			-		$\Phi 14/20$	94			

Tabella 31:verifica a pressoflessione

Elemento	Geometrie				Armatura long. tesa			Sollecitazioni di Calcolo		TAGLIO RESISTENTE ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO								
	b <sub>w</sub> (mm)	H (mm)	c (mm)	d (mm)	n	∅ [mm]	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	N <sub>sd</sub> (KN)	V <sub>sd</sub> (KN)	σ <sub>cp</sub> (Mpa)	ρ <sub>t</sub>	k	f <sub>ck</sub> (Mpa)	V <sub>min</sub>	V <sub>Rdmin</sub> (KN)	V <sub>Rct</sub> (KN)	F.S.	
parete	1000	400	67	333	5	14	769,3	0	140,33	0	0,002	1,77	33,2	0,48	158,81	139,88	1,00	

Tabella 32:verifica per elementi non armati a taglio

La verifica per elementi non armati a taglio risulta essere non soddisfatta. Pertanto si procede con la verifica per elementi armati a taglio. Si dispongono  $\Phi 10/40 \times 20$ .

Elemento	Armature trasversali					Inclinazione Bielle Compresse				Taglio Compressione		Taglio Trazione		risultati
	n <sub>b</sub>	∅	p (mm)	A <sub>sw</sub> (mm <sup>2</sup> )	α°	θ°	ctg θ	σ <sub>cp</sub> (Mpa)	α <sub>c</sub>	f' <sub>cd</sub> (Mpa)	V <sub>Rcd</sub> (KN)	V <sub>Rsd</sub> (KN)	V <sub>rd</sub>	F.S.
parete	2,5	10	200	196,25	90	27	2	0	1	18,81	1127,67	230,15	230,15	1,64

Tabella 33:verifica per elementi armati a taglio

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

#### CALCESTRUZZO C32/40

σ <sub>c,max,Q.P.</sub> = 0,45 f <sub>ck</sub>	14.4	MPa	(combinazione di carico Quasi Permanente)
σ <sub>c,max,R.</sub> = 0,60 f <sub>ck</sub>	19.2	MPa	(combinazione di carico Rara)

Tabella 34:limiti tensione calcestruzzo

#### ACCIAIO

σ <sub>f,max</sub> = 0,80 f <sub>yk</sub>	360	MPa	(combinazione di carico Rara)
---	-----	-----	-------------------------------

Tabella 35:limiti tensione acciaio

nonché di verificare che l'apertura delle fessure sia inferiore al valore limite (Classe di esposizione XC4-XA1 ed armature poco sensibili).

Pertanto dovrà risultare:

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

Verifica delle tensioni	CLS 32/40						ACCIAIO B450C					
	$M_{ed,y}$	$M_{ed,x}$	$\sigma_{c,y}$	$\sigma_{c,x}$	$\sigma_{c,max} = 0,6 f_{ck}$	FS,y	FS,x	$\sigma_{f,y}$	$\sigma_{f,x}$	$\sigma_{f,max} = 0,8 f_{yk}$	FS	FS
	[kNm]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[-]	[-]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[-]	[-]
combinazione rara	26,8	39,4	3,4	5,0	19,9	5,86	3,98	111,0	165,0	360,0	3,24	2,18

Tabella 36: verifica tensionale combinazione rara

Verifica delle tensioni	$I_p$	CLS 32/40						
		$M_{ed,y}$	$M_{ed,x}$	$\sigma_{c,y}$	$\sigma_{c,x}$	$\sigma_{c,max} = 0,45 f_{ck}$	FS,y	FS,x
		[-]	[kNm]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[-]
combinazione q.permanente	parete	26,8	39,4	3,4	5,0	14,9	4,39	2,99

Tabella 37: verifica tensionale combinazione quasi permanente

La sezione risulta essere non fessurata.

Per le verifiche della fondazione, si considera che il momento al piede della parete si trasferisca alla fondazione pertanto tutte le verifiche precedenti possono essere estese anche alla soletta di fondazione.

## 14. TABULATI DI CALCOLO

### 14.1 TOMBINO SEZ. 1-1

#### Geometria scatolare

Descrizione:	Scatolare semplice	
Altezza esterna	2,80	[m]
Larghezza esterna	2,80	[m]
Lunghezza mensola di fondazione sinistra	0,00	[m]
Lunghezza mensola di fondazione destra	0,00	[m]
Spessore piedritto sinistro	0,40	[m]
Spessore piedritto destro	0,40	[m]
Spessore fondazione	0,40	[m]
Spessore trasverso	0,40	[m]

#### Caratteristiche strati terreno

##### Strato di ricoprimento

Descrizione	Terreno di ricoprimento	
Spessore dello strato	2,30	[m]
Peso di volume	20,0000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	20,0000	[kN/mc]
Angolo di attrito	35,00	[°]
Coesione	0	[kPa]

##### Strato di rinfianco

Descrizione	Terreno di rinfianco	
Peso di volume	19,0000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	19,0000	[kN/mc]
Angolo di attrito	26,00	[°]
Angolo di attrito terreno struttura	17,16	[°]
Coesione	0	[kPa]
Costante di Winkler	1	[kPa/cm]

##### Strato di base

Descrizione	Terreno di base	
Peso di volume	19,0000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	19,0000	[kN/mc]
Angolo di attrito	26,00	[°]
Angolo di attrito terreno struttura	26,00	[°]
Coesione	10	[kPa]

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 70 DI 157
-----------------------------------	--	-------------------

Costante di Winkler	135	[kPa/cm]
Tensione limite	1000	[kPa]

## Falda

Quota falda (rispetto al piano di posa)	2,80	[m]
---	------	-----

## Caratteristiche materiali utilizzati

### *Materiale calcestruzzo*

$R_{ck}$ calcestruzzo	40000	[kPa]
Peso specifico calcestruzzo	24,5170	[kN/mc]
Modulo elastico E	33149080	[kPa]
Tensione di snervamento acciaio	450000	[kPa]
Coeff. omogeneizzazione cls teso/compresso (n')	0,50	
Coeff. omogeneizzazione acciaio/cls (n)	15,00	
Coefficiente dilatazione termica	0,0000120	

## Condizioni di carico

### *Convenzioni adottate*

Origine in corrispondenza dello spigolo inferiore sinistro della struttura  
 Carichi verticali positivi se diretti verso il basso  
 Carichi orizzontali positivi se diretti verso destra  
 Coppie concentrate positive se antiorarie  
 Ascisse X (espresse in m) positive verso destra  
 Ordinate Y (espresse in m) positive verso l'alto  
 Carichi concentrati espressi in kN  
 Coppie concentrate espressi in kNm  
 Carichi distribuiti espressi in kN/m

### *Simbologia adottata e unità di misura*

#### *Forze concentrate*

X	ascissa del punto di applicazione dei carichi verticali concentrati
Y	ordinata del punto di applicazione dei carichi orizzontali concentrati
$F_y$	componente Y del carico concentrato
$F_x$	componente X del carico concentrato
M	momento

#### *Forze distribuite*

$X_i, X_f$	ascisse del punto iniziale e finale per carichi distribuiti verticali
$Y_i, Y_f$	ordinate del punto iniziale e finale per carichi distribuiti orizzontali
$V_{ni}$	componente normale del carico distribuito nel punto iniziale
$V_{nf}$	componente normale del carico distribuito nel punto finale
$V_{ti}$	componente tangenziale del carico distribuito nel punto iniziale
$V_{tf}$	componente tangenziale del carico distribuito nel punto finale
$D_{te}$	variazione termica lembo esterno espressa in gradi centigradi
$D_{ti}$	variazione termica lembo interno espressa in gradi centigradi

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 71 DI 157
-----------------------------------	--	-------------------

Condizione di carico n°1 (Peso Proprio)

Condizione di carico n°2 (Spinta terreno sinistra)

Condizione di carico n°3 (Spinta terreno destra)

Condizione di carico n°4 (Sisma da sinistra)

Condizione di carico n°5 (Sisma da destra)

Condizione di carico n°6 (Spinta falda)

Condizione di carico n° 7 (Traffico Centrato)

Distr	Terreno	$X_i = -1,10$	$X_f = 3,90$	$V_{ni} = 32,00$	$V_{nf} = 32,00$		
Distr	Terreno	$X_i = -10,00$	$X_f = -1,10$	$V_{ni} = 9,00$	$V_{nf} = 9,00$		
Distr	Terreno	$X_i = 3,90$	$X_f = 12,80$	$V_{ni} = 9,00$	$V_{nf} = 9,00$		
Distr	Traverso	$X_i = 0,00$	$X_f = 2,80$	$V_{ni} = 11,69$	$V_{nf} = 11,69$	$V_{ti} = 0,00$	$V_{tf} = 0,00$

Condizione di carico n° 8 (Traffico laterale)

Distr	Terreno	$X_i = -5,00$	$X_f = 0,00$	$V_{ni} = 32,00$	$V_{nf} = 32,00$		
Distr	Terreno	$X_i = -10,00$	$X_f = -5,00$	$V_{ni} = 9,00$	$V_{nf} = 9,00$		
Distr	Terreno	$X_i = 0,00$	$X_f = 12,80$	$V_{ni} = 9,00$	$V_{nf} = 9,00$		

Condizione di carico n° 9 (Pavimentazione)

Distr	Terreno	$X_i = -10,00$	$X_f = 12,80$	$V_{ni} = 4,80$	$V_{nf} = 4,80$		
-------	---------	----------------	---------------	-----------------	-----------------	--	--

Condizione di carico n° 10 (Frenamento)

Distr	Traverso	$X_i = 0,00$	$X_f = 2,80$	$V_{ni} = 0,00$	$V_{nf} = 0,00$	$V_{ti} = 12,00$	$V_{tf} = 12,00$
-------	----------	--------------	--------------	-----------------	-----------------	------------------	------------------

Condizione di carico n° 11 (Variazione termica)

Term	Traverso	$D_{ie} = -2,50$	$D_{ti} = 2,50$				
Term	Traverso	$D_{ie} = -10,00$	$D_{ti} = -10,00$				

Condizione di carico n° 12 (Ritiro)

Term	Traverso	$D_{ie} = -10,00$	$D_{ti} = -10,00$				
------	----------	-------------------	-------------------	--	--	--	--

## Impostazioni di progetto

Verifica materiali:

**Stato Limite Ultimo**

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo $\gamma_c$	1.50
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 72 DI 157
-----------------------------------	--	-------------------

Verifica Taglio - Metodo dell'inclinazione variabile del traliccio

$$V_{Rd} = [0.18 \cdot k \cdot (100.0 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d > (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

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

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot (\text{ctg}(\theta) + \text{ctg}(\alpha)) / (1.0 + \text{ctg} \theta^2)$$

con:

d	altezza utile sezione [mm]
b <sub>w</sub>	larghezza minima sezione [mm]
σ <sub>cp</sub>	tensione media di compressione [N/mm <sup>2</sup> ]
ρ <sub>l</sub>	rapporto geometrico di armatura
A <sub>sw</sub>	area armatura trasversale [mm <sup>2</sup> ]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
α <sub>c</sub>	coefficiente maggiorativo, funzione di f <sub>cd</sub> e σ <sub>cp</sub>

$$f_{cd}' = 0.5 \cdot f_{cd}$$

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

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

Verifiche secondo :

Norme Tecniche 2018 - Approccio 2

Copriferro sezioni 6,00 [cm]

## Descrizione combinazioni di carico

### Simbologia adottata

$\gamma$	Coefficiente di partecipazione della condizione
$\psi$	Coefficiente di combinazione della condizione
C	Coefficiente totale di partecipazione della condizione

### Norme Tecniche 2018

### Simbologia adottata

$\gamma_{G1sfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{G1fav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{G2sfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti non strutturali
$\gamma_{G2fav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti non strutturali
$\gamma_Q$	Coefficiente parziale sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\psi}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
$\gamma_{c'}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
$\gamma_{cu}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
$\gamma_{qu}$	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo

### Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

#### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		A1	A2
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1fav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G1sfav}$	1,30	1,00
Permanenti non strutturali	Favorevole	$\gamma_{G2fav}$	0,80	0,80
Permanenti non strutturali	Sfavorevole	$\gamma_{G2sfav}$	1,50	1,30
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qifav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qisfav}$	1,50	1,30
Variabili da traffico	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili da traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,35	1,15
Termici	Favorevole	$\gamma_{sfav}$	0,00	0,00
Termici	Sfavorevole	$\gamma_{csfav}$	1,20	1,20

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\psi}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniaassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1,00	1,00

### Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

#### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	A1	A2
---------	---------	----	----

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 74 DI 157
-----------------------------------	--	-------------------

Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1fav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G1sfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G2fav}$	0,00	0,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G2sfav}$	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Q1fav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Q1sfav}$	1,00	1,00
Variabili da traffico	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili da traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00
Termici	Favorevole	$\gamma_{\epsilon fav}$	0,00	0,00
Termici	Sfavorevole	$\gamma_{\epsilon sfav}$	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito		$\gamma_{\tan\phi}$	1,00	1,00
Coesione efficace		$\gamma_c$	1,00	1,00
Resistenza non drenata		$\gamma_{cu}$	1,00	1,00
Resistenza a compressione uniassiale		$\gamma_{qu}$	1,00	1,00
Peso dell'unità di volume		$\gamma_\gamma$	1,00	1,00

Combinazione n° 1 SLU (Approccio 2)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta falda	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Pavimentazione	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 2 SLU (Approccio 2)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta falda	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Pavimentazione	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50
Traffico Centrato	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Frenamento	Sfavorevole	1.35	0.75	1.01
Variazione termica	Sfavorevole	1.50	0.60	0.90
Ritiro	Sfavorevole	1.20	1.00	1.20

Combinazione n° 3 SLU (Approccio 2)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 75 DI 157
-----------------------------------	--	-------------------

Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta falda	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Pavimentazione	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50
Traffico laterale	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Frenamento	Sfavorevole	1.35	0.75	1.01
Variazione termica	Sfavorevole	1.50	0.60	0.90
Ritiro	Sfavorevole	1.20	1.00	1.20

Combinazione n° 4 SLU (Approccio 2)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta falda	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Pavimentazione	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50
Traffico laterale	Sfavorevole	1.35	0.75	1.01
Frenamento	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Variazione termica	Sfavorevole	1.50	0.60	0.90
Ritiro	Sfavorevole	1.20	1.00	1.20

Combinazione n° 5 SLU (Approccio 2)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta falda	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Pavimentazione	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50
Traffico Centrato	Sfavorevole	1.35	0.75	1.01
Frenamento	Sfavorevole	1.35	0.75	1.01
Variazione termica	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50
Ritiro	Sfavorevole	1.20	1.00	1.20

Combinazione n° 6 SLU (Approccio 2)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta falda	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Pavimentazione	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50
Traffico Centrato	Sfavorevole	1.35	0.75	1.01
Frenamento	Sfavorevole	1.35	0.75	1.01
Variazione termica	Sfavorevole	1.50	0.60	0.90
Ritiro	Sfavorevole	1.20	1.00	1.20

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 76 DI 157
-----------------------------------	--	-------------------

Combinazione n° 7 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 9 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 10 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 11 SLE (Quasi Permanente)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 77 DI 157
-----------------------------------	--	-------------------

Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
--------	-------------	------	------	------

Combinazione n° 12 SLE (Frequente)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Traffico Centrato	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 13 SLE (Frequente)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Traffico laterale	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 14 SLE (Frequente)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Frenamento	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 15 SLE (Frequente)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Variazione termica	Sfavorevole	1.00	0.50	0.50
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 16 SLE (Frequente)

<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
----------------	----------------------------	--------------------------	----------

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 78 DI 157
-----------------------------------	--	-------------------

Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 17 SLE (Rara)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Traffico Centrato	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Frenamento	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75
Variazione termica	Sfavorevole	1.00	0.60	0.60
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 18 SLE (Rara)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Traffico laterale	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Frenamento	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75
Variazione termica	Sfavorevole	1.00	0.60	0.60
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 19 SLE (Rara)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Frenamento	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Traffico laterale	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75
Variazione termica	Sfavorevole	1.00	0.60	0.60
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 20 SLE (Rara)

<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
----------------	----------------------------	--------------------------	----------

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 79 DI 157
-----------------------------------	--	-------------------

Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Variazione termica	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Traffico Centrato	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75
Frenamento	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 21 SLE (Rara)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Traffico Centrato	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75
Frenamento	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75
Variazione termica	Sfavorevole	1.00	0.60	0.60



## Analisi della combinazione n° 1

Pressione in calotta(solo peso terreno) 45,7145 [kPa]

### Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	45,7145
-10,00	12,80	52,9145
12,80	22,80	45,7145

### Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 29,7183 [kPa] Pressione inf. 48,5122 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 29,7183 [kPa] Pressione inf. 48,5122 [kPa]

### Falda

Spinta 49,98[kN]  
Sottospinta 35,70[kPa]

## Analisi della combinazione n° 2

Pressione in calotta(solo peso terreno) 45,7145 [kPa]

### Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	45,7145
-10,00	-1,10	65,0645
-1,10	3,90	96,1145
3,90	12,80	65,0645
12,80	22,80	45,7145

### Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 49,3331 [kPa] Pressione inf. 68,1270 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 49,3331 [kPa] Pressione inf. 68,1270 [kPa]

### Falda

Spinta 49,98[kN]  
Sottospinta 35,70[kPa]

### Analisi della combinazione n° 3

Pressione in calotta(solo peso terreno) 45,7145 [kPa]

#### Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	45,7145
-10,00	-5,00	65,0645
-5,00	0,00	96,1145
0,00	12,80	65,0645
12,80	22,80	45,7145

#### Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 53,9807 [kPa] Pressione inf. 72,7746 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 36,5421 [kPa] Pressione inf. 55,3360 [kPa]

#### Falda

Spinta 49,98[kN]  
Sottospinta 35,70[kPa]

### Analisi della combinazione n° 4

Pressione in calotta(solo peso terreno) 45,7145 [kPa]

#### Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	45,7145
-10,00	-5,00	62,0270
-5,00	0,00	85,3145
0,00	12,80	62,0270
12,80	22,80	45,7145

#### Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 47,9151 [kPa] Pressione inf. 66,7090 [kPa]

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 83 DI 157
-----------------------------------	--	-------------------

Piedritto destro Pressione sup. 34,8361 [kPa] Pressione inf. 53,6301 [kPa]

Falda

Spinta 49,98[kN]  
Sottospinta 35,70[kPa]

### Analisi della combinazione n° 5

Pressione in calotta(solo peso terreno) 45,7145 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	45,7145
-10,00	-1,10	62,0270
-1,10	3,90	85,3145
3,90	12,80	62,0270
12,80	22,80	45,7145

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 44,4294 [kPa] Pressione inf. 63,2233 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 44,4294 [kPa] Pressione inf. 63,2233 [kPa]

Falda

Spinta 49,98[kN]  
Sottospinta 35,70[kPa]

### Analisi della combinazione n° 6

Pressione in calotta(solo peso terreno) 45,7145 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	45,7145
-10,00	-1,10	62,0270
-1,10	3,90	85,3145
3,90	12,80	62,0270
12,80	22,80	45,7145

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 44,4294 [kPa] Pressione inf. 63,2233 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 44,4294 [kPa] Pressione inf. 63,2233 [kPa]

Falda

Spinta 49,98[kN]  
Sottospinta 35,70[kPa]

**Analisi della combinazione n° 7**

Pressione in calotta(solo peso terreno) 35,1650 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	35,1650
-10,00	12,80	39,9650
12,80	22,80	35,1650

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 22,4455 [kPa] Pressione inf. 36,9024 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 22,4455 [kPa] Pressione inf. 36,9024 [kPa]

Spinte sismiche sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 40,1801 [kPa] Pressione inf. 40,1801 [kPa]

Falda

Spinta 38,44[kN]  
Sottospinta 27,46[kPa]

**Analisi della combinazione n° 8**

Pressione in calotta(solo peso terreno) 35,1650 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	35,1650
-10,00	12,80	39,9650
12,80	22,80	35,1650

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 22,4455 [kPa] Pressione inf. 36,9024 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 22,4455 [kPa] Pressione inf. 36,9024 [kPa]

Spinte sismiche sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 40,1801 [kPa] Pressione inf. 40,1801 [kPa]

Falda

Spinta 38,44[kN]  
Sottospinta 27,46[kPa]

**Analisi della combinazione n° 9**

Pressione in calotta(solo peso terreno) 35,1650 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	35,1650
-10,00	12,80	39,9650
12,80	22,80	35,1650

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 22,4455 [kPa] Pressione inf. 36,9024 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 22,4455 [kPa] Pressione inf. 36,9024 [kPa]

Spinte sismiche sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 40,1801 [kPa] Pressione inf. 40,1801 [kPa]

Falda

Spinta	38,44[kN]
Sottospinta	27,46[kPa]

**Analisi della combinazione n° 10**

Pressione in calotta(solo peso terreno) 35,1650 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	35,1650
-10,00	12,80	39,9650
12,80	22,80	35,1650

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro	Pressione sup. 22,4455 [kPa]	Pressione inf. 36,9024 [kPa]
Piedritto destro	Pressione sup. 22,4455 [kPa]	Pressione inf. 36,9024 [kPa]

Spinte sismiche sui piedritti

Piedritto sinistro	Pressione sup. 40,1801 [kPa]	Pressione inf. 40,1801 [kPa]
--------------------	------------------------------	------------------------------

Falda

Spinta	38,44[kN]
Sottospinta	27,46[kPa]

**Analisi della combinazione n° 11**

Pressione in calotta(solo peso terreno) 35,1650 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	35,1650

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 87 DI 157
-----------------------------------	--	-------------------

-10,00	12,80	39,9650
12,80	22,80	35,1650

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 22,4455 [kPa] Pressione inf. 36,9024 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 22,4455 [kPa] Pressione inf. 36,9024 [kPa]

Falda

Spinta 38,44[kN]  
Sottospinta 27,46[kPa]

### Analisi della combinazione n° 12

Pressione in calotta(solo peso terreno) 35,1650 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	35,1650
-10,00	-1,10	46,7150
-1,10	3,90	63,9650
3,90	12,80	46,7150
12,80	22,80	35,1650

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 33,3426 [kPa] Pressione inf. 47,7994 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 33,3426 [kPa] Pressione inf. 47,7994 [kPa]

Falda

Spinta 38,44[kN]  
Sottospinta 27,46[kPa]

### Analisi della combinazione n° 13

Pressione in calotta(solo peso terreno) 35,1650 [kPa]

Carichi verticali in calotta

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 88 DI 157
-----------------------------------	--	-------------------

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	35,1650
-10,00	-5,00	46,7150
-5,00	0,00	63,9650
0,00	12,80	46,7150
12,80	22,80	35,1650

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 35,9246 [kPa] Pressione inf. 50,3814 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 26,2365 [kPa] Pressione inf. 40,6933 [kPa]

Falda

Spinta 38,44[kN]  
Sottospinta 27,46[kPa]

### Analisi della combinazione n° 14

Pressione in calotta(solo peso terreno) 35,1650 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	35,1650
-10,00	12,80	39,9650
12,80	22,80	35,1650

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 22,4455 [kPa] Pressione inf. 36,9024 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 22,4455 [kPa] Pressione inf. 36,9024 [kPa]

Falda

Spinta 38,44[kN]  
Sottospinta 27,46[kPa]

### Analisi della combinazione n° 15

Pressione in calotta(solo peso terreno) 35,1650 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	35,1650
-10,00	12,80	39,9650
12,80	22,80	35,1650

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 22,4455 [kPa] Pressione inf. 36,9024 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 22,4455 [kPa] Pressione inf. 36,9024 [kPa]

Falda

Spinta 38,44[kN]  
Sottospinta 27,46[kPa]

### Analisi della combinazione n° 16

Pressione in calotta(solo peso terreno) 35,1650 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	35,1650
-10,00	12,80	39,9650
12,80	22,80	35,1650

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 22,4455 [kPa] Pressione inf. 36,9024 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 22,4455 [kPa] Pressione inf. 36,9024 [kPa]

Falda

Spinta 38,44[kN]  
Sottospinta 27,46[kPa]

### Analisi della combinazione n° 17

Pressione in calotta(solo peso terreno) 35,1650 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	35,1650
-10,00	-1,10	48,9650
-1,10	3,90	71,9650
3,90	12,80	48,9650
12,80	22,80	35,1650

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 36,9749 [kPa] Pressione inf. 51,4318 [kPa]

Piedritto destro Pressione sup. 36,9749 [kPa] Pressione inf. 51,4318 [kPa]

Falda

Spinta	38,44[kN]
Sottospinta	27,46[kPa]

## Analisi della combinazione n° 18

Pressione in calotta(solo peso terreno) 35,1650 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	35,1650
-10,00	-5,00	48,9650
-5,00	0,00	71,9650
0,00	12,80	48,9650
12,80	22,80	35,1650

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 40,4176 [kPa] Pressione inf. 54,8745 [kPa]

Piedritto destro Pressione sup. 27,5002 [kPa] Pressione inf. 41,9570 [kPa]

Falda

Spinta	38,44[kN]
Sottospinta	27,46[kPa]

## Analisi della combinazione n° 19

Pressione in calotta(solo peso terreno) 35,1650 [kPa]

### Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	35,1650
-10,00	-5,00	46,7150
-5,00	0,00	63,9650
0,00	12,80	46,7150
12,80	22,80	35,1650

### Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 35,9246 [kPa] Pressione inf. 50,3814 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 26,2365 [kPa] Pressione inf. 40,6933 [kPa]

### Falda

Spinta 38,44[kN]  
Sottospinta 27,46[kPa]

## Analisi della combinazione n° 20

Pressione in calotta(solo peso terreno) 35,1650 [kPa]

### Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	35,1650
-10,00	-1,10	46,7150
-1,10	3,90	63,9650
3,90	12,80	46,7150
12,80	22,80	35,1650

### Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 33,3426 [kPa] Pressione inf. 47,7994 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 33,3426 [kPa] Pressione inf. 47,7994 [kPa]

Falda

Spinta 38,44[kN]  
Sottospinta 27,46[kPa]

**Analisi della combinazione n° 21**

Pressione in calotta(solo peso terreno) 35,1650 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	35,1650
-10,00	-1,10	46,7150
-1,10	3,90	63,9650
3,90	12,80	46,7150
12,80	22,80	35,1650

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 33,3426 [kPa] Pressione inf. 47,7994 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 33,3426 [kPa] Pressione inf. 47,7994 [kPa]

Falda

Spinta 38,44[kN]  
Sottospinta 27,46[kPa]

## Sollecitazioni

### Massimi e minimi

#### Combinazione n° 1

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-37,46	0,20	-107,10	0,20	81,85	0,27
Piedritto sinistro	-37,46	0,20	81,85	0,20	109,39	0,20
Piedritto destro	-37,46	0,20	-81,85	0,20	109,39	0,20
Traverso	-27,47	0,20	78,80	0,20	54,87	0,20

#### Combinazione n° 2

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-75,57	0,20	181,37	2,60	114,97	1,40
Piedritto sinistro	-75,57	0,20	117,26	0,20	170,64	0,20
Piedritto destro	-61,11	0,20	-112,68	0,20	189,70	0,20
Traverso	-59,95	2,60	-159,11	2,60	95,69	2,60

#### Combinazione n° 3

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-66,69	0,20	127,65	2,60	118,04	0,27
Piedritto sinistro	-66,69	0,20	123,71	0,20	114,12	0,20
Piedritto destro	-49,74	2,60	-112,37	0,20	133,82	0,20
Traverso	-49,74	2,60	-103,23	2,60	100,39	2,60

#### Combinazione n° 4

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-67,00	0,20	126,66	2,60	113,22	0,33
Piedritto sinistro	-67,00	0,20	118,81	0,20	107,38	0,20
Piedritto destro	-51,77	2,60	-107,64	0,20	133,28	0,20
Traverso	-51,77	2,60	-102,68	2,60	100,45	2,60

#### Combinazione n° 5

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-72,88	0,20	164,42	2,60	107,45	0,40
Piedritto sinistro	-72,88	0,20	109,74	0,20	152,94	0,20
Piedritto destro	-61,19	2,60	-105,15	0,20	172,01	0,20
Traverso	-61,19	2,60	-141,41	2,60	91,44	2,60

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 94 DI 157
-----------------------------------	--	-------------------

#### Combinazione n° 6

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-70,87	0,20	164,42	2,60	109,09	0,20
Piedritto sinistro	-70,87	0,20	111,38	0,20	152,94	0,20
Piedritto destro	-56,41	0,20	-106,80	0,20	172,01	0,20
Traverso	-55,23	2,60	-141,41	2,60	89,79	2,60

#### Combinazione n° 7

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-43,96	0,20	88,46	2,60	116,65	2,60
Piedritto sinistro	-43,96	0,20	118,37	0,20	87,87	0,20
Piedritto destro	-36,36	0,20	-105,99	0,20	92,08	0,20
Traverso	-33,61	2,60	-64,07	2,60	100,13	2,60

#### Combinazione n° 8

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-40,85	0,20	75,79	2,60	115,55	2,60
Piedritto sinistro	-40,85	0,20	117,27	0,20	74,44	0,20
Piedritto destro	-33,25	0,20	-104,89	0,20	78,66	0,20
Traverso	-33,15	2,60	-59,60	2,60	101,23	2,60

#### Combinazione n° 9

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-50,56	0,20	88,47	2,60	122,15	2,60
Piedritto sinistro	-50,56	0,20	123,87	0,20	87,86	0,20
Piedritto destro	-42,96	0,20	-111,48	0,20	92,08	0,20
Traverso	-27,02	2,60	-64,07	2,60	94,63	2,60

#### Combinazione n° 10

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-47,45	0,20	75,80	2,60	121,05	2,60
Piedritto sinistro	-47,45	0,20	122,76	0,20	74,44	0,20
Piedritto destro	-39,85	0,20	-110,38	0,20	78,66	0,20
Traverso	-26,56	2,60	-59,60	2,60	95,74	2,60

#### Combinazione n° 11

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-35,14	0,20	-81,53	0,20	67,96	0,20

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO				Pag. 95 DI 157	
-----------------------------------	--	--	--	--	-------------------	--

Piedritto sinistro	-35,14	0,20	67,96	0,20	83,26	0,20
Piedritto destro	-35,14	0,20	-67,96	0,20	83,26	0,20
Traverso	21,57	1,40	59,73	0,20	36,21	0,20

#### Combinazione n° 12

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-45,58	0,20	-119,75	0,20	81,01	0,20
Piedritto sinistro	-45,58	0,20	81,01	0,20	122,58	0,20
Piedritto destro	-45,58	0,20	-81,01	0,20	122,58	0,20
Traverso	34,68	1,40	99,05	0,20	49,31	0,20

#### Combinazione n° 13

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-40,65	0,20	-89,31	0,20	82,72	0,20
Piedritto sinistro	-40,65	0,20	84,60	0,20	91,19	0,20
Piedritto destro	-38,84	0,20	-80,85	0,20	91,54	0,20
Traverso	21,83	1,40	-68,00	2,60	51,92	2,00

#### Combinazione n° 14

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-41,34	0,20	86,29	2,60	72,02	0,76
Piedritto sinistro	-41,34	0,20	73,72	0,20	76,20	0,20
Piedritto destro	-30,64	0,20	-70,32	0,20	90,32	0,20
Traverso	-23,59	2,60	-66,79	2,60	52,05	2,60

#### Combinazione n° 15

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-36,81	0,20	-81,53	0,20	66,59	0,27
Piedritto sinistro	-36,81	0,20	66,59	0,20	83,26	0,20
Piedritto destro	-36,81	0,20	-66,59	0,20	83,26	0,20
Traverso	-19,22	0,20	59,73	0,20	37,58	0,40

#### Combinazione n° 16

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-35,14	0,20	-81,53	0,20	67,96	0,20
Piedritto sinistro	-35,14	0,20	67,96	0,20	83,26	0,20
Piedritto destro	-35,14	0,20	-67,96	0,20	83,26	0,20
Traverso	21,57	1,40	59,73	0,20	36,21	0,20

**Combinazione n° 17**

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-57,28	0,20	136,52	2,60	87,79	0,33
Piedritto sinistro	-57,28	0,20	89,49	0,20	128,63	0,20
Piedritto destro	-46,57	0,20	-86,09	0,20	142,75	0,20
Traverso	-43,52	2,60	-119,22	2,60	71,15	2,60

**Combinazione n° 18**

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-50,70	0,20	96,73	2,60	90,06	0,20
Piedritto sinistro	-50,70	0,20	94,26	0,20	86,77	0,20
Piedritto destro	-37,58	0,20	-85,87	0,20	101,36	0,20
Traverso	-35,96	2,60	-77,82	2,60	74,64	2,60

**Combinazione n° 19**

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-50,93	0,20	95,99	2,60	86,50	0,20
Piedritto sinistro	-50,93	0,20	90,64	0,20	81,77	0,20
Piedritto destro	-37,46	2,60	-82,36	0,20	100,95	0,20
Traverso	-37,46	2,60	-77,42	2,60	74,68	2,60

**Combinazione n° 20**

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-55,14	0,20	123,97	2,60	82,34	0,20
Piedritto sinistro	-55,14	0,20	84,04	0,20	115,52	0,20
Piedritto destro	-44,42	0,20	-80,64	0,20	129,65	0,20
Traverso	-44,00	2,60	-106,11	2,60	67,88	2,60

**Combinazione n° 21**

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-53,80	0,20	123,96	2,60	83,44	2,22
Piedritto sinistro	-53,80	0,20	85,13	0,20	115,52	0,20
Piedritto destro	-43,08	0,20	-81,74	0,20	129,65	0,20
Traverso	-40,03	2,60	-106,11	2,60	66,79	2,60

**Sollecitazioni massime e minime**

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-75,57 (2)	0,20	181,37 (2)	2,60	122,15 (9)	2,60
Piedritto sinistro	-75,57 (2)	0,20	123,87 (9)	0,20	170,64 (2)	0,20
Piedritto destro	-61,19 (5)	2,60	-112,68 (2)	0,20	189,70 (2)	0,20
Traverso	-61,19 (5)	2,60	-159,11 (2)	2,60	101,23 (8)	2,60

## Verifiche geotecniche

### Simbologia adottata

<i>IC</i>	Indice della combinazione
<i>N<sub>c</sub>, N<sub>q</sub>, N<sub>γ</sub></i>	Fattori di capacità portante
<i>N<sub>c</sub>, N<sub>q</sub>, N<sub>γ</sub></i>	Fattori di capacità portante corretti per effetto forma, inclinazione del carico, affondamento, etc.
<i>qu</i>	Portanza ultima del terreno, espressa in [kPa]
<i>Q<sub>U</sub></i>	Portanza ultima del terreno, espressa in [kN/m]
<i>Q<sub>Y</sub></i>	Carico verticale al piano di posa, espressa in [kN/m]
<i>FS</i>	Fattore di sicurezza a carico limite

IC	N <sub>c</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>γ</sub>	N' <sub>c</sub>	N' <sub>q</sub>	N' <sub>γ</sub>	qu	Q <sub>U</sub>	Q <sub>Y</sub>	FS
1	22,25	11,85	8,00	38,60	16,04	10,83	1676	4693,28	163,71	28,67
2	22,25	11,85	8,00	31,09	13,51	6,45	1244	3483,17	305,27	11,41
3	22,25	11,85	8,00	21,18	9,21	0,51	744	2083,82	192,87	10,80
4	22,25	11,85	8,00	20,86	9,07	0,42	689	1928,93	185,58	10,39
5	22,25	11,85	8,00	30,57	13,28	6,01	1204	3371,09	269,88	12,49
6	22,25	11,85	8,00	30,57	13,28	6,01	1204	3371,15	269,88	12,49
7	22,25	11,85	8,00	9,63	4,18	4,39	424	1187,71	142,06	8,36
8	22,25	11,85	8,00	6,54	2,84	9,72	361	1010,66	106,26	9,51
9	22,25	11,85	8,00	9,63	4,18	4,39	424	1187,63	142,06	8,36
10	22,25	11,85	8,00	6,54	2,84	9,72	361	1010,57	106,26	9,51

## 14.2 TOMBINO SEZ. 2-2

### Geometria scatolare

Descrizione:

Scatolare semplice

Altezza esterna	2,80	[m]
Larghezza esterna	2,80	[m]
Lunghezza mensola di fondazione sinistra	0,00	[m]
Lunghezza mensola di fondazione destra	0,00	[m]
Spessore piedritto sinistro	0,40	[m]
Spessore piedritto destro	0,40	[m]
Spessore fondazione	0,40	[m]
Spessore trasverso	0,40	[m]

### Caratteristiche strati terreno

#### Strato di ricoprimento

Descrizione	Terreno di ricoprimento
-------------	-------------------------

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 99 DI 157
-----------------------------------	--	-------------------

Spessore dello strato	0,60	[m]
Peso di volume	20,0000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	20,0000	[kN/mc]
Angolo di attrito	35,00	[°]
Coesione	0	[kPa]

#### Strato di rinfianco

Descrizione	Terreno di rinfianco	
Peso di volume	19,0000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	19,0000	[kN/mc]
Angolo di attrito	26,00	[°]
Angolo di attrito terreno struttura	17,16	[°]
Coesione	0	[kPa]
Costante di Winkler	10	[kPa/cm]

#### Strato di base

Descrizione	Terreno di base	
Peso di volume	19,0000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	19,0000	[kN/mc]
Angolo di attrito	26,00	[°]
Angolo di attrito terreno struttura	26,00	[°]
Coesione	10	[kPa]
Costante di Winkler	135	[kPa/cm]
Tensione limite	1000	[kPa]

### Falda

Quota falda (rispetto al piano di posa)	2,80	[m]
---	------	-----

### Caratteristiche materiali utilizzati

#### *Materiale calcestruzzo*

R <sub>ck</sub> calcestruzzo	40000	[kPa]
Peso specifico calcestruzzo	24,5170	[kN/mc]
Modulo elastico E	33149080	[kPa]
Tensione di snervamento acciaio	450000	[kPa]
Coeff. omogeneizzazione cls tesoro/compresso (n')	0,50	
Coeff. omogeneizzazione acciaio/cls (n)	15,00	
Coefficiente dilatazione termica	0,0000120	

### Condizioni di carico

*Convenzioni adottate*

Origine in corrispondenza dello spigolo inferiore sinistro della struttura  
Carichi verticali positivi se diretti verso il basso  
Carichi orizzontali positivi se diretti verso destra  
Coppie concentrate positive se antiorarie  
Ascisse X (esprese in m) positive verso destra  
Ordinate Y (esprese in m) positive verso l'alto  
Carichi concentrati espressi in kN  
Coppie concentrate espressi in kNm  
Carichi distribuiti espressi in kN/m

*Simbologia adottata e unità di misura*

*Forze concentrate*

X ascissa del punto di applicazione dei carichi verticali concentrati  
Y ordinata del punto di applicazione dei carichi orizzontali concentrati  
F<sub>y</sub> componente Y del carico concentrato  
F<sub>x</sub> componente X del carico concentrato  
M momento

*Forze distribuite*

X<sub>i</sub>, X<sub>f</sub> ascisse del punto iniziale e finale per carichi distribuiti verticali  
Y<sub>i</sub>, Y<sub>f</sub> ordinate del punto iniziale e finale per carichi distribuiti orizzontali  
V<sub>ni</sub> componente normale del carico distribuito nel punto iniziale  
V<sub>nf</sub> componente normale del carico distribuito nel punto finale  
V<sub>ti</sub> componente tangenziale del carico distribuito nel punto iniziale  
V<sub>tf</sub> componente tangenziale del carico distribuito nel punto finale  
D<sub>ie</sub> variazione termica lembo esterno espressa in gradi centigradi  
D<sub>ii</sub> variazione termica lembo interno espressa in gradi centigradi

Condizione di carico n°1 (Peso Proprio)

Condizione di carico n°2 (Spinta terreno sinistra)

Condizione di carico n°3 (Spinta terreno destra)

Condizione di carico n°4 (Sisma da sinistra)

Condizione di carico n°5 (Sisma da destra)

Condizione di carico n°6 (Spinta falda)

Condizione di carico n° 7 (Traffico Centrato)

Distr	Terreno	X <sub>i</sub> = -0,10	X <sub>f</sub> = 3,00	V <sub>ni</sub> = 97,00	V <sub>nf</sub> = 97,00		
Distr	Terreno	X <sub>i</sub> = -10,00	X <sub>f</sub> = -0,10	V <sub>ni</sub> = 9,00	V <sub>nf</sub> = 9,00		
Distr	Terreno	X <sub>i</sub> = 3,00	X <sub>f</sub> = 12,80	V <sub>ni</sub> = 9,00	V <sub>nf</sub> = 9,00		
Distr	Traverso	X <sub>i</sub> = 0,00	X <sub>f</sub> = 2,80	V <sub>ni</sub> = 0,00	V <sub>nf</sub> = 0,00	V <sub>ti</sub> = 35,50	V <sub>tf</sub> = 35,50

Condizione di carico n° 8 (Traffico laterale)

Distr	Terreno	X <sub>i</sub> = -3,00	X <sub>f</sub> = 0,00	V <sub>ni</sub> = 97,00	V <sub>nf</sub> = 97,00		
Distr	Terreno	X <sub>i</sub> = -10,00	X <sub>f</sub> = -3,00	V <sub>ni</sub> = 9,00	V <sub>nf</sub> = 9,00		
Distr	Terreno	X <sub>i</sub> = 0,00	X <sub>f</sub> = 12,80	V <sub>ni</sub> = 9,00	V <sub>nf</sub> = 9,00		

Condizione di carico n° 9 (Pavimentazione)

Distr	Terreno	X <sub>i</sub> = -10,00	X <sub>f</sub> = 12,80	V <sub>ni</sub> = 4,80	V <sub>nf</sub> = 4,80		
-------	---------	-------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	--	--

Condizione di carico n° 10 (Frenamento)

Distr	Traverso	X <sub>i</sub> = 0,00	X <sub>f</sub> = 2,80	V <sub>ni</sub> = 0,00	V <sub>nf</sub> = 0,00	V <sub>ti</sub> = 36,00	V <sub>tf</sub> = 36,00
-------	----------	-----------------------	-----------------------	------------------------	------------------------	-------------------------	-------------------------

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 101 DI 157
-----------------------------------	--	--------------------

Condizione di carico n° 11 (Variazione termica)

Term	Traverso	D <sub>ie</sub> = -2,50	D <sub>ti</sub> = 2,50
Term	Traverso	D <sub>ie</sub> = -10,00	D <sub>ti</sub> = -10,00

Condizione di carico n° 12 (Ritiro)

Term	Traverso	D <sub>ie</sub> = -10,00	D <sub>ti</sub> = -10,00
------	----------	--------------------------	--------------------------

## Impostazioni di progetto

Verifica materiali:

**Stato Limite Ultimo**

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo $\gamma_c$	1.50
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio - Metodo dell'inclinazione variabile del traliccio

$$V_{Rd} = [0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d > (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

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

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot (\text{ctg}(\theta) + \text{ctg}(\alpha)) / (1.0 + \text{ctg} \theta^2)$$

con:

d	altezza utile sezione [mm]
b <sub>w</sub>	larghezza minima sezione [mm]
$\sigma_{cp}$	tensione media di compressione [N/mm <sup>2</sup> ]
$\rho_l$	rapporto geometrico di armatura
A <sub>sw</sub>	area armatura trasversale [mm <sup>2</sup> ]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
$\alpha_c$	coefficiente maggiorativo, funzione di f <sub>cd</sub> e $\sigma_{cp}$

$$f_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$$

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

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

Verifiche secondo :

Norme Tecniche 2018 - Approccio 2

Copriferro sezioni 6,00 [cm]

## Descrizione combinazioni di carico

### Simbologia adottata

$\gamma$	Coefficiente di partecipazione della condizione
$\psi$	Coefficiente di combinazione della condizione
C	Coefficiente totale di partecipazione della condizione

### Norme Tecniche 2018

### Simbologia adottata

$\gamma_{G1sfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{G1fav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{G2sfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti non strutturali
$\gamma_{G2fav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti non strutturali
$\gamma_Q$	Coefficiente parziale sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi'}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
$\gamma_{c'}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
$\gamma_{cu}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
$\gamma_{qu}$	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo

### Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

#### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		A1	A2
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1fav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G1sfav}$	1,30	1,00
Permanenti non strutturali	Favorevole	$\gamma_{G2fav}$	0,80	0,80
Permanenti non strutturali	Sfavorevole	$\gamma_{G2sfav}$	1,50	1,30
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qifav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qisfav}$	1,50	1,30
Variabili da traffico	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili da traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,35	1,15
Termici	Favorevole	$\gamma_{cfav}$	0,00	0,00
Termici	Sfavorevole	$\gamma_{csfav}$	1,20	1,20

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniaassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1,00	1,00

### Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

#### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	A1	A2
---------	---------	----	----

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 103 DI 157
-----------------------------------	--	--------------------

Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1fav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G1sfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G2fav}$	0,00	0,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G2sfav}$	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Q1fav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Q1sfav}$	1,00	1,00
Variabili da traffico	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili da traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00
Termici	Favorevole	$\gamma_{\epsilon fav}$	0,00	0,00
Termici	Sfavorevole	$\gamma_{\epsilon sfav}$	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito		$\gamma_{\tan\phi}$	1,00	1,00
Coesione efficace		$\gamma_c$	1,00	1,00
Resistenza non drenata		$\gamma_{cu}$	1,00	1,00
Resistenza a compressione uniassiale		$\gamma_{qu}$	1,00	1,00
Peso dell'unità di volume		$\gamma_\gamma$	1,00	1,00

Combinazione n° 1 SLU (Approccio 2)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta falda	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Pavimentazione	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 2 SLU (Approccio 2)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta falda	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Pavimentazione	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50
Traffico Centrato	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Frenamento	Sfavorevole	1.35	0.75	1.01
Variazione termica	Sfavorevole	1.50	0.60	0.90
Ritiro	Sfavorevole	1.20	1.00	1.20

Combinazione n° 3 SLU (Approccio 2)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 104 DI 157
-----------------------------------	--	--------------------

Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta falda	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Pavimentazione	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50
Traffico laterale	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Frenamento	Sfavorevole	1.35	0.75	1.01
Variazione termica	Sfavorevole	1.50	0.60	0.90
Ritiro	Sfavorevole	1.20	1.00	1.20

Combinazione n° 4 SLU (Approccio 2)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta falda	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Pavimentazione	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50
Traffico laterale	Sfavorevole	1.35	0.75	1.01
Frenamento	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Variazione termica	Sfavorevole	1.50	0.60	0.90
Ritiro	Sfavorevole	1.20	1.00	1.20

Combinazione n° 5 SLU (Approccio 2)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta falda	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Pavimentazione	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50
Traffico Centrato	Sfavorevole	1.35	0.75	1.01
Frenamento	Sfavorevole	1.35	0.75	1.01
Variazione termica	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50
Ritiro	Sfavorevole	1.20	1.00	1.20

Combinazione n° 6 SLU (Approccio 2)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta falda	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Pavimentazione	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50
Traffico Centrato	Sfavorevole	1.35	0.75	1.01
Frenamento	Sfavorevole	1.35	0.75	1.01
Variazione termica	Sfavorevole	1.50	0.60	0.90
Ritiro	Sfavorevole	1.20	1.00	1.20

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 105 DI 157
-----------------------------------	--	--------------------

Combinazione n° 7 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 9 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 10 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 11 SLE (Quasi Permanente)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 106 DI 157
-----------------------------------	--	--------------------

Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
--------	-------------	------	------	------

Combinazione n° 12 SLE (Frequente)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Traffico Centrato	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 13 SLE (Frequente)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Traffico laterale	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 14 SLE (Frequente)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Frenamento	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 15 SLE (Frequente)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Variazione termica	Sfavorevole	1.00	0.50	0.50
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 16 SLE (Frequente)

<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
----------------	----------------------------	--------------------------	----------

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 107 DI 157
-----------------------------------	--	--------------------

Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 17 SLE (Rara)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Traffico Centrato	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Frenamento	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75
Variazione termica	Sfavorevole	1.00	0.60	0.60
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 18 SLE (Rara)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Traffico laterale	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Frenamento	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75
Variazione termica	Sfavorevole	1.00	0.60	0.60
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 19 SLE (Rara)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Frenamento	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Traffico laterale	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75
Variazione termica	Sfavorevole	1.00	0.60	0.60
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 20 SLE (Rara)

<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
----------------	----------------------------	--------------------------	----------

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 108 DI 157
-----------------------------------	--	--------------------

Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Variazione termica	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Traffico Centrato	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75
Frenamento	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 21 SLE (Rara)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Traffico Centrato	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75
Frenamento	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75
Variazione termica	Sfavorevole	1.00	0.60	0.60



## Analisi della combinazione n° 1

Pressione in calotta(solo peso terreno) 14,5074 [kPa]

### Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	14,5074
-10,00	12,80	21,7074
12,80	22,80	14,5074

### Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 12,1915 [kPa] Pressione inf. 30,9854 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 12,1915 [kPa] Pressione inf. 30,9854 [kPa]

### Falda

Spinta 49,98[kN]  
Sottospinta 35,70[kPa]

## Analisi della combinazione n° 2

Pressione in calotta(solo peso terreno) 14,5074 [kPa]

### Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	14,5074
-10,00	-0,10	33,8574
-0,10	3,00	152,6574
3,00	12,80	33,8574
12,80	22,80	14,5074

### Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 23,4643 [kPa] Pressione inf. 42,2583 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 27,9134 [kPa] Pressione inf. 46,7073 [kPa]

### Falda

Spinta 49,98[kN]  
Sottospinta 35,70[kPa]

### Analisi della combinazione n° 3

Pressione in calotta(solo peso terreno) 14,5074 [kPa]

#### Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	14,5074
-10,00	-3,00	33,8574
-3,00	0,00	152,6574
0,00	12,80	33,8574
12,80	22,80	14,5074

#### Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 85,7368 [kPa] Pressione inf. 104,5307 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 19,0153 [kPa] Pressione inf. 37,8092 [kPa]

#### Falda

Spinta 49,98[kN]  
Sottospinta 35,70[kPa]

### Analisi della combinazione n° 4

Pressione in calotta(solo peso terreno) 14,5074 [kPa]

#### Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	14,5074
-10,00	-3,00	30,8199
-3,00	0,00	119,9199
0,00	12,80	30,8199
12,80	22,80	14,5074

#### Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 67,3505 [kPa] Pressione inf. 86,1444 [kPa]

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 112 DI 157
-----------------------------------	--	--------------------

Piedritto destro Pressione sup. 17,3094 [kPa] Pressione inf. 36,1033 [kPa]

Falda

Spinta 49,98[kN]  
Sottospinta 35,70[kPa]

### Analisi della combinazione n° 5

Pressione in calotta(solo peso terreno) 14,5074 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	14,5074
-10,00	-0,10	30,8199
-0,10	3,00	119,9199
3,00	12,80	30,8199
12,80	22,80	14,5074

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 20,6461 [kPa] Pressione inf. 39,4400 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 23,9829 [kPa] Pressione inf. 42,7768 [kPa]

Falda

Spinta 49,98[kN]  
Sottospinta 35,70[kPa]

### Analisi della combinazione n° 6

Pressione in calotta(solo peso terreno) 14,5074 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	14,5074
-10,00	-0,10	30,8199
-0,10	3,00	119,9199
3,00	12,80	30,8199
12,80	22,80	14,5074

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 113 DI 157
-----------------------------------	--	--------------------

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 20,6461 [kPa] Pressione inf. 39,4400 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 23,9829 [kPa] Pressione inf. 42,7768 [kPa]

Falda

Spinta 49,98[kN]  
Sottospinta 35,70[kPa]

**Analisi della combinazione n° 7**

Pressione in calotta(solo peso terreno) 11,1596 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	11,1596
-10,00	12,80	15,9596
12,80	22,80	11,1596

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 8,9634 [kPa] Pressione inf. 23,4202 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 8,9634 [kPa] Pressione inf. 23,4202 [kPa]

Spinte sismiche sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 21,9245 [kPa] Pressione inf. 21,9245 [kPa]

Falda

Spinta 38,44[kN]  
Sottospinta 27,46[kPa]

**Analisi della combinazione n° 8**

Pressione in calotta(solo peso terreno) 11,1596 [kPa]

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 114 DI 157
-----------------------------------	--	--------------------

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	11,1596
-10,00	12,80	15,9596
12,80	22,80	11,1596

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 8,9634 [kPa] Pressione inf. 23,4202 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 8,9634 [kPa] Pressione inf. 23,4202 [kPa]

Spinte sismiche sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 21,9245 [kPa] Pressione inf. 21,9245 [kPa]

Falda

Spinta 38,44[kN]  
Sottospinta 27,46[kPa]

## Analisi della combinazione n° 9

Pressione in calotta(solo peso terreno) 11,1596 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	11,1596
-10,00	12,80	15,9596
12,80	22,80	11,1596

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 8,9634 [kPa] Pressione inf. 23,4202 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 8,9634 [kPa] Pressione inf. 23,4202 [kPa]

Spinte sismiche sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 21,9245 [kPa] Pressione inf. 21,9245 [kPa]

Falda

Spinta	38,44[kN]
Sottospinta	27,46[kPa]

**Analisi della combinazione n° 10**

Pressione in calotta(solo peso terreno) 11,1596 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	11,1596
-10,00	12,80	15,9596
12,80	22,80	11,1596

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro	Pressione sup. 8,9634 [kPa]	Pressione inf. 23,4202 [kPa]
Piedritto destro	Pressione sup. 8,9634 [kPa]	Pressione inf. 23,4202 [kPa]

Spinte sismiche sui piedritti

Piedritto sinistro	Pressione sup. 21,9245 [kPa]	Pressione inf. 21,9245 [kPa]
--------------------	------------------------------	------------------------------

Falda

Spinta	38,44[kN]
Sottospinta	27,46[kPa]

**Analisi della combinazione n° 11**

Pressione in calotta(solo peso terreno) 11,1596 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	11,1596

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 116 DI 157
-----------------------------------	--	--------------------

-10,00	12,80	15,9596
12,80	22,80	11,1596

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 8,9634 [kPa] Pressione inf. 23,4202 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 8,9634 [kPa] Pressione inf. 23,4202 [kPa]

Falda

Spinta 38,44[kN]  
Sottospinta 27,46[kPa]

### Analisi della combinazione n° 12

Pressione in calotta(solo peso terreno) 11,1596 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	11,1596
-10,00	-0,10	22,7096
-0,10	3,00	88,7096
3,00	12,80	22,7096
12,80	22,80	11,1596

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 15,2260 [kPa] Pressione inf. 29,6829 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 17,6977 [kPa] Pressione inf. 32,1546 [kPa]

Falda

Spinta 38,44[kN]  
Sottospinta 27,46[kPa]

### Analisi della combinazione n° 13

Pressione in calotta(solo peso terreno) 11,1596 [kPa]

Carichi verticali in calotta

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 117 DI 157
-----------------------------------	--	--------------------

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	11,1596
-10,00	-3,00	22,7096
-3,00	0,00	88,7096
0,00	12,80	22,7096
12,80	22,80	11,1596

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 49,8218 [kPa] Pressione inf. 64,2787 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 12,7543 [kPa] Pressione inf. 27,2112 [kPa]

Falda

Spinta 38,44[kN]  
Sottospinta 27,46[kPa]

**Analisi della combinazione n° 14**

Pressione in calotta(solo peso terreno) 11,1596 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	11,1596
-10,00	12,80	15,9596
12,80	22,80	11,1596

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 8,9634 [kPa] Pressione inf. 23,4202 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 8,9634 [kPa] Pressione inf. 23,4202 [kPa]

Falda

Spinta 38,44[kN]  
Sottospinta 27,46[kPa]

**Analisi della combinazione n° 15**

Pressione in calotta(solo peso terreno) 11,1596 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	11,1596
-10,00	12,80	15,9596
12,80	22,80	11,1596

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 8,9634 [kPa] Pressione inf. 23,4202 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 8,9634 [kPa] Pressione inf. 23,4202 [kPa]

Falda

Spinta 38,44[kN]  
Sottospinta 27,46[kPa]

**Analisi della combinazione n° 16**

Pressione in calotta(solo peso terreno) 11,1596 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	11,1596
-10,00	12,80	15,9596
12,80	22,80	11,1596

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 8,9634 [kPa] Pressione inf. 23,4202 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 8,9634 [kPa] Pressione inf. 23,4202 [kPa]

Falda

Spinta 38,44[kN]  
Sottospinta 27,46[kPa]

**Analisi della combinazione n° 17**

Pressione in calotta(solo peso terreno) 11,1596 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	11,1596
-10,00	-0,10	24,9596
-0,10	3,00	112,9596
3,00	12,80	24,9596
12,80	22,80	11,1596

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 17,3136 [kPa] Pressione inf. 31,7704 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 20,6092 [kPa] Pressione inf. 35,0660 [kPa]

Falda

Spinta 38,44[kN]  
Sottospinta 27,46[kPa]

## Analisi della combinazione n° 18

Pressione in calotta(solo peso terreno) 11,1596 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	11,1596
-10,00	-3,00	24,9596
-3,00	0,00	112,9596
0,00	12,80	24,9596
12,80	22,80	11,1596

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 63,4413 [kPa] Pressione inf. 77,8982 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 14,0180 [kPa] Pressione inf. 28,4749 [kPa]

Falda

Spinta 38,44[kN]  
Sottospinta 27,46[kPa]

## Analisi della combinazione n° 19

Pressione in calotta(solo peso terreno) 11,1596 [kPa]

### Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	11,1596
-10,00	-3,00	22,7096
-3,00	0,00	88,7096
0,00	12,80	22,7096
12,80	22,80	11,1596

### Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 49,8218 [kPa] Pressione inf. 64,2787 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 12,7543 [kPa] Pressione inf. 27,2112 [kPa]

### Falda

Spinta 38,44[kN]  
Sottospinta 27,46[kPa]

## Analisi della combinazione n° 20

Pressione in calotta(solo peso terreno) 11,1596 [kPa]

### Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	11,1596
-10,00	-0,10	22,7096
-0,10	3,00	88,7096
3,00	12,80	22,7096
12,80	22,80	11,1596

### Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 15,2260 [kPa] Pressione inf. 29,6829 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 17,6977 [kPa] Pressione inf. 32,1546 [kPa]

Falda

Spinta	38,44[kN]
Sottospinta	27,46[kPa]

**Analisi della combinazione n° 21**

Pressione in calotta(solo peso terreno) 11,1596 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	11,1596
-10,00	-0,10	22,7096
-0,10	3,00	88,7096
3,00	12,80	22,7096
12,80	22,80	11,1596

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro	Pressione sup. 15,2260 [kPa] Pressione inf. 29,6829 [kPa]
Piedritto destro	Pressione sup. 17,6977 [kPa] Pressione inf. 32,1546 [kPa]

Falda

Spinta	38,44[kN]
Sottospinta	27,46[kPa]

## Sollecitazioni

### Massimi e minimi

#### Combinazione n° 1

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-25,79	0,20	-70,70	0,20	60,83	2,50
Piedritto sinistro	-25,79	0,20	60,83	0,20	71,95	0,20
Piedritto destro	-25,79	0,20	-60,83	0,20	71,94	0,20
Traverso	-15,76	0,20	41,35	0,20	33,82	2,40

#### Combinazione n° 2

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-118,75	0,20	267,73	2,60	113,64	2,40
Piedritto sinistro	-118,75	0,20	124,65	0,20	169,28	0,20
Piedritto destro	-131,56	2,60	178,46	2,60	288,89	0,20
Traverso	-131,56	2,60	-258,29	2,60	199,56	2,60

#### Combinazione n° 3

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-75,53	0,20	99,52	2,60	155,45	2,22
Piedritto sinistro	-75,53	0,20	171,49	0,20	62,75	0,20
Piedritto destro	-68,77	2,60	162,05	2,60	110,29	0,20
Traverso	-68,77	2,60	-79,70	2,60	187,15	2,60

#### Combinazione n° 4

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-69,01	0,20	95,47	2,60	138,04	1,22
Piedritto sinistro	-69,01	0,20	149,54	0,20	55,82	0,20
Piedritto destro	-69,88	2,60	165,55	2,60	109,94	0,20
Traverso	-69,88	2,60	-79,34	2,60	194,13	2,60

#### Combinazione n° 5

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-104,48	0,20	222,90	2,60	103,13	0,95
Piedritto sinistro	-104,48	0,20	112,50	0,20	138,72	0,20
Piedritto destro	-117,38	2,60	157,80	2,60	240,88	0,20
Traverso	-117,38	2,60	-210,28	2,60	176,18	2,60

**Combinazione n° 6**

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-102,47	0,20	222,89	2,60	104,77	0,27
Piedritto sinistro	-102,47	0,20	114,14	0,20	138,73	0,20
Piedritto destro	-111,41	2,60	156,15	2,60	240,87	0,20
Traverso	-111,41	2,60	-210,27	2,60	174,54	2,60

**Combinazione n° 7**

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-29,13	0,20	60,60	2,60	81,15	2,60
Piedritto sinistro	-29,13	0,20	79,22	0,20	59,58	0,20
Piedritto destro	-25,38	0,20	-74,14	0,20	62,75	0,20
Traverso	-20,08	2,60	-34,74	2,60	63,11	2,60

**Combinazione n° 8**

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-26,02	0,20	47,93	2,60	80,05	2,60
Piedritto sinistro	-26,02	0,20	78,12	0,20	46,16	0,20
Piedritto destro	-22,27	0,20	-73,03	0,20	49,33	0,20
Traverso	-19,62	2,60	-30,27	2,60	64,21	2,60

**Combinazione n° 9**

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-35,76	0,20	60,63	2,60	86,66	2,60
Piedritto sinistro	-35,76	0,20	84,74	0,20	59,56	0,20
Piedritto destro	-31,95	0,20	-79,63	0,20	62,78	0,20
Traverso	-13,52	2,60	-34,77	2,60	57,59	2,60

**Combinazione n° 10**

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-32,65	0,20	47,96	2,60	85,55	2,60
Piedritto sinistro	-32,65	0,20	83,63	0,20	46,13	0,20
Piedritto destro	-28,84	0,20	-78,52	0,20	49,35	0,20
Traverso	-13,06	2,60	-30,29	2,60	58,69	2,60

**Combinazione n° 11**

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-26,16	0,20	-53,53	0,20	51,79	0,58

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 124 DI 157
-----------------------------------	--	--------------------

Piedritto sinistro	-26,16	0,20	51,79	0,20	54,46	0,20
Piedritto destro	-26,16	0,20	-51,79	0,20	54,46	0,20
Traverso	13,29	1,40	30,92	0,20	20,02	2,00

#### Combinazione n° 12

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-61,09	0,20	151,95	2,60	70,95	1,13
Piedritto sinistro	-61,09	0,20	74,35	0,20	122,72	0,20
Piedritto destro	-49,76	2,60	70,11	2,60	160,79	0,20
Traverso	-49,76	2,60	-137,25	2,60	76,39	2,60

#### Combinazione n° 13

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-39,92	0,20	-61,18	0,20	95,36	0,49
Piedritto sinistro	-39,92	0,20	102,44	0,20	62,05	0,20
Piedritto destro	-33,40	0,20	-88,29	0,20	63,06	0,20
Traverso	-16,33	2,60	-39,52	2,60	67,43	0,40

#### Combinazione n° 14

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-35,91	0,20	63,41	2,60	60,49	1,85
Piedritto sinistro	-35,91	0,20	62,53	0,20	38,23	0,20
Piedritto destro	-28,18	2,60	64,93	2,60	70,68	0,20
Traverso	-28,18	2,60	-47,15	2,60	74,08	2,60

#### Combinazione n° 15

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-27,83	0,20	-53,53	0,20	50,42	2,22
Piedritto sinistro	-27,83	0,20	50,42	0,20	54,46	0,20
Piedritto destro	-27,83	0,20	-50,42	0,20	54,46	0,20
Traverso	-10,22	0,20	30,92	0,20	21,39	2,50

#### Combinazione n° 16

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-26,16	0,20	-53,53	0,20	51,79	0,58
Piedritto sinistro	-26,16	0,20	51,79	0,20	54,46	0,20
Piedritto destro	-26,16	0,20	-51,79	0,20	54,46	0,20
Traverso	13,29	1,40	30,92	0,20	20,02	2,00

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 125 DI 157
-----------------------------------	--	--------------------

#### Combinazione n° 17

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-88,97	0,20	199,48	2,60	86,22	2,13
Piedritto sinistro	-88,97	0,20	94,38	0,20	126,55	0,20
Piedritto destro	-96,24	2,60	131,85	2,60	215,16	0,20
Traverso	-96,24	2,60	-191,63	2,60	147,47	2,60

#### Combinazione n° 18

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-57,02	0,20	74,97	2,60	117,21	1,04
Piedritto sinistro	-57,02	0,20	129,14	0,20	47,58	0,20
Piedritto destro	-49,79	2,60	119,68	2,60	82,93	0,20
Traverso	-49,79	2,60	-59,40	2,60	138,22	2,60

#### Combinazione n° 19

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-52,21	0,20	72,00	2,60	104,32	0,33
Piedritto sinistro	-52,21	0,20	112,90	0,20	42,41	0,20
Piedritto destro	-50,66	2,60	122,27	2,60	82,70	0,20
Traverso	-50,66	2,60	-59,17	2,60	143,37	2,60

#### Combinazione n° 20

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-78,25	0,20	166,28	2,60	78,56	1,22
Piedritto sinistro	-78,25	0,20	85,51	0,20	103,91	0,20
Piedritto destro	-85,29	2,60	116,42	2,60	179,60	0,20
Traverso	-85,29	2,60	-156,07	2,60	130,03	2,60

#### Combinazione n° 21

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-76,91	0,20	166,28	2,60	79,65	1,85
Piedritto sinistro	-76,91	0,20	86,60	0,20	103,91	0,20
Piedritto destro	-81,32	2,60	115,32	2,60	179,60	0,20
Traverso	-81,32	2,60	-156,06	2,60	128,94	2,60

**Sollecitazioni massime e minime**

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-118,75 (2)	0,20	267,73 (2)	2,60	155,45 (3)	2,22
Piedritto sinistro	-118,75 (2)	0,20	171,49 (3)	0,20	169,28 (2)	0,20
Piedritto destro	-131,56 (2)	2,60	178,46 (2)	2,60	288,89 (2)	0,20
Traverso	-131,56 (2)	2,60	-258,29 (2)	2,60	199,56 (2)	2,60

## Verifiche geotecniche

### Simbologia adottata

IC	Indice della combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante corretti per effetto forma, inclinazione del carico, affondamento, etc.
qu	Portanza ultima del terreno, espressa in [kPa]
Qu	Portanza ultima del terreno, espressa in [kN/m]
Qy	Carico verticale al piano di posa, espressa in [kN/m]
FS	Fattore di sicurezza a carico limite

IC	Nc	Nq	Ny	N'c	N'q	N'y	qu	Qu	Qy	FS
1	22,25	11,85	8,00	33,86	14,83	10,01	1027	2876,57	88,81	32,39
2	22,25	11,85	8,00	15,90	7,28	0,00	259	725,01	403,09	1,80
3	22,25	11,85	8,00	2,48	1,13	20,98	136	379,86	117,97	3,22
4	22,25	11,85	8,00	2,40	1,10	21,44	110	308,37	110,68	2,79
5	22,25	11,85	8,00	15,12	6,93	0,02	236	661,86	324,52	2,04
6	22,25	11,85	8,00	15,12	6,93	0,02	236	661,98	324,52	2,04
7	22,25	11,85	8,00	7,28	3,34	5,84	256	717,59	84,45	8,50
8	22,25	11,85	8,00	3,17	1,45	17,50	277	775,82	48,65	15,95
9	22,25	11,85	8,00	7,28	3,34	5,84	256	716,87	84,45	8,49
10	22,25	11,85	8,00	3,17	1,45	17,50	277	774,39	48,65	15,92

### 14.3 TOMBINO SEZ. 3-3

### Geometria scatolare

Descrizione:

Scatolare semplice

Altezza esterna	2,80	[m]
Larghezza esterna	2,80	[m]
Lunghezza mensola di fondazione sinistra	0,00	[m]
Lunghezza mensola di fondazione destra	0,00	[m]
Spessore piedritto sinistro	0,40	[m]
Spessore piedritto destro	0,40	[m]
Spessore fondazione	0,40	[m]
Spessore traverso	0,40	[m]

### Caratteristiche strati terreno

#### Strato di ricoprimento

Descrizione

Terreno di ricoprimento

Spessore dello strato	1,60	[m]
-----------------------	------	-----

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 128 DI 157
-----------------------------------	--	--------------------

Peso di volume	20,0000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	20,0000	[kN/mc]
Angolo di attrito	35,00	[°]
Coesione	0	[kPa]

#### Strato di rinfianco

Descrizione	Terreno di rinfianco	
Peso di volume	19,0000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	19,0000	[kN/mc]
Angolo di attrito	26,00	[°]
Angolo di attrito terreno struttura	17,16	[°]
Coesione	0	[kPa]
Costante di Winkler	1	[kPa/cm]

#### Strato di base

Descrizione	Terreno di base	
Peso di volume	19,0000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	19,0000	[kN/mc]
Angolo di attrito	26,00	[°]
Angolo di attrito terreno struttura	26,00	[°]
Coesione	10	[kPa]
Costante di Winkler	135	[kPa/cm]
Tensione limite	1000	[kPa]

## Caratteristiche materiali utilizzati

#### *Materiale calcestruzzo*

$R_{ck}$ calcestruzzo	40000	[kPa]
Peso specifico calcestruzzo	24,5170	[kN/mc]
Modulo elastico E	33149080	[kPa]
Tensione di snervamento acciaio	450000	[kPa]
Coeff. omogeneizzazione cls teso/compresso (n')	0,50	
Coeff. omogeneizzazione acciaio/cls (n)	15,00	
Coefficiente dilatazione termica	0,0000120	

## Condizioni di carico

#### *Convenzioni adottate*

Origine in corrispondenza dello spigolo inferiore sinistro della struttura  
 Carichi verticali positivi se diretti verso il basso  
 Carichi orizzontali positivi se diretti verso destra  
 Coppie concentrate positive se antiorarie  
 Ascisse X (espresse in m) positive verso destra  
 Ordinate Y (espresse in m) positive verso l'alto  
 Carichi concentrati espressi in kN  
 Coppie concentrate espressi in kNm  
 Carichi distribuiti espressi in kN/m

*Simbologia adottata e unità di misura*

*Forze concentrate*

X	ascissa del punto di applicazione dei carichi verticali concentrati
Y	ordinata del punto di applicazione dei carichi orizzontali concentrati
F <sub>y</sub>	componente Y del carico concentrato
F <sub>x</sub>	componente X del carico concentrato
M	momento

*Forze distribuite*

X <sub>i</sub> , X <sub>f</sub>	ascisse del punto iniziale e finale per carichi distribuiti verticali
Y <sub>i</sub> , Y <sub>f</sub>	ordinate del punto iniziale e finale per carichi distribuiti orizzontali
V <sub>ni</sub>	componente normale del carico distribuito nel punto iniziale
V <sub>nf</sub>	componente normale del carico distribuito nel punto finale
V <sub>ii</sub>	componente tangenziale del carico distribuito nel punto iniziale
V <sub>if</sub>	componente tangenziale del carico distribuito nel punto finale
D <sub>ie</sub>	variazione termica lembo esterno espressa in gradi centigradi
D <sub>ii</sub>	variazione termica lembo interno espressa in gradi centigradi

Condizione di carico n°1 (Peso Proprio)

Condizione di carico n°2 (Spinta terreno sinistra)

Condizione di carico n°3 (Spinta terreno destra)

Condizione di carico n°4 (Sisma da sinistra)

Condizione di carico n°5 (Sisma da destra)

Condizione di carico n° 7 (Traffico Centrato)

Distr	Terreno	X <sub>i</sub> = -1,10	X <sub>f</sub> = 3,90	V <sub>ni</sub> = 50,00	V <sub>nf</sub> = 50,00		
Distr	Terreno	X <sub>i</sub> = -10,00	X <sub>f</sub> = -1,10	V <sub>ni</sub> = 9,00	V <sub>nf</sub> = 9,00		
Distr	Terreno	X <sub>i</sub> = 3,90	X <sub>f</sub> = 12,80	V <sub>ni</sub> = 9,00	V <sub>nf</sub> = 9,00		
Distr	Traverso	X <sub>i</sub> = 0,00	X <sub>f</sub> = 2,80	V <sub>ni</sub> = 0,00	V <sub>nf</sub> = 0,00	V <sub>ii</sub> = 18,29	V <sub>if</sub> = 18,29

Condizione di carico n° 8 (Traffico laterale)

Distr	Terreno	X <sub>i</sub> = -5,00	X <sub>f</sub> = 0,00	V <sub>ni</sub> = 50,00	V <sub>nf</sub> = 50,00		
Distr	Terreno	X <sub>i</sub> = -10,00	X <sub>f</sub> = -5,00	V <sub>ni</sub> = 9,00	V <sub>nf</sub> = 9,00		
Distr	Terreno	X <sub>i</sub> = 0,00	X <sub>f</sub> = 12,80	V <sub>ni</sub> = 9,00	V <sub>nf</sub> = 9,00		

Condizione di carico n° 9 (Pavimentazione)

Distr	Terreno	X <sub>i</sub> = -10,00	X <sub>f</sub> = 12,80	V <sub>ni</sub> = 4,80	V <sub>nf</sub> = 4,80		
-------	---------	-------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	--	--

Condizione di carico n° 10 (Frenamento)

Distr	Traverso	X <sub>i</sub> = 0,00	X <sub>f</sub> = 2,80	V <sub>ni</sub> = 0,00	V <sub>nf</sub> = 0,00	V <sub>ii</sub> = 18,00	V <sub>if</sub> = 18,00
-------	----------	-----------------------	-----------------------	------------------------	------------------------	-------------------------	-------------------------

Condizione di carico n° 11 (Variazione termica)

Term	Traverso	D <sub>ie</sub> = -2,50	D <sub>ii</sub> = 2,50
Term	Traverso	D <sub>ie</sub> = -10,00	D <sub>ii</sub> = -10,00

Condizione di carico n° 12 (Ritiro)

Term	Traverso	D <sub>ie</sub> = -10,00	D <sub>ii</sub> = -10,00
------	----------	--------------------------	--------------------------

## Impostazioni di progetto

### Verifica materiali:

#### Stato Limite Ultimo

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo $\gamma_c$	1.50
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

### Verifica Taglio - Metodo dell'inclinazione variabile del traliccio

$$V_{Rd} = [0.18 \cdot k \cdot (100.0 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d > (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

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

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot (\text{ctg}(\theta) + \text{ctg}(\alpha)) / (1.0 + \text{ctg} \theta^2)$$

con:

d	altezza utile sezione [mm]
$b_w$	larghezza minima sezione [mm]
$\sigma_{cp}$	tensione media di compressione [N/mm <sup>2</sup> ]
$\rho_l$	rapporto geometrico di armatura
$A_{sw}$	area armatura trasversale [mm <sup>2</sup> ]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
$\alpha_c$	coefficiente maggiorativo, funzione di $f_{cd}'$ e $\sigma_{cp}$

$$f_{cd}' = 0.5 \cdot f_{cd}$$

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

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

### Verifiche secondo :

Norme Tecniche 2018 - Approccio 2

Copriferro sezioni 6,00 [cm]

## Descrizione combinazioni di carico

### Simbologia adottata

$\gamma$	Coefficiente di partecipazione della condizione
$\psi$	Coefficiente di combinazione della condizione
C	Coefficiente totale di partecipazione della condizione

### Norme Tecniche 2018

### Simbologia adottata

$\gamma_{G1sfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{G1fav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{G2sfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti non strutturali
$\gamma_{G2fav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti non strutturali
$\gamma_Q$	Coefficiente parziale sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi'}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
$\gamma_{c'}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
$\gamma_{cu}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
$\gamma_{qu}$	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo

### Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

#### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		A1	A2
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1fav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G1sfav}$	1,30	1,00
Permanenti non strutturali	Favorevole	$\gamma_{G2fav}$	0,80	0,80
Permanenti non strutturali	Sfavorevole	$\gamma_{G2sfav}$	1,50	1,30
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qifav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qisfav}$	1,50	1,30
Variabili da traffico	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili da traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,35	1,15
Termici	Favorevole	$\gamma_{cfav}$	0,00	0,00
Termici	Sfavorevole	$\gamma_{csfav}$	1,20	1,20

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1,00	1,00

### Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

#### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	A1	A2
---------	---------	----	----

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 132 DI 157
-----------------------------------	--	--------------------

Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1fav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G1sfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G2fav}$	0,00	0,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G2sfav}$	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Q1fav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Q1sfav}$	1,00	1,00
Variabili da traffico	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili da traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00
Termici	Favorevole	$\gamma_{\epsilon fav}$	0,00	0,00
Termici	Sfavorevole	$\gamma_{\epsilon sfav}$	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1,00	1,00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1,00	1,00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1,00	1,00

Combinazione n° 1 SLU (Approccio 2)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Pavimentazione	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 2 SLU (Approccio 2)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Pavimentazione	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50
Traffico Centrato	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Frenamento	Sfavorevole	1.35	0.75	1.01
Variazione termica	Sfavorevole	1.50	0.60	0.90
Ritiro	Sfavorevole	1.20	1.00	1.20

Combinazione n° 3 SLU (Approccio 2)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 133 DI 157
-----------------------------------	--	--------------------

Pavimentazione	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50
Traffico laterale	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Frenamento	Sfavorevole	1.35	0.75	1.01
Variazione termica	Sfavorevole	1.50	0.60	0.90
Ritiro	Sfavorevole	1.20	1.00	1.20

Combinazione n° 4 SLU (Approccio 2)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Pavimentazione	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50
Traffico laterale	Sfavorevole	1.35	0.75	1.01
Frenamento	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Variazione termica	Sfavorevole	1.50	0.60	0.90
Ritiro	Sfavorevole	1.20	1.00	1.20

Combinazione n° 5 SLU (Approccio 2)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Pavimentazione	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50
Traffico Centrato	Sfavorevole	1.35	0.75	1.01
Frenamento	Sfavorevole	1.35	0.75	1.01
Variazione termica	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50
Ritiro	Sfavorevole	1.20	1.00	1.20

Combinazione n° 6 SLU (Approccio 2)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Pavimentazione	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50
Traffico Centrato	Sfavorevole	1.35	0.75	1.01
Frenamento	Sfavorevole	1.35	0.75	1.01
Variazione termica	Sfavorevole	1.50	0.60	0.90
Ritiro	Sfavorevole	1.20	1.00	1.20

Combinazione n° 7 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 134 DI 157
-----------------------------------	--	--------------------

Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
-------------------	-------------	------	------	------

Combinazione n° 8 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 9 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 10 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 11 SLE (Quasi Permanente)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 12 SLE (Frequente)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Traffico Centrato	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 135 DI 157
-----------------------------------	--	--------------------

Combinazione n° 13 SLE (Frequente)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Traffico laterale	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 14 SLE (Frequente)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Frenamento	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 15 SLE (Frequente)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Variazione termica	Sfavorevole	1.00	0.50	0.50
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 16 SLE (Frequente)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 17 SLE (Rara)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Traffico Centrato	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Frenamento	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 136 DI 157
-----------------------------------	--	--------------------

Variazione termica	Sfavorevole	1.00	0.60	0.60
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 18 SLE (Rara)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Traffico laterale	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Frenamento	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75
Variazione termica	Sfavorevole	1.00	0.60	0.60
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 19 SLE (Rara)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Frenamento	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Traffico laterale	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75
Variazione termica	Sfavorevole	1.00	0.60	0.60
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 20 SLE (Rara)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Variazione termica	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Traffico Centrato	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75
Frenamento	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 21 SLE (Rara)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pavimentazione	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Ritiro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Traffico Centrato	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75
Frenamento	Sfavorevole	1.00	0.75	0.75

<b>RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO</b>	<b>AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO</b>	<b>Pag. 137 DI 157</b>
---	--	----------------------------

Variazione termica

Sfavorevole

1.00

0.60

0.60



### Analisi della combinazione n° 1

Pressione in calotta(solo peso terreno) 34,4142 [kPa]

#### Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	34,4142
-10,00	12,80	41,6142
12,80	22,80	34,4142

#### Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 23,3717 [kPa] Pressione inf. 62,2140 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 23,3717 [kPa] Pressione inf. 62,2140 [kPa]

### Analisi della combinazione n° 2

Pressione in calotta(solo peso terreno) 34,4142 [kPa]

#### Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	34,4142
-10,00	-1,10	53,7642
-1,10	3,90	109,1142
3,90	12,80	53,7642
12,80	22,80	34,4142

#### Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 52,9968 [kPa] Pressione inf. 91,8391 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 52,9968 [kPa] Pressione inf. 91,8391 [kPa]

### Analisi della combinazione n° 3

Pressione in calotta(solo peso terreno) 34,4142 [kPa]

#### Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
----	----	--------

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 140 DI 157
-----------------------------------	--	--------------------

-20,00	-10,00	34,4142
-10,00	-5,00	53,7642
-5,00	0,00	109,1142
0,00	12,80	53,7642
12,80	22,80	34,4142

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 61,2817 [kPa] Pressione inf. 100,1239 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 30,1955 [kPa] Pressione inf. 69,0378 [kPa]

**Analisi della combinazione n° 4**

Pressione in calotta(solo peso terreno) 34,4142 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	34,4142
-10,00	-5,00	50,7267
-5,00	0,00	92,2392
0,00	12,80	50,7267
12,80	22,80	34,4142

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 51,8042 [kPa] Pressione inf. 90,6464 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 28,4896 [kPa] Pressione inf. 67,3318 [kPa]

**Analisi della combinazione n° 5**

Pressione in calotta(solo peso terreno) 34,4142 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	34,4142
-10,00	-1,10	50,7267
-1,10	3,90	92,2392
3,90	12,80	50,7267
12,80	22,80	34,4142

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 141 DI 157
-----------------------------------	--	--------------------

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 45,5905 [kPa] Pressione inf. 84,4328 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 45,5905 [kPa] Pressione inf. 84,4328 [kPa]

**Analisi della combinazione n° 6**

Pressione in calotta(solo peso terreno) 34,4142 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	34,4142
-10,00	-1,10	50,7267
-1,10	3,90	92,2392
3,90	12,80	50,7267
12,80	22,80	34,4142

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 45,5905 [kPa] Pressione inf. 84,4328 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 45,5905 [kPa] Pressione inf. 84,4328 [kPa]

**Analisi della combinazione n° 7**

Pressione in calotta(solo peso terreno) 26,4725 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	26,4725
-10,00	12,80	31,2725
12,80	22,80	26,4725

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 17,5635 [kPa] Pressione inf. 47,4422 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 17,5635 [kPa] Pressione inf. 47,4422 [kPa]

Spinte sismiche sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 44,0106 [kPa] Pressione inf. 44,0106 [kPa]

## Analisi della combinazione n° 8

Pressione in calotta(solo peso terreno) 26,4725 [kPa]

### Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	26,4725
-10,00	12,80	31,2725
12,80	22,80	26,4725

### Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 17,5635 [kPa] Pressione inf. 47,4422 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 17,5635 [kPa] Pressione inf. 47,4422 [kPa]

### Spinte sismiche sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 44,0106 [kPa] Pressione inf. 44,0106 [kPa]

## Analisi della combinazione n° 9

Pressione in calotta(solo peso terreno) 26,4725 [kPa]

### Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	26,4725
-10,00	12,80	31,2725
12,80	22,80	26,4725

### Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 17,5635 [kPa] Pressione inf. 47,4422 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 17,5635 [kPa] Pressione inf. 47,4422 [kPa]

### Spinte sismiche sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 44,0106 [kPa] Pressione inf. 44,0106 [kPa]

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 143 DI 157
-----------------------------------	--	--------------------

## Analisi della combinazione n° 10

Pressione in calotta(solo peso terreno) 26,4725 [kPa]

### Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	26,4725
-10,00	12,80	31,2725
12,80	22,80	26,4725

### Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 17,5635 [kPa] Pressione inf. 47,4422 [kPa]

Piedritto destro Pressione sup. 17,5635 [kPa] Pressione inf. 47,4422 [kPa]

### Spinte sismiche sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 44,0106 [kPa] Pressione inf. 44,0106 [kPa]

## Analisi della combinazione n° 11

Pressione in calotta(solo peso terreno) 26,4725 [kPa]

### Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	26,4725
-10,00	12,80	31,2725
12,80	22,80	26,4725

### Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 17,5635 [kPa] Pressione inf. 47,4422 [kPa]

Piedritto destro Pressione sup. 17,5635 [kPa] Pressione inf. 47,4422 [kPa]

## Analisi della combinazione n° 12

Pressione in calotta(solo peso terreno) 26,4725 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	26,4725
-10,00	-1,10	38,0225
-1,10	3,90	68,7725
3,90	12,80	38,0225
12,80	22,80	26,4725

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 34,0219 [kPa] Pressione inf. 63,9005 [kPa]

Piedritto destro Pressione sup. 34,0219 [kPa] Pressione inf. 63,9005 [kPa]

### Analisi della combinazione n° 13

Pressione in calotta(solo peso terreno) 26,4725 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	26,4725
-10,00	-5,00	38,0225
-5,00	0,00	68,7725
0,00	12,80	38,0225
12,80	22,80	26,4725

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 38,6246 [kPa] Pressione inf. 68,5032 [kPa]

Piedritto destro Pressione sup. 21,3545 [kPa] Pressione inf. 51,2332 [kPa]

### Analisi della combinazione n° 14

Pressione in calotta(solo peso terreno) 26,4725 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
----	----	--------

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 145 DI 157
-----------------------------------	--	--------------------

-20,00	-10,00	26,4725
-10,00	12,80	31,2725
12,80	22,80	26,4725

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 17,5635 [kPa] Pressione inf. 47,4422 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 17,5635 [kPa] Pressione inf. 47,4422 [kPa]

### Analisi della combinazione n° 15

Pressione in calotta(solo peso terreno) 26,4725 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	26,4725
-10,00	12,80	31,2725
12,80	22,80	26,4725

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 17,5635 [kPa] Pressione inf. 47,4422 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 17,5635 [kPa] Pressione inf. 47,4422 [kPa]

### Analisi della combinazione n° 16

Pressione in calotta(solo peso terreno) 26,4725 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	26,4725
-10,00	12,80	31,2725
12,80	22,80	26,4725

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 17,5635 [kPa] Pressione inf. 47,4422 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 17,5635 [kPa] Pressione inf. 47,4422 [kPa]

### Analisi della combinazione n° 17

Pressione in calotta(solo peso terreno) 26,4725 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	26,4725
-10,00	-1,10	40,2725
-1,10	3,90	81,2725
3,90	12,80	40,2725
12,80	22,80	26,4725

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 39,5080 [kPa] Pressione inf. 69,3867 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 39,5080 [kPa] Pressione inf. 69,3867 [kPa]

**Analisi della combinazione n° 18**

Pressione in calotta(solo peso terreno) 26,4725 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	26,4725
-10,00	-5,00	40,2725
-5,00	0,00	81,2725
0,00	12,80	40,2725
12,80	22,80	26,4725

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 45,6450 [kPa] Pressione inf. 75,5236 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 22,6182 [kPa] Pressione inf. 52,4968 [kPa]

**Analisi della combinazione n° 19**

Pressione in calotta(solo peso terreno) 26,4725 [kPa]

Carichi verticali in calotta

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 147 DI 157
-----------------------------------	--	--------------------

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	26,4725
-10,00	-5,00	38,0225
-5,00	0,00	68,7725
0,00	12,80	38,0225
12,80	22,80	26,4725

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 38,6246 [kPa] Pressione inf. 68,5032 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 21,3545 [kPa] Pressione inf. 51,2332 [kPa]

### Analisi della combinazione n° 20

Pressione in calotta(solo peso terreno) 26,4725 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	26,4725
-10,00	-1,10	38,0225
-1,10	3,90	68,7725
3,90	12,80	38,0225
12,80	22,80	26,4725

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 34,0219 [kPa] Pressione inf. 63,9005 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 34,0219 [kPa] Pressione inf. 63,9005 [kPa]

### Analisi della combinazione n° 21

Pressione in calotta(solo peso terreno) 26,4725 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-20,00	-10,00	26,4725
-10,00	-1,10	38,0225
-1,10	3,90	68,7725
3,90	12,80	38,0225
12,80	22,80	26,4725

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 148 DI 157
-----------------------------------	--	--------------------

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 34,0219 [kPa] Pressione inf. 63,9005 [kPa]  
Piedritto destro Pressione sup. 34,0219 [kPa] Pressione inf. 63,9005 [kPa]

## Sollecitazioni

### Massimi e minimi

#### Combinazione n° 1

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-31,20	0,20	-92,73	0,20	62,05	0,67
Piedritto sinistro	-31,20	0,20	62,05	0,20	95,83	0,20
Piedritto destro	-31,20	0,20	-62,05	0,20	95,83	0,20
Traverso	-21,49	0,20	65,24	0,20	40,66	2,50

#### Combinazione n° 2

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-94,96	0,20	196,88	2,50	121,07	2,40
Piedritto sinistro	-94,96	0,20	129,16	0,20	143,17	0,20
Piedritto destro	-90,29	2,60	138,91	2,60	210,50	0,20
Traverso	-90,29	2,60	-179,90	2,60	147,64	2,60

#### Combinazione n° 3

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-68,82	0,20	118,03	2,50	115,38	1,95
Piedritto sinistro	-68,82	0,20	124,83	0,20	95,55	0,20
Piedritto destro	-53,28	2,60	-105,92	0,20	125,27	0,20
Traverso	-53,28	2,60	-94,68	2,60	112,59	2,60

#### Combinazione n° 4

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-69,48	0,20	118,28	2,50	107,88	0,49
Piedritto sinistro	-69,48	0,20	116,97	0,20	87,28	0,20
Piedritto destro	-56,60	2,60	102,74	2,60	126,25	0,20
Traverso	-56,60	2,60	-95,66	2,60	112,29	2,60

#### Combinazione n° 5

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-86,90	0,20	173,63	2,50	107,76	0,27
Piedritto sinistro	-86,90	0,20	114,69	0,20	127,76	0,20
Piedritto destro	-84,02	2,60	122,05	2,60	185,41	0,20
Traverso	-84,02	2,60	-154,81	2,60	129,52	2,60

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 150 DI 157
-----------------------------------	--	--------------------

#### Combinazione n° 6

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-84,89	0,20	173,62	2,50	109,40	1,22
Piedritto sinistro	-84,89	0,20	116,33	0,20	127,76	0,20
Piedritto destro	-78,07	2,60	120,41	2,60	185,41	0,20
Traverso	-78,07	2,60	-154,81	2,60	127,88	2,60

#### Combinazione n° 7

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-40,32	0,20	78,28	2,50	105,46	2,60
Piedritto sinistro	-40,32	0,20	107,92	0,20	77,37	0,20
Piedritto destro	-32,01	0,20	-94,06	0,20	81,72	0,20
Traverso	-29,91	2,60	-53,71	2,60	93,61	2,60

#### Combinazione n° 8

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-37,21	0,20	65,24	2,50	104,36	2,60
Piedritto sinistro	-37,21	0,20	106,82	0,20	63,94	0,20
Piedritto destro	-29,45	2,60	-92,96	0,20	68,30	0,20
Traverso	-29,45	2,60	-49,23	2,60	94,72	2,60

#### Combinazione n° 9

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-46,92	0,20	78,29	2,50	110,96	2,60
Piedritto sinistro	-46,92	0,20	113,42	0,20	77,36	0,20
Piedritto destro	-38,61	0,20	-99,55	0,20	81,72	0,20
Traverso	-23,33	2,60	-53,71	2,60	88,11	2,60

#### Combinazione n° 10

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-43,81	0,20	65,25	2,50	109,86	2,60
Piedritto sinistro	-43,81	0,20	112,31	0,20	63,94	0,20
Piedritto destro	-35,50	0,20	-98,45	0,20	68,30	0,20
Traverso	-22,87	2,60	-49,24	2,60	89,22	2,60

#### Combinazione n° 11

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-30,32	0,20	-70,48	0,20	52,72	2,31

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO				Pag. 151 DI 157	
-----------------------------------	--	--	--	--	--------------------	--

Piedritto sinistro	-30,32	0,20	52,72	0,20	72,83	0,20
Piedritto destro	-30,32	0,20	-52,72	0,20	72,83	0,20
Traverso	19,91	1,40	49,30	0,20	25,28	0,20

#### Combinazione n° 12

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-52,69	0,20	121,96	2,50	78,65	0,76
Piedritto sinistro	-52,69	0,20	81,24	0,20	107,07	0,20
Piedritto destro	-36,83	2,60	-76,06	0,20	128,59	0,20
Traverso	-36,83	2,60	-105,06	2,60	69,19	2,60

#### Combinazione n° 13

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-38,17	0,20	-78,18	0,20	75,49	1,49
Piedritto sinistro	-38,17	0,20	78,83	0,20	80,62	0,20
Piedritto destro	-34,95	0,20	-72,14	0,20	81,25	0,20
Traverso	18,54	1,40	-57,71	2,60	49,72	2,50

#### Combinazione n° 14

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-39,63	0,20	78,71	2,50	58,82	1,67
Piedritto sinistro	-39,63	0,20	61,37	0,20	62,24	0,20
Piedritto destro	-23,65	2,60	-56,27	0,20	83,42	0,20
Traverso	-23,65	2,60	-59,89	2,60	49,04	2,60

#### Combinazione n° 15

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-31,99	0,20	-70,48	0,20	51,35	0,33
Piedritto sinistro	-31,99	0,20	51,35	0,20	72,83	0,20
Piedritto destro	-31,99	0,20	-51,35	0,20	72,83	0,20
Traverso	14,95	1,40	49,30	0,20	26,65	0,73

#### Combinazione n° 16

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-30,32	0,20	-70,48	0,20	52,72	2,31
Piedritto sinistro	-30,32	0,20	52,72	0,20	72,83	0,20
Piedritto destro	-30,32	0,20	-52,72	0,20	72,83	0,20
Traverso	19,91	1,40	49,30	0,20	25,28	0,20

**Combinazione n° 17**

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-71,46	0,20	147,62	2,50	91,74	1,95
Piedritto sinistro	-71,46	0,20	97,74	0,20	107,89	0,20
Piedritto destro	-65,82	2,60	102,77	2,60	157,77	0,20
Traverso	-65,82	2,60	-134,23	2,60	109,23	2,60

**Combinazione n° 18**

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-52,10	0,20	89,21	2,50	87,53	1,76
Piedritto sinistro	-52,10	0,20	94,53	0,20	72,62	0,20
Piedritto destro	-38,41	2,60	-80,53	0,20	94,64	0,20
Traverso	-38,41	2,60	-71,10	2,60	83,27	2,60

**Combinazione n° 19**

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-52,59	0,20	89,40	2,50	81,97	0,33
Piedritto sinistro	-52,59	0,20	88,71	0,20	66,50	0,20
Piedritto destro	-40,87	2,60	75,97	2,60	95,37	0,20
Traverso	-40,87	2,60	-71,83	2,60	83,04	2,60

**Combinazione n° 20**

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-65,34	0,20	130,40	2,50	82,01	0,85
Piedritto sinistro	-65,34	0,20	87,14	0,20	96,48	0,20
Piedritto destro	-60,74	2,60	90,15	2,60	139,18	0,20
Traverso	-60,74	2,60	-115,65	2,60	95,69	2,60

**Combinazione n° 21**

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-64,00	0,20	130,39	2,50	83,10	2,31
Piedritto sinistro	-64,00	0,20	88,23	0,20	96,48	0,20
Piedritto destro	-56,77	2,60	89,06	2,60	139,18	0,20
Traverso	-56,77	2,60	-115,65	2,60	94,59	2,60

**Sollecitazioni massime e minime**

Elemento	M [kNm]	X [m]	V [kN]	X [m]	N [kN]	X [m]
Fondazione	-94,96 (2)	0,20	196,88 (2)	2,50	121,07 (2)	2,40
Piedritto sinistro	-94,96 (2)	0,20	129,16 (2)	0,20	143,17 (2)	0,20
Piedritto destro	-90,29 (2)	2,60	138,91 (2)	2,60	210,50 (2)	0,20
Traverso	-90,29 (2)	2,60	-179,90 (2)	2,60	147,64 (2)	2,60

## Verifiche geotecniche

### Simbologia adottata

<i>IC</i>	Indice della combinazione
<i>N<sub>c</sub>, N<sub>q</sub>, N<sub>γ</sub></i>	Fattori di capacità portante
<i>N<sub>c</sub>, N<sub>q</sub>, N<sub>γ</sub></i>	Fattori di capacità portante corretti per effetto forma, inclinazione del carico, affondamento, etc.
<i>q<sub>u</sub></i>	Portanza ultima del terreno, espressa in [kPa]
<i>Q<sub>U</sub></i>	Portanza ultima del terreno, espressa in [kN]/m
<i>Q<sub>Y</sub></i>	Carico verticale al piano di posa, espressa in [kN]/m
<i>FS</i>	Fattore di sicurezza a carico limite

<b>IC</b>	<b>N<sub>c</sub></b>	<b>N<sub>q</sub></b>	<b>N<sub>γ</sub></b>	<b>N'<sub>c</sub></b>	<b>N'<sub>q</sub></b>	<b>N'<sub>γ</sub></b>	<b>q<sub>u</sub></b>	<b>Q<sub>U</sub></b>	<b>Q<sub>Y</sub></b>	<b>FS</b>
1	22,25	11,85	8,00	36,65	15,54	10,49	1970	5515,95	222,26	24,82
2	22,25	11,85	8,00	23,22	10,30	1,79	874	2446,80	384,26	6,37
3	22,25	11,85	8,00	17,34	7,69	0,01	680	1904,17	251,42	7,57
4	22,25	11,85	8,00	17,40	7,72	0,01	637	1784,12	244,13	7,31
5	22,25	11,85	8,00	23,61	10,47	2,00	904	2531,97	343,76	7,37
6	22,25	11,85	8,00	23,61	10,47	2,00	904	2532,02	343,76	7,37
7	22,25	11,85	8,00	11,56	5,13	1,82	570	1595,79	187,10	8,53
8	22,25	11,85	8,00	9,10	4,03	4,32	514	1440,21	151,30	9,52
9	22,25	11,85	8,00	11,56	5,13	1,82	570	1595,71	187,10	8,53
10	22,25	11,85	8,00	9,10	4,03	4,32	514	1440,12	151,30	9,52





