

S.S. 398 "Via Val di Cornia"
Bretella di collegamento tra l'Autostrada Tirrenica A12
e il Porto di Piombino
LOTTO 1 - Svincolo di Geodetica-Gagno

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **FI2**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Dott. Ing. Nando Granieri
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:
MANDATARIA:

 Sintagma

 GEOTECHNICAL DESIGN GROUP

 ICARIA
società di ingegneria

Dott.Ing. N.Granieri
Dott.Arch. N.Kamenicky
Dott.Ing. V.Truffini
Dott.Arch. A.Bracchini
Dott.Ing. F.Durastanti
Dott.Geol. G.Cerquiglini
Geom. S.Scopetta
Dott.Ing. L.Sbrenna
Dott.Ing. E.Sellari
Dott.Ing. E.Bartolucci
Dott.Ing. L.Dinelli
Dott.Ing. L.Nani
Dott.Ing. F.Pambianco
Dott. Agr. F.Berti Nulli

MANDANTI:
Dott. Ing. D.Carlaccini
Dott. Ing. S.Sacconi
Dott. Ing. G.Cordua
Dott. Ing. V.De Gori
Dott. Ing. C.Consorti
Dott. Ing. F.Dominici

Dott. Ing. V.Rotisciani
Dott. Ing. F.Macchioni
Geom. C.Vischini
Dott. Ing. V.Piunno
Dott. Ing. G.Pulli
Geom. C.Sugaroni

IL PROGETTISTA:
Dott. Ing. Vladimiro Rotisciani
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° A376

IL GEOLOGO:
Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

IL R.U.P.
Dott. Ing. Antonio Scalamandrè

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:
Dott. Ing. Filippo Pambianco
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

PROTOCOLLO

DATA

MARZO 2019



OPERE D'ARTE MINORI
SOTTOVIA STRADALE
Relazione tecnica e di calcolo

CODICE PROGETTO

NOME FILE

T00-ST01-STR-RE01

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

DPFI12 E 1801

CODICE ELAB. T00ST01STRRE01

A

-

A

Emissione

29/03/2019

F.Macchioni

V.Rotisciani

N.Granieri

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

INDICE

1. PREMESSA	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO DEL SITO	5
3.1 STRATIGRAFIE DI CALCOLO	5
4. GEOMETRIA DELL'OPERA	7
5. MATERIALI	8
5.1 CALCESTRUZZO	8
5.2 ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO	9
6. ANALISI DEI CARICHI	10
6.1 COPERTURA TOMBINO	10
6.2 PLATEA TOMBINO	11
6.3 SPINTA DEL TERRENO SULLE PARETI	11
6.4 CRITERI DI CALCOLO DELLE AZIONI SISMICHE	15
7. CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO	17
7.1 CONDIZIONI DI CARICO	17
7.2 COMBINAZIONI DI CARICO	18
8. RISULTATI DELL'ANALISI	23
8.1 MODELLAZIONE: INPUT	23
8.2 MODELLAZIONE: OUTPUT	36
8.2.1 Convenzioni relative alle caratteristiche di sollecitazione	37
8.3 VERIFICHE STRUTTURALI	43

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

8.3.1	Verifiche piedritti.....	43
8.3.2	Verifiche traverso superiore	47
8.3.3	Verifiche platea di fondazione.....	49
9.	CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO	51
9.1	VALUTAZIONE DELLA COSTANTE DI SOTTOFONDO	51
9.2	VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEL COMPLESSO TERRENO-FONDAZIONE	51

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

1. PREMESSA

Nella presente relazione vengono presentati i calcoli di verifica delle opere strutturali del sottovia stradale da realizzarsi nell'ambito dell'intervento denominato "SS. 398 Via Val di Cornia - Bretella di collegamento tra l'Autostrada Tirrenica A12 e il Porto di Piombino - LOTTO 1 - Svincolo di Geodetica-Gagno".

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L. 05.11.1971, n. 1086. Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica

D.M. del 09.01.1996. Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.

D.M. del 16.01.1996. Norme Tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".

D.M. del 16.01.1996. Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

Circolare Ministeriale del 04.07.1996 n. 156AA.GG./STC. Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al Decreto Ministeriale 16.01.1996.

L. 02.02.1974, n. 64. Provvedimenti per costruzioni con particolari prescrizioni per zone sismiche.

D.M. LL. PP. 11.03.1988. Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Circolare Ministeriale del 24.07.1988, n. 30483/STC.

Legge 2 Febbraio 1974 n. 64, art. 1 - D.M. 11 Marzo 1988. Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Circolare Ministeriale del 15.10.1996 N°252. Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al D.M.09.01.1996

Circolare Ministeriale del 10.04.1997 N°65/AA.GG. Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M.16.01.1996

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri N°3274 del 20.03.2003. Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri N°3431 del 10.05.2005. Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza N°3274.

Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14.09.2005 (TU 2005)

Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14.01.2008 (NTC 2008)

Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17.01.2018 (NTC 2018).

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

3. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO DEL SITO

La campagna di indagini effettuata ha permesso il riconoscimento dei litotipi, la successione stratigrafica e la caratterizzazione meccanica dei terreni lungo tutto lo sviluppo del tracciato di progetto. I risultati di dette indagini sono descritti nella relazione geotecnica alla quale si rimanda per ulteriori approfondimenti.

3.1 STRATIGRAFIE DI CALCOLO

Facendo riferimento a quanto riportato nella relazione geotecnica, nella tabella che segue sono riportati i valori dei parametri meccanici degli strati interessati dal calcolo delle strutture in esame:

Litotipi		Parametri geotecnici				
Cod.	Descrizione	γ (KN/m ³)	c' (KPa)	ϕ' (deg)	C _u (KPa)	E' (MPa)
UG0	Riporti, coperture antropiche, colmate	18.5	-	35	-	15
UG1	Argille e limi lacustri organici	17.0	10	24	30	-
UG2	Argille e limi molto poco consistenti	19.5	30	25	100	-
UG3	Sabbie limose mediamente addensate	20.0	0	32	-	25
UG4b	Limi sabbioso ghiaiosi molto consistenti	20.0	20	32	-	50
UG4a	Substrato roccioso	26.0	50	40	-	100

La stratigrafia assunta nei calcoli è specificata di seguito, assumendo come quota 0.00 la quota di fondo scavo:

Da 0.00 a -4.00	Litotipo UG0 – Riporti, coperture antropiche, colmate
Da -4.00 a -4.95	Litotipo UG2 – Argille e limi poco consistenti
Da -4.95 a -8.10	Litotipo UG3 – Sabbie limose mediamente addensate
Da -8.10 a -9.20	Litotipo UG2 – Argille e limi poco consistenti
Da -9.20 a -	Litotipo UG3 – Sabbie limose mediamente addensate

La falda risulta ubicata a circa 3.00m di profondità dal piano di campagna.

Dal punto di vista sismico il sottosuolo è individuato nella categoria "E", come riportato nella Relazione geologica allegata al progetto esecutivo.

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

Per quanto riguarda il materiale con cui si effettua il riempimento a tergo delle opere, si assumono le seguenti caratteristiche:

Cod.	Descrizione	γ (KN/m ³)	c' (KPa)	ϕ' (deg)
R	Riempimento	18	0	35

Per maggiori dettagli sulle caratteristiche dei terreni si faccia riferimento agli elaborati di carattere geotecnico (relazione geotecnica, profili geotecnici).

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

4. GEOMETRIA DELL'OPERA

Il sottovia stradale in oggetto è costituito da una struttura scatolare in c.a. gettato in opera, di dimensioni interne pari a 4.00 x 3.50 m, con pareti, copertura di spessore pari a 80 cm e platea di fondazione di spessore pari a 100 cm. Lo sviluppo dell'opera è di circa 23.5 m.

Per il calcolo viene analizzata una porzione di struttura di lunghezza unitaria, e con i carichi spalmati su tale lunghezza di calcolo.

Per ulteriori dettagli si vedano gli elaborati grafici di progetto.

5. MATERIALI

5.1 CALCESTRUZZO

Il calcestruzzo può essere preconfezionato in centrale di betonaggio o impastato in cantiere con inerti di caratteristiche meccaniche appropriate, granulometria e rapporto acqua-cemento controllati.

Gli impasti devono essere preparati e trasportati in modo da escludere pericoli di segregazione dei componenti e di prematuro inizio della presa al momento del getto.

I componenti dovranno soddisfare i seguenti requisiti normativi:

Leganti	-	L. 26/05/1965 n. 595
	-	Norme serie EN 197 armonizzata
Aggregati	-	UNI EN 12620 armonizzata
	-	UNI EN 13055-1 armonizzata
	-	UNI 8520-1 : 2005
	-	UNI 8520-2: 2005
Aggiunte	-	EN 450-1
	-	UNI EN 206-1 :2006
	-	UNI 11104:2004
Additivi	-	EN 934-2 armonizzata
Acqua di impasto	-	UNI EN 1008: 2003

Le miscele di calcestruzzo da utilizzare nel confezionamento degli elementi saranno progettate in funzione della resistenza caratteristica richiesta, della carpenteria, delle armature e del tipo di getto.

CALCESTRUZZO TIPO 1 (Platea e pareti tombino)

Classe di resistenza	C32/40 ($R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$)
Classe di esposizione (UNI EN 206-1)	XA2
Classe di consistenza	S4
Rapporto acqua – cemento (a/c)	0.50
Contenuto minimo di cemento	340 kg/m ³
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 33.2 \text{ N/mm}^2$
Resistenza media a compressione	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.2 \text{ N/mm}^2$
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3.1 \text{ N/mm}^2$

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.17 \text{ N/mm}^2$
Fattore parz. di sicurezza resistenza	$\gamma_c = 1.5$
Coeff. Riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc} = 0.85$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 18.81 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = 1.44 \text{ N/mm}^2$
Modulo di elasticità	$E_{cm} = 22000 \cdot \left[\frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3} = 33642.8 \text{ N/mm}^2$
Copriferro di calcolo	5 cm
Calcestruzzo magro per fondazione:	
Si prevede un calcestruzzo di classe C 12/15.	

5.2 ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO

Si prevede l'impiego di acciaio del tipo B450C saldabile controllato in stabilimento.

L'accertamento delle proprietà meccaniche dovrà essere conforme alle seguenti normative sull'acciaio: EN 10002/1° (marzo 1990)-UNI 564 (febbraio 1960)-UNI 6407 (marzo 1969).

Acciaio	B450C
Tensione di rottura nominale	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
Tensione di snervamento nominale	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
Allungamento a rottura caratteristico	$(A_{gt})_k \geq 7.5 \%$
Coefficiente parziale di sicurezza:	$\phi_s = 1.15$
Tensione di snervamento di calcolo:	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 391 \text{ N/mm}^2$

Le caratteristiche degli acciai impiegati saranno comprovate mediante prove su campioni da prelevare in cantiere in fase di esecuzione dell'opera con le modalità prescritte nel D.M. 14.01.08.

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

6. ANALISI DEI CARICHI

I valori dei carichi sono riepilogati di seguito.

6.1 COPERTURA TOMBINO

CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI

Rilevato stradale ($h=1.00$ m, p.p. = 19 kN/m ³).....	<u>19.00</u> kN/m ²
Carico permanente strutturale totale G_{1k}	19.00 kN/m ²

CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI

Pacchetto stradale ($h=0.70$, p.p. = 20 kN/m ³).....	<u>14.00</u> kN/m ²
Carico permanente non strutturale totale G_{2k}	14.00 kN/m ²

CARICHI VARIABILI TRAFFICO

Per tenere conto dei carichi derivanti dal traffico stradale, considerando una larghezza della corsia convenzionale pari a 3.00 m in accordo con la Tab. 5.1.I della NTC2018, si applicano i carichi mobili tandem ed i carichi distribuiti sulla corsia, tenendo conto che il tombino è modellato con larghezza unitaria.

Pertanto, per quanto riguarda il carico distribuito, si considera applicato su 1 m di larghezza. Per il carico tandem, si considera invece la presenza di un solo asse di carico ($Q_{ik} = 300$ kN), in quanto si può ritenere con buona approssimazione che la larghezza di 1.00 m non consente la presenza contemporanea di più di due punti di carico sul tombino, viste le distanze tra gli assi da normativa. I due punti di carico dell'asse sono disposti, per garantire le condizioni più gravose, a distanza di 1.20 m a cavallo della mezzeria della copertura. Le entità dei carichi sono riepilogati di seguito:

Carico distribuito.....	9.00 kN/m
Carico tandem concentrato.....	2 x 150 kN

FRENATURA

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

L'azione dovuta alla frenatura è calcolata secondo la relazione contenuta nelle NTC2018 al par. 5.1.3.5 ed applicata sulla porzione di scatolare di larghezza pari ad 1.00 m:

$$q_3 = 0.6 (2Q_{1k}) + 0.10 q_{1k} w_1 L = 384.3 \text{ kN}$$

dove:

$$Q_{1k} = 300 \text{ kN, carico asse corsia;}$$

$$q_{1k} = 9.00 \text{ kN/m}^2, \text{ carico uniformemente distribuito fuori corsia;}$$

$$w_1 = 3.00 \text{ m, larghezza della corsia convenzionale;}$$

$$L = 9.00 \text{ m, lunghezza della zona caricata.}$$

La forza di frenatura, applicata a livello della pavimentazione stradale e lungo l'asse della corsia, è assunta uniformemente distribuita sulla lunghezza caricata. Inoltre, considerando la porzione di scatolare di larghezza pari ad 1 m, l'azione di frenatura risulta:

$$Q_3 = 384.3 / (9.00 \times 3.00) = 14.23 \text{ kN/m}^2 \times 1.00 \text{ m} = 14.23 \text{ kN/m}$$

CARICHI TERMICI

Dal momento che le opere in progetto sono completamente interrato e all'interno è presente acqua si ipotizza un gradiente termico tra la faccia esterna e la faccia interna, con una distribuzione a farfalla di valore pari a +/- 15°.

6.2 PLATEA TOMBINO

CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI

Pavimentazione stradale (h=0.05, p.p = 20 kN/m ³).....	1.00 kN/m ²
Carico permanente non strutturale totale G _{2k}	1.00 kN/m ²

6.3 SPINTA DEL TERRENO SULLE PARETI

Si riportano di seguito i grafici delle spinte del terreno sulle pareti del manufatto tenendo conto della presenza di materiale di riporto a tergo, per il quale si considerano le seguenti caratteristiche geomeccaniche:

$\gamma_k = 19,0$	kN/m ³	peso di volume caratteristico;
$\varphi'_k = 35$	°	angolo di operativo attrito caratteristico.

Considerando che le strutture in esame non sono in grado di subire spostamenti sufficienti alla mobilitazione della spinta attiva le azioni agenti sulle stesse verranno calcolate per mezzo del coefficiente di spinta in quiete.

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

Nel calcolo delle spinte si è tenuto conto di un sovraccarico accidentale sul terreno di 20 kN/m².

I risultati e gli andamenti delle pressioni di progetto (comprehensive dei fattori parziali di sicurezza), sono riportati nelle tabelle seguenti.

Tutti i valori sono riferiti a una striscia di larghezza unitaria.

GEOMETRIA MURO E RINTERRO

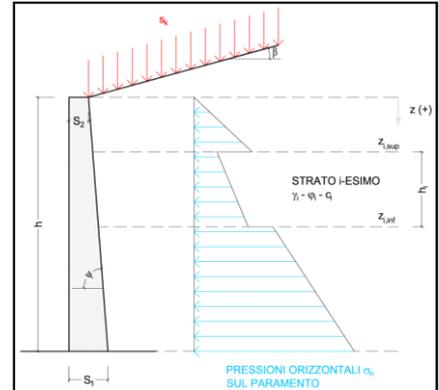
γ_M	25	kN/m ³	Peso per unità di volume
s_1	0,8	m	Spessore alla base
s_2	0,8	m	Spessore in testa
h_f	1	m	Altezza suola fondazione
h	5,3	m	Altezza paramento
β	0	°	Ang. terrapieno sull'orizzontale (>0 antiorario)
ψ	90	°	Ang. par. interna sull'orizzontale (>0 orario)
H	6,3	m	Altezza totale muro

MODALITA' DI SPINTA

Spinta in quiete

PARAMETRI SISMICI

E	▼	Categoria suolo	
T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i <= 15^\circ$		▼	Caratteristiche pendio
Muro non in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno		▼	Caratteristiche pendio
a_g	0,049	g	Accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido orizzontale (riferita all'accel. di gravità g)
F_0	2,815		Fattore di amplificazione spettrale massima su sito di riferimento rigido orizzontale
T_c	0,275	s	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale
C_e	1,927		Coefficiente che modifica il valore del periodo T_c
S_s	1,600		Coefficiente di amplificazione stratigrafica
S_T	1,000		Coefficiente di amplificazione topografica
S	1,600		Coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo
a_{max}	0,078	g	Accelerazione massima attesa al sito (riferita all'accelerazione di gravità g)
β_{max}	1,00		Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito
k_h	0,078		Coefficiente sismico orizzontale
k_v	0,039		Coefficiente sismico verticale con accelerazione diretta verso l'alto
k_v	-0,039		Coefficiente sismico verticale con accelerazione diretta verso il basso
θ_A	4,28	°	Rotazione addizionale terreno-muro per accelerazione sismica verticale verso l'alto
θ_B	4,63	°	Rotazione addizionale terreno-muro per accelerazione sismica verticale verso il basso



SOVRACCARICHI SUL RINTERRO

g_{1k}	g_{2k}	q_{1k}	
0	0	20	kN/m ²
s_{g1k}	s_{g2k}	s_{q1k}	
1	1	0,3	

Carico uniformemente distribuito a tergo del paramento

Coefficiente di riduzione della massa del sovraccarico

Coefficiente parziali di sicurezza dei carichi

γ_{G1}	γ_{G2}	γ_Q	γ_E	
1	1	1	1	-
1,3	1,5	1,5	-	-
1	1,3	1,3	-	-
1	1	1	1	-

Coefficiente parziali di sicurezza dei carichi SLE

Coefficiente parziali di sicurezza dei carichi SLU - APPROCCIO 1 - COMB 1 (A1) E APPROCCIO 2

Coefficiente parziali di sicurezza dei carichi SLU - APPROCCIO 1 - COMB 2 (A2)

Coefficiente parziali di sicurezza dei carichi in combinazione sismica SLV

Coefficiente parziali di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno

γ_r	γ_c	γ_ϕ	
1	1	1	
1	1,25	1,25	

Coefficiente parziali di sicurezza dei parametri geotecnici SLE / SLU - APPROCCIO 1 - COMB 1 (M1), APPROCCIO 2 / SLV

Coefficiente parziali di sicurezza dei parametri geotecnici - SLU - APPROCCIO 1 - COMB 2 (M2)

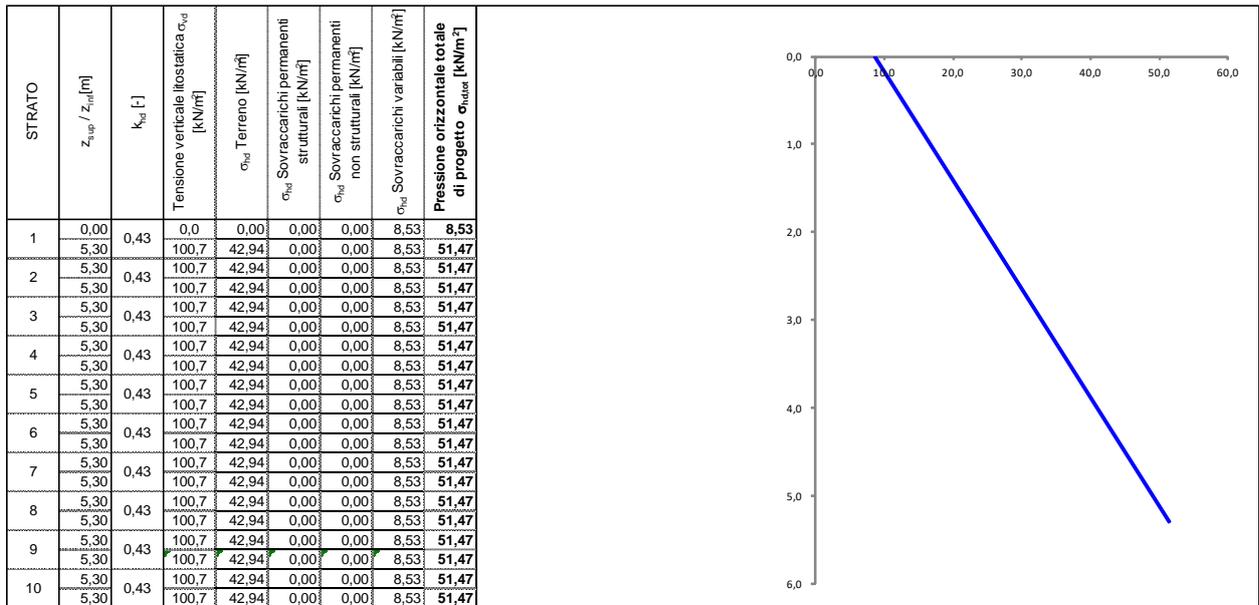
SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

CARATTERISTICHE STRATI TERRENO

Strato	z _{sup} [m]	z _{inf} [m]	h [m]	PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI				PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO SLE/ SLU - APPROCCIO 1 - COMB 1 (M1), APPROCCIO 2 / SLV				COEFF. DI SPINTA DI PROGETTO SLE/ SLU - APPROCCIO 1 - COMB 1 (M1), APPROCCIO 2 / SLV				PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO SLU - APPROCCIO 1 - COMB 2 (M2)				COEFF. DI SPINTA DI PROGETTO SLU - APPROCCIO 1 - COMB 2 (M2)			
				γ _k [kN/m ³]	φ _k [°]	δ _k [°]	c' _k [kN/m ²]	γ _d [kN/m ³]	φ _d [°]	δ _d [°]	c' _d [kN/m ²]	k _{0,d} [-]	k _{s,d} [-]	k _{ea,d} [-]	k _{sb,d} [-]	γ _d [kN/m ³]	φ _d [°]	δ _d [°]	c' _d [kN/m ²]	k _{0,d} [-]	k _{s,d} [-]	k _{ea,d} [-]	k _{sb,d} [-]
1	0,00	5,30	5,30	19,00	35,00	0,00	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	0,426	0,271	0,313	0,316	19,00	29,26	0,00	0,00	0,511	0,343	0,390	0,394
2	5,30	5,30	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	0,426	0,271	0,313	0,316	19,00	29,26	0,00	0,00	0,511	0,343	0,390	0,394
3	5,30	5,30	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	0,426	0,271	0,313	0,316	19,00	29,26	0,00	0,00	0,511	0,343	0,390	0,394
4	5,30	5,30	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	0,426	0,271	0,313	0,316	19,00	29,26	0,00	0,00	0,511	0,343	0,390	0,394
5	5,30	5,30	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	0,426	0,271	0,313	0,316	19,00	29,26	0,00	0,00	0,511	0,343	0,390	0,394
6	5,30	5,30	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	0,426	0,271	0,313	0,316	19,00	29,26	0,00	0,00	0,511	0,343	0,390	0,394
7	5,30	5,30	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	0,426	0,271	0,313	0,316	19,00	29,26	0,00	0,00	0,511	0,343	0,390	0,394
8	5,30	5,30	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	0,426	0,271	0,313	0,316	19,00	29,26	0,00	0,00	0,511	0,343	0,390	0,394
9	5,30	5,30	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	0,426	0,271	0,313	0,316	19,00	29,26	0,00	0,00	0,511	0,343	0,390	0,394
10	5,30	5,30	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	19,00	35,00	0,00	0,00	0,426	0,271	0,313	0,316	19,00	29,26	0,00	0,00	0,511	0,343	0,390	0,394

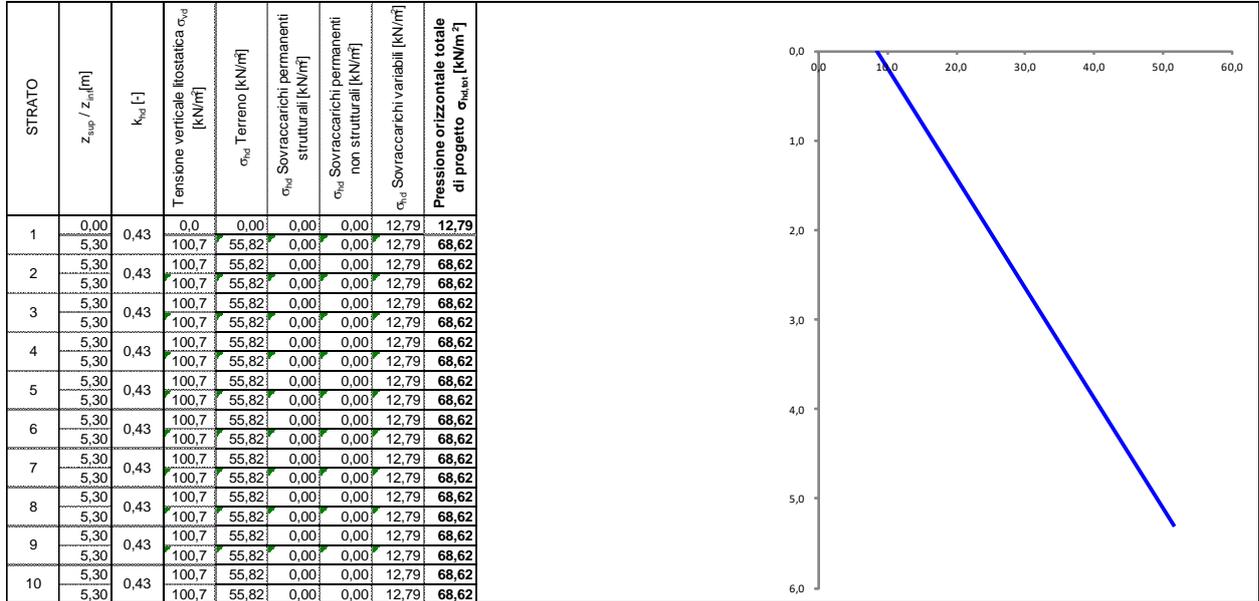
PRESSIONI DI PROGETTO SUL PARAMENTO (INCLUDONO I FATTORI DI SICUREZZA PARZIALI DELLE AZIONI)

PRESSIONI DI PROGETTO CONDIZIONI STATICHE SLE

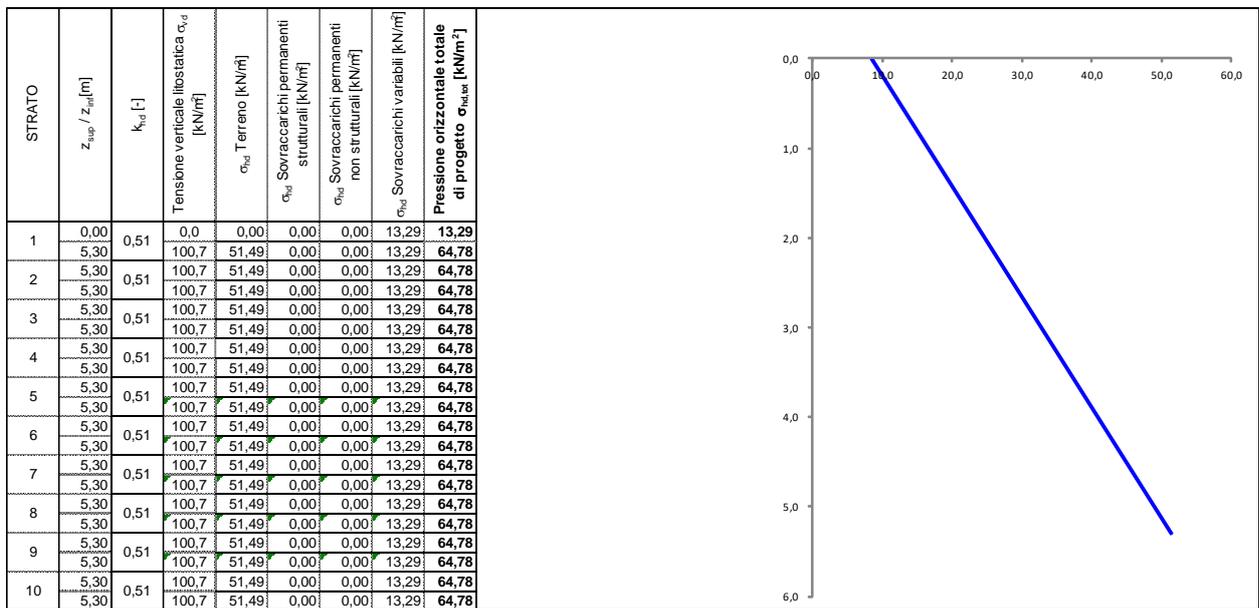


SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

PRESSIONI DI PROGETTO CONDIZIONI STATICHE SLU APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 1 E APPROCCIO 2



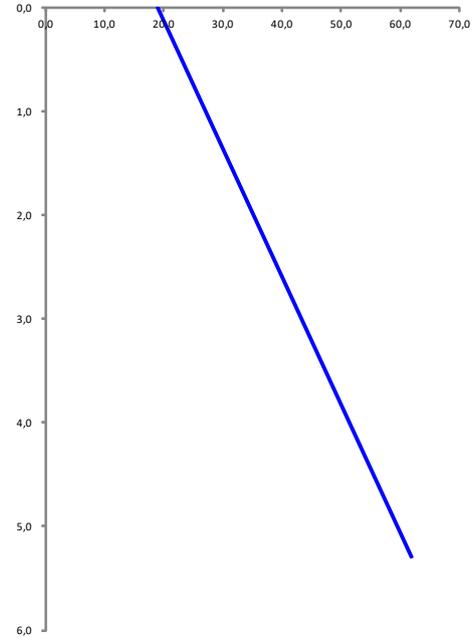
PRESSIONI DI PROGETTO CONDIZIONI STATICHE SLU APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2



SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

PRESSIONI DI PROGETTO CONDIZIONI SISMICHE SLV

STRATO	Z_{sup} / Z_{inf} [m]	k_{hd} [-]	Tensione verticale litostatica σ_{vd} [kN/m ²]	σ_{hd} Terreno [kN/m ²]	σ_{hd} Sovraccarichi permanenti strutturali [kN/m ²]	σ_{hd} Sovraccarichi permanenti non strutturali [kN/m ²]	σ_{hd} Sovraccarichi variabili [kN/m ²]	Pressione della forza d'inerzia agente sul paramento [kN/m ²]	Pressione dell'incremento sismico di spinta [kN/m ²]	Pressione incremento sismico spinta sovraccarichi permanenti strutturali [kN/m ²]	Pressione incremento sismico spinta sovraccarichi permanenti non strutturali [kN/m ²]	Pressione incremento sismico spinta sovraccarichi variabili [kN/m ²]	Pressione orizzontale totale di progetto $\sigma_{hor,slv}$ [kN/m ²]
1	0,00	0,43	0,0	0,00	0,00	0,00	8,53	1,47	8,81	0,00	0,00	0,19	19,00
	5,30		100,7	42,94	0,00	0,00	8,53	1,47	8,81	0,00	0,00	0,19	61,94
2	5,30	0,43	100,7	42,94	0,00	0,00	8,53	1,47	8,81	0,00	0,00	0,19	61,94
	5,30		100,7	42,94	0,00	0,00	8,53	1,47	8,81	0,00	0,00	0,19	61,94
3	5,30	0,43	100,7	42,94	0,00	0,00	8,53	1,47	8,81	0,00	0,00	0,19	61,94
	5,30		100,7	42,94	0,00	0,00	8,53	1,47	8,81	0,00	0,00	0,19	61,94
4	5,30	0,43	100,7	42,94	0,00	0,00	8,53	1,47	8,81	0,00	0,00	0,19	61,94
	5,30		100,7	42,94	0,00	0,00	8,53	1,47	8,81	0,00	0,00	0,19	61,94
5	5,30	0,43	100,7	42,94	0,00	0,00	8,53	1,47	8,81	0,00	0,00	0,19	61,94
	5,30		100,7	42,94	0,00	0,00	8,53	1,47	8,81	0,00	0,00	0,19	61,94
6	5,30	0,43	100,7	42,94	0,00	0,00	8,53	1,47	8,81	0,00	0,00	0,19	61,94
	5,30		100,7	42,94	0,00	0,00	8,53	1,47	8,81	0,00	0,00	0,19	61,94
7	5,30	0,43	100,7	42,94	0,00	0,00	8,53	1,47	8,81	0,00	0,00	0,19	61,94
	5,30		100,7	42,94	0,00	0,00	8,53	1,47	8,81	0,00	0,00	0,19	61,94
8	5,30	0,43	100,7	42,94	0,00	0,00	8,53	1,47	8,81	0,00	0,00	0,19	61,94
	5,30		100,7	42,94	0,00	0,00	8,53	1,47	8,81	0,00	0,00	0,19	61,94
9	5,30	0,43	100,7	42,94	0,00	0,00	8,53	1,47	8,81	0,00	0,00	0,19	61,94
	5,30		100,7	42,94	0,00	0,00	8,53	1,47	8,81	0,00	0,00	0,19	61,94
10	5,30	0,43	100,7	42,94	0,00	0,00	8,53	1,47	8,81	0,00	0,00	0,19	61,94
	5,30		100,7	42,94	0,00	0,00	8,53	1,47	8,81	0,00	0,00	0,19	61,94



6.4 CRITERI DI CALCOLO DELLE AZIONI SISMICHE

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare i diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

Tutti i parametri che definiscono tale caratterizzazione dipendono dalla probabilità di superamento PVR dell'evento sismico nel periodo di riferimento VR.

Per il progetto in essere, in accordo con la committenza, sono stati scelti i seguenti valori dei parametri di progetto relativi alla tipologia e all'uso a cui le strutture sono destinate:

Vita nominale $V_N = 50$ anni

Classe d'uso II (coefficiente d'uso $C_U = 1$)

Periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1 = 50$ anni

Gli stati limite rispetto ai quali effettuare le verifiche sono:

STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

SLO – Stato limite di operatività

SLD – Stato limite di danno

STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

SLV – Stato limite di salvaguardia della vita

SLC – Stato limite di collasso

Per costruzioni di classe d'uso II le verifiche possono essere limitate ai soli SLD e SLV.

Per gli scopi progettuali l'azione sismica viene definita mediante forme spettrali dipendenti da tre parametri a loro volta funzione della localizzazione geografica del sito e del periodo di ritorno considerato:

a_g – Accelerazione massima orizzontale 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

Nel caso in esame, per un periodo di ritorno pari a 475 anni (relativo allo stato SLV) risulta:

$$a_g = 0.0485 \text{ g}$$

$$F_0 = 2.815$$

$$T^*_c = 0.275 \text{ s}$$

Dal punto di vista sismico il suolo di fondazione è classificabile come di tipo "E".

L'amplificazione stratigrafica è descritta mediante i coefficienti S_S e S_T che assumono i seguenti valori:

$$S_S = 1.432$$

$$S_T = 1.0 \text{ (categoria T1 - superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con pendenza < 15\%)}$$

Pertanto risulta:

$$S = S_S \times S_T = 1.432 \times 1.0 = 1.432$$

Lo spettro di progetto coincide con quello elastico dal momento che le strutture vengono considerate non dissipative. Pertanto il fattore di struttura impiegato nelle analisi risulta:

$$q = 1.00, \text{ fattore di struttura.}$$

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

7. CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO

7.1 CONDIZIONI DI CARICO

Con riferimento al D.M. 17 gennaio 2018 le condizioni di carico prese in considerazione saranno le seguenti:

Descrizione	Nome breve	Durata	Psi0	Psi1	Psi2
Pesi strutturali	Pesi	Permanente			
Permanenti portati	Port.	Permanente			
Variabile traffico	Variabile traffico	Media	0.75	0.75	0
Spinta terreno A1-M1	Spinta terreno A1-M1	Permanente	1	1	1
Spinta terreno A2-M2	Spinta terreno A2-M2	Permanente	1	1	1
Sovr accidentale A1-M1	Sovr accidentale A1-M1	Media	0.7	0.5	0.3
Sovr accidentale A2-M2	Sovr accidentale A2-M2	Media	0.7	0.5	0.3
Sisma terreno Y sx	Sisma terreno Y sx	Istantaneo	0	0	0
Sisma terreno Y dx	Sisma terreno Y dx	Istantaneo	0	0	0
Frenatura	Frenatura	Media	0	0	0
ΔT	ΔT	Media	0.6	0.5	0
Sisma X SLV	X SLV				
Sisma Y SLV	Y SLV				
Sisma Z SLV	Z SLV				
Eccentricità Y per sisma X SLV	EY SLV				
Eccentricità X per sisma Y SLV	EX SLV				
Sisma X SLD	X SLD				
Sisma Y SLD	Y SLD				
Sisma Z SLD	Z SLD				
Eccentricità Y per sisma X SLD	EY SLD				
Eccentricità X per sisma Y SLD	EX SLD				
Terreno sisma X SLV	Tr x SLV				
Terreno sisma Y SLV	Tr y SLV				
Terreno sisma Z SLV	Tr z SLV				
Terreno sisma X SLD	Tr x SLD				
Terreno sisma Y SLD	Tr y SLD				
Terreno sisma Z SLD	Tr z SLD				
Rig. Ux	R Ux				
Rig. Uy	R Uy				
Rig. Rz	R Rz				

Una rappresentazione grafica dei carichi agenti per ciascuna delle singole condizioni è fornita ai paragrafi successivi.

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

7.2 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico da considerare ai fini delle verifiche sono state elaborate tenendo conto di quanto riportato nel D.M.17 gennaio 2018.

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

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

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \times Q_{k2} + \Psi_{03} \times Q_{k3} + \dots$$

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

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

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

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

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} \times Q_{k1} + \Psi_{22} \times Q_{k2} + \dots$$

γ_{G1} coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;

γ_{G2} coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

γ_Q coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;

γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili.

Il coefficiente parziale della precompressione si assume pari a $\gamma_P=1$

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza sono riportati nelle tabelle seguenti.

Famiglia SLU

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile traffico	Spinta terreno A1-M1	Spinta terreno A2-M2	Sovr accidentale A1-M1	Sovr accidentale A2-M2	Sisma terreno Y sx	Sisma terreno Y dx	Frenatura	ΔT
1	SLU 1	1.35	1.5	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	0	1.2
2	SLU 2	1.35	1.5	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	0	-1.2
3	SLU 3	1.35	1.5	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	1.2	1.2
4	SLU 4	1.35	1.5	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	1.2	-1.2
5	SLU 5	1	1.3	1.15	0	1	0	1	0	0	0	1
6	SLU 6	1	1.3	1.15	0	1	0	1	0	0	0	-1
7	SLU 7	1	1.3	1.15	0	1	0	1	0	0	1.15	1
8	SLU 8	1	1.3	1.15	0	1	0	1	0	0	1.15	-1
9	SLU 9	1.35	1.5	0.75	1.35	0	1.35	0	0	0	0	1.2

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile traffico	Spinta terreno A1-M1	Spinta terreno A2-M2	Sovr accidentale A1-M1	Sovr accidentale A2-M2	Sisma terreno Y sx	Sisma terreno Y dx	Frenatura	ΔT
10	SLU 10	1.35	1.5	0.75	1.35	0	1.35	0	0	0	0	-1.2
11	SLU 11	1.35	1.5	0.75	1.35	0	1.35	0	0	0	1.2	1.2
12	SLU 12	1.35	1.5	0.75	1.35	0	1.35	0	0	0	1.2	-1.2
13	SLU 13	1	1.3	0.75	0	1	0	1	0	0	0	1
14	SLU 14	1	1.3	0.75	0	1	0	1	0	0	0	-1
15	SLU 15	1	1.3	0.75	0	1	0	1	0	0	1.15	1
16	SLU 16	1	1.3	0.75	0	1	0	1	0	0	1.15	-1
17	SLU 17	1.35	1.5	1.35	1.35	0	0.75	0	0	0	0	1.2
18	SLU 18	1.35	1.5	1.35	1.35	0	0.75	0	0	0	0	-1.2
19	SLU 19	1.35	1.5	1.35	1.35	0	0.75	0	0	0	1.2	1.2
20	SLU 20	1.35	1.5	1.35	1.35	0	0.75	0	0	0	1.2	-1.2
21	SLU 21	1	1.3	1.15	0	1	0	0.75	0	0	0	1
22	SLU 22	1	1.3	1.15	0	1	0	0.75	0	0	0	-1
23	SLU 23	1	1.3	1.15	0	1	0	0.75	0	0	1.15	1
24	SLU 24	1	1.3	1.15	0	1	0	0.75	0	0	1.15	-1
25	SLU 25	1.35	1.5	1.013	1.35	0	1.35	0	0	0	0	1.2
26	SLU 26	1.35	1.5	1.013	1.35	0	1.35	0	0	0	0	-1.2
27	SLU 27	1.35	1.5	1.013	1.35	0	1.35	0	0	0	1.2	1.2
28	SLU 28	1.35	1.5	1.013	1.35	0	1.35	0	0	0	1.2	-1.2
29	SLU 29	1	1.3	1.013	0	1	0	1	0	0	0	1
30	SLU 30	1	1.3	1.013	0	1	0	1	0	0	0	-1
31	SLU 31	1	1.3	1.013	0	1	0	1	0	0	1.15	1
32	SLU 32	1	1.3	1.013	0	1	0	1	0	0	1.15	-1
33	SLU 33	1.35	1.5	1.35	1.35	0	1.013	0	0	0	0	1.2
34	SLU 34	1.35	1.5	1.35	1.35	0	1.013	0	0	0	0	-1.2
35	SLU 35	1.35	1.5	1.35	1.35	0	1.013	0	0	0	1.2	1.2
36	SLU 36	1.35	1.5	1.35	1.35	0	1.013	0	0	0	1.2	-1.2
37	SLU 37	1	1.3	1.15	0	1	0	0.75	0	0	0	1
38	SLU 38	1	1.3	1.15	0	1	0	0.75	0	0	0	-1
39	SLU 39	1	1.3	1.15	0	1	0	0.75	0	0	1.15	1
40	SLU 40	1	1.3	1.15	0	1	0	0.75	0	0	1.15	-1

Famiglia SLE rara

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile traffico	Spinta terreno A1-M1	Spinta terreno A2-M2	Sovr accidentale A1-M1	Sovr accidentale A2-M2	Sisma terreno Y sx	Sisma terreno Y dx	Frenatura	ΔT
1	SLE RA 1	1	1	1.35	1	0	1.35	0	0	0	0	0
2	SLE RA 2	1	1	1.35	1	0	1.35	0	0	0	0	0
3	SLE RA 3	1	1	1.35	1	0	1.35	0	0	0	0	0
4	SLE RA 4	1	1	1.35	0	1	0	1.15	0	0	0	0
5	SLE RA 5	1	1	1.35	0	1	0	1.15	0	0	0	0
6	SLE RA 6	1	1	1.35	0	1	0	1.15	0	0	0	0
7	SLE RA 7	1	1	1.35	1	0	1.013	0	0	0	0	0
8	SLE RA 8	1	1	1.35	1	0	1.013	0	0	0	0	0
9	SLE RA 9	1	1	1.35	1	0	1.013	0	0	0	0	0
10	SLE RA 10	1	1	1.35	0	1	0	0.863	0	0	0	0
11	SLE RA 11	1	1	1.35	0	1	0	0.863	0	0	0	0
12	SLE RA 12	1	1	1.35	0	1	0	0.863	0	0	0	0
13	SLE RA 13	1	1	1.013	1	0	1.35	0	0	0	0	0
14	SLE RA 14	1	1	1.013	1	0	1.35	0	0	0	0	0
15	SLE RA 15	1	1	1.013	1	0	1.35	0	0	0	0	0
16	SLE RA 16	1	1	1.013	0	1	0	1.15	0	0	0	0
17	SLE RA 17	1	1	1.013	0	1	0	1.15	0	0	0	0
18	SLE RA 18	1	1	1.013	0	1	0	1.15	0	0	0	0

Famiglia SLE frequente

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile traffico	Spinta terreno A1-M1	Spinta terreno A2-M2	Sovr accidentale A1-M1	Sovr accidentale A2-M2	Sisma terreno Y sx	Sisma terreno Y dx	Frenatura	ΔT
1	SLE FR 1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	SLE FR 2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5
3	SLE FR 3	1	1	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0.5
4	SLE FR 4	1	1	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile traffico	Spinta terreno A1-M1	Spinta terreno A2-M2	Sovr accidentale A1-M1	Sovr accidentale A2-M2	Sisma terreno Y sx	Sisma terreno Y dx	Frenatura	ΔT
5	SLE FR 5	1	1	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0.5
6	SLE FR 6	1	1	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0
7	SLE FR 7	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
8	SLE FR 8	1	1	0	0	1	0	0.3	0	0	0	0
9	SLE FR 9	1	1	0	0	1	0.3	0	0	0	0	0
10	SLE FR 10	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
11	SLE FR 11	1	1	0	1	0	0.3	0	0	0	0	0
12	SLE FR 12	1	1	0.75	0	0	0	0	0	0	0	0
13	SLE FR 13	1	1	0.75	0	0	0	0.3	0	0	0	0
14	SLE FR 14	1	1	0.75	0	0	0.3	0	0	0	0	0

Famiglia SLE quasi permanente

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile traffico	Spinta terreno A1-M1	Spinta terreno A2-M2	Sovr accidentale A1-M1	Sovr accidentale A2-M2	Sisma terreno Y sx	Sisma terreno Y dx	Frenatura	ΔT
1	SLE QP 1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	SLE QP 2	1	1	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0
3	SLE QP 3	1	1	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0
4	SLE QP 4	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
5	SLE QP 5	1	1	0	0	1	0	0.3	0	0	0	0
6	SLE QP 6	1	1	0	0	1	0.3	0	0	0	0	0
7	SLE QP 7	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
8	SLE QP 8	1	1	0	1	0	0.3	0	0	0	0	0

Famiglia SLV

Poiché il numero di condizioni elementari previste per le combinazioni di questa famiglia è cospicuo, la tabella verrà spezzata in più parti.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile traffico	Spinta terreno A1-M1	Spinta terreno A2-M2	Sovr accidentale A1-M1	Sovr accidentale A2-M2	Sisma terreno Y sx	Sisma terreno Y dx	Frenatura
1	SLV 1	1	1	0	0	1	0	0.3	1	1	0
2	SLV 2	1	1	0	0	1	0	0.3	1	1	0
3	SLV 3	1	1	0	0	1	0	0.3	1	1	0
4	SLV 4	1	1	0	0	1	0	0.3	1	1	0
5	SLV 5	1	1	0	0	1	0	0.3	1	1	0
6	SLV 6	1	1	0	0	1	0	0.3	1	1	0
7	SLV 7	1	1	0	0	1	0	0.3	1	1	0
8	SLV 8	1	1	0	0	1	0	0.3	1	1	0
9	SLV 9	1	1	0	0	1	0	0.3	1	1	0
10	SLV 10	1	1	0	0	1	0	0.3	1	1	0
11	SLV 11	1	1	0	0	1	0	0.3	1	1	0
12	SLV 12	1	1	0	0	1	0	0.3	1	1	0
13	SLV 13	1	1	0	0	1	0	0.3	1	1	0
14	SLV 14	1	1	0	0	1	0	0.3	1	1	0
15	SLV 15	1	1	0	0	1	0	0.3	1	1	0
16	SLV 16	1	1	0	0	1	0	0.3	1	1	0
17	SLV 17	1	1	0	0	1	0.3	0	1	1	0
18	SLV 18	1	1	0	0	1	0.3	0	1	1	0
19	SLV 19	1	1	0	0	1	0.3	0	1	1	0
20	SLV 20	1	1	0	0	1	0.3	0	1	1	0
21	SLV 21	1	1	0	0	1	0.3	0	1	1	0
22	SLV 22	1	1	0	0	1	0.3	0	1	1	0
23	SLV 23	1	1	0	0	1	0.3	0	1	1	0
24	SLV 24	1	1	0	0	1	0.3	0	1	1	0
25	SLV 25	1	1	0	0	1	0.3	0	1	1	0
26	SLV 26	1	1	0	0	1	0.3	0	1	1	0
27	SLV 27	1	1	0	0	1	0.3	0	1	1	0
28	SLV 28	1	1	0	0	1	0.3	0	1	1	0
29	SLV 29	1	1	0	0	1	0.3	0	1	1	0
30	SLV 30	1	1	0	0	1	0.3	0	1	1	0
31	SLV 31	1	1	0	0	1	0.3	0	1	1	0
32	SLV 32	1	1	0	0	1	0.3	0	1	1	0

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variable traffico	Spinta terreno A1-M1	Spinta terreno A2-M2	Sovr accidentale A1-M1	Sovr accidentale A2-M2	Sisma terreno Y sx	Sisma terreno Y dx	Frenatura
33	SLV 33	1	1	0	1	0	0.3	0	1	1	0
34	SLV 34	1	1	0	1	0	0.3	0	1	1	0
35	SLV 35	1	1	0	1	0	0.3	0	1	1	0
36	SLV 36	1	1	0	1	0	0.3	0	1	1	0
37	SLV 37	1	1	0	1	0	0.3	0	1	1	0
38	SLV 38	1	1	0	1	0	0.3	0	1	1	0
39	SLV 39	1	1	0	1	0	0.3	0	1	1	0
40	SLV 40	1	1	0	1	0	0.3	0	1	1	0
41	SLV 41	1	1	0	1	0	0.3	0	1	1	0
42	SLV 42	1	1	0	1	0	0.3	0	1	1	0
43	SLV 43	1	1	0	1	0	0.3	0	1	1	0
44	SLV 44	1	1	0	1	0	0.3	0	1	1	0
45	SLV 45	1	1	0	1	0	0.3	0	1	1	0
46	SLV 46	1	1	0	1	0	0.3	0	1	1	0
47	SLV 47	1	1	0	1	0	0.3	0	1	1	0
48	SLV 48	1	1	0	1	0	0.3	0	1	1	0

Nome	Nome breve	ΔT	X SLV	Y SLV	Z SLV	EY SLV	EX SLV	Tr x SLV	Tr y SLV	Tr z SLV
1	SLV 1	0	-1	-0.3	0	-1	0.3	-1	-0.3	0
2	SLV 2	0	-1	-0.3	0	1	-0.3	-1	-0.3	0
3	SLV 3	0	-1	0.3	0	-1	0.3	-1	0.3	0
4	SLV 4	0	-1	0.3	0	1	-0.3	-1	0.3	0
5	SLV 5	0	-0.3	-1	0	-0.3	1	-0.3	-1	0
6	SLV 6	0	-0.3	-1	0	0.3	-1	-0.3	-1	0
7	SLV 7	0	-0.3	1	0	-0.3	1	-0.3	1	0
8	SLV 8	0	-0.3	1	0	0.3	-1	-0.3	1	0
9	SLV 9	0	0.3	-1	0	-0.3	1	0.3	-1	0
10	SLV 10	0	0.3	-1	0	0.3	-1	0.3	-1	0
11	SLV 11	0	0.3	1	0	-0.3	1	0.3	1	0
12	SLV 12	0	0.3	1	0	0.3	-1	0.3	1	0
13	SLV 13	0	1	-0.3	0	-1	0.3	1	-0.3	0
14	SLV 14	0	1	-0.3	0	1	-0.3	1	-0.3	0
15	SLV 15	0	1	0.3	0	-1	0.3	1	0.3	0
16	SLV 16	0	1	0.3	0	1	-0.3	1	0.3	0
17	SLV 17	0	-1	-0.3	0	-1	0.3	-1	-0.3	0
18	SLV 18	0	-1	-0.3	0	1	-0.3	-1	-0.3	0
19	SLV 19	0	-1	0.3	0	-1	0.3	-1	0.3	0
20	SLV 20	0	-1	0.3	0	1	-0.3	-1	0.3	0
21	SLV 21	0	-0.3	-1	0	-0.3	1	-0.3	-1	0
22	SLV 22	0	-0.3	-1	0	0.3	-1	-0.3	-1	0
23	SLV 23	0	-0.3	1	0	-0.3	1	-0.3	1	0
24	SLV 24	0	-0.3	1	0	0.3	-1	-0.3	1	0
25	SLV 25	0	0.3	-1	0	-0.3	1	0.3	-1	0
26	SLV 26	0	0.3	-1	0	0.3	-1	0.3	-1	0
27	SLV 27	0	0.3	1	0	-0.3	1	0.3	1	0
28	SLV 28	0	0.3	1	0	0.3	-1	0.3	1	0
29	SLV 29	0	1	-0.3	0	-1	0.3	1	-0.3	0
30	SLV 30	0	1	-0.3	0	1	-0.3	1	-0.3	0
31	SLV 31	0	1	0.3	0	-1	0.3	1	0.3	0
32	SLV 32	0	1	0.3	0	1	-0.3	1	0.3	0
33	SLV 33	0	-1	-0.3	0	-1	0.3	-1	-0.3	0
34	SLV 34	0	-1	-0.3	0	1	-0.3	-1	-0.3	0
35	SLV 35	0	-1	0.3	0	-1	0.3	-1	0.3	0
36	SLV 36	0	-1	0.3	0	1	-0.3	-1	0.3	0
37	SLV 37	0	-0.3	-1	0	-0.3	1	-0.3	-1	0
38	SLV 38	0	-0.3	-1	0	0.3	-1	-0.3	-1	0
39	SLV 39	0	-0.3	1	0	-0.3	1	-0.3	1	0
40	SLV 40	0	-0.3	1	0	0.3	-1	-0.3	1	0
41	SLV 41	0	0.3	-1	0	-0.3	1	0.3	-1	0
42	SLV 42	0	0.3	-1	0	0.3	-1	0.3	-1	0
43	SLV 43	0	0.3	1	0	-0.3	1	0.3	1	0
44	SLV 44	0	0.3	1	0	0.3	-1	0.3	1	0
45	SLV 45	0	1	-0.3	0	-1	0.3	1	-0.3	0
46	SLV 46	0	1	-0.3	0	1	-0.3	1	-0.3	0
47	SLV 47	0	1	0.3	0	-1	0.3	1	0.3	0
48	SLV 48	0	1	0.3	0	1	-0.3	1	0.3	0



*Direzione Progettazione e
Realizzazione Lavori*

S.S. 398 "VIA VAL DI CORNIA" BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA L'AUTOSTRADA
TIRRENICA A12 ED IL PORTO DI PIOMBINO
PROGETTO ESECUTIVO

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

MANDATARIA



MANDANTE



22 di 54

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

8. RISULTATI DELL'ANALISI

La struttura è stata modellata con analisi agli elementi finiti (FEM), mediante il software Sismicad 12.13 della Concrete.

Si riportano di seguito i risultati della modellazione ed i dati di input utilizzati.

8.1 MODELLAZIONE: INPUT

Si riportano di seguito i dati di input del modello di calcolo.

1 Dati generali

1.1 Materiali

1.1.1 Materiali c.a.

Descrizione: descrizione o nome assegnato all'elemento.

Rck: resistenza caratteristica cubica; valore medio nel caso di edificio esistente. [kN/m²]

E: modulo di elasticità longitudinale del materiale per edifici o materiali nuovi. [kN/m²]

G: modulo di elasticità tangenziale del materiale, viene impiegato nella modellazione di aste e di elementi guscio a comportamento ortotropo. [kN/m²]

Poisson: coefficiente di Poisson. Il valore è adimensionale.

γ: peso specifico del materiale. [kN/m³]

α: coefficiente longitudinale di dilatazione termica. [°C⁻¹]

Descrizione	Rck	E	G	Poisson	γ	α
C32/40	40000	33642778	Default (15292172)	0.1	25	0.00001

1.1.2 Curve di materiali c.a.

Descrizione: descrizione o nome assegnato all'elemento.

Curva: curva caratteristica.

Reaz.traz.: reagisce a trazione.

Comp.frag.: ha comportamento fragile.

E.compr.: modulo di elasticità a compressione. [kN/m²]

Incr.compr.: incrudimento di compressione. Il valore è adimensionale.

EpsEc: ε elastico a compressione. Il valore è adimensionale.

EpsUc: ε ultimo a compressione. Il valore è adimensionale.

E.traz.: modulo di elasticità a trazione. [kN/m²]

Incr.traz.: incrudimento di trazione. Il valore è adimensionale.

EpsEt: ε elastico a trazione. Il valore è adimensionale.

EpsUt: ε ultimo a trazione. Il valore è adimensionale.

Descrizione	Curva									
	Reaz.traz.	Comp.frag.	E.compr.	Incr.compr.	EpsEc	EpsUc	E.traz.	Incr.traz.	EpsEt	EpsUt
C32/40	No	Si	33642778	0.001	-0.002	-0.0035	33642778	0.001	0.0000645	0.0000709

1.1.3 Armature

Descrizione: descrizione o nome assegnato all'elemento.

f_{yk}: resistenza caratteristica. [kN/m²]

σ_{amm.}: tensione ammissibile. [kN/m²]

Tipo: tipo di barra.

E: modulo di elasticità longitudinale del materiale per edifici o materiali nuovi. [kN/m²]

γ: peso specifico del materiale. [kN/m³]

Poisson: coefficiente di Poisson. Il valore è adimensionale.

α: coefficiente longitudinale di dilatazione termica. [°C⁻¹]

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

Livello di conoscenza: indica se il materiale è nuovo o esistente, e in tal caso il livello di conoscenza secondo Circ. 02/02/09 n. 617 §C8A. Informazione impiegata solo in analisi D.M. 14-01-08 (N.T.C.).

Descrizione	fyk	σamm.	Tipo	E	γ	Poisson	α	Livello di conoscenza
B450C_1	450000	255000	Aderenza migliorata	206000000	78.5	0.3	0.000012	Nuovo

1.2 Sezioni

1.2.1 Sezioni C.A.

1.2.1.1 Sezioni rettangolari C.A.

Descrizione: descrizione o nome assegnato all'elemento.

Area Tx FEM: area di taglio in direzione X per l'analisi FEM. [m²]

Area Ty FEM: area di taglio in direzione Y per l'analisi FEM. [m²]

JxFEM: momento di inerzia attorno all'asse X per l'analisi FEM. [m⁴]

JyFEM: momento di inerzia attorno all'asse Y per l'analisi FEM. [m⁴]

JtFEM: momento d'inerzia torsionale corretto con il fattore di forma per l'analisi FEM. [m⁴]

H: altezza della sezione. [m]

B: larghezza della sezione. [m]

c.s.: copriferro superiore della sezione. [m]

c.i.: copriferro inferiore della sezione. [m]

c.l.: copriferro laterale della sezione. [m]

Descrizione	Area Tx FEM	Area Ty FEM	JxFEM	JyFEM	JtFEM	H	B	c.s.	c.i.	c.l.
R 80x100	0.666667	0.666667	6.667E-02	4.267E-02	8.465E-02	1	0.8	0.05	0.05	0.05
R 100x80	0.666667	0.666667	4.267E-02	6.667E-02	8.465E-02	0.8	1	0.05	0.05	0.05
R 100x100	0.833333	0.833333	8.333E-02	8.333E-02	1.233E-01	1	1	0.05	0.05	0.05

1.2.1.2 Caratteristiche inerziali sezioni C.A.

Descrizione: descrizione o nome assegnato all'elemento.

Xg: ascissa del baricentro definita rispetto al sistema geometrico in cui sono definiti i vertici del poligono. [m]

Yg: ordinata del baricentro definita rispetto al sistema geometrico in cui sono definiti i vertici del poligono. [m]

Area: area inerziale nel sistema geometrico centrato nel baricentro. [m²]

Jx: momento d'inerzia attorno all'asse orizzontale baricentrico di definizione della sezione. [m⁴]

Jy: momento d'inerzia attorno all'asse verticale baricentrico di definizione della sezione. [m⁴]

Jxy: momento centrifugo rispetto al sistema di riferimento baricentrico di definizione della sezione. [m⁴]

Jm: momento d'inerzia attorno all'asse baricentrico principale M. [m⁴]

Jn: momento d'inerzia attorno all'asse baricentrico principale N. [m⁴]

Alfa: angolo tra gli assi del sistema di riferimento geometrico di definizione e quelli del sistema di riferimento principale. [deg]

Area Tx FEM: area di taglio in direzione X per l'analisi FEM. [m²]

Area Ty FEM: area di taglio in direzione Y per l'analisi FEM. [m²]

JxFEM: momento di inerzia attorno all'asse X per l'analisi FEM. [m⁴]

JyFEM: momento di inerzia attorno all'asse Y per l'analisi FEM. [m⁴]

JtFEM: momento d'inerzia torsionale corretto con il fattore di forma per l'analisi FEM. [m⁴]

Descrizione	Xg	Yg	Area	Jx	Jy	Jxy	Jm	Jn	Alfa	Area Tx FEM	Area Ty FEM	JxFEM	JyFEM	JtFEM
R 80x100	0.4	0.5	0.8	6.7E-2	4.3E-2	0	6.7E-2	4.3E-2	0	0.666667	0.666667	6.67E-02	4.27E-02	8.47E-02
R 100x80	0.5	0.4	0.8	4.3E-2	6.7E-2	0	4.3E-2	6.7E-2	0	0.666667	0.666667	4.27E-02	6.67E-02	8.47E-02
R 100x100	0.5	0.5	1	8.3E-2	8.3E-2	0	8.3E-2	8.3E-2	0	0.833333	0.833333	8.33E-02	8.33E-02	1.23E-01

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

2 Preferenze commessa

2.1 Preferenze di analisi

Metodo di analisi	D.M. 17-01-18 (N.T.C.)
Tipo di costruzione	2 - Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari
Vn	50
Classe d'uso	II
Vr	50
Tipo di analisi	Lineare dinamica
Località	Livorno, Piombino, Colmata; Latitudine ED50 42,9672° (42° 58' 2"); Longitudine ED50 10,5547° (10° 33' 17"); Altitudine s.l.m. 1,83 m.
Categoria del suolo	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
Categoria topografica	T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
Ss orizzontale SLD	1.6
Tb orizzontale SLD	0.142
Tc orizzontale SLD	0.426
Td orizzontale SLD	1.706
Ss orizzontale SLV	1.6
Tb orizzontale SLV	0.177
Tc orizzontale SLV	0.53
Td orizzontale SLV	1.794
St	1
PVr SLD (%)	63
Tr SLD	50
Ag/g SLD	0.0265
Fo SLD	2.68
Tc* SLD	0.191
PVr SLV (%)	10
Tr SLV	475
Ag/g SLV	0.0485
Fo SLV	2.815
Tc* SLV	0.275
Smorzamento viscoso (%)	5
Classe di duttilità	Non dissipativa
Rotazione del sisma	0
Quota dello '0' sismico	0
Regolarità in pianta	No
Regolarità in elevazione	No
Edificio C.A.	Si
Edificio esistente	No
T1,x	1.20073
T1,y	0.22006
λ SLD,x	1
λ SLD,y	1
λ SLV,x	1
λ SLV,y	1
Numero modi	4
Metodo di Ritz	non applicato
Limite spostamenti interpiano	0.005
Fattore di comportamento per sisma SLD X	1.5
Fattore di comportamento per sisma SLD Y	1.5
Fattore di comportamento per sisma SLV X	1.5
Fattore di comportamento per sisma SLV Y	1.5
Coefficiente di sicurezza per carico limite (fondazioni superficiali)	2.3
Coefficiente di sicurezza per scorrimento (fondazioni superficiali)	1.1
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali infissi, punta	1.15
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali infissi, laterale compressione	1.15
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali infissi, laterale trazione	1.25
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali trivellati, punta	1.35
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali trivellati, laterale compressione	1.15
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali trivellati, laterale trazione	1.25
Coefficiente di sicurezza portanza verticale micropali, punta	1.35
Coefficiente di sicurezza portanza verticale micropali, laterale compressione	1.15
Coefficiente di sicurezza portanza verticale micropali, laterale trazione	1.25
Coefficiente di sicurezza portanza trasversale pali	1.3
Fattore di correlazione resistenza caratteristica dei pali in base alle verticali indagate	1.7
Coefficiente di sicurezza per ribaltamento (plinti superficiali)	1.15

2.2 Preferenze di verifica

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

2.2.1 Normativa di verifica in uso

Norma di verifica	D.M. 17-01-18 (N.T.C.)
Cemento armato	Preferenze analisi di verifica in stato limite
Acciaio	Preferenze di verifica acciaio D.M. 17-01-18 (N.T.C.)

2.2.2 Normativa di verifica C.A.

Coefficiente di omogeneizzazione	15
γ_s (fattore di sicurezza parziale per l'acciaio)	1.15
γ_c (fattore di sicurezza parziale per il calcestruzzo)	1.5
Limite σ_c/f_{ck} in combinazione rara	0.6
Limite σ_c/f_{ck} in combinazione quasi permanente	0.45
Limite σ_s/f_{yk} in combinazione rara	0.8
Coefficiente di riduzione della τ per cattiva aderenza	0.7
Dimensione limite fessure w_1 §4.1.2.2.4	0.0002 [m]
Dimensione limite fessure w_2 §4.1.2.2.4	0.0003 [m]
Dimensione limite fessure w_3 §4.1.2.2.4	0.0004 [m]
Fattori parziali di sicurezza unitari per meccanismi duttili di strutture esistenti con fattore q	No
Copriferro secondo EC2	No

2.2.4 Normativa di verifica acciaio

γ_{m0}	1.05
γ_{m1}	1.05
γ_{m2}	1.25
Coefficiente riduttivo per effetto vettoriale	0.7
Calcolo coefficienti C_1, C_2, C_3 per M_{cr}	automatico
Coefficienti α, β per flessione deviata	unitari
Verifica semplificata conservativa	si
L/e_0 iniziale per profili accoppiati compressi	500
Metodo semplificato formula (4.2.82)	si
Escludi 6.2.6.7 e 6.2.6.8 in 7.5.4.3 e 7.5.4.5	si
Applica Nota 1 del prospetto 6.2	si
Riduzione f_y per tubi tondi di classe 4	no
Effettua la verifica secondo 6.2.8 con irrigidimenti superiori (piastra di base)	si
Limite spostamento relativo interpiano e monopiano colonne	0.00333
Limite spostamento relativo complessivo multipiano colonne	0.002
Considera taglio resistente estremità sagomati	no
Fattori parziali di sicurezza unitari per meccanismi duttili di strutture esistenti con fattore q	no

2.3 Preferenze FEM

Dimensione massima ottimale mesh pareti (default)	0.8
Dimensione massima ottimale mesh piastre (default)	0.8
Tipo di mesh dei gusci (default)	Quadrilateri o triangoli
Tipo di mesh imposta ai gusci	Specifico dell'elemento
Metodo P-Delta	non utilizzato
Analisi buckling	non utilizzata
Rapporto spessore flessionale/membranale gusci muratura verticali	0.2
Spessori membranale e flessionale pareti XLAM da sole tavole verticali	No
Moltiplicatore rigidezza connettori pannelli pareti legno a diaframma	1
Tolleranza di parallelismo	4.99
Tolleranza di unicità punti	0.1
Tolleranza generazione nodi di aste	0.01
Tolleranza di parallelismo in suddivisione aste	4.99
Tolleranza generazione nodi di gusci	0.04
Tolleranza eccentricità carichi concentrati	1
Considera deformazione a taglio delle piastre	No
Modello elastico pareti in muratura	Gusci
Concentra masse pareti nei vertici	No
Segno risultati analisi spettrale	Analisi statica
Memoria utilizzabile dal solutore	8000000
Metodo di risoluzione della matrice	Intel MKL PARDISO
Scrivi commenti nel file di input	No
Scrivi file di output in formato testo	No
Solidi colle e corpi ruvidi (default)	Solidi reali
Moltiplicatore rigidezza molla torsionale applicata ad aste di fondazione	1
Modello trave su suolo alla Winkler nel caso di modellazione lineare	Equilibrio elastico

2.4 Moltiplicatori inerziali

Tipologia: tipo di entità a cui si riferiscono i moltiplicatori inerziali.
J2: moltiplicatore inerziale di J2. Il valore è adimensionale.

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

J3: moltiplicatore inerziale di J3. Il valore è adimensionale.

Jt: moltiplicatore inerziale di Jt. Il valore è adimensionale.

A: moltiplicatore dell'area della sezione. Il valore è adimensionale.

A2: moltiplicatore dell'area a taglio in direzione 2. Il valore è adimensionale.

A3: moltiplicatore dell'area a taglio in direzione 3. Il valore è adimensionale.

Conci rigidi: fattore di riduzione dei tronchi rigidi. Il valore è adimensionale.

Tipologia	J2	J3	Jt	A	A2	A3	Conci rigidi
Trave C.A.	1	1	0.01	1	1	1	0.5
Pilastro C.A.	1	1	0.01	1	1	1	0.5
Trave di fondazione	1	1	0.01	1	1	1	0.5
Palo	1	1	0.01	1	1	1	0
Trave in legno	1	1	1	1	1	1	1
Colonna in legno	1	1	1	1	1	1	1
Trave in acciaio	1	1	1	1	1	1	1
Colonna in acciaio	1	1	1	1	1	1	1
Trave di reticolare in acciaio	1	1	1	1	1	1	1
Maschio in muratura	0	1	0	1	1	1	1
Trave di accoppiamento in muratura	0	1	0	1	1	1	1
Trave di scala C.A. nervata	1	1	1	1	1	1	0.5
Trave tralicciata	1	1	0.01	1	1	1	0.5

2.5 Preferenze di analisi non lineare FEM

Metodo iterativo	Secante
Tolleranza iterazione	0.00001
Numero massimo iterazioni	50

2.6 Preferenze di analisi carichi superficiali

Detrazione peso proprio solai nelle zone di sovrapposizione	non applicata
Metodo di ripartizione	a zone d'influenza
Percentuale carico calcolato a trave continua	0
Esegui smoothing diagrammi di carico	applicata
Tolleranza smoothing altezza trapezi	0.001[kN/m]
Tolleranza smoothing altezza media trapezi	0.001[kN/m]

3 Quote

3.1 Livelli

Descrizione breve: nome sintetico assegnato al livello.

Descrizione: nome assegnato al livello.

Quota: quota superiore espressa nel sistema di riferimento assoluto. [m]

Spessore: spessore del livello. [m]

Descrizione breve	Descrizione	Quota	Spessore
L1	Fondazione	0	1
L2	Piano 1	5.3	0.8

3.2 Tronchi

Descrizione breve: nome sintetico assegnato al tronco.

Descrizione: nome assegnato al tronco.

Quota 1: riferimento della prima quota di definizione del tronco. esprimibile come livello, falda, piano orizzontale alla Z specificata. [m]

Quota 2: riferimento della seconda quota di definizione del tronco. esprimibile come livello, falda, piano orizzontale alla Z specificata. [m]

Descrizione breve	Descrizione	Quota 1	Quota 2
T1	Fondazione - Soletta	Fondazione	Piano1

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

1.5 Definizioni di carichi concentrati

Nome: nome identificativo della definizione di carico.

Valori: valori associati alle condizioni di carico.

Condizione: condizione di carico a cui sono associati i valori.

Descrizione: nome assegnato alla condizione elementare.

Fx: componente X del carico concentrato. [kN]

Fy: componente Y del carico concentrato. [kN]

Fz: componente Z del carico concentrato. [kN]

Mx: componente di momento della coppia concentrata attorno all'asse X. [kN*m]

My: componente di momento della coppia concentrata attorno all'asse Y. [kN*m]

Mz: componente di momento della coppia concentrata attorno all'asse Z. [kN*m]

Nome	Valori						
	Condizione	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
	Descrizione						
FRENATURA	Pesi strutturali	0	0	0	0	0	0
	Permanenti portati	0	0	0	0	0	0
	Variabile traffico	0	0	0	0	0	0
	Spinta terreno A1-M1	0	0	0	0	0	0
	Spinta terreno A2-M2	0	0	0	0	0	0
	Sovr accidentale A1-M1	0	0	0	0	0	0
	Sovr accidentale A2-M2	0	0	0	0	0	0
	Sisma terreno Y sx	0	0	0	0	0	0
	Sisma terreno Y dx	0	0	0	0	0	0
	Frenatura	0	14.23	0	0	0	0
CARICO TANDEM	Pesi strutturali	0	0	0	0	0	0
	Permanenti portati	0	0	0	0	0	0
	Variabile traffico	0	0	-150	0	0	0
	Spinta terreno A1-M1	0	0	0	0	0	0
	Spinta terreno A2-M2	0	0	0	0	0	0
	Sovr accidentale A1-M1	0	0	0	0	0	0
	Sovr accidentale A2-M2	0	0	0	0	0	0
	Sisma terreno Y sx	0	0	0	0	0	0
	Sisma terreno Y dx	0	0	0	0	0	0
	Frenatura	0	0	0	0	0	0

1.5 Definizioni di carichi lineari

Nome: nome identificativo della definizione di carico.

Valori: valori associati alle condizioni di carico.

Condizione: condizione di carico a cui sono associati i valori.

Descrizione: nome assegnato alla condizione elementare.

Fx i.: valore iniziale della forza, per unità di lunghezza, agente in direzione X. [kN/m]

Fx f.: valore finale della forza, per unità di lunghezza, agente in direzione X. [kN/m]

Fy i.: valore iniziale della forza, per unità di lunghezza, agente in direzione Y. [kN/m]

Fy f.: valore finale della forza, per unità di lunghezza, agente in direzione Y. [kN/m]

Fz i.: valore iniziale della forza, per unità di lunghezza, agente in direzione Z. [kN/m]

Fz f.: valore finale della forza, per unità di lunghezza, agente in direzione Z. [kN/m]

Mx i.: valore iniziale della coppia, per unità di lunghezza, agente attorno l'asse X. [kN]

Mx f.: valore finale della coppia, per unità di lunghezza, agente attorno l'asse X. [kN]

My i.: valore iniziale della coppia, per unità di lunghezza, agente attorno l'asse Y. [kN]

My f.: valore finale della coppia, per unità di lunghezza, agente attorno l'asse Y. [kN]

Mz i.: valore iniziale della coppia, per unità di lunghezza, agente attorno l'asse Z. [kN]

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

Mz f.: valore finale della coppia, per unità di lunghezza, agente attorno l'asse Z. [kN]

Nome	Condizione	Valori											
		Fx i.	Fx f.	Fy i.	Fy f.	Fz i.	Fz f.	Mx i.	Mx f.	My i.	My f.	Mz i.	Mz f.
	Descrizione												
SOLETTA SUPERIORE	Pesi strutturali	0	0	0	0	-19	-19	0	0	0	0	0	0
	Permanenti portati	0	0	0	0	-14	-14	0	0	0	0	0	0
	Variabile traffico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta terreno A1-M1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta terreno A2-M2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sovr accidentale A1-M1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sovr accidentale A2-M2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sisma terreno Y sx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sisma terreno Y dx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Frenatura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CARICO STRADALE DISTRIBUITO	Pesi strutturali	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Permanenti portati	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Variabile traffico	0	0	0	0	-9	-9	0	0	0	0	0	0
	Spinta terreno A1-M1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta terreno A2-M2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sovr accidentale A1-M1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sovr accidentale A2-M2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sisma terreno Y sx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sisma terreno Y dx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Frenatura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SPINTA TERRENO Y+	Pesi strutturali	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Permanenti portati	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Variabile traffico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta terreno A1-M1	0	0	42.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta terreno A2-M2	0	0	51.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sovr accidentale A1-M1	0	0	8.5	8.5	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sovr accidentale A2-M2	0	0	13.3	13.3	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sisma terreno Y sx	0	0	9.3	9.3	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sisma terreno Y dx	0	0	-9.3	-9.3	0	0	0	0	0	0	0	0
	Frenatura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SPINTA TERRENO Y-	Pesi strutturali	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Permanenti portati	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Variabile traffico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta terreno A1-M1	0	0	-42.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta terreno A2-M2	0	0	-51.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sovr accidentale A1-M1	0	0	-8.5	-8.5	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sovr accidentale A2-M2	0	0	-13.3	-13.3	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sisma terreno Y sx	0	0	-9.3	-9.3	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sisma terreno Y dx	0	0	9.3	9.3	0	0	0	0	0	0	0	0
	Frenatura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FONDAZIONE	Pesi strutturali	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0
	Permanenti portati	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Variabile traffico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

Nome	Valori												
	Condizione	Fx i.	Fx f.	Fy i.	Fy f.	Fz i.	Fz f.	Mx i.	Mx f.	My i.	My f.	Mz i.	Mz f.
	Descrizione												
	Spinta terreno A1-M1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spinta terreno A2-M2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sovr accidentale A1-M1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sovr accidentale A2-M2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sisma terreno Y sx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sisma terreno Y dx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Frenatura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1.6 Definizioni di carichi termici

Nome: nome identificativo della definizione di carico.

Nome
gradiente_15°
gradiente_15° (-)

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

Rappresentazione grafica modello input

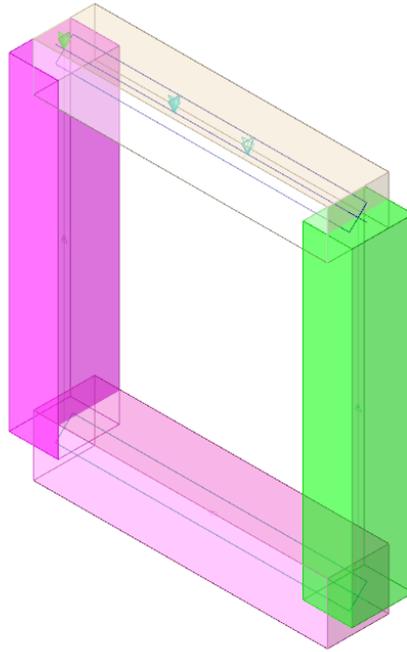


Figura 1 - Rappresentazione Grafica del Modello di Calcolo

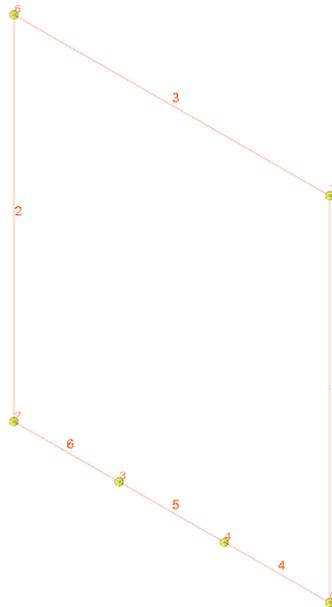


Figura 2 - Rappresentazione Grafica del Modello di Calcolo – Numerazione NODI e ASTE

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

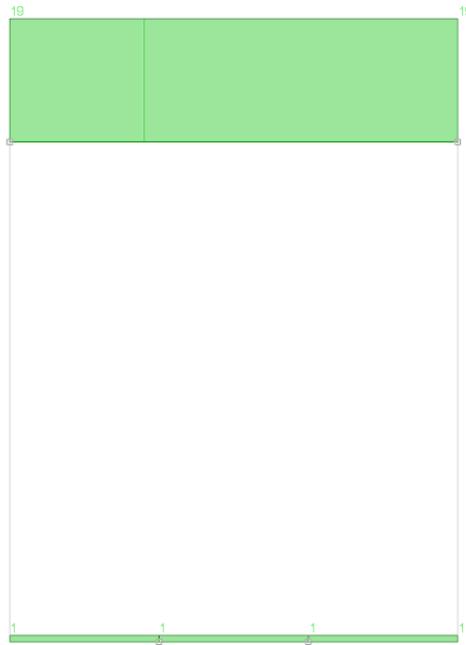


Figura 3 - Condizione permanenti strutturali

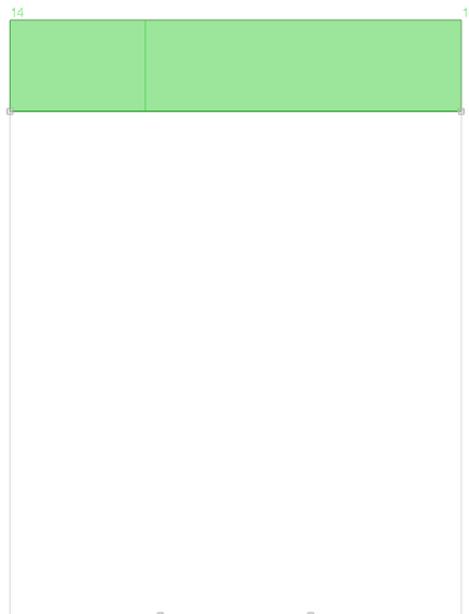


Figura 4 - Condizione permanenti NON strutturali

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

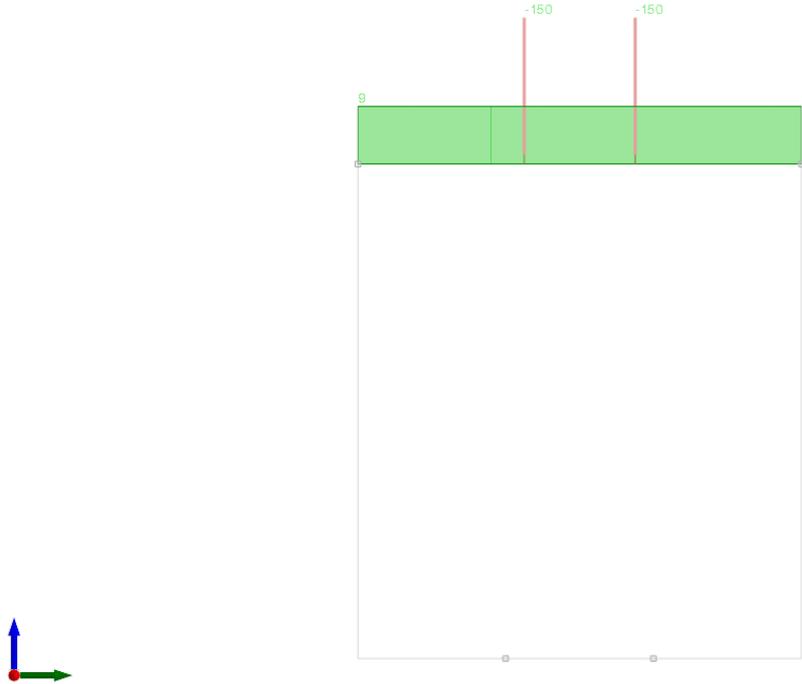


Figura 5 - Condizione sovraccarico variabile traffico

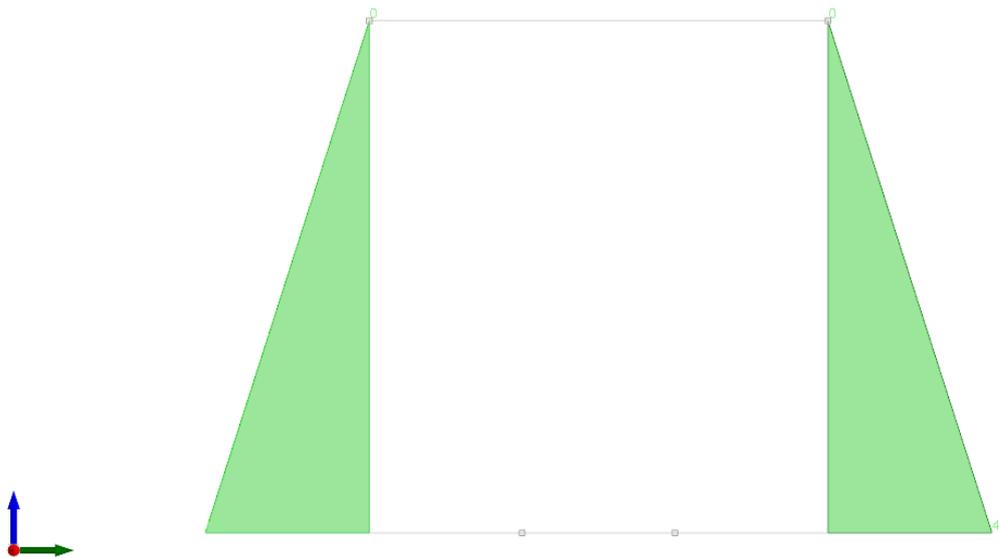


Figura 6 - Condizione spinta terreno A1-M1

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

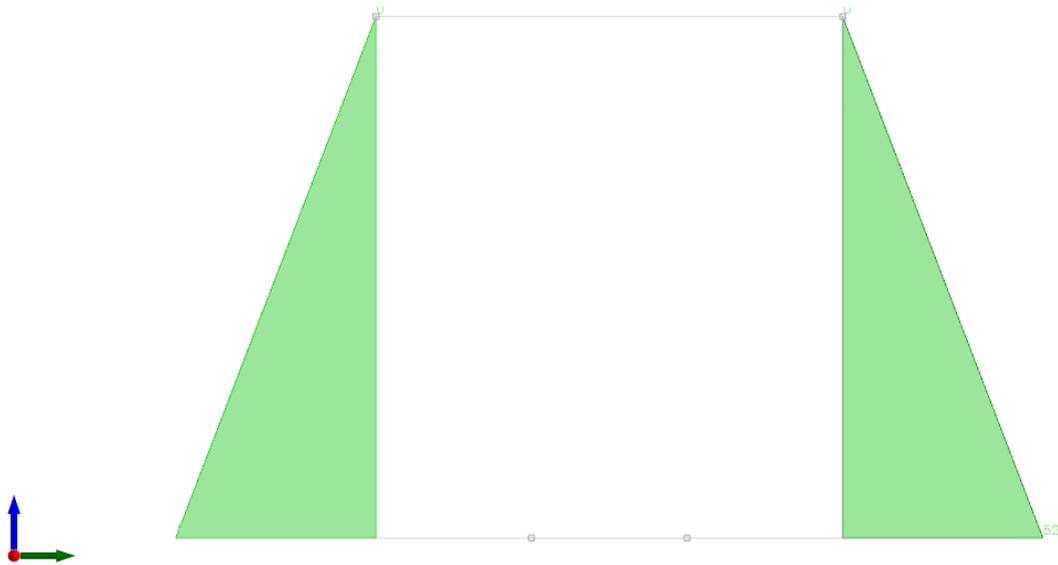


Figura 7 - Condizione spinta terreno A2-M2

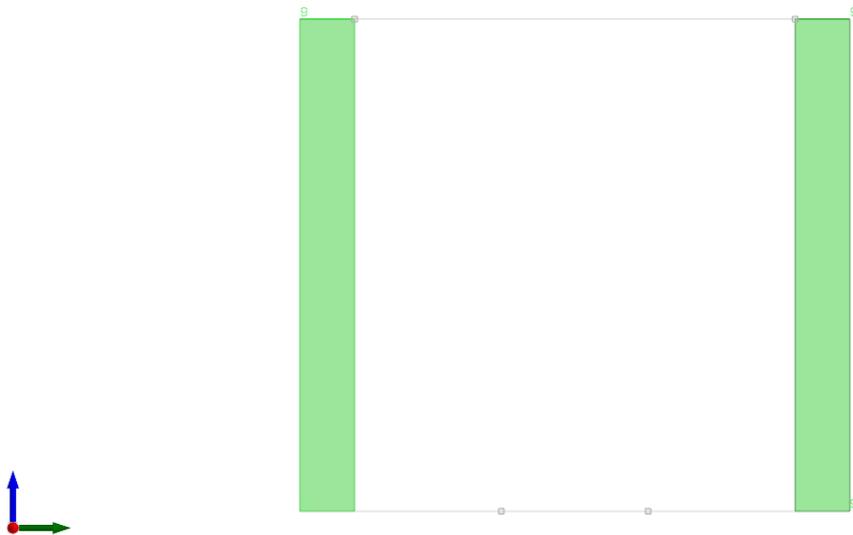


Figura 8 - Condizione sovraccarico accidentale A1-M1

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

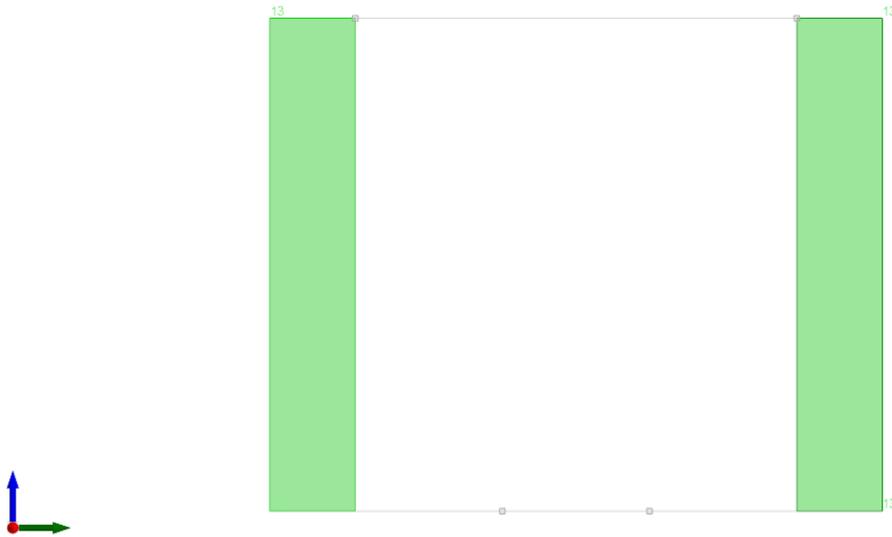


Figura 9 - Condizione sovraccarico accidentale A2-M2

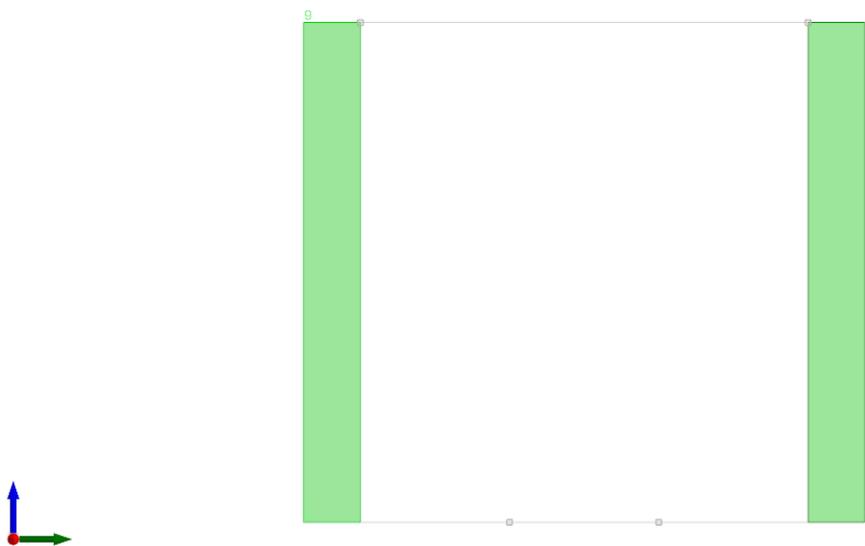


Figura 10 - Condizione sisma terreno +

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

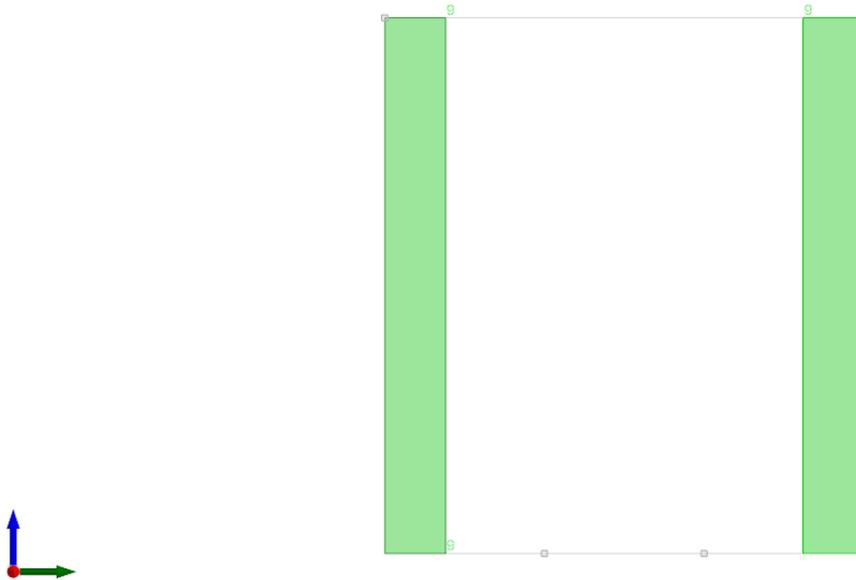


Figura 11 - Condizione sisma terreno –

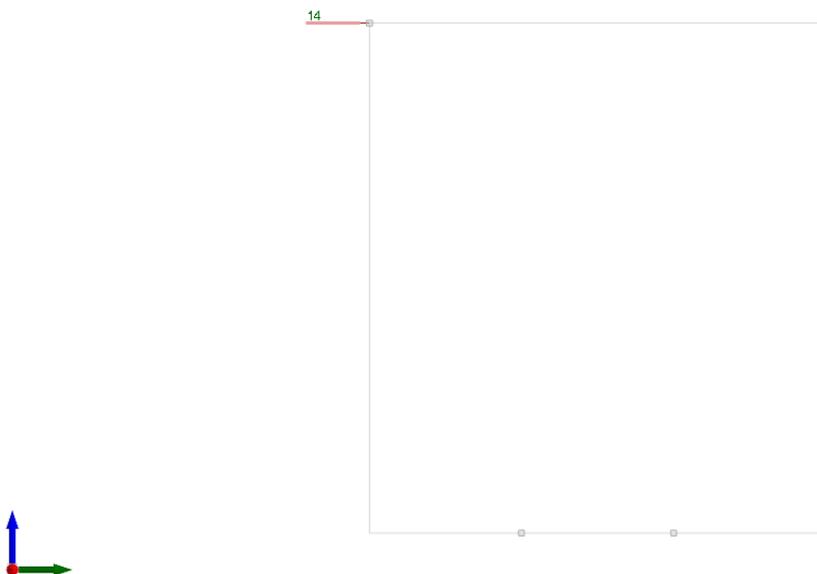


Figura 12 - Condizione frenatura

8.2 MODELLAZIONE: OUTPUT

Si riportano i risultati grafici dell'analisi agli elementi finiti. I valori massimi delle caratteristiche di sollecitazione saranno utilizzati per le successive verifiche.

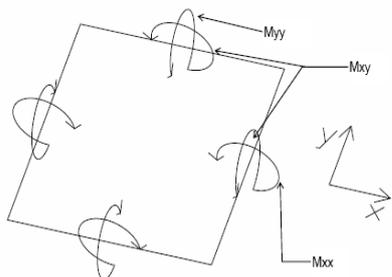
SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

8.2.1 Convenzioni relative alle caratteristiche di sollecitazione

La convenzione sui segni per i parametri di sollecitazione delle aste è la seguente:

- sforzo normale $F1$ (N): viene rappresentato nel piano individuato dagli assi 1 e 2. Nel caso di sforzo normale positivo (di trazione) viene disegnato lungo l'asta dalla parte del semiasse 2 positivo;
- $F2$: viene rappresentato nel piano individuato dagli assi 1 e 2. Nel caso di $F2$ positivo viene disegnato lungo l'asta dalla parte del semiasse 2 positivo;
- $F3$: viene rappresentato nel piano individuato dagli assi 1 e 3. Nel caso di $F3$ positivo viene disegnato lungo l'asta dalla parte del semiasse 3 positivo;
- momento torcente $M1$ (Mt): viene rappresentato nel piano individuato dagli assi 1 e 2. Nel caso di momento torcente positivo viene disegnato lungo l'asta dalla parte del semiasse 2 positivo;
- momento $M2$: viene rappresentato nel piano individuato dagli assi 1 e 3. Nel caso di $M2$ positivo viene disegnato dalla parte del semiasse 3 negativo;
- momento $M3$: viene rappresentato nel piano individuato dagli assi 1 e 2. Nel caso di $M3$ positivo viene disegnato dalla parte del semiasse 2 negativo.

In figura è mostrato un elemento infinitesimo di shell orizzontale con indicato il sistema di riferimento e i parametri di sollecitazione M_{xx} , M_{yy} , M_{xy} .



si definiscono:

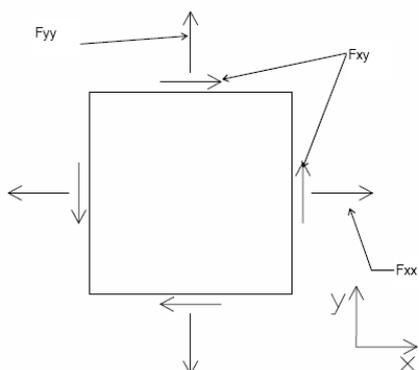
M_{xx} : momento flettente [Forza*Lunghezza/Lunghezza] agente sul bordo di normale x (verso positivo indicato dalla freccia in figura che tende le fibre inferiori);

M_{yy} : momento flettente [Forza*Lunghezza/Lunghezza] agente sul bordo di normale y (verso positivo indicato dalla freccia in figura che tende le fibre inferiori);

M_{xy} : momento torcente [Forza*Lunghezza/Lunghezza] agente sui bordi (verso positivo indicato dalla freccia in figura).

Per quanto riguarda le sollecitazioni estensionali si faccia riferimento alla figura seguente dove per lo stesso elemento infinitesimo di shell orizzontale con indicato il sistema di riferimento e i parametri di sollecitazione F_{xx} , F_{yy} , F_{xy} .

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO



Si definiscono:

F_{xx} : sforzo estensionale [Forza/Lunghezza] agente sul bordo di normale x (verso positivo indicato dalla freccia in figura che mette in trazione l'elemento);

F_{yy} : sforzo estensionale [Forza/Lunghezza] agente sul bordo di normale all'asse y (verso positivo indicato dalla freccia in figura che mette in trazione l'elemento);

F_{xy} : sforzo di taglio [Forza/Lunghezza] agente sui bordi (verso positivo indicato dalla freccia in figura).

Vengono riportati inoltre i tagli fuori dal piano dell'elemento shell:

V_x : taglio fuori piano [Forza/Lunghezza] applicato al bordo di normale parallela all'asse x (per il segno si veda l'immagine relativa ai tagli fuori piano nel sistema locale 1, 2, 3 riportata più avanti);

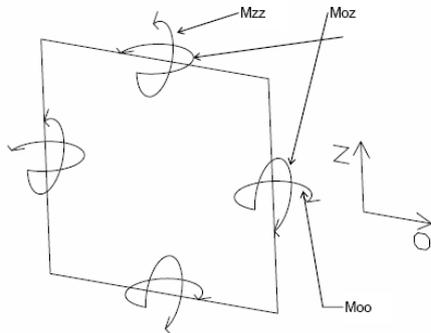
V_y : taglio fuori piano [Forza/Lunghezza] applicato al bordo di normale parallela all'asse y (per il segno si veda l'immagine relativa ai tagli fuori piano nel sistema locale 1, 2, 3 riportata più avanti).

Gusci verticali: pareti e muri

Il sistema di riferimento nel quale sono espressi i parametri di sollecitazione è così definito: "origine appartenente al piano dell'elemento, asse O (ascisse) e z (ordinate) contenuti nel piano dell'elemento e terzo asse ortogonale al piano dell'elemento a formare una terna destrorsa". In particolare l'asse O è orizzontale e l'asse z parallelo ed equiverso con l'asse Z globale. Si sottolinea che non ha alcun interesse collocare esattamente nel piano dell'elemento la posizione dell'origine in quanto i parametri di sollecitazione sono invarianti rispetto a tale posizione.

In figura è mostrato un elemento infinitesimo di shell orizzontale con indicato il sistema di riferimento e i parametri di sollecitazione M_{oo} , M_{zz} , M_{oz} .

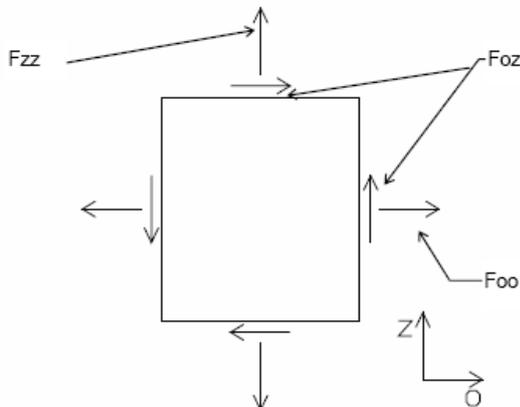
SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO



Moo: momento flettente distribuito $[Forza \cdot Lunghezza / Lunghezza]$ applicato al bordo di normale parallela all'asse O (verso positivo indicato dalla freccia in figura che tende le fibre inferiori);

Mzz: momento flettente distribuito $[Forza \cdot Lunghezza / Lunghezza]$ applicato al bordo di normale parallela all'asse z (verso positivo indicato dalla freccia in figura che tende le fibre inferiori);

Moz: momento "torcente" distribuito $[Forza \cdot Lunghezza / Lunghezza]$ applicato sui bordi (verso positivo indicato dalla freccia in figura). Per quanto riguarda le sollecitazioni estensionali si faccia riferimento alla figura seguente dove per lo stesso elemento infinitesimo di shell con indicato il sistema di riferimento i parametri di sollecitazione Foo, Fzz, Foz sono rispettivamente:



Fzz: sforzo tensionale distribuito $[Forza / Lunghezza]$ applicato al bordo di normale parallela all'asse z (verso positivo indicato dalla freccia in figura che mette in trazione l'elemento);

Foo: sforzo tensionale distribuito $[Forza / Lunghezza]$ applicato al bordo di normale parallela all'asse O (verso positivo indicato dalla freccia in figura che mette in trazione l'elemento);

Foz: sforzo tagliante distribuito $[Forza / Lunghezza]$ applicato sui bordi (verso positivo indicato dalla freccia in figura).

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
 TECNICA E DI CALCOLO

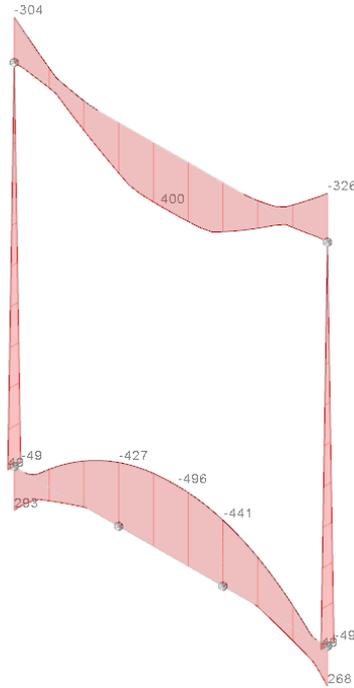


Figura 13 - Involuppo momento flettente M3

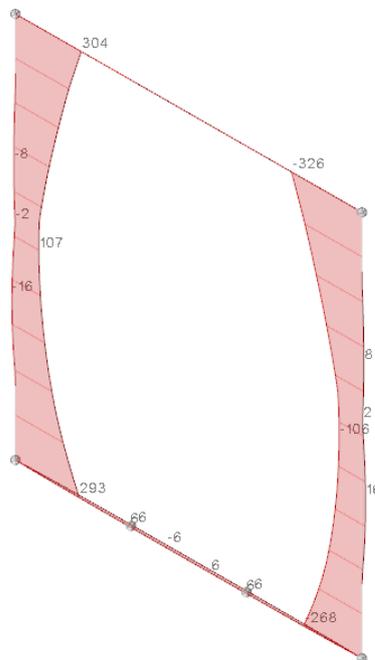


Figura 14 - Involuppo momento flettente M2

MANDATARIA



MANDANTE



ICARIA
 società di ingegneria

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
 TECNICA E DI CALCOLO

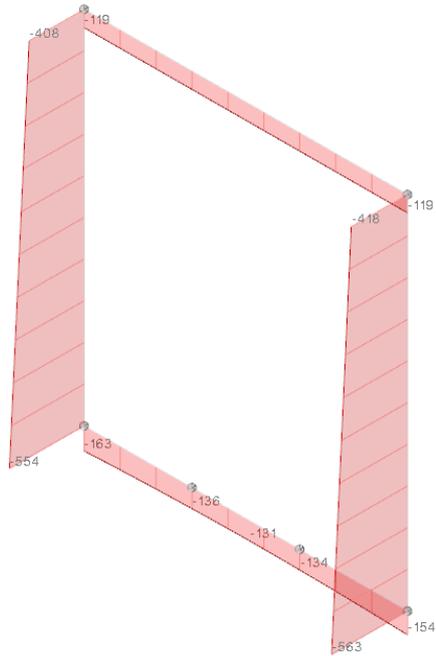


Figura 15 - Involuppo sforzo assiale N

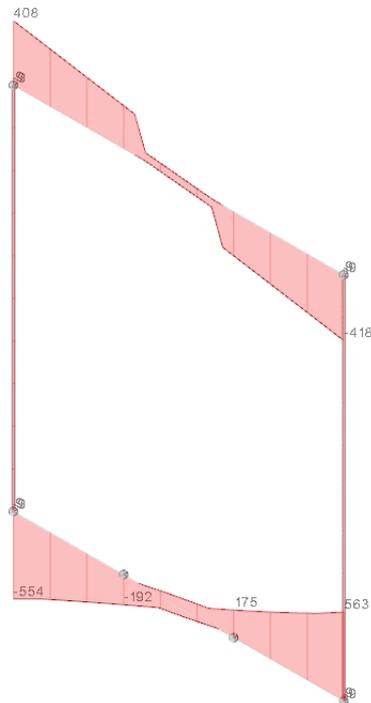


Figura 16 - Involuppo sforzo di taglio F2

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

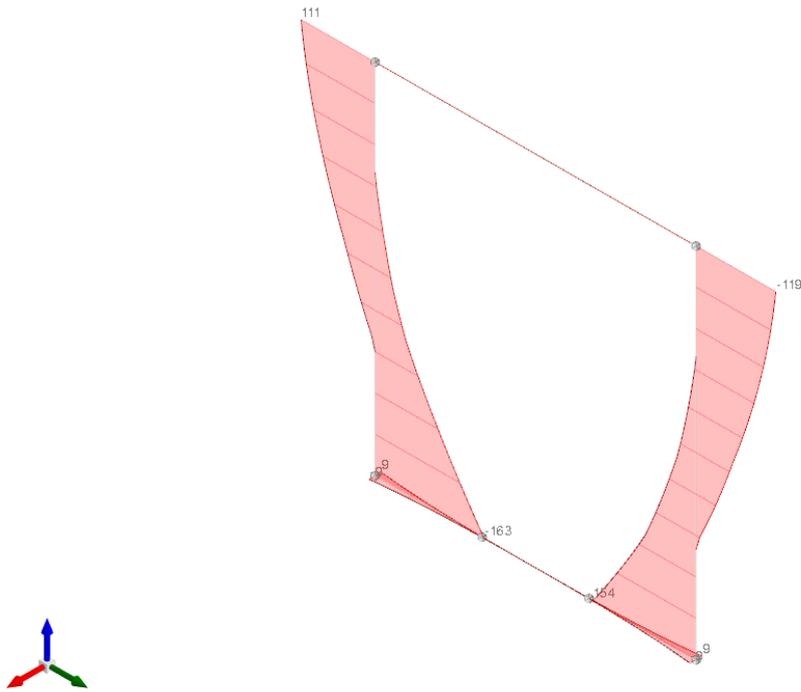


Figura 17 - Involuppo sforzo di taglio F3

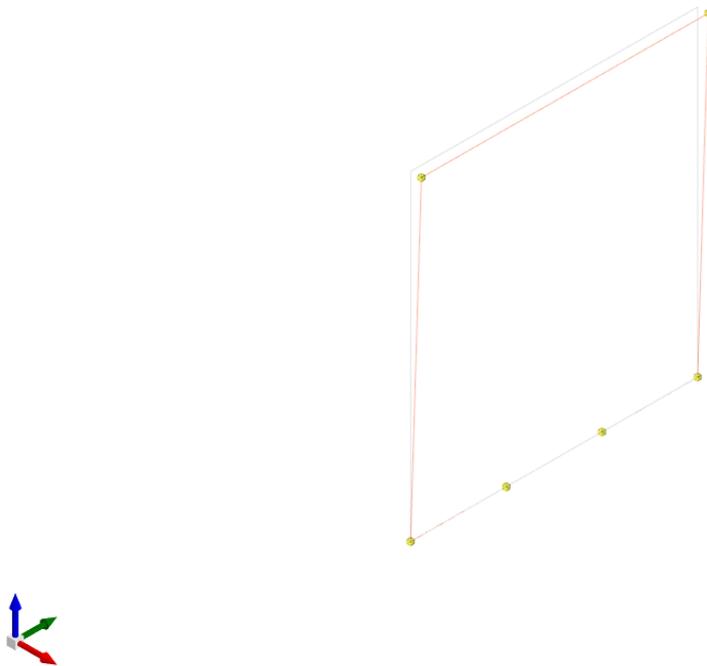


Figura 18 – Spostamenti condizione sisma X SLV

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

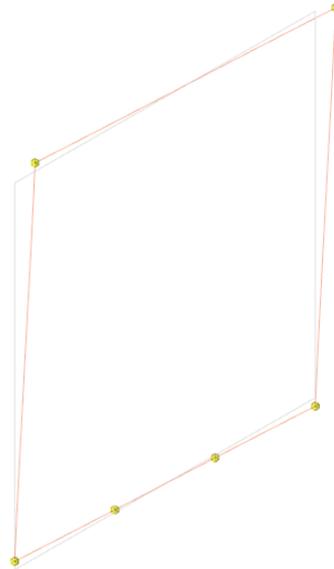


Figura 19 – Spostamenti condizione sisma Y SLV

8.3 VERIFICHE STRUTTURALI

Si riportano di seguito i tabulati di calcolo delle verifiche dei vari elementi strutturali.

8.3.1 Verifiche piedritti

Q.inf.: quota inferiore [m]

Q.sup.: quota superiore [m]

Sezione: sezione impiegata

Esistente: campata esistente

Secondaria: campata secondaria

Dissipativa: campata dissipativa

Sovreresistenza: aliquota di sovreresistenza da assicurare in verifica

Materiale CLS: materiale calcestruzzo impiegato

Materiale Acciaio: materiale/i acciaio impiegato/i

FC: fattore di confidenza riferito al materiale CLS

Posizione: posizione della barra

X: ascissa relativa della barra rispetto al baricentro della sezione [m]

Y: ordinata relativa della barra rispetto al baricentro della sezione [m]

Diametro: diametro nominale della barra [m]

Area: area nominale della barra [m²]

Q.inf.: quota inferiore della barra [m]

Q.sup.: quota superiore della barra [m]

Materiale: materiale della barra

Quota: quota della sezione [m]

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

As: area complessiva delle armature verticali [m²]
%: percentuale di acciaio
At: area delle armature verticali destinata alla verifica di torsione [m²]
Pos.: posizioni barre longitudinali presenti nella sezione
Mx: momento Mx [kN*m]
My: momento My [kN*m]
N: sforzo normale [kN]
MRdx: momento resistente in direzione X [kN*m]
MRdy: momento resistente in direzione Y [kN*m]
Comb.: combinazione peggiore
Coeff.s.: coefficiente di sicurezza minimo
Verifica: stato di verifica
ε,ε_{cu}: deformazione ultima utilizzata per il calcestruzzo [‰]
ε,ε_f: deformazione ultima utilizzata per l'acciaio [‰]
C.S.: coefficiente di sicurezza minimo
Nmin: compressione massima [kN]
Nlim: compressione limite [kN]
Comb.Nmin: combinazione in cui si ottiene la compressione massima
Ver.: stato di verifica
Staffe: staffatura presente nella sezione
Direzione X: dati della verifica a taglio in direzione X
V: taglio di verifica per la direzione considerata [kN]
N: sforzo normale per la verifica nella direzione considerata [kN]
Comb.: combinazione per la verifica nella direzione considerata
VRd: resistenza a taglio del calcestruzzo non staffato per la verifica nella direzione considerata [kN]
VRsd: resistenza a taglio delle staffe per la verifica nella direzione considerata [kN]
VRcd: resistenza a taglio delle bielle compresse per la verifica nella direzione considerata [kN]
Cot: cotagente delle bielle compresse per la verifica nella direzione considerata
c.s.: coefficiente di sicurezza per la verifica nella direzione considerata
Direzione Y: dati della verifica a taglio in direzione Y
σ_{c,max}: tensione massima sul calcestruzzo [kN/m²]
σ_{f,max}: tensione massima sull'acciaio [kN/m²]

Verifiche delle sezioni

Verifica a pressoflessione in SLU

Quota	As	%	At	Pos.	Mx	My	N	MRdx	MRdy	Comb.	Coeff.s.	Verifica
0	0.003493	0.9	0	1,2,3,4	11.5692	-204.6375	-428.49	73.9062	-1307.2619	SLU 12	6.388	Si
0.3	0.003493	0.9	0	1,2,3,4	14.1341	-191.8008	-523.48	120.0519	-1629.1165	SLU 4	8.494	Si
0.6	0.003493	0.4	0	3,4	13.9154	-166.6785	-515.38	144.9778	-1736.5463	SLU 20	10.419	Si
0.9	0.003493	0.4	0	3,4	13.6967	-146.5594	-507.28	167.7571	-1795.0627	SLU 20	12.248	Si
1.2	0.003493	0.4	0	3,4	13.478	-131.1197	-499.18	185.7002	-1806.5745	SLU 20	13.778	Si
1.5	0.003493	0.4	0	3,4	13.2593	-119.7551	-491.08	198.4949	-1792.7672	SLU 20	14.97	Si
1.8	0.003493	0.4	0	3,4	13.0406	-112.1462	-482.98	206.5695	-1776.4552	SLU 20	15.841	Si
2.1	0.003493	0.4	0	3,4	12.8219	-108.1107	-474.88	209.8939	-1769.7708	SLU 20	16.37	Si
2.4	0.003493	0.4	0	3,4	12.8499	-108.0658	-475.92	210.3344	-1768.8868	SLU 18	16.369	Si
2.64	0.003493	0.4	0	3,4	12.6782	-113.5882	-469.56	199.8043	-1790.1142	SLU 17	15.76	Si
2.7	0.003493	0.4	0	3,4	12.6312	-117.3438	-467.82	193.9513	-1801.8116	SLU 17	15.355	Si
3	0.003493	0.4	0	3,4	12.4125	-135.8384	-459.72	163.1764	-1785.7545	SLU 17	13.146	Si
3.3	0.003493	0.4	0	3,4	12.1938	-156.837	-451.62	130.6327	-1680.2055	SLU 17	10.713	Si
3.6	0.003493	0.4	0	3,4	11.9751	-179.958	-443.52	100.7549	-1514.117	SLU 17	8.414	Si
3.9	0.003493	0.4	0	3,4	11.7564	-204.8618	-435.42	76.1336	-1326.6744	SLU 17	6.476	Si
4.2	0.003493	0.4	0	3,4	11.5353	-231.5805	-427.23	57.7608	-1159.5939	SLU 17	5.007	Si
4.5	0.003493	0.4	0	3,4	11.3226	-260.0597	-419.36	44.468	-1021.3492	SLU 1	3.927	Si

Verifica a pressoflessione in SLV (domini sostanzialmente elastici)

La struttura oppure parte di essa, è stata dichiarata come non dissipativa pertanto la verifica a pressoflessione, per tutte o

solo alcune sezioni, viene eseguita calcolando i momenti resistenti in campo sostanzialmente elastico secondo D.M. 17-01-2018 §7.4.1

Le dilatazioni ultime utilizzate sono le dilatazioni limite elastiche

Quota	As	%	At	Pos.	Mx	My	N	ε _{cu}	ε _{fk}	MRdx	MRdy	Comb.	C.S.	Ver.
0	0.003493	0.9	0	1,2,3,4	-17.1644	-143.453	-196.85	-2.02	2.21	-87.7622	-733.482	SLV 7	5.113	Si
0.3	0.003493	0.9	0	1,2,3,4	-16.12	-113.3049	-190.95	-2.02	2.21	-120.7415	-848.6722	SLV 39	7.49	Si
0.6	0.003493	0.4	0	3,4	-15.0642	-89.4908	-184.95	-2.02	2.21	-171.4002	-1018.2278	SLV 39	11.378	Si
0.9	0.003493	0.4	0	3,4	-14.0084	-68.9008	-178.95	-2.02	2.21	-263.8065	-1297.5447	SLV 39	18.832	Si
1.2	0.003493	0.4	0	3,4	-12.9527	-51.5703	-172.95	-2.02	2.21	-350.0718	-1393.7859	SLV 39	27.027	Si
1.5	0.003493	0.4	0	3,4	-39.6432	-21.7073	-186.74	-2.02	2.21	-1334.2095	-730.5692	SLV 35	33.655	Si
1.8	0.003493	0.4	0	3,4	36.1747	-15.3109	-180.71	-2.02	2.21	1433.7588	-606.8367	SLV 47	39.634	Si
2.1	0.003493	0.4	0	3,4	32.679	-11.3956	-174.71	-2.02	2.21	1472.9119	-513.6233	SLV 47	45.072	Si
2.4	0.003493	0.4	0	3,4	29.1906	-10.8853	-185.66	-2.02	2.21	1373.567	-512.21	SLV 45	47.055	Si
2.64	0.003493	0.4	0	3,4	26.4459	-14.6693	-180.95	-2.02	2.21	1233.6899	-684.3164	SLV 45	46.65	Si
2.7	0.003493	0.4	0	3,4	25.6939	-16.0008	-179.66	-2.02	2.21	1188.4971	-740.1318	SLV 45	46.256	Si
3	0.003493	0.4	0	3,4	6.6934	-35.2343	-193.45	-2.02	2.21	271.5116	-1429.244	SLV 41	40.564	Si
3.3	0.003493	0.4	0	3,4	5.6478	-49.3071	-187.45	-2.02	2.21	174.6176	-1524.4771	SLV 41	30.918	Si
3.6	0.003493	0.4	0	3,4	4.6029	-64.7549	-181.45	-2.02	2.21	105.3299	-1481.8181	SLV 41	22.883	Si
3.9	0.003493	0.4	0	3,4	3.5585	-81.3324	-175.45	-2.02	2.21	48.5534	-1109.7308	SLV 41	13.644	Si
4.2	0.003493	0.4	0	3,4	-2.373	-99.0522	-169.39	-2.02	2.21	-21.0243	-877.5779	SLV 37	8.86	Si
4.5	0.003493	0.4	0	3,4	-1.3403	-119.16	-163.56	-2.02	2.21	-8.3612	-743.3504	SLV 5	6.238	Si

Verifica a taglio in famiglia SLU

Quota	Staffe	Direzione X									Direzione Y							Verifica
		V	N	Comb.	VRd	VRsd	VRcd	Cot	c.s.	V	N	Comb.	VRd	VRsd	VRcd	Cot	c.s.	
0	2X/2Y ø10/14.1	129.03	-428.49	SLU 12	336.19	287.96	3186.77	1	2.61	0.04	-531.45	SLU 3	341.04	367.43	3274.58	1	9933.82	Si
0.3	2X/2Y ø10/14.1	110.63	-420.52	SLU 12	335.1	287.96	3185.13	1	3.03	0.04	-523.48	SLU 3	339.92	367.43	3272.91	1	9933.82	Si
0.6	2X/2Y ø10/14.1	92.85	-412.42	SLU 12	333.98	287.96	3183.46	1	3.6	0.04	-515.38	SLU 3	338.78	367.43	3271.21	1	9933.82	Si
0.9	2X/2Y ø10/14.1	76.01	-404.32	SLU 12	332.87	287.96	3181.8	1	4.38	0.04	-507.28	SLU 3	337.65	367.43	3269.5	1	9933.82	Si
1.2	2X/2Y ø10/14.1	60.18	-396.22	SLU 12	331.76	287.96	3180.13	1	5.51	0.04	-499.18	SLU 3	336.52	367.43	3267.8	1	9933.82	Si
1.5	2X/2Y ø10/14.1	45.31	-388.12	SLU 12	330.65	287.96	3178.46	1	7.3	0.04	-491.08	SLU 3	335.38	367.43	3266.1	1	9933.82	Si
1.8	2X/2Y ø10/14.1	31.37	-380.02	SLU 12	329.54	287.96	3176.79	1	10.5	0.04	-482.98	SLU 3	334.25	367.43	3264.4	1	9933.82	Si
2.1	2X/2Y ø10/14.1	-37.61	-484.02	SLU 17	343.81	287.96	3198.2	1	9.14	0.04	-474.88	SLU 3	333.11	367.43	3262.69	1	9933.82	Si
2.4	2X/2Y ø10/14.1	-48.31	-475.92	SLU 1	342.7	287.96	3196.54	1	7.09	0.04	-466.78	SLU 3	331.98	367.43	3260.99	1	9933.82	Si
2.64	2X/2Y ø10/14.1	-57.09	-469.56	SLU 1	341.83	287.96	3195.23	1	5.99	0.04	-460.43	SLU 3	331.09	367.43	3259.66	1	9933.82	Si
2.7	2X/2Y ø10/14.1	-59.34	-467.82	SLU 1	341.59	287.96	3194.87	1	5.76	0.04	-458.68	SLU 3	330.84	367.43	3259.29	1	9933.82	Si
3	2X/2Y ø10/14.1	-69.42	-459.72	SLU 1	340.48	287.96	3193.2	1	4.9	0.04	-450.58	SLU 3	329.71	367.43	3257.59	1	9933.82	Si
3.3	2X/2Y ø10/14.1	-78.5	-451.62	SLU 1	339.36	287.96	3191.53	1	4.32	0.04	-442.48	SLU 3	328.57	367.43	3255.89	1	9933.82	Si
3.6	2X/2Y ø10/14.1	-86.62	-443.52	SLU 1	338.25	287.96	3189.87	1	3.91	0.04	-434.38	SLU 3	327.44	367.43	3254.18	1	9933.82	Si
3.9	2X/2Y ø10/14.1	-93.79	-435.42	SLU 1	337.14	287.96	3188.2	1	3.59	0.04	-426.28	SLU 3	326.3	367.43	3252.48	1	9933.82	Si
4.2	2X/2Y ø10/14.1	-100.08	-427.23	SLU 1	336.02	287.96	3186.51	1	3.36	0.04	-418.1	SLU 3	325.15	367.43	3250.76	1	9933.82	Si
4.5	2X/2Y ø10/14.1	-105.14	-419.36	SLU 1	334.94	287.96	3184.89	1	3.19	0.04	-410.22	SLU 3	324.05	367.43	3249.11	1	9933.82	Si

Verifica a taglio in famiglia SLV

Quota	Staffe	Direzione X								Direzione Y							Verifica	
		V	N	Comb.	VRd	VRsd	VRcd	Cot	c.s.	V	N	Comb.	VRd	VRsd	VRcd	Cot		c.s.
0	2X/2Y ø10/14.1	112.57	-196.85	SLV 11	304.4	287.96	3139.08	1	2.7	11.68	-233.59	SLV 1	299.31	367.43	3211.99	1	31.46	Si
0.3	2X/2Y ø10/14.1	98.06	-190.95	SLV 11	303.59	287.96	3137.87	1	3.1	11.68	-227.69	SLV 1	298.48	367.43	3210.75	1	31.46	Si

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

Quota	Staffe	Direzione X								Direzione Y								Verifica
		V	N	Comb.	VRd	VRsd	VRcd	Cot	c.s.	V	N	Comb.	VRd	VRsd	VRcd	Cot	c.s.	
0.6	2X/2Y ø10/14.1	84.14	-184.95	SLV 11	302.76	287.96	3136.63	1	3.6	11.68	-221.69	SLV 1	297.64	367.43	3209.49	1	31.46	Si
0.9	2X/2Y ø10/14.1	71.04	-178.95	SLV 11	301.94	287.96	3135.4	1	4.25	11.68	-215.69	SLV 1	296.8	367.43	3208.22	1	31.46	Si
1.2	2X/2Y ø10/14.1	58.86	-172.95	SLV 11	301.12	287.96	3134.16	1	5.12	11.68	-209.69	SLV 1	295.96	367.43	3206.96	1	31.46	Si
1.5	2X/2Y ø10/14.1	47.52	-166.95	SLV 11	300.29	287.96	3132.93	1	6.32	11.68	-203.69	SLV 1	295.12	367.43	3205.7	1	31.46	Si
1.8	2X/2Y ø10/14.1	37.01	-160.95	SLV 11	299.47	287.96	3131.69	1	8.09	11.68	-197.69	SLV 1	294.28	367.43	3204.44	1	31.46	Si
2.1	2X/2Y ø10/14.1	27.58	-154.95	SLV 43	298.65	287.96	3130.46	1	10.83	11.68	-191.69	SLV 1	293.44	367.43	3203.18	1	31.46	Si
2.4	2X/2Y ø10/14.1	-34.2	-205.46	SLV 5	305.58	287.96	3140.85	1	8.94	11.68	-185.69	SLV 1	292.59	367.43	3201.92	1	31.46	Si
2.64	2X/2Y ø10/14.1	-40.52	-200.75	SLV 5	304.93	287.96	3139.88	1	7.53	11.68	-180.98	SLV 1	291.93	367.43	3200.93	1	31.46	Si
2.7	2X/2Y ø10/14.1	-42.12	-199.46	SLV 5	304.75	287.96	3139.62	1	7.24	11.68	-179.69	SLV 1	291.75	367.43	3200.66	1	31.46	Si
3	2X/2Y ø10/14.1	-49.2	-193.46	SLV 5	303.93	287.96	3138.38	1	6.18	11.68	-173.69	SLV 1	290.91	367.43	3199.4	1	31.46	Si
3.3	2X/2Y ø10/14.1	-55.4	-187.46	SLV 5	303.11	287.96	3137.15	1	5.47	11.68	-167.69	SLV 1	290.07	367.43	3198.14	1	31.46	Si
3.6	2X/2Y ø10/14.1	-60.73	-181.46	SLV 5	302.28	287.96	3135.91	1	4.98	11.68	-161.69	SLV 1	289.23	367.43	3196.88	1	31.46	Si
3.9	2X/2Y ø10/14.1	-65.23	-175.46	SLV 5	301.46	287.96	3134.68	1	4.62	11.68	-155.69	SLV 1	288.39	367.43	3195.62	1	31.46	Si
4.2	2X/2Y ø10/14.1	-68.93	-169.39	SLV 5	300.63	287.96	3133.43	1	4.36	11.68	-149.62	SLV 1	287.54	367.43	3194.34	1	31.46	Si
4.5	2X/2Y ø10/14.1	-71.6	-163.56	SLV 5	299.83	287.96	3132.23	1	4.19	11.68	-143.79	SLV 1	286.72	367.43	3193.11	1	31.46	Si

Verifica delle tensioni in combinazioni rara

Tensione limite del calcestruzzo 19920 kN/m²

Tensione limite dell'acciaio 360000 kN/m²

Coefficiente di omogeneizzazione impiegato 15

Quota	Mx	My	N	Comb.	oc,max	Mx	My	N	Comb.	of,max	Verifica
0	-0.0002	-134.0587	-456.76	SLE RA 4	-1665	-0.0002	-134.0587	-456.76	SLE RA 4	-22096	Si
0.3	0.0171	-110.5406	-450.86	SLE RA 1	-1460	0.0171	-110.5406	-450.86	SLE RA 1	-19527	Si
0.6	0.0282	-97.3758	-444.86	SLE RA 7	-1342	0.0282	-97.3758	-444.86	SLE RA 7	-18042	Si
0.9	0.0349	-88.1883	-438.86	SLE RA 7	-1258	0.0349	-88.1883	-438.86	SLE RA 7	-16973	Si
1.2	0.0415	-82.8367	-432.86	SLE RA 7	-1206	0.0415	-82.8367	-432.86	SLE RA 7	-16307	Si
1.5	0.0482	-80.8494	-426.86	SLE RA 7	-1182	0.0482	-80.8494	-426.86	SLE RA 7	-15993	Si
1.8	0.0548	-81.9854	-420.86	SLE RA 7	-1185	0.0548	-81.9854	-420.86	SLE RA 7	-16007	Si
2.1	0.0615	-86.1183	-414.86	SLE RA 7	-1213	0.0615	-86.1183	-414.86	SLE RA 7	-16335	Si
2.4	0.0681	-93.1443	-408.86	SLE RA 7	-1265	0.0681	-93.1443	-408.86	SLE RA 7	-16967	Si
2.64	0.0734	-100.315	-404.15	SLE RA 7	-1320	0.0734	-100.315	-404.15	SLE RA 7	-17636	Si
2.7	0.0748	-102.6606	-402.86	SLE RA 7	-1338	0.0748	-102.6606	-402.86	SLE RA 7	-17860	Si
3	0.0814	-114.4718	-396.86	SLE RA 7	-1430	0.0814	-114.4718	-396.86	SLE RA 7	-18993	Si
3.3	0.0881	-128.501	-390.86	SLE RA 7	-1542	0.0881	-128.501	-390.86	SLE RA 7	-20359	Si
3.6	0.0947	-144.4546	-384.86	SLE RA 7	-1669	0.0947	-144.4546	-384.86	SLE RA 7	-21927	Si
3.9	0.1014	-162.0701	-378.86	SLE RA 7	-1810	0.1014	-162.0701	-378.86	SLE RA 7	-23669	Si
4.2	0.1081	-181.369	-372.8	SLE RA 7	-1966	0.1081	-181.369	-372.8	SLE RA 7	-25586	Si
4.5	0.1273	-205.0746	-366.96	SLE RA 4	-2159	0.1273	-205.0746	-366.96	SLE RA 4	-27971	Si

Verifica delle tensioni sul calcestruzzo in combinazioni quasi permanenti

Tensione limite del calcestruzzo 14940 kN/m²

Coefficiente di omogeneizzazione impiegato 15

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

Quota	Mx	My	N	Comb.	σ_c ,max	Verifica
0	0.0002	-82.0214	-225.1	SLE QP 5	-955	Si
0.3	0.0218	-64.1037	-219.2	SLE QP 2	-797	Si
0.6	0.0276	-62.7727	-213.2	SLE QP 1	-779	Si
0.9	0.0271	-61.7478	-207.2	SLE QP 1	-763	Si
1.2	0.0266	-60.7229	-201.2	SLE QP 1	-748	Si
1.5	0.0262	-59.698	-195.2	SLE QP 1	-732	Si
1.8	0.0257	-58.6732	-189.2	SLE QP 1	-716	Si
2.1	0.0253	-57.6483	-183.2	SLE QP 1	-701	Si
2.4	0.0248	-56.6234	-177.2	SLE QP 1	-685	Si
2.64	0.0245	-55.8189	-172.49	SLE QP 1	-673	Si
2.7	0.0244	-55.5985	-171.2	SLE QP 1	-669	Si
3	0.0239	-54.5737	-165.2	SLE QP 1	-654	Si
3.3	0.0234	-53.5488	-159.2	SLE QP 1	-638	Si
3.6	0.023	-52.5239	-153.2	SLE QP 1	-622	Si
3.9	0.0225	-51.499	-147.2	SLE QP 1	-607	Si
4.2	0.0221	-50.4631	-141.14	SLE QP 1	-591	Si
4.5	0.052	-62.0414	-135.3	SLE QP 5	-682	Si

8.3.2 Verifiche trasverso superiore

N°: indice progressivo della sezione

Descrizione: descrizione della sezione

Tipo: tipo di sezione

Base: base della sezione [m]

Altezza: altezza della sezione [m]

Copriferro sup.: distanza del bordo della staffa dalla superficie superiore del getto [m]

Copriferro inf.: distanza del bordo della staffa dalla superficie inferiore del getto [m]

Copriferro lat.: distanza del bordo della staffa dalle superfici laterali del getto [m]

x: distanza da asse appoggio sinistro [m]

A sup.: area efficace di armatura longitudinale superiore [m²]

C.b. sup.: distanza dal bordo del baricentro dell'armatura longitudinale superiore [m]

A inf.: area efficace di armatura longitudinale inferiore [m²]

C.b. inf.: distanza dal bordo del baricentro dell'armatura longitudinale inferiore [m]

M+ela: momento flettente desunto dal solutore che tende le fibre inferiori [kN*m]

Comb.: combinazione

M+des: momento flettente di progetto che tende le fibre inferiori [kN*m]

M+ult: momento ultimo per trazione delle fibre inferiori [kN*m]

x/d: rapporto tra posizione asse neutro e altezza utile

M-ela: momento flettente desunto dal solutore che tende le fibre superiori [kN*m]

M-des: momento flettente di progetto che tende le fibre superiori [kN*m]

M-ult: momento ultimo per trazione delle fibre superiori [kN*m]

Verifica: stato di verifica

A st: area di staffe per unità di lunghezza [m²]

A sl: area di armatura longitudinale tesa per valutazione resistenza taglio in assenza di armature a taglio [m²]

A sag: area equivalente di barre piegate per unità di lunghezza [m²]

Vela: taglio elastico [kN]

Vdes: taglio di progetto [kN]

Vrd: resistenza a taglio della sezione senza armature [kN]

Vrcd: sforzo di taglio che produce il cedimento delle bielle [kN]

Vrsd: resistenza a taglio per la presenza delle armature [kN]

Vult: taglio ultimo [kN]

cotgθ: cotg dell'angolo di inclinazione dei puntoni in calcestruzzo

Mela: momento elastico [kN*m]

Mdes: momento di progetto [kN*m]

σ c: tensione di compressione nel calcestruzzo [kN/m²]

σ f: tensione di trazione nell'acciaio [kN/m²]

Rara: famiglia di combinazione di verifica

Elastica+: massima freccia a sezione interamente reagente di solo calcestruzzo [m]

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

Elastica-: minima freccia a sezione interamente reagente di solo calcestruzzo [m]
Fess.+ : massima freccia a sezione fessurata ed omogeneizzata [m]
Fess.-: minima freccia a sezione fessurata ed omogeneizzata [m]
Quasi permanente: famiglia di combinazione di verifica
Fess. viscosa+: massima freccia a sezione fessurata ed omogeneizzata a viscosità esaurita [m]
Fess. viscosa-: minima freccia a sezione fessurata ed omogeneizzata a viscosità esaurita [m]
l/f: rapporto luce su freccia in combinazione quasi permanente
Bordo: bordo interessato dalla fessura
Rara: famiglia di combinazione per verifica inferiore
Dmax: distanza massima tra le fessure [m]
Esm: dilatazione media delle barre di armatura
Wd: valore di calcolo di apertura delle fessure [m]
Comb: combinazione
Frequente: famiglia di combinazione per verifica inferiore
Quasi permanente: famiglia di combinazione per verifica inferiore
Frequente: famiglia di combinazione di verifica

Le unità di misura delle verifiche elencate nel capitolo sono in [m, kN] ove non espressamente specificato.

Caratteristiche dei materiali

Acciaio: B450C_1 Fyk 450000

Calcestruzzo: C32/40 Rck 40000

Verifiche a flessione in famiglia SLU

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	Comb.	M+des	M+ult	x/d	M-ela	Comb.	M-des	M-ult	x/d	Verifica
0	0.001139	0.07	0.001571	0.07						-303.4631	SLU 1	-222.0535	-333.2027	0.073	Si
0.4	0.001571	0.07	0.001571	0.07	-18.6463	SLU 12	233.999	446.3066	0.079	-147.2332	SLU 1	-147.2332	-446.3066	0.079	Si
1.44	0.001571	0.07	0.001571	0.07	295.9585	SLU 20	399.988	446.3066	0.079	102.0672	SLU 13	-68.1117	-446.3066	0.079	Si
1.6	0.001571	0.07	0.001571	0.07	338.9774	SLU 20	399.988	446.3066	0.079	129.0716	SLU 13	-27.4892	-446.3066	0.079	Si
3.2	0.001571	0.07	0.001571	0.07	331.5983	SLU 18	399.6777	446.3066	0.079	122.1318	SLU 15	-41.6401	-446.3066	0.079	Si
4.4	0.001571	0.07	0.001571	0.07	-36.9903	SLU 10	223.1796	446.3066	0.079	-165.4398	SLU 3	-165.4398	-446.3066	0.079	Si
4.8	0.001139	0.07	0.001571	0.07						-325.3247	SLU 3	-242.0875	-333.2027	0.073	Si

Verifiche a flessione in famiglia SLV (domini sostanzialmente elastici)

La struttura oppure parte di essa, è stata dichiarata come non dissipativa pertanto la verifica a pressoflessione, per tutte o solo alcune sezioni, viene eseguita calcolando i momenti resistenti in campo sostanzialmente elastico secondo D.M. 17-01-2018 §7.4.1

Le dilatazioni ultime utilizzate sono le seguenti

$\epsilon_{cu} = 0.002$

$\epsilon_{fy} = 0.0019$

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	Comb.	M+des	M+ult	x/d	M-ela	Comb.	M-des	M-ult	x/d	Verifica
0	0.001139	0.07	0.001571	0.07						-144.3632	SLV 5	-113.7945	-306.7163	0.137	Si
0.4	0.001571	0.07	0.001571	0.07	25.0716	SLV 43	72.5916	419.1301	0.159	-87.2963	SLV 5	-87.2963	-419.1301	0.159	Si
1.6	0.001571	0.07	0.001571	0.07	82.4932	SLV 43	84.8706	419.1301	0.159	33.7036	SLV 5	-41.0842	-419.1301	0.159	Si
3.2	0.001571	0.07	0.001571	0.07	82.4932	SLV 37	84.8706	419.1301	0.159	33.7036	SLV 11	-41.0842	-419.1301	0.159	Si
4.4	0.001571	0.07	0.001571	0.07	25.0716	SLV 37	72.5916	419.1301	0.159	-87.2963	SLV 11	-87.2963	-419.1301	0.159	Si
4.8	0.001139	0.07	0.001571	0.07						-144.3632	SLV 11	-113.7945	-306.7163	0.137	Si

Verifiche a taglio in famiglia SLU

x	A st	A sl	A sag	Vela	Comb.	Vdes	Vrd	Vrcd	Vrsd	Vult	cotgθ	Verifica
0	0	0.001571	0	408.42	SLU 17	408.42	276.82	2131.1	0	276.82	2.5	Si
0.4	0.0000157	0.001571	0	374.1	SLU 17	374.1	276.82	2131.1	1009.57	1009.57	2.5	Si
1.6	0.0000157	0.001571	0	271.14	SLU 17	271.14	276.82	2131.1	1009.57	1009.57	2.5	Si
3.2	0.0000157	0.001571	0	-280.28	SLU 4	-280.28	-276.82	-2131.1	-1009.57	-1009.57	2.5	Si
4.4	0.0000157	0.001571	0	-383.24	SLU 4	-383.24	-276.82	-2131.1	-1009.57	-1009.57	2.5	Si

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

x	A st	A sl	A sag	Vela	Comb.	Vdes	Vrd	Vrcd	Vrsd	Vult	cotgθ	Verifica
4.8	0	0.001571	0	-417.56	SLU 4	-417.56	-276.82	-2131.1	0	-276.82	2.5	Si

Verifiche a taglio in famiglia SLV

x	A st	A sl	A sag	Vela	Comb.	Vdes	Vrd	Vrcd	Vrsd	Vult	cotgθ	Verifica
0	0	0.001571	0	153.69	SLV 37	153.69	276.82	2131.1	0	276.82	2.5	Si
0.4	0.0000157	0.001571	0	132.49	SLV 37	132.49	276.82	2131.1	1009.57	1009.57	2.5	Si
1.6	0.0000157	0.001571	0	68.89	SLV 37	68.89	276.82	2131.1	1009.57	1009.57	2.5	Si
3.2	0.0000157	0.001571	0	-68.89	SLV 11	-68.89	-276.82	-2131.1	-1009.57	-1009.57	2.5	Si
4.4	0.0000157	0.001571	0	-132.49	SLV 11	-132.49	-276.82	-2131.1	-1009.57	-1009.57	2.5	Si
4.8	0	0.001571	0	-153.69	SLV 11	-153.69	-276.82	-2131.1	0	-276.82	2.5	Si

Verifiche delle tensioni in esercizio

x	Mela	Comb.	Mdes	σ c	σ f	Mela	Comb.	Mdes	σ c	Verifica	Rara	Quasi permanente
0	-243.0361	4	-171.4724	1447	19920	0.022	3600	-80.785	5	-555144,659377493	10,5384883150865	149,4
0.4	-104.9123	4	-104.9123	1741	19920	0.0987	3600	-34.3143	5	-343143,416921615	5,69414064840695	149,4
1.6	260.6122	7	321.9611	5343	19920	0.303	3600	87.7289	1	1046890,90625	17,3721650183586	149,4
3.2	260.6119	7	321.9611	5343	19920	0.303	3600	87.7289	1	1046890,90625	17,3721650183586	149,4
4.4	-104.9123	4	-104.9123	1741	19920	0.0987	3600	-34.3143	5	-343143,422780942	5,69414074563695	149,4
4.8	-243.0361	4	-171.4725	1447	19920	0.022	3600	-80.785	5	-555144,665240441	10,5384884263847	149,4

Verifica di apertura delle fessure

La campata non presenta apertura delle fessure

Verifica di deformabilità

x	Rara				Frequente				Quasi permanente				Verifica			
	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess. viscosa+	Comb.		Fess. viscosa-	Comb.	I/f
0.4	0.0001	0.00007	0.00009	0.00006	0.00009	0.00002	0.00008	0.00002	0.00004	0.00002	0.0001	1	0.00005	1	9999	Si
1.6	0.00042	0.00031	0.00036	0.00026	0.00033	0.00009	0.00029	0.00007	0.00015	0.00009	0.00036	1	0.0002	1	9999	Si
2.4	0.00005	0.00037	0.00042	0.00032	0.00039	0.00011	0.00034	0.00009	0.00017	0.00011	0.00042	1	0.00024	1	9999	Si
3.2	0.00042	0.00031	0.00036	0.00026	0.00033	0.00009	0.00029	0.00007	0.00015	0.00009	0.00036	1	0.0002	1	9999	Si
4.4	0.0001	0.00007	0.00009	0.00006	0.00009	0.00002	0.00008	0.00002	0.00004	0.00002	0.0001	1	0.00005	1	9999	Si

8.3.3 Verifiche platea di fondazione

Caratteristiche dei materiali

Acciaio: B450C_1 Fyk 450000

Calcestruzzo: C32/40 Rck 40000

Verifiche a flessione in famiglia SLU

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	Comb.	M+des	M+ult	x/d	M-ela	Comb.	M-des	M-ult	x/d	Verifica
0	0.002199	0.07	0.001968	0.07	293.7195	SLU 4	190.3355	704.6223	0.068						Si
0.4	0.002199	0.07	0.002199	0.07	115.9214	SLU 12	115.9214	783.1217	0.07	-54.9549	SLU 17	-400.2871	-783.1217	0.07	Si
1.6	0.002199	0.07	0.002199	0.07	-159.6785	SLU 16	62.8521	783.1217	0.07	-429.4689	SLU 17	-499.3561	-783.1217	0.07	Si
3.2	0.002199	0.07	0.002199	0.07	-173.9462	SLU 14	38.0899	783.1217	0.07	-444.2178	SLU 19	-499.3561	-783.1217	0.07	Si
4.4	0.002199	0.07	0.002199	0.07	89.837	SLU 10	89.837	783.1217	0.07	-80.8918	SLU 19	-417.4221	-783.1217	0.07	Si
4.8	0.002199	0.07	0.001968	0.07	269.4536	SLU 2	164.2954	704.6223	0.068						Si

Verifiche a flessione in famiglia SLV (domini sostanzialmente elastici)

La struttura oppure parte di essa, è stata dichiarata come non dissipativa pertanto la verifica a pressoflessione, per tutte o solo alcune sezioni, viene eseguita calcolando i momenti resistenti in campo sostanzialmente elastico secondo D.M. 17-01-2018 §7.4.1

Le dilatazioni ultime utilizzate sono le seguenti

$\epsilon_{cu} = 0.002$

$\epsilon_{fy} = 0.0019$

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	Comb.	M+des	M+ult	x/d	M-ela	Comb.	M-des	M-ult	x/d	Verifica
---	--------	-----------	--------	-----------	-------	-------	-------	-------	-----	-------	-------	-------	-------	-----	----------

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	Comb.	M+des	M+ult	x/d	M-ela	Comb.	M-des	M-ult	x/d	Verifica
0	0.002199	0.07	0.001968	0.07	202.497	SLV 11	160.6276	670.693	0.155						Si
0.4	0.002199	0.07	0.002199	0.07	121.9493	SLV 11	121.9493	747.1399	0.163	-41.0415	SLV 37	-163.6824	-747.1399	0.163	Si
1.6	0.002199	0.07	0.002199	0.07	-71.6443	SLV 11	93.2968	747.1399	0.163	-169.357	SLV 37	-172.4102	-747.1399	0.163	Si
3.2	0.002199	0.07	0.002199	0.07	-71.6088	SLV 5	93.3323	747.1399	0.163	-169.4073	SLV 43	-172.4102	-747.1399	0.163	Si
4.4	0.002199	0.07	0.002199	0.07	121.9848	SLV 5	121.9848	747.1399	0.163	-41.0918	SLV 43	-163.7327	-747.1399	0.163	Si
4.8	0.002199	0.07	0.001968	0.07	202.497	SLV 5	160.6632	670.693	0.155						Si

Verifiche a taglio in famiglia SLU

x	A st	A sl	A sag	Vela	Comb.	Vdes	Vrd	Vrcd	Vrsd	Vult	cotgθ	Verifica
0	0.0000151	0.002199	0	-554.22	SLV 17	-554.22	-332.14	-2714.96	-1240.23	-1240.23	2.5	Si
0.4	0.0000151	0.002199	0	-456.41	SLU 2	-456.41	-332.14	-2714.96	-1240.23	-1240.23	2.5	Si
1.6	0.0000151	0.002199	0	-193.95	SLU 4	-193.95	-332.14	-2714.96	-1240.23	-1240.23	2.5	Si
3.2	0.0000151	0.002199	0	177.54	SLU 2	177.54	332.14	2714.96	1240.23	1240.23	2.5	Si
4.4	0.0000151	0.002199	0	456.63	SLU 4	456.63	332.14	2714.96	1240.23	1240.23	2.5	Si
4.8	0.0000151	0.002199	0	563.36	SLU 4	563.36	332.14	2714.96	1240.23	1240.23	2.5	Si

Verifiche a taglio in famiglia SLV

x	A st	A sl	A sag	Vela	Comb.	Vdes	Vrd	Vrcd	Vrsd	Vult	cotgθ	Verifica
0	0.0000151	0.002199	0	-261.69	SLV 37	-261.69	-332.14	-2714.96	-1240.23	-1240.23	2.5	Si
0.4	0.0000151	0.002199	0	-194.68	SLV 9	-194.68	-332.14	-2714.96	-1240.23	-1240.23	2.5	Si
1.6	0.0000151	0.002199	0	-123.34	SLV 11	-123.34	-332.14	-2714.96	-1240.23	-1240.23	2.5	Si
3.2	0.0000151	0.002199	0	123.34	SLV 5	123.34	332.14	2714.96	1240.23	1240.23	2.5	Si
4.4	0.0000151	0.002199	0	194.68	SLV 7	194.68	332.14	2714.96	1240.23	1240.23	2.5	Si
4.8	0.0000151	0.002199	0	261.69	SLV 11	261.69	332.14	2714.96	1240.23	1240.23	2.5	Si

Verifiche delle tensioni in esercizio

x	Mela	Comb.	Mdes	σ c	σ f	Mela	Comb.	Mdes	σ c	Verifica	Rara	Quasi permanente
0	189.0372	4	98.9328	990	19920	0.0581	3600	132.4114	5	854354,350803466	8,5480885078326	149,4
0.4	31.6484	16	31.6484	303	19920	0.0167	3600	46.628	5	466280,499781332	4,46535319792094	149,4
0.4	-3.7809	7	-295.8709	2833	19920	0.1559	3600	-18.394	1	-1650836,6818847	15,8093011827774	149,4
1.6	-320.6074	7	-379.6681	3636	19920	0.2001	3600	-177.4857	1	-2070821,34375	19,8313005025376	149,4
3.2	-320.6302	7	-379.6681	3636	19920	0.2001	3600	-177.4988	1	-2070821,34375	19,8313005025376	149,4
4.4	31.6318	16	31.6318	303	19920	0.0167	3600	46.6213	5	466212,838062552	4,46470523286027	149,4
4.4	-3.8037	7	-295.8937	2834	19920	0.1559	3600	-18.4071	1	-1650967,69833914	15,8105558669087	149,4
4.8	189.0372	4	98.9162	990	19920	0.0581	3600	132.4114	5	854286,718382275	8,5474118238293	149,4

Verifica di apertura delle fessure

La campata non presenta apertura delle fessure

9. CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO

Le strutture di fondazione del tombino scatolare sono costituite da una platea in c.a. di spessore pari a 60 cm, con larghezza pari a 9.00 m e sviluppo di 47 m (lunghezza del tombino), il cui piano di posa è disposto ad una profondità di 5.60 m circa.

9.1 VALUTAZIONE DELLA COSTANTE DI SOTTOFONDO

La rigidezza delle molle, attraverso la quale viene schematizzata l'interazione terreno-struttura, viene calcolata utilizzando un coefficiente di sottofondo pari a 123000 kN/m³.

Tale valore è stato valutato mediante la metodologia di Joseph E. Bowles, che permette di stimare la costante di Winkler verticale per fondazioni superficiali rettangolari sulla base della capacità portante (carico ultimo) della fondazione, calcolata tramite la formula di Hansen, con la seguente formula:

$$k = 40 \times q_{lim}$$

dove la resistenza ultima del terreno corrisponde ad un cedimento $w = 2.5$ cm, limite per le condizioni di esercizio di una struttura.

In relazione al valore di capacità portante calcolato nei paragrafi successivi si ottiene: $k = 40 \times 3062 = 122509$ kN/m³. Pertanto in sede di modellazione è stato assunto un valore della costante di sottofondo pari a 123000 kN/m³.

9.2 VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEL COMPLESSO TERRENO-FONDAZIONE

Per il calcolo del carico limite della fondazione del tombino si utilizza la formula di Brinch-Hansen. La verifica viene condotta allo stato limite ultimo secondo l'Approccio di progetto 2:

- Combo 1 : A1 + M1 + R3

In accordo con le sezioni di progetto e con i profili geotecnici, la platea di fondazione del tombino scatolare risulta interessare il litotipo UG0. Pertanto ai fini della verifica della capacità portante si impiegano le caratteristiche di questo litotipo.

I calcoli per la valutazione della pressione limite di progetto sono riepilogati nelle tabelle di seguito:

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

AZIONI IN TESTA ALLA FONDAZIONE

$F_x =$	<input type="text" value="0,00"/>	kN	Forza di taglio in direzione X (Direzione parallela alla base)
$F_y =$	<input type="text" value="0,00"/>	kN	Forza di taglio in direzione Y (Direzione parallela alla lunghezza)
$F_z =$	<input type="text" value="0,00"/>	kN	Forza in direzione verticale (>0 se di compressione)
$M_x =$	<input type="text" value="0,00"/>	kNm	Momento in direzione X
$M_y =$	<input type="text" value="0,00"/>	kNm	Momento in direzione Y

CARATTERISTICHE FONDAZIONE

$B =$	<input type="text" value="5,60"/>	m	Base
$L =$	<input type="text" value="23,51"/>	m	Lunghezza
$H =$	<input type="text" value="1,00"/>	m	Altezza
$D =$	<input type="text" value="1,00"/>	m	Profondità piano di posa
$\alpha =$	<input type="text" value="0"/>	°	Inclinazione del piano di posa

Considera peso proprio fondazione

$\gamma_o =$	<input type="text" value="25,00"/>	kN/m ³	Peso per unità di volume fondazione
$P_o =$	<input type="text" value="0,00"/>	kN	Peso proprio plinto

AZIONI DALLA BASE DELLA FONDAZIONE

Considera momenti di trasporto

$F_{x1} =$	<input type="text" value="0,00"/>	kN	Forza di taglio in direzione X
$F_{y1} =$	<input type="text" value="0,00"/>	kN	Forza di taglio in direzione Y
$F_{z1} =$	<input type="text" value="0,00"/>	kN	Forza in direzione verticale (>0 se di compressione)
$M_{x1} =$	<input type="text" value="0,00"/>	kNm	Momento in direzione X
$M_{y1} =$	<input type="text" value="0,00"/>	kNm	Momento in direzione Y
$V =$	<input type="text" value="0,00"/>	kN	Componente verticale del carico
$H =$	<input type="text" value="0,00"/>	kN	Componente orizzontale del carico
$\theta_v =$	<input type="text" value="0,00"/>	°	Inclinazione del carico rispetto alla verticale
$\theta_h =$	<input type="text" value="90,00"/>	°	Inclinazione del carico orizzontale rispetto alla direzione della lunghezza
$e_x =$	<input type="text" value="0,00"/>	m	Eccentricità in direzione X
$e_y =$	<input type="text" value="0,00"/>	m	Eccentricità in direzione Y

CARATTERISTICHE FONDAZIONE RIDOTTA

$B' =$	<input type="text" value="5,60"/>	m	Base ridotta
$L' =$	<input type="text" value="23,51"/>	m	Lunghezza ridotta
$A' =$	<input type="text" value="131,66"/>		Area ridotta

PARAMETRI DEL TERRENO

$\gamma =$	<input type="text" value="18"/>	kN/m ³	Peso per unità di volume del terreno di fondazione
$\phi =$	<input type="text" value="35"/>	°	Angolo di attrito
$c =$	<input type="text" value="0"/>	kN/m ²	Coesione efficace
$c_u =$	<input type="text" value="0"/>	kN/m ²	Coesione non drenata
$\gamma_r =$	<input type="text" value="25"/>	kN/m ³	Peso per unità di volume del terreno di riempimento laterale
$K_o =$	<input type="text" value="3,690"/>		Coefficiente di spinta passiva
$q =$	<input type="text" value="25,00"/>	kN/m ²	Pressione litostatica alla profondità del piano di posa

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
TECNICA E DI CALCOLO

PARAMETRI DI PORTANZA DELLA FONDAZIONE (BRINCH-HANSEN)

$k=$	0,18	Fattore di profondità
$m_b=$	1,81	Parametro di forma per carico agente in direzione della base
$m_l=$	1,19	Parametro di forma per carico agente in direzione della lunghezza
$m=$	1,81	Parametro di forma complessivo
$N_c=$	46,12	Fattori di capacità portante
$N_q=$	33,30	
$N_r=$	45,23	
$s_c=$	1,14	Fattori di forma
$s_q=$	1,14	
$s_r=$	0,93	
$b_c=$	1,00	Fattori di inclinazione del piano di posa
$b_q=$	1,00	
$b_r=$	1,00	
$i_c=$	1,00	Fattori di inclinazione del carico
$i_q=$	1,00	
$i_r=$	1,00	

PRESSIONI LIMITE ED AMMISSIBILI

Condizioni drenate		
F.S.=	2,3	Fattore di sicurezza
$q_{LIM}=$	3062,726 kN/m ²	Pressione limite
$q_{R,D}=$	1331,62 kN/m ²	Pressione resistente di progetto

La verifica della capacità portante del complesso terreno fondazione viene effettuata confrontando le pressioni esercitate dalla struttura sul terreno, ottenute dall'analisi ad elementi finiti, con la pressione resistente limite precedentemente determinata. I valori massimi delle pressioni sul terreno sono riportati graficamente nello schema seguente:

SOTTOVIA STRADALE – RELAZIONE
 TECNICA E DI CALCOLO

Mappatura colori	
	da -260 a -253
	da -267 a -260
	da -273 a -267
	da -280 a -273
	da -287 a -280
	da -294 a -287
	da -301 a -294
	da -308 a -301
	da -315 a -308
	da -322 a -315 [kN/m ²]



Essendo la pressione sul terreno inferiore a quella limite di progetto la verifica risulta soddisfatta.