



Anas SpA

Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

S.S. 131 di "Carlo Felice"

Adeguamento e messa in sicurezza della S.S.131
Risoluzione dei nodi critici – 1° stralcio
dal km 158+000 al km 162+700

PROGETTO ESECUTIVO

CA283

PROGETTAZIONE: ANAS–Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

PROGETTISTI:

Dott. Ing. Achille DEVITOFRANCESCHI Dott. Ing. Alessandro MICHELI
Ordine Ing. di Roma n. 19116 Ordine Ing. di Roma n. 19645

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Serena MAJETTA
Ordine Geol. Lazio n. 928

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Geom. Fabio QUONDAM

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Salvatore FRASCA

PROTOCOLLO

DATA

OPERE D'ARTE MINORI

Tombino scatolare T4a alla progr. 1+887,49 della S.P.125

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

LOPLSP E 1501

NOME FILE

T00_TM03_STR_RE01_A

REVISIONE

SCALA:

CODICE ELAB. T00TM03STRAR01

A

—

D

C

B

A

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

Indice

1	Premessa	3
2	Descrizione dell'opera	4
3	Normativa di riferimento	6
4	Caratteristiche dei materiali	7
5	Condizioni geotecniche	8
6	Criteri di verifica	9
6.1	Verifiche di resistenza agli stati limite ultimi	9
6.2	Verifiche agli stati limite di esercizio	9
7	Geometria della struttura	12
8	Modello di calcolo	13
8.1	Programma di calcolo	13
8.2	Modellazione Strutturale	13
8.3	Schema	14
9	Analisi dei carichi	15
9.1	Pesi propri strutturali	15
9.2	Sovraccarichi permanenti portati	15
9.3	Azioni provenienti dal terreno	16
9.4	Azioni provenienti dai carichi mobili	17
9.5	Azioni da variazioni termiche e ritiro	21
9.6	Azioni sismiche	22
10	Combinazioni di carico	24
11	Sollecitazioni di calcolo	27
11.1	Stato Limite Ultimo	27
11.2	Stato Limite Esercizio	29
11.3	Sezioni di verifica	30
12	Verifiche	32
13	Muri laterali	38
13.1	Geometria	38
13.2	Schema di calcolo	39
13.3	Verifiche sulle pareti	45

13.3.1	Verifiche allo Stato Limite Ultimo	45
13.3.2	Verifiche allo Stato Limite Elastico	47
13.4	Verifiche sulla fondazione	48
13.4.1	Verifiche allo Stato Limite Ultimo	50
13.4.2	Verifiche allo Stato Limite Elastico	52
14	Appendice	54

1 Premessa

La presente relazione ha per oggetto il progetto strutturale e geotecnico del tombino scatolare T4 sotto la S.P. 125, nell'ambito del progetto di adeguamento e messa in sicurezza della strada stessa. Lo scatolare avrà dimensioni interne pari a 6.00 x 3.00 m e spessori pari a 0,60 m per la soletta superiore e i piedritti, mentre la soletta inferiore ha uno spessore di 70 cm. Si è considerato uno spessore della pavimentazione pari a 0.10 m. Poiché la strada interseca l'asse dello scatolare secondo un angolo retto, nella presente relazione è stato analizzato un concio elementare di scatolare, di ampiezza 1,00 m, disposto parallelamente all'asse stradale.

Si implementa un modello matematico agli elementi finiti, i cui carichi in input sono ottenuti da fogli elettronici riportati alle pagine seguenti; il modello viene quindi risolto numericamente tramite codice di calcolo Sap 2000, il cui manuale d'uso si dà per conosciuto. A vantaggio di sicurezza non sono stati considerati carichi verticali agenti sulla soletta di fondo, se non il peso proprio della soletta medesima.

Nel seguito sono presentate le caratteristiche generali e geometriche dell'opera.

Inoltre sono definite le modalità di calcolo, i risultati delle analisi delle sollecitazioni e le verifiche degli elementi strutturali.

2 Descrizione dell'opera

Il tombino ha una lunghezza di 22.09 m ed è costituito da piedritti di 60 cm, soletta superiore di 60 cm e soletta di fondazione di 70 cm.

Agli sbocchi del tombino vi sono 4 muri di sostegno con elevazione variabile da 1.80 a 4.40 m e spessore costante di 70 cm.

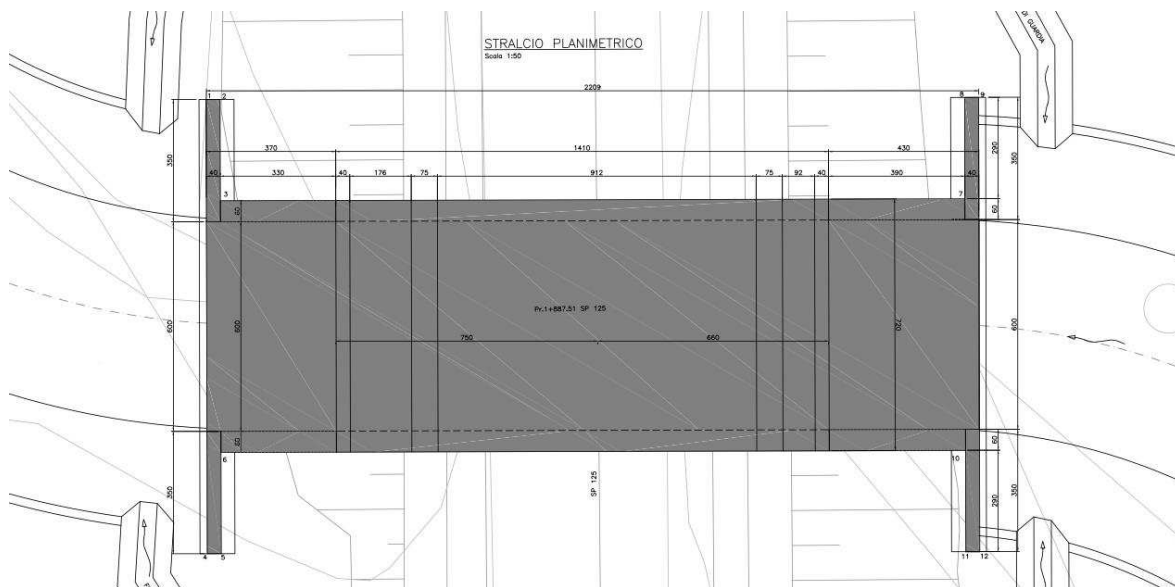


Figura 1: Planimetria di progetto

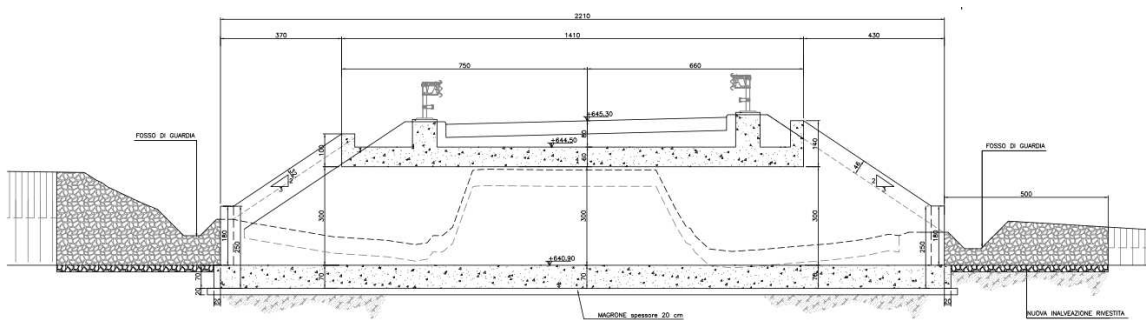


Figura 2: Sezione Longitudinale

3 Normativa di riferimento

D.M. 14 gennaio 2008:

Testo unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni.

CIRCOLARE 2 febbraio 2009 n° 617:

- Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14.01.2008.

UNI EN 1992-1:

- Progettazione delle strutture di calcestruzzo.

4 Caratteristiche dei materiali

CALCESTRUZZO

		C28/35			
Classe di resistenza calcestruzzo					
Caratteristiche del calcestruzzo					
resistenza caratteristica cubica	R_{ck}	35	[MPa]		
resistenza caratteristica cilindrica	f_{ck}	29.1	[MPa]		
resistenza cilindrica media	f_{cm}	37.1	[MPa]		
resistenza media a trazione semplice	f_{ctm}	2.8	[MPa]		
resistenza caratteristica a trazione (fratt. 5%)	f_{ctk}	2.0	[MPa]		
modulo elastico istantaneo	E_{cm}	32 588	[MPa]		
Resistenze di calcolo				COEFFICIENTI	
resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	16.5	[MPa]	γ_c	= 1.5
resistenza di calcolo a trazione	f_{ctd}	1.3	[MPa]	α_{cc}	= 0.85
coefficiente di espansione termica lineare	a	1.00E-05	[°C ⁻¹]		

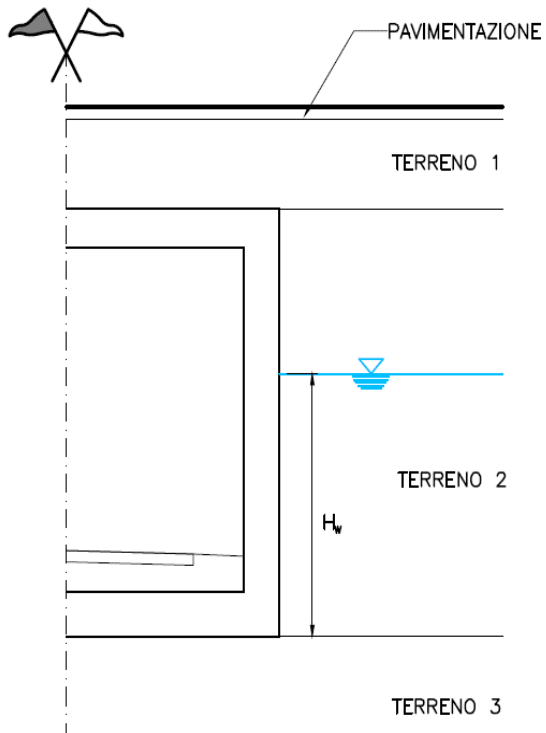
ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

		B450C			
Tipo di acciaio					
Caratteristiche del calcestruzzo					
tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	450	[MPa]		
tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	540	[MPa]		
Resistenze di calcolo				COEFFICIENTI	
resistenza di progetto	f_{td}	391.3	[MPa]	γ_s	= 1.15
modulo elastico	E_s	206000	[MPa]		

Per il calcestruzzo armato si assume g_{sb} 25 kN/m³

5 Condizioni geotecniche

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SITO



Pavimentazione

Peso specifico	γ_p	20	kN/m^3
----------------	------------	----	-----------------

Falda Assente

Peso specifico	γ_w	10	kN/m^3
Quota falda	H_w	0	m

Terreno 1

		M1	M2	
Peso specifico	γ_{t1}	19	19	kN/m^3
Angolo di attrito	ϕ'_k	30	24.8	°
Coesione	c'	0	0	MPa

Terreno 2

		M1	M2	
Peso specifico	γ_{t2}	19	19	kN/m^3
Angolo di attrito	ϕ'_k	30	24.8	°
Coesione	c'	0	0	MPa

Terreno 3

		M1	M2	
Peso specifico	γ_{t3}	19	19	kN/m^3
Angolo di attrito	ϕ'_k	30	24.8	°
Coesione	c'	0	0	MPa
Cost. Sottofondo	k	50000		kN/m^3

6 Criteri di verifica

6.1 Verifiche di resistenza agli stati limite ultimi

Si è verificato che il valore di progetto degli effetti delle azioni, ovvero delle sollecitazioni, sia minore dei corrispondenti valori resistenti per le sezioni di progetto.

La verifica di resistenza delle sezioni nei vari elementi strutturali, viene condotta tenendo conto delle condizioni più gravose che si individuano dall'involuppo delle sollecitazioni agenti nelle diverse combinazioni di carico.

Le combinazioni e i coefficienti moltiplicativi delle singole azioni vengono definiti in base a quanto indicato nel D.M. 14 gennaio 2008.

Per quanto riguarda le verifiche a taglio ultimo, si è fatto riferimento al paragrafo 4.1.2.1.3 "Resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti" del D.M. 14 gennaio 2008.

6.2 Verifiche agli stati limite di esercizio

Definizione degli stati limite di fessurazione

In ordine di severità crescente si distinguono i seguenti stati limite:

stato limite di decompressione nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale è ovunque di compressione ed al più uguale a 0;

stato limite di formazione delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata è:

$$\sigma_t = \frac{f_{ctm}}{1,2}$$

stato limite di apertura delle fessure nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

$$w_1 = 0,2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0,3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0,4 \text{ mm}$$

Lo stato limite di fessurazione deve essere fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione.

Condizioni ambientali

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche, possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato nella tabella seguente:

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

Nel caso in esame si considera l'opera sottoposta a condizioni ordinarie.

Scelta degli stati limite di fessurazione

Nella tabella sottostante sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle esigenze sopra riportate.

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Stato limite di apertura delle fessure

Il valore caratteristico di calcolo di apertura delle fessure (w_d) non deve superare i valori nominali w_1 , w_2 , w_3 secondo quanto riportato nella Tabella sopra riportata.

Il valore caratteristico di calcolo è data da:

$$w_d = 1,70 \cdot w_m$$

dove w_m rappresenta l'ampiezza media delle fessure.

L'ampiezza media delle fessure w_m è calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d'armatura ε_{sm} per la distanza media tra le fessure Δ_{sm} :

$$w_m = \varepsilon_{sm} \cdot \Delta_{sm}$$

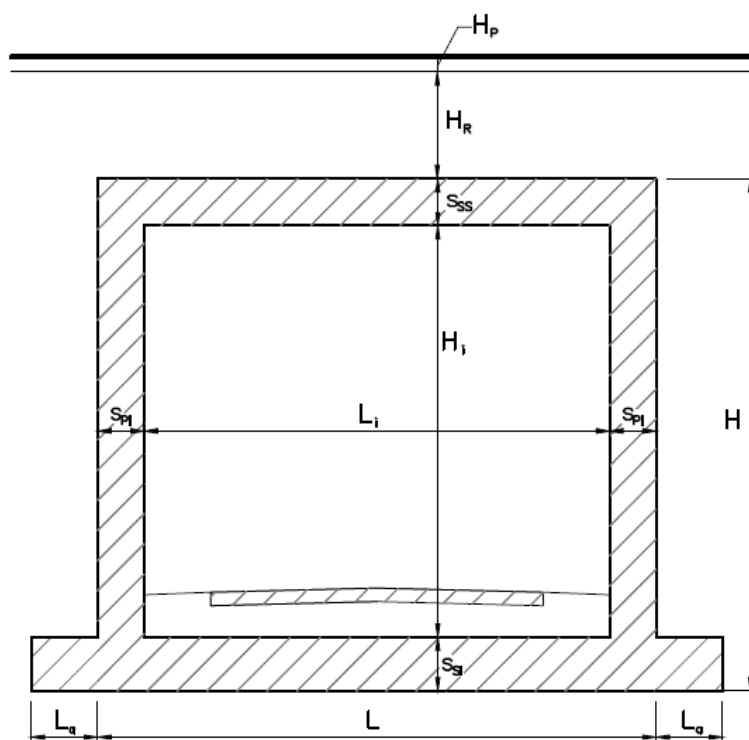
Per il calcolo di ε_{sm} e Δ_{sm} vanno utilizzati criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica. ε_{sm} può essere calcolato tenendo conto dell'effetto del "tension stiffening" nel rispetto della limitazione:

$$\varepsilon_{sm} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

con σ_s tensione nell'acciaio dell'armatura tesa (per sezione fessurata) nelle condizioni di carico considerate ed E_s è il modulo elastico dell'acciaio.

7 Geometria della struttura

GEOMETRIA



Spessore Soletta Superiore	S_{SS}	0.6 m
Spessore Soletta Inferiore	S_{SI}	0.7 m
Spessore Piedritti	S_{PI}	0.6 m
Larghezza totale	L	7.2 m
Altezza totale	H	4.3 m
Larghezza interna	L_i	6 m
Altezza Interna	H_i	3 m
Larghezza ali	L_e	0 m
Altezza Ricoprimento	H_R	0.8 m
Altezza Pavimentazione	H_P	0.1 m

8 Modello di calcolo

8.1 Programma di calcolo

L'analisi è stata effettuata per elementi finiti attraverso l'ausilio del programma di calcolo "SAP2000".

8.2 Modellazione Strutturale

Il modello di calcolo attraverso il quale è stata analizzata la struttura e schematizzato da un telaio rettangolare costituito da elementi monodimensionali; quelli che schematizzano la soletta di fondazione sono vincolati su un letto di molle alla Winkler agenti in direzione verticale ed orizzontale.

Per i coefficienti del sottosuolo sono stati adottati i seguenti valori

- $k_v = 25\,000 \text{ kN/m}^3$
- $k_h = \frac{1}{2} k_v$

8.3 Schema

Il modello è formato da 12 elementi monodimensionale a cui è assegnata la sezione specifica dell'elemento corrispondente

- Gli elementi 1,2,3,4 sono discretizzati in 12 sotto elementi durante il calcolo;
- Gli elementi 5,6,11,11 sono vincolati con delle molle con rigidezza k_v e k_n ;

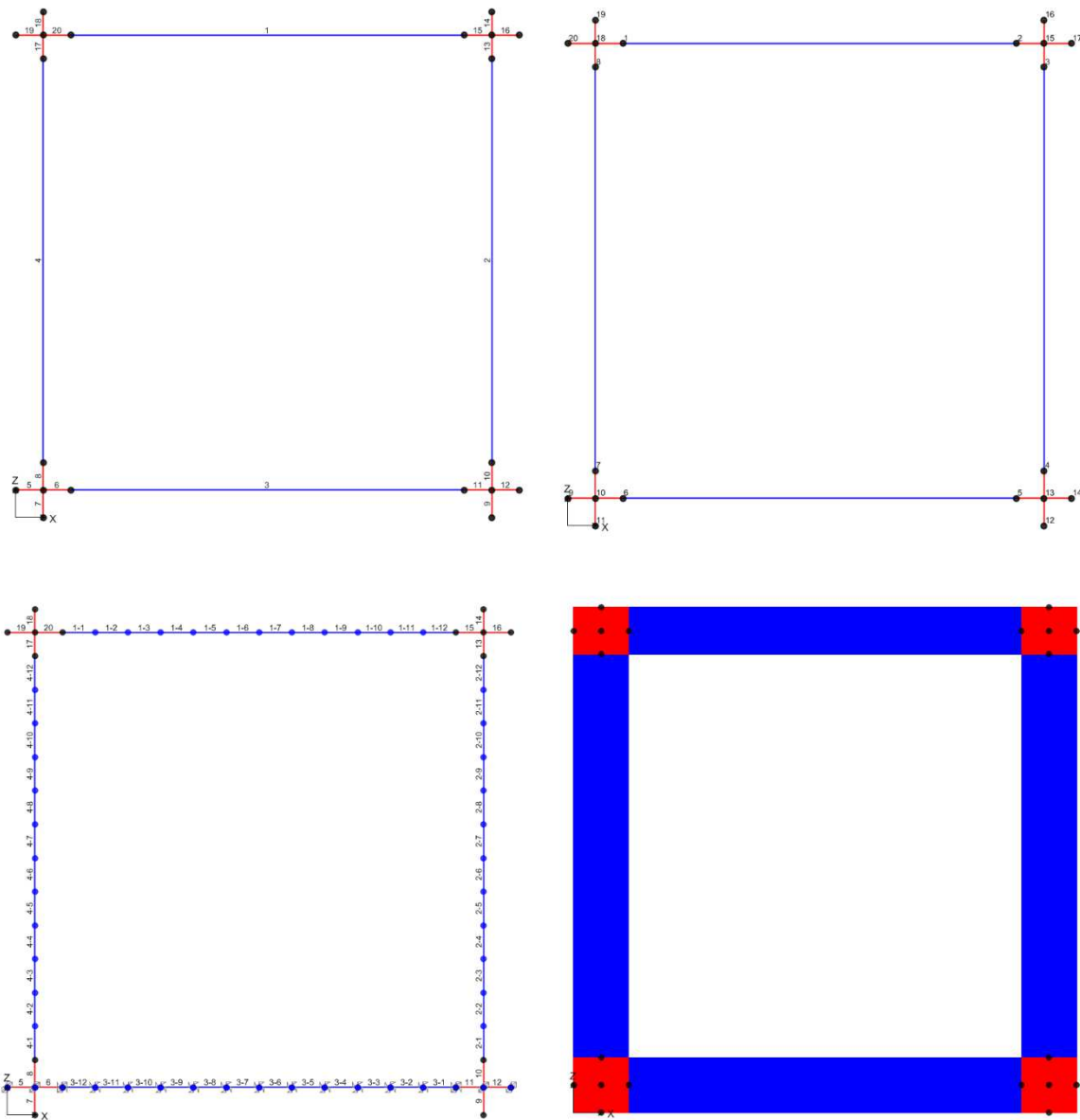


Figura 5: Schema modello di calcolo

9 Analisi dei carichi

9.1 Pesi propri strutturali

		H [m]		γ [kN/m ³]		[m]		[kN/m]
Soletta Superiore	PP _{SS}	0.5	X	25	X	1	=	12.5
Soletta Inferiore	PP _{SI}	0.5	X	25	X	1	=	12.5
Piedritto	PP _{PI}	0.5	X	25	X	1	=	12.5

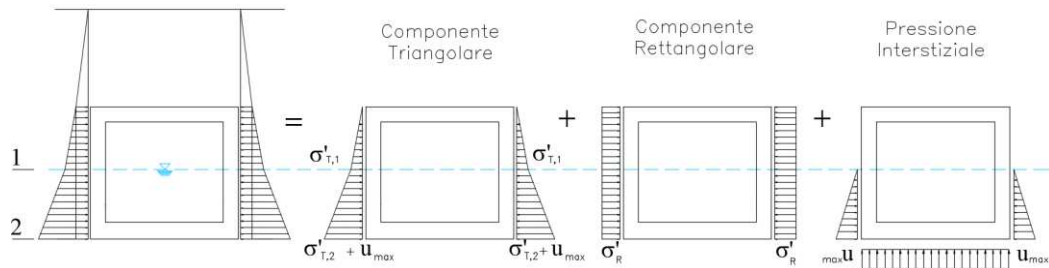
9.2 Sovraccarichi permanenti portati

		H [m]		γ [kN/m ³]		[m]		[kN/m]
Terreno di ricoprimento	Q _{TER}	0.8	X	19	X	1	=	15.2
Pavimentazione	Q _{PAV}	0.1	X	20	X	1	=	2.0
Totale	Q _{G2}						=	17.2

9.3 Azioni provenienti dal terreno

AZIONI PROVENIENTI DAL TERRENO

La spinta è valutata sia in condizioni di quiete che in condizioni di equilibrio limite attivo. Si considera cautelativamente il più sfavorevole dei due effetti combinandoli tra loro.



pressione interstiziale

$$u_{max} = 0 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Tensioni litostatiche verticali : componente Triangolare

$$\text{Tensione litostatica verticale efficace in "1"} \quad \sigma_{T,1}^i = \gamma_{t2} \times (H_t - H_w) = 76.0 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$\text{Tensione litostatica verticale efficace in "2"} \quad \sigma_{T,2}^i = \sigma_{T,1}^i + \gamma'_{t2} \times H_w = 76.0 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Nel caso in cui la falda non interagisce con lo scatolare il punto 1 coincide con il punto 2

Tensioni litostatiche verticali : componente Rettangolare

	γ [kN/m ³]	x	H_i [m]	= $\gamma' \times H$ [kN/m ²]
Falda	10		0.0	0.0
Pavimentazione	20		0.1	2.0
Terreno di ricoprimento	19		0.8	15.2
Tensione litostatica verticale efficace estradosso Soletta				$\sigma_R^i = 17.2 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

Coefficienti di spinta Terreno 1

		M1	M2	SLE
Deformazione orizzontale nulla	$k_{0,t1} = 1 - \text{sen}\phi'$	0.50	0.58	0.50
Equilibrio limite attivo	$k_{a,t1} = (1 - \text{sen}\phi') / (1 + \text{sen}\phi'')$	0.33	0.41	0.33

Coefficienti di spinta Terreno 2

		M1	M2	SLE
Deformazione orizzontale nulla	$k_{0,t2} = 1 - \text{sen}\phi'$	0.50	0.58	0.50
Equilibrio limite attivo	$k_{a,t2} = (1 - \text{sen}\phi') / (1 + \text{sen}\phi'')$	0.33	0.41	0.33

Tensioni totali orizzontali

$$\sigma_{sx}(k_0) = \sigma_{sx}(k_0) = k_{0,t1} \cdot \sigma_R^i + k_{0,t2} \cdot \sigma_T^i + u$$

$$\sigma_{sx}(k_a) = \sigma_{sx}(k_a) = k_{a,t1} \cdot \sigma_R^i + k_{a,t2} \cdot \sigma_T^i + u$$

$$\sigma_1 = \sigma_{sx}(k_0) + \sigma_{dx}(k_0) \quad \text{Condizioni di deformazione orizzontale nulla}$$

$$\sigma_2 = \sigma_{sx}(k_a) + \sigma_{dx}(k_a) \quad \text{Condizione di equilibrio limite attivo}$$

$$\sigma_3 = \sigma_{sx}(k_0) + \sigma_{dx}(k_a) \quad \text{Condizione asimmetrica sx}$$

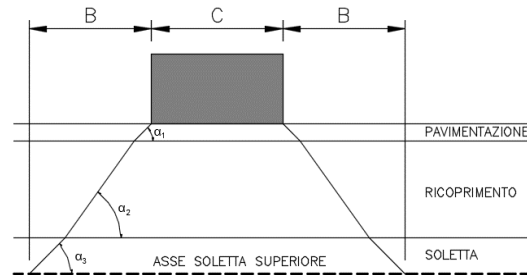
$$\sigma_4 = \sigma_{sx}(k_a) + \sigma_{dx}(k_0) \quad \text{Condizione asimmetrica dx}$$

$$\sigma_t = \text{inviluppo} \{ \sigma_1 ; \sigma_2 ; \sigma_3 ; \sigma_4 \} \quad \text{Inviluppo tensioni litostatiche orizzontali}$$

9.4 Azioni provenienti dai carichi mobili

AZIONI PROVENIENTI DAI CARICHI MOBILI

Si considera una diffusione dei carichi su una striscia di larghezza unitaria fino all'asse medio della soletta superiore dello scatolare, considerando la condizione più sfavorevole in detta striscia.



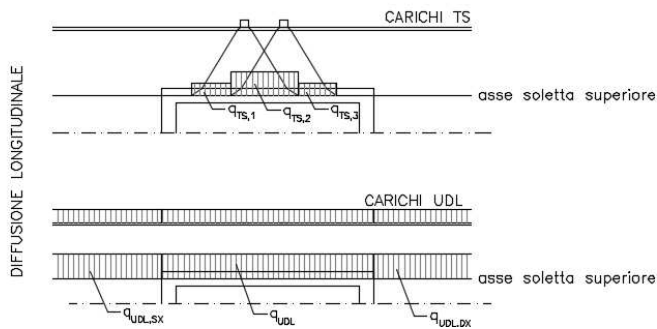
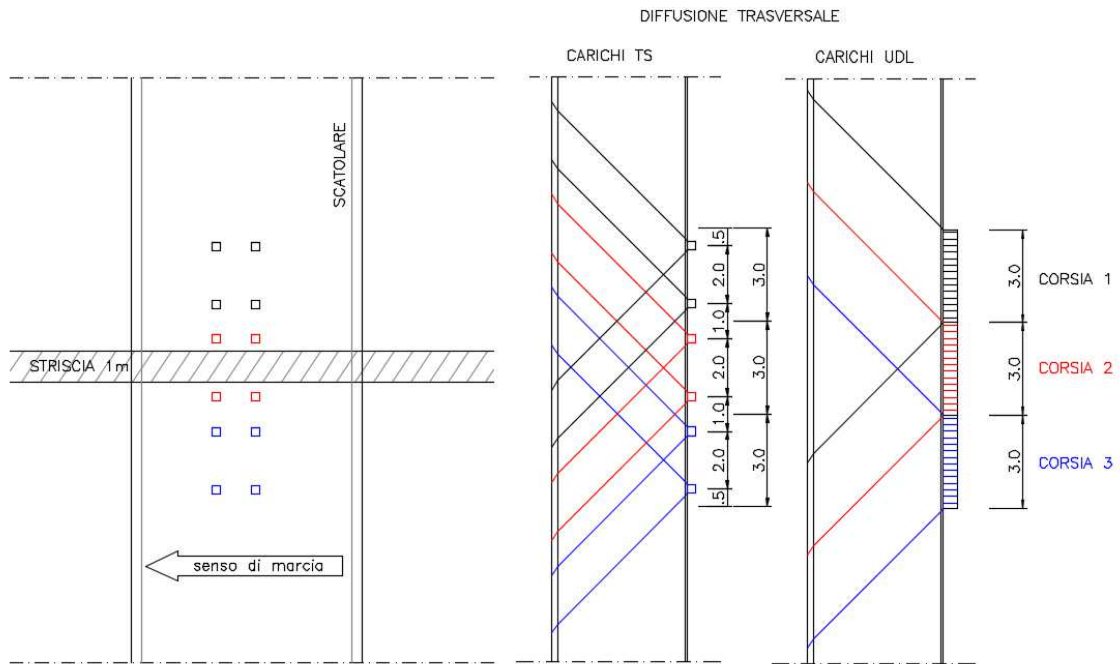
Diffusione

	$H_{dif,j}$ [m]	α [°C]	B_i [m]
Pavimentazione	0.10	45	0.10
Ricoprimento	0.80	30	0.46
spessore soletta superiore	0.25	45	0.25
		B_{dif} [m]	0.81

Schema di carico 1

Larghezza carreggiata		7	[m]
Larghezza corsia	w	3	[m]
Numero corsie	n	2	[]

	UDL [kN/m ²]	TS [kN]
Corsia 1	9	150
Corsia 2	2.5	100
Corsia 3	0	0



Diffusione carico "Uniform Distributed Loads"

Diffusione totale carico trasversale $B_{diff,udl}$ 4.62 [m]

	UDL _{diff} [kN/m ²]
Corsia 1	5.84
Corsia 2	1.62
Corsia 3	0.00

UDL	UDL(1)	UDL(2)	UDL(3)		
Sovrapposizione	5.84	1.62	0.00	1.00	m
1[m] - Sovrapposizione	5.84	1.62	0.00	0.00	m
Carico diffuso in senso longitudinale	q_{UDL}		7.46	[kN/m ²]	

Diffusione carico "TANDEM SYSTEM"

Diffusione totale carico trasversale $B_{diff,TS}$ 2.02 [m]

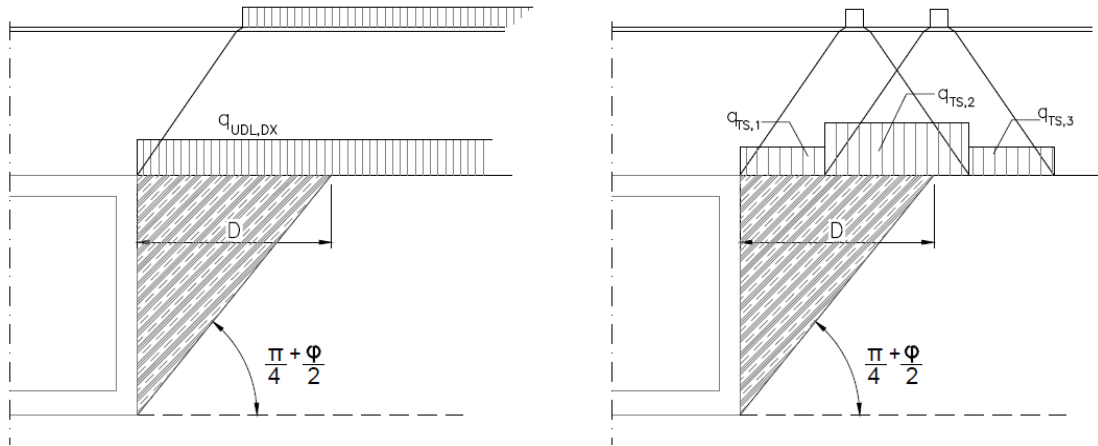
	Impronta		TS _{diff} [kN/m ²]	
Corsia 1	0.4	x	0.4	74.12
Corsia 2	0.4	x	0.4	49.41
Corsia 3	0.4	x	0.4	0.00

	TS(1)	TS(1)	TS(2)	TS(2)	TS(3)	TS(3)			
Sovrapposizione	74.12	74.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	[m]	
1[m] - Sovrapposizione	74.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98	[m]	
Carico Diffuso in senso trasversale							q_{TS}	=	75.88 [kN/m ²]

Carico Diffuso in senso Longitudinale

	q_{TS} [kN/m] B _L [m]	
q_{TS1}	37.49	1.20
q_{TS2}	74.99	0.82
q_{TS3}	37.49	1.20

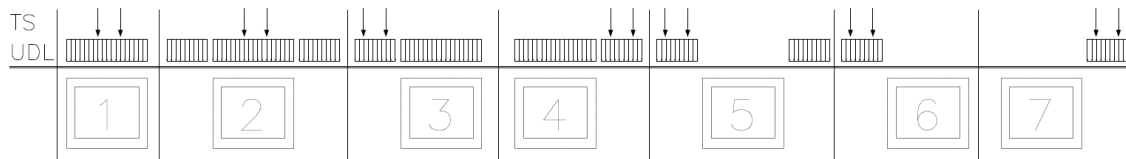
Diffusione carico su piedritti



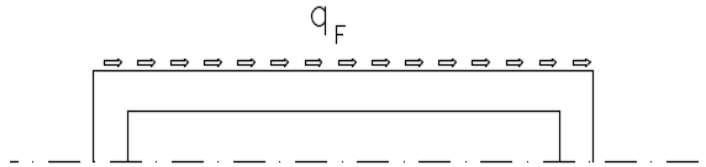
Angolo diffusione		60 °
Altezza piedritto		4.00 [m]
Larghezza di carico incidente su piedritto	D	2.31 [m]
Carico distribuito su piedritto da UDL	q_{UDL}	7.46 [kN/m]
Carico distribuito su piedritto da TS	q_{TS}	50.87 [kN/m]
Carico distribuito su piedritto da variabile	q_{var}	[kN/m]
Carico distribuito su piedritto totale	q_{tot}	58.33 [kN/m]

		M1	M2	SLE	
Tensioni su piedritto da carico UDL	$\sigma_{UDL} = q_{UDL} \times k_0 =$	3.73	4.34	3.73	[kN/m]
Tensioni su piedritto da carico TS	$\sigma_{TS} = q_{TS} \times k_0 =$	25.43	29.55	25.43	[kN/m]
Tensioni su piedritto da carico variabile	$\sigma_{var} = q_{var} \times k_0 =$	0.00	0.00	0.00	[kN/m]

Gli effetti dei carichi mobili sono valutati adottando i seguenti schemi

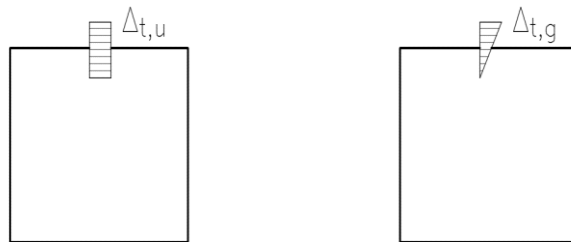


Frenatura NTC2008



Carico concentrato	Q_{1K}	300.0	[kN]
Carico distribuito	Q_{1K}	9.0	[kN/m ²]
Larghezza soletta superiore	L	7.0	[m]
Azione di frenatura	Q_3	378.9	[kN]
Larghezza diffusione	L_{dif}	3	[m]
Azione frenatura distribuita su soletta	$q_{fren} = q_3 / (L \times L_{dif})$	18.0	[kN/m]

9.5 Azioni da variazioni termiche e ritiro



Variazione termica uniforme	Δt_u	15	[°C]
Variazione termica differenziale	Δt_g	5	[°C/m]
Gradiente ritiro (UNI EN 1992-1-1)	Δt_u	8	[°C]

9.6 Azioni sismiche

CARATTERISTICHE SISMICHE

PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

vita nominale	V_N	50	anni
Classe d'uso		IV	
coefficiente d'uso	C_U	2	
periodo di riferimento per l'azione sismica	V_R	100	anni
Stato limite ultimo di salvaguardia della vita SLV			
probabilità di superamento nel periodo di riferimento	P_{VR}	10%	
Periodo di ritorno dell'azione sismica	T_R	949.12	anni

PARAMETRI CHE DEFINISCONO L'AZIONE SISMICA

accelerazione orizzontale massima al sito	a_g	0.589	$[m/s^2]$
coefficiente di amplificazione spettrale massima	F_0	2.880	
periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in T_C^*		0.371	[s]

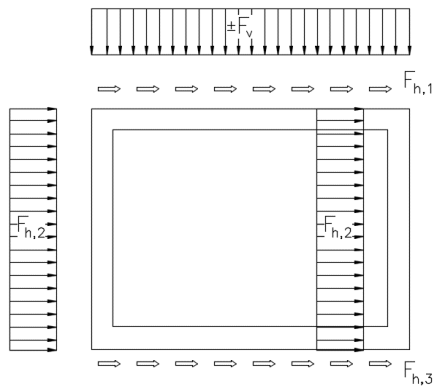
CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI STRATIGRAFICHE

Categoria di sottosuolo		C	
coefficiente di amplificazione stratigrafica	S_S	1.50	
coefficiente di sottosuolo	C_C	1.46	
Categoria topografica		T1	
coefficiente di amplificazione topografica	S_T	1	
$S_S \times S_T$	S	1.50	
coefficiente di smorzamento viscoso	x	5%	
$\sqrt{10/(5+x)}$	h	1	

PARAMETRI DI ANALISI

accelerazione orizzontale massima al sito	a_{max}	0.883	$[m/s^2]$
fattore di struttura	q	1	
coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	β_m	1	
coefficiente sismico orizzontale	k_h	0.090	
coefficiente sismico verticale	k_v	0.045	

FORZE SISMICHE INERZIALI



Forze di inerzia orizzontali

$$F_h = k_h \times W$$

Forze di inerzia verticali

$$F_v = k_v \times W$$

Sisma H

Coefficiente influenza G2

$$\alpha_{G2} = 1 \text{ [-]}$$

Forza orizzontale superiore

$$F_{h1} = (PP_{SS} + \alpha_{G2}) \cdot k_h = 2.67 \text{ [kN/m]}$$

Forza orizzontale piedritti

$$F_{h2} = (PP_{PI}) \cdot k_h = 1.13 \text{ [kN/m]}$$

Forza orizzontale inferiore

$$F_{h3} = (PP_{SI}) \cdot k_h = 1.13 \text{ [kN/m]}$$

Sisma V

Forza verticale superiore

$$F_v = \pm(PP_{SS} \times Q_{G2}) \cdot k_v = 1.34 \text{ [kN/m]}$$

Incremento sismico secondo il metodo di Wood

Spinta del terreno rettangolare

$$\Delta S_E = a_{max}/g \times \gamma_{t2} \times H_{tot} = 6.84 \text{ [kN/m/m]}$$

10 Combinazioni di carico

Combinazione massima spinta terreno

Spinta terreno M1 = Spinta terreno SLE

Spinta Terreno	$\sigma_{R,sx}$	$\sigma_{R,dx}$	$\sigma_{T,sx}$	$\sigma_{T,dx}$	$\sigma_{w,sx}$	$\sigma_{w,dx}$
Spinta Terreno C1	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1
Spinta Terreno C2	0.333	0.333	0.333	0.333	1	1
Spinta Terreno C3	0.5	0.333	0.5	0.333	1	1
Spinta Terreno C4	0.333	0.5	0.333	0.5	1	1

Spinta terreno M2

Spinta Terreno	$\sigma_{R,sx}$	$\sigma_{R,dx}$	$\sigma_{T,sx}$	$\sigma_{T,dx}$	$\sigma_{w,sx}$	$\sigma_{w,dx}$
Spinta Terreno C1	0.581	0.581	0.581	0.581	1	1
Spinta Terreno C2	0.409	0.409	0.409	0.409	1	1
Spinta Terreno C3	0.581	0.581	0.581	0.581	1	1
Spinta Terreno C4	0.409	0.409	0.409	0.409	1	1

I numeri in tabella rappresentano il prodotto tra i coefficienti di spinta e i coefficienti parziali sulle azioni

Combinazione massima Temperatura

Temperatura

Termica	T_u	T_d
Temp C1	1	0
Temp C2	-1	0
Temp C3	0	1
Temp C4	0	-1

Combinazione di verifica

SLU A1-M1	Pesi propri	Permanenti portati	Ritiro	Spinta terreno "M1"	Mobili sinistra "M1"	Mobili centro	Mobili destra "M1"	Frenatura	Temp.
SLU 1	1.35	1.35	1.20	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLU 2	1.35	1.35	1.20	1.35	0.00	1.35	0.00	0.00	0.72
SLU 3	1.35	1.35	1.20	1.35	1.35	1.35	1.35	0.00	0.72
SLU 4	1.35	1.35	1.20	1.35	1.35	1.35	0.00	0.00	0.72
SLU 5	1.35	1.35	1.20	1.35	0.00	1.35	1.35	0.00	0.72
SLU 6	1.35	1.35	1.20	1.35	1.35	0.00	1.35	0.00	0.72
SLU 7	1.35	1.35	1.20	1.35	1.35	0.00	0.00	0.00	0.72
SLU 8	1.35	1.35	1.20	1.35	0.00	0.00	1.35	0.00	0.72

SLU 9	1.35	1.35	1.20	1.35	0.00	1.01	0.00	1.35	0.72
SLU 10	1.35	1.35	1.20	1.35	1.01	1.01	1.01	1.35	0.72
SLU 11	1.35	1.35	1.20	1.35	1.01	1.01	0.00	1.35	0.72
SLU 12	1.35	1.35	1.20	1.35	0.00	1.01	1.01	1.35	0.72
SLU 13	1.35	1.35	1.20	1.35	1.01	0.00	1.01	1.35	0.72
SLU 14	1.35	1.35	1.20	1.35	1.01	0.00	0.00	1.35	0.72
SLU 15	1.35	1.35	1.20	1.35	0.00	0.00	1.01	1.35	0.72
SLU 16	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.35	0.00	0.00	0.72
SLU 17	1.00	1.00	1.00	1.00	1.35	1.35	1.35	0.00	0.72
SLU 18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.35	1.35	0.00	0.00	0.72
SLU 19	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.35	1.35	0.00	0.72
SLU 20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.35	0.00	1.35	0.00	0.72
SLU 21	1.00	1.00	1.00	1.00	1.35	0.00	0.00	0.00	0.72
SLU 22	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.35	0.00	0.72
SLU 23	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.01	0.00	1.35	0.72
SLU 24	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.01	1.35	0.72
SLU 25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	0.00	1.35	0.72
SLU 26	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.01	1.01	1.35	0.72
SLU 27	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	0.00	1.01	1.35	0.72
SLU 28	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	0.00	0.00	1.35	0.72
SLU 29	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.01	1.35	0.72

<i>SLU A2-M2</i>	Pesi propri	Permanenti portati	Ritiro	Spinta terreno "M2"	Mobili sinistra "M2"	Mobili centro	Mobili destra "M2"	Frenatura	Temp.
SLU 30	1.00	1.30	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLU 31	1.00	1.30	1.00	1.00	0.00	1.15	0.00	0.00	0.60
SLU 32	1.00	1.30	1.00	1.00	1.15	1.15	1.15	0.00	0.60
SLU 33	1.00	1.30	1.00	1.00	1.15	1.15	0.00	0.00	0.60
SLU 34	1.00	1.30	1.00	1.00	0.00	1.15	1.15	0.00	0.60
SLU 35	1.00	1.30	1.00	1.00	1.15	0.00	1.15	0.00	0.60
SLU 36	1.00	1.30	1.00	1.00	1.15	0.00	0.00	0.00	0.60
SLU 37	1.00	1.30	1.00	1.00	0.00	0.00	1.15	0.00	0.60
SLU 38	1.00	1.30	1.00	1.00	0.00	0.86	0.00	1.35	0.60
SLU 39	1.00	1.30	1.00	1.00	0.86	0.86	0.86	1.35	0.60
SLU 40	1.00	1.30	1.00	1.00	0.86	0.86	0.00	1.35	0.60
SLU 41	1.00	1.30	1.00	1.00	0.00	0.86	0.86	1.35	0.60
SLU 42	1.00	1.30	1.00	1.00	0.86	0.00	0.86	1.35	0.60
SLU 43	1.00	1.30	1.00	1.00	0.86	0.00	0.00	1.35	0.60
SLU 44	1.00	1.30	1.00	1.00	0.00	0.00	0.86	1.35	0.60
SLU 45	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.15	0.00	0.00	0.60
SLU 46	1.00	1.00	1.00	1.00	1.15	1.15	1.15	0.00	0.60
SLU 47	1.00	1.00	1.00	1.00	1.15	1.15	0.00	0.00	0.60
SLU 48	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.15	1.15	0.00	0.60
SLU 49	1.00	1.00	1.00	1.00	1.15	0.00	1.15	0.00	0.60
SLU 50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.15	0.00	0.00	0.00	0.60
SLU 51	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.15	0.00	0.60
SLU 52	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.86	0.00	1.35	0.60

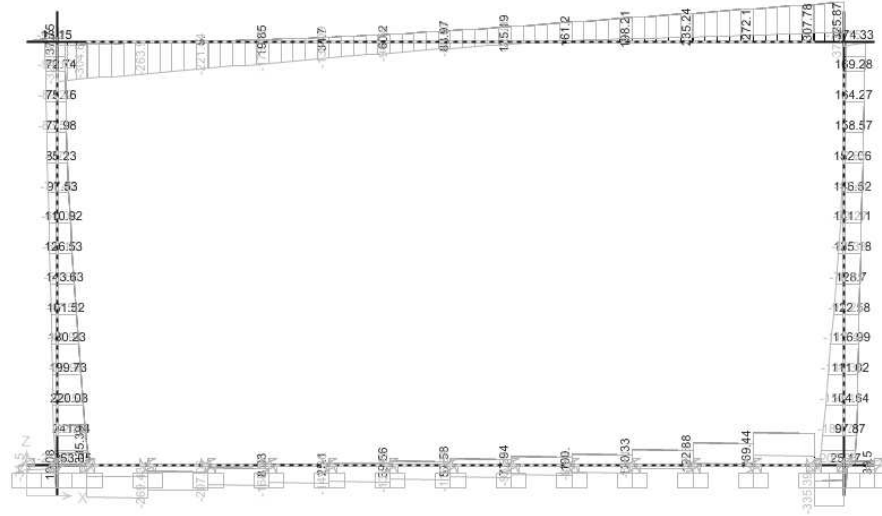
SLU 53	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	0.86	0.86	1.35	0.60
SLU 54	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	0.86	0.00	1.35	0.60
SLU 55	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.86	0.86	1.35	0.60
SLU 56	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	0.00	0.86	1.35	0.60
SLU 57	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	0.00	0.00	1.35	0.60
SLU 58	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.86	1.35	0.60

<i>SISMICA/M2</i>	Pesi propri	Permanenti portati	Ritiro	Spinta terreno	Mobili sinistra	Mobili centro	Mobili destra	Frenatura	Temp.	Sisma orizzontale	Sisma verticale
SLU 59	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	0.30
SLU 60	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	-0.30

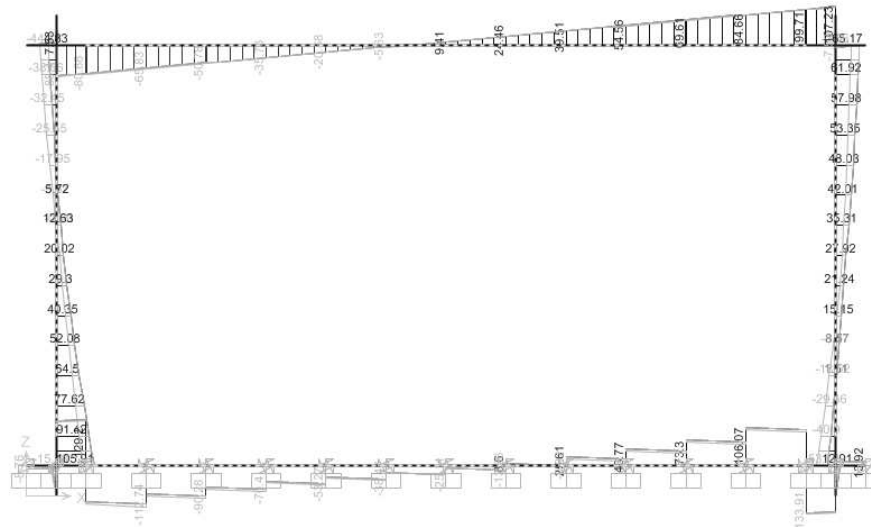
<i>FREQ</i>	Pesi propri	Permanenti portati	Ritiro	Spinta terreno	Mobili sinistra	Mobili centro	Mobili destra	Frenatura	Temp.
SLE 1	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.75	0.00	0.00	0.50
SLE 2	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.75	0.75	0.00	0.50
SLE 3	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.50
SLE 4	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.50
SLE 5	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.00	0.75	0.00	0.50
SLE 6	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.00	0.00	0.00	0.50
SLE 7	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.75	0.00	0.50
SLE 8	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60

<i>QUASI PERMANENTE</i>	Pesi propri	Permanenti portati	Ritiro	Spinta terreno	Mobili sinistra	Mobili centro	Mobili destra	Frenatura	distorsioni
SLE 9	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50

Shear Force 2-2 Diagram (SLU_INVILUPPO_M1)

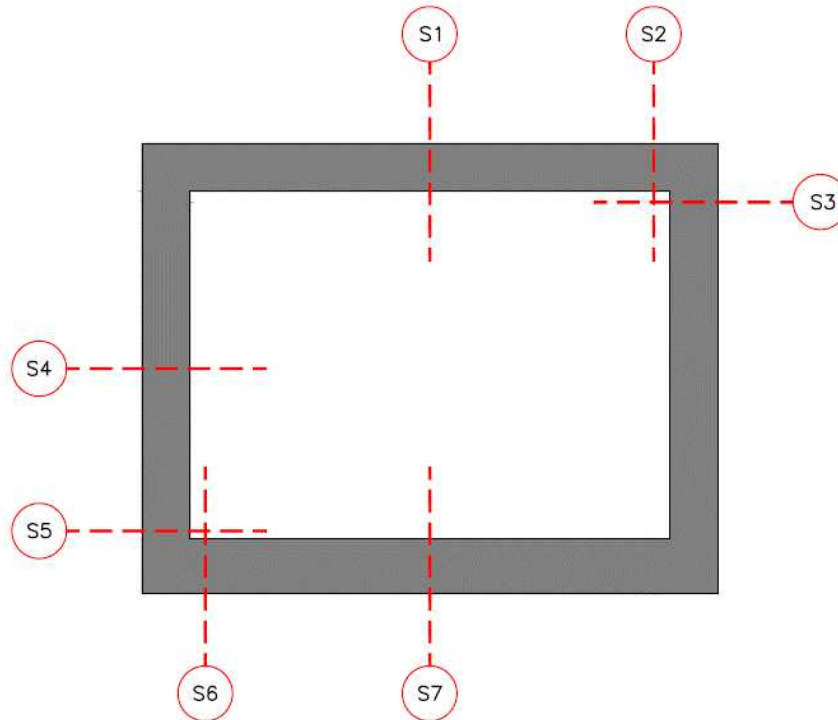


Shear Force 2-2 Diagram (SLU_SISMICA)



11.3 Sezioni di verifica

Sezioni di verifica



Sollecitazioni

Sollecitazioni SLE-FREQ				
	Comb	M _{ed} [kNm]	N _{ed} [kN]	V _{ed} [kN]
S1 (M _{max})	SLE 1	176.2	-25.3	27.4
S2 (M _{min})	SLE 2	-148.0	-71.3	-189.5
S2 (M _{max})	SLE 6	-21.2	-53.1	-77.5
S3 (M _{max})	SLE 1	-174.3	-222.4	20.8
S3 (N _{min})	SLE 7	-31.5	-98.6	57.4
S4 (M _{max})	SLE 1	121.8	-148.0	4.3
S4 (M _{min})	SLE 7	-34.7	-117.4	-27.3
S4 (N _{min})	SLE 7	-12.8	-117.4	-16.4
S5 (M _{max})	SLE 3	140.2	-155.7	123.6
S5 (N _{min})	SLU 53	39.2	-217.8	61.7
S6 (M _{max})	SLE 3	34.7	-36.8	109.7
S7 (M _{max})	SLE 1	-133.3	-88.6	1.4

Sollecitazioni SLU-QP			
Comb	M _{ed} [kNm]	N _{ed} [kN]	V _{ed} [kN]
SLE 9	82.3	-28.3	0.0
SLE 9	-83.6	-51.6	-89.1
SLE 9	-51.3	-28.3	-89.1
SLE 9	-94.4	-110.2	23.8
SLE 9	60.4	-128.9	1.3
SLE 9	38.4	-128.9	-9.5
SLE 9	88.0	-147.7	60.8
SLE 9	73.0	-52.1	101.9
SLE 9	-87.7	-85.7	8.6

Sollecitazioni SLU-A1M1

	Comb	M _{ed} [kNm]	N _{ed} [kN]	V _{ed} [kN]
S1 (M _{max})	SLU 2	284.5	-23.6	53.1
S1 (T _{max})	SLU 9	242.2	-24.9	89.0
S2 (M _{min})	SLU 10	-351.4	-159.2	186.6
S2 (M _{max})	SLU 28	142.8	24.0	-24.7
S2 (T _{max})	SLU 9	-210.6	-98.0	307.8
S3 (M _{max})	SLU 9	-382.4	-352.2	105.2
S3 (N _{min})	SLU 28	-68.2	-45.8	54.6
S3 (T _{max})	SLU 13	-248.5	-204.8	169.3
S4 (M _{max})	SLU 2	198.9	-204.6	16.4
S4 (M _{min})	SLU 22	-27.7	-113.9	-49.7
S4 (N _{min})	SLU 28	30.3	-64.5	124.9
S4 (T _{max})	SLU 11	-80.2	-258.3	135.2
S5 (M _{max})	SLU 10	322.5	-173.2	176.5
S5 (N _{min})	SLU 28	271.0	-83.3	221.3
S5 (T _{max})	SLU 14	303.8	-134.0	241.1
S6 (M _{max})	SLU 11	332.2	-194.1	-164.9
S6 (T _{max})	SLU 3	167.7	-38.819	261
S7 (M _{max})	SLU 9	-243.4	-63.1	22.7
S7 (T _{max})	SLU 28	-87.2	-96.0	-90.9

Sollecitazioni SLU-A2M2

	Comb	M _{ed} [kNm]	N _{ed} [kN]	V _{ed} [kN]
SLU 31		242.8	-23.9	42.0
SLU 38		206.8	-25.1	79.7
SLU 39		-314.5	-149.5	171.5
SLU 57		130.7	17.2	-27.7
SLU 38		-211.4	-98.1	268.2
SLU 38		-337.2	-305.5	105.8
SLU 57		-79.6	-48.8	48.5
SLU 42		-249.1	-188.0	163.0
SLU 31		167.2	-176.3	5.7
SLU 49		-2.4	-113.5	24.4
SLU 57		24.7	-67.5	117.4
SLU 40		-68.4	-231.0	127.0
SLU 40		279.9	-126.8	218.1
SLU 57		258.3	-86.2	220.7
SLU 57		258.3	-86.2	220.7
SLU 40		296.8	-191.0	-142.1
SLU 32		126.7	-39.7	217.7
SLU 38		-210.9	-46.5	15.0
SLU 1		-113.2	-94.5	3.8

Sollecitazioni SLU-SISMICA

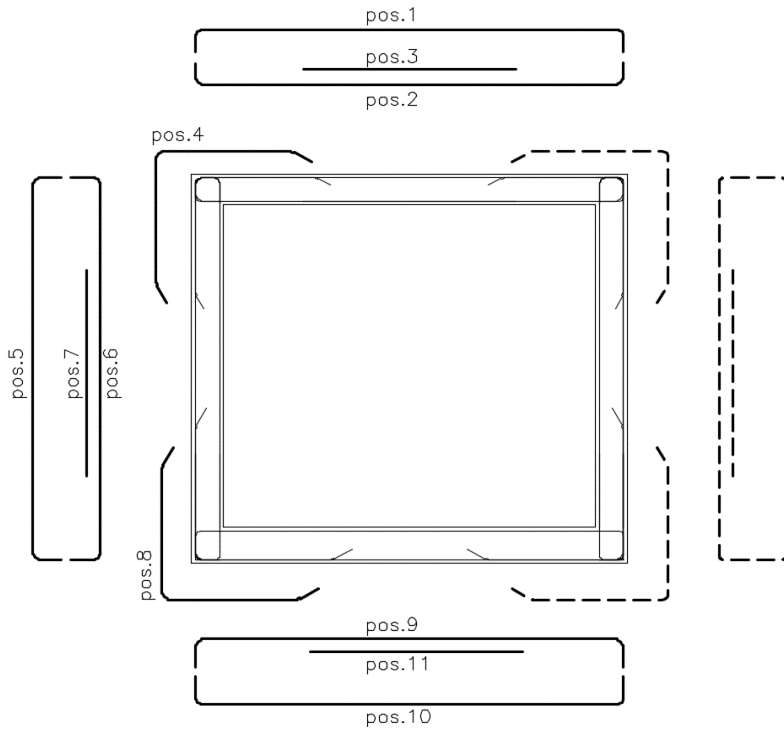
	Comb	M _{ed} [kNm]	N _{ed} [kN]	V _{ed} [kN]
S1 (M _{max})	SLU 59	82.1	-35.1	9.4
S1 (T _{max})	SLU 59	82.1	-35.1	9.4
S2 (M _{min})	SLU 59	-113.8	-66.4	99.7
S2 (M _{max})	SLU 60	-80.1	-42.9	97.3
S2 (T _{max})	SLU 59	-81.5	-43.1	99.7
S3 (M _{max})	SLU 59	-123.1	-121.0	40.5
S3 (N _{min})	SLU 60	65.7	-99.4	-17.0
S3 (T _{max})	SLU 59	-96.3	-121.0	61.9
S4 (M _{max})	SLU 59	-40.8	-139.8	27.9
S4 (M _{min})	SLU 60	-61.0	-136.9	16.9
S4 (N _{min})	SLU 60	50.7	-118.1	20.0
S4 (T _{max})	SLU 59	-40.8	-139.8	27.9
S5 (M _{max})	SLU 59	116.8	-139.7	91.2
S5 (N _{min})	SLU 60	115.3	-136.9	91.4
S5 (T _{max})	SLU 60	115.3	-136.9	91.4
S6 (M _{max})	SLU 59	109.1	-80.3	-101.9
S6 (T _{max})	SLU 59	86.094	-114.39	-106.5
S7 (M _{max})	SLU 59	-92.6	-86.4	5.7
S7 (T _{max})	SLU 60	-86.1	-90.5	-6.8

Sollecitazioni SLU

	Comb	M _{ed} [kNm]	N _{ed} [kN]	V _{ed} [kN]
SLU 2		284.5	-23.6	53.1
SLU 9		242.2	-24.9	89.0
SLU 10		-351.4	-159.2	186.6
SLU 28		142.8	24.0	-24.7
SLU 9		-210.6	-98.0	307.8
SLU 9		-382.4	-352.2	105.2
SLU 60		65.7	-99.4	-17.0
SLU 13		-248.5	-204.8	169.3
SLU 2		198.9	-204.6	16.4
SLU 60		-61.0	-136.9	16.9
SLU 60		50.7	-118.1	20.0
SLU 11		-80.2	-258.3	135.2
SLU 10		322.5	-173.2	176.5
SLU 60		115.3	-136.9	91.4
SLU 14		303.8	-134.0	241.1
SLU 11		332.2	-194.1	-164.9
SLU 3		167.7	-38.8	261.0
SLU 9		-243.4	-63.1	22.7
SLU 28		-87.2	-96.0	-90.9

12 Verifiche

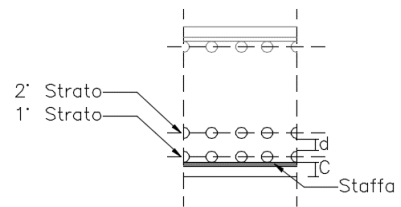
Schema armature



	Copriferro C[mm]	Staffa ϕ [mm]	d[mm]
Soletta superiore	40	10	20
Soletta inferiore	40	10	20
Piedritti	40	10	20

Armatura

pos	Strato 1		+	Strato 2		in 2°strato
	n°/ml	ϕ [mm]		n°/ml	ϕ [mm]	
1	5	20	+	0	0	NO
2	5	20	+	0	0	NO
3	2.5	16	+	0	0	NO
4	2.5	20	+	0	0	NO
5	5	20	+	0	0	NO
6	5	20	+	0	0	NO
7	0	0	+	0	0	NO
8	2.5	16	+	0	0	NO
9	5	20	+	0	0	NO
10	5	20	+	0	0	NO
11	2.5	16	+	0	0	NO



SLU - Verifica a pressoflessione

b_w	Larghezza sezione
h_{sez}	Altezza sezione
$A'_{s,tesa}$	Area armatura tesa
d	Altezza utile sezione
$A'_{s,comp}$	Area armatura compressa
N_{ed}	Sforzo normale
M_{ed}	Momento flettente
M_{rd}	Momento Resistente

	b_w	h_{sez}	$A'_{s,tesa}$	d	$A'_{s,comp}$	N_{ed}	M_{ed}	M_{rd}	M_{ed}/M_{rd}	
	[mm]	[mm]	[mm ²]	[mm]	[mm ²]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[-]	
S1 (Mmax)	1000	500	2073.5	440.5	1570.8	0.0	284.5	336.7	0.84	Verifica Soddisfatta
S2 (Mmin)	1000	500	2356.2	440.0	1570.8	0.0	351.4	378.8	0.93	Verifica Soddisfatta
S2 (Mmax)	1000	500	1570.8	440.0	1570.8	0.0	142.8	260.7	0.55	Verifica Soddisfatta
S3 (Mmax)	1000	500	2356.2	440.0	1570.8	352.2	382.4	446.0	0.86	Verifica Soddisfatta
S3 (Nmin)	1000	500	2356.2	440.0	1570.8	99.4	65.7	397.9	0.17	Verifica Soddisfatta
S4 (Mmax)	1000	500	1570.8	440.0	1570.8	204.6	198.9	300.5	0.66	Verifica Soddisfatta
S4 (Mmin)	1000	500	1570.8	440.0	1570.8	136.9	61.0	287.4	0.21	Verifica Soddisfatta
S4 (Nmin)	1000	500	1570.8	440.0	1570.8	118.1	50.7	283.7	0.18	Verifica Soddisfatta
S5 (Mmax)	1000	500	2073.5	440.5	1570.8	173.2	322.5	370.2	0.87	Verifica Soddisfatta
S5 (Nmin)	1000	500	2073.5	440.5	1570.8	136.9	115.3	363.2	0.32	Verifica Soddisfatta
S6 (Mmax)	1000	500	2073.5	440.5	1570.8	0.0	332.2	336.7	0.99	Verifica Soddisfatta
S7 (Mmax)	1000	500	2073.5	440.5	1570.8	0.0	243.4	336.7	0.72	Verifica Soddisfatta

SLU - Verifica a Taglio

ρ_l	Rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	$1+(200/d)^{1/2} \leq 2$
v_{min}	$0.035k^{3/2}f_{ck}$
σ_{cp}	Tensione media di compressione nella sezione
f_{ck}	Resistenza caratteristica cilindrica
f_{cd}	Resistenza di calcolo a compressione
f'_{cd}	Resistenza a compressione del cls ridotta
f_{yd}	Resistenza di progetto acciaio
$n^\circ\phi$	Numero armature trasversali
ϕ_d	Diametro armature trasversali
s	Interasse armature trasversali
A_{sw}	Area dell'armatura trasversale
α	Angolo di inclinazione armatura trasversale rispetto asse trave
α_c	Coefficiente maggiorativo in elementi compressi
θ	Angolo di inclinazione puntone compresso rispetto asse trave
v_1	Coefficiente di riduzione resistenza a compressione cls
V_{Rsd}	Resistenza a taglio trazione
V_{Rcd}	Resistenza a taglio compressione
V_{ed}	Sfondo di taglio
V_{rd}	Resistenza a taglio

Senza elementi trasversali resistenti a taglio

	ρ_l	k	v_{min} [MPa]	σ_{cp} [MPa]	f_{ck} [MPa]	f_{cd} [MPa]	V_{ed} [kN]	V_{rd} [kN]	V_{ed}/V_{rd} [-]	
S1 (Tmax)	0.0	1.7	0.4	0.0	29.1	16.5	89.0	211.6	0.42	Verifica Soddisfatta
S2 (Tmax)	0.0	1.7	0.4	0.0	29.1	16.5	307.8	220.7	1.39	Inserire Armatura a Taglio
S3 (Tmax)	0.0	1.7	0.4	0.7	29.1	16.5	169.3	267.2	0.63	Verifica Soddisfatta
S4 (Tmax)	0.0	1.7	0.4	0.4	29.1	16.5	135.2	219.8	0.62	Verifica Soddisfatta
S5 (Tmax)	0.0	1.7	0.4	0.3	29.1	16.5	241.1	234.5	1.03	Inserire Armatura a Taglio
S6 (Tmax)	0.0	1.7	0.4	0.0	29.1	16.5	261.0	211.6	1.23	Inserire Armatura a Taglio
S7 (Tmax)	0.0	1.7	0.4	0.0	29.1	16.5	90.9	211.6	0.43	Verifica Soddisfatta

Con elementi trasversali resistenti a taglio

	$n^\circ\phi$ [-]	ϕ_d [mm]	s [mm]	A_{sw} [mm ²]	α [°]	α_c [-]	v_1 [-]	f'_{cd} [MPa]	f_{yd} [MPa]	θ [°]	$\cot\theta$ [-]
S2 (Tmax)	2.5	10	200	196.35	90.00	1.00	0.50	8.23	391.30	12.48	2.50
S5 (Tmax)	2.5	10	200	196.35	90.00	1.02	0.50	8.23	391.30	12.48	2.50
S6 (Tmax)	2.5	10	200	196.35	90.00	1.00	0.50	8.23	391.30	12.48	2.50

	V_{Rsd}	V_{Rcd}	V_{ed} [kN]	V_{rd} [kN]	V_{ed}/V_{rd} [-]	
S2 (Tmax)	380.3	1123.9	307.8	380.3	0.81	Verifica Soddisfatta
S5 (Tmax)	380.7	1148.8	241.1	380.7	0.63	Verifica Soddisfatta
S6 (Tmax)	380.7	1125.2	261.0	380.7	0.69	Verifica Soddisfatta

SLE - Verifica a fessurazione limite

c	Ricoprimento armatura
s	Interasse barre tese
ϕ_{eq}	Diametro equivalente barre tese
k_1	Coefficiente di aderenza del cls alla barra
k_2	Coefficiente di forma del diagramma delle tensioni
k_3	3.4
k_4	0.425
A_s	Area della sezione di acciaio nell'area $A_{c,eff}$
$h_{c,eff}$	Altezza efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura
$A_{c,eff}$	Area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura
ρ_{eff}	$A_s/A_{c,eff}$
$\Delta_{s,max}$	distanza media tra le fessure
σ_s	Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata
α_e	rapporto E_s/E_{cm}
k_t	Fattore dipendente dalla durata del carico
ϵ_{eq}	Deformazione unitaria media delle barre d'armatura
N	Sforzo normale
M	Momento flettente
w_d	Valore di calcolo dell'apertura delle fessure
w_{max}	Valore limite di apertura delle fessure

Criteria

Condizioni Ambientali	Ordinarie
Armatura	Poco Sensibile

Stato limite di verifica

Combinazione frequente :	<i>Stato limite di apertura delle fessure</i>	w3	0.4	[mm]
Combinazione quasi permanente :	<i>Stato limite di apertura delle fessure</i>	w2	0.3	[mm]

SLE - Verifica a fessurazione (Stato limite di apertura delle fessure) - Combinazione Frequente

	c	s	ϕ_{eq}	k_1	k_2	k_3	k_4	A_s	$h_{c,eff}$	$A_{c,eff}$	ρ_{eff}	$\Delta_{s,max}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm]	[mm ²]	[-]	[mm]
S1 (Mmax)	40	200	18.222	0.8	0.5	3.4	0.425	2073.5	124.2	124159	0.02	321
S2 (Mmin)	40	200	20	0.8	0.5	3.4	0.425	2356.2	121.8	121839	0.02	312
S2 (Mmax)	40	200	20	0.8	0.5	3.4	0.425	1570.8	128.9	128851	0.01	415
S3 (Mmax)	40	200	20	0.8	0.5	3.4	0.425	2356.2	121.2	121151	0.02	311
S3 (Nmin)	40	200	20	0.8	0.5	3.4	0.425	2356.2	117.5	117453	0.02	305
S4 (Mmax)	40	200	20	0.8	0.5	3.4	0.425	1570.8	128.3	128259	0.01	414
S4 (Mmin)	40	200	20	0.8	0.5	3.4	0.425	1570.8	123.5	123456	0.01	403
S4 (Nmin)	40	200	20	0.8	0.5	3.4	0.425	1570.8	91.6	91579	0.02	334
S5 (Mmax)	40	200	18.222	0.8	0.5	3.4	0.425	2073.5	123.6	123642	0.02	321
S5 (Nmin)	40	200	18.222	0.8	0.5	3.4	0.425	2073.5	109.0	109038	0.02	299
S6 (Mmax)	40	200	18.222	0.8	0.5	3.4	0.425	2073.5	124.2	124159	0.02	321
S7 (Mmax)	40	200	18.222	0.8	0.5	3.4	0.425	2073.5	124.2	124159	0.02	321

	$0.6 s_s / E_t$	σ_s	α_e	k_t	ϵ_{eq}
	[-]	[MPa]	[-]	[-]	[-]
S1 (Mmax)	0.0006	215.0	6.32	0.6	0.0006
S2 (Mmin)	0.0005	159.9	6.32	0.6	0.0005
S2 (Mmax)	1E-04	33.9	6.32	0.6	1E-04
S3 (Mmax)	0.0004	144.8	6.32	0.6	0.0004
S3 (Nmin)	5E-05	16.1	6.32	0.6	5E-05
S4 (Mmax)	0.0004	149.7	6.32	0.6	0.0004
S4 (Mmin)	0.0	22.5	6.32	0.6	7E-05
S4 (Nmin)	-3E-07	0.1	6.32	0.6	-3E-07
S5 (Mmax)	0.0004	136.0	6.32	0.6	0.0004
S5 (Nmin)	3E-05	8.6	6.32	0.6	3E-05
S6 (Mmax)	0.0001	42.3	6.32	0.6	0.0001
S7 (Mmax)	0.0005	162.6	6.32	0.6	0.0005

Combinazione: Frequente

	N_{ed}	M_{ed}	w_d	w_{max}	w_d/w_{max}	
	[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[-]	
S1 (Mmax)	0.0	176.2	0.20	0.4	0.50	Verifica Soddisfatta
S2 (Mmin)	0.0	148.0	0.15	0.4	0.36	Verifica Soddisfatta
S2 (Mmax)	0.0	21.2	0.04	0.4	0.10	Verifica Soddisfatta
S3 (Mmax)	222.4	174.3	0.13	0.4	0.33	Verifica Soddisfatta
S3 (Nmin)	98.6	31.5	0.01	0.4	0.04	Verifica Soddisfatta
S4 (Mmax)	148.0	121.8	0.18	0.4	0.45	Verifica Soddisfatta
S4 (Mmin)	117.4	34.7	0.03	0.4	0.07	Verifica Soddisfatta
S4 (Nmin)	117.4	12.8	0.00	0.4	0.00	Verifica Soddisfatta
S5 (Mmax)	155.7	140.2	0.13	0.4	0.32	Verifica Soddisfatta
S5 (Nmin)	217.8	39.2	0.01	0.4	0.02	Verifica Soddisfatta
S6 (Mmax)	0.0	34.7	0.04	0.4	0.10	Verifica Soddisfatta
S7 (Mmax)	0.0	133.3	0.15	0.4	0.38	Verifica Soddisfatta

SLE - Verifica a fessurazione (Stato limite di apertura delle fessure) - Combinazione Quasi Permanente

	c	s	ϕ_{eq}	k_1	k_2	k_3	k_4	A_s	$h_{c,eff}$	$A_{c,eff}$	ρ_{eff}	$\Delta_{s,max}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm]	[mm ²]	[-]	[mm]
S1 (Mmax)	40	200	18.222	0.8	0.5	3.4	0.425	2073.5	124.16	124159	0.02	321.5
S2 (Mmin)	40	200	20	0.8	0.5	3.4	0.425	2356.2	121.84	121839	0.02	311.8
S2 (Mmax)	40	200	20	0.8	0.5	3.4	0.425	1570.8	128.85	128851	0.01	414.9
S3 (Mmax)	40	200	20	0.8	0.5	3.4	0.425	2356.2	121.15	121151	0.02	310.8
S4 (Mmax)	40	200	20	0.8	0.5	3.4	0.425	1570.8	128.26	128259	0.01	413.6
S4 (Mmin)	40	200	20	0.8	0.5	3.4	0.425	1570.8	123.46	123456	0.01	403.2
S5 (Mmax)	40	200	18.222	0.8	0.5	3.4	0.425	2073.5	123.64	123642	0.02	320.7
S6 (Mmax)	40	200	18.222	0.8	0.5	3.4	0.425	2073.5	124.16	124159	0.02	321.5
S7 (Mmax)	40	200	18.222	0.8	0.5	3.4	0.425	2073.5	124.16	124159	0.02	321.5

	$0.6 s_s / E_s$	σ_s	α_e	k_t	ϵ_{eq}
	[-]	[MPa]	[-]	[-]	[-]
S1 (Mmax)	0.0003	100.4	6.32	0.6	0.0003
S2 (Mmin)	0.0003	90.3	6.32	0.6	0.0003
S2 (Mmax)	0.0002	82.0	6.32	0.6	0.0002
S3 (Mmax)	0.0002	80.4	6.32	0.6	0.0002
S4 (Mmax)	0.0002	58.3	6.32	0.6	0.0002
S4 (Mmin)	7E-05	25.2	6.32	0.6	7E-05
S5 (Mmax)	0.0002	74.6	6.32	0.6	0.0002
S6 (Mmax)	0.0003	89.1	6.32	0.6	0.0003
S7 (Mmax)	0.0003	107.0	6.32	0.6	0.0003

Combinazione: Quasi permanente

	N_{ed}	M_{ed}	w_d	w_{max}	w_d/w_{max}	
	[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[-]	
S1 (Mmax)	0.0	82.3	0.09	0.3	0.31	Verifica Soddisfatta
S2 (Mmin)	0.0	83.6	0.08	0.3	0.27	Verifica Soddisfatta
S2 (Mmax)	0.0	51.3	0.10	0.3	0.33	Verifica Soddisfatta
S3 (Mmax)	110.2	94.4	0.07	0.3	0.24	Verifica Soddisfatta
S4 (Mmax)	128.9	60.4	0.07	0.3	0.23	Verifica Soddisfatta
S4 (Mmin)	128.9	38.4	0.03	0.3	0.10	Verifica Soddisfatta
S5 (Mmax)	147.7	88.0	0.07	0.3	0.23	Verifica Soddisfatta
S6 (Mmax)	0.0	73.0	0.08	0.3	0.28	Verifica Soddisfatta
S7 (Mmax)	0.0	87.7	0.10	0.3	0.33	Verifica Soddisfatta

13 Muri laterali

13.1 Geometria

I muri laterali hanno un'altezza variabile tra 1.80 e 4.40 m e spessore costante di 60 cm, con fondazione di spessore pari a 70 cm.

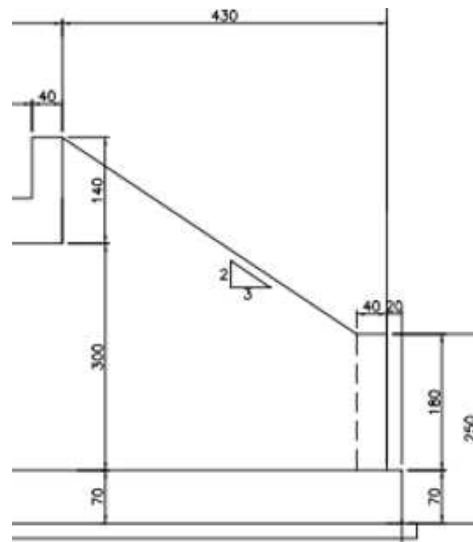


Figura 6: Prospetto Longitudinale Muro

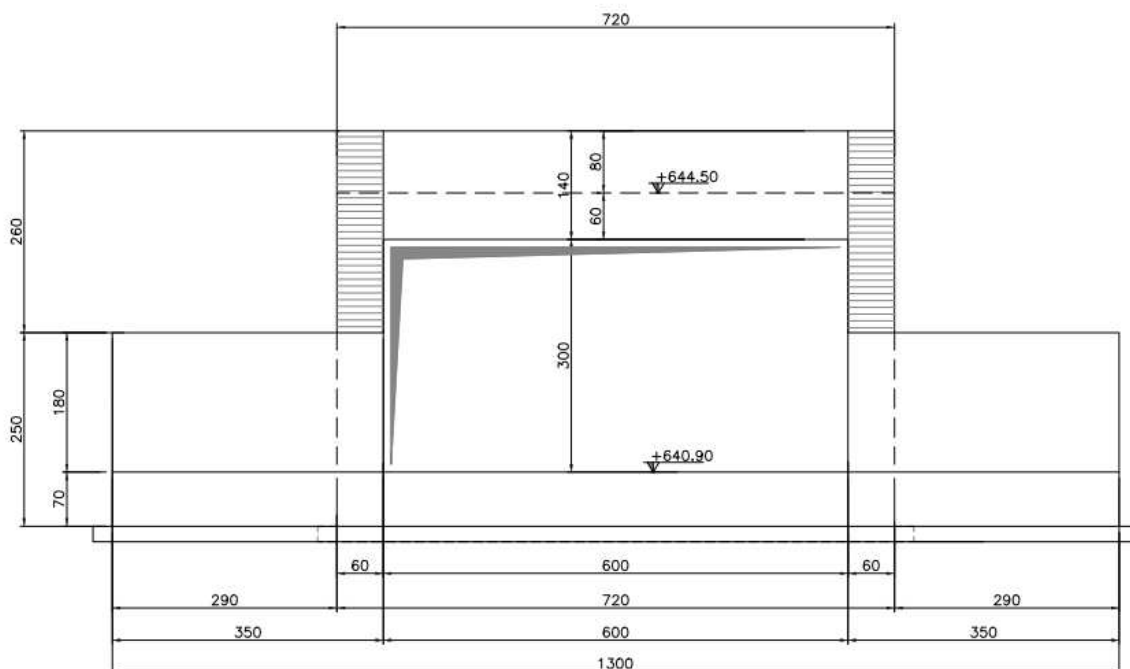
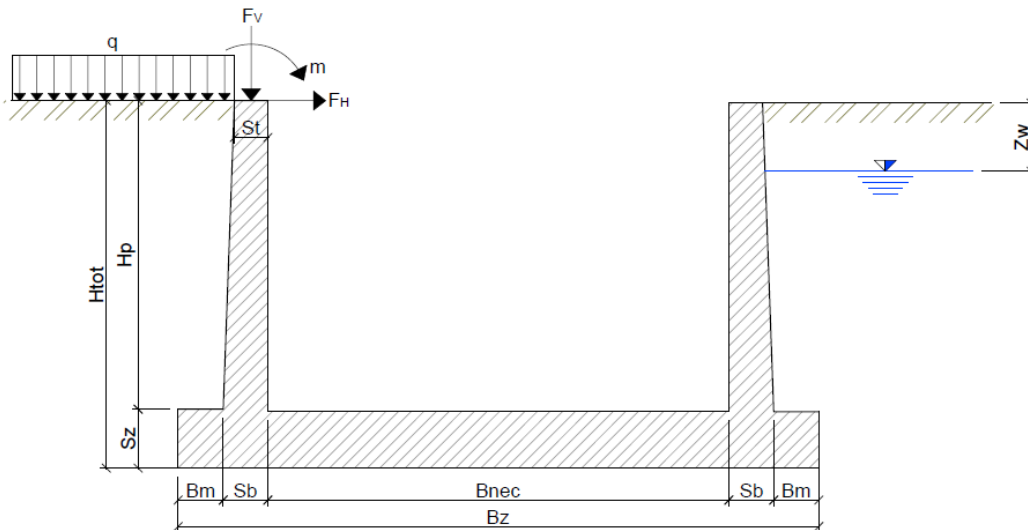


Figura 7: Sezione Trasversale Muro

13.2 Schema di calcolo

Dati generali struttura

Altezza parete (da estradosso zattera)	H_p	[m]	4.40
Spessore in testa parete	S_t	[m]	0.60
Spessore base parete (quota estradosso zattera)	S_b	[m]	0.60
Larghezza totale zattera	B_z	[m]	7.20
Larghezza mensole di fondazione	B_m	[m]	0.00
Larghezza netta muro ad U	B_{nec}	[m]	6.00
Spessore zattera	S_z	[m]	0.70
Altezza totale muro ad U	H_{tot}	[m]	5.10
Profondità falda da piano campagna	Z_w	[m]	5.10



Dati geotecnici terrapieno

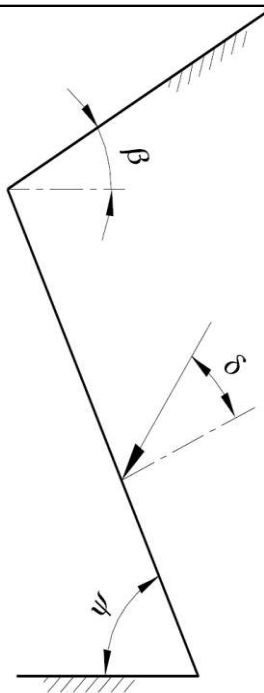
peso unità di volume del terrapieno	g	[kN/m ³]	19
peso unità di volume del terrapieno secco	g_d	[kN/m ³]	19
peso unità di volume del terrapieno immerso	g'	[kN/m ³]	9
angolo di attrito del terrapieno M1	j'	[deg]	30
angolo di attrito terreno-parete M1	d	[deg]	0
angolo di attrito del terrapieno M2	j'_{M2}		24.8
angolo di attrito terreno-parete M2	d_{M2}		0.0
Coefficiente di spinta del terreno M1	Riposo	K0	0.50
Coefficiente di spinta del terreno M2	Riposo	K0	0.58

Carichi esterni sul terrapieno

Pressione uniforme permanente su terrapieno	q_p	[kN/m/m]	
Pressione uniforme variabile su terrapieno	q_v	[kN/m/m]	10

Dati sismici

Latitudine del sito			
Longitudine del sito			
vita nominale	V_N	[anni]	50
coefficiente di uso	C_u		2
periodo di riferimento per l'azione sismica	V_R	[anni]	100
accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento su suolo rigido tipo A	a_g	[m/s ²]	0.59
valore massimo del fattore di amplificazione spettrale	F_D		2.88
periodo di inizio del tratto a velocità costante	T_c^*	[s]	0.371
Categoria di sottosuolo			C
coeff. amplificazione stratigrafica	S_S		1.5
coeff. amplificazione topografica	S_T		1
coeff. di suolo e topografia	S		1.500
accelerazione orizzontale massima attesa al sito	a_{MAX}	[m/s ²]	0.883
coefficiente riduzione accelerazione al sito	b_m		1



	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_m	β_m
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,31	0,31
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,29	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,18

Livello di falda al di sotto del muro			1
Peso specifico "sismico" del terreno	g^*	[kN/m ³]	19
coefficiente sismico orizzontale	$k_h =$		0.09
coefficiente sismico verticale	$k_v =$		0.05
	$q + =$	[deg]	4.9
	$q - =$	[deg]	5.4
angolo di inclinazione, rispetto all'orizzontale, della parete del muro rivolta a monte	$y =$	[deg]	90
angolo di inclinazione, rispetto all'orizzontale, della superficie del terrapieno	$b =$	[deg]	0
coefficiente di spinta sismica M2	K		0.48

CALCOLO AZIONI

Forze positive se verso il basso e verso valle; coppie positive se tendono le fibre di monte.

I momenti sono riportati alla sezione di incastro del muro con la fondazione.

Azioni statiche verticali dovute alla struttura

Spessore medio	S_{av}	[m]	0.60
Peso muro quota estradosso fondazione	P_M	[kN/m]	66.0

Azioni statiche verticali esterne

Forza verticale permanente su testa muro	$F_{V,P}$	[kN/m]	0.0
Forza verticale variabile su testa muro	$F_{V,V}$	[kN/m]	0.0

Azioni statiche orizzontali esterne

Forza orizzontale permanente su testa muro	$F_{H,P}$	[kN/m]	0.0
Momento della forza		[kNm/m]	0.0
Forza orizzontale variabile su testa muro	$F_{H,V}$	[kN/m]	0.0
Momento della forza		[kNm/m]	0.0

Coppie statiche esterne

Coppia permanente su testa muro	m,P	[kNm/m]	0.0
Coppia variabile su testa muro	m,V	[kNm/m]	0.0

Azioni statiche orizzontali dal terrapieno

Spinta orizzontale del terrapieno M1	$S_{H,T,M1}$	[kN/m]	92.0
Momento della forza		[kNm/m]	134.9
Spinta orizzontale del terrapieno M2	$S_{H,T,M2}$	[kN/m]	106.8
Momento della forza		[kNm/m]	156.6

Azioni statiche orizzontali dai sovraccarichi sul terrapieno

Spinta orizzontale sovraccarico permanente sul terrapieno M1	$S_{H,q,per, M1}$	[kN/m]	0.0
Momento della forza		[kNm/m]	0.0
Spinta orizzontale sovraccarico variabile sul terrapieno M1	$S_{H,q,var, M1}$	[kN/m]	22.0
Momento della forza		[kNm/m]	48.4
Spinta orizzontale sovraccarico permanente sul terrapieno M2	$S_{H,q,per, M2}$	[kN/m]	0.0
Momento della forza		[kNm/m]	0.0
Spinta orizzontale sovraccarico variabile sul terrapieno M2	$S_{H,q,var, M2}$	[kN/m]	25.6
Momento della forza		[kNm/m]	56.2

Azioni sismiche associate alle masse

Forza d'inerzia muro	$F_{I,M}$	[kN/m]	5.9
Momento della forza		[kNm/m]	13.1
Delta sismico peso muro	$D_{p,m}$	[kN/m]	± 3.0
Forza d'inerzia terreno a tergo	$F_{I,T}$	[kN/m]	0.0
Momento della forza		[kNm/m]	0.0

Forza totale di progetto sismica

$$E_d = \frac{1}{2} \gamma^* (1 \pm k_v) K \cdot H^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

Spinta statica dell'acqua	E_{ws}	[kN/m]	0.0
Momento della forza		[kNm/m]	0.0
Spinta idrodinamica dell'acqua	E_{wd}	[kN/m]	0.0
Momento della forza		[kNm/m]	0.0
$\frac{1}{2} \gamma^* (1 \pm k_v) K \cdot H^2$	$S_{H,sism}$	[kN/m]	91
Momento della forza		[kNm/m]	201
Forza totale sismica di progetto	E_d	[kN/m]	91
Momento della forza		[kNm/m]	201

RIEPILOGO AZIONI ALLO SPICCATO PARETE

	N [kN/m]	H [kN/m]	M [kNm/m]
Forza e coppia esterna permanente su testa muro	0.0	0.0	0.0
Forza e coppia esterna variabile su testa muro	0.0	0.0	0.0
Peso proprio del muro	66.0	0.0	0.0
Spinta orizzontale del terrapieno M1	0.0	92.0	134.9
Spinta orizzontale del terrapieno M2	0.0	106.8	156.6
Spinta orizzontale sovraccarico permanente sul terrapieno M1	0.0	0.0	0.0
Spinta orizzontale sovraccarico variabile sul terrapieno M1	0.0	22.0	48.4
Spinta orizzontale sovraccarico permanente sul terrapieno M2	0.0	0.0	0.0
Spinta orizzontale sovraccarico variabile sul terrapieno M2	0.0	25.6	56.2
Forza d'inerzia muro	0.0	5.9	13.1
Delta sismico peso muro	± 3.0	0.0	0.0
Forza d'inerzia terreno a tergo	0.0	0.0	0.0
Forza totale sismica di progetto	0.0	91.4	201.0

COMBINAZIONE DELLE AZIONI E RESISTENZE PER LA VERIFICA DELLA PARE

COMBINAZIONE DELLE AZIONI

COMBINAZIONE FONDAMENTALE (SLU)

$$F_d = g_{G1} \times G_1 + g_{G2} \times G_2 + g_{Q1} \times Q_{K1} + g_{Q2} \times y_{02} \times Q_{K2} + \dots$$

COMBINAZIONE SISMICA

$$F_d = E + G_1 + G_2 + y_{21} \times Q_{K1} + \dots$$

COMBINAZIONE CARATTERISTICA RARA (SLE-R)

$$F_d = G_1 + G_2 + Q_{K1} + y_{02} \times Q_{K2} + \dots$$

COMBINAZIONE FREQUENTE (SLE-F)

$$F_d = G_1 + G_2 + y_{11} \times Q_{K1} + y_{22} \times Q_{K2} + \dots$$

COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE (SLE-QP)

$$F_d = G_1 + G_2 + y_{21} \times Q_{K1} + y_{22} \times Q_{K2} + \dots$$

COEFFICIENTI PARZIALI

COEFFICIENTI PARZIALI PER GLI STATI LIMITE ULTIMI				
CARICHI	EQU	A1	A2	SISM
Permanenti (g_{G1})	0.90	1.00	1.00	1.00
	1.10	1.35	1.00	1.00
Permanenti non strutturali (g_{G2})	0.00	0.00	0.00	1.00
	1.50	1.50	1.30	1.00
Variabili (g_{Gi})	0.00	0.00	0.00	1.00
	1.50	1.50	1.30	1.00

COEFFICIENTI PARZIALI PER AZIONE y			
CARICHI	y_0	y_1	y_2
Carichi variabili su testa muro	0.60	0.60	0.00
Carichi variabili su terrapieno	0.60	0.60	0.00
Carichi variabili su testa muro in fase sismica	0.00	0.00	0.50
Carichi variabili su terrapieno in fase sismica	0.00	0.00	0.50

COEFFICIENTI PARZIALI PER I PARAMETRI GEOTECNICI			
PARAMETRO		M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan f_k$	1.00	1.25
Coesione efficace	c'_k	1.00	1.25
Peso dell'unità di volume	g	1.00	1.00

COMBINAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO ALLO SPICCATO (A1+M1)

	N [kN/m]	H [kN/m]	M [kNm/m]
COMBINAZIONE 1	89.1	124.1	182.1
COMBINAZIONE 2	89.1	143.9	225.6
COMBINAZIONE 3	89.1	157.1	254.7

COMBINAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO ALLO SPICCATO (A2+M2)

	N [kN/m]	H [kN/m]	M [kNm/m]
COMBINAZIONE 1	66.0	106.8	156.6
COMBINAZIONE 2	66.0	126.7	200.5
COMBINAZIONE 3	66.0	140.0	229.7

COMBINAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO ALLO SPICCATO (SISMICA)

	N [kN/m]	H [kN/m]	M [kNm/m]
COMBINAZIONE 1	69.0	97.3	214.1
COMBINAZIONE 2	63.0	97.3	214.1
COMBINAZIONE 3	69.0	110.1	242.2
COMBINAZIONE 4	63.0	110.1	242.2
COMBINAZIONE 5	69.0	122.8	270.3
COMBINAZIONE 6	63.0	122.8	270.3

COMBINAZIONI ALLO SLE (RARA) ALLO SPICCATO MURO

	N [kN/m]	H [kN/m]	M [kNm/m]
COMBINAZIONE 1	66.0	92.0	134.9
COMBINAZIONE 2	66.0	105.2	163.9
COMBINAZIONE 3	66.0	114.0	183.3

COMBINAZIONI ALLO SLE (QUASI PERMANENTE) ALLO SPICCATO

	N [kN/m]	H [kN/m]	M [kNm/m]
COMBINAZIONE 1	66.0	92.0	134.9
COMBINAZIONE 2	66.0	92.0	134.9

COMBINAZIONI ALLO SLE (FREQUENTE) ALLO SPICCATO

	N [kN/m]	H [kN/m]	M [kNm/m]
COMBINAZIONE 1	66.0	92.0	134.9
COMBINAZIONE 2	66.0	92.0	134.9

13.3 Verifiche sulle pareti

13.3.1 Verifiche allo Stato Limite Ultimo

VERIFICHE A PRESSOFLESSIONE

Armature verticali

Sezione di verifica: spiccato muro

Geometria

larghezza sezione	b	[mm]	1000
altezza sezione	h	[mm]	600
copriferro controterra	c'	[mm]	70
copriferro fuoriterra	c	[mm]	70
altezza utile sezione	d	[mm]	520

Armature controterra

numero	n		5
diámetro	Ø	[mm]	20
interasse	i	[mm]	200
numero	n		5
diámetro	Ø	[mm]	0
interasse	i	[mm]	200
area armatura tesa	A _s '	[mm ²]	1571

Verifica A1+M1

	Sollecitazioni di progetto		Verifica	
	N [kN/m]	M [kNm/m]	M _{rd} [kNm/m]	
COMBINAZIONE 1	89.1	182.1	330.9	OK
COMBINAZIONE 2	89.1	225.6	330.9	OK
COMBINAZIONE 3	89.1	254.7	330.9	OK

Verifica A2+M2

	Sollecitazioni di progetto		Verifica	
	N [kN/m]	M [kNm/m]	M _{rd} [kNm/m]	
COMBINAZIONE 1	66.0	156.6	325.0	OK
COMBINAZIONE 2	66.0	200.5	325.0	OK
COMBINAZIONE 3	66.0	229.7	325.0	OK

Verifica Sismica

	Sollecitazioni di progetto		Verifica	
	N [kN/m]	M [kNm/m]	M _{rd} [kNm/m]	
COMBINAZIONE 1	69.0	214.1	325.7	OK
COMBINAZIONE 2	63.0	214.1	324.2	OK
COMBINAZIONE 3	69.0	242.2	325.7	OK
COMBINAZIONE 4	63.0	242.2	324.2	OK
COMBINAZIONE 5	69.0	270.3	325.7	OK
COMBINAZIONE 6	63.0	270.3	324.2	OK

VERIFICHE A TAGLIO

Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

larghezza sezione	b_w	[mm]	1000
altezza sezione	h	[mm]	600
altezza utile sezione	d	[mm]	520
armatura armatura tesa	A_{st}	[mm ²]	1571
rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_l		0.003
resistenza caratteristica cilindrica	f_{ck}	[MPa]	29

Verifica A1+M1				
	Sollecitazioni di progetto		Verifica	
	s_{cp} [Mpa/m]	H [kN/m]	V_{rd} [kN/m]	
COMBINAZIONE 1	0.15	124.1	220.1	OK
COMBINAZIONE 2	0.15	143.9	220.1	OK
COMBINAZIONE 3	0.15	157.1	220.1	OK
Verifica A2+M2				
	Sollecitazioni di progetto		Verifica	
	s_{cp} [Mpa/m]	H [kN/m]	V_{rd} [kN/m]	
COMBINAZIONE 1	0.11	106.8	217.1	OK
COMBINAZIONE 2	0.11	126.7	217.1	OK
COMBINAZIONE 3	0.11	140.0	217.1	OK
Verifica Sismica				
	Sollecitazioni di progetto		Verifica	
	s_{cp} [Mpa/m]	H [kN/m]	V_{rd} [kN/m]	
COMBINAZIONE 1	0.0	97.3	208.5	OK
COMBINAZIONE 2	0.0	97.3	208.5	OK
COMBINAZIONE 3	0.0	110.1	208.5	OK
COMBINAZIONE 4	0.0	110.1	208.5	OK
COMBINAZIONE 5	0.0	122.8	208.5	OK
COMBINAZIONE 6	0.0	122.8	208.5	OK

13.3.2 Verifiche allo Stato Limite Elastico

VERIFICA A FESSURAZIONE

Condizioni ambientali	Ordinarie
Combinazione di azioni	Limiti [mm]
Frequente	0.4
Quasi permanente	0.3

STATO LIMITE DI APERTURA FESSURE: limiti

w_1 [mm]	0.2
w_2 [mm]	0.3
w_3 [mm]	0.4

Verifica a fessurazione senza calcolo diretto

Diametri massimi delle barre ϕ^*_s per il controllo della fessurazione¹⁾

Tensione nell'acciaio ²⁾ [MPa]	Diametro massimo delle barre [mm]		
	$w_k = 0,4$ mm	$w_k = 0,3$ mm	$w_k = 0,2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	5
400	8	6	4
450	6	5	-

Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione¹⁾

Tensione nell'acciaio ²⁾ [MPa]	Spaziatura massima delle barre [mm]		
	$w_k = 0,4$ mm	$w_k = 0,3$ mm	$w_k = 0,2$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

Diametro massimo barre	[mm]	20
Spaziatura massima barre	[mm]	200

COMBINAZIONE FREQUENTE		
	N [kN/m]	M [kNm/m]
COMBINAZIONE 1	66.0	134.9
COMBINAZIONE 2	66.0	134.9
Tensione nell'armatura considerando la sezione parzializzata	σ_s [MPa]	128.2
	<i>Verifica</i>	<i>SI</i>

COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE		
	N [kN/m]	M [kNm/m]
COMBINAZIONE 1	66.0	134.9
COMBINAZIONE 2	66.0	134.9
Tensione nell'armatura considerando la sezione parzializzata	σ_s [MPa]	128.2
	<i>Verifica</i>	<i>SI</i>

13.4 Verifiche sulla fondazione

CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI NELLA FONDAZIONE

Larghezza totale zattera	$L = B_z$	[m]	7.2
Larghezza mensole di fondazione	B_m	[m]	0
Larghezza netta muro ad U	B_{nec}	[m]	6
Spessore zattera	S_z	[m]	0.7

Dati modello geotecnico-strutturale

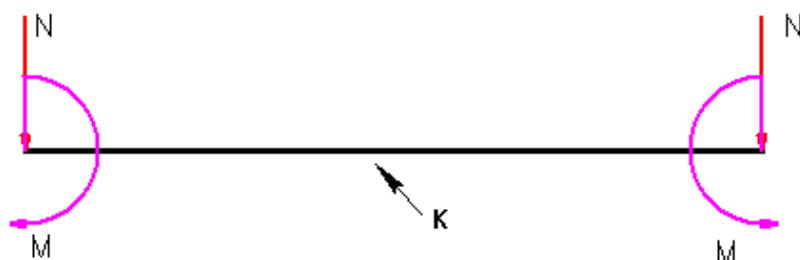
Costante di sottofondo verticale del terreno	k	[kN/m ³]	50000
Larghezza impronta fondazione	B	[m]	1
Modulo elasticità del suolo	E_s	[Mpa]	50
Rigidezza flessionale fondazione	$E \cdot J$	[Nmm ²]	9.31E+14
Lunghezza elastica	L_0	[m]	2.94
	L/L_0	<p	2.45

Azioni gravitazionali struttura fondazione

coeff. parziale peso fondazione	g		1.35
coeff. parziale sovraccarico su fondazione	g		1.50
peso zattera caratteristico	p_r	[kN/m/m]	24
sovraccarichi su fondazione caratteristico	p_z	[kN/m/m]	2
carico fondazione SLU	p	[kN/m/m]	35

Azioni provenienti dalle elevazioni

Convenzione e modello fondazione



COMBINAZIONI SLU ALLO SPICCATO (A1+M1)

	N [kN/m]	M [kNm/m]
COMBINAZIONE 1	89.1	182.1
COMBINAZIONE 2	89.1	225.6
COMBINAZIONE 3	89.1	254.7

COMBINAZIONI SLU ALLO SPICCATO (A2+M2)

	N [kN/m]	M [kNm/m]
COMBINAZIONE 1	66.0	156.6
COMBINAZIONE 2	66.0	200.5
COMBINAZIONE 3	66.0	229.7

COMBINAZIONI SLU ALLO SPICCATO (SISMICA)

	N [kN/m]	M [kNm/m]
COMBINAZIONE 1	69.0	214.1
COMBINAZIONE 2	63.0	214.1
COMBINAZIONE 3	69.0	242.2
COMBINAZIONE 4	63.0	242.2
COMBINAZIONE 5	69.0	270.3
COMBINAZIONE 6	63.0	270.3

SOLLECITAZIONI MASSIME SLU NELLA ZATTERA

	M [kNm/m]	V [kNm/m]
Sezione d'estremità	270.3	89.1
Sezione di mezzzeria	146.1	0

13.4.1 Verifiche allo Stato Limite Ultimo

VERIFICHE A FLESSIONE

Resistenza a flessione - armature trasversali

Sezione d'estremità			
Geometria			
larghezza sezione	b =	[mm]	1000
altezza sezione	h =	[mm]	700
copriferro superiore	c' =	[mm]	70
copriferro inferiore	c =	[mm]	70
altezza utile sezione	d =	[mm]	620
Armature inferiori			
numero	n		5
diametro	∅	[mm]	20
interasse	i	[mm]	200
numero	n		2.5
diametro	∅	[mm]	0
interasse	i	[mm]	400
area armatura superiore	A _{s'}	[mm ²]	1571
asse neutro da intradosso	y _n	[mm]	46.1
asse neutro bilanciata da intradosso	y _{nb}	[mm]	401.9
Duttile			
Verifica			
momento sollecitante	M _{Sd}	[kNm/m]	270
momento resistente	M _{Rd}	[kNm/m]	370
Verificato			

Resistenza a flessione - armature trasversali

Sezione di mezzeria			
Geometria			
larghezza sezione	b =	[mm]	1000
altezza sezione	h =	[mm]	700
copriferro superiore	c' =	[mm]	70
copriferro inferiore	c =	[mm]	70
altezza utile sezione	d =	[mm]	620
Armature superiori			
numero	n		5
diametro	∅	[mm]	20
interasse	i	[mm]	200
numero	n		2.5
diametro	∅	[mm]	16
interasse	i	[mm]	400
area armatura superiore	A _{s'}	[mm ²]	2073
asse neutro da intradosso	y _n	[mm]	60.8
asse neutro bilanciata da intradosso	y _{nb}	[mm]	401.9
Duttile			
Verifica			
momento sollecitante	M _{Sd}	[kNm/m]	146
momento resistente	M _{Rd}	[kNm/m]	483
Verificato			

VERIFICHE A TAGLIO

Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

			<i>Estremità</i>	<i>Mezzeria</i>
larghezza sezione	b_w	[mm]	1000	1000
altezza sezione	h	[mm]	700	700
altezza utile sezione	d	[mm]	620	620
armatura armatura tesa ancorata oltre la sezione	A_{sl}	[mm ²]	1571	2073
rapporto geometrico di armatura longitudinale	η		0.003	0.003
tensione media di compressione nella sezione	s_{cp}	[MPa]	0	0
resistenza caratteristica cilindrica	f_{ck}	[MPa]	29	29
resistenza a taglio	V_{Rd}	[kN]	229.6	248.9
sforzo di taglio massimo	V_{ed}	[kN]	89.1	0.0
			Verificato	Verificato

13.4.2 Verifiche allo Stato Limite Elastico

VERIFICA A FESSURAZIONE

Condizioni ambientali	Ordinarie
Combinazione di azioni	Limiti [mm]
Frequente	0.4
Quasi permanente	0.3
STATO LIMITE DI APERTURA FESSURE: limiti	
w ₁ [mm]	0.2
w ₂ [mm]	0.3
w ₃ [mm]	0.4

Verifica a fessurazione senza calcolo diretto

Diametri massimi delle barre ϕ^*_s per il controllo della fessurazione¹⁾

Tensione nell'acciaio ²⁾ [MPa]	Diametro massimo delle barre [mm]		
	w _k = 0,4 mm	w _k = 0,3 mm	w _k = 0,2 mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	5
400	8	6	4
450	6	5	-

Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione¹⁾

Tensione nell'acciaio ²⁾ [MPa]	Spaziatura massima delle barre [mm]		
	w _k = 0,4 mm	w _k = 0,3 mm	w _k = 0,2 mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

		Estremità	Mezzeria
Diametro massimo barre	[mm]	20	20
Spaziatura massima barre	[mm]	200	200

COMBINAZIONE FREQUENTE

		M [kNm/m]	M [kNm/m]
COMBINAZIONE $ M_{MAX} $		134.9	134.9
Tensione nell'armatura considerando la sezione parzializzata	σ_s [MPa]	148.1	119
		<i>Verifica</i>	<i>SI</i>

COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE

		M [kNm/m]	M [kNm/m]
COMBINAZIONE $ M_{MAX} $		134.9	134.9
Tensione nell'armatura considerando la sezione parzializzata	σ_s [MPa]	148.1	119
		<i>Verifica</i>	<i>SI</i>

14 Appendice

