

1	GENERALITA'	2
2	NORMATIVA E RIFERIMENTI	2
3	PROGRAMMI DI CALCOLO UTILIZZATI	2
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	2
4.1	Calcestruzzo.....	2
4.2	Acciaio per cemento armato	3
5	PARAMETRI GEOTECNICI	3
6	GEOMETRIA DEL MURO	4
7	CARICHI	5
7.1	Sovraccarichi accidentali	5
7.2	Sisma	5
8	CRITERI PER LA VERIFICA DEI MURI	6
8.1	Coefficienti parziali di sicurezza.....	6
8.2	Opzioni di calcolo	6
9	VERIFICHE	7
9.1	Verifiche globali allo SLU	7
9.2	Verifiche Strutturali	8

1 GENERALITA'

La presente relazione riguarda la progettazione strutturale a livello definitivo dei muri di contenimento relativi ai tombini circolari e scatolari riportati nella tabelle sinottiche delle tavole STR0330 e STR0331, nell'ambito dei lavori inerenti l'ampliamento alla terza corsia del tratto autostradale A13 compreso tra Bologna Arcoveggio e Ferrara sud, a cui si rimanda per dettagli.

Più precisamente la presente relazione riporta i calcoli e le verifiche del muro di sostegno di maggior altezza ($h=2,50m$), e quindi soggetto ad una maggior spinta.

L'opera ricade in zona sismica, ragion per cui sono applicate le azioni previste dalla norma, così come riportato nei capitoli successivi.

2 NORMATIVA E RIFERIMENTI

I calcoli e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore.

I carichi, i coefficienti moltiplicativi e le combinazioni di carico sono state desunte da quanto previsto nel D.M. 14 gennaio 2008 (*"Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"*) e dalla relativa circolare n° 617 del 2 febbraio 2009 (*"Istruzioni per l'applicazione delle <<Nuove norme tecniche per le costruzioni >> di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008"*).

3 PROGRAMMI DI CALCOLO UTILIZZATI

- Muro-SL 2.0
- VCA_SLU 7.5 – sviluppato dal' Ing. Piero Gelfi
- Excel

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione dell'opera è previsto l'impiego dei materiali sotto elencati.

4.1 Calcestruzzo

Per la realizzazione dei muri di sostegno si prevede l'utilizzo di calcestruzzo in classe $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ che presenta le seguenti caratteristiche:

R_{ck}	=	40.00 N/mm ²
f_{ck}	=	32.00 N/mm ²
γ_c	=	1.50
f_{cd}	=	18.13 N/mm ²

$$\gamma_{cls} = 25.00 \text{ kN/m}^3$$

4.2 Acciaio per cemento armato

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C controllato in stabilimento, che presentano le seguenti caratteristiche:

$$f_{yk} = 450.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_s = 1.15$$

$$f_{yd} = 391.30 \text{ N/mm}^2$$

$$n \text{ coeff. di omogen. acciaio-cls} = 15$$

5 PARAMETRI GEOTECNICI

I parametri necessari a definire le caratteristiche del terreno ai fini del calcolo delle strutture sono elencate di seguito:

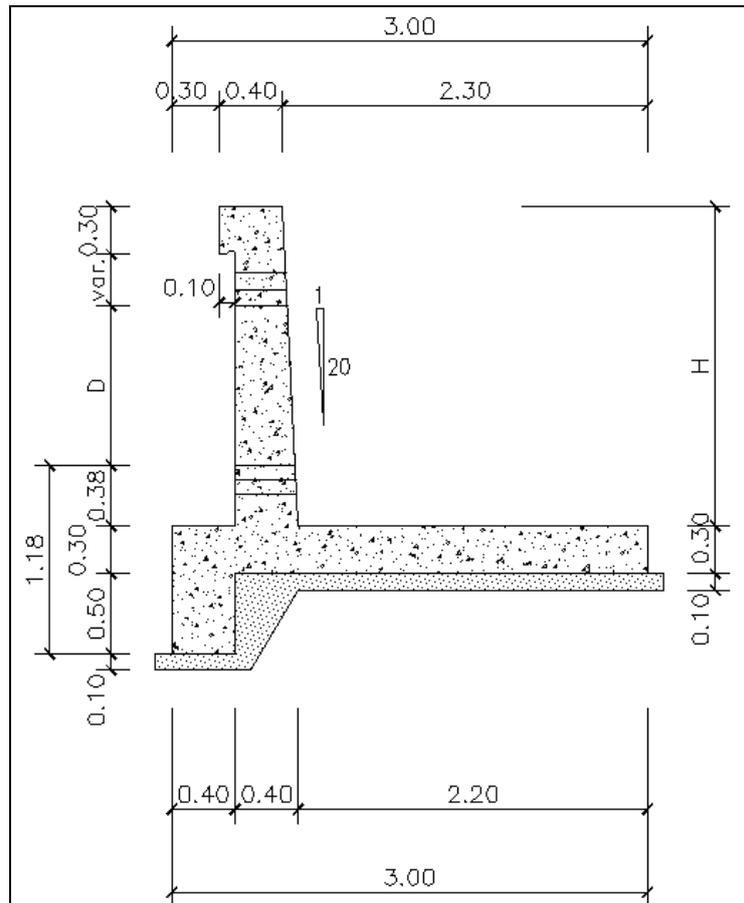
$$\text{Peso di volume naturale del terreno: } \gamma_t = 20 \text{ kN/m}^3;$$

$$\text{Angolo di resistenza al taglio: } \phi = 35^\circ$$

$$\text{Angolo di attrito terreno-parete: } \phi = 23.33^\circ$$

$$\text{Angolo di attrito terreno-fondazione: } \phi = 35^\circ$$

6 GEOMETRIA DEL MURO



Parete

altezza	$H = 2.50$ m
spessore superiore	0.30 m
spessore inferiore	0.40 m
inclinazione paramento di monte	2.3°

Ciabatta

larghezza totale	3.00 m
larghezza a valle	0.40 m
larghezza a monte	2.20 m
spessore esterno a valle	0.30 m
spessore esterno a monte	0.30 m
spessore interno a valle	0.30 m
spessore interno a monte	0.30 m

Sperone

distanza dall'estremo a valle	0.00 m
altezza	0.50 m
spessore	0.40 m

Lunghezza del muro 5.90 m

Dati terrapieno

altezza a monte	2.80 m
altezza a valle	0.68 m
inclinazione terreno a monte	29.0°

7 CARICHI

7.1 Sovraccarichi accidentali

Sovraccarico a monte del muro: 5 kPa;

Sovraccarico a valle del muro: 0 kPa

7.2 Sisma

Accelerazione orizzontale massima: 0.22g

Fattore F_0 : 2.5

Categoria di sottosuolo: D

Fattore del Suolo S: 1.575

Categoria topografica: T1

8 CRITERI PER LA VERIFICA DEI MURI

In accordo con le NTC 2008 sono state condotte le seguenti verifiche sui muri di sostegno.

8.1 Coefficienti parziali di sicurezza

Coefficienti parziali per le azioni

	Permanenti		Variabili
	sfavorevoli	favorevoli	sfavorevoli
A1	1.35	1.00	1.50
A2	1.00	1.00	1.30
EQU	1.10	0.90	1.50

Coefficienti parziali per i parametri del terreno

	tan ϕ	c'	cu
M1	1.00	1.00	1.00
M2	1.25	1.25	1.40

Coefficienti parziali per le resistenze

	R1
Carico limite	1.00
Scorrimento	1.00
Resist. terr. a valle	1.00

8.2 Opzioni di calcolo

- Aliquota di spinta passiva sulla ciabatta nelle verifiche a scorrimento : 0.00%
- Verifiche in esercizio eseguite con il coefficiente di spinta a riposo

9 VERIFICHE

Di seguito si riportano le azioni di calcolo e le verifiche di stabilità e resistenza.

9.1 Verifiche globali allo SLU

-Verifica a ribaltamento

	Momento stabilizzante (kNm)	Momento ribaltante (kNm)
EQU	291.95	44.79
SISMA	329.77	24.32

VERIFICA SODDISFATTA

-Verifica a scorrimento

	Forza stabilizzante (kN)	Forza di scorrimento (kN)
A1 + M1	174.18	68.55
A2 + M2	147.57	107.59
SISMA	170.34	122.36

VERIFICA SODDISFATTA

-Verifica del carico limite

	Carico limite (kN)	Carico agente massimo (kN)
A1 + M1	2552.63	328.29
A2 + M2	461.33	262.37
SISMA	1576.64	262.90

VERIFICA SODDISFATTA

-Pressioni sul terreno in esercizio

Condizioni esaminate

N (kN)	M (kNm)
229.10	-19.32
244.30	-26.46

Condizione che dà la massima tensione a monte

$$N = 240.10 \text{ kN}$$

$$M = -14.92 \text{ kNm}$$

$$\text{tensione a valle} = 0.090 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{tensione a monte} = 0.070 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{larghezza zona compressa} = 3.00 \text{ m}$$

$$\text{tensione equivalente} = 0.067 \text{ N/mm}^2$$

Condizione che dà la massima tensione a valle

$$N = 244.30 \text{ kN}$$

$$M = -26.46 \text{ kNm}$$

$$\text{tensione a valle} = 0.099 \text{ N/mm}^2$$

tensione a monte = 0.064 N/mm²
 larghezza zona compressa = 3.00 m
 tensione equivalente = 0.074 N/mm²

9.2 Verifiche Strutturali

VERIFICA PARETE VERTICALE

Nella sezione alla base della parete verticale si hanno le seguenti sollecitazioni:

COMBINAZIONE	Nsd (kN)	Msd (kNm)	Vsd (kN)
CONDIZIONE A1+M1			
Nmin,M(min)	48.04	-72.86	90.97
Nmax,M(min)	70.67	-122.47	90.97
CONDIZIONE A2+M2			
Nmin,M(min)	59.03	-127.72	120.98
Nmax,M(min)	66.18	-164.46	120.98
CONDIZIONE SISMICA			
Nmin,M(min)	72.70	-143.95	123.06
Nmax,M(min)	76.58	-160.03	123.06
CONDIZIONE SLE			
	50.78	-85.59	

Si decide di utilizzare la seguente armatura a flessione: **5Φ20** a metro sul lato di monte e **5Φ12** a metro sul lato di valle:

<u>DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA</u>			
SEZIONE TRASVERSALE			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	400	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	50	[mm]
Altezza utile della sezione	d	350	[mm]
ARMATURA TESA			
Diametro dei ferri correnti	φ ₁	20	[mm]
Numero dei ferri correnti	n ₁	5	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	φ ₂		[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n ₂		[-]
Area dell'armatura tesa	A _s	1571	[mm ²]
ARMATURA COMPRESSA			
Diametro dei ferri correnti	φ' ₁	12	[mm]
Numero dei ferri correnti	n' ₁	5	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	φ' ₂	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n' ₂	0	[-]
Area dell'armatura compressa	A' _s	565	[mm ²]
Momento resistente della sezione	M_{Rd}	202.76	[kNm]
Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto	M_{Ed}	164.5	[kNm]

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE

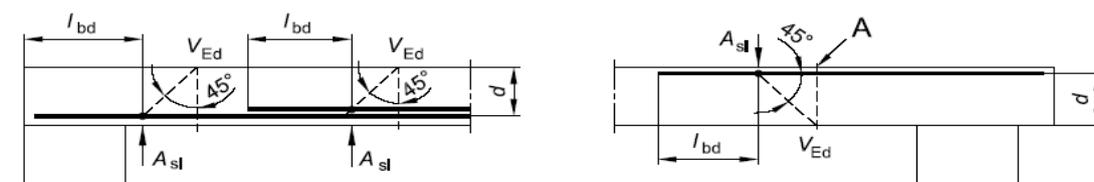
§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V_{Ed}	123.06	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12	[-]
Coefficiente k	k	1.76	[-]
		1.76	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0.004488	[-]
		0.004488	[-]

figura 6.3 Definizione di A_{sl} nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	179.26	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	161.24	[kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	179.26	[kN]

Pertanto la parete verticale non necessita di un'opportuna armatura a taglio.

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS

Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	M_{Ed}	85.6	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	n	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	400	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	50	[mm]
Altezza utile della sezione	d	350	[mm]
Area dell'armatura tesa	A_s	1571	[mm ²]
Area dell'armatura compressa	A'_s	565	[mm ²]
Posizione dell'asse neutro	x	103.49	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	J	1825528009	[mm ⁴]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	19.2	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	σ_s	360	[MPa]
Tensione nel calcestruzzo	σ_c	4.85	[MPa]
Tensione nell'armatura tesa	σ_s	173.37	[MPa]

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS

Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	M_{Ed}	85.6	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	n	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	j	400	[-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[-]
Copriferro	d'	50	[-]
Altezza utile della sezione	d'	350	[-]
Area dell'armatura tesa	A_s	1571	[mm ²]
Area dell'armatura compressa	A'_s	565	[mm ²]
Posizione dell'asse neutro	x	103.49	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	J	1825528009	[mm ⁴]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	14.4	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	σ_s	360	[MPa]
Tensione nel calcestruzzo	σ_c	4.85	[MPa]
Tensione nell'armatura tesa	σ_s	173.37	[MPa]

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS

Controllo tensionale per la Combinazione Frequente

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	M_{Ed}	85.6	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	n	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	j	400	[MPa]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[-]
Copriferro	d'	50	[kNm]
Altezza utile della sezione	d'	350	[kNm]
Area dell'armatura tesa	A_s	1571	[mm ²]
Area dell'armatura compressa	A'_s	565	[mm ²]
Posizione dell'asse neutro	x	103.49	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	J	1825528009	[mm ⁴]
Tensione nel calcestruzzo	σ_c	4.85	[MPa]
Tensione nell'armatura tesa	σ_s	173.37	[MPa]

CONTROLLO DI FESSURAZIONE A SLS

Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	400	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	50	[mm]
Altezza utile della sezione	d	350	[mm]
Area dell'armatura tesa	A_s	1571	[mm ²]
Area dell'armatura compressa	A'_s	565	[mm ²]
Distanza tra il bordo del cls e l'armatura	c	30	[mm]
Distanza tra i baricentri delle barre	s	200	[mm]
Distanza massima di riferimento tra le barre	$s_{rif,max}$	200	[mm]

Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Quasi Permanente			
Momento sollecitante per la combinazione Quasi Permanente	M_{Ed,q.p.}	85.59	[kNm]
Durata del carico		lunga	[-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	103.49	[mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ_s	173.37	[MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.0	[MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k_t	0.4	[-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	98.8380259	[mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	98838.0259	[mm ²]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.01589	[-]
Rapporto tra E_s/E_{cm}	α_e	6.00	[-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0.000450	[-]
		0.000520	[-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	ϕ_{eq}	20.00	[mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k_1	0.8	[-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k_2	0.5	[-]
	k_3	3.4	[-]
	k_4	0.425	[-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	315.94	[mm]
		315.94	[mm]
Ampiezza delle fessure	w_k	0.1643	[mm]
Ampiezza massima delle fessure	w_{max}	0.3	[mm]
Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Frequente			
Momento sollecitante per la combinazione Frequente	M_{Ed,freq.}	85.59	[kNm]
Durata del carico		lunga	[-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	103.49	[mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ_s	173.37	[MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.0	[MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k_t	0.4	[-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	98.8380259	[mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	98838.0259	[mm ²]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.01589	[-]
Rapporto tra E_s/E_{cm}	α_e	6.00	[-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0.000450	[-]
		0.000520	[-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	ϕ_{eq}	20.00	[mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k_1	0.8	[-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k_2	0.5	[-]
	k_3	3.4	[-]
	k_4	0.425	[-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	315.94	[mm]
		315.94	[mm]
Ampiezza delle fessure	w_k	0.1643	[mm]
Ampiezza massima delle fessure	w_{max}	0.3	[mm]
Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica			
Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica	M_{Ed,caratt.}	85.59	[kNm]
Durata del carico		lunga	[-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	103.49	[mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ_s	173.37	[MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.0	[MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k_t	0.4	[-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	98.8380259	[mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	98838.0259	[mm ²]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.01589	[-]
Rapporto tra E_s/E_{cm}	α_e	6.00	[-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0.000450	[-]
		0.000520	[-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	ϕ_{eq}	20.00	[mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k_1	0.8	[-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k_2	0.5	[-]
	k_3	3.4	[-]
	k_4	0.425	[-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	315.94	[mm]
		315.94	[mm]
Ampiezza delle fessure	w_k	0.1643	[mm]
Ampiezza massima delle fessure	w_{max}	0.3	[mm]

VERIFICA CIABATTA A MONTE

Nella sezione di incastro della ciabatta di monte con la parete verticale si hanno le seguenti sollecitazioni:

COMBINAZIONE	Msd,max (kNm)	Msd,min (kNm)	Vsd (kN)
CONDIZIONE A1+M1	-4.46	-19.65	7.41
CONDIZIONE A2+M2	-34.28	-53.19	12.24
CONDIZIONE SISMICA	-0.3	-6.48	14.32
CONDIZIONE SLE	-18.36		

Si decide di utilizzare la seguente armatura a flessione: **5Φ12** a metro su entrambi i lati:

<u>DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA</u>			
SEZIONE TRASVERSALE			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	300	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	50	[mm]
Altezza utile della sezione	d	250	[mm]
ARMATURA TESA			
Diametro dei ferri correnti	φ ₁	12	[mm]
Numero dei ferri correnti	n ₁	5	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	φ ₂		[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n ₂		[-]
Area dell'armatura tesa	A _s	565	[mm ²]
ARMATURA COMPRESSA			
Diametro dei ferri correnti	φ' ₁	12	[mm]
Numero dei ferri correnti	n' ₁	5	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	φ' ₂	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n' ₂	0	[-]
Area dell'armatura compressa	A' _s	565	[mm ²]
Momento resistente della sezione	M_{Rd}	56.41	[kNm]
Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto	M_{Ed}	53.2	[kNm]

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE

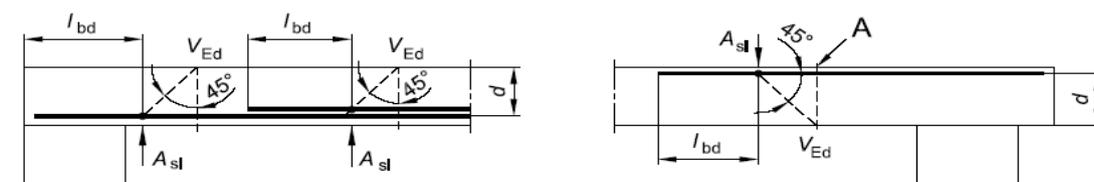
§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V_{Ed}	14.32	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12	[-]
Coefficiente k	k	1.89	[-]
		1.89	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0.0022619	[-]
		0.0022619	[-]

figura 6.3 Definizione di A_{sl} nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	109.94	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	129.06	[kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	129.06	[kN]

Pertanto la ciabatta a monte non necessita di un'opportuna armatura a taglio.

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS

Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	M_{Ed}	18.4	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	n	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	300	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	50	[mm]
Altezza utile della sezione	d	250	[mm]
Area dell'armatura tesa	A_s	565	[mm ²]
Area dell'armatura compressa	A'_s	565	[mm ²]
Posizione dell'asse neutro	x	56.36	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	J	378074179.6	[mm ⁴]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	19.2	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	σ_s	360	[MPa]
Tensione nel calcestruzzo	σ_c	2.74	[MPa]
Tensione nell'armatura tesa	σ_s	141.05	[MPa]

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS

Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	M_{Ed}	18.4	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	n	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	j	300	[-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[-]
Copriferro	d'	50	[-]
Altezza utile della sezione	d'	250	[-]
Area dell'armatura tesa	A_s	565	[mm ²]
Area dell'armatura compressa	$A's$	565	[mm ²]
Posizione dell'asse neutro	x	56.36	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	J	378074179.6	[mm ⁴]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	14.4	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	σ_s	360	[MPa]

Tensione nel calcestruzzo	σ_c	2.74	[MPa]
Tensione nell'armatura tesa	σ_s	141.05	[MPa]

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS

Controllo tensionale per la Combinazione Frequente

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	M_{Ed}	18.4	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	n	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	j	300	[MPa]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[-]
Copriferro	d'	50	[kNm]
Altezza utile della sezione	d'	250	[kNm]
Area dell'armatura tesa	A_s	565	[mm ²]
Area dell'armatura compressa	$A's$	565	[mm ²]
Posizione dell'asse neutro	x	56.36	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	J	378074179.6	[mm ⁴]

Tensione nel calcestruzzo	σ_c	2.74	[MPa]
Tensione nell'armatura tesa	σ_s	141.05	[MPa]

CONTROLLO DI FESSURAZIONE A SLS

Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	300	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	50	[mm]
Altezza utile della sezione	d	250	[mm]
Area dell'armatura tesa	A_s	565	[mm ²]
Area dell'armatura compressa	$A's$	565	[mm ²]
Distanza tra il bordo del cls e l'armatura	c	30	[mm]
Distanza tra i baricentri delle barre	s	200	[mm]
Distanza massima di riferimento tra le barre	$s_{rif,max}$	180	[mm]

Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Quasi Permanente		
Momento sollecitante per la combinazione Quasi Permanente	M_{Ed,q.p.}	18.36 [kNm]
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	56.36 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ_s	141.05 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.0 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k_f	0.4 [-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	81.2117852 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	81211.7852 [mm ²]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.00696 [-]
Rapporto tra E_s/E_{cm}	α_e	6.00 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	-0.000200 [-] 0.000423 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	ϕ_{eq}	12.00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k_1	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k_2	0.5 [-]
	k_3	3.4 [-]
	k_4	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	394.97 [mm] 316.73 [mm]
Ampiezza delle fessure	w_k	0.1340 [mm]
Ampiezza massima delle fessure	w_{max}	0.3 [mm]
Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Frequente		
Momento sollecitante per la combinazione Frequente	M_{Ed,freq.}	18.36 [kNm]
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	56.36 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ_s	141.05 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.0 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k_f	0.4 [-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	81.2117852 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	81211.7852 [mm ²]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.00696 [-]
Rapporto tra E_s/E_{cm}	α_e	6.00 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	-0.000200 [-] 0.000423 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	ϕ_{eq}	12.00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k_1	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k_2	0.5 [-]
	k_3	3.4 [-]
	k_4	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	394.97 [mm] 316.73 [mm]
Ampiezza delle fessure	w_k	0.1340 [mm]
Ampiezza massima delle fessure	w_{max}	0.3 [mm]
Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica		
Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica	M_{Ed,caratt.}	18.36 [kNm]
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	56.36 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ_s	141.05 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.0 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k_f	0.4 [-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	81.2117852 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	81211.7852 [mm ²]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.00696 [-]
Rapporto tra E_s/E_{cm}	α_e	6.00 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	-0.000200 [-] 0.000423 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	ϕ_{eq}	12.00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k_1	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k_2	0.5 [-]
	k_3	3.4 [-]
	k_4	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	394.97 [mm] 316.73 [mm]
Ampiezza delle fessure	w_k	0.1340 [mm]
Ampiezza massima delle fessure	w_{max}	0.3 [mm]

VERIFICA CIABATTA A VALLE

Nella sezione di incastro della ciabatta di valle con la parete verticale si hanno le seguenti sollecitazioni:

COMBINAZIONE	Msd,max (kNm)	Msd,min (kNm)	Vsd (kN)
CONDIZIONE A1+M1	8.29	5.28	41.18
CONDIZIONE A2+M2	9.76	7.97	47.85
CONDIZIONE SISMICA	7.27	6.49	36.00
CONDIZIONE SLE	6.59		

Si decide di utilizzare la seguente armatura a flessione: **5Φ12** a metro su entrambi i lati:

<u>DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA</u>			
SEZIONE TRASVERSALE			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	300	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	50	[mm]
Altezza utile della sezione	d	250	[mm]
ARMATURA TESA			
Diametro dei ferri correnti	φ ₁	12	[mm]
Numero dei ferri correnti	n ₁	5	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	φ ₂		[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n ₂		[-]
Area dell'armatura tesa	A _s	565	[mm ²]
ARMATURA COMPRESSA			
Diametro dei ferri correnti	φ' ₁	12	[mm]
Numero dei ferri correnti	n' ₁	5	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	φ' ₂	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n' ₂	0	[-]
Area dell'armatura compressa	A' _s	565	[mm ²]
Momento resistente della sezione	M_{Rd}	56.41	[kNm]
Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto	M_{Ed}	9.8	[kNm]

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE

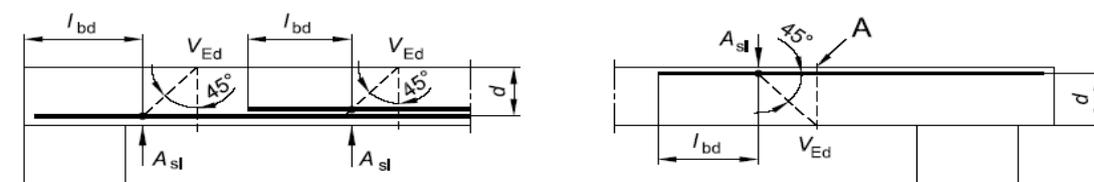
§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V_{Ed}	47.85	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12	[-]
Coefficiente k	k	1.89	[-]
		1.89	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0.0022619	[-]
		0.0022619	[-]

figura 6.3 Definizione di A_{sl} nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	109.94	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	129.06	[kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	129.06	[kN]

Pertanto la ciabatta a valle non necessita di un'opportuna armatura a taglio.

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS

Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	M_{Ed}	6.6	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	n	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	300	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	50	[mm]
Altezza utile della sezione	d	250	[mm]
Area dell'armatura tesa	A_s	565	[mm ²]
Area dell'armatura compressa	A'_s	565	[mm ²]
Posizione dell'asse neutro	x	56.36	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	J	378074179.6	[mm ⁴]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	19.2	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	σ_s	360	[MPa]
Tensione nel calcestruzzo	σ_c	0.98	[MPa]
Tensione nell'armatura tesa	σ_s	50.63	[MPa]

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS

Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	M_{Ed}	6.6	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	n	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	j	300	[-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[-]
Copriferro	d'	50	[-]
Altezza utile della sezione	d'	250	[-]
Area dell'armatura tesa	A_s	565	[mm ²]
Area dell'armatura compressa	$A's$	565	[mm ²]
Posizione dell'asse neutro	x	56.36	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	J	378074179.6	[mm ⁴]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	14.4	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	σ_s	360	[MPa]
Tensione nel calcestruzzo	σ_c	0.98	[MPa]
Tensione nell'armatura tesa	σ_s	50.63	[MPa]

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS

Controllo tensionale per la Combinazione Frequente

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	M_{Ed}	6.6	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	n	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	j	300	[MPa]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[-]
Copriferro	d'	50	[kNm]
Altezza utile della sezione	d'	250	[kNm]
Area dell'armatura tesa	A_s	565	[mm ²]
Area dell'armatura compressa	$A's$	565	[mm ²]
Posizione dell'asse neutro	x	56.36	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	J	378074179.6	[mm ⁴]
Tensione nel calcestruzzo	σ_c	0.98	[MPa]
Tensione nell'armatura tesa	σ_s	50.63	[MPa]

CONTROLLO DI FESSURAZIONE A SLS

Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	300	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	50	[mm]
Altezza utile della sezione	d	250	[mm]
Area dell'armatura tesa	A_s	565	[mm ²]
Area dell'armatura compressa	$A's$	565	[mm ²]
Distanza tra il bordo del cls e l'armatura	c	30	[mm]
Distanza tra i baricentri delle barre	s	200	[mm]
Distanza massima di riferimento tra le barre	$s_{rif,max}$	180	[mm]

Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Quasi Permanente		
Momento sollecitante per la combinazione Quasi Permanente	M_{Ed,q.p.}	6.59 [kNm]
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	56.36 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ_s	50.63 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.0 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k_t	0.4 [-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	81.2117852 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	81211.7852 [mm ²]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.00696 [-]
Rapporto tra E_s/E_{cm}	α_e	6.00 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	-0.000652 [-] 0.000152 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	ϕ_{eq}	12.00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k_1	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k_2	0.5 [-]
	k_3	3.4 [-]
	k_4	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	394.97 [mm] 316.73 [mm]
Ampiezza delle fessure	w_k	0.0481 [mm]
Ampiezza massima delle fessure	w_{max}	0.3 [mm]
Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Frequente		
Momento sollecitante per la combinazione Frequente	M_{Ed,req.}	6.59 [kNm]
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	56.36 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ_s	50.63 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.0 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k_t	0.4 [-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	81.2117852 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	81211.7852 [mm ²]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.00696 [-]
Rapporto tra E_s/E_{cm}	α_e	6.00 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	-0.000652 [-] 0.000152 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	ϕ_{eq}	12.00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k_1	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k_2	0.5 [-]
	k_3	3.4 [-]
	k_4	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	394.97 [mm] 316.73 [mm]
Ampiezza delle fessure	w_k	0.0481 [mm]
Ampiezza massima delle fessure	w_{max}	0.3 [mm]
Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica		
Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica	M_{Ed,caratt.}	6.59 [kNm]
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	56.36 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ_s	50.63 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.0 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k_t	0.4 [-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	81.2117852 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	81211.7852 [mm ²]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.00696 [-]
Rapporto tra E_s/E_{cm}	α_e	6.00 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	-0.000652 [-] 0.000152 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	ϕ_{eq}	12.00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k_1	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k_2	0.5 [-]
	k_3	3.4 [-]
	k_4	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	394.97 [mm] 316.73 [mm]
Ampiezza delle fessure	w_k	0.0481 [mm]
Ampiezza massima delle fessure	w_{max}	0.3 [mm]

VERIFICA SPERONE

Nella sezione di incastro dello sperone con la ciabatta di fondazione si hanno le seguenti sollecitazioni:

COMBINAZIONE	Msd,max (kNm)	Vsd (kN)
CONDIZIONE A1+M1	12.62	46.33
CONDIZIONE A2+M2	7.38	27.08
CONDIZIONE SISMICA	9.35	34.32
CONDIZIONE SLE	9.35	

Si decide di utilizzare la seguente armatura a flessione: **5Φ12** a metro su entrambi i lati:

DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA			
SEZIONE TRASVERSALE			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	400	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	50	[mm]
Altezza utile della sezione	d	350	[mm]
ARMATURA TESA			
Diametro dei ferri correnti	ϕ_1	12	[mm]
Numero dei ferri correnti	n_1	5	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	ϕ_2		[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n_2		[-]
Area dell'armatura tesa	A_s	565	[mm ²]
ARMATURA COMPRESSA			
Diametro dei ferri correnti	ϕ'_1	12	[mm]
Numero dei ferri correnti	n'_1	5	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	ϕ'_2	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n'_2	0	[-]
Area dell'armatura compressa	A'_s	565	[mm ²]
Momento resistente della sezione	M_{Rd}	76.87	[kNm]
Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto	M_{Ed}	12.6	[kNm]

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE

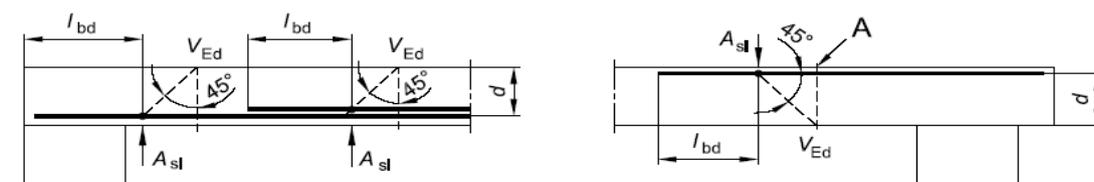
§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V_{Ed}	46.33	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12	[-]
Coefficiente k	k	1.76	[-]
		1.76	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0.0016157	[-]
		0.0016157	[-]

figura 6.3 Definizione di A_{sl} nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	127.52	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	161.24	[kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	161.24	[kN]

Pertanto la ciabatta a valle non necessita di un'opportuna armatura a taglio.

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS

Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	M_{Ed}	9.4	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	n	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	400	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	50	[mm]
Altezza utile della sezione	d	350	[mm]
Area dell'armatura tesa	A_s	565	[mm ²]
Area dell'armatura compressa	A'_s	565	[mm ²]
Posizione dell'asse neutro	x	67.14	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	J	782043076	[mm ⁴]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	19.2	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	σ_s	360	[MPa]
Tensione nel calcestruzzo	σ_c	0.80	[MPa]
Tensione nell'armatura tesa	σ_s	50.73	[MPa]

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS

Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	M_{Ed}	9.4	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	n	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	j	400	[-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[-]
Copriferro	d'	50	[-]
Altezza utile della sezione	d'	350	[-]
Area dell'armatura tesa	A_s	565	[mm ²]
Area dell'armatura compressa	A'_s	565	[mm ²]
Posizione dell'asse neutro	x	67.14	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	J	782043076	[mm ⁴]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	14.4	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	σ_s	360	[MPa]
Tensione nel calcestruzzo	σ_c	0.80	[MPa]
Tensione nell'armatura tesa	σ_s	50.73	[MPa]

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS

Controllo tensionale per la Combinazione Frequente

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	M_{Ed}	9.4	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	n	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	j	400	[MPa]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[-]
Copriferro	d'	50	[kNm]
Altezza utile della sezione	d'	350	[kNm]
Area dell'armatura tesa	A_s	565	[mm ²]
Area dell'armatura compressa	A'_s	565	[mm ²]
Posizione dell'asse neutro	x	67.14	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	J	782043076	[mm ⁴]
Tensione nel calcestruzzo	σ_c	0.80	[MPa]
Tensione nell'armatura tesa	σ_s	50.73	[MPa]

CONTROLLO DI FESSURAZIONE A SLS

Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	400	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	50	[mm]
Altezza utile della sezione	d	350	[mm]
Area dell'armatura tesa	A_s	565	[mm ²]
Area dell'armatura compressa	A'_s	565	[mm ²]
Distanza tra il bordo del cls e l'armatura	c	30	[mm]
Distanza tra i baricentri delle barre	s	200	[mm]
Distanza massima di riferimento tra le barre	$s_{rif,max}$	180	[mm]

Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Quasi Permanente			
Momento sollecitante per la combinazione Quasi Permanente	M_{Ed,q.p.}	9.35	[kNm]
Durata del carico		lunga	[-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	67.14	[mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ_s	50.73	[MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.0	[MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k_f	0.4	[-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	110.953225	[mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	110953.225	[mm ²]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.00510	[-]
Rapporto tra E_s/E_{cm}	α_e	6.00	[-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	-0.000969	[-]
		0.000152	[-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	ϕ_{eq}	12.00	[mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k_1	0.8	[-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k_2	0.5	[-]
	k_3	3.4	[-]
	k_4	0.425	[-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	502.27	[mm]
		432.72	[mm]
Ampiezza delle fessure	w_k	0.0659	[mm]
Ampiezza massima delle fessure	w_{max}	0.3	[mm]
Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Frequente			
Momento sollecitante per la combinazione Frequente	M_{Ed,freq.}	9.35	[kNm]
Durata del carico		lunga	[-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	67.14	[mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ_s	50.73	[MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.0	[MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k_f	0.4	[-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	110.953225	[mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	110953.225	[mm ²]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.00510	[-]
Rapporto tra E_s/E_{cm}	α_e	6.00	[-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	-0.000969	[-]
		0.000152	[-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	ϕ_{eq}	12.00	[mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k_1	0.8	[-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k_2	0.5	[-]
	k_3	3.4	[-]
	k_4	0.425	[-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	502.27	[mm]
		432.72	[mm]
Ampiezza delle fessure	w_k	0.0659	[mm]
Ampiezza massima delle fessure	w_{max}	0.3	[mm]
Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica			
Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica	M_{Ed,charatt.}	9.35	[kNm]
Durata del carico		lunga	[-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	67.14	[mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ_s	50.73	[MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.0	[MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k_f	0.4	[-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	110.953225	[mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	110953.225	[mm ²]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.00510	[-]
Rapporto tra E_s/E_{cm}	α_e	6.00	[-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	-0.000969	[-]
		0.000152	[-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	ϕ_{eq}	12.00	[mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k_1	0.8	[-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k_2	0.5	[-]
	k_3	3.4	[-]
	k_4	0.425	[-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	502.27	[mm]
		432.72	[mm]
Ampiezza delle fessure	w_k	0.0659	[mm]
Ampiezza massima delle fessure	w_{max}	0.3	[mm]