

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. CORPO STRADALE E GEOTECNICA

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO LINEA FERROVIARIA ROMA-VITERBO

TRATTA CESANO VIGNA DI VALLE

Muro ad U dal km 37+310 al km 37+570

Relazione di calcolo muro ad "U"

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

NR 1 J 0 1 D 2 9 CL RI 0 0 0 5 0 1 2 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	F.Serrau	10-2018	M. Arcangeli	10-2018	T. Paoletti	10-2018	F. Arduini 10-2018
B	Revisione	F.Serrau <i>F.Serrau</i>	Magg.2020	M.Monda <i>MM</i>	Magg.2020	T. Paoletti <i>T.Paoletti</i>	Magg.2020	ITALFERR s.p.a. Direzione Tecnica Infrastrutture Centro Com. It. Ing. Arduini Via. S. Felice Arduini n. 15902, tel. 4

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	2 di 137

INDICE

1.	PREMESSA	5
2.	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	6
2.1	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	6
2.2	ELABORATI DI PROGETTO DI RIFERIMENTO	6
3.	UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA	8
4.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	9
4.1	CALCESTRUZZO	9
4.2	ACCIAIO DI ARMATURA - BARRE	9
5.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	11
6.	CRITERI PROGETTUALI	12
6.1	VITA NOMINALE	12
6.2	CLASSE D'USO	12
6.3	PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA.....	12
7.	ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO	13
7.1	PESO PROPRIO (G1-PPROP)	13
7.1.1	<i>Struttura tipo A</i>	13
7.1.2	<i>Struttura tipo B</i>	13
7.2	PERMANENTI PORTATI: SPINTA DEL TERRENO (G23-SPTDs e G24-SPTSS).....	13
7.3	PERMANENTI PORTATI: BALLAST, CALCESTRUZZO E MARCIAPIEDI (G21-BAL E G22-PP FOND).....	14
7.4	CARICHI ACCIDENTALI SULLA FONDAZIONE – CARICHI TRENO (QK1-CT).....	14
7.5	CARICHI DA PALI T.E.....	16
7.6	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA (E1-SISMAx+vo E E2-SISMAx-vo)	17
8.	COMBINAZIONI DI CARICO	20

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	3 di 137

8.1	COMBINAZIONI ELEMENTARI DI CALCOLO	20
8.2	DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI DI CARICO.....	20
9.	MODELLAZIONE STRUTTURALE	25
9.1	MODELLAZIONE ADOTTATA.....	25
9.1.1	<i>Muro tipo A</i>	25
9.1.2	<i>Muro tipo B</i>	29
9.2	RISULTATI ANALISI STRUTTURALE PER STRUTTURA TIPO A	34
9.3	RISULTATI ANALISI STRUTTURALE PER STRUTTURA TIPO B	40
10.	VERIFICHE STR - STRUTTURA TIPO A.....	47
10.1	VERIFICA PIEDRITTI.....	47
10.1.1	<i>Verifica allo spiccato</i>	47
10.1.2	<i>Verifica a quota rastremazione</i>	54
10.2	VERIFICA SOLETTA IN FONDAZIONE	61
10.3	RIEPILOGO VERIFICHE A FESSURAZIONE.....	70
11.	VERIFICHE STR - STRUTTURA TIPO B.....	71
11.1	VERIFICA PIEDRITTI.....	71
11.1.1	<i>Verifica allo spiccato</i>	71
11.1.2	<i>Verifica a quota rastremazione</i>	79
11.2	VERIFICA SOLETTA IN FONDAZIONE	86
11.3	RIEPILOGO VERIFICHE A FESSURAZIONE.....	95
12.	VERIFICHE GEO – STRUTTURA TIPO A	96
13.	VERIFICHE GEO – STRUTTURA TIPO B	101
14.	INCIDENZA ARMATURA	106
	ALLEGATO 1 – ANALISI, ZONE DI PRESENZA DI PORTALE T.E.....	109

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	4 di 137

15. DESCRIZIONE	110
16. ANALISI DEI CARICHI IN ZONA DEL PORTALE DI ORMEGGIO.....	112
16.1 PESO PROPRIO (G1-PPROP)	112
16.2 PERMANENTI PORTATI: SPINTA DEL TERRENO (G23-SPTDs E G24-SPTSs).....	112
16.3 PERMANENTI PORTATI: BALLAST, CALCESTRUZZO E MARCIAPIEDI (G21-BAL E G22-PP FOND).....	113
16.4 CARICHI ACCIDENTALI SULLA FONDAZIONE – CARICHI TRENO (QK1-CT).....	113
16.5 CARICHI DA PORTALE ORMEGGIO.....	116
16.6 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA (E1-SISMAX+VO E E2-SISMAX-VO)	117
17. ANALISI E VERIFICHE STRUTTURALE DEL PLINTO	121
17.1 VERIFICHE STRUTTURALI PLINTO	122
18. ANALISI STRUTTURALE MURO AD U	124
18.1 RISULTATI DELLE ANALISI STRUTTURALE MURO AD U	125
19. VERIFICHE STR FONDAZIONE	127
19.1 VERIFICA SOLETTA IN FONDAZIONE	127

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	5 di 137

1. PREMESSA

Il progetto di raddoppio della tratta Cesano – Vigna di Valle, sulla linea ferroviaria Roma – Viterbo, costituisce la prima fase funzionale del più esteso intervento di raddoppio tra Cesano e Bracciano, previsto dal recente Accordo Quadro tra Regione Lazio e RFI del 22/02/2018.

Nella presente relazione sono illustrati i calcoli e le verifiche del muro ad U dal km 37+310 al km 37+570.

Il muro ha uno sviluppo longitudinale in asse tracciato di 260 m, trasversalmente è largo 18.70 m ed ha un'altezza netta variabile con un massimo di 12.80 m.

Due tipi di geometria sono considerati, dependendo all'altezza netta. Tipo A, che è valide tra km 37+310 e km 37+431 (conci da 1 a 10) ha i parametri seguenti: piedritti con uno spessore di base di 1.20 (per una altezza di 4m) e 0.60 in testa (con altezza variabile tra 2.7 e 5.0m), mentre la fondazione ha uno spessore costante di 1.20 m per tutto lo sviluppo longitudinale. Tipo B, che è valide tra km 37+431 e km 37+570 (conci da 11 a 22) ha i parametri seguenti: piedritti con uno spessore di base di 1.80 (per una altezza di 5.5m) e 0.90 in testa (con altezza variabile tra 3.5 e 5.5m), mentre la fondazione ha uno spessore costante di 1.80 m per tutto lo sviluppo longitudinale.

Nella presente relazione vengono fornite le principali indicazioni inerenti il calcolo e le verifiche strutturali dei suddetti muri.

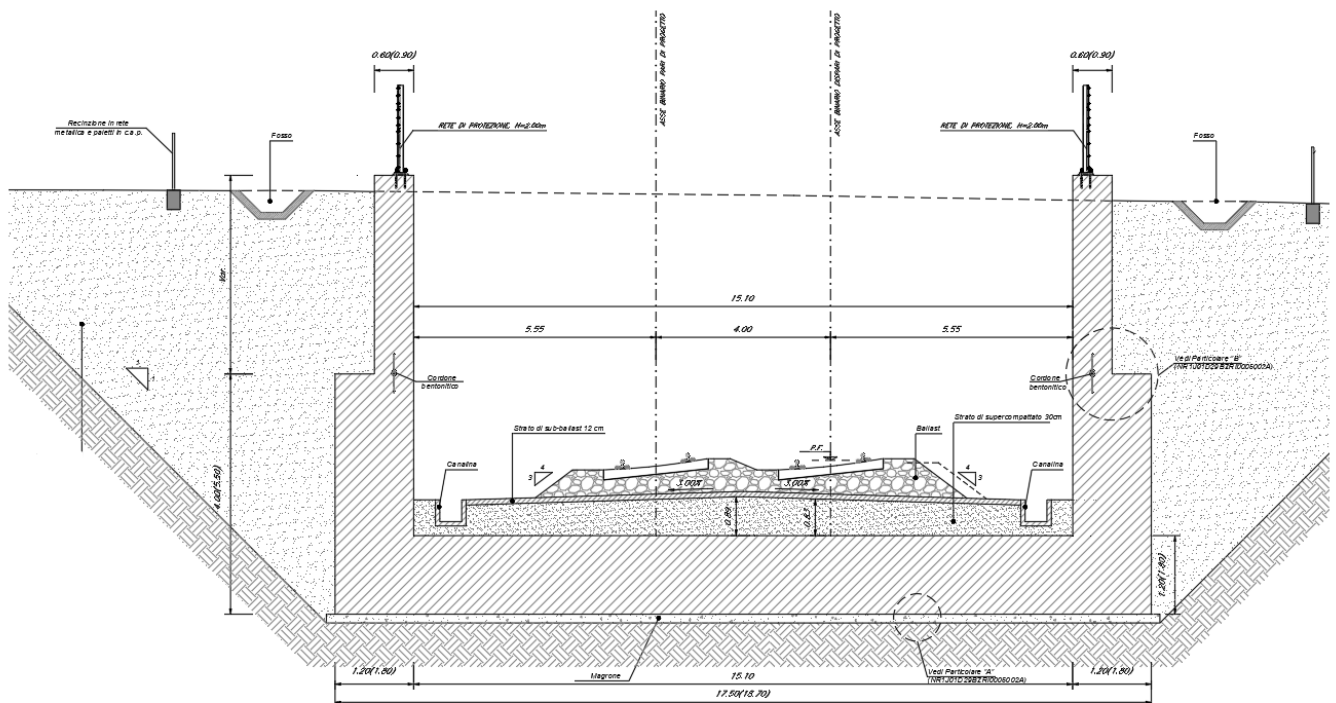


Fig. 1 – Sezione trasversale tipo

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	6 di 137

2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

2.1 Normative di riferimento

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le prescrizioni contenute nelle seguenti normative:

- [1] D.M. 17.01.2018 Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
- [2] Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l’Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;
- [3] RFI DTC SI CS MA IFS 001 B del 22-12-17: “Manuale di Progettazione delle Opere Civili” (MdP 2018) Parte II - Sezione 3: Corpo stradale;
- [4] RFI DTC SI CS MA IFS 001 B del 22-12-17: “Manuale di Progettazione delle Opere Civili” (MdP 2018) Parte II - Sezione 2: Ponti e strutture;
- [5] UNI EN 206-1:2016. “Calcestruzzo – Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- [6] UNI 11104-2016: “Calcestruzzo,” Classi di esposizione per calcestruzzo strutturale, in funzione delle condizioni ambientali”;
- [7] UNI EN 1992-1-1:2015. “Eurocodice 2: Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;
- [8] UNI EN 1997-1:2013 – “Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali”;
- [9] UNI EN 1998-5:2005 – “Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.

2.2 Elaborati di progetto di riferimento

Muro ad U - km km 37+310 - 37+570 - Planimetria di tracciamento, profilo e sezioni 1	Varie	N	R	1	J	0	1	D	2	9	P	Z	R	I	0	0	0	5	0	2	6
Muro ad U - km 37+310 - 37+570 - Planimetria di tracciamento, profilo e sezioni 2	Varie	N	R	1	J	0	1	D	2	9	P	Z	R	I	0	0	0	5	0	2	7
Muro ad U - km 37+310 - 37+570 - Planimetria di tracciamento, profilo e sezioni 3	Varie	N	R	1	J	0	1	D	2	9	P	Z	R	I	0	0	0	5	0	2	8
Muro ad U - km 37+310 - 37+570 - Scavi e opere provvisionali - pianta e sezioni 1	Varie	N	R	1	J	0	1	D	2	9	P	Z	R	I	0	0	0	5	0	2	9
Muro ad U - km km 37+310 - 37+570 - Scavi e opere	Varie	N	R	1	J	0	1	D	2	9	P	Z	R	I	0	0	0	5	0	3	0

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	7 di 137

provvisionali - pianta e sezioni 2

Muro ad U - km km 37+310 -
37+570 - Particolari costruttivi

Varie	N	R	1	J	0	1	D	2	9	B	Z	R	I	0	0	0	5	0	0	2
-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	8 di 137

3. UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA

Si utilizza il Sistema Internazionale. Di seguito si riportano le descrizioni delle unità di misura principali:

- unità di misura principali

N	(Newton)	unità di forza
m	(metro)	unità di lunghezza
kg	(kilogrammo-massa)	unità di massa
s	(secondo)	unità di tempo

- unità di misura derivate

kN	(kiloNewton)	10^3 N
MN	(megaNewton)	10^6 N
kgf	(kilogrammo-forza)	1 kgf = 9.81 N
cm	(centimetro)	10^{-2} m
mm	(millimetro)	10^{-3} m
Pa	(Pascal)	1 N/m ²
kPa	(kiloPascal)	10^3 N/m ²
Mpa	(megaPascal)	10^6 N/m ²
N/m³	(peso specifico)	
g	(accelerazione di gravità)	~ 9.81 m/s ²

- corrispondenze notevoli

1 MPa	=	1 N/mm ²
1 MPa	~	10 kgf/cm ²
1 kN/m ³	~	100 kgf/m ³

Si utilizzano i seguenti principali simboli con le relative unità di misura normalmente adottate:

γ	(gamma)	peso dell'unità di volume	(kN/m ³)
σ	(sigma)	tensione normale	(N/mm ²)
τ	(tau)	tensione tangenziale	(N/mm ²)
ε	(epsilon)	deformazione	(m/m - adimensionale)
φ	(fi)	angolo di resistenza	(° sessagesimali)

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	9 di 137

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

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

4.1 Calcestruzzo

- γ_c = peso specifico = 25,00 kN/m³;
- Classe di resistenza = C30/37;
- R_{ck} = resistenza cubica = 37.00 N/mm²;
- f_{ck} = resistenza cilindrica caratteristica = 0.83 R_{ck} = 30.71 N/mm²;
- f_{cm} = resistenza cilindrica media = $f_{ck} + 8$ = 38.71 N/mm²;
- f_{ctm} = resistenza a trazione media = $0.30 \times f_{ck}^{2/3}$ = 2.94 N/mm²;
- f_{ctm} = resistenza a traz. per flessione media = $1.20 \times f_{ctm}$ = 3.53 N/mm²;
- f_{ctk} = resistenza a traz. per flessione caratt. = $0.70 \times f_{ctm}$ = 2.47 N/mm²;
- E_{cm} = modulo elast. tra 0 e $0.40f_{cm}$ = $22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$ = 33019 N/mm²;
- Tolleranza di posa del copriferro = 0 mm;
- Classe di esposizione XC3 ;
- Copriferro = 40 mm;
- Condizioni ambientali: Ordinarie;
- Apertura fessure limite: $w_2 = 0.3$ mm .

4.2 Acciaio di Armatura - Barre

Tipo = B 450 C

- γ_a = peso specifico = 78,50 kN/m³;
- $f_{y\ nom}$ = tensione nominale di snervamento = 450 N/mm²;
- $f_{t\ nom}$ = tensione nominale di rottura = 540 N/mm²;
- $f_{yk\ min}$ = minima tensione caratteristica di snervamento = 450 N/mm²;
- $f_{tk\ min}$ = minima tensione caratteristica di rottura = 540 N/mm²;
- $(f_t/f_y)_{k\ min}$ = minimo rapporto tra i valori caratteristici = 1,15;
- $(f_t/f_y)_{k\ max}$ = massimo rapporto tra i valori caratteristici = 1,35;
- $(f_y/f_{y\ nom})_k$ = massimo rapporto tra i valori nominali = 1,25;
- $(A_{gt})_k$ = allungamento caratteristico sotto carico massimo = 7,5 %;
- $\emptyset_{\ min}$ = minimo diametro consentito delle barre = 10 mm;
- $\emptyset_{\ max}$ = massimo diametro consentito delle barre = 40 mm;
- E = modulo di elasticità dell'acciaio = 206000 N/mm².

Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	10 di 137

- $\varnothing < 12$ mm 4 \varnothing ;
- $12 \leq \varnothing \leq 16$ mm 5 \varnothing ;
- $16 < \varnothing \leq 25$ mm 8 \varnothing ;
- $25 < \varnothing \leq 40$ mm 10 \varnothing .

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	11 di 137

5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Di seguito si riporta la scheda geotecnica del tratto in oggetto.

- Modello geotecnico n° 8, dalla pk 37+250 alla pk 38+000

Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione	Peso di volume γ [kN/m ³]	Tipo di terreno	Angolo di resistenza al taglio ϕ' (°)	C' (kPa)	Cu (kPa)	Modulo elastico Eop (MPa)
1	0.00	9.00	Limo argilloso mediamente addensato con sabbia (terreno eluviale)	18.00	GF	25.00	5.00	30.00	20.00
2	9.00	30.00	Depositi vulcanici - Sabbia limosa argillosa con ghiaia mediamente addensata	18.00	GG	34.00	0.00	-	50.00
Falda: non rilevata									
Categoria di suolo: B									

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	12 di 137

6. CRITERI PROGETTUALI

6.1 Vita Nominale

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

Nel presente caso l'opera viene inserita nella seguente tipologia di costruzione:

2) Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale

La cui vita nominale è pari a: 75 anni.

6.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, l'opera appartiene alla seguente classe d'uso:

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza.

Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Il coefficiente d'uso è pari a: 1.00.

6.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione al periodo di riferimento V_R ricavato, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_u , pertanto $V_R = 75 \times 1 = 75$ anni.

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	13 di 137

7. ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO

Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari che agiscono sulla struttura in oggetto. Tali azioni sono definite secondo le normative e sono utilizzate per la generazione delle combinazioni di carico nell'ambito delle verifiche di resistenza, in esercizio e in presenza dell'evento sismico. Tutti i carichi elementari si riferiscono a un concio longitudinale di lunghezza unitaria, pertanto sono tutti definiti rispetto all'unità di lunghezza.

7.1 Peso proprio (G1-PProp)

Il peso proprio del muro ad U viene calcolato in automatico dal programma di calcolo utilizzato.

7.1.1 Struttura tipo A

- Spessore soletta di fondazione: 1.20 m;
- Piedritti – spessore magro: 0.60 m;
- Piedritti – spessore spesso: 1.20 m;
- Larghezza netta: 15.10 m;
- Altezza netta: 9.00 m.

7.1.2 Struttura tipo B

- Spessore soletta di fondazione: 1.80 m;
- Piedritti – spessore magro: 0.90 m;
- Piedritti – spessore spesso: 1.80 m;
- Larghezza netta: 15.10 m;
- Altezza netta: 11.00 m.

7.2 Permanenti portati: spinta del terreno (G23-SPTDs e G24-SPTSs)

Le spinte del terreno di rinfianco vengono calcolate assumendo alternativamente uno scenario di spinta non equilibrata sui due piedritti con spinta a riposo sul piedritto destro e spinta a riposo ridotta a 0.60 sul piedritto sinistro. Il caso opposto non viene considerato a causa della natura simmetrica della struttura.

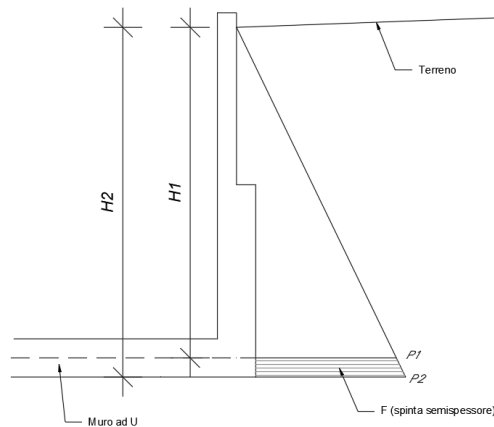
I caratteristici del riempimento usato sono:

- peso di volume $\gamma = 19 \text{ kN/mc}$;
- angolo di attrito $\varphi' = 35^\circ$;
- coesione efficace $c' = 0$.

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	14 di 137



Muro tipo A

$$K_0 = 1 - \sin \phi = 1 - \sin(35^\circ) = 0.426$$

$$\text{Spinta in asse sol. inf. } P_1 = H_1 * K_0 * \gamma = 9.6\text{m} * 0.426 * 19\text{kN/m}^3 = 77.70 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Spinta alla quota di intradosso sol.inf. } P_2 = H_2 * K_0 * \gamma = 10.2\text{m} * 0.426 * 19\text{kN/m}^3 = 82.56 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Spinta semispessore sol. inf. } F = (P_1 + P_2) * h/2 = (77.7+82.56) * 0.60/2 = 48.08 \text{ kN/m}$$

Muro tipo B

$$K_0 = 1 - \sin \phi = 1 - \sin(35^\circ) = 0.426$$

$$\text{Spinta in asse sol. inf. } P_1 = H_1 * K_0 * \gamma = 11.65\text{m} * 0.426 * 19\text{kN/m}^3 = 94.30 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Spinta alla quota di intradosso sol.inf. } P_2 = H_2 * K_0 * \gamma = 12.55\text{m} * 0.426 * 19\text{kN/m}^3 = 101.58 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Spinta semispessore sol. inf. } F = (P_1 + P_2) * h/2 = (94.30+101.58) * 0.90/2 = 88.15 \text{ kN/m}$$

7.3 Permanenti portati: Ballast, calcestruzzo e marciapiedi (G21-BAL e G22-PP Fond)

Ballast

- Lo spessore medio del ballast è 0.8 m;
- $\gamma_B = \text{peso specifico} = 18,00 \text{ kN/m}^3$;
- $q_b = 14.4 \text{ kN/m}^2$.

Soletta sotto ballast

- Lo spessore medio della soletta è 0.92 m;
- $\gamma_B = \text{peso specifico} = 25,00 \text{ kN/m}^3$;
- $q_b = 23 \text{ kN/m}^2$.

7.4 Carichi accidentali sulla fondazione – carichi treno (Qk1-CT)

I carichi verticali sono definiti per mezzo di modelli di carico, in particolare sono forniti due treni di carico distinti: il primo rappresentativo del traffico normale LM71, il secondo rappresentativo del traffico pesante SW2.

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	15 di 137

Coefficiente di adattamento α

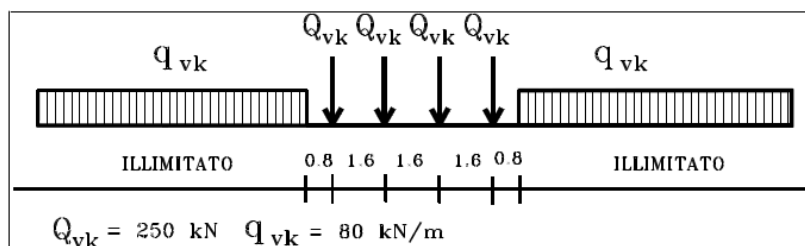
I valori dei suddetti carichi relativi alla configurazione LM71 e SW2 dovranno essere moltiplicati per un coefficiente di adattamento, variabile in ragione della tipologia dell'Infrastruttura (ferrovia ordinaria, ferrovia leggera metropolitana), viene di seguito riportata la tabella con la variabilità del coefficiente in base al tipo di linea o categoria di linea

Tipi di linea o categorie di linea STI	Valore minimo del fattore alfa (α)
IV	1.1
V	1.0
VI	1.1
VII-P	0.83
VII-F, VII-M	0.91

Per completezza di informazioni viene di seguito riportata la tabella attinente alla categorie di linea STI per il sottosistema Infrastruttura del sistema ferroviario convenzionale:

Categorie di linea STI		Tipo di traffico		
		Traffico passeggeri (P)	Traffico merci (F)	Traffico misto (M)
Tipo di linea	Nuova linea TEN fondamentale (IV)	IV-P	IV-F	IV-M
	Linea TEN fondamentale ristrutturata (V)	V-P	V-F	V-M
	Altra nuova linea TEN (VI)	VI-P	VI-F	VI-M
	Altra linea TEN ristrutturata (VII)	VII-P	VII-F	VII-M

Treno di carico LM71



E' stato applicato un carico distribuito equivalente dei 4 assi 250 kN ad interasse 1.60 m.

$$q_{\text{equivalente}} = 4 \times 250 / 6.40 = 156.25 \text{ kN/m.}$$

La distribuzione trasversale è come segue:

Lunghezza della traversa pari a 2.4m;

Distribuzione attraverso il ballast è con un pendio di 4:1 (Fig. 5.2.5 dal NTC 2018) e un spessore minimo del ballast sotto le traverse pari a 0.3m;

La distribuzione attraverso la solleta sotto-ballast con un angolo di 45°.

Larghezza di diffusione in direzione trasversale è pari a $2.4 + 0.3 \times 2 / 4 + 2 \times 0.92 = 4.39\text{m}$

$$Q_{vk} = 4 \times 250 / (6.40 \times 4.39) = 35.59 \text{ kN/m}^2$$

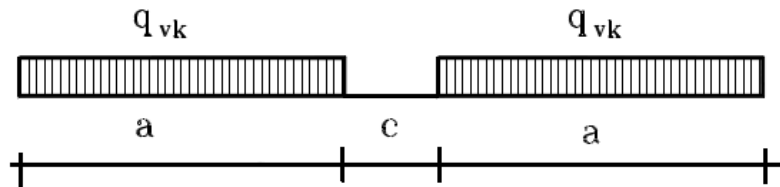
$$q = q_{\text{equivalente}} \times \alpha \times \varphi = 35.59 \times 1.10 = \mathbf{39.15 \text{ kN/m}^2}$$

$$q_{vk} = 80 / 4.39 = 18.22 \text{ kN/m}^2$$

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	16 di 137

$$q = q_{\text{equivalente}} \times \alpha \times \varphi = 18.22 \times 1.10 = \mathbf{20.05 \text{ kN/m}^2}$$

Treno di carico SW2



$$q_{\text{equivalente}} = 150/4.39 = 34.17 \text{ kN/m}^2$$

$$q = q_{\text{equivalente}} \times \alpha \times \varphi = 34.17 \times 1.00 \times 1.00 = \mathbf{34.17 \text{ kN/m}^2}$$

Ai fini del dimensionamento del muro di sostegno si considera il treno LM71 in quanto presenta un valore maggiore del carico verticale rispetto al treno SW/2.

Forza centrifuga

Le forze centrifughe sono definite sd 5.2.2.3.1 del NTC2018:

$$Q_{sk} = \frac{v^2}{g \cdot r} \cdot (f \cdot \alpha Q_{tk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} \cdot (f \cdot \alpha Q_{tk})$$

dove:

Q_{tk} - q_{tk} = valore caratteristico della forza centrifuga [kN -kN/m];

Q_{vk} - q_{vk} = valore caratteristico dei carichi verticali [kN -kN/m];

α = coefficiente di adattamento;

v = velocità di progetto espressa in m/s;

V = velocità di progetto espressa in km/h;

f = fattore di riduzione (definito in seguito nella 5.2.10);

g = accelerazione di gravità in m/s²;

r = raggio di curvatura in m.

$f = 1$ per $V \leq 120$ km/h;

Nel caso più critico $Q_{tk} = [115^2/(127 \cdot 640)] \times [1 \cdot 1.1 \cdot 39.15] = 6.89 \text{ kN/m}^2$ distribuiti su 4,39m nella direzione trasversale sotto ogni binario.

Sepeggio:

$$Q_{sk} = 100 \text{ kN} \Rightarrow 22.78 \text{ kN/m}$$

7.5 Carichi da pali T.E.

A distanze fissate, ci sono pali T.E. supportati sulla solleta di fondazione del muro ad U. I carichi dovuti a questi pali sono come segue:

- peso sostegno tipo LSU18a – 550kg;
- peso sostegno tipo LSU16a – 458kg;

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	17 di 137

- Carpenteria varia per ogni sostegno – 500kg.
- Cautamente sono considerati solo i sostegni tipo LSU18a.
- I carichi dai pali sono applicati come forze concentrati a ogni lato della ferrovia con un valore di $-(550+500)*9.81 = 10.3\text{kN}$ (carico permanente portato)
- Carichi dovuti al vento non sono considerati, a causa della altezza dei pali (8200mm) che è più bassa di quella del muro e a causa della natura dei pali metallici quali sono di tipo traliccio.

7.6 Valutazione dell'azione sismica (E1-SISMAx+vo e E2-SISMAx-vo)

L'opera in oggetto viene progettata per una vita nominale $V_N = 75$ anni ed una classe d'uso II a cui corrisponde un coefficiente d'uso $C_U = 1.0$.

L'azione sismica di progetto è definita per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV). Il periodo di ritorno di quest'ultima - in funzione della vita utile, della classe d'uso, del tipo di costruzione e dello stato limite di riferimento (prima definiti) - è di 712 anni.

Essa, conformemente a quanto prescritto dalle Nuove Norme Tecniche, è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base del sito su cui l'opera insiste. Tale pericolosità sismica è descritta, in termini geografici e temporali:

- attraverso i valori di accelerazione orizzontale di picco a_g (attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale) e le espressioni che definiscono le ordinate del relativo spettro di risposta elastico in accelerazione $S_e(T)$;
- in corrispondenza del punto del reticolo che individua la posizione geografica dell'opera;
- con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} .

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate LONGITUDINE: LATITUDINE:

Ricerca per comune REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche

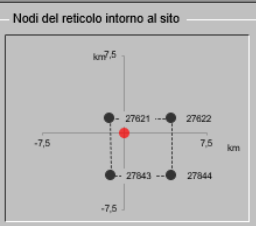
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento


Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione:



La "Ricerca per comune" utilizza le ... coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che ... all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

In particolare, la forma spettrale prevista dalla normativa è definita, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

- a_g , accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 , valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* , periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	18 di 137

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	45	0,038	2,654	0,252
SLD	75	0,044	2,669	0,276
SLV	712	0,074	2,941	0,351
SLC	1462	0,086	3,020	0,384

I suddetti parametri sono calcolati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il punto caratterizzante la posizione dell'opera utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici. Si assume un fattore di struttura $q=1$.

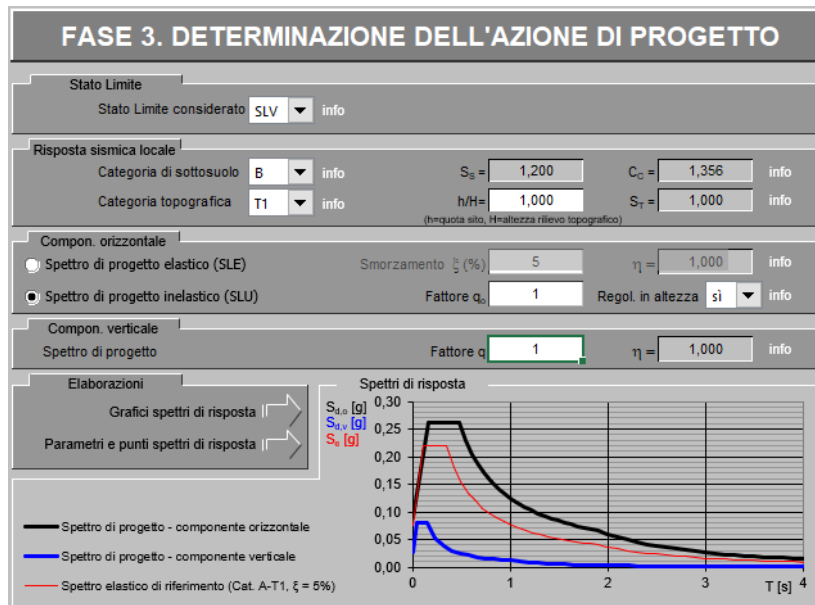
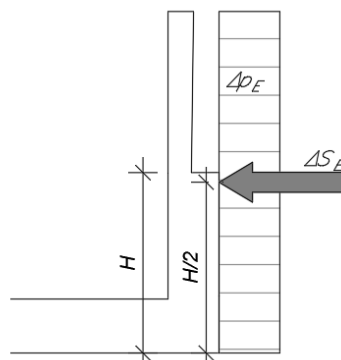


Fig. 2 – Spettro di risposta elastico

In condizione sismica si considera un incremento della spinta del terreno rispetto alla condizione statica in esercizio. La sovraspinta sismica è calcolata con la teoria di Wood, risultando in un valore di spinta al metro, distribuito uniformemente sull'intera altezza del piedritto, da applicare ad una quota pari ad $H/2$, cioè

$$\Delta S_E = k_h * \gamma * H_2$$

con ΔS_E applicata come mostrato nella figura seguente:



Sovraspinta sismica da teoria di Wood

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
NR1J 01 D 29 CL RI0005012 A 19 di 137

Sisma orizzontale					
Stato limite		Salvaguardia della vita - SLU -	SLV		
Vita nominale	Vr		75	anni	
Classe d'uso	Cu		1		
accelerazione orizzontale	ag/g		0.074		
amplificazione spettrale	Fo		2.941		
Categoria sottosuolo		A, B, C, D, E	B		
Coeff. Amplificazione stratigrafica	Ss		1.200		
Coeff. Amplificazione topografica	St		1		
Coefficiente S	S	=Ss · St	1.200		
accelerazione orizzontale max	amax/g	=ag/g · S	0.089		
Fattore di struttura	q		1.00		
Coefficiente βm	βm	Dal NTC2018, 7.11.6.2.1	1		
Coeff. sismico orizzontale	kh	=βm × amax/g	0.089		
Coeff. sismico verticale	kv	= ±0.5 · kh	0.045		
Forza orizz. sui piedritti di struttura Tipo A	FHp1	= βm (amax/g) · Sp · γ = 0.089 · (0.6*5+1.2*4.6)/9.6 · 25 =	1.97	kN/m²	
Forza orizz. sui piedritti di struttura Tipo B	FHp2	= βm (amax/g) · Sp · γ = 0.089 · (0.9*5.5+1.8*7.3)/12.8 · 25 =	3.14	kN/m²	
Spinta del terreno in fase sismica (Condizione SPSDX)					
Struttura Tipo A					
Risultante della spinta sismica	ΔSE1	= βm (amax/g) · γ · H ² = 1 · 0.089 · 19 · 10.2 ²	175.93	kN/m	
Pressione uniforme, risultante dalla spinta sismica	Δpe1	= ΔSE / (H - dfond/2) = 175.93 / 9.6	18.33	kN/m²	
Struttura Tipo B					
Risultante della spinta sismica	ΔSE2	= βm (amax/g) · γ · H ² = 1 · 0.089 · 19 · 12.55 ²	266.34	kN/m	
Pressione uniforme, risultante dalla spinta sismica	Δpe2	= ΔSE / (H - dfond/2) = 266.34 / 11.65	22.86	kN/m²	
Forze sismiche dai pali LSU					
Forze orriz. a base pali T.E	Hp	= βm (amax/g) · W = 0.089*10.3	0.92	kNm	
Momenti a base pali T.E.	Ms	= βm (amax/g) · W · H/2 = 0.089*10.3*8.2/2	3.76	kNm	

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	20 di 137

8. COMBINAZIONI DI CARICO

8.1 Combinazioni elementari di calcolo

In riferimento alle analisi di carico effettuate sono stati creati i casi di carico elementari impiegati poi nelle combinazioni di verifica ai vari Stati Limite riportati successivamente nella relazione.

Le combinazioni di carico elementari sono state poi combinate secondo i coefficienti dei vari stati limite indicati nel § 2 delle NTC18.

8.2 Definizione delle combinazioni di carico

Le combinazioni di carico sono stabilite, in modo da garantire la sicurezza, secondo quanto prescritto dal D.M. 17 gennaio 2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) e del MdP RFI. In accordo al § 2.5.3 del D.M. 17/01/18 “Combinazioni delle azioni”, ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (S.L.U.):

$$\gamma G1 \times G1 + \gamma G2 \times G2 + \gamma P \times P + \gamma Q1 \times Qk1 + \gamma Q2 \times \psi 02 \times Qk2 + \gamma Q3 \times \psi 03 \times Qk3 + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) irreversibili:

$$G1 + G2 + P + Qk1 + \psi 02 \times Qk2 + \psi 03 \times Qk3 + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) reversibili:

$$G1 + G2 + P + \psi 11 \times Qk1 + \psi 22 \times Qk2 + \psi 23 \times Qk3 + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (S.L.E.), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G1 + G2 + P + \psi 21 \times Qk1 + \psi 22 \times Qk2 + \psi 23 \times Qk3 + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2 D.M. 14/01/08):

$$E + G1 + G2 + P + \psi 21 \times Qk1 + \psi 22 \times Qk2 + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad (v. § 3.6 D.M. 14/01/08):

$$G1 + G2 + P + Ad + \psi 21 \times Qk1 + \psi 22 \times Qk2 + \dots \quad (2.5.6)$$

Nelle combinazioni per S.L.E., si intende che vengono omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi $G2$.

Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.). Nelle formule sopra riportate il simbolo “+” vuol dire “combinato con”.

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qi} sono dati in § 2.6.1, Tab. 2.6.I D.M. 17.01.2018:

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI0005012	REV. A	FOGLIO 21 di 137

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

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

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

γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili.

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli vanno sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati nella tabella seguente.

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	22 di 137

Tab. 5.2.IV - Valutazione dei carichi da traffico

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,0	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1,0	0,0	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,0	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6;0,4)	-	0,8 (0,6;0,4)	0,8 (0,6;0,4)	0,8 (0,6;0,4)	Fessurazione

(1) Includendo tutti i valori (F; a; etc..)

(2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1.0), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1,2 e 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali ed i coefficienti di combinazione ψ delle tabelle seguenti.

Tab. 5.2.V - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

Coefficiente			EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁵⁾	1,00 ⁽⁶⁾	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	γ_{Ce}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole	d	1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

Tab. 1 - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, eccezionali e sismica

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI0005012	REV. A	FOGLIO 23 di 137

Tab. 5.2.VI - Coefficienti di combinazione Ψ delle azioni

Azioni		Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	gr_1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽³⁾	0,0
Gruppi di	gr_2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽³⁾	-
carico	gr_3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽³⁾	0,0
	gr_4	1,00	1,00 ⁽³⁾	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

⁽¹⁾ 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

⁽²⁾ Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti Ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tab. 2 – Coefficienti di combinazione ψ delle azioni

Sono prese in considerazione le seguenti verifiche agli stati limite ultimi:

- SLU di tipo Geotecnico (GEO), relative a condizioni di:
Collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno;
- SLU di tipo strutturale (STR), relative a condizioni di:
Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Le verifiche sono svolte considerando il seguente approccio:

Approccio 2:

A1 + M1 + R3

Tale approccio prevede un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali che nelle verifiche geotecniche.

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

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

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche e

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Si ottengono le combinazioni riportate nella successiva tabella:

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
NR1J 01 D 29 CL RI0005012 A 24 di 137

Combinazione	Tipo di combinazione		G1-Pprop	G21-BAL	G22-PP Fond	Qk1-CT	G23-SPTDs	G24-SPTsS	E1-SISMAx+vo	E2-SISMAx-vo
SLU_01	Fondamentale - statica	γ	1,3	0	0	0	1,3	1,3	0	0
		ψ	1	0	0	0	1	1	1	1
SLU_02	Fondamentale - statica	γ	1,3	1,5	1,5	0	1,3	1,3	0	0
		ψ	1	1	1	1	1	1	1	1
SLU_03	Fondamentale - statica	γ	1,3	1,5	1,5	0	1,3	1,3	0	0
		ψ	1	1	1	1	1	0,6	1	1
SLU_04	Fondamentale - statica	γ	1	1	0	0	1	1	0	0
		ψ	1	1	1	1	1	0,6	1	1
SLU_05	Fondamentale - statica	γ	1,3	1,5	1,5	1,45	1,3	1,3	0	0
		ψ	1	1	1	1	1	1	1	1
SLU_06	Fondamentale - statica	γ	1,3	1,5	1,5	1,45	1,3	1,3	0	0
		ψ	1	1	1	1	1	0,6	1	1
SLV_01	Sismica	γ	1	1	1	1	1	1	1	0
		ψ	1	1	1	0,2	1	1	1	1
SLV_02	Sismica	γ	1	1	1	1	1	1	1	0
		ψ	1	1	1	0,2	1	0,6	1	1
SLV_03	Sismica	γ	1	1	1	1	1	1	0	1
		ψ	1	1	1	0,2	1	1	1	1
SLV_04	Sismica	γ	1	1	1	1	1	1	0	1
		ψ	1	1	1	0,2	1	0,6	1	1
SLV_05	Sismica	γ	1	1	1	0	1	1	1	0
		ψ	1	1	1	0,2	1	1	1	1
SLV_06	Sismica	γ	1	1	1	0	1	1	1	0
		ψ	1	1	1	0,2	1	0,6	1	1
SLV_07	Sismica	γ	1	1	1	0	1	1	0	1
		ψ	1	1	1	0,2	1	1	1	1
SLV_08	Sismica	γ	1	1	1	0	1	1	0	1
		ψ	1	1	1	0,2	1	0,6	1	1
SLE_01	Caratteristica/Rara	γ	1	1	1	1	1	1	0	0
		ψ	1	1	1	1	1	1	1	1
SLE_02	Caratteristica/Rara	γ	1	1	1	1	1	1	0	0
		ψ	1	1	1	1	1	0,6	1	1
SLE_03	Frequente	γ	1	1	1	1	1	1	0	0
		ψ	1	1	1	0,6	1	1	1	1
SLE_04	Frequente	γ	1	1	1	1	1	1	0	0
		ψ	1	1	1	0,6	1	0,6	1	1
SLE_05	Quasi permanente	γ	1	1	1	1	1	1	0	0
		ψ	1	1	1	0	1	1	1	1
SLE_06	Quasi permanente	γ	1	1	1	1	1	1	0	0
		ψ	1	1	1	0	1	0,6	1	1

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	25 di 137

9. MODELLAZIONE STRUTTURALE

Le analisi sono state condotte mediante l'ausilio del SAP2000, un Codice di calcolo F.E.M. (Finite Element Method) capace di gestire analisi lineari e non lineari ed analisi sismiche con integrazione al passo delle equazioni nel tempo. Dal modello sono state dedotte, per le combinazioni di calcolo statiche e sismiche descritte in precedenza, le sollecitazioni complessive agenti sugli elementi strutturali al fine di procedere con le verifiche di sicurezza previste dalle Normative di riferimento. Dallo stesso modello sono state poi ricavate le sollecitazioni agenti all'intradosso della soletta di fondazione necessarie ai fini delle verifiche geotecniche del sistema terreno-fondazione e delle verifiche strutturali.

Convenzione assi:

- x = asse trasversale dello scatolare
- y = asse longitudinale dello scatolare
- z = asse verticale dello scatolare

9.1 Modellazione adottata

9.1.1 Muro tipo A

Il modello di calcolo attraverso il quale viene discretizzata la struttura è a telaio. Per simulare il comportamento del terreno di fondazione vengono inserite **molle alla Winkler**.

La soletta inferiore viene divisa in elementi per poter schematizzare, tramite molle applicate, l'interazione terreno-struttura.

Il coefficiente di sottofondo alla Winkler viene determinato con la seguente relazione:

$$K = \frac{0.65E}{1-\nu^2} \sqrt[11]{\frac{Eb^4}{(EJ)_{fond}}}$$

dove:

E	= 15 MPa	modulo elastico del terreno
ν	= 0.3	coefficiente di poisson
B	= 1m	larghezza unitaria della fondazione
h	= 1.2 m	spessore della fondazione
J	= 0.144 m ⁴	inerzia trave
K _w	= 6661 kN/m ³	coefficiente di sottofondo alla Winkler.

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
NR1J 01 D 29 CL RI0005012 A 26 di 137

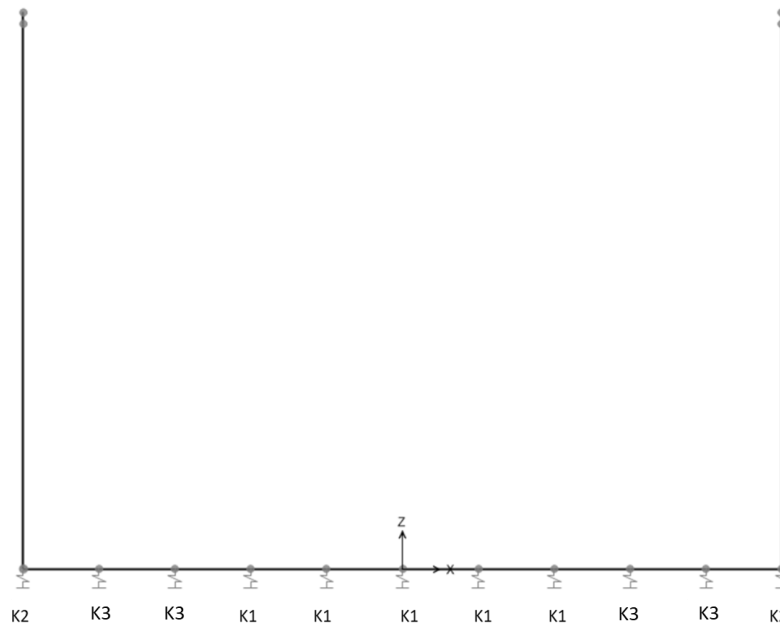


Fig. 3 – Modello struttura su suolo elastico

Rigidezze molle				
Interasse molle	i	$(1.20/2 + 15.10 + 1.20/2) / 10 =$	1.63	m
Molle centrali	K1	$6661 \cdot 1.63 =$	10857.43	kN/m
Molle di spigolo	K2	$2 \cdot 6661 \cdot (1.63/2 + 1.2/2) =$	18850.63	kN/m
Molle intermedie	K3	$1.5 \cdot K1$	16286.15	kN/m

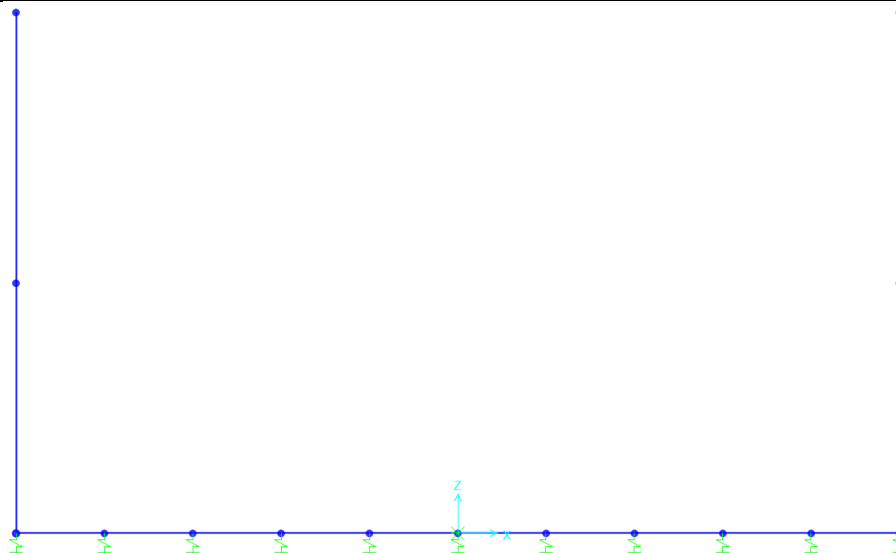


Fig. 4 – Modellazione EF

SectionName	Material	Shape	t3	t2	Area	TorsConst	I33	I22	I23
Text	Text	Text	m	m	m2	m4	m4	m4	m4
Fondazione	C30/37	Rectangular	1,2	1	1,2	0,198439	0,144	0,1	0
Piedritto - spessore magro	C30/37	Rectangular	0,6	1	0,6	0,045078	0,018	0,05	0
Piedritto - spessore spesso	C30/37	Rectangular	1,2	1	1,2	0,198439	0,144	0,1	0

RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
NR1J 01 D 29 CL RI0005012 A 27 di 137

SectionName	AS2	AS3	S33	S22	Z33	Z22	R33	R22
Text	m2	m2	m3	m3	m3	m3	m	m
Fondazione	1	1	0,24	0,2	0,36	0,3	0,34641	0,288675
Piedritto - spessore magro	0,5	0,5	0,06	0,1	0,09	0,15	0,173205	0,288675
Piedritto - spessore spesso	1	1	0,24	0,2	0,36	0,3	0,34641	0,288675

Tab. 3 – Caratteristiche geometriche degli elementi beam

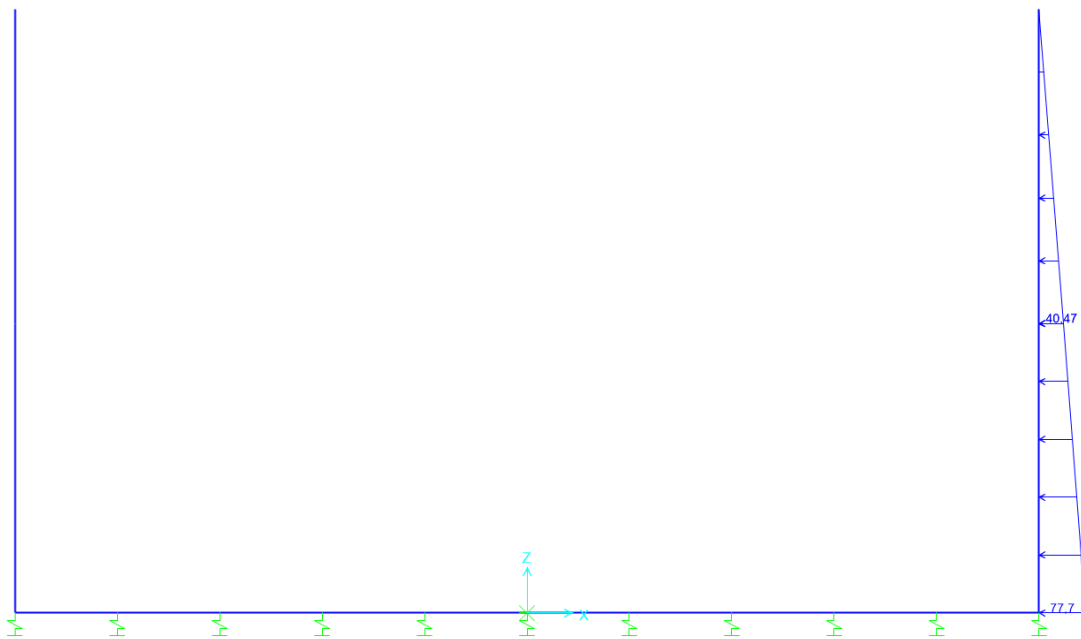


Figura 1: Spinta destra

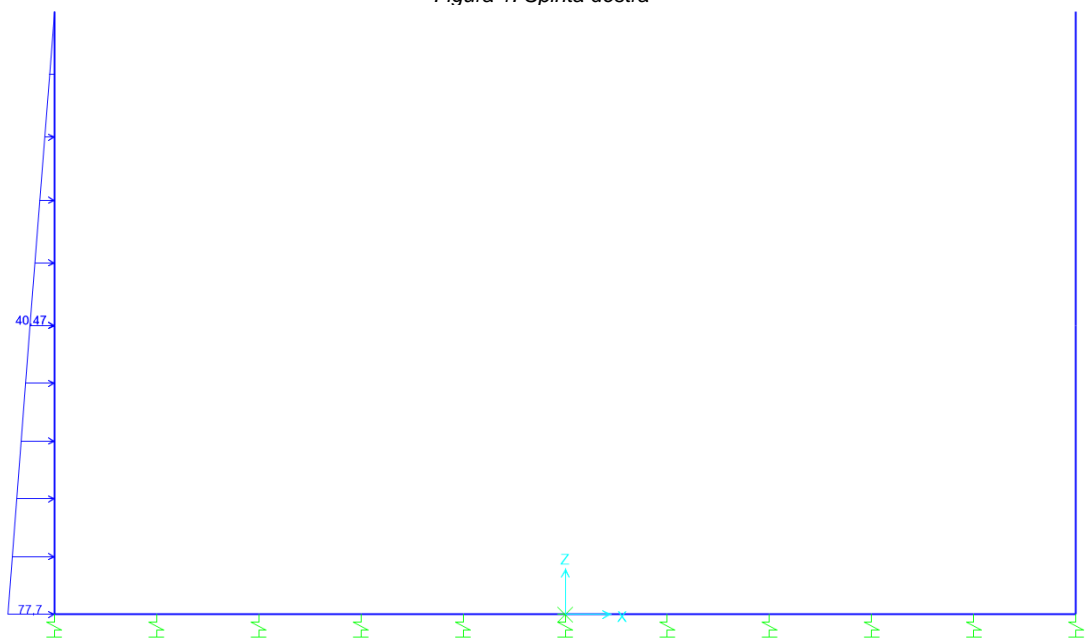


Figura 2: Spinta sinistra

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	28 di 137

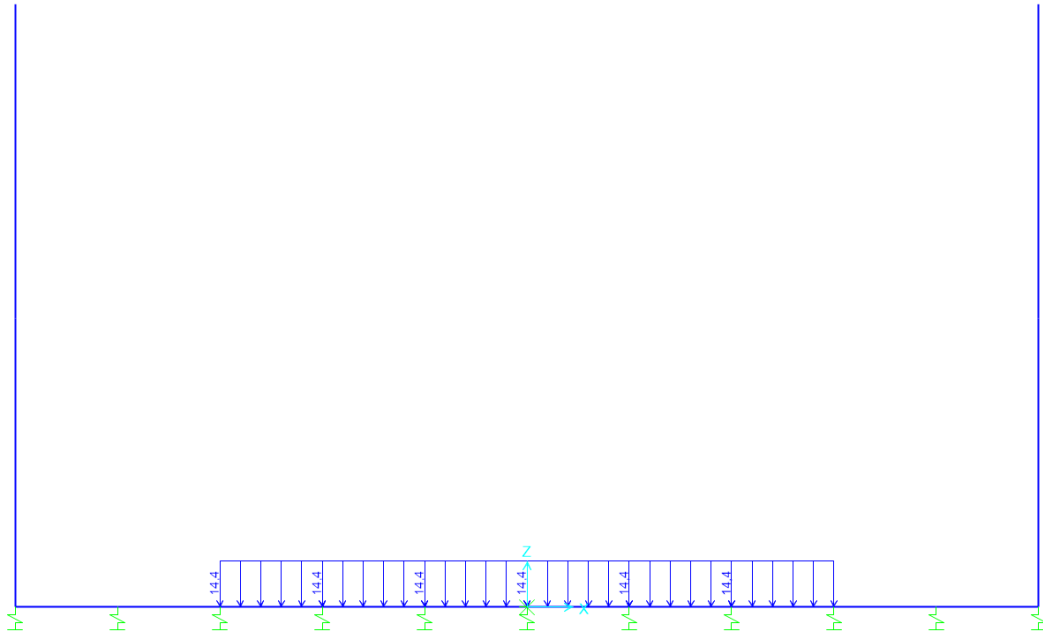


Figura 3: Ballast

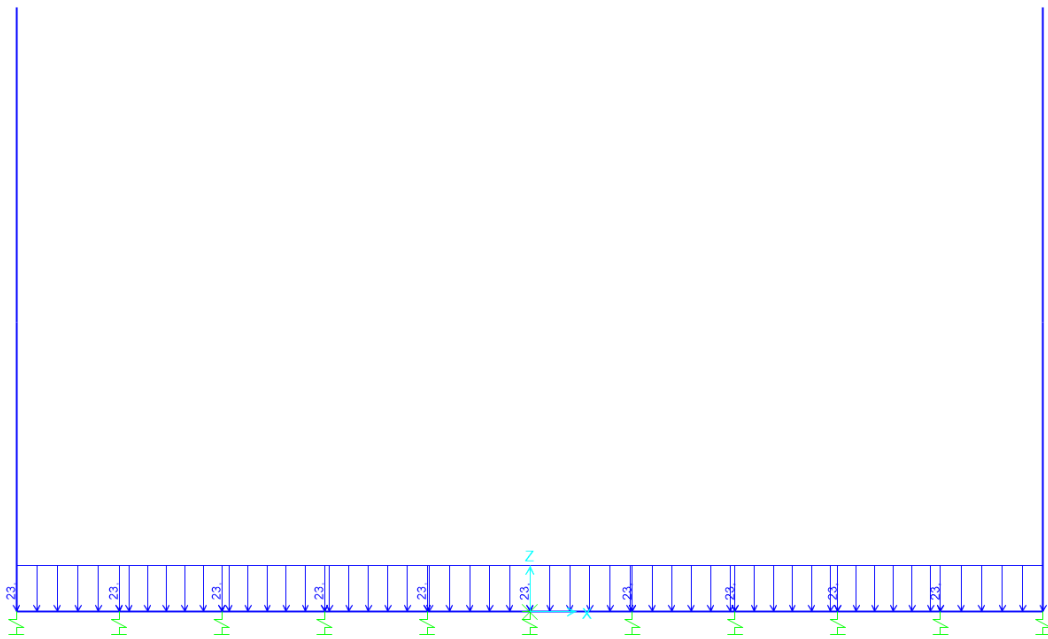


Figura 4: Permanenti portati sulla fondazione

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	29 di 137

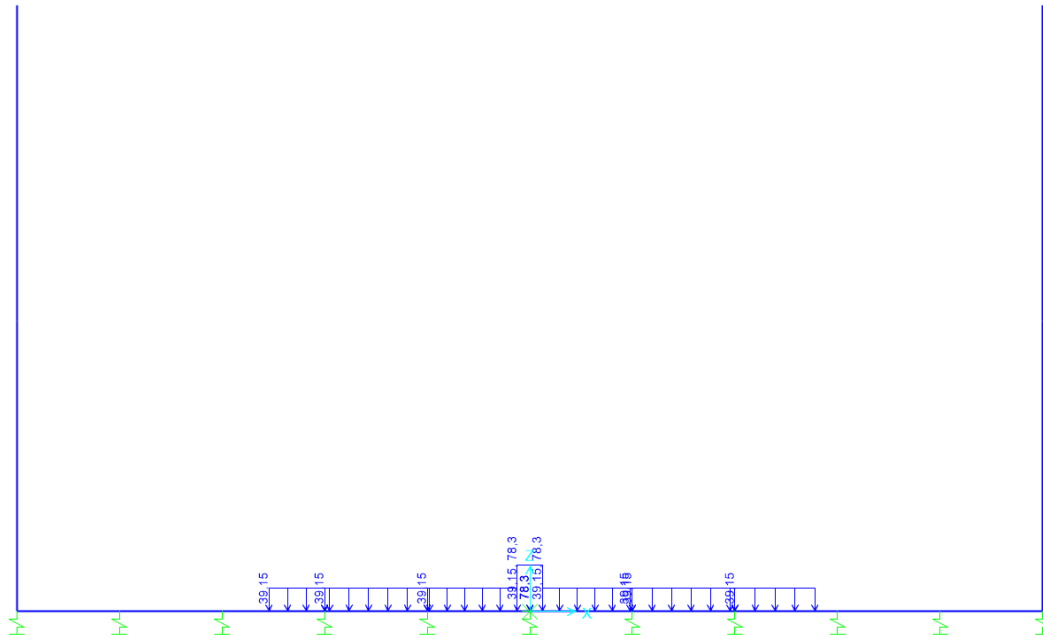


Figura 5: Carichi treni

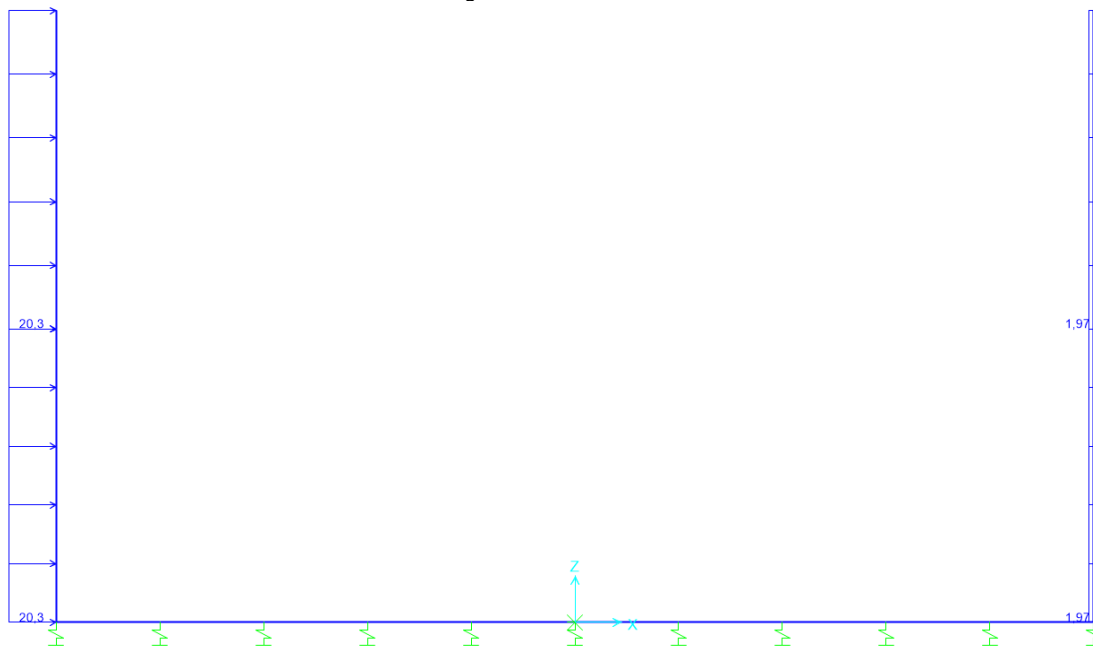


Figura 6: Sisma

9.1.2 Muro tipo B

Il modello di calcolo attraverso il quale viene discretizzata la struttura è a telaio. Per simulare il comportamento del terreno di fondazione vengono inserite **molle alla Winkler**.

La soletta inferiore viene divisa in elementi per poter schematizzare, tramite molle applicate, l'interazione terreno-struttura.

Il coefficiente di sottofondo alla Winkler viene determinato con la seguente relazione:

$$K = \frac{0,65E}{1-\nu^2} \sqrt[3]{\frac{Eb^4}{(EJ)_{fond}}}$$

dove:

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	30 di 137

- E = 15 MPa modulo elastico del terreno
- v = 0.3 coefficiente di poisson
- B = 1m larghezza unitaria della fondazione
- h = 1.8 m spessore della fondazione
- J = 0.486 m⁴ inerzia trave
- K_w = 5981 kN/m³ coefficiente di sottofondo alla Winkler.

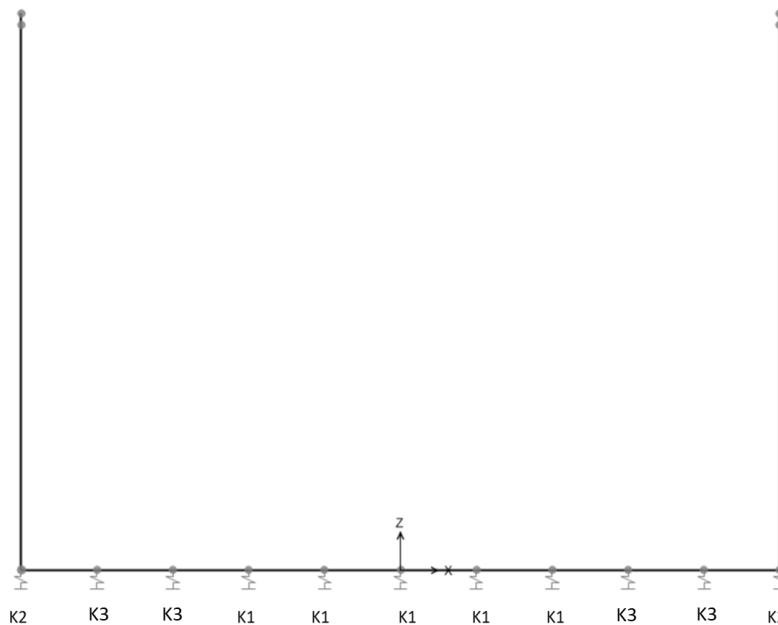
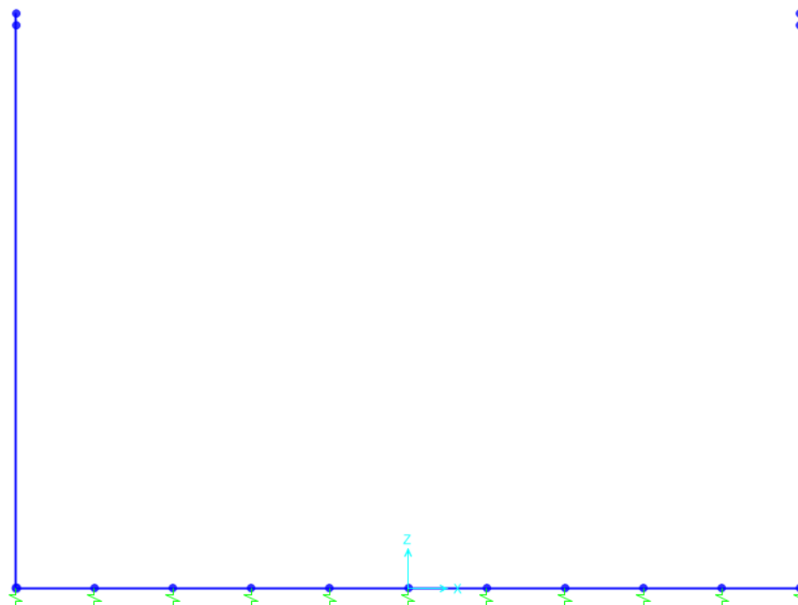


Fig. 5 – Modello struttura su suolo elastico

Rigidezze molle				
Interasse molle	i	$(1.80/2 + 15.10 + 1.80/2) / 10 =$	1.69	m
Molle centrali	K1	$5981 \cdot 1.69 =$	10107.89	kN/m
Molle di spigolo	K2	$2 \cdot 5981 \cdot (1.69/2 + 1.8/2) =$	20873.69	kN/m
Molle intermedie	K3	$1.5 \cdot K1$	15161.84	kN/m



	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	31 di 137

Fig. 6 – Modellazione EF

SectionName	Material	Shape	t3	t2	Area	TorsConst	I33	I22	I23
Text	Text	Text	m	m	m2	m4	m4	m4	m4
Fondazione	C30/37	Rectangular	1,8	1	1,8	0,391667	0,486	0,15	0
Piedritto - spessore magro	C30/37	Rectangular	0,9	1	0,9	0,112752	0,06075	0,075	0
Piedritto - spessore spesso	C30/37	Rectangular	1,8	1	1,8	0,391667	0,486	0,15	0

SectionName	AS2	AS3	S33	S22	Z33	Z22	R33	R22
Text	m2	m2	m3	m3	m3	m3	m	m
Fondazione	1,5	1,5	0,54	0,3	0,81	0,45	0,519615	0,288675
Piedritto - spessore magro	0,75	0,75	0,135	0,15	0,2025	0,225	0,259808	0,288675
Piedritto - spessore spesso	1,5	1,5	0,54	0,3	0,81	0,45	0,519615	0,288675

Tab. 4 – Caratteristiche geometriche degli elementi beam

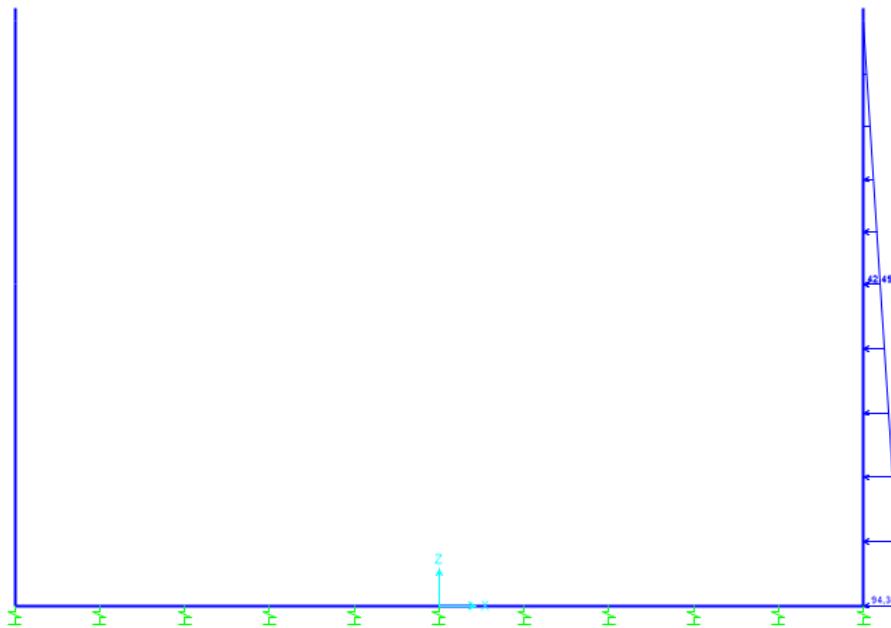


Figura 7: Spinta destra

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	32 di 137

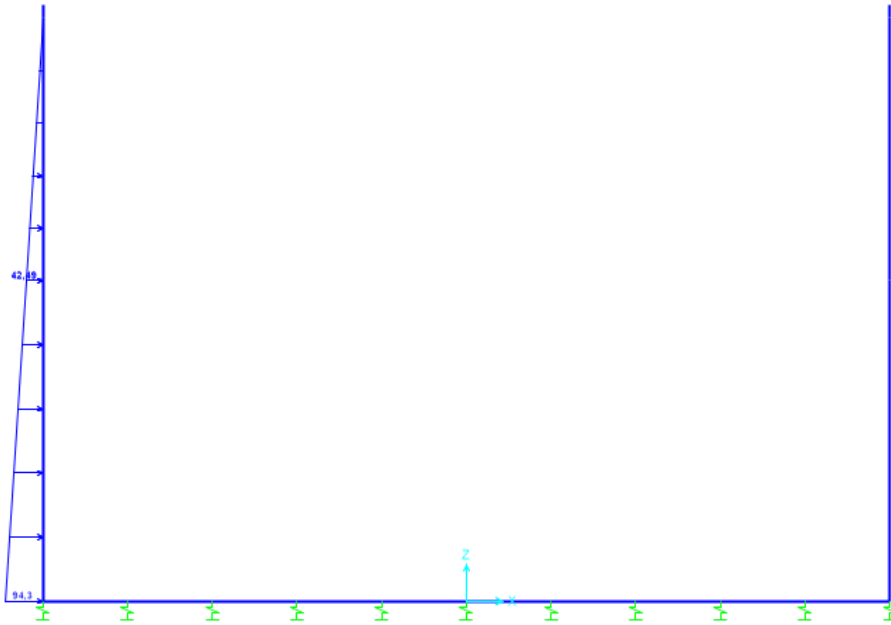


Figura 8: Spinta sinistra

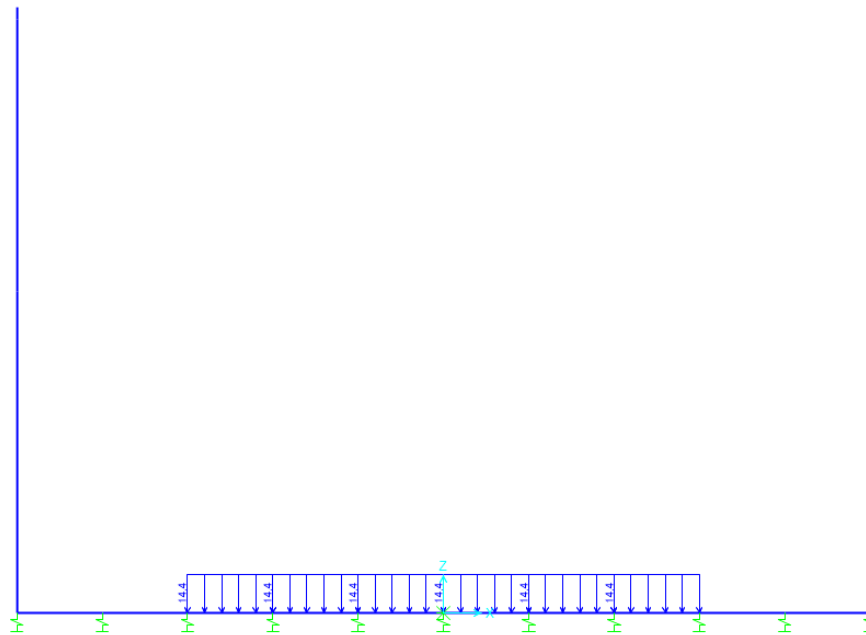


Figura 9: Ballast

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	33 di 137

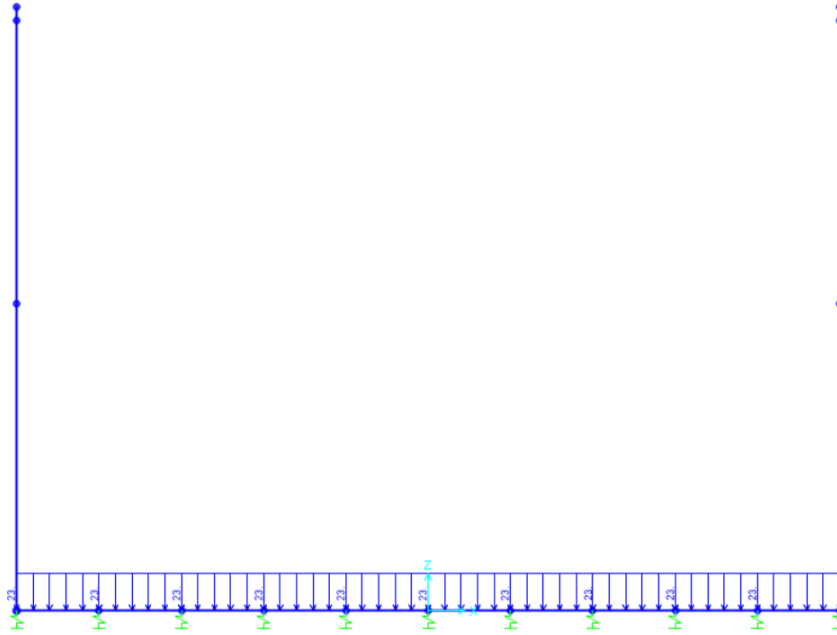


Figura 10: Permanenti portati sulla fondazione

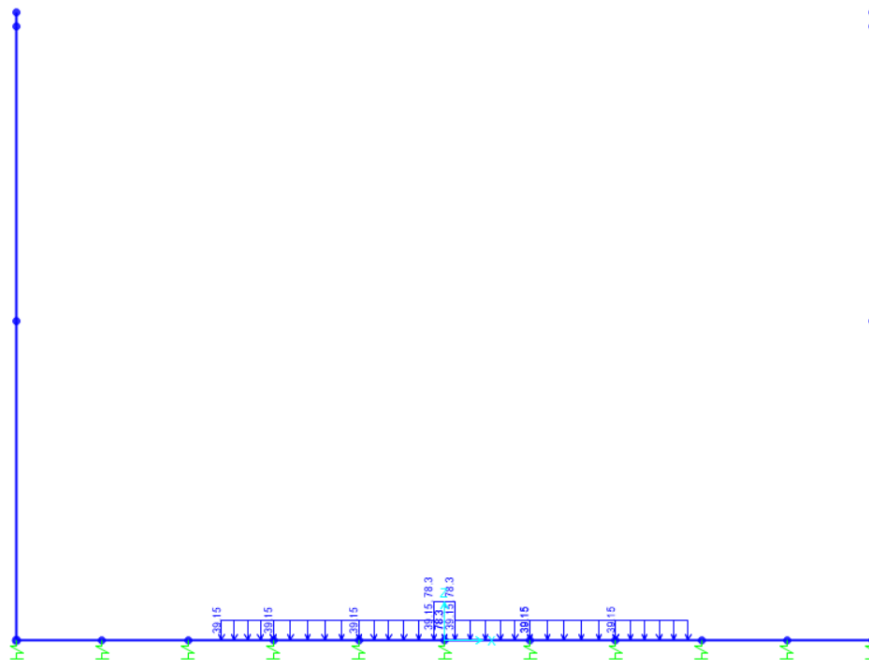


Figura 11: Carichi treni

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	34 di 137

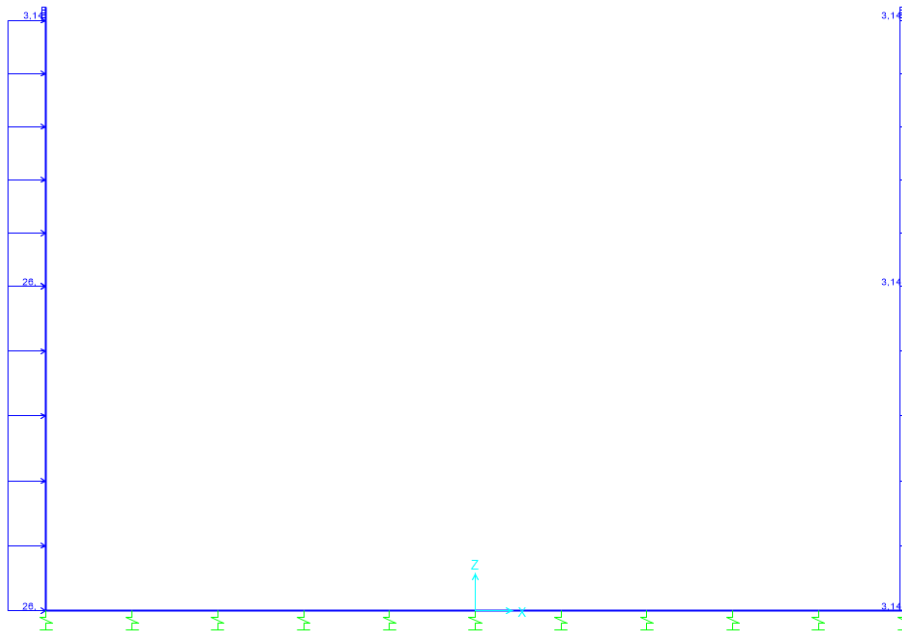


Figura 12: Sisma

9.2 Risultati analisi strutturale per struttura tipo A

Di seguito vengono descritte le sollecitazioni della struttura desunte dal modello di carico. Gli elementi in corrispondenza dei nodi strutturali tra piedritti e fondazione sono modellati come rigidi. In questo modo le sollecitazioni usate per le verifiche sono corrette e i risultati ottenuti non sono eccessivamente conservativi.

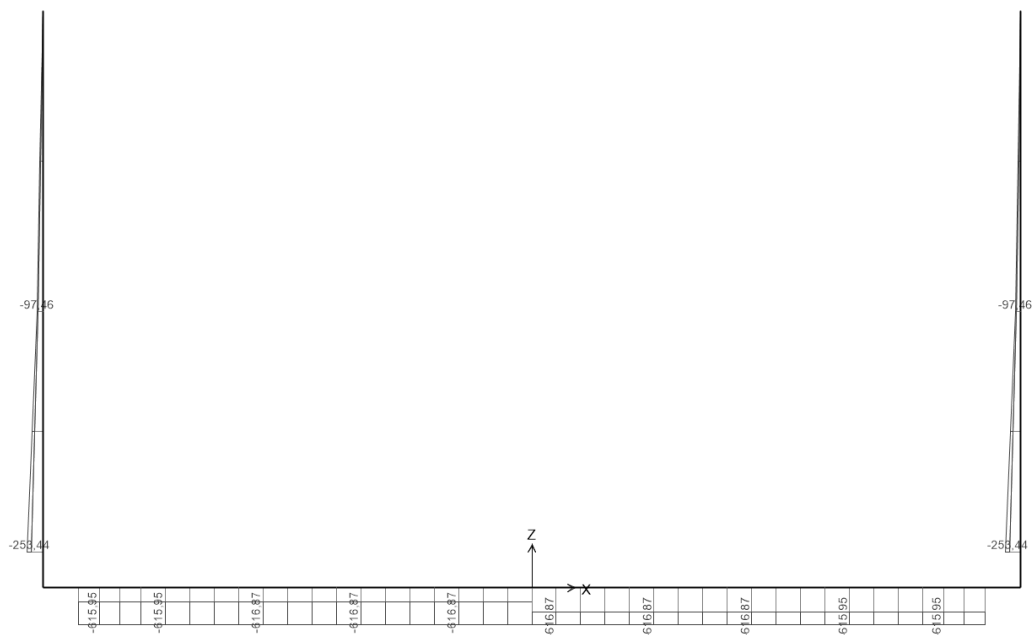


Fig. 7 – Sforzo assiale INV SLU+SLV

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	35 di 137

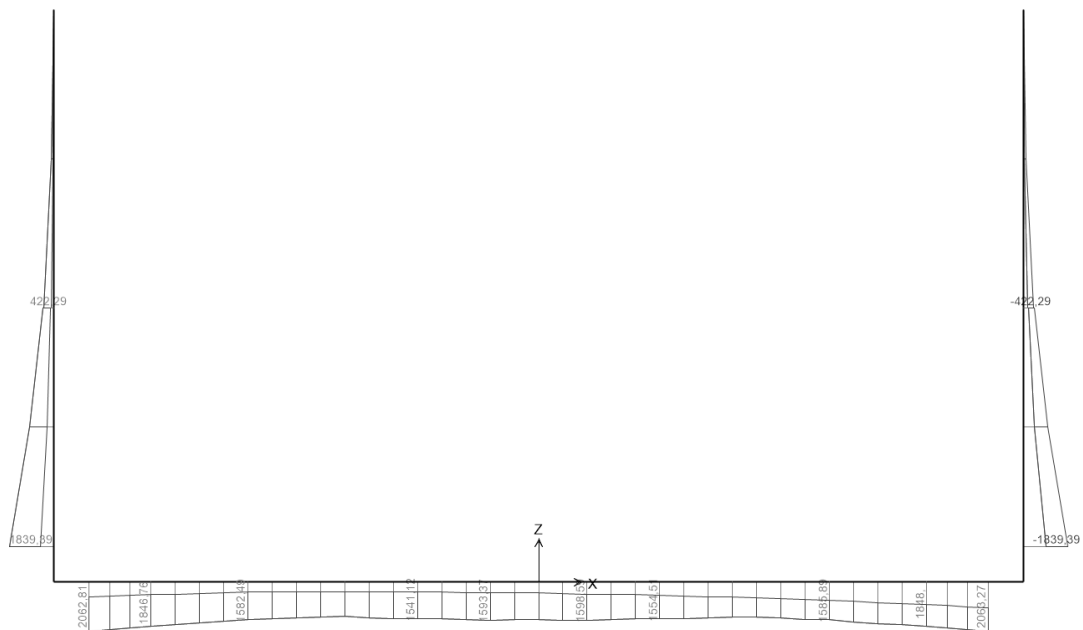


Fig. 8 – Sollecitazione flessionale INV SLU

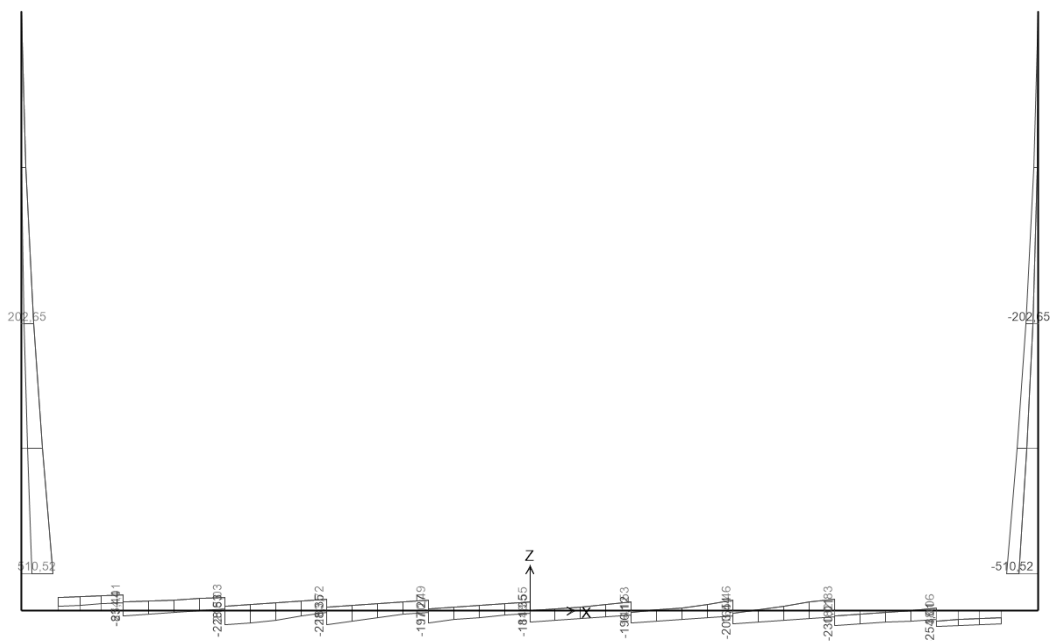


Fig. 9 – Sollecitazione tagliante INV SLU

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	36 di 137

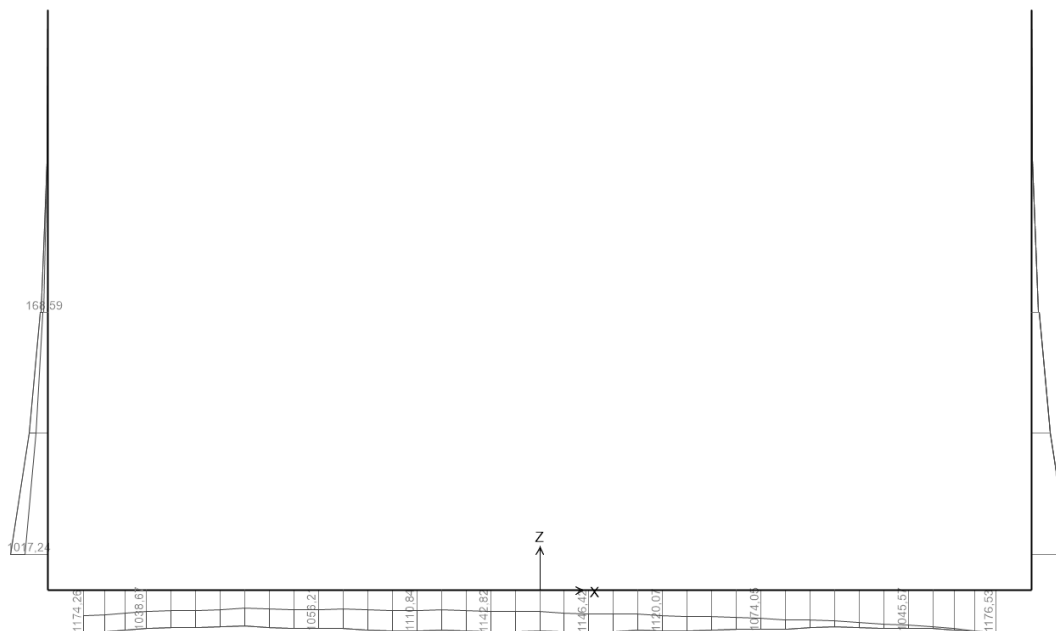


Fig. 10 – Sollecitazione flessionale INV SLE

Le sollecitazioni massime nella struttura sono come segue.

Piedritti – sezione magro

Sollecitazioni SLU e SLV:

Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3	
2	0	SLU_01	-97,46	-131,51	-219,17	Pmax
2	0	SLV_03	-74,97	-202,65	-422,29	Mmax e Vmax

Sollecitazioni flessionali SLE:

Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3	
1	0	SLE_01	-74,97	101,16	168,59	Combinazione rara
2	0	SLE_03	-74,97	-101,16	-168,59	Combinazione frequente
1	0	SLE_05	-74,97	101,16	168,59	Combinazione quasi-permanente

Piedritti – sezione spesso

Sollecitazioni SLU e SLV:

Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3	
27	0,6	SLU_01	-253,44	-426,17	-1322,41	Pmax
27	0,6	SLV_03	-194,95	-510,52	-1839,39	Mmax e Vmax

Sollecitazioni flessionali SLE:

Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3	
27	0,6	SLE_01	-194,95	-327,82	-1017,24	Combinazione rara
27	0,6	SLE_03	-194,95	-327,82	-1017,24	Combinazione frequente
27	0,6	SLE_05	-194,95	-327,82	-1017,24	Combinazione quasi-permanente

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	37 di 137

Fondazione

Sollecitazioni SLU e SLV:

Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3	
24	1,63	SLV_03	-616,87	-54,08	1585,89	Pmax
26	1,03	SLV_03	-615,95	-181,71	2063,27	Mmax
26	0	SLU_01	-547,39	-254,02	1233,28	Vmax

Sollecitazioni flessionali SLE:

Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3	
26	1,03	SLE_01	-421,07	-100,56	1176,53	Combinazione rara
26	1,03	SLE_03	-421,07	-111,27	1170,11	Combinazione frequente
17	0,6	SLE_05	-421,07	127,33	1160,48	Combinazione quasi-permanente

Di seguito vengono descritte le deformazioni della struttura desunte dal modello di carico.

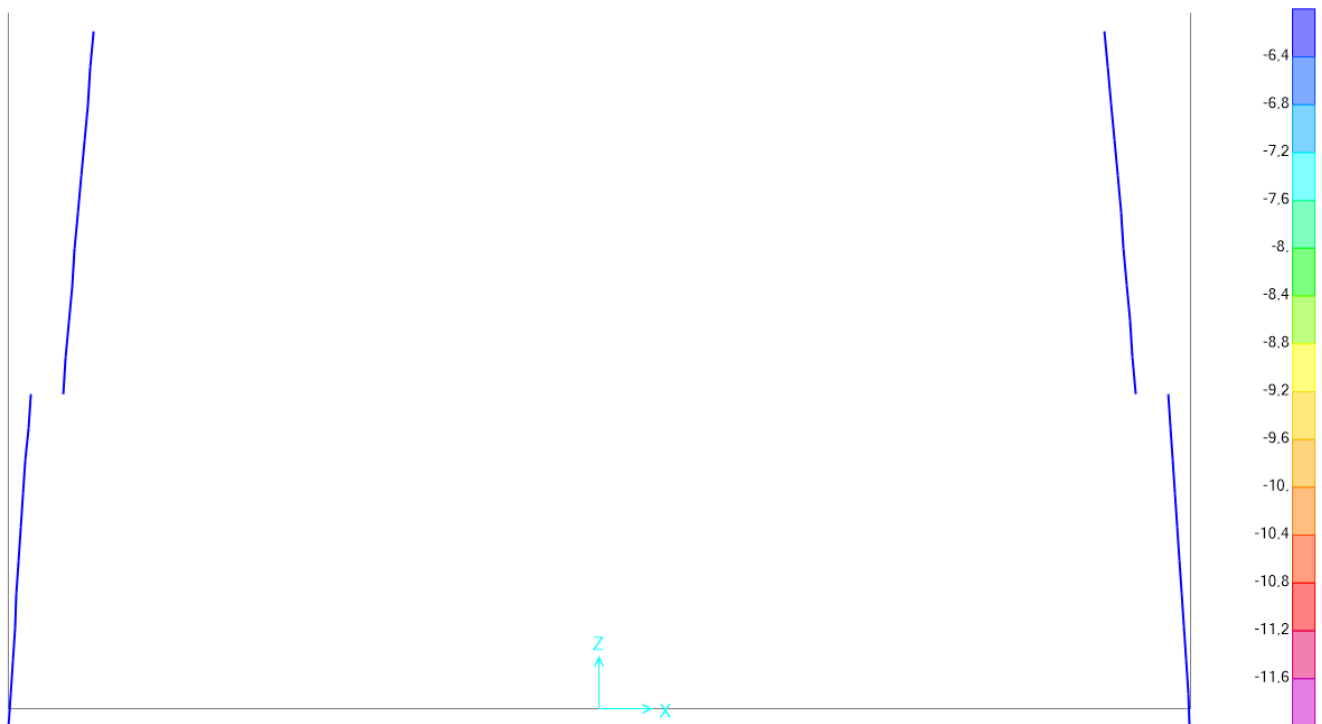


Figura 13: Deformazioni verticali per carichi permanenti (SLE_05) [mm]

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	38 di 137

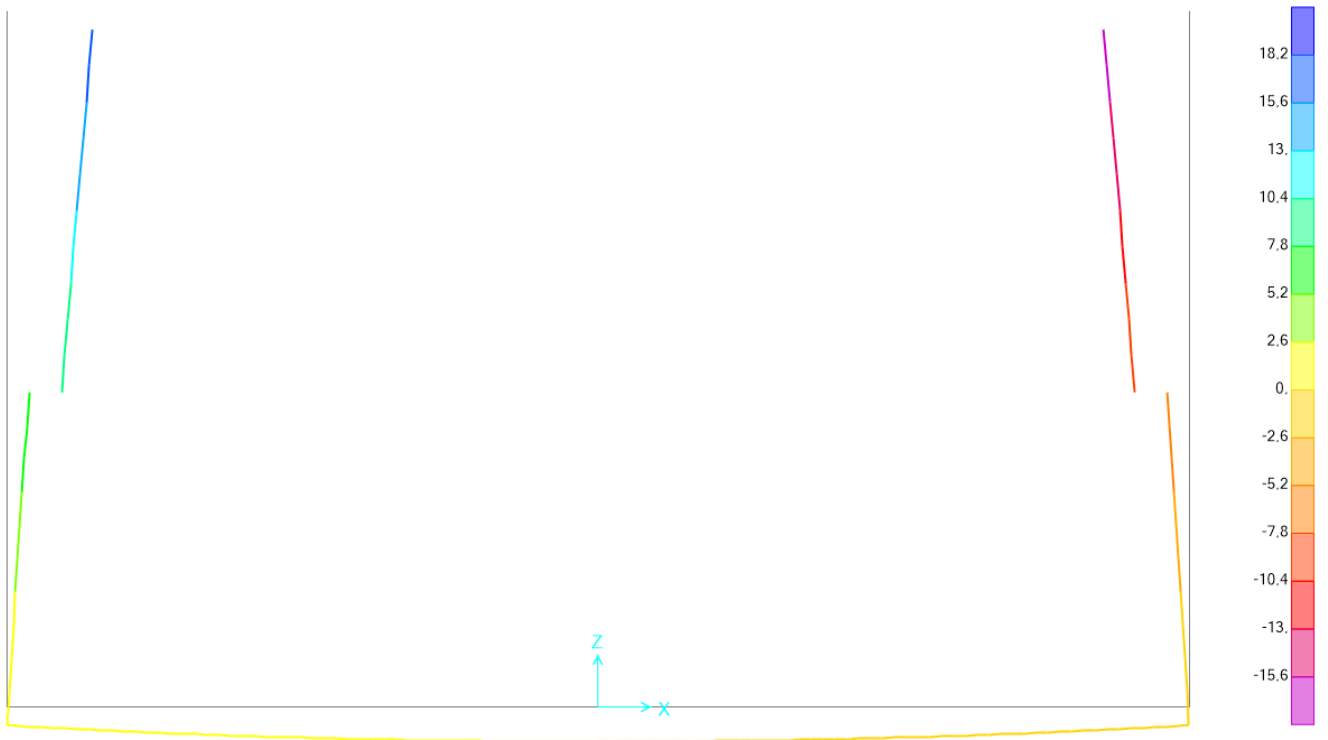


Figura 14: Deformazioni orizzontali per carichi permanenti (SLE_05) [mm]

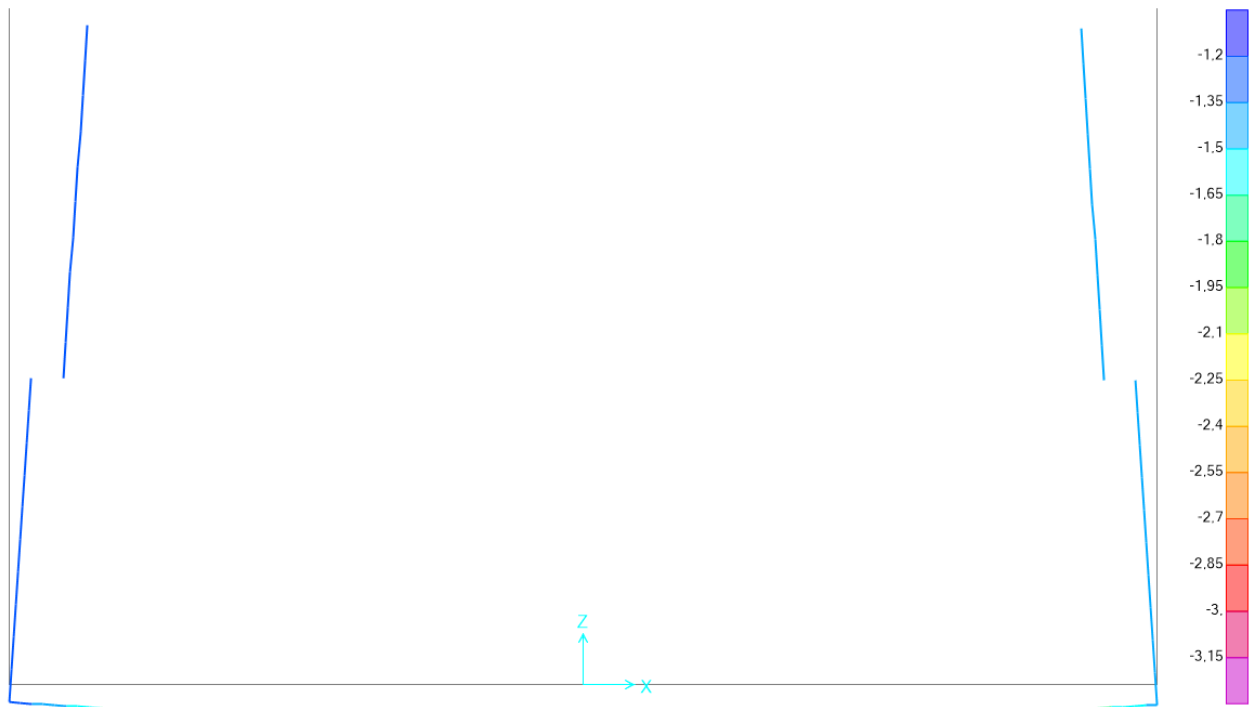


Figura 15: Deformazioni verticali per carichi treno [mm]

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	39 di 137

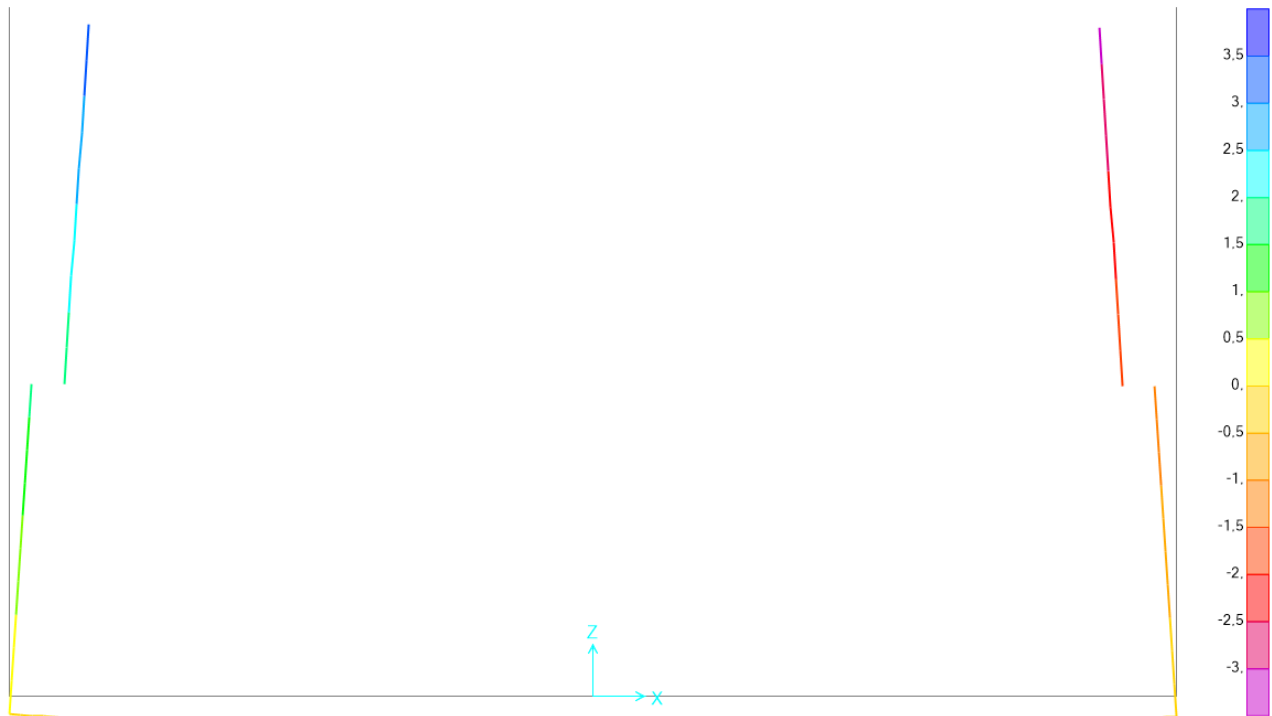


Figura 16: Deformazioni orizzontali per carichi treno [mm]

Joint Text	OutputCase Text	Step type	F3
			KN
1	INV SLU+SLV	Max	234,904
3	INV SLU+SLV	Max	201,641
18	INV SLU+SLV	Max	245,154
19	INV SLU+SLV	Max	280,319
20	INV SLU+SLV	Max	208,056
21	INV SLU+SLV	Max	222,757
22	INV SLU+SLV	Max	228,015
23	INV SLU+SLV	Max	223,601
24	INV SLU+SLV	Max	209,68
25	INV SLU+SLV	Max	280,011
26	INV SLU+SLV	Max	233,031
1	INV SLU+SLV	Min	57,675
3	INV SLU+SLV	Min	52,035
18	INV SLU+SLV	Min	109,594
19	INV SLU+SLV	Min	122,383
20	INV SLU+SLV	Min	87,476
21	INV SLU+SLV	Min	90,813
22	INV SLU+SLV	Min	91,531
23	INV SLU+SLV	Min	89,378
24	INV SLU+SLV	Min	83,915
25	INV SLU+SLV	Min	111,801
26	INV SLU+SLV	Min	90,762

Tab. 5 – Reazioni ai nodi della struttura

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	40 di 137

9.3 Risultati analisi strutturale per struttura tipo B

Di seguito vengono descritte le sollecitazioni della struttura desunte dal modello di carico. Gli elementi sono rappresentati con zone in corrispondenza dei nodi strutturali tra piedritti e fondazione sono modellati come rigidi dove quelli verticali intersecano la solleta di fondazione. In questo modo le sollecitazioni usati per le verifiche sono corrette e i risultati ottenuti non troppo sono eccessivamente conservativi.

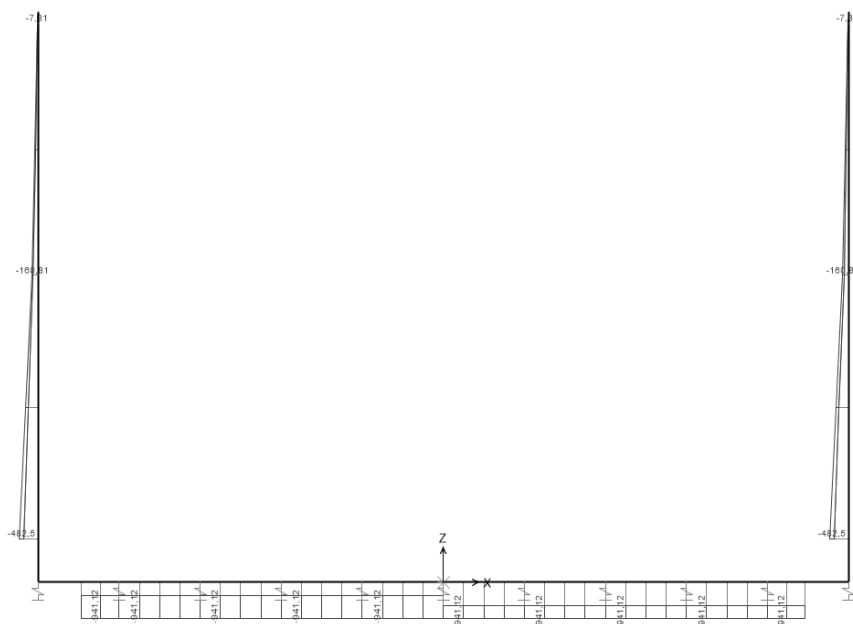


Fig. 11 – Sforzo assiale INV SLU+SLV

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	41 di 137

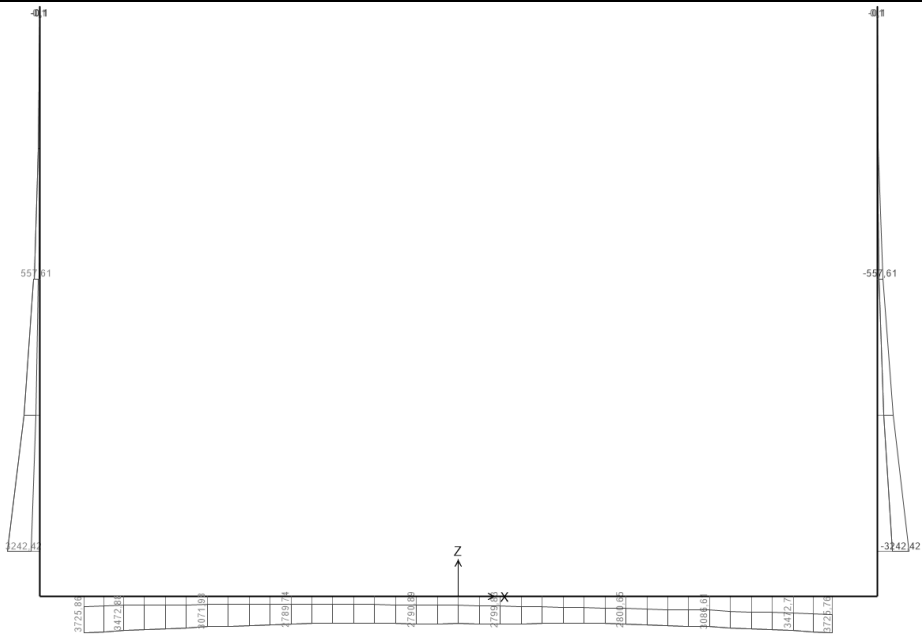


Fig. 12 – Sollecitazione flessionale INV SLU

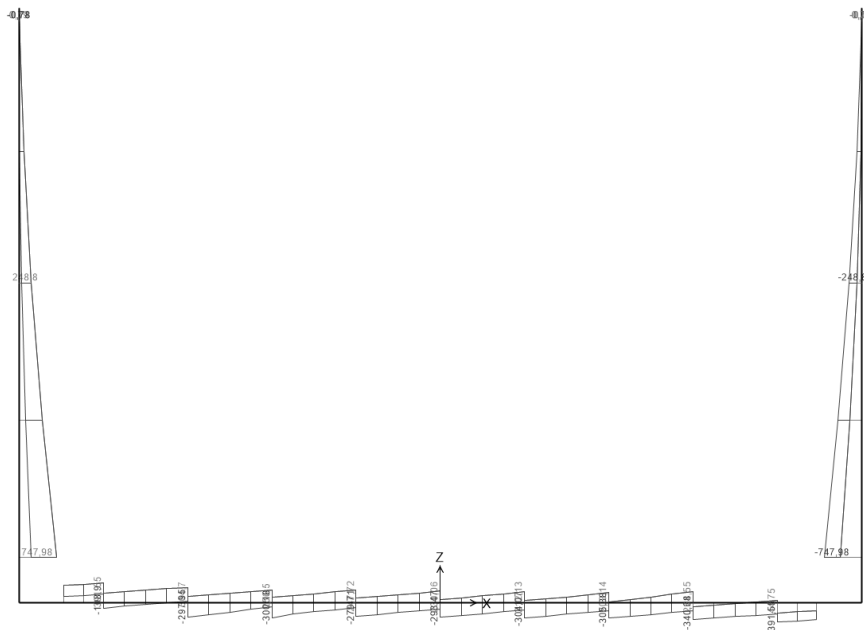


Fig. 13 – Sollecitazione tagliante INV SLU

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	42 di 137

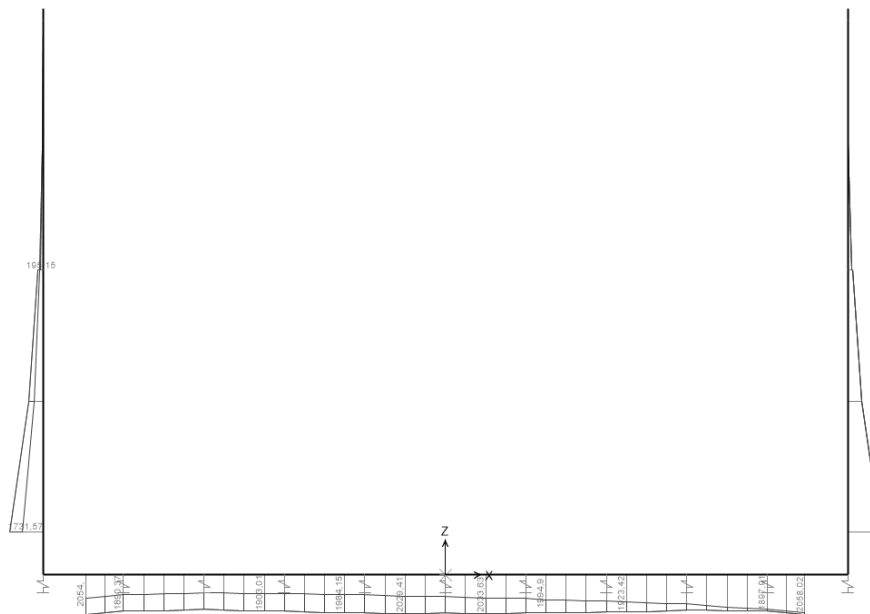


Fig. 14 – Sollecitazione flessionale INV SLE

Le sollecitazioni massime nella struttura sono come segue.

Piedritti – sezione magro

Sollecitazioni SLU e SLV:

Frame	Position	OutputCase	P	V2	M3	
28	0	SLU_03	-160,81	-144,98	-253,69	Pmax
28	0	SLV_03	-123,70	-248,80	-557,61	Mmax e Vmax

Sollecitazioni flessionali SLE:

Frame	Position	OutputCase	P	V2	M3	
28	0	SLE_01	-123,70	-111,53	-195,15	Combinazione rara
28	0	SLE_03	-123,70	-111,53	-195,15	Combinazione frequente
28	0	SLE_05	-123,70	-111,53	-195,15	Combinazione quasi-permanente

Piedritti – sezione spesso

Sollecitazioni SLU e SLV:

Frame	Position	OutputCase	P	V2	M3	
27	0,9	SLU_01	-482,50	-608,01	-2251,04	Pmax
27	0,9	SLV_03	-371,15	-747,98	-3242,42	Mmax e Vmax

Sollecitazioni flessionali SLE:

Frame	Position	OutputCase	P	V2	M3	
27	0,9	SLE_02	-371,15	-467,70	-1731,57	Combinazione rara
27	0,9	SLE_03	-371,15	-467,70	-1731,57	Combinazione frequente

				RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>				COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
				NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	43 di 137
27	0,9	SLE_05	-371,15	-467,70	-1731,57	Combinazione quasi-permanente			

Fondazione

Sollecitazioni SLU e SLV:

Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3	
24	1,69	SLV_03	-942,04	-95,08	3083,93	Pmax
26	0,79	SLV_03	-941,12	-293,23	3725,99	Mmax
26	0	SLU_01	-828,67	-391,55	2267,14	Vmax

Sollecitazioni flessionali SLE:

Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3	
26	0,79	SLE_01	-637,44	-173,14	2060,43	Combinazione rara
26	0,79	SLE_03	-637,44	-190,77	2044,57	Combinazione frequente
17	0,9	SLE_05	-637,44	217,20	2020,77	Combinazione quasi-permanente

Di seguito vengono illustrate le deformazioni della struttura desunte dal modello di calcolo.

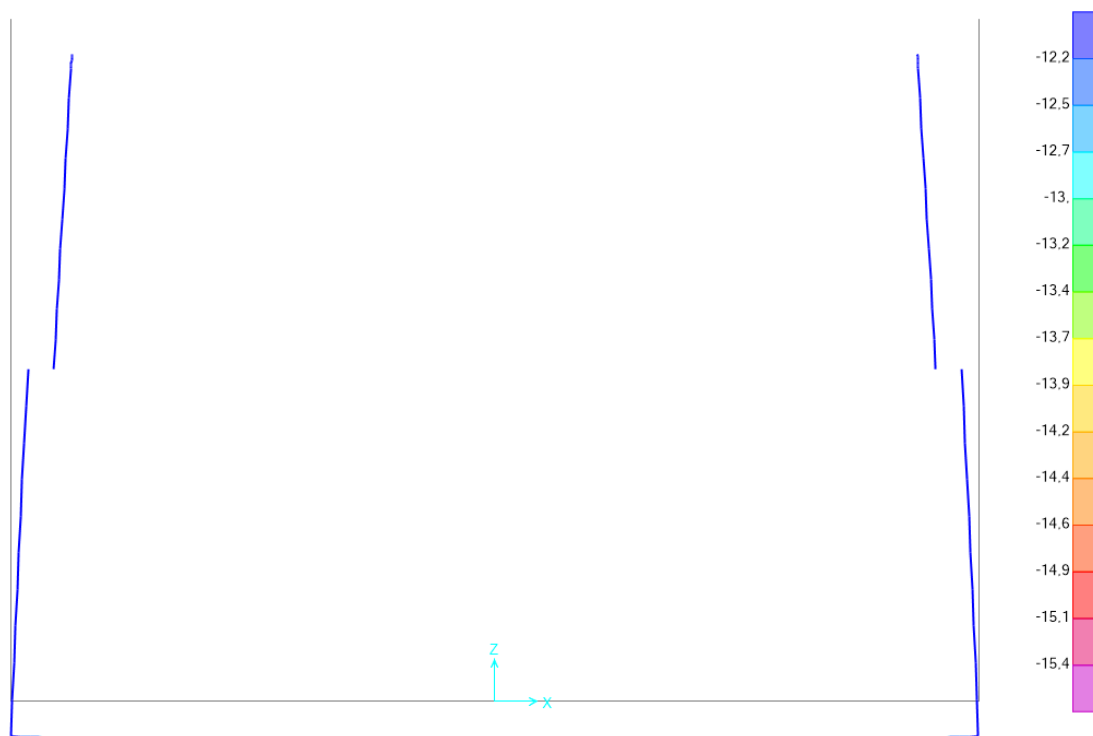


Figura 17: Deformazioni verticali per carichi permanenti (SLE_05) [mm]

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	44 di 137

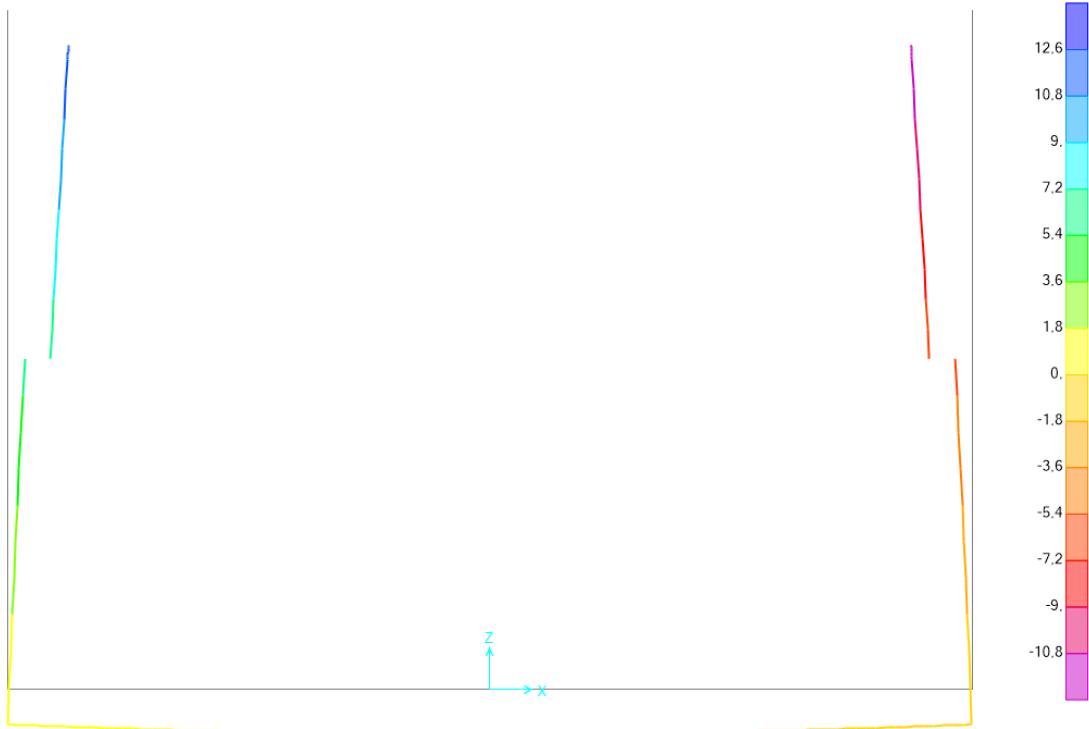


Figura 18: Deformazioni orizzontali per carichi permanenti (SLE_05) [mm]

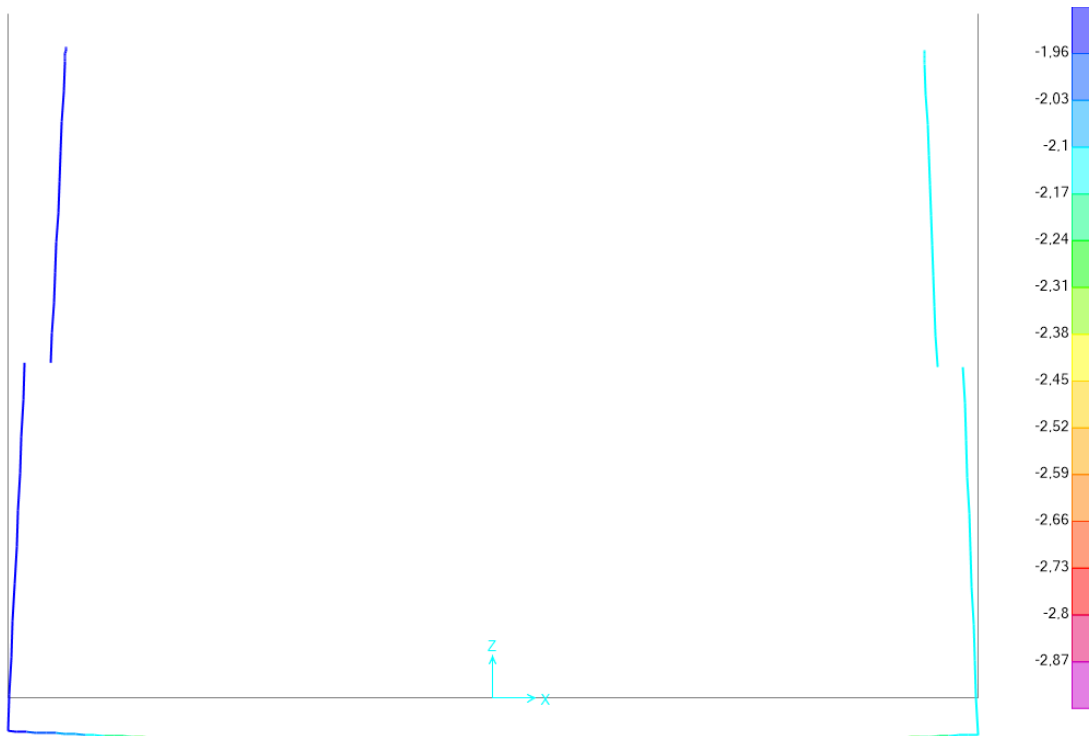


Figura 19: Deformazioni verticali per carichi treno [mm]

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
NR1J 01 D 29 CL R10005012 A 45 di 137

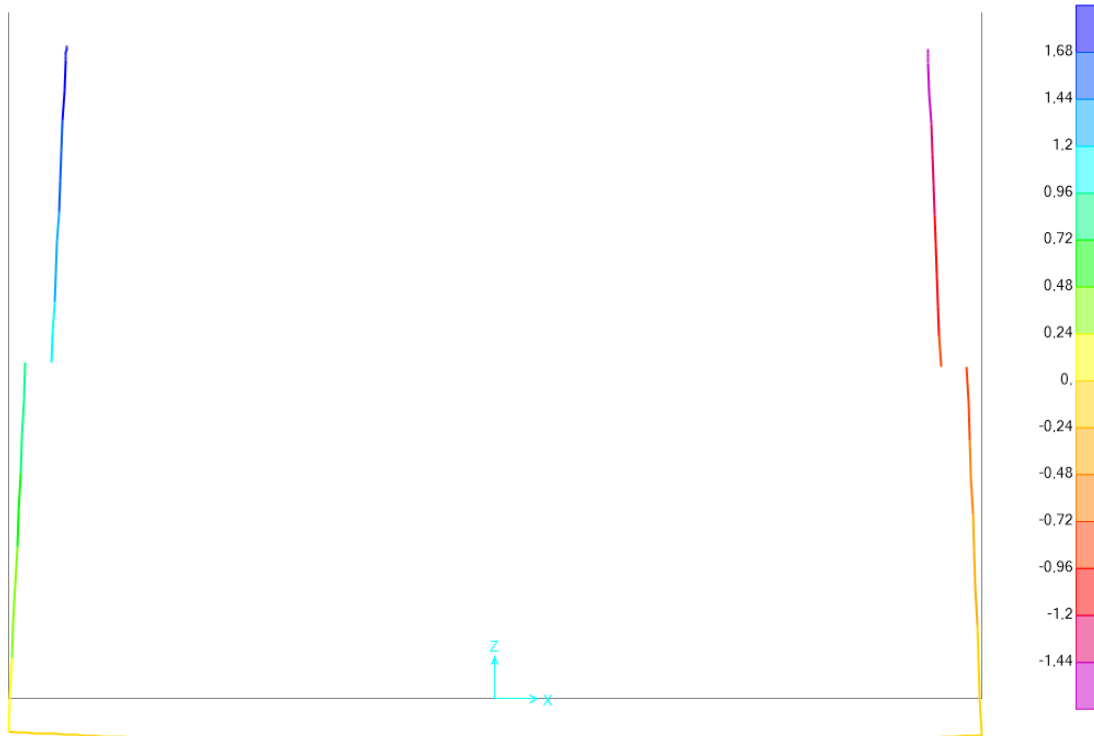


Figura 20: Deformazioni orizzontali per carichi treno [mm]

Joint	OutputCase	Step type	F3
Text	Text		KN
1	Inv SLU+SLV	Max	453,846
3	Inv SLU+SLV	Max	409,285
18	Inv SLU+SLV	Max	347,331
19	Inv SLU+SLV	Max	361,638
20	Inv SLU+SLV	Max	247,908
21	Inv SLU+SLV	Max	253,587
22	Inv SLU+SLV	Max	256,404
23	Inv SLU+SLV	Max	254,167
24	Inv SLU+SLV	Max	246,949
25	Inv SLU+SLV	Max	352,393
26	Inv SLU+SLV	Max	327,733
1	Inv SLU+SLV	Min	171,537
3	Inv SLU+SLV	Min	149,893
18	Inv SLU+SLV	Min	165,203
19	Inv SLU+SLV	Min	187,183
20	Inv SLU+SLV	Min	126,512
21	Inv SLU+SLV	Min	126,766
22	Inv SLU+SLV	Min	125,48
23	Inv SLU+SLV	Min	122,502
24	Inv SLU+SLV	Min	117,604
25	Inv SLU+SLV	Min	165,734
26	Inv SLU+SLV	Min	150,859

Tab. 6 – Reazioni ai nodi della struttura

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	46 di 137

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	47 di 137

10. VERIFICHE STR - STRUTTURA TIPO A

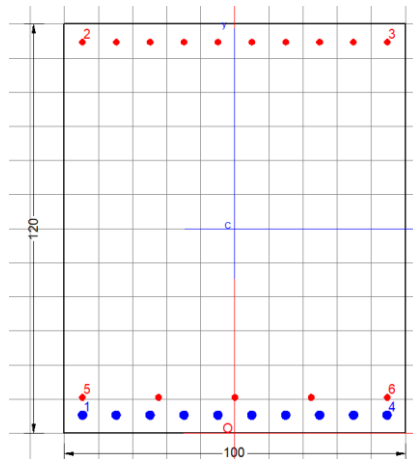
10.1 Verifica piedritti

10.1.1 Verifica allo spiccato

La verifica è stata effettuata su una sezione H=120 B=100, armata con strato primo di $\square 26/10$ e strato secondo di $\phi 18/20$ nella zona tesa e con $\phi 18/10$ in zona compressa. Il copriferro di calcolo è pari a 6.2 cm. Le verifiche presentate qui di sotto, sono fate con il software RC-SEC.

Pressoflessione

$$M_{Ed} = 1839.39 \text{ kNm}$$



GENERAL DATA OF GENERIC RC CROSS-SECTION

Section Name: Tipo A - Piedritti - sezione spesso.secEC

(File path: S:\Projects\18005_0549D07_Cesano Vigna di Valle\Work\05 Muro ad U - km 37+310\Tipo A - Piedritti - sezione spesso.secEC)

Section description:

Section type:	Beam without stirrups
Reference code:	EC2/EC8 Italian Annex
Exposure Class:	XC2 - Carbonation (long-term water contact/foundations)
Stress path:	Constant axial force force to achieve bending ULS
Reference of assigned forces:	Principal axes y,y of inertia

MATERIALS DATA

CONCRETE -	Class:	C30/37
	Design compressive strength fcd:	17,0 MPa
	Shear reduced compressive strenght $v1*fcd$:	8,5 MPa (6.9)EC2
	Coeff Crd,c:	0,1200 (§ 6.2.2(1) EC2
	Coeff K1:	0,1500 (§ 6.2.2(1) EC2
	Coeff v min:	0,0111 Mpa (§ 6.2.2(1) EC2
	Strain at max strength ec2:	0,0020
	Ultimate strain ecu:	0,0035
	Compression diagram stress-strain:	Parabola-Rettangle
	Mean Elastic Modulus Ecm:	32836,6 MPa
	Mean tensile strength fctm:	2,9 MPa
	Es/Ec in SLS combination:	15,00
	Stress limit in SLS Characteristic comb.:	18,0 kN/cm?
	Stress limit in SLS Frequent comb.:	180,0 daN/cm?
	Crack width limit in SLS Frequent comb.:	0,400 mm
	Stress limit in SLS Quasi-perm. comb.:	13,50 Mpa
	Crack width limit in SLS Quasi-perm. comb.:	0,300 mm

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	48 di 137

STEEL -	Longitudinal Bars and Stirrups:	B450C
	Characteristic yield stress fyk:	450,00 MPa
	Tensile strength ftk:	540,0 MPa
	Design yield stress fyd:	391,3 MPa
	Design strength ftd:	391,3 MPa
	Design ultimate strain esu:	0,068
	Mean elastic modulus Es:	200000,0 MPa
	SLS Charact. - Ss Limit:	360,00 MPa

GEOMETRICAL DATA OF CONCRETE CROSS-SECTION

Shape of Region: Polygonal
Concrete Class: C30/37

Vertex N.:	X [cm]	Y [cm]
1	-50,0	0,0
2	-50,0	120,0
3	50,0	120,0
4	50,0	0,0

DATA ISOLATED LONGITUDINAL BARS

Bar N.	X [cm]	Y [cm]	Diam \varnothing [mm]
1	-44,7	5,3	26
2	-44,7	114,7	18
3	44,7	114,7	18
4	44,7	5,3	26
5	-44,7	10,5	18
6	44,7	10,5	18

DATA OF LINEAR GENERATIONS OF LONGITUDINAL BARS

N. Gen. Number of generated bars of the current linear generation
N.Initial Bar Order number of initial bar (between the isolated bars just defined)
N.Final Bar Order number of final bar (between the isolated bars just defined)
N. Bars Number of bars generated equidistant in the current generation
 \varnothing Diameter [mm] of generated bars

Gen.N.	Initial Bar	Final Bar	N. Bars	\varnothing
1	1	4	8	26
2	2	3	8	18
3	5	6	3	18

ULTIMATE LIMIT STATE - ASSIGNED DESIGN FORCES FOR EACH COMBINATION

N d Design axial force [kN] applied at centroid of concrete section (+ if compressive)
Mx d Design bending force [kNm] around x principal axis of inertia
My d Design bending force [kNm] around y principal axis of inertia
Vy d Design shear component [kN] parallel to y principal axis of inertia
Vx d Design shear component [kN] parallel to x principal axis of inertia

Comb.N.	N d	Mx d	My d	Vy d	Vx d
1	253,44	1322,41	0,00	426,17	0,00
2	194,95	1839,39	0,00	510,52	0,00

CHECKS RESULTS

Checks OK for all assigned combinations

Min edge cover of longitudinal bars: 4,0 cm
Min distance between longitudinal bars: 3,0 cm

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	49 di 137

ULTIMATE LIMIT STATES - N-MX-MY CAPACITY CHECKS

Check	Result of check
N	Design axial force [kN] applied at the centroid of concrete section (+ if compressive)
Mx	Design bending moment [kNm] around x axis principal of inerzia
My	Design bending moment [kNm] around y axis principal of inerzia
N ult	Axial force capacity [kN] (+ if compressive)
Mx ult	Bending moment capacity [kNm] around x axis principal of inertia
My ult	Bending moment capacity [kNm] around y axis principal of inertia
S.F.	Safety Factor = vectorial ratio of (N ult,Mx ult,My ult) to (N,Mx,My). Check OK if ratio >=1.00
As Tension	Area [cm ²] of bars in tension (beam section). Min area for code is shown between brackets [eq.(9.1N) EC2]

Comb.N.	Check	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	S.F.	As Tension
1	OK	253,44	1322,41	0,00	253,32	2925,77	0,00	2,204	65,8(0,0)
2	OK	194,95	1839,39	0,00	194,95	2897,10	0,00	1,573	65,8(0,0)

ULTIMATE LIMIT STATE - BENDING AND AXIAL FORCE - STRAIN VALUES

ec max	Ultimate compressive strain in concrete
ec*	Strain in the concrete fiber at ec2/ecu of depth (if ec*>0 then the section is all compressed)
Xc max	X-coordinate [cm] in the concrete point in wich is ec max
Yc max	Y-coordinate [cm] in the concrete point in wich is ec max
es max	Max strain in steel bars (+ if compressive)
Xs max	X-coordinate [cm] of bar in wich is es max
Ys max	Y-coordinate [cm] of bar in wich is es max
es min	Min strain in steel bars (+ if compressive)
Xs min	X-coordinate [cm] of bar in wich is es min
Ys min	Y-coordinate [cm] of bar in wich is es min

Comb.N.	ec max	ec*	Xc max	Yc max	es max	Xs max	Ys max	es min	Xs min	Ys min
1	0,00350	-0,01001	50,0	120,0	0,00211	44,7	114,7	-0,02664	-44,7	5,3
2	0,00350	-0,01046	50,0	120,0	0,00206	44,7	114,7	-0,02764	-44,7	5,3

BENDING COMBINATION N. 1 : ULTIMATE STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

N.Vertex	Assigned numbers to concrete vertices
Reg.	Number of concrete region to which it relates the vertices
Xc, Yc	X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
Sc	Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
e c	Strain in each vertex

Vert.N.	Reg.	Xc	Yc	Sc	e c
1	1	-50,00	0,00	0,00	-0,0280289
2	1	-50,00	120,00	17,00	0,0035000
3	1	50,00	120,00	17,00	0,0035000
4	1	50,00	0,00	0,00	-0,0280289

Longitudinal Bars:

Bar N.	Order numbers assigned to the bars
Xs, Ys	X-coordinate, Y-coordinate [cm] of single bar in the reference X,Y,O
Ss	Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
e s	Strain in each bar

Bar N.	Xs	Ys	Ss	e s
1	-44,70	5,30	-391,30	-0,0266364
2	-44,70	114,70	391,30	0,0021075
3	44,70	114,70	391,30	0,0021075
4	44,70	5,30	-391,30	-0,0266364
5	-44,70	10,50	-391,30	-0,0252701
6	44,70	10,50	-391,30	-0,0252701
7	-34,77	5,30	-391,30	-0,0266364
8	-24,83	5,30	-391,30	-0,0266364
9	-14,90	5,30	-391,30	-0,0266364
10	-4,97	5,30	-391,30	-0,0266364
11	4,97	5,30	-391,30	-0,0266364
12	14,90	5,30	-391,30	-0,0266364
13	24,83	5,30	-391,30	-0,0266364
14	34,77	5,30	-391,30	-0,0266364

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	50 di 137

15	-34,77	114,70	391,30	0,0021075
16	-24,83	114,70	391,30	0,0021075
17	-14,90	114,70	391,30	0,0021075
18	-4,97	114,70	391,30	0,0021075
19	4,97	114,70	391,30	0,0021075
20	14,90	114,70	391,30	0,0021075
21	24,83	114,70	391,30	0,0021075
22	34,77	114,70	391,30	0,0021075
23	-22,35	10,50	-391,30	-0,0252701
24	0,00	10,50	-391,30	-0,0252701
25	22,35	10,50	-391,30	-0,0252701

BENDING COMBINATION N. 2 : ULTIMATE STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

Vert.N.	Reg.	Xc	Yc	Sc	e c
1	1	-50,00	0,00	0,00	-0,0290744
2	1	-50,00	120,00	17,00	0,0035000
3	1	50,00	120,00	17,00	0,0035000
4	1	50,00	0,00	0,00	-0,0290744

Longitudinal Bars:

Bar N.	Xs	Ys	Ss	e s
1	-44,70	5,30	-391,30	-0,0276357
2	-44,70	114,70	391,30	0,0020613
3	44,70	114,70	391,30	0,0020613
4	44,70	5,30	-391,30	-0,0276357
5	-44,70	10,50	-391,30	-0,0262241
6	44,70	10,50	-391,30	-0,0262241
7	-34,77	5,30	-391,30	-0,0276357
8	-24,83	5,30	-391,30	-0,0276357
9	-14,90	5,30	-391,30	-0,0276357
10	-4,97	5,30	-391,30	-0,0276357
11	4,97	5,30	-391,30	-0,0276357
12	14,90	5,30	-391,30	-0,0276357
13	24,83	5,30	-391,30	-0,0276357
14	34,77	5,30	-391,30	-0,0276357
15	-34,77	114,70	391,30	0,0020613
16	-24,83	114,70	391,30	0,0020613
17	-14,90	114,70	391,30	0,0020613
18	-4,97	114,70	391,30	0,0020613
19	4,97	114,70	391,30	0,0020613
20	14,90	114,70	391,30	0,0020613
21	24,83	114,70	391,30	0,0020613
22	34,77	114,70	391,30	0,0020613
23	-22,35	10,50	-391,30	-0,0262241
24	0,00	10,50	-391,30	-0,0262241
25	22,35	10,50	-391,30	-0,0262241

ULTIMATE LIMIT STATE - POSITION OF NEUTRAL AXIS FOR EACH COMBINATION

a, b, c Coeff. a, b, c in neutral axis equation: $aX+bY+c=0$ reference X,Y,O
x/d Ratio of the depth of neutral axis to the effective depth of the section
D Ratio of redistributed moment to the elastic moment in continuous beams [eq.(5.10)EC2]

Comb.N.	a	b	c	x/d	D
1	0,000000000	0,000262741	-0,028028894	0,116	0,700
2	0,000000000	0,000271453	-0,029074361	0,112	0,700

Taglio

$V_{Ed}=510.52\text{kN}$

La verifica è stata condotta no considerando staffe.

ULTIMATE LIMIT STATE - SHEAR CHECKS IN MEMBER NOT REQUIRING SHEAR REINFORCEMENT

Check Result of check
Ved Design shear force [kN] = sum of V_x and V_y projected onto the normal to the neutral axis

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	51 di 137

Vrd,c	Shear resistance [kN] [§6.2.2 EC2]
d	Mean weighted effective depth of cross-section [cm]
bw	Mean weighted width of cross-section [cm]
Ro	Ratio of long. tensile reinforcement to (bw*d) [<0.02]
Scp	Ratio of axial force N to the area Ac of concrete cross-section [Mpa]
k	Coeff. k in the equation (6.2.a) EC2

Comb.N.	Check	Ved	Vrd,c	d	bw	Ro	Scp	k
1	OK	426,17	526,18	114,7	100,0	0,0060	0,21	1,428
2	OK	510,52	518,62	114,8	100,0	0,0060	0,16	1,427

Stati limite d'esercizio

SERVICEABILITY LIMIT STATES - CHARACTERISTIC COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N	Axial force [kN] applied at the centroid of concrete section (+ if compressive)		
Mx	Bending force [kNm] around x principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.		
My	Bending force [kNm] around y principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.		

Comb.N.	N	Mx	My
1	194,95	1017,24	0,00

SERVICEABILITY LIMIT STATES - FREQUENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N	Axial force [kN] applied at the centroid of concrete section (+ if compressive)		
Mx	Bending force [kNm] around x principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.		
My	Bending force [kNm] around y principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.		

Comb.N.	N	Mx	My
1	194,95	1017,24 (960,42)	0,00 (0,00)

SERVICEABILITY LIMIT STATES - QUASI-PERMANENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N	Axial force [kN] applied at the centroid of concrete section (+ if compressive)		
Mx	Bending force [kNm] around x principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.		
My	Bending force [kNm] around y principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.		

Comb.N.	N	Mx	My
1	194,95	1017,24 (960,42)	0,00 (0,00)

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Tension in concrete:	Not considered in any case
Check	Result of Check
Reg	Number of current concrete sub-region of the cross section
Sc max (Sc lim)	Max compressive stress (+) in concrete [Mpa]. Code limit stress Sc lim is shown between brackets
Xc max, Yc max	X-coordinate, Y-coordinate [cm] of concrete vertex corresponding to Sc max (reference X,Y,O)
Ss min (Ss lim)	Min stress (- if tensile) in steel bars [Mpa]. Code limit stress is shown between brackets
Xs min, Ys min	X-coordinate, Y-coordinate [cm] of bar corresponding to Ss min (reference X,Y,O)
Ac eff	Effective tension area [cm ²] that is the area of concrete surrounding the tension reinforcement (for crack width control)
As eff	Area of tension steel bars [cm ²] within Ac eff (for crack width control)
r eff	Geometrical ratio Ac eff/Ac [eq.(7.10) Ec2]

NComb	Reg	Check	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff	As eff	r eff
1	1	OK	4,82 (18,0)	-50,0	120,0	-139,7 (360,0)	5,0	5,3	1600	65,8	0,041

SLS CHARACTERISTIC - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Check	Section is assumed always cracked even if flexural tensile stress does not exceeds fctm
e1	Result of check
e2	Greater concrete tensile strain (tension is -) assessed in cracked section
k1	Lesser concrete tensile strain within the entire section (tension is -) assessed in cracked section
kt	= 0.8 high bond bars assigned [see eq.(7.11) EC2]
k2	= 0.6 for frequent and characteristic SLS; = 0.4 for q.perm SLS [see eq.(7.9) EC2]
k2	= 0.5 for bending; = (e1 + e2)/(2*e1) for eccentric tension [see eq.(7.13) EC2]

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	52 di 137

k3 = 3,400 Coeff. in eq. (7.11) according to national annex
k4 = 0,425 Coeff. in eq. (7.11) according to national annex
 $\bar{\Delta}$ Bar diameter [mm] or equivalent diameter of tensile bars in A_c eff [eq.(7.11)]
e sm - e cm Difference between the mean strain of tensile steel and concrete [eq.(7.8)]
Between brackets: Minimum value of eq.(7.9) = 0.6 Smax / Es
sr max Max final crack [mm] spacing
wk Calculated value [mm] of crack width = sr max*(e sm - e cm) [eq.(7.8)]. Limit value of wk is shown between brackets
MX crack First cracking bending moment around X axis[kNm]
MY crack First cracking bending moment around Y axis[kNm]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	$\bar{\Delta}$	e sm - e cm	sr max	wk	Mx crack	My crack
1	OK	-0,00075	0	0,500	23,9	0,00043 (0,00042)	235	0,102(0,20)	960,42	0,00

SLS - CHARACTERISTIC COMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

N.Vertex Assigned numbers to concrete vertices
Reg. Number of concrete region to which it relates the vertices
Xc, Yc X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
Sc Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
e c Strain in each vertex

Concrete region:

N.Vertex	Reg.	Xc	Yc	Sc	e c
1	1	-50,0	0,0	0,000	-0,0007473
2	1	-50,0	120,0	4,820	0,0003615
3	1	50,0	120,0	4,820	0,0003615
4	1	50,0	0,0	0,000	-0,0007473

Longitudinal bars:

N. Bar Assigned numbers to each bar
Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O
Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
e s Strain in each bar

N. Bar	Xs	Ys	Ss	e s
1	-44,7	5,3	-139,66	-0,0006983
2	-44,7	114,7	62,50	0,0003125
3	44,7	114,7	62,50	0,0003125
4	44,7	5,3	-139,66	-0,0006983
5	-44,7	10,5	-130,05	-0,0006502
6	44,7	10,5	-130,05	-0,0006502
7	-34,8	5,3	-139,66	-0,0006983
8	-24,8	5,3	-139,66	-0,0006983
9	-14,9	5,3	-139,66	-0,0006983
10	-5,0	5,3	-139,66	-0,0006983
11	5,0	5,3	-139,66	-0,0006983
12	14,9	5,3	-139,66	-0,0006983
13	24,8	5,3	-139,66	-0,0006983
14	34,8	5,3	-139,66	-0,0006983
15	-34,8	114,7	62,50	0,0003125
16	-24,8	114,7	62,50	0,0003125
17	-14,9	114,7	62,50	0,0003125
18	-5,0	114,7	62,50	0,0003125
19	5,0	114,7	62,50	0,0003125
20	14,9	114,7	62,50	0,0003125
21	24,8	114,7	62,50	0,0003125
22	34,8	114,7	62,50	0,0003125
23	-22,4	10,5	-130,05	-0,0006502
24	0,0	10,5	-130,05	-0,0006502
25	22,4	10,5	-130,05	-0,0006502

SLS FREQUENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

NComb	Reg	Check	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff	As eff	r eff
1	1	OK	4,82 (18,0)	-50,0	120,0	-139,7 (360,0)	5,0	5,3	1600	65,8	0,041

SLS FREQUENT - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	53 di 137

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	III	e sm - e cm	sr max	wk	Mx crack	My crack
1	OK	-0,00075	0	0,500	23,9	0,00043 (0,00042)	235	0,102 (0,20)	960,42	0,00

SLS - FREQUENT COMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

N.Vertex Assigned numbers to concrete vertices
 Reg. Number of concrete region to which it relates the vertices
 Xc, Yc X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
 Sc Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
 e c Strain in each vertex

Concrete region:

N.Vertex	Reg.	Xc	Yc	Sc	e c
1	1	-50,0	0,0	0,000	-0,0007473
2	1	-50,0	120,0	4,820	0,0003615
3	1	50,0	120,0	4,820	0,0003615
4	1	50,0	0,0	0,000	-0,0007473

Longitudinal bars:

N. Bar Assigned numbers to each bar
 Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O
 Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
 e s Strain in each bar

N. Bar	Xs	Ys	Ss	e s
1	-44,7	5,3	-139,66	-0,0006983
2	-44,7	114,7	62,50	0,0003125
3	44,7	114,7	62,50	0,0003125
4	44,7	5,3	-139,66	-0,0006983
5	-44,7	10,5	-130,05	-0,0006502
6	44,7	10,5	-130,05	-0,0006502
7	-34,8	5,3	-139,66	-0,0006983
8	-24,8	5,3	-139,66	-0,0006983
9	-14,9	5,3	-139,66	-0,0006983
10	-5,0	5,3	-139,66	-0,0006983
11	5,0	5,3	-139,66	-0,0006983
12	14,9	5,3	-139,66	-0,0006983
13	24,8	5,3	-139,66	-0,0006983
14	34,8	5,3	-139,66	-0,0006983
15	-34,8	114,7	62,50	0,0003125
16	-24,8	114,7	62,50	0,0003125
17	-14,9	114,7	62,50	0,0003125
18	-5,0	114,7	62,50	0,0003125
19	5,0	114,7	62,50	0,0003125
20	14,9	114,7	62,50	0,0003125
21	24,8	114,7	62,50	0,0003125
22	34,8	114,7	62,50	0,0003125
23	-22,4	10,5	-130,05	-0,0006502
24	0,0	10,5	-130,05	-0,0006502
25	22,4	10,5	-130,05	-0,0006502

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

NComb	Reg	Check	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff	As eff	r eff
1	1	OK	4,82 (13,5)	-50,0	120,0	-139,7 (360,0)	5,0	5,3	1600	65,8	0,041

SLS QUASI-PERMANENT - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	III	e sm - e cm	sr max	wk	Mx crack	My crack
1	OK	-0,00075	0	0,500	23,9	0,00052 (0,00042)	235	0,123 (0,20)	960,42	0,00

SLS - QUASI-PERMANENTCOMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

N.Vertex Assigned numbers to concrete vertices
 Reg. Number of concrete region to which it relates the vertices
 Xc, Yc X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	54 di 137

Sc Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
e c Strain in each vertex

Concrete region:

N.Vertex	Reg.	Xc	Yc	Sc	e c
1	1	-50,0	0,0	0,000	-0,0007473
2	1	-50,0	120,0	4,820	0,0003615
3	1	50,0	120,0	4,820	0,0003615
4	1	50,0	0,0	0,000	-0,0007473

Longitudinal bars:

N. Bar Assigned numbers to each bar
Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O
Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
e s Strain in each bar

N. Bar	Xs	Ys	Ss	e s
1	-44,7	5,3	-139,66	-0,0006983
2	-44,7	114,7	62,50	0,0003125
3	44,7	114,7	62,50	0,0003125
4	44,7	5,3	-139,66	-0,0006983
5	-44,7	10,5	-130,05	-0,0006502
6	44,7	10,5	-130,05	-0,0006502
7	-34,8	5,3	-139,66	-0,0006983
8	-24,8	5,3	-139,66	-0,0006983
9	-14,9	5,3	-139,66	-0,0006983
10	-5,0	5,3	-139,66	-0,0006983
11	5,0	5,3	-139,66	-0,0006983
12	14,9	5,3	-139,66	-0,0006983
13	24,8	5,3	-139,66	-0,0006983
14	34,8	5,3	-139,66	-0,0006983
15	-34,8	114,7	62,50	0,0003125
16	-24,8	114,7	62,50	0,0003125
17	-14,9	114,7	62,50	0,0003125
18	-5,0	114,7	62,50	0,0003125
19	5,0	114,7	62,50	0,0003125
20	14,9	114,7	62,50	0,0003125
21	24,8	114,7	62,50	0,0003125
22	34,8	114,7	62,50	0,0003125
23	-22,4	10,5	-130,05	-0,0006502
24	0,0	10,5	-130,05	-0,0006502
25	22,4	10,5	-130,05	-0,0006502

SLS - CHECK OF MINIMUM REINFORCEMENT AREA FOR CRACK CONTROL (§ 7.3.2 EC2)

Comb.N. Order numbers assigned to SLS combination
Comb.Type Frequent or Quasi-Permanent combination
Region Number and type (web or flange) of sub-regions (as parts of the concrete cross-section)
k Coeff. wich allows for the effects of non-uniform self-equilibrating stresse [eq.(7.1) EC2]
kc Coeff. wich takes account of the stress distribution prior to cracking [eq.(7.2)-(7.3) EC2]
Act Area of concrete (for each sub-region) within tension zone just before formation of first crack [eq.(7.1) EC2]
Ned Axial force [kN] (+ if compressive) acting within each sub-region just before of first crack
Sc = Ned/Act = mean stress [Mpa] within each concrete sub-region [eq.(7.1) EC2]
k1 Coeff. considering the effects of axial force on the stress distribution (rectangular section or web sub-region)
Fcr Absolute value of the tensile force [kN] within the flange just prior to cracking
As reg Area [cm²] of longitudinal bars within the tension area of each sub-region
As,min Minimum Area [cm²] of longitudinal bars to be placed within the tension area of each sub-region

Comb.N.	Comb.Type	Region	k	kc	Act	Ned	Sc	k1	Fcr	As reg	As,min
1	Frequent	1 (Web)	0,65	0,38	5500	335,91	2,80	1,50	---	65,8	10,9
1	Quasi-perm.	1 (Web)	0,65	0,38	5500	335,91	2,80	1,50	---	65,8	10,9

10.1.2 Verifica a quota rastremazione

La verifica è stata effttuata su una sezione H=60 B=100, armata con $\phi 16/10$ in zona tesa e $\phi 16/10$ in zona compressa. Il copriferro di calcolo è pari a 5 cm. Le verifiche presentate qui di sotto, sono fate con il softwae RC-SEC.

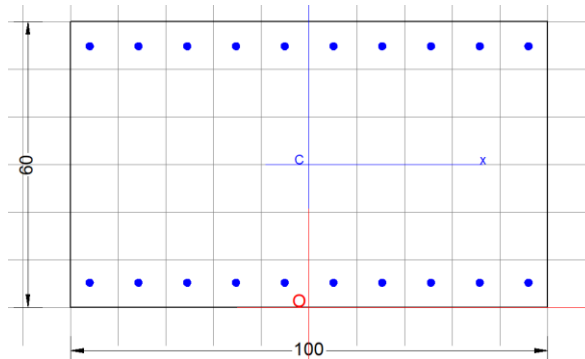
**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	55 di 137

Pressoflessione

$M_{Ed} = 422.29 \text{ kNm}$



GENERAL DATA OF PREDEFINED RC CROSS-SECTION

Section Name: Tipo A - Piedritti - sezione magro.secEC

(File path: S:\Projects\18005_0549D07_Cesano Vigna di Valle\Work\05 Muro ad U - km 37+310\Tipo A - Piedritti - sezione magro.secEC)

Section description:
Reference code: EN 1992-1-1 [EC2] Italian Annex
Exposure Class: XC2 - Carbonation (long-term water contact/foundations)
Structural member of belonging: Beam (or slab) without stirrup [§6.2.1(4) EC2]
Section type: Predefined section
Cross-section shape: Rectangular
Stress path: Constant axial force to achieve bending ULS
Reference of assigned forces: Principal axes x,y of inertia

MATERIALS DATA

CONCRETE -

Class:	C30/37
Design compressive strength f_{cd} :	17,0 MPa
Shear reduced compressive strength $v_1 * f_{cd}$:	8,5 MPa (6.9)EC2
Coeff. α_{ct} :	0,1200 § 6.2.2(1) EC2
Coeff. k_1 :	0,1500 § 6.2.2(1) EC2
Coeff. ν min:	0,0111 Mpa (§ 6.2.2(1) EC2)
Strain at max strength ϵ_{c2} :	0,0020
Ultimate strain ϵ_{cu} :	0,0035
Compression diagram stress-strain:	Parabola-Rectangle
Mean elastic modulus E_{cm} :	32836,6 MPa
Mean tensile strength f_{ctm} :	2,9 MPa
E_s/E_c in SLS combination:	15,00
Stress limit Characteristic SLS:	18,0 MPa
Stress limit Frequent SLS:	18,0 MPa
$w_{k \text{ lim}} = \text{limit crack width Frequent SLS}$:	0,400 mm
Coeff. k_3 :	3,4000 § 7.3.4(3) EC2
Coeff. k_4 :	0,4250 § 7.3.4(3) EC2
Stress limit Quasi-Permanent SLS:	13,5 MPa
$w_{k \text{ lim}} = \text{limit crack-width Quasi-Permanent SLS}$:	0,300 mm

STEEL -

Longitudinal Bars:	B450C
Characteristic yield stress f_{yk} :	450,0 MPa
Tensile strength f_{tk} :	540,0 MPa
Design yield stress f_{yd} :	391,3 MPa
Design strength f_{td} :	391,3 MPa
Design ultimate strain ϵ_{su} :	0,068
Mean elastic modulus E_s :	200000,0 MPa
Stirrups:	B500A
Characteristic yield stress f_{yk} :	500,0 MPa
Tensile strength f_{tk} :	540,00 MPa
Design yield stress f_{yd} :	434,8 MPa
Design strength f_{td} :	434,8 MPa
Mean elastic modulus E_s :	200000,0 MPa
SLS Charact. - S_s Limit:	360,00 MPa

GEOMETRIC AND REINFORCEMENT DATA

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	56 di 137

Width:	100,0	cm
Depth:	60,0	cm
Bottom bars:	10∩16	(20,1 cm?)
Top bars:	10∩16	(20,1 cm?)
Low Cover (from centroid of bar):	5,2	cm
Top Cover (from centroid of bar):	5,2	cm
Web Cover (from centroid of bar):	4,0	cm

ULTIMATE LIMIT STATE - DESIGN INTERNAL FORCES ASSIGNED FOR EACH COMBINATION

N	Design axial force [kN] applied in the concrete centroidal point (+ if compressive)
Mx	Design moment force [kNm] around the x axis with positive direction if such as to compress the upper edge of the section
Vy	Design shear [kN] in a direction parallel to the axis Y
T	Design torsional Moment [kN m]

Comb.N.	N	Mx	Vy	MT
1	97,46	219,17	131,51	0,00
2	74,97	422,29	202,65	0,00

CHECKS RESULTS

Checks of section OK for all assigned combinations

Min edge cover of longitudinal bars:	3,2	cm
Min edge distance between longitudinal bars:	8,6	cm
Min edge cover of stirrups:	3,2	cm

ULTIMATE LIMIT STATE - CHECKS FOR BENDING AND AXIAL FORCE

Check	Result of check
N	Design axial force applied in the concrete centroid [kN] (+ if compressive)
Mx	Design bending moment force [kNm] around x axis of reference
N ult	Axial capacity [kN] of section (+ if compressive)
Mx ult	Bending moment capacity [kNm] around x axis of reference
S.F.	Safety factor = vectorial ratio of (N ult, Mx ult) to (N, Mx). Check OK if such ratio is >=1.0
Yneutral	Ordinate Y [cm] of neutral axis in the reference system
Mx sn.	Yielding bending moment [kNm]
x/d	Ratio of the depth of neutral axis to the effective depth of the section
D	Ratio of redistributed moment to the elastic moment in continuous beams [(5.10)EC2]
As Tension	Area bars in tension zone [cm?] (beam). [Between brackets is shown the min. area from eq.(9.1N) EC2]

As Tension Area bars in tension zone [cm?] (beam). [Between brackets is shown the min. area from eq.(9.1N) EC2]

1	OK	97,46	219,17	97,53	436,55	1,992	54,4	417,02	---	---	---
2	OK	74,97	422,29	75,12	430,95	1,020	54,4	411,84	---	---	---

ULTIMATE LIMIT STATE - STRAINS AT ULTIMATE STATE

ec max	Ultimate compressive strain in concrete
ec*	Strain in the concrete fiber at ec2/ecu of depth (if ec*>0 then the section is all compressed)
Yc max	Ordinate in [cm] of the fiber corresponding to ec max
es max	Max strain in steel bars (+ if compressive)
Ys max	Ordinate [cm] of the bar corresponding to es max
es min	Min strain in steel bars (+ if compressive)
Ys min	Ordinate [cm] of the bar corresponding to es min

Comb.N.	ec max	ec *	Yc max	es max	Ys max	es min	Ys min
1	0,00350	-0,01247	60,0	0,00027	54,8	-0,03054	5,2
2	0,00350	-0,01265	60,0	0,00023	54,8	-0,03092	5,2

COMBINATION OF RESISTANCE N. 1 : STRESS AND STRAIN AT ULTIMATE STATE

Concrete vertices:

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	57 di 137

Vertex N. Assigned numbers to concrete vertices
Xc, Yc X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
Sc Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
e c Strain in each vertex

Vertex N.	Xc	Yc	Sc	e c
1	-50,0	0,0	0,00	-0,0337656
2	-50,0	60,0	17,00	0,0035000
3	50,0	60,0	17,00	0,0035000
4	50,0	0,0	0,00	-0,0337656

Longitudinal Bars:

Bar N. Number assigned to the bars
Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of single bar in the reference X,Y,O
Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
e s Strain in each bar

Bar N.	Xs	Ys	Ss	e s
1	-46,0	5,2	-434,78	-0,0305359
2	-35,8	5,2	-434,78	-0,0305359
3	-25,6	5,2	-434,78	-0,0305359
4	-15,3	5,2	-434,78	-0,0305359
5	-5,1	5,2	-434,78	-0,0305359
6	5,1	5,2	-434,78	-0,0305359
7	15,3	5,2	-434,78	-0,0305359
8	25,6	5,2	-434,78	-0,0305359
9	35,8	5,2	-434,78	-0,0305359
10	46,0	5,2	-434,78	-0,0305359
11	-46,0	54,8	54,06	0,0002703
12	-35,8	54,8	54,06	0,0002703
13	-25,6	54,8	54,06	0,0002703
14	-15,3	54,8	54,06	0,0002703
15	-5,1	54,8	54,06	0,0002703
16	5,1	54,8	54,06	0,0002703
17	15,3	54,8	54,06	0,0002703
18	25,6	54,8	54,06	0,0002703
19	35,8	54,8	54,06	0,0002703
20	46,0	54,8	54,06	0,0002703

COMBINATION OF RESISTANCE N. 2 : STRESS AND STRAIN AT ULTIMATE STATE

Concrete vertices:

Vertex N.	Xc	Yc	Sc	e c
1	-50,0	0,0	0,00	-0,0341825
2	-50,0	60,0	17,00	0,0035000
3	50,0	60,0	17,00	0,0035000
4	50,0	0,0	0,00	-0,0341825

Longitudinal Bars:

Bar N.	Xs	Ys	Ss	e s
1	-46,0	5,2	-434,78	-0,0309167
2	-35,8	5,2	-434,78	-0,0309167
3	-25,6	5,2	-434,78	-0,0309167
4	-15,3	5,2	-434,78	-0,0309167
5	-5,1	5,2	-434,78	-0,0309167
6	5,1	5,2	-434,78	-0,0309167
7	15,3	5,2	-434,78	-0,0309167
8	25,6	5,2	-434,78	-0,0309167
9	35,8	5,2	-434,78	-0,0309167
10	46,0	5,2	-434,78	-0,0309167
11	-46,0	54,8	46,84	0,0002342
12	-35,8	54,8	46,84	0,0002342

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	58 di 137

13	-25,6	54,8	46,84	0,0002342
14	-15,3	54,8	46,84	0,0002342
15	-5,1	54,8	46,84	0,0002342
16	5,1	54,8	46,84	0,0002342
17	15,3	54,8	46,84	0,0002342
18	25,6	54,8	46,84	0,0002342
19	35,8	54,8	46,84	0,0002342
20	46,0	54,8	46,84	0,0002342

Taglio

$V_{Ed} = 202.65 \text{ kN}$

La verifica è stata condotta non considerando armatura a taglio.

ULTIMATE LIMIT STATE - SHEAR CHECKS WITH NO TRANSVERSE REINFORCEMENT (§ 6.2.2 EC2)

Check	Result of check
Ved	Design value [daN] of applied shear force V_y (uniaxial shear)
Vwct	Design shear resistance [kN] without shear reinforcement [eq.(6.2)EC2]
d	Effective depth of section [cm]
bw	Effective min width of the cross-section [cm]
Ro	Geometrical ratio of longitudinal tension longitudinal reinforcement = $A_{sl}/(bw \cdot d) [< 0.02]$
Scp	Mean compression stress $(N_{Ed}/A_c) [\text{Mpa}] [< 0.2 \cdot f_{cd}]$
k	Coeff. k in the equation (6.2.a) EC2

Comb.N.	Check	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp	k
1	OK	131,51	248,00	54,8	100,0	0,0000	0,02	1,604
2	OK	202,65	244,92	54,8	100,0	0,0000	0,01	1,604

Stati limite d'esercizio

SERVICEABILITY LIMIT STATE - CHARACTERISTIC COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N	Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)
Mx	Moment force [kNm] around x axis with positive direction if such as to compress the upper edge of the section

Comb.N.	N	Mx
1	74,97	168,59

SERVICEABILITY LIMIT STATE - FREQUENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N	Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)
Mx	Moment force [kNm] around x axis with positive direction if such as to compress the upper edge of the section

Comb.N.	N	Mx
1	74,97	168,59

SERVICEABILITY LIMIT STATE - QUASI-PERMANENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N	Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)
Mx	Moment force [kNm] around x axis with positive direction if such as to compress the upper edge of the section

Comb.N.	N	Mx
1	74,97	168,59

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Check	Result of check
e1	Greater concrete tensile strain (tension is -) within the entire section assessed in cracked section
e2	Lesser concrete tensile strain (tension is -) within the entire section assessed in cracked section
k1	= 0.8 high bond bars assigned [see eq.(7.11) EC2]
kt	= 0.6 for charact. and frequent SLS; = 0.4 for quasi-perm. SLS (Factor dependent on the duration of the load [see eq.(7.9) EC2])

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	59 di 137

k2 = 0,5 for bending; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ for eccentric tension [see eq.(7.13) EC2]
k3 = 3,400 Coeff. in eq. (7.11) EC2 according to national annex
k4 = 0,425 Coeff. in eq. (7.11) EC2 according to national annex
 $\lambda | c$ Equivalent bar diameter [mm] cover [cm] to the tensile reinforcement [see eq.(7.11)(7.12) EC2]
r eff Geometrical ratio $A_s \text{ eff} / A_c \text{ eff}$ [eq.(7.10) EC2]
e sm - e cm Difference between the mean strain of tensile steel and concrete under the relevant combination [eq.(7.8)]
Between brackets: Minimum value of eq.(7.9) = 0.6 Smax / Es
sr max Max final crack [mm] spacing
wk Calculated value [mm] of crack width = sr max * (e sm - e cm) [eq.(7.8)]. Limit value of wk is shown between brackets
M crack First cracking bending moment [kNm]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	λc	r eff	e sm - e cm	sr max	wk	M crack
1	OK	-0,00085	0	0,500	16 4,4	0,015	0,000450 (0,00045)	325	0,147(0,20)	220,34

SLS - CHARACTERISTIC COMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

N.Vertex Assigned numbers to concrete vertices
Xc, Yc X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
Sc Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
e c Strain in each vertex

Vertex N.	Xc	Yc	Sc	e c
1	-50,0	0,0	0,000	-0,0008498
2	-50,0	60,0	3,897	0,0002923
3	50,0	60,0	3,897	0,0002923
4	50,0	0,0	0,000	-0,0008498

Longitudinal Bars:

N. Bar Assigned numbers to each bar
Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O
Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
e s Strain in each bar

Bar N.	Xs	Ys	Ss	e s
1	-46,0	5,2	-150,16	-0,0007508
2	-35,8	5,2	-150,16	-0,0007508
3	-25,6	5,2	-150,16	-0,0007508
4	-15,3	5,2	-150,16	-0,0007508
5	-5,1	5,2	-150,16	-0,0007508
6	5,1	5,2	-150,16	-0,0007508
7	15,3	5,2	-150,16	-0,0007508
8	25,6	5,2	-150,16	-0,0007508
9	35,8	5,2	-150,16	-0,0007508
10	46,0	5,2	-150,16	-0,0007508
11	-46,0	54,8	38,66	0,0001933
12	-35,8	54,8	38,66	0,0001933
13	-25,6	54,8	38,66	0,0001933
14	-15,3	54,8	38,66	0,0001933
15	-5,1	54,8	38,66	0,0001933
16	5,1	54,8	38,66	0,0001933
17	15,3	54,8	38,66	0,0001933
18	25,6	54,8	38,66	0,0001933
19	35,8	54,8	38,66	0,0001933
20	46,0	54,8	38,66	0,0001933

SLS FREQUENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Comb.N.	Check	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	hc eff	Ac eff	As Eff	D bars
1	OK	3,90	60,0	0,00	44,6	-150,2	54,8	13,0	1300	20,1	10,0

SLS FREQUENT COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	λc	r eff	e sm - e cm	sr max	wk	M crack
---------	-------	----	----	----	---------------	-------	-------------	--------	----	---------

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	60 di 137

1	OK	-0,00085	0	0,500	16 4,4	0,015	0,000450 (0,00045)	325	0,147 (0,20)	220,34
---	----	----------	---	-------	--------	-------	--------------------	-----	--------------	--------

SLS - FREQUENT COMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

N.Vertex Assigned numbers to concrete vertices
 Xc, Yc X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
 Sc Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
 e c Strain in each vertex

Vertex N.	Xc	Yc	Sc	e c
1	-50,0	0,0	0,000	-0,0008498
2	-50,0	60,0	3,897	0,0002923
3	50,0	60,0	3,897	0,0002923
4	50,0	0,0	0,000	-0,0008498

Longitudinal Bars:

N. Bar Assigned numbers to each bar
 Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O
 Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
 e s Strain in each bar

Bar N.	Xs	Ys	Ss	e s
1	-46,0	5,2	-150,16	-0,0007508
2	-35,8	5,2	-150,16	-0,0007508
3	-25,6	5,2	-150,16	-0,0007508
4	-15,3	5,2	-150,16	-0,0007508
5	-5,1	5,2	-150,16	-0,0007508
6	5,1	5,2	-150,16	-0,0007508
7	15,3	5,2	-150,16	-0,0007508
8	25,6	5,2	-150,16	-0,0007508
9	35,8	5,2	-150,16	-0,0007508
10	46,0	5,2	-150,16	-0,0007508
11	-46,0	54,8	38,66	0,0001933
12	-35,8	54,8	38,66	0,0001933
13	-25,6	54,8	38,66	0,0001933
14	-15,3	54,8	38,66	0,0001933
15	-5,1	54,8	38,66	0,0001933
16	5,1	54,8	38,66	0,0001933
17	15,3	54,8	38,66	0,0001933
18	25,6	54,8	38,66	0,0001933
19	35,8	54,8	38,66	0,0001933
20	46,0	54,8	38,66	0,0001933

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Comb.N.	Check	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	hc eff	Ac eff	As Eff	D bars
1	OK	3,90	60,0	0,00	44,6	-150,2	54,8	13,0	1300	20,1	10,0

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	Ш c	r eff	e sm - e cm	sr max	wk	M crack
1	OK	-0,00085	0	0,500	16 4,4	0,015	0,000450 (0,00045)	325	0,147 (0,20)	220,34

SLS - QUASI-PERMANENTCOMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

N.Vertex Assigned numbers to concrete vertices
 Xc, Yc X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
 Sc Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
 e c Strain in each vertex

Vertex N.	Xc	Yc	Sc	e c
-----------	----	----	----	-----

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	61 di 137

1	-50,0	0,0	0,000	-0,0008498
2	-50,0	60,0	3,897	0,0002923
3	50,0	60,0	3,897	0,0002923
4	50,0	0,0	0,000	-0,0008498

Longitudinal Bars:

N. Bar Assigned numbers to each bar
 Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O
 Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
 e s Strain in each bar

Bar N.	Xs	Ys	Ss	e s
1	-46,0	5,2	-150,16	-0,0007508
2	-35,8	5,2	-150,16	-0,0007508
3	-25,6	5,2	-150,16	-0,0007508
4	-15,3	5,2	-150,16	-0,0007508
5	-5,1	5,2	-150,16	-0,0007508
6	5,1	5,2	-150,16	-0,0007508
7	15,3	5,2	-150,16	-0,0007508
8	25,6	5,2	-150,16	-0,0007508
9	35,8	5,2	-150,16	-0,0007508
10	46,0	5,2	-150,16	-0,0007508
11	-46,0	54,8	38,66	0,0001933
12	-35,8	54,8	38,66	0,0001933
13	-25,6	54,8	38,66	0,0001933
14	-15,3	54,8	38,66	0,0001933
15	-5,1	54,8	38,66	0,0001933
16	5,1	54,8	38,66	0,0001933
17	15,3	54,8	38,66	0,0001933
18	25,6	54,8	38,66	0,0001933
19	35,8	54,8	38,66	0,0001933
20	46,0	54,8	38,66	0,0001933

SLS - MINIMUM REINFORCEMENT AREAS FOR CRACK CONTROL (§ 7.3.2 EC2)

N.Comb. SLS combination number
 Comb.Type Frequent or Quasi-Permanent
 Region Part of concrete section under consideration (Web/Flange)
 k Coeff. wich take account of self-equilibrating stresses [see eq.(7.1) EC2]
 kc Coeff. wich take account of stress distribution at cracking[see eq.(7.1) EC2]
 Ac eff Area of concrete within tensile zone of the region under consideration just before cracking [(7.1)]
 Ned SLS axial force (+ if compressive) acting on the region under consideration [kN]
 Sc =Ned/Ac mean stress in the region of area Ac (web or rectangular section) [eq.(7.1)]
 Fcr Absolute value of the tensile force [kN] within the flange at cracking due to the cracking moment [eq.(7.3)]
 k1 Coeff. considering the effect of axial forces on the stress (web or rectangular section) [eq.(7.2)]
 As reg Area [cm²] of reinforcing steel within the tensile zone of region under consideration
 As min Minimum Area [cm²] of reinforcing steel within the tensile zone of region under consideration required by eq. (7.1)

Comb.N.	Comb.Type	Region	k	kc	Ac eff	Ned	Sc	k1	Frc	As reg	As min
1	Frequent	Web	0,86	0,39	2850	---	---	---	-413,30	20,1	6,1
1	Quasi-perm.	Web	0,86	0,39	2850	---	---	---	-413,30	20,1	6,1

10.2 Verifica soletta in fondazione

La verifica è stata effettuata su una sezione H=120 B=100, armata con strato primo di $\phi 26/10$ e strato secondo di $\phi 18/20$ nella zona tesa e con $\phi 18/10$ in zona compressa. Il copriferro di calcolo è pari a 6.2 cm. Le verifiche presentate qui di sotto, sono fatte con il software RC-SEC

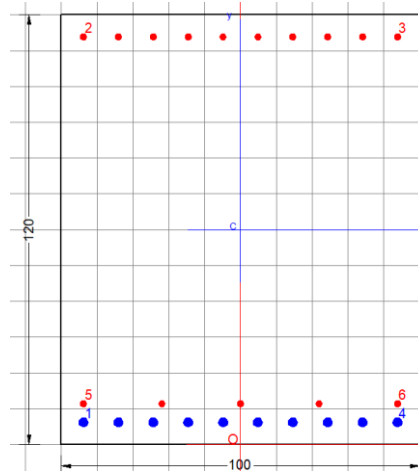
**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	62 di 137

Pressoflessione

$M_{Ed} = 2063.27 \text{ kNm}$



GENERAL DATA OF GENERIC RC CROSS-SECTION

Section Name: Tipo A - Fondazione.secEC

(File path: S:\Projects\18005_0549D07_Cesano Vigna di Valle\Work\05 Muro ad U - km 37+310\Tipo A - Fondazione.secEC)

Section description:

Section type:	Beam without stirrups
Reference code:	EC2/EC8 Italian Annex
Exposure Class:	XC2 - Carbonation (long-term water contact/foundations)
Stress path:	Constant axial force force to achieve bending ULS
Reference of assigned forces:	Principal axes y,y of inertia

MATERIALS DATA

CONCRETE -	Class:	C30/37
	Design compressive strength fcd:	17,0 MPa
	Shear reduced compressive strength $v_1 \cdot f_{cd}$:	8,5 MPa (6.9)EC2
	Coeff Crd,c:	0,1200 (§ 6.2.2(1) EC2
	Coeff K1:	0,1500 (§ 6.2.2(1) EC2
	Coeff v min:	0,0111 Mpa (§ 6.2.2(1) EC2
	Strain at max strength ec2:	0,0020
	Ultimate strain ecu:	0,0035
	Compression diagram stress-strain:	Parabola-Rettangle
	Mean Elastic Modulus Ecm:	32836,6 MPa
	Mean tensile strength fctm:	2,9 MPa
	Es/Ec in SLS combination:	15,00
	Stress limit in SLS Characteristic comb.:	18,0 kN/cm?
	Stress limit in SLS Frequent comb.:	180,0 daN/cm?
	Crack width limit in SLS Frequent comb.:	0,400 mm
	Stress limit in SLS Quasi-perm. comb.:	13,50 Mpa
	Crack width limit in SLS Quasi-perm. comb.:	0,300 mm

STEEL -	Longitudinal Bars and Stirrups:	B450C
	Characteristic yield stress fyk:	450,00 MPa
	Tensile strength ftk:	540,0 MPa
	Design yield stress fyd:	391,3 MPa
	Design strength ftd:	391,3 MPa
	Design ultimate strain esu:	0,068
	Mean elastic modulus Es:	200000,0 MPa
	SLS Charact. - Ss Limit:	360,00 MPa

GEOMETRICAL DATA OF CONCRETE CROSS-SECTION

Shape of Region:	Polygonal
Concrete Class:	C30/37

Vertex N.:	X [cm]	Y [cm]
------------	--------	--------

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	63 di 137

1	-50,0	0,0
2	-50,0	120,0
3	50,0	120,0
4	50,0	0,0

DATA ISOLATED LONGITUDINAL BARS

Bar N.	X [cm]	Y [cm]	Diam[mm]
1	-43,8	6,2	26
2	-43,8	113,8	18
3	43,8	113,8	18
4	43,8	6,2	26
5	-43,8	11,4	18
6	43,8	11,4	18

DATA OF LINEAR GENERATIONS OF LONGITUDINAL BARS

N. Gen. Number of generated bars of the current linear generation
 N.Initial Bar Order number of initial bar (between the isolated bars just defined)
 N.Final Bar Order number of final bar (between the isolated bars just defined)
 N. Bars Number of bars generated equidistant in the current generation
 \varnothing Diameter [mm] of generated bars

Gen.N.	Initial Bar	Final Bar	N. Bars	\varnothing
1	1	4	8	26
2	2	3	8	18
3	5	6	3	18

CHECKS RESULTS

Checks OK for all assigned combinations

Min edge cover of longitudinal bars: 4,9 cm
 Min distance between longitudinal bars: 3,0 cm

ULTIMATE LIMIT STATES - N-MX-MY CAPACITY CHECKS

Check Result of check
 N Design axial force [kN] applied at the centroid of concrete section (+ if compressive)
 Mx Design bending moment [kNm] around x axis principal of inerzia
 My Design bending moment [kNm] around y axis principal of inerzia
 N ult Axial force capacity [kN] (+ if compressive)
 Mx ult Bending moment capacity [kNm] around x axis principal of inertia
 My ult Bending moment capacity [kNm] around y axis principal of inertia
 S.F. Safety Factor = vectorial ratio of (N ult,Mx ult,My ult) to (N,Mx,My). Check OK if ratio >=1.00
 As Tension Area [cm²] of bars in tension (beam section). Min area for code is shown between brackets [eq.(9.1N) EC2]

Comb.N.	Check	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	S.F.	As Tension
1	OK	616,87	1585,89	0,00	617,02	3067,53	0,00	1,922	65,8(0,0)
2	OK	615,95	2063,27	0,00	615,91	3067,02	0,00	1,482	65,8(0,0)
3	OK	547,39	1233,28	0,00	547,33	3034,83	0,00	2,439	65,8(0,0)

ULTIMATE LIMIT STATE - BENDING AND AXIAL FORCE - STRAIN VALUES

ec max Ultimate compressive strain in concrete
 ec* Strain in the concrete fiber at ec2/ecu of depth (if ec*>0 then the section is all compressed)
 Xc max X-coordinate [cm] in the concrete point in wich is ec max
 Yc max Y-coordinate [cm] in the concrete point in wich is ec max
 es max Max strain in steel bars (+ if compressive)
 Xs max X-coordinate [cm] of bar in wich is es max
 Ys max Y-coordinate [cm] of bar in wich is es max
 es min Min strain in steel bars (+ if compressive)
 Xs min X-coordinate [cm] of bar in wich is es min
 Ys min Y-coordinate [cm] of bar in wich is es min

Comb.N.	ec max	ec*	Xc max	Yc max	es max	Xs max	Ys max	es min	Xs min	Ys min
---------	--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	64 di 137

1	0,00350	-0,00778	50,0	120,0	0,00214	43,8	113,8	-0,02146	-43,8	6,2
2	0,00350	-0,00778	50,0	120,0	0,00214	43,8	113,8	-0,02147	-43,8	6,2
3	0,00350	-0,00815	50,0	120,0	0,00210	43,8	113,8	-0,02227	-43,8	6,2

BENDING COMBINATION N. 1 : ULTIMATE STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

N.Vertex Assigned numbers to concrete vertices
 Reg. Number of concrete region to which it relates the vertices
 Xc, Yc X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
 Sc Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
 e c Strain in each vertex

Vert.N.	Reg.	Xc	Yc	Sc	e c
1	1	-50,00	0,00	0,00	-0,0228166
2	1	-50,00	120,00	17,00	0,0035000
3	1	50,00	120,00	17,00	0,0035000
4	1	50,00	0,00	0,00	-0,0228166

Longitudinal Bars:

Bar N. Order numbers assigned to the bars
 Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of single bar in the reference X,Y,O
 Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
 e s Strain in each bar

Bar N.	Xs	Ys	Ss	e s
1	-43,80	6,20	-391,30	-0,0214569
2	-43,80	113,80	391,30	0,0021403
3	43,80	113,80	391,30	0,0021403
4	43,80	6,20	-391,30	-0,0214569
5	-43,80	11,40	-391,30	-0,0203165
6	43,80	11,40	-391,30	-0,0203165
7	-34,07	6,20	-391,30	-0,0214569
8	-24,33	6,20	-391,30	-0,0214569
9	-14,60	6,20	-391,30	-0,0214569
10	-4,87	6,20	-391,30	-0,0214569
11	4,87	6,20	-391,30	-0,0214569
12	14,60	6,20	-391,30	-0,0214569
13	24,33	6,20	-391,30	-0,0214569
14	34,07	6,20	-391,30	-0,0214569
15	-34,07	113,80	391,30	0,0021403
16	-24,33	113,80	391,30	0,0021403
17	-14,60	113,80	391,30	0,0021403
18	-4,87	113,80	391,30	0,0021403
19	4,87	113,80	391,30	0,0021403
20	14,60	113,80	391,30	0,0021403
21	24,33	113,80	391,30	0,0021403
22	34,07	113,80	391,30	0,0021403
23	-21,90	11,40	-391,30	-0,0203165
24	0,00	11,40	-391,30	-0,0203165
25	21,90	11,40	-391,30	-0,0203165

BENDING COMBINATION N. 2 : ULTIMATE STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

Vert.N.	Reg.	Xc	Yc	Sc	e c
1	1	-50,00	0,00	0,00	-0,0228296
2	1	-50,00	120,00	17,00	0,0035000
3	1	50,00	120,00	17,00	0,0035000
4	1	50,00	0,00	0,00	-0,0228296

Longitudinal Bars:

Bar N.	Xs	Ys	Ss	e s
1	-43,80	6,20	-391,30	-0,0214693
2	-43,80	113,80	391,30	0,0021396
3	43,80	113,80	391,30	0,0021396
4	43,80	6,20	-391,30	-0,0214693
5	-43,80	11,40	-391,30	-0,0203283
6	43,80	11,40	-391,30	-0,0203283

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	65 di 137

7	-34,07	6,20	-391,30	-0,0214693
8	-24,33	6,20	-391,30	-0,0214693
9	-14,60	6,20	-391,30	-0,0214693
10	-4,87	6,20	-391,30	-0,0214693
11	4,87	6,20	-391,30	-0,0214693
12	14,60	6,20	-391,30	-0,0214693
13	24,33	6,20	-391,30	-0,0214693
14	34,07	6,20	-391,30	-0,0214693
15	-34,07	113,80	391,30	0,0021396
16	-24,33	113,80	391,30	0,0021396
17	-14,60	113,80	391,30	0,0021396
18	-4,87	113,80	391,30	0,0021396
19	4,87	113,80	391,30	0,0021396
20	14,60	113,80	391,30	0,0021396
21	24,33	113,80	391,30	0,0021396
22	34,07	113,80	391,30	0,0021396
23	-21,90	11,40	-391,30	-0,0203283
24	0,00	11,40	-391,30	-0,0203283
25	21,90	11,40	-391,30	-0,0203283

BENDING COMBINATION N. 3 : ULTIMATE STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

Vert.N.	Reg.	Xc	Yc	Sc	e c
1	1	-50,00	0,00	0,00	-0,0236790
2	1	-50,00	120,00	17,00	0,0035000
3	1	50,00	120,00	17,00	0,0035000
4	1	50,00	0,00	0,00	-0,0236790

Longitudinal Bars:

Bar N.	Xs	Ys	Ss	e s
1	-43,80	6,20	-391,30	-0,0222748
2	-43,80	113,80	391,30	0,0020957
3	43,80	113,80	391,30	0,0020957
4	43,80	6,20	-391,30	-0,0222748
5	-43,80	11,40	-391,30	-0,0210970
6	43,80	11,40	-391,30	-0,0210970
7	-34,07	6,20	-391,30	-0,0222748
8	-24,33	6,20	-391,30	-0,0222748
9	-14,60	6,20	-391,30	-0,0222748
10	-4,87	6,20	-391,30	-0,0222748
11	4,87	6,20	-391,30	-0,0222748
12	14,60	6,20	-391,30	-0,0222748
13	24,33	6,20	-391,30	-0,0222748
14	34,07	6,20	-391,30	-0,0222748
15	-34,07	113,80	391,30	0,0020957
16	-24,33	113,80	391,30	0,0020957
17	-14,60	113,80	391,30	0,0020957
18	-4,87	113,80	391,30	0,0020957
19	4,87	113,80	391,30	0,0020957
20	14,60	113,80	391,30	0,0020957
21	24,33	113,80	391,30	0,0020957
22	34,07	113,80	391,30	0,0020957
23	-21,90	11,40	-391,30	-0,0210970
24	0,00	11,40	-391,30	-0,0210970
25	21,90	11,40	-391,30	-0,0210970

ULTIMATE LIMIT STATE - POSITION OF NEUTRAL AXIS FOR EACH COMBINATION

a, b, c Coeff. a, b, c in neutral axis equation: $aX+bY+c=0$ reference X,Y,O
x/d Ratio of the depth of neutral axis to the effective depth of the section
D Ratio of redistributed moment to the elastic moment in continuous beams [eq.(5.10)EC2]

Comb.N.	a	b	c	x/d	D
1	0,000000000	0,000219305	-0,022816564	0,140	0,700
2	0,000000000	0,000219414	-0,022829632	0,140	0,700
3	0,000000000	0,000226492	-0,023679045	0,136	0,700

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	66 di 137

Taglio

$$V_{Ed} = 254.02 \text{ kN}$$

La verifica è stata condotta non considerando armatura a taglio.

ULTIMATE LIMIT STATE - SHEAR CHECKS IN MEMBER NOT REQUIRING SHEAR REINFORCEMENT

Check	Result of check
Ved	Design shear force [kN] = sum of Vx and Vy projected onto the normal to the neutral axis
Vrd,c	Shear resistance [kN] [§6.2.2 EC2]
d	Mean weighted effective depth of cross-section [cm]
bw	Mean weighted width of cross-section [cm]
Ro	Ratio of long. tensile reinforcement to (bw*d) [<0.02]
Scp	Ratio of axial force N to the area Ac of concrete cross-section [Mpa]
k	Coeff. k in the equation (6.2.a) EC2

Comb.N.	Check	Ved	Vrd,c	d	bw	Ro	Scp	k
1	OK	54,08	569,80	113,8	100,0	0,0061	0,51	1,431
2	OK	181,71	569,69	113,8	100,0	0,0061	0,51	1,431
3	OK	254,02	561,08	113,8	100,0	0,0061	0,46	1,431

Stati limite d'esercizio

SERVICEABILITY LIMIT STATES - CHARACTERISTIC COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N	Axial force [kN] applied at the centroid of concrete section (+ if compressive)
Mx	Bending force [kNm] around x principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.
My	Bending force [kNm] around y principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.

Comb.N.	N	Mx	My
1	421,70	1176,53	0,00

SERVICEABILITY LIMIT STATES - FREQUENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N	Axial force [kN] applied at the centroid of concrete section (+ if compressive)
Mx	Bending force [kNm] around x principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.
My	Bending force [kNm] around y principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.

Comb.N.	N	Mx	My
1	421,07	1170,11 (989,54)	0,00 (0,00)

SERVICEABILITY LIMIT STATES - QUASI-PERMANENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N	Axial force [kN] applied at the centroid of concrete section (+ if compressive)
Mx	Bending force [kNm] around x principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.
My	Bending force [kNm] around y principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.

Comb.N.	N	Mx	My
1	421,07	1160,48 (990,22)	0,00 (0,00)

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Tension in concrete:	Not considered in any case
Check	Result of Check
Reg	Number of current concrete sub-region of the cross section
Sc max (Sc lim)	Max compressive stress (+) in concrete [Mpa]. Code limit stress Sc lim is shown between brackets
Xc max, Yc max	X-coordinae, Y-coordinate [cm] of concrete vertex corresponding to Sc max (reference X,Y,O)
Ss min (Ss lim)	Min stress (- if tensile) in steel bars [Mpa]. Code limit stress is shown between brackets
Xs min, Ys min	X-coordinae, Y-coordinate [cm] of bar corresponding to Ss min (reference X,Y,O)

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	67 di 137

Ac eff Effective tension area [cm²] that is the area of concrete surrounding the tension reinforcement (for crack width control)
 As eff Area of tension steel bars [cm²] within Ac eff (for crack width control)
 r eff Geometrical ratio Ac eff/As eff [eq.(7.10) EC2]

NComb	Reg	Check	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff	As eff	r eff
1	1	OK	5,81 (18,0)	-50,0	120,0	-150,7 (360,0)	-24,3	6,2	1800	65,8	0,037

SLS CHARACTERISTIC - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Section is assumed always cracked even if flexural tensile stress does not exceeds f_{ctm}

Check Result of check
 e1 Greater concrete tensile strain (tension is -) assessed in cracked section
 e2 Lesser concrete tensile strain within the entire section (tension is -) assessed in cracked section
 k1 = 0.8 high bond bars assigned [see eq.(7.11) EC2]
 kt = 0.6 for frequent and characteristic SLS; = 0.4 for q.perm SLS [see eq.(7.9) EC2]
 k2 = 0.5 for bending; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ for eccentric tension [see eq.(7.13) EC2]
 k3 = 3,400 Coeff. in eq. (7.11) according to national annex
 k4 = 0,425 Coeff. in eq. (7.11) according to national annex
 \varnothing Bar diameter [mm] or equivalent diameter of tensile bars in Ac eff [eq.(7.11)]
 e sm - e cm Difference between the mean strain of tensile steel and concrete [eq.(7.8)]
 Between brackets: Minimum value of eq.(7.9) = 0.6 Smax / Es
 sr max Max final crack [mm] spacing
 wk Calculated value [mm] of crack width = sr max * (e sm - e cm) [eq.(7.8)]. Limit value of wk is shown between brackets
 MX crack First cracking bending moment around X axis[kNm]
 MY crack First cracking bending moment around Y axis[kNm]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	\varnothing	e sm - e cm	sr max	wk	Mx crack	My crack
1	OK	-0,00082	0	0,500	23,9	0,00046 (0,00045)	278	0,129 (0,20)	989,22	0,00

SLS - CHARACTERISTIC COMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

N.Vertex Assigned numbers to concrete vertices
 Reg. Number of concrete region to which it relates the vertices
 Xc, Yc X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
 Sc Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
 e c Strain in each vertex

Concrete region:

N.Vertex	Reg.	Xc	Yc	Sc	e c
1	1	-50,0	0,0	0,000	-0,0008181
2	1	-50,0	120,0	5,808	0,0004356
3	1	50,0	120,0	5,808	0,0004356
4	1	50,0	0,0	0,000	-0,0008181

Longitudinal bars:

N. Bar Assigned numbers to each bar
 Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O
 Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
 e s Strain in each bar

N. Bar	Xs	Ys	Ss	e s
1	-43,8	6,2	-150,66	-0,0007533
2	-43,8	113,8	74,16	0,0003708
3	43,8	113,8	74,16	0,0003708
4	43,8	6,2	-150,66	-0,0007533
5	-43,8	11,4	-139,80	-0,0006990
6	43,8	11,4	-139,80	-0,0006990
7	-34,1	6,2	-150,66	-0,0007533
8	-24,3	6,2	-150,66	-0,0007533
9	-14,6	6,2	-150,66	-0,0007533
10	-4,9	6,2	-150,66	-0,0007533
11	4,9	6,2	-150,66	-0,0007533
12	14,6	6,2	-150,66	-0,0007533
13	24,3	6,2	-150,66	-0,0007533
14	34,1	6,2	-150,66	-0,0007533
15	-34,1	113,8	74,16	0,0003708
16	-24,3	113,8	74,16	0,0003708
17	-14,6	113,8	74,16	0,0003708
18	-4,9	113,8	74,16	0,0003708

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
NR1J 01 D 29 CL R10005012 A 68 di 137

19	4,9	113,8	74,16	0,0003708
20	14,6	113,8	74,16	0,0003708
21	24,3	113,8	74,16	0,0003708
22	34,1	113,8	74,16	0,0003708
23	-21,9	11,4	-139,80	-0,0006990
24	0,0	11,4	-139,80	-0,0006990
25	21,9	11,4	-139,80	-0,0006990

SLS FREQUENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

NComb	Reg	Check	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff	As eff	r eff
1	1	OK	5,78 (18,0)	-50,0	120,0	-149,7 (360,0)	-43,8	6,2	1800	65,8	0,037

SLS FREQUENT - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	W	e sm - e cm	sr max	wk	Mx crack	My crack
1	OK	-0,00081	0	0,500	23,9	0,00046 (0,00045)	278	0,127 (0,20)	989,54	0,00

SLS - FREQUENT COMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

N.Vertex Assigned numbers to concrete vertices
 Reg. Number of concrete region to which it relates the vertices
 Xc, Yc X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
 Sc Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
 e c Strain in each vertex

Concrete region:

N.Vertex	Reg.	Xc	Yc	Sc	e c
1	1	-50,0	0,0	0,000	-0,0008131
2	1	-50,0	120,0	5,777	0,0004333
3	1	50,0	120,0	5,777	0,0004333
4	1	50,0	0,0	0,000	-0,0008131

Longitudinal bars:

N. Bar Assigned numbers to each bar
 Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O
 Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
 e s Strain in each bar

N. Bar	Xs	Ys	Ss	e s
1	-43,8	6,2	-149,74	-0,0007487
2	-43,8	113,8	73,78	0,0003689
3	43,8	113,8	73,78	0,0003689
4	43,8	6,2	-149,74	-0,0007487
5	-43,8	11,4	-138,94	-0,0006947
6	43,8	11,4	-138,94	-0,0006947
7	-34,1	6,2	-149,74	-0,0007487
8	-24,3	6,2	-149,74	-0,0007487
9	-14,6	6,2	-149,74	-0,0007487
10	-4,9	6,2	-149,74	-0,0007487
11	4,9	6,2	-149,74	-0,0007487
12	14,6	6,2	-149,74	-0,0007487
13	24,3	6,2	-149,74	-0,0007487
14	34,1	6,2	-149,74	-0,0007487
15	-34,1	113,8	73,78	0,0003689
16	-24,3	113,8	73,78	0,0003689
17	-14,6	113,8	73,78	0,0003689
18	-4,9	113,8	73,78	0,0003689
19	4,9	113,8	73,78	0,0003689
20	14,6	113,8	73,78	0,0003689
21	24,3	113,8	73,78	0,0003689
22	34,1	113,8	73,78	0,0003689
23	-21,9	11,4	-138,94	-0,0006947
24	0,0	11,4	-138,94	-0,0006947
25	21,9	11,4	-138,94	-0,0006947

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	69 di 137

NComb	Reg	Check	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff	As eff	r eff
1	1	OK	5,73 (13,5)	-50,0	120,0	-148,3 (360,0)	-43,8	6,2	1800	65,8	0,037

SLS QUASI-PERMANENT - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	∏	e sm - e cm	sr max	wk	Mx crack	My crack
1	OK	-0,00081	0	0,500	23,9	0,00055 (0,00044)	278	0,152 (0,20)	990,22	0,00

SLS - QUASI-PERMANENTCOMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

N.Vertex Assigned numbers to concrete vertices
 Reg. Number of concrete region to which it relates the vertices
 Xc, Yc X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
 Sc Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
 e c Strain in each vertex

Concrete region:

N.Vertex	Reg.	Xc	Yc	Sc	e c
1	1	-50,0	0,0	0,000	-0,0008053
2	1	-50,0	120,0	5,732	0,0004299
3	1	50,0	120,0	5,732	0,0004299
4	1	50,0	0,0	0,000	-0,0008053

Longitudinal bars:

N. Bar Assigned numbers to each bar
 Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O
 Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
 e s Strain in each bar

N. Bar	Xs	Ys	Ss	e s
1	-43,8	6,2	-148,29	-0,0007414
2	-43,8	113,8	73,22	0,0003661
3	43,8	113,8	73,22	0,0003661
4	43,8	6,2	-148,29	-0,0007414
5	-43,8	11,4	-137,58	-0,0006879
6	43,8	11,4	-137,58	-0,0006879
7	-34,1	6,2	-148,29	-0,0007414
8	-24,3	6,2	-148,29	-0,0007414
9	-14,6	6,2	-148,29	-0,0007414
10	-4,9	6,2	-148,29	-0,0007414
11	4,9	6,2	-148,29	-0,0007414
12	14,6	6,2	-148,29	-0,0007414
13	24,3	6,2	-148,29	-0,0007414
14	34,1	6,2	-148,29	-0,0007414
15	-34,1	113,8	73,22	0,0003661
16	-24,3	113,8	73,22	0,0003661
17	-14,6	113,8	73,22	0,0003661
18	-4,9	113,8	73,22	0,0003661
19	4,9	113,8	73,22	0,0003661
20	14,6	113,8	73,22	0,0003661
21	24,3	113,8	73,22	0,0003661
22	34,1	113,8	73,22	0,0003661
23	-21,9	11,4	-137,58	-0,0006879
24	0,0	11,4	-137,58	-0,0006879
25	21,9	11,4	-137,58	-0,0006879

SLS - CHECK OF MINIMUM REINFORCEMENT AREA FOR CRACK CONTROL (§ 7.3.2 EC2)

Comb.N. Order numbers assigned to SLS combination
 Comb.Type Frequent or Quasi-Permanent combination
 Region Number and type (web or flange) of sub-regions (as parts of the concrete cross-section)
 k Coeff. which allows for the effects of non-uniform self-equilibrating stresses [eq.(7.1) EC2]
 kc Coeff. which takes account of the stress distribution prior to cracking [eq.(7.2)-(7.3) EC2]
 Act Area of concrete (for each sub-region) within tension zone just before formation of first crack [eq.(7.1) EC2]
 Ned Axial force [kN] (+ if compressive) acting within each sub-region just before of first crack
 Sc = Ned/Act = mean stress [Mpa] within each concrete sub-region [eq.(7.1) EC2]
 k1 Coeff. considering the effects of axial force on the stress distribution (rectangular section or web sub-region)

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	70 di 137

Fcr Absolute value of the tensile force [kN] within the flange just prior to cracking
 As reg Area [cm²] of longitudinal bars within the tension area of each sub-region
 As,min Minimum Area [cm²] of longitudinal bars to be placed within the tension area of each sub-region

Comb.N.	Comb.Type	Region	k	kc	Act	Ned	Sc	k1	Fcr	As reg	As,min
1	Frequent	1 (Web)	0,65	0,36	5300	561,92	4,68	1,50	---	65,8	10,1
1	Quasi-perm.	1 (Web)	0,65	0,36	5250	560,42	4,67	1,50	---	65,8	10,0

10.3 Riepilogo verifiche a fessurazione

Verifiche a fessurazione - Comb. Rara

Condizioni ambientali ordinarie

Limite ap. fessure = $w_1 = 0.2$ mm

	Arm. tesa		Arm. comp.		M [kNm/m]	N [kN/m]	wk [mm]
	1° strato	2° strato	1° strato	2° strato			
Piedritto – parte spessa	10 Ø26	5 Ø18	10 Ø18	-	1017.24	194.95	0.102
Piedritto – parte magra	10 Ø16	-	10 Ø16	-	168.59	74.97	0.147
Soletta fondazione	10 Ø26	5 Ø18	10 Ø18	-	1176.53	421.70	0.129

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	71 di 137

11. VERIFICHE STR - STRUTTURA TIPO B

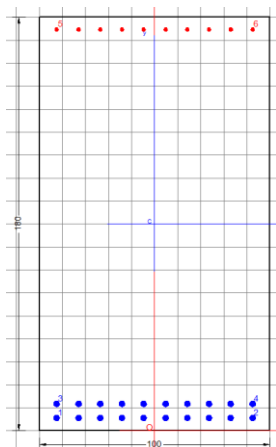
11.1 Verifica piedritti

11.1.1 Verifica allo spiccato

La verifica è stata effettuata su una sezione H=180 B=100, armata con 2x ϕ 26/10 nella zona tesa e con ϕ 16/10 in zona compressa. Il copriferro di calcolo è pari a 5.6 cm. Le verifiche presentate qui di sotto, sono fatte con il software RC'SEC.

Pressoflessione

$$M_{Ed} = 3242.42 \text{ kNm}$$



GENERAL DATA OF GENERIC RC CROSS-SECTION

Section Name: Piedritti - sezione spesso.secEC

(File path: S:\Projects\18005_0549D07_Cesano Vigna di Valle\Work\05 Muro ad U - km 37+310\Piedritti - sezione spesso.secEC)

Section description:	
Section type:	Beam without stirrups
Reference code:	EC2/EC8 Italian Annex
Exposure Class:	XC2 - Carbonation (long-term water contact/foundations)
Stress path:	Constant axial force force to achieve bending ULS
Reference of assigned forces:	Principal axes y,y of inertia

MATERIALS DATA

CONCRETE -	Class:	C30/37
	Design compressive strength fcd:	17,0 MPa
	Shear reduced compressive strenght $v_1 * f_{cd}$:	8,5 MPa (6.9)EC2
	Coeff Crd,c:	0,1200 (§ 6.2.2(1) EC2
	Coeff K1:	0,1500 (§ 6.2.2(1) EC2
	Coeff v min:	0,0111 Mpa (§ 6.2.2(1) EC2
	Strain at max strength ec2:	0,0020
	Ultimate strain ecu:	0,0035
	Compression diagram stress-strain:	Parabola-Rettangle
	Mean Elastic Modulus Ecm:	32836,6 MPa
	Mean tensile strength fctm:	2,9 MPa
	Es/Ec in SLS combination:	15,00
	Stress limit in SLS Characteristic comb.:	18,0 kN/cm ²
	Stress limit in SLS Frequent comb.:	180,0 daN/cm ²
	Crack width limit in SLS Frequent comb.:	0,400 mm
	Stress limit in SLS Quasi-perm. comb.:	13,50 Mpa
	Crack width limit in SLS Quasi-perm. comb.:	0,300 mm

STEEL -	Longitudinal Bars and Stirrups:	B450C
---------	---------------------------------	-------

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	72 di 137

Characteristic yield stress f_{yk} :	450,00	MPa
Tensile strength f_{tk} :	540,0	MPa
Design yield stress f_{yd} :	391,3	MPa
Design strength f_{td} :	391,3	MPa
Design ultimate strain ϵ_{su} :	0,068	
Mean elastic modulus E_s :	200000,0	MPa
SLS Charact. - S_s Limit:	360,00	MPa

GEOMETRICAL DATA OF CONCRETE CROSS-SECTION

Shape of Region: Polygonal
Concrete Class: C30/37

Vertex N.:	X [cm]	Y [cm]
1	-50,0	0,0
2	-50,0	180,0
3	50,0	180,0
4	50,0	0,0

DATA ISOLATED LONGITUDINAL BARS

Bar N.	X [cm]	Y [cm]	Diam \varnothing [mm]
1	-42,5	5,6	26
2	42,5	5,6	26
3	-42,5	11,7	26
4	42,5	11,7	26
5	-42,5	174,7	18
6	42,5	174,7	18

DATA OF LINEAR GENERATIONS OF LONGITUDINAL BARS

N. Gen. Number of generated bars of the current linear generation
N.Initial Bar Order number of initial bar (between the isolated bars just defined)
N.Final Bar Order number of final bar (between the isolated bars just defined)
N. Bars Number of bars generated equidistant in the current generation
 \varnothing Diameter [mm] of generated bars

Gen.N.	Initial Bar	Final Bar	N. Bars	\varnothing
1	1	2	8	26
2	3	4	8	26
3	5	6	8	18

ULTIMATE LIMIT STATE - ASSIGNED DESIGN FORCES FOR EACH COMBINATION

N d Design axial force [kN] applied at centroid of concrete section (+ if compressive)
Mx d Design bending force [kNm] around x principal axis of inertia
My d Design bending force [kNm] around y principal axis of inertia
Vy d Design shear component [kN] parallel to y principal axis of inertia
Vx d Design shear component [kN] parallel to x principal axis of inertia

Comb.N.	N d	Mx d	My d	Vy d	Vx d
1	482,50	2251,04	0,00	608,01	0,00
2	371,15	3242,42	0,00	747,98	0,00

CHECKS RESULTS

Checks OK for all assigned combinations

Min edge cover of longitudinal bars: 4,3 cm
Min distance between longitudinal bars: 3,5 cm

ULTIMATE LIMIT STATES - N-MX-MY CAPACITY CHECKS

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	73 di 137

Check	Result of check
N	Design axial force [kN] applied at the centroid of concrete section (+ if compressive)
Mx	Design bending moment [kNm] around x axis principal of inerzia
My	Design bending moment [kNm] around y axis principal of inerzia
N ult	Axial force capacity [kN] (+ if compressive)
Mx ult	Bending moment capacity [kNm] around x axis principal of inertia
My ult	Bending moment capacity [kNm] around y axis principal of inertia
S.F.	Safety Factor = vectorial ratio of (N ult,Mx ult,My ult) to (N,Mx,My). Check OK if ratio >=1.00
As Tension	Area [cm ²] of bars in tension (beam section). Min area for code is shown between brackets [eq.(9.1N) EC2]

Comb.N.	Check	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	S.F.	As Tension
1	OK	482,50	2251,04	0,00	482,65	7100,42	0,00	3,122	106,2(25,8)
2	OK	371,15	3242,42	0,00	371,23	7024,31	0,00	2,157	106,2(24,2)

ULTIMATE LIMIT STATE - BENDING AND AXIAL FORCE - STRAIN VALUES

ec max	Ultimate compressive strain in concrete
ec*	Strain in the concrete fiber at ec2/ecu of depth (if ec*>0 then the section is all compressed)
Xc max	X-coordinate [cm] in the concrete point in wich is ec max
Yc max	Y-coordinate [cm] in the concrete point in wich is ec max
es max	Max strain in steel bars (+ if compressive)
Xs max	X-coordinate [cm] of bar in wich is es max
Ys max	Y-coordinate [cm] of bar in wich is es max
es min	Min strain in steel bars (+ if compressive)
Xs min	X-coordinate [cm] of bar in wich is es min
Ys min	Y-coordinate [cm] of bar in wich is es min

Comb.N.	ec max	ec*	Xc max	Yc max	es max	Xs max	Ys max	es min	Xs min	Ys min
1	0,00350	-0,00670	-50,0	180,0	0,00280	-42,5	174,7	-0,01957	-42,5	5,6
2	0,00350	-0,00702	-50,0	180,0	0,00278	-42,5	174,7	-0,02029	-42,5	5,6

BENDING COMBINATION N. 1 : ULTIMATE STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

N.Vertex	Assigned numbers to concrete vertices
Reg.	Number of concrete region to which it relates the vertices
Xc, Yc	X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
Sc	Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
e c	Strain in each vertex

Vert.N.	Reg.	Xc	Yc	Sc	e c
1	1	-50,00	0,00	0,00	-0,0203070
2	1	-50,00	180,00	17,00	0,0035000
3	1	50,00	180,00	17,00	0,0035000
4	1	50,00	0,00	0,00	-0,0203070

Longitudinal Bars:

Bar N.	Order numbers assigned to the bars
Xs, Ys	X-coordinate, Y-coordinate [cm] of single bar in the reference X,Y,O
Ss	Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
e s	Strain in each bar

Bar N.	Xs	Ys	Ss	e s
1	-42,50	5,60	-391,30	-0,0195664
2	42,50	5,60	-391,30	-0,0195664
3	-42,50	11,70	-391,30	-0,0187596
4	42,50	11,70	-391,30	-0,0187596
5	-42,50	174,70	391,30	0,0027990
6	42,50	174,70	391,30	0,0027990
7	-33,06	5,60	-391,30	-0,0195664
8	-23,61	5,60	-391,30	-0,0195664
9	-14,17	5,60	-391,30	-0,0195664
10	-4,72	5,60	-391,30	-0,0195664
11	4,72	5,60	-391,30	-0,0195664
12	14,17	5,60	-391,30	-0,0195664
13	23,61	5,60	-391,30	-0,0195664
14	33,06	5,60	-391,30	-0,0195664
15	-33,06	11,70	-391,30	-0,0187596

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	74 di 137

16	-23,61	11,70	-391,30	-0,0187596
17	-14,17	11,70	-391,30	-0,0187596
18	-4,72	11,70	-391,30	-0,0187596
19	4,72	11,70	-391,30	-0,0187596
20	14,17	11,70	-391,30	-0,0187596
21	23,61	11,70	-391,30	-0,0187596
22	33,06	11,70	-391,30	-0,0187596
23	-33,06	174,70	391,30	0,0027990
24	-23,61	174,70	391,30	0,0027990
25	-14,17	174,70	391,30	0,0027990
26	-4,72	174,70	391,30	0,0027990
27	4,72	174,70	391,30	0,0027990
28	14,17	174,70	391,30	0,0027990
29	23,61	174,70	391,30	0,0027990
30	33,06	174,70	391,30	0,0027990

BENDING COMBINATION N. 2 : ULTIMATE STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

Vert.N.	Reg.	Xc	Yc	Sc	e c
1	1	-50,00	0,00	0,00	-0,0210566
2	1	-50,00	180,00	17,00	0,0035000
3	1	50,00	180,00	17,00	0,0035000
4	1	50,00	0,00	0,00	-0,0210566

Longitudinal Bars:

Bar N.	Xs	Ys	Ss	e s
1	-42,50	5,60	-391,30	-0,0202926
2	42,50	5,60	-391,30	-0,0202926
3	-42,50	11,70	-391,30	-0,0194604
4	42,50	11,70	-391,30	-0,0194604
5	-42,50	174,70	391,30	0,0027769
6	42,50	174,70	391,30	0,0027769
7	-33,06	5,60	-391,30	-0,0202926
8	-23,61	5,60	-391,30	-0,0202926
9	-14,17	5,60	-391,30	-0,0202926
10	-4,72	5,60	-391,30	-0,0202926
11	4,72	5,60	-391,30	-0,0202926
12	14,17	5,60	-391,30	-0,0202926
13	23,61	5,60	-391,30	-0,0202926
14	33,06	5,60	-391,30	-0,0202926
15	-33,06	11,70	-391,30	-0,0194604
16	-23,61	11,70	-391,30	-0,0194604
17	-14,17	11,70	-391,30	-0,0194604
18	-4,72	11,70	-391,30	-0,0194604
19	4,72	11,70	-391,30	-0,0194604
20	14,17	11,70	-391,30	-0,0194604
21	23,61	11,70	-391,30	-0,0194604
22	33,06	11,70	-391,30	-0,0194604
23	-33,06	174,70	391,30	0,0027769
24	-23,61	174,70	391,30	0,0027769
25	-14,17	174,70	391,30	0,0027769
26	-4,72	174,70	391,30	0,0027769
27	4,72	174,70	391,30	0,0027769
28	14,17	174,70	391,30	0,0027769
29	23,61	174,70	391,30	0,0027769
30	33,06	174,70	391,30	0,0027769

ULTIMATE LIMIT STATE - POSITION OF NEUTRAL AXIS FOR EACH COMBINATION

a, b, c Coeff. a, b, c in neutral axis equation: $aX+bY+c=0$ reference X,Y,O
x/d Ratio of the depth of neutral axis to the effective depth of the section
D Ratio of redistributed moment to the elastic moment in continuous beams [eq.(5.10)EC2]

Comb.N.	a	b	c	x/d	D
1	0,000000000	0,000132261	-0,020307017	0,152	0,700
2	0,000000000	0,000136426	-0,021056605	0,147	0,700

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	75 di 137

Taglio

$$V_{Ed}=747.98\text{kN}$$

La verifica è stata condotta senza considerare staffe.

ULTIMATE LIMIT STATE - SHEAR CHECKS IN MEMBER NOT REQUIRING SHEAR REINFORCEMENT

Check	Result of check
Ved	Design shear force [kN] = sum of Vx and Vy projected onto the normal to the neutral axis
Vrd,c	Shear resistance [kN] [§6.2.2 EC2]
d	Mean weighted effective depth of cross-section [cm]
bw	Mean weighted width of cross-section [cm]
Ro	Ratio of long. tensile reinforcement to (bw*d) [<0.02]
Scp	Ratio of axial force N to the area Ac of concrete cross-section [Mpa]
k	Coeff. k in the equation (6.2.a) EC2

Comb.N.	Check	Ved	Vrd,c	d	bw	Ro	Scp	k
1	OK	608,01	779,20	174,4	100,0	0,0065	0,27	1,349
2	OK	747,98	764,85	174,4	100,0	0,0065	0,21	1,349

Stati limite d'esercizio

SERVICEABILITY LIMIT STATES - CHARACTERISTIC COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N	Axial force [kN] applied at the centroid of concrete section (+ if compressive)
Mx	Bending force [kNm] around x principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.
My	Bending force [kNm] around y principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.

Comb.N.	N	Mx	My
1	371,15	1731,57	0,00

SERVICEABILITY LIMIT STATES - FREQUENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N	Axial force [kN] applied at the centroid of concrete section (+ if compressive)
Mx	Bending force [kNm] around x principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.
My	Bending force [kNm] around y principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.

Comb.N.	N	Mx	My
1	371,15	1731,57 (2239,77)	0,00 (0,00)

SERVICEABILITY LIMIT STATES - QUASI-PERMANENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N	Axial force [kN] applied at the centroid of concrete section (+ if compressive)
Mx	Bending force [kNm] around x principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.
My	Bending force [kNm] around y principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.

Comb.N.	N	Mx	My
1	371,15	1731,57 (2239,77)	0,00 (0,00)

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Tension in concrete:	Not considered in any case
Check	Result of Check
Reg	Number of current concrete sub-region of the cross section
Sc max (Sc lim)	Max compressive stress (+) in concrete [Mpa]. Code limit stress Sc lim is shown between brackets
Xc max, Yc max	X-coordinate, Y-coordinate [cm] of concrete vertex corresponding to Sc max (reference X,Y,O)
Ss min (Ss lim)	Min stress (- if tensile) in steel bars [Mpa]. Code limit stress is shown between brackets
Xs min, Ys min	X-coordinate, Y-coordinate [cm] of bar corresponding to Ss min (reference X,Y,O)
Ac eff	Effective tension area [cm ²] that is the area of concrete surrounding the tension reinforcement (for crack width control)
As eff	Area of tension steel bars [cm ²] within Ac eff (for crack width control)
r eff	Geometrical ratio Ac eff/Ac [eq.(7.10) Ec2]

NComb	Reg	Check	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff	As eff	r eff
-------	-----	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	76 di 137

1 1 OK 3,73 (18,0) -50,0 180,0 -94,2 (360,0) 33,1 5,6 2150 106,2 0,049

SLS CHARACTERISTIC - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Check	Section is assumed always cracked even if flexural tensile stress does not exceeds f_{ctm}
e1	Result of check
e2	Greater concrete tensile strain (tension is -) assessed in cracked section
k1	Lesser concrete tensile strain within the entire section (tension is -) assessed in cracked section
kt	= 0.8 high bond bars assigned [see eq.(7.11) EC2]
k2	= 0.6 for frequent and characteristic SLS; = 0.4 for q.perm SLS [see eq.(7.9) EC2]
k3	= 0.5 for bending; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ for eccentric tension [see eq.(7.13) EC2]
k4	= 3,400 Coeff. in eq. (7.11) according to national annex
Ш	= 0,425 Coeff. in eq. (7.11) according to national annex
e sm - e cm	Bar diameter [mm] or equivalent diameter of tensile bars in $A_{c\text{eff}}$ [eq.(7.11)]
sr max	Difference between the mean strain of tensile steel and concrete [eq.(7.8)]
wk	Between brackets: Minimum value of eq.(7.9) = $0.6 S_{\text{max}} / E_s$
MX crack	Max final crack [mm] spacing
MY crack	Calculated value [mm] of crack width = $sr\text{ max} \cdot (e\text{ sm} - e\text{ cm})$ [eq.(7.8)]. Limit value of wk is shown between brackets
	First cracking bending moment around X axis[kNm]
	First cracking bending moment around Y axis[kNm]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	Ш	e sm - e cm	sr max	wk	Mx crack	My crack
1	OK	-0,00050	0	0,500	26,0	0,00028 (0,00028)	236	0,067	2239,77	0,00

SLS - CHARACTERISTIC COMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

N.Vertex	Assigned numbers to concrete vertices
Reg.	Number of concrete region to which it relates the vertices
Xc, Yc	X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
Sc	Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
e c	Strain in each vertex

Concrete region:

N.Vertex	Reg.	Xc	Yc	Sc	e c
1	1	-50,0	0,0	0,000	-0,0004952
2	1	-50,0	180,0	3,732	0,0002799
3	1	50,0	180,0	3,732	0,0002799
4	1	50,0	0,0	0,000	-0,0004952

Longitudinal bars:

N. Bar	Assigned numbers to each bar
Xs, Ys	X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O
Ss	Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
e s	Strain in each bar

N. Bar	Xs	Ys	Ss	e s
1	-42,5	5,6	-94,21	-0,0004711
2	42,5	5,6	-94,21	-0,0004711
3	-42,5	11,7	-88,96	-0,0004448
4	42,5	11,7	-88,96	-0,0004448
5	-42,5	174,7	51,41	0,0002571
6	42,5	174,7	51,41	0,0002571
7	-33,1	5,6	-94,21	-0,0004711
8	-23,6	5,6	-94,21	-0,0004711
9	-14,2	5,6	-94,21	-0,0004711
10	-4,7	5,6	-94,21	-0,0004711
11	4,7	5,6	-94,21	-0,0004711
12	14,2	5,6	-94,21	-0,0004711
13	23,6	5,6	-94,21	-0,0004711
14	33,1	5,6	-94,21	-0,0004711
15	-33,1	11,7	-88,96	-0,0004448
16	-23,6	11,7	-88,96	-0,0004448
17	-14,2	11,7	-88,96	-0,0004448
18	-4,7	11,7	-88,96	-0,0004448
19	4,7	11,7	-88,96	-0,0004448
20	14,2	11,7	-88,96	-0,0004448
21	23,6	11,7	-88,96	-0,0004448
22	33,1	11,7	-88,96	-0,0004448

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	77 di 137

23	-33,1	174,7	51,41	0,0002571
24	-23,6	174,7	51,41	0,0002571
25	-14,2	174,7	51,41	0,0002571
26	-4,7	174,7	51,41	0,0002571
27	4,7	174,7	51,41	0,0002571
28	14,2	174,7	51,41	0,0002571
29	23,6	174,7	51,41	0,0002571
30	33,1	174,7	51,41	0,0002571

SLS FREQUENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

NComb	Reg	Check	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff	As eff	r eff
1	1	OK	3,73 (18,0)	-50,0	180,0	-94,2 (360,0)	33,1	5,6	2150	106,2	0,049

SLS FREQUENT - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	∏	e sm - e cm	sr max	wk	Mx crack	My crack
1	OK	-0,00050	0	0,500	26,0	0,00028 (0,00028)	236	0,067 (0,20)	2239,77	0,00

SLS - FREQUENT COMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

N.Vertex Assigned numbers to concrete vertices
 Reg. Number of concrete region to which it relates the vertices
 Xc, Yc X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
 Sc Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
 e c Strain in each vertex

Concrete region:

N.Vertex	Reg.	Xc	Yc	Sc	e c
1	1	-50,0	0,0	0,000	-0,0004952
2	1	-50,0	180,0	3,732	0,0002799
3	1	50,0	180,0	3,732	0,0002799
4	1	50,0	0,0	0,000	-0,0004952

Longitudinal bars:

N. Bar Assigned numbers to each bar
 Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O
 Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
 e s Strain in each bar

N. Bar	Xs	Ys	Ss	e s
1	-42,5	5,6	-94,21	-0,0004711
2	42,5	5,6	-94,21	-0,0004711
3	-42,5	11,7	-88,96	-0,0004448
4	42,5	11,7	-88,96	-0,0004448
5	-42,5	174,7	51,41	0,0002571
6	42,5	174,7	51,41	0,0002571
7	-33,1	5,6	-94,21	-0,0004711
8	-23,6	5,6	-94,21	-0,0004711
9	-14,2	5,6	-94,21	-0,0004711
10	-4,7	5,6	-94,21	-0,0004711
11	4,7	5,6	-94,21	-0,0004711
12	14,2	5,6	-94,21	-0,0004711
13	23,6	5,6	-94,21	-0,0004711
14	33,1	5,6	-94,21	-0,0004711
15	-33,1	11,7	-88,96	-0,0004448
16	-23,6	11,7	-88,96	-0,0004448
17	-14,2	11,7	-88,96	-0,0004448
18	-4,7	11,7	-88,96	-0,0004448
19	4,7	11,7	-88,96	-0,0004448
20	14,2	11,7	-88,96	-0,0004448
21	23,6	11,7	-88,96	-0,0004448
22	33,1	11,7	-88,96	-0,0004448
23	-33,1	174,7	51,41	0,0002571
24	-23,6	174,7	51,41	0,0002571
25	-14,2	174,7	51,41	0,0002571
26	-4,7	174,7	51,41	0,0002571

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	78 di 137

27	4,7	174,7	51,41	0,0002571
28	14,2	174,7	51,41	0,0002571
29	23,6	174,7	51,41	0,0002571
30	33,1	174,7	51,41	0,0002571

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

NComb	Reg	Check	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff	As eff	r eff
1	1	OK	3,73 (13,5)	-50,0	180,0	-94,2 (360,0)	33,1	5,6	2150	106,2	0,049

SLS QUASI-PERMANENT - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	W	e sm - e cm	sr max	wk	Mx crack	My crack
1	OK	-0,00050	0	0,500	26,0	0,00032 (0,00028)	236	0,075 (0,20)	2239,77	0,00

SLS - QUASI-PERMANENTCOMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

N.Vertex Assigned numbers to concrete vertices
 Reg. Number of concrete region to which it relates the vertices
 Xc, Yc X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
 Sc Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
 e c Strain in each vertex

Concrete region:

N.Vertex	Reg.	Xc	Yc	Sc	e c
1	1	-50,0	0,0	0,000	-0,0004952
2	1	-50,0	180,0	3,732	0,0002799
3	1	50,0	180,0	3,732	0,0002799
4	1	50,0	0,0	0,000	-0,0004952

Longitudinal bars:

N. Bar Assigned numbers to each bar
 Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O
 Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
 e s Strain in each bar

N. Bar	Xs	Ys	Ss	e s
1	-42,5	5,6	-94,21	-0,0004711
2	42,5	5,6	-94,21	-0,0004711
3	-42,5	11,7	-88,96	-0,0004448
4	42,5	11,7	-88,96	-0,0004448
5	-42,5	174,7	51,41	0,0002571
6	42,5	174,7	51,41	0,0002571
7	-33,1	5,6	-94,21	-0,0004711
8	-23,6	5,6	-94,21	-0,0004711
9	-14,2	5,6	-94,21	-0,0004711
10	-4,7	5,6	-94,21	-0,0004711
11	4,7	5,6	-94,21	-0,0004711
12	14,2	5,6	-94,21	-0,0004711
13	23,6	5,6	-94,21	-0,0004711
14	33,1	5,6	-94,21	-0,0004711
15	-33,1	11,7	-88,96	-0,0004448
16	-23,6	11,7	-88,96	-0,0004448
17	-14,2	11,7	-88,96	-0,0004448
18	-4,7	11,7	-88,96	-0,0004448
19	4,7	11,7	-88,96	-0,0004448
20	14,2	11,7	-88,96	-0,0004448
21	23,6	11,7	-88,96	-0,0004448
22	33,1	11,7	-88,96	-0,0004448
23	-33,1	174,7	51,41	0,0002571
24	-23,6	174,7	51,41	0,0002571
25	-14,2	174,7	51,41	0,0002571
26	-4,7	174,7	51,41	0,0002571
27	4,7	174,7	51,41	0,0002571
28	14,2	174,7	51,41	0,0002571
29	23,6	174,7	51,41	0,0002571
30	33,1	174,7	51,41	0,0002571

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	79 di 137

SLS - CHECK OF MINIMUM REINFORCEMENT AREA FOR CRACK CONTROL (§ 7.3.2 EC2)

Comb.N.	Order numbers assigned to SLS combination
Comb.Type	Frequent or Quasi-Permanent combination
Region	Number and type (web or flange) of sub-regions (as parts of the concrete cross-section)
k	Coeff. wich allows for the effects of non-uniform self-equilibrating stresse [eq.(7.1) EC2]
kc	Coeff. wich takes account of the stress distribution prior to cracking [eq.(7.2)-(7.3) EC2]
Act	Area of concrete (for each sub-region) within tension zone just before formation of first crack [eq.(7.1) EC2]
Ned	Axial force [kN] (+ if compressive) acting within each sub-region just before of first crack
Sc	= Ned/Act = mean stress [Mpa] within each concrete sub-region [eq.(7.1) EC2]
k1	Coeff. considering the effects of axial force on the stress distribution (rectangular section or web sub-region)
Fcr	Absolute value of the tensile force [kN] within the flange just prior to cracking
As reg	Area [cm ²] of longitudinal bars within the tension area of each sub-region
As,min	Minimum Area [cm ²] of longitudinal bars to be placed within the tension area of each sub-region

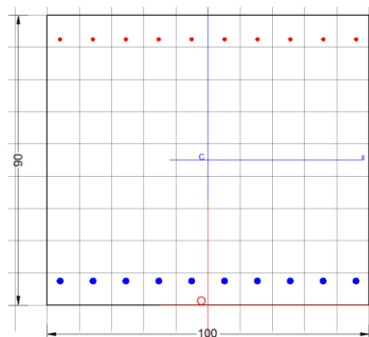
Comb.N.	Comb.Type	Region	k	kc	Act	Ned	Sc	k1	Fcr	As reg	As,min
1	Frequent	1 (Web)	0,65	0,38	7850	584,09	3,24	1,50	---	106,2	15,7
1	Quasi-perm.	1 (Web)	0,65	0,38	7850	584,09	3,24	1,50	---	106,2	15,7

11.1.2 Verifica a quota rastremazione

La verifica è stata effttuata su una sezione H=90 B=100, armata con $\phi 20/10$ in zona tesa e $\phi 12/10$ in zona compressa. Il copriferro di calcolio è pari a 7.5 cm. Le verifiche presentate qui di sotto, sono fate con il softwae RC'SEC.

Pressoflessione

$M_{Ed} = 557.61 \text{ kNm}$



GENERAL DATA OF PREDEFINED RC CROSS-SECTION

Section Name: Piedritti - sezione magro.secEC

(File path: S:\Projects\18005_0549D07_Cesano Vigna di Valle\Work\05 Muro ad U - km 37+310\Piedritti - sezione magro.secEC)

Section description:	
Reference code:	EN 1992-1-1 [EC2] Italian Annex
Exposure Class:	XC2 - Carbonation (long-term water contact/foundations)
Structural member of belonging:	Beam (or slab) without stirrup [§6.2.1(4) EC2]
Section type:	Predefined section
Cross-section shape:	Rectangular
Stress path:	Constant axial force to achieve bending ULS
Reference of assigned forces:	Principal axes x,y of inertia

MATERIALS DATA

CONCRETE -	Class:	C30/37
	Design compressive strength fcd:	17,0 MPa
	Shear reduced compressive strength $v_1 * f_{cd}$:	8,5 MPa (6.9)EC2
	Coeff. Crd,c:	0,1200 § 6.2.2(1) EC2
	Coeff. K1:	0,1500 § 6.2.2(1) EC2
	Coeff. v min:	0,0111 Mpa (§ 6.2.2(1) EC2)
	Strain at max strength ec2:	0,0020
	Ultimate strain ecu:	0,0035
	Compression diagram stress-strain:	Parabola-Rectangle
	Mean elastic modulus Ecm:	32836,6 MPa
	Mean tensile strength fctm:	2,9 MPa

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	80 di 137

Es/Es in SLS combination:	15,00	
Stress limit Characteristic SLS:	18,0	MPa
Stress limit Frequent SLS:	18,0	MPa
wk lim =limit crack width Frequent SLS:	0,400	mm
Coeff. k3:	3,4000	§ 7.3.4(3) EC2
Coeff. k4:	0,4250	§ 7.3.4(3) EC2
Stress limit Quasi-Permanent SLS:	13,5	MPa
wk lim =limit crack-width Quasi-Permanent SLS:	0,300	mm

STEEL -

Longitudinal Bars:	B450C	
Characteristic yield stress fyk:	450,0	MPa
Tensile strength ftk:	540,0	MPa
Design yield stress fyd:	391,3	MPa
Design strength ftd:	391,3	MPa
Design ultimate strain esu:	0,068	
Mean elastic modulus Es:	200000,0	MPa
Stirrups:	B500A	
Characteristic yield stress fyk:	500,0	MPa
Tensile strength ftk:	540,00	MPa
Design yield stress fyd:	434,8	MPa
Design strength ftd:	434,8	MPa
Mean elastic modulus Es:	200000,0	MPa
SLS Charact. - Ss Limit:	360,00	MPa

GEOMETRIC AND REINFORCEMENT DATA

Width:	100,0	cm
Depth:	90,0	cm
Bottom bars:	10W20	(31,4 cm?)
Top bars:	10W12	(11,3 cm?)
Low Cover (from centroid of bar):	7,5	cm
Top Cover (from centroid of bar):	7,5	cm
Web Cover (from centroid of bar):	4,0	cm

ULTIMATE LIMIT STATE - DESIGN INTERNAL FORCES ASSIGNED FOR EACH COMBINATION

N	Design axial force [kN] applied in the concrete centroidal point (+ if compressive)
Mx	Design moment force [kNm] around the x axis with positive direction if such as to compress the upper edge of the section
Vy	Design shear [kN] in a direction parallel to the axis Y
T	Design torsional Moment [kN m]

Comb.N.	N	Mx	Vy	MT
1	160,81	253,69	144,98	0,00
2	123,70	557,61	248,80	0,00

CHECKS RESULTS

Checks of section OK for all assigned combinations

Min edge cover of longitudinal bars:	3,0	cm
Min edge distance between longitudinal bars:	8,2	cm
Min edge cover of stirrups:	3,0	cm

ULTIMATE LIMIT STATE - CHECKS FOR BENDING AND AXIAL FORCE

Check	Result of check
N	Design axial force applied in the concrete centroid [kN] (+ if compressive)
Mx	Design bending moment force [kNm] around x axis of reference
N ult	Axial capacity [kN] of section (+ if compressive)
Mx ult	Bending moment capacity [kNm] around x axis of reference
S.F.	Safety factor = vectorial ratio of (N ult, Mx ult) to (N, Mx). Check OK if such ratio is >=1.0
Yneutral	Ordinate Y [cm] of neutral axis in the reference system
Mx sn.	Yielding bending moment [kNm]
x/d	Ratio of the depth of neutral axis to the effective depth of the section
D	Ratio of redistributed moment to the elastic moment in continuous beams [(5.10)EC2]
As Tension	Area bars in tension zone [cm?] (beam). [Between brackets is shown the min. area from eq.(9.1N) EC2]

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
NR1J 01 D 29 CL R10005012 A 81 di 137

As TensionArea bars in tension zone [cm?] (beam). [Between brackets is shown the min. area from eq.(9.1N) EC2]]

1	OK	160,81	253,69	160,94	1028,84	4,022	80,9	977,33	---	---	---
2	OK	123,70	557,61	123,78	1014,90	1,817	81,1	964,72	---	---	---

ULTIMATE LIMIT STATE - STRAINS AT ULTIMATE STATE

ec max Ultimate compressive strain in concrete
 ec* Strain in the concrete fiber at ec2/ecu of depth (if ec*>0 then the section is all compressed)
 Yc max Ordinate in [cm] of the fiber corresponding to ec max
 es max Max strain in steel bars (+ if compressive)
 Ys max Ordinate [cm] of the bar corresponding to es max
 es min Min strain in steel bars (+ if compressive)
 Ys min Ordinate [cm] of the bar corresponding to es min

Comb.N.	ec max	ec *	Yc max	es max	Ys max	es min	Ys min
1	0,00350	-0,01135	90,0	0,00061	82,5	-0,02826	7,5
2	0,00350	-0,01164	90,0	0,00056	82,5	-0,02889	7,5

COMBINATION OF RESISTANCE N. 1 : STRESS AND STRAIN AT ULTIMATE STATE

Concrete vertices:

Vertex N. Assigned numbers to concrete vertices
 Xc, Yc X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
 Sc Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
 e c Strain in each vertex

Vertex N.	Xc	Yc	Sc	e c
1	-50,0	0,0	0,00	-0,0311454
2	-50,0	90,0	17,00	0,0035000
3	50,0	90,0	17,00	0,0035000
4	50,0	0,0	0,00	-0,0311454

Longitudinal Bars:

Bar N. Number assigned to the bars
 Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of single bar in the reference X,Y,O
 Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
 e s Strain in each bar

Bar N.	Xs	Ys	Ss	e s
1	-46,0	7,5	-434,78	-0,0282583
2	-35,8	7,5	-434,78	-0,0282583
3	-25,6	7,5	-434,78	-0,0282583
4	-15,3	7,5	-434,78	-0,0282583
5	-5,1	7,5	-434,78	-0,0282583
6	5,1	7,5	-434,78	-0,0282583
7	15,3	7,5	-434,78	-0,0282583
8	25,6	7,5	-434,78	-0,0282583
9	35,8	7,5	-434,78	-0,0282583
10	46,0	7,5	-434,78	-0,0282583
11	-46,0	82,5	122,58	0,0006129
12	-35,8	82,5	122,58	0,0006129
13	-25,6	82,5	122,58	0,0006129
14	-15,3	82,5	122,58	0,0006129
15	-5,1	82,5	122,58	0,0006129
16	5,1	82,5	122,58	0,0006129
17	15,3	82,5	122,58	0,0006129
18	25,6	82,5	122,58	0,0006129
19	35,8	82,5	122,58	0,0006129
20	46,0	82,5	122,58	0,0006129

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	82 di 137

COMBINATION OF RESISTANCE N. 2 : STRESS AND STRAIN AT ULTIMATE STATE

Concrete vertices:

Vertex N.	Xc	Yc	Sc	e c
1	-50,0	0,0	0,00	-0,0318315
2	-50,0	90,0	17,00	0,0035000
3	50,0	90,0	17,00	0,0035000
4	50,0	0,0	0,00	-0,0318315

Longitudinal Bars:

Bar N.	Xs	Ys	Ss	e s
1	-46,0	7,5	-434,78	-0,0288872
2	-35,8	7,5	-434,78	-0,0288872
3	-25,6	7,5	-434,78	-0,0288872
4	-15,3	7,5	-434,78	-0,0288872
5	-5,1	7,5	-434,78	-0,0288872
6	5,1	7,5	-434,78	-0,0288872
7	15,3	7,5	-434,78	-0,0288872
8	25,6	7,5	-434,78	-0,0288872
9	35,8	7,5	-434,78	-0,0288872
10	46,0	7,5	-434,78	-0,0288872
11	-46,0	82,5	111,14	0,0005557
12	-35,8	82,5	111,14	0,0005557
13	-25,6	82,5	111,14	0,0005557
14	-15,3	82,5	111,14	0,0005557
15	-5,1	82,5	111,14	0,0005557
16	5,1	82,5	111,14	0,0005557
17	15,3	82,5	111,14	0,0005557
18	25,6	82,5	111,14	0,0005557
19	35,8	82,5	111,14	0,0005557
20	46,0	82,5	111,14	0,0005557

Taglio

$V_{Ed} = 248.80 \text{ kN}$

La verifica è stata condotta non considerando armatura a taglio.

ULTIMATE LIMIT STATE - SHEAR CHECKS WITH NO TRANSVERSE REINFORCEMENT (§ 6.2.2 EC2)

Check	Result of check
Ved	Design value [daN] of applied shear force Vy (uniaxial shear)
Vwct	Design shear resistance [kN] without shear reinforcement [eq.(6.2)EC2]
d	Effective depth of section [cm]
bw	Effective min width of the cross-section [cm]
Ro	Geometrical ratio of longitudinal tension longitudinal reinforcement = $Asl/(bw d) < 0.02$
Scp	Mean compression stress (NEd/Ac)[Mpa] [$< 0.2 f_{cd}$]
k	Coeff. k in the equation (6.2.a) EC2

Comb.N.	Check	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp	k
1	OK	144,98	354,86	82,5	100,0	0,0000	0,02	1,492
2	OK	248,80	349,76	82,5	100,0	0,0000	0,01	1,492

Stati limite d'esercizio

SERVICEABILITY LIMIT STATE - CHARACTERISTIC COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N	Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)
Mx	Moment force [kNm] around x axis with positive direction if such as to compress the upper edge of the section

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	83 di 137

Comb.N.	N	Mx
1	123,70	195,15

SERVICEABILITY LIMIT STATE - FREQUENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)
Mx Moment force [kNm] around x axis
with positive direction if such as to compress the upper edge of the section

Comb.N.	N	Mx
1	123,70	195,15

SERVICEABILITY LIMIT STATE - QUASI-PERMANENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)
Mx Moment force [kNm] around x axis
with positive direction if such as to compress the upper edge of the section

Comb.N.	N	Mx
1	123,70	195,15

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Check	Result of Check
Sc max	Max compressive stress (+) in concrete [Mpa]
Yc max	y-coordinate [cm] of concrete fiber corresponding to Sc max (reference X,Y,O)
Sc min	Min compression stress (+) in concrete [Mpa]
Yc min	y-coordinate [cm] of concrete fiber corresponding to Sc min (reference X,Y,O)
Ss min	Min tension stress (-) of steel bars [Mpa]
Ys min	y-coordinate [cm] of centroid bar corresponding to Ss min (reference X,Y,O)
hc eff	Concrete depth [cm] in concrete tension area surrounding tension steel bars
Ac eff	Effective tension area [cm ²] that is the area of concrete surrounding the tension reinforcement (for crack width control)
As eff	Area of tension steel bars [cm ²] within Ac eff (for crack width control)
D bars	Mean spacing [cm] of bonded reinforcement [eq.(7.11) §7.3.4(3)EC2] (D bars = 0 indicates spacing > 5(c+O/2) and eq.(7.14) is pertinent)

Comb.N.	Check	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	hc eff	Ac eff	As Eff	D bars
1	OK	2,19	90,0	0,00	62,4	-65,3	82,5	18,8	1875	31,4	9,4

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Check	Result of check
e1	Greater concrete tensile strain (tension is -) within the entire section assessed in cracked section
e2	Lesser concrete tensile strain (tension is -) within the entire section assessed in cracked section
k1	= 0.8 high bond bars assigned [see eq.(7.11) EC2]
kt	= 0.6 for charact. and frequent SLS; = 0.4 for quasi-perm. SLS (Factor dependent on the duration of the load [see eq.(7.9) EC2])
k2	= 0.5 for bending; = (e1 + e2)/(2*e1) for eccentric tension [see eq.(7.13) EC2]
k3	= 3,400 Coeff. in eq. (7.11) EC2 according to national annex
k4	= 0,425 Coeff. in eq. (7.11) EC2 according to national annex
Ш c	Equivalent bar diameter [mm] cover [cm] to the tensile reinforcement [see eq.(7.11)(7.12) EC2]
r eff	Geometrical ratio As eff/Ac eff [eq.(7.10) EC2]
e sm - e cm	Difference between the mean strain of tensile steel and concrete under the relevant combination [eq.(7.8)] Between brackets: Minimum value of eq.(7.9) = 0.6 Smax / Es
sr max	Max final crack [mm] spacing
wk	Calculated value [mm] of crack width = sr max*(e sm - e cm)[eq.(7.8)]. Limit value of wk is shown between brackets
M crack	First cracking bending moment [kNm]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	Ш c	r eff	e sm - e cm	sr max	wk	M crack
1	OK	-0,00037	0	0,500	20 6,5	0,017	0,000196 (0,00020)	424	0,083	509,62

SLS - CHARACTERISTIC COMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

N.Vertex	Assigned numbers to concrete vertices
Xc, Yc	X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
Sc	Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
e c	Strain in each vertex

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	84 di 137

Vertex N.	Xc	Yc	Sc	e c
1	-50,0	0,0	0,000	-0,0003712
2	-50,0	90,0	2,188	0,0001641
3	50,0	90,0	2,188	0,0001641
4	50,0	0,0	0,000	-0,0003712

Longitudinal Bars:

N. Bar Assigned numbers to each bar
 Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O
 Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
 e s Strain in each bar

Bar N.	Xs	Ys	Ss	e s
1	-46,0	7,5	-65,31	-0,0003266
2	-35,8	7,5	-65,31	-0,0003266
3	-25,6	7,5	-65,31	-0,0003266
4	-15,3	7,5	-65,31	-0,0003266
5	-5,1	7,5	-65,31	-0,0003266
6	5,1	7,5	-65,31	-0,0003266
7	15,3	7,5	-65,31	-0,0003266
8	25,6	7,5	-65,31	-0,0003266
9	35,8	7,5	-65,31	-0,0003266
10	46,0	7,5	-65,31	-0,0003266
11	-46,0	82,5	23,90	0,0001195
12	-35,8	82,5	23,90	0,0001195
13	-25,6	82,5	23,90	0,0001195
14	-15,3	82,5	23,90	0,0001195
15	-5,1	82,5	23,90	0,0001195
16	5,1	82,5	23,90	0,0001195
17	15,3	82,5	23,90	0,0001195
18	25,6	82,5	23,90	0,0001195
19	35,8	82,5	23,90	0,0001195
20	46,0	82,5	23,90	0,0001195

SLS FREQUENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Comb.N.	Check	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	hc eff	Ac eff	As Eff	D bars
1	OK	2,19	90,0	0,00	62,4	-65,3	82,5	18,8	1875	31,4	9,4

SLS FREQUENT COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	∑ c	r eff	e sm - e cm	sr max	wk	M crack
1	OK	-0,00037	0	0,500	20 6,5	0,017	0,000196 (0,00020)	424	0,083 (0,20)	509,62

SLS - FREQUENT COMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

N.Vertex Assigned numbers to concrete vertices
 Xc, Yc X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
 Sc Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
 e c Strain in each vertex

Vertex N.	Xc	Yc	Sc	e c
1	-50,0	0,0	0,000	-0,0003712
2	-50,0	90,0	2,188	0,0001641
3	50,0	90,0	2,188	0,0001641
4	50,0	0,0	0,000	-0,0003712

Longitudinal Bars:

N. Bar Assigned numbers to each bar
 Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
NR1J 01 D 29 CL R10005012 A 85 di 137

Bar N.	Xs	Ys	Ss	e s
1	-46,0	7,5	-65,31	-0,0003266
2	-35,8	7,5	-65,31	-0,0003266
3	-25,6	7,5	-65,31	-0,0003266
4	-15,3	7,5	-65,31	-0,0003266
5	-5,1	7,5	-65,31	-0,0003266
6	5,1	7,5	-65,31	-0,0003266
7	15,3	7,5	-65,31	-0,0003266
8	25,6	7,5	-65,31	-0,0003266
9	35,8	7,5	-65,31	-0,0003266
10	46,0	7,5	-65,31	-0,0003266
11	-46,0	82,5	23,90	0,0001195
12	-35,8	82,5	23,90	0,0001195
13	-25,6	82,5	23,90	0,0001195
14	-15,3	82,5	23,90	0,0001195
15	-5,1	82,5	23,90	0,0001195
16	5,1	82,5	23,90	0,0001195
17	15,3	82,5	23,90	0,0001195
18	25,6	82,5	23,90	0,0001195
19	35,8	82,5	23,90	0,0001195
20	46,0	82,5	23,90	0,0001195

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Comb.N.	Check	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	hc eff	Ac eff	As Eff	D bars
1	OK	2,19	90,0	0,00	62,4	-65,3	82,5	18,8	1875	31,4	9,4

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	σ c	r eff	e sm - e cm	sr max	wk	M crack
1	OK	-0,00037	0	0,500	20 6,5	0,017	0,000196 (0,00020)	424	0,083 (0,20)	509,62

SLS - QUASI-PERMANENT COMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

Vertex N.	Xc	Yc	Sc	e c
1	-50,0	0,0	0,000	-0,0003712
2	-50,0	90,0	2,188	0,0001641
3	50,0	90,0	2,188	0,0001641
4	50,0	0,0	0,000	-0,0003712

Longitudinal Bars:

Bar N.	Xs	Ys	Ss	e s
1	-46,0	7,5	-65,31	-0,0003266
2	-35,8	7,5	-65,31	-0,0003266
3	-25,6	7,5	-65,31	-0,0003266
4	-15,3	7,5	-65,31	-0,0003266
5	-5,1	7,5	-65,31	-0,0003266
6	5,1	7,5	-65,31	-0,0003266
7	15,3	7,5	-65,31	-0,0003266

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	86 di 137

8	25,6	7,5	-65,31	-0,0003266
9	35,8	7,5	-65,31	-0,0003266
10	46,0	7,5	-65,31	-0,0003266
11	-46,0	82,5	23,90	0,0001195
12	-35,8	82,5	23,90	0,0001195
13	-25,6	82,5	23,90	0,0001195
14	-15,3	82,5	23,90	0,0001195
15	-5,1	82,5	23,90	0,0001195
16	5,1	82,5	23,90	0,0001195
17	15,3	82,5	23,90	0,0001195
18	25,6	82,5	23,90	0,0001195
19	35,8	82,5	23,90	0,0001195
20	46,0	82,5	23,90	0,0001195

SLS - MINIMUM REINFORCEMENT AREAS FOR CRACK CONTROL (§ 7.3.2 EC2)

N.Comb.	SLS combination number
Comb.Type	Frequent or Quasi-Permanent
Region	Part of concrete section under consideration (Web/Flange)
k	Coeff. wich take account of self-equilibrating stresses [see eq.(7.1) EC2]
kc	Coeff. wich take account of stress distribution at cracking[see eq.(7.1) EC2]
Ac eff	Area of concrete within tensile zone of the region under consideration just before cracking [(7.1)]
Ned	SLS axial force (+ if compressive) acting on the region under consideration [kN]
Sc	=Ned/Ac mean stress in the region of area Ac (web or rectangular section) [eq.(7.1)]
Fcr	Absolute value of the tensile force [kN] within the flange at cracking due to the cracking moment [eq.(7.3)]
k1	Coeff. considering the effect of axial forces on the stress (web or rectangular section) [eq.(7.2)]
As reg	Area [cm ²] of reinforcing steel within the tensile zone of region under consideration
As min	Minimum Area [cm ²] of reinforcing steel within the tensile zone of region under consideration required by eq. (7.1)

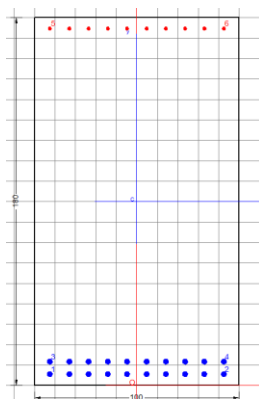
Comb.N.	Comb.Type	Region	k	kc	Ac eff	Ned	Sc	k1	Frc	As reg	As min
1	Frequent	Web	0,65	0,36	3950	---	---	---	-568,89	31,4	6,0
1	Quasi-perm.	Web	0,65	0,36	3950	---	---	---	-568,89	31,4	6,0

11.2 Verifica soletta in fondazione

La verifica è stata effttuata su una sezione H=180 B=100, armata con 2x ϕ 26/10 nella zona tesa e con ϕ 16/10 in zona compressa. Il copriferro di calcolio è pari a 6.2 cm. Le verifiche presentate qui di sotto, sono fate con il softwae RC'SEC.

Pressoflessione

$$M_{Ed} = 3725.86 \text{ kNm}$$



GENERAL DATA OF GENERIC RC CROSS-SECTION

Section Name: Fondazione.secEC

(File path: S:\Projects\18005_0549D07_Cesano Vigna di Valle\Work\05 Muro ad U - km 37+310\Fondazione.secEC)

Section description:

Section type:

Beam without stirrups

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	87 di 137

Reference code: EC2/EC8 Italian Annex
 Exposure Class: XC2 - Carbonation (long-term water contact/foundations)
 Stress path: Constant axial force force to achieve bending ULS
 Reference of assigned forces: Principal axes y,y of inertia

MATERIALS DATA

CONCRETE -

Class:	C30/37
Design compressive strength fcd:	17,0 MPa
Shear reduced compressive strength v1* fcd:	8,5 MPa (6.9)EC2
Coeff Crd,c:	0,1200 (§ 6.2.2(1) EC2
Coeff K1:	0,1500 (§ 6.2.2(1) EC2
Coeff v min:	0,0111 Mpa (§ 6.2.2(1) EC2
Strain at max strength ec2:	0,0020
Ultimate strain ecu:	0,0035
Compression diagram stress-strain:	Parabola-Rettangle
Mean Elastic Modulus Ecm:	32836,6 MPa
Mean tensile strength fctm:	2,9 MPa
Es/Ec in SLS combination:	15,00
Stress limit in SLS Characteristic comb.:	18,0 kN/cm?
Stress limit in SLS Frequent comb.:	180,0 daN/cm?
Crack width limit in SLS Frequent comb.:	0,400 mm
Stress limit in SLS Quasi-perm. comb.:	13,50 Mpa
Crack width limit in SLS Quasi-perm. comb.:	0,300 mm

STEEL -

Longitudinal Bars and Stirrups:	B450C
Characteristic yield stress fyk:	450,00 MPa
Tensile strength ftk:	540,0 MPa
Design yield stress fyd:	391,3 MPa
Design strength ftd:	391,3 MPa
Design ultimate strain esu:	0,068
Mean elastic modulus Es:	200000,0 MPa
SLS Charact. - Ss Limit:	360,00 MPa

GEOMETRICAL DATA OF CONCRETE CROSS-SECTION

Shape of Region: Polygonal
 Concrete Class: C30/37

Vertex N.:	X [cm]	Y [cm]
1	-50,0	0,0
2	-50,0	180,0
3	50,0	180,0
4	50,0	0,0

DATA ISOLATED LONGITUDINAL BARS

Bar N.	X [cm]	Y [cm]	Diam \varnothing [mm]
1	-42,5	5,6	26
2	42,5	5,6	26
3	-42,5	11,7	26
4	42,5	11,7	26
5	-42,5	174,7	18
6	42,5	174,7	18

DATA OF LINEAR GENERATIONS OF LONGITUDINAL BARS

N. Gen. Number of generated bars of the current linear generation
 N.Initial Bar Order number of initial bar (between the isolated bars just defined)
 N.Final Bar Order number of final bar (between the isolated bars just defined)
 N. Bars Number of bars generated equidistant in the current generation
 \varnothing Diameter [mm] of generated bars

Gen.N.	Initial Bar	Final Bar	N. Bars	\varnothing
--------	-------------	-----------	---------	---------------

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	88 di 137

1	1	2	8	26
2	3	4	8	26
3	5	6	8	18

ULTIMATE LIMIT STATE - ASSIGNED DESIGN FORCES FOR EACH COMBINATION

N d	Design axial force [kN] applied at centroid of concrete section (+ if compressive)
Mx d	Design bending force [kNm] around x principal axis of inertia
My d	Design bending force [kNm] around y principal axis of inertia
Vy d	Design shear component [kN] parallel to y principal axis of inertia
Vx d	Design shear component [kN] parallel to x principal axis of inertia

Comb.N.	N d	Mx d	My d	Vy d	Vx d
1	942,04	3083,93	0,00	95,08	0,00
2	941,12	3725,99	0,00	293,23	0,00
3	828,67	2267,14	0,00	391,55	0,00

CHECKS RESULTS

Checks OK for all assigned combinations

Min edge cover of longitudinal bars:	4,3 cm
Min distance between longitudinal bars:	3,5 cm

ULTIMATE LIMIT STATES - N-MX-MY CAPACITY CHECKS

Check	Result of check
N	Design axial force [kN] applied at the centroid of concrete section (+ if compressive)
Mx	Design bending moment [kNm] around x axis principal of inerzia
My	Design bending moment [kNm] around y axis principal of inerzia
N ult	Axial force capacity [kN] (+ if compressive)
Mx ult	Bending moment capacity [kNm] around x axis principal of inertia
My ult	Bending moment capacity [kNm] around y axis principal of inertia
S.F.	Safety Factor = vectorial ratio of (N ult,Mx ult,My ult) to (N,Mx,My). Check OK if ratio >=1.00
As Tension	Area [cm?] of bars in tension (beam section). Min area for code is shown between brackets [eq.(9.1N) EC2]

Comb.N.	Check	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	S.F.	As Tension
1	OK	942,04	3083,93	0,00	941,95	7406,31	0,00	2,372	106,2(0,0)
2	OK	941,12	3725,99	0,00	941,10	7405,76	0,00	1,970	106,2(0,0)
3	OK	828,67	2267,14	0,00	828,64	7332,02	0,00	3,178	106,2(0,0)

ULTIMATE LIMIT STATE - BENDING AND AXIAL FORCE - STRAIN VALUES

ec max	Ultimate compressive strain in concrete
ec*	Strain in the concrete fiber at ec2/ecu of depth (if ec*>0 then the section is all compressed)
Xc max	X-coordinate [cm] in the concrete point in wich is ec max
Yc max	Y-coordinate [cm] in the concrete point in wich is ec max
es max	Max strain in steel bars (+ if compressive)
Xs max	X-coordinate [cm] of bar in wich is es max
Ys max	Y-coordinate [cm] of bar in wich is es max
es min	Min strain in steel bars (+ if compressive)
Xs min	X-coordinate [cm] of bar in wich is es min
Ys min	Y-coordinate [cm] of bar in wich is es min

Comb.N.	ec max	ec*	Xc max	Yc max	es max	Xs max	Ys max	es min	Xs min	Ys min
1	0,00350	-0,00556	-50,0	180,0	0,00288	-42,5	174,7	-0,01698	-42,5	5,6
2	0,00350	-0,00556	-50,0	180,0	0,00288	-42,5	174,7	-0,01699	-42,5	5,6
3	0,00350	-0,00582	-50,0	180,0	0,00286	-42,5	174,7	-0,01756	-42,5	5,6

BENDING COMBINATION N. 1 : ULTIMATE STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

N.Vertex	Assigned numbers to concrete vertices
Reg.	Number of concrete region to which it relates the vertices
Xc, Yc	X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
Sc	Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
e c	Strain in each vertex

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	89 di 137

Vert.N.	Reg.	Xc	Yc	Sc	e c
1	1	-50,00	0,00	0,00	-0,0176387
2	1	-50,00	180,00	17,00	0,0035000
3	1	50,00	180,00	17,00	0,0035000
4	1	50,00	0,00	0,00	-0,0176387

Longitudinal Bars:

Bar N. Order numbers assigned to the bars
 Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of single bar in the reference X,Y,O
 Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
 e s Strain in each bar

Bar N.	Xs	Ys	Ss	e s
1	-42,50	5,60	-391,30	-0,0169811
2	42,50	5,60	-391,30	-0,0169811
3	-42,50	11,70	-391,30	-0,0162647
4	42,50	11,70	-391,30	-0,0162647
5	-42,50	174,70	391,30	0,0028776
6	42,50	174,70	391,30	0,0028776
7	-33,06	5,60	-391,30	-0,0169811
8	-23,61	5,60	-391,30	-0,0169811
9	-14,17	5,60	-391,30	-0,0169811
10	-4,72	5,60	-391,30	-0,0169811
11	4,72	5,60	-391,30	-0,0169811
12	14,17	5,60	-391,30	-0,0169811
13	23,61	5,60	-391,30	-0,0169811
14	33,06	5,60	-391,30	-0,0169811
15	-33,06	11,70	-391,30	-0,0162647
16	-23,61	11,70	-391,30	-0,0162647
17	-14,17	11,70	-391,30	-0,0162647
18	-4,72	11,70	-391,30	-0,0162647
19	4,72	11,70	-391,30	-0,0162647
20	14,17	11,70	-391,30	-0,0162647
21	23,61	11,70	-391,30	-0,0162647
22	33,06	11,70	-391,30	-0,0162647
23	-33,06	174,70	391,30	0,0028776
24	-23,61	174,70	391,30	0,0028776
25	-14,17	174,70	391,30	0,0028776
26	-4,72	174,70	391,30	0,0028776
27	4,72	174,70	391,30	0,0028776
28	14,17	174,70	391,30	0,0028776
29	23,61	174,70	391,30	0,0028776
30	33,06	174,70	391,30	0,0028776

BENDING COMBINATION N. 2 : ULTIMATE STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

Vert.N.	Reg.	Xc	Yc	Sc	e c
1	1	-50,00	0,00	0,00	-0,0176430
2	1	-50,00	180,00	17,00	0,0035000
3	1	50,00	180,00	17,00	0,0035000
4	1	50,00	0,00	0,00	-0,0176430

Longitudinal Bars:

Bar N.	Xs	Ys	Ss	e s
1	-42,50	5,60	-391,30	-0,0169852
2	42,50	5,60	-391,30	-0,0169852
3	-42,50	11,70	-391,30	-0,0162687
4	42,50	11,70	-391,30	-0,0162687
5	-42,50	174,70	391,30	0,0028775
6	42,50	174,70	391,30	0,0028775
7	-33,06	5,60	-391,30	-0,0169852
8	-23,61	5,60	-391,30	-0,0169852
9	-14,17	5,60	-391,30	-0,0169852
10	-4,72	5,60	-391,30	-0,0169852
11	4,72	5,60	-391,30	-0,0169852
12	14,17	5,60	-391,30	-0,0169852
13	23,61	5,60	-391,30	-0,0169852

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	90 di 137

14	33,06	5,60	-391,30	-0,0169852
15	-33,06	11,70	-391,30	-0,0162687
16	-23,61	11,70	-391,30	-0,0162687
17	-14,17	11,70	-391,30	-0,0162687
18	-4,72	11,70	-391,30	-0,0162687
19	4,72	11,70	-391,30	-0,0162687
20	14,17	11,70	-391,30	-0,0162687
21	23,61	11,70	-391,30	-0,0162687
22	33,06	11,70	-391,30	-0,0162687
23	-33,06	174,70	391,30	0,0028775
24	-23,61	174,70	391,30	0,0028775
25	-14,17	174,70	391,30	0,0028775
26	-4,72	174,70	391,30	0,0028775
27	4,72	174,70	391,30	0,0028775
28	14,17	174,70	391,30	0,0028775
29	23,61	174,70	391,30	0,0028775
30	33,06	174,70	391,30	0,0028775

BENDING COMBINATION N. 3 : ULTIMATE STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

Vert.N.	Reg.	Xc	Yc	Sc	e c
1	1	-50,00	0,00	0,00	-0,0182414
2	1	-50,00	180,00	17,00	0,0035000
3	1	50,00	180,00	17,00	0,0035000
4	1	50,00	0,00	0,00	-0,0182414

Longitudinal Bars:

Bar N.	Xs	Ys	Ss	e s
1	-42,50	5,60	-391,30	-0,0175650
2	42,50	5,60	-391,30	-0,0175650
3	-42,50	11,70	-391,30	-0,0168282
4	42,50	11,70	-391,30	-0,0168282
5	-42,50	174,70	391,30	0,0028598
6	42,50	174,70	391,30	0,0028598
7	-33,06	5,60	-391,30	-0,0175650
8	-23,61	5,60	-391,30	-0,0175650
9	-14,17	5,60	-391,30	-0,0175650
10	-4,72	5,60	-391,30	-0,0175650
11	4,72	5,60	-391,30	-0,0175650
12	14,17	5,60	-391,30	-0,0175650
13	23,61	5,60	-391,30	-0,0175650
14	33,06	5,60	-391,30	-0,0175650
15	-33,06	11,70	-391,30	-0,0168282
16	-23,61	11,70	-391,30	-0,0168282
17	-14,17	11,70	-391,30	-0,0168282
18	-4,72	11,70	-391,30	-0,0168282
19	4,72	11,70	-391,30	-0,0168282
20	14,17	11,70	-391,30	-0,0168282
21	23,61	11,70	-391,30	-0,0168282
22	33,06	11,70	-391,30	-0,0168282
23	-33,06	174,70	391,30	0,0028598
24	-23,61	174,70	391,30	0,0028598
25	-14,17	174,70	391,30	0,0028598
26	-4,72	174,70	391,30	0,0028598
27	4,72	174,70	391,30	0,0028598
28	14,17	174,70	391,30	0,0028598
29	23,61	174,70	391,30	0,0028598
30	33,06	174,70	391,30	0,0028598

ULTIMATE LIMIT STATE - POSITION OF NEUTRAL AXIS FOR EACH COMBINATION

a, b, c Coeff. a, b, c in neutral axis equation: $aX+bY+c=0$ reference X,Y,O
x/d Ratio of the depth of neutral axis to the effective depth of the section
D Ratio of redistributed moment to the elastic moment in continuous beams [eq.(5.10)EC2]

Comb.N.	a	b	c	x/d	D
1	0,000000000	0,000117437	-0,017638740	0,171	0,700

RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO						
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	91 di 137

2	0,000000000	0,000117461	-0,017642999	0,171	0,700
3	0,000000000	0,000120786	-0,018241391	0,166	0,700

Taglio

$V_{Ed} = 391.55 \text{ kN}$

La verifica è stata condotta non considerando armatura a taglio.

ULTIMATE LIMIT STATE - SHEAR CHECKS IN MEMBER NOT REQUIRING SHEAR REINFORCEMENT

Check	Result of check
Ved	Design shear force [kN] = sum of V_x and V_y projected onto the normal to the neutral axis
Vrd,c	Shear resistance [kN] [§6.2.2 EC2]
d	Mean weighted effective depth of cross-section [cm]
bw	Mean weighted width of cross-section [cm]
Ro	Ratio of long. tensile reinforcement to $(bw \cdot d)$ [< 0.02]
Scp	Ratio of axial force N to the area A_c of concrete cross-section [Mpa]
k	Coeff. k in the equation (6.2.a) EC2

Comb.N.	Check	Ved	Vrd,c	d	bw	Ro	Scp	k
1	OK	95,08	837,75	174,4	100,0	0,0065	0,52	1,351
2	OK	293,23	837,63	174,4	100,0	0,0065	0,52	1,351
3	OK	391,55	823,40	174,4	100,0	0,0065	0,46	1,350

Stati limite d'esercizio

SERVICEABILITY LIMIT STATES - CHARACTERISTIC COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N	Axial force [kN] applied at the centroid of concrete section (+ if compressive)
Mx	Bending force [kNm] around x principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.
My	Bending force [kNm] around y principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.

Comb.N.	N	Mx	My
1	637,44	2060,43	0,00

SERVICEABILITY LIMIT STATES - FREQUENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N	Axial force [kN] applied at the centroid of concrete section (+ if compressive)
Mx	Bending force [kNm] around x principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.
My	Bending force [kNm] around y principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.

Comb.N.	N	Mx	My
1	637,44	2044,57 (2315,33)	0,00 (0,00)

SERVICEABILITY LIMIT STATES - QUASI-PERMANENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N	Axial force [kN] applied at the centroid of concrete section (+ if compressive)
Mx	Bending force [kNm] around x principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.
My	Bending force [kNm] around y principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.

Comb.N.	N	Mx	My
1	637,44	2020,77 (2318,28)	0,00 (0,00)

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Tension in concrete:	Not considered in any case
Check	Result of Check
Reg	Number of current concrete sub-region of the cross section
Sc max (Sc lim)	Max compressive stress (+) in concrete [Mpa]. Code limit stress Sc lim is shown between brackets
Xc max, Yc max	X-coordinae, Y-coordinate [cm] of concrete vertex corresponding to Sc max (reference X,Y,O)
Ss min (Ss lim)	Min stress (- if tensile) in steel bars [Mpa]. Code limit stress is shown between brackets
Xs min, Ys min	X-coordinae, Y-coordinate [cm] of bar corresponding to Ss min (reference X,Y,O)
Ac eff	Effective tension area [cm ²] that is the area of concrete surrounding the tension reinforcement (for crack width control)
As eff	Area of tension steel bars [cm ²] within Ac eff (for crack width control)

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	92 di 137

r eff Geometrical ratio Ac eff/Ac eff [eq.(7.10) Ec2]

NComb	Reg	Check	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff	As eff	r eff
1	1	OK	4,54 (18,0)	-50,0	180,0	-104,7 (360,0)	23,6	5,6	2150	106,2	0,049

SLS CHARACTERISTIC - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Section is assumed always cracked even if flexural tensile stress does not exceeds f_{ctm}

Check Result of check

e1 Greater concrete tensile strain (tension is -) assessed in cracked section

e2 Lesser concrete tensile strain within the entire section (tension is -) assessed in cracked section

k1 = 0.8 high bond bars assigned [see eq.(7.11) EC2]

kt = 0.6 for frequent and characteristic SLS; = 0.4 for q.perm SLS [see eq.(7.9) EC2]

k2 = 0.5 for bending; = $(e1 + e2)/(2 * e1)$ for eccentric tension [see eq.(7.13) EC2]

k3 = 3,400 Coeff. in eq. (7.11) according to national annex

k4 = 0,425 Coeff. in eq. (7.11) according to national annex

∅ Bar diameter [mm] or equivalent diameter of tensile bars in Ac eff [eq.(7.11)]

e sm - e cm Difference between the mean strain of tensile steel and concrete [eq.(7.8)]

Between brackets: Minimum value of eq.(7.9) = 0.6 Smax / Es

sr max Max final crack [mm] spacing

wk Calculated value [mm] of crack width = sr max * (e sm - e cm) [eq.(7.8)]. Limit value of wk is shown between brackets

MX crack First cracking bending moment around X axis[kNm]

MY crack First cracking bending moment around Y axis[kNm]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	∅	e sm - e cm	sr max	wk	Mx crack	My crack
1	OK	-0,00055	0	0,500	26,0	0,00031 (0,00031)	236	0,074	2313,41	0,00

SLS - CHARACTERISTIC COMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

N.Vertex Assigned numbers to concrete vertices

Reg. Number of concrete region to which it relates the vertices

Xc, Yc X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O

Sc Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)

e c Strain in each vertex

Concrete region:

N.Vertex	Reg.	Xc	Yc	Sc	e c
1	1	-50,0	0,0	0,000	-0,0005515
2	1	-50,0	180,0	4,536	0,0003402
3	1	50,0	180,0	4,536	0,0003402
4	1	50,0	0,0	0,000	-0,0005515

Longitudinal bars:

N. Bar Assigned numbers to each bar

Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O

Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)

e s Strain in each bar

N. Bar	Xs	Ys	Ss	e s
1	-42,5	5,6	-104,75	-0,0005237
2	42,5	5,6	-104,75	-0,0005237
3	-42,5	11,7	-98,70	-0,0004935
4	42,5	11,7	-98,70	-0,0004935
5	-42,5	174,7	62,80	0,0003140
6	42,5	174,7	62,80	0,0003140
7	-33,1	5,6	-104,75	-0,0005237
8	-23,6	5,6	-104,75	-0,0005237
9	-14,2	5,6	-104,75	-0,0005237
10	-4,7	5,6	-104,75	-0,0005237
11	4,7	5,6	-104,75	-0,0005237
12	14,2	5,6	-104,75	-0,0005237
13	23,6	5,6	-104,75	-0,0005237
14	33,1	5,6	-104,75	-0,0005237
15	-33,1	11,7	-98,70	-0,0004935
16	-23,6	11,7	-98,70	-0,0004935
17	-14,2	11,7	-98,70	-0,0004935
18	-4,7	11,7	-98,70	-0,0004935
19	4,7	11,7	-98,70	-0,0004935
20	14,2	11,7	-98,70	-0,0004935

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
NR1J 01 D 29 CL R10005012 A 93 di 137

21	23,6	11,7	-98,70	-0,0004935
22	33,1	11,7	-98,70	-0,0004935
23	-33,1	174,7	62,80	0,0003140
24	-23,6	174,7	62,80	0,0003140
25	-14,2	174,7	62,80	0,0003140
26	-4,7	174,7	62,80	0,0003140
27	4,7	174,7	62,80	0,0003140
28	14,2	174,7	62,80	0,0003140
29	23,6	174,7	62,80	0,0003140
30	33,1	174,7	62,80	0,0003140

SLS FREQUENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

NComb	Reg	Check	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff	As eff	r eff
1	1	OK	4,50 (18,0)	-50,0	180,0	-103,8 (360,0)	33,1	5,6	2150	106,2	0,049

SLS FREQUENT - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	∏	e sm - e cm	sr max	wk	Mx crack	My crack
1	OK	-0,00055	0	0,500	26,0	0,00031 (0,00031)	236	0,073 (0,40)	2315,33	0,00

SLS - FREQUENT COMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

N.Vertex Assigned numbers to concrete vertices
 Reg. Number of concrete region to which it relates the vertices
 Xc, Yc X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
 Sc Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
 e c Strain in each vertex

Concrete region:

N.Vertex	Reg.	Xc	Yc	Sc	e c
1	1	-50,0	0,0	0,000	-0,0005463
2	1	-50,0	180,0	4,504	0,0003378
3	1	50,0	180,0	4,504	0,0003378
4	1	50,0	0,0	0,000	-0,0005463

Longitudinal bars:

N. Bar Assigned numbers to each bar
 Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O
 Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
 e s Strain in each bar

N. Bar	Xs	Ys	Ss	e s
1	-42,5	5,6	-103,76	-0,0005188
2	42,5	5,6	-103,76	-0,0005188
3	-42,5	11,7	-97,77	-0,0004888
4	42,5	11,7	-97,77	-0,0004888
5	-42,5	174,7	62,35	0,0003118
6	42,5	174,7	62,35	0,0003118
7	-33,1	5,6	-103,76	-0,0005188
8	-23,6	5,6	-103,76	-0,0005188
9	-14,2	5,6	-103,76	-0,0005188
10	-4,7	5,6	-103,76	-0,0005188
11	4,7	5,6	-103,76	-0,0005188
12	14,2	5,6	-103,76	-0,0005188
13	23,6	5,6	-103,76	-0,0005188
14	33,1	5,6	-103,76	-0,0005188
15	-33,1	11,7	-97,77	-0,0004888
16	-23,6	11,7	-97,77	-0,0004888
17	-14,2	11,7	-97,77	-0,0004888
18	-4,7	11,7	-97,77	-0,0004888
19	4,7	11,7	-97,77	-0,0004888
20	14,2	11,7	-97,77	-0,0004888
21	23,6	11,7	-97,77	-0,0004888
22	33,1	11,7	-97,77	-0,0004888
23	-33,1	174,7	62,35	0,0003118
24	-23,6	174,7	62,35	0,0003118

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	94 di 137

25	-14,2	174,7	62,35	0,0003118
26	-4,7	174,7	62,35	0,0003118
27	4,7	174,7	62,35	0,0003118
28	14,2	174,7	62,35	0,0003118
29	23,6	174,7	62,35	0,0003118
30	33,1	174,7	62,35	0,0003118

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

NComb	Reg	Check	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff	As eff	r eff
1	1	OK	4,45 (13,5)	-50,0	180,0	-102,3 (360,0)	-4,7	5,6	2150	106,2	0,049

SLS QUASI-PERMANENT - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	W	e sm - e cm	sr max	wk	Mx crack	My crack
1	OK	-0,00054	0	0,500	26,0	0,00036 (0,00031)	236	0,085 (0,30)	2318,28	0,00

SLS - QUASI-PERMANENTCOMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

N.Vertex Assigned numbers to concrete vertices
 Reg. Number of concrete region to which it relates the vertices
 Xc, Yc X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
 Sc Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
 e c Strain in each vertex

Concrete region:

N.Vertex	Reg.	Xc	Yc	Sc	e c
1	1	-50,0	0,0	0,000	-0,0005385
2	1	-50,0	180,0	4,455	0,0003341
3	1	50,0	180,0	4,455	0,0003341
4	1	50,0	0,0	0,000	-0,0005385

Longitudinal bars:

N. Bar Assigned numbers to each bar
 Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O
 Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
 e s Strain in each bar

N. Bar	Xs	Ys	Ss	e s
1	-42,5	5,6	-102,28	-0,0005114
2	42,5	5,6	-102,28	-0,0005114
3	-42,5	11,7	-96,36	-0,0004818
4	42,5	11,7	-96,36	-0,0004818
5	-42,5	174,7	61,68	0,0003084
6	42,5	174,7	61,68	0,0003084
7	-33,1	5,6	-102,28	-0,0005114
8	-23,6	5,6	-102,28	-0,0005114
9	-14,2	5,6	-102,28	-0,0005114
10	-4,7	5,6	-102,28	-0,0005114
11	4,7	5,6	-102,28	-0,0005114
12	14,2	5,6	-102,28	-0,0005114
13	23,6	5,6	-102,28	-0,0005114
14	33,1	5,6	-102,28	-0,0005114
15	-33,1	11,7	-96,36	-0,0004818
16	-23,6	11,7	-96,36	-0,0004818
17	-14,2	11,7	-96,36	-0,0004818
18	-4,7	11,7	-96,36	-0,0004818
19	4,7	11,7	-96,36	-0,0004818
20	14,2	11,7	-96,36	-0,0004818
21	23,6	11,7	-96,36	-0,0004818
22	33,1	11,7	-96,36	-0,0004818
23	-33,1	174,7	61,68	0,0003084
24	-23,6	174,7	61,68	0,0003084
25	-14,2	174,7	61,68	0,0003084
26	-4,7	174,7	61,68	0,0003084
27	4,7	174,7	61,68	0,0003084
28	14,2	174,7	61,68	0,0003084

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	95 di 137

29 23,6 174,7 61,68 0,0003084
30 33,1 174,7 61,68 0,0003084

SLS - CHECK OF MINIMUM REINFORCEMENT AREA FOR CRACK CONTROL (§ 7.3.2 EC2)

Comb.N.	Order numbers assigned to SLS combination
Comb.Type	Frequent or Quasi-Permanent combination
Region	Number and type (web or flange) of sub-regions (as parts of the concrete cross-section)
k	Coeff. wich allows for the effects of non-uniform self-equilibrating stresse [eq.(7.1) EC2]
kc	Coeff. wich takes account of the stress distribution prior to cracking [eq.(7.2)-(7.3) EC2]
Act	Area of concrete (for each sub-region) within tension zone just before formation of first crack [eq.(7.1) EC2]
Ned	Axial force [kN] (+ if compressive) acting within each sub-region just before of first crack
Sc	= Ned/Act = mean stress [Mpa] within each concrete sub-region [eq.(7.1) EC2]
k1	Coeff. considering the effects of axial force on the stress distribution (rectangular section or web sub-region)
Fcr	Absolute value of the tensile force [kN] within the flange just prior to cracking
As reg	Area [cm ²] of longitudinal bars within the tension area of each sub-region
As,min	Minimum Area [cm ²] of longitudinal bars to be placed within the tension area of each sub-region

Comb.N.	Comb.Type	Region	k	kc	Act	Ned	Sc	k1	Fcr	As reg	As,min
1	Frequent	1 (Web)	0,65	0,38	7550	870,56	4,84	1,50	---	106,2	14,8
1	Quasi-perm.	1 (Web)	0,65	0,38	7550	867,17	4,82	1,50	---	106,2	14,8

11.3 Riepilogo verifiche a fessurazione

Verifiche a fessurazione - Comb. Rara

Condizioni ambientali ordinarie

Limite ap. fessure = $w_1 = 0.2 \text{ mm}$

	Arm. tesa		Arm. comp.		M [kNm/m]	N [kN/m]	wk [mm]
	1° strato	2° strato	1° strato	2° strato			
Piedritto – parte spessa	10 Ø26	10 Ø26	10 Ø16	-	1731.57	371.15	0.067
Piedritto – parte magra	10 Ø20	-	10 Ø12	-	195.15	123.70	0.083
Soletta fondazione	10 Ø26	10 Ø26	10 Ø26	-	2060.43	637.44	0.074

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	96 di 137

12. VERIFICHE GEO – STRUTTURA TIPO A

Di seguito vengono descritte e sviluppate le verifiche geotecniche dell'opera in oggetto.

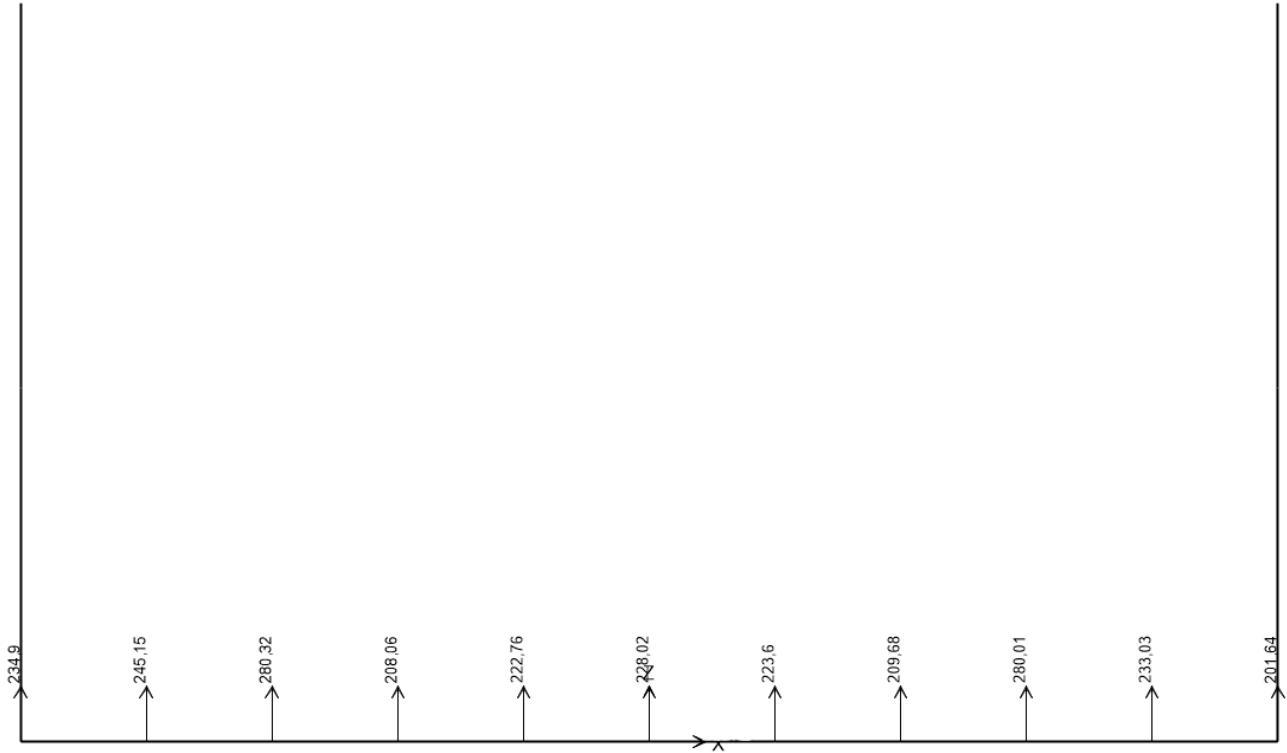


Fig. 15– Reazioni vincolari per INV SLU

RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
NR1J 01 D 29 CL RI0005012 A 97 di 137

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c^* N_c^* s_c^* d_c^* i_c^* b_c^* g_c + q^* N_q^* s_q^* d_q^* i_q^* b_q^* g_q + 0,5^* \gamma^* B^* N_{\gamma}^* s_{\gamma}^* d_{\gamma}^* i_{\gamma}^* b_{\gamma}^* g_{\gamma}$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = Mb/N$)

e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = MI/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2^*e_B$)

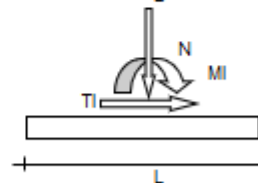
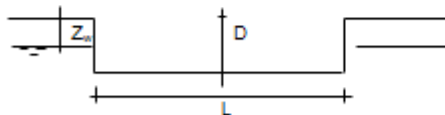
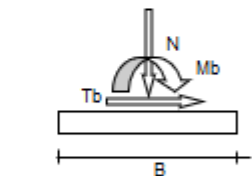
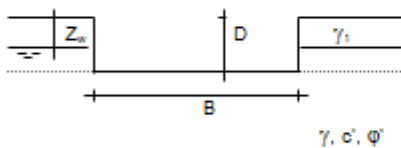
L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2^*e_L$)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

coefficienti parziali

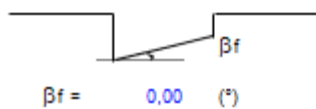
Metodo di calcolo		azioni		proprietà del terreno	
		permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	c'
Stato limite ultimo	○	1,00	1,30	1,25	1,60
Tensioni ammissibili	○	1,00	1,00	1,00	1,00
definiti dall'utente	⊗	1,00	1,00	1,00	1,00

valori suggeriti dall'EC7



(Per fondazione nastriforme $L = 100$ m)

B = 17,50 (m)
L = 121,00 (m)
D = 10,20 (m)



**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
NR1J 01 D 29 CL RI0005012 A 98 di 137

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	310631,20	0,00	310631,20
Mb [kNm]	0,00	0,00	0,00
Ml [kNm]	0,00	0,00	0,00
Tb [kN]	0,00	0,00	0,00
Tl [kN]	0,00	0,00	0,00
H [kN]	0,00	0,00	0,00

Peso unità di volume del terreno

$\gamma_1 = 18,00$ (kN/mc)
 $\gamma = 18,00$ (kN/mc)

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$c' = 0,00$ (kN/mq)
 $\varphi' = 25,00$ (°)

Valori di progetto

$c' = 0,00$ (kN/mq)
 $\varphi' = 25,00$ (°)

Profondità della falda

$Z_w = 30,00$ (m)

$e_{s1} = 0,00$ (m)
 $e_{s2} = 0,00$ (m)

$B^* = 17,50$ (m)
 $L^* = 121,00$ (m)

q : sovraccarico alla profondità D

$q = 183,60$ (kN/mq)

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$\gamma = 18,00$ (kN/mc)

N_c, N_q, N_γ : coefficienti di capacità portante

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\gamma \cdot Z_w \cdot \tan \varphi')}$$

$N_q = 10,66$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$$

$N_c = 20,72$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$N_\gamma = 10,88$

$s_{c1}, s_{q1}, s_{\gamma1}$: fattori di forma

$$s_{c1} = 1 + B^* N_q / (L^* N_c)$$

$s_{c1} = 1,07$

$$s_{q1} = 1 + B^* \tan \varphi' / L^*$$

$s_{q1} = 1,07$

$$s_{\gamma1} = 1 - 0,4 \cdot B^* / L^*$$

$s_{\gamma1} = 0,94$

RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	99 di 137

i_e, i_q, i_f : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1,87 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 90,00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1,13 \quad m = 1,87 \quad (-)$$

(m=2 nel caso di fondazione nastriforme
e $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$ in tutti gli altri

$$i_i = (1 - H/(N + B^* L^* c' \cotg \varphi))^m$$

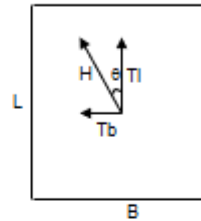
$$i_i = 1,00$$

$$i_c = i_i - (1 - i_i)/(Nq - 1)$$

$$i_c = 1,00$$

$$i_f = (1 - H/(N + B^* L^* c' \cotg \varphi))^{(m+1)}$$

$$i_f = 1,00$$



d_e, d_q, d_f : fattori di profondità del piano di appoggio

$$\text{per } D/B^* \leq 1; d_i = 1 + 2 D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2 / B^*$$

$$\text{per } D/B^* > 1; d_i = 1 + (2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2) * \arctan (D / B^*)$$

$$d_i = 1,18$$

$$d_c = d_i - (1 - d_i) / (N_c \tan \varphi')$$

$$d_c = 1,20$$

$$d_f = 1$$

$$d_f = 1,00$$

b_e, b_q, b_f : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_i = (1 - \beta_i \tan \varphi')^2 \quad \beta_i + \beta_j = 0,00 \quad \beta_i + \beta_j < 45^\circ$$

$$b_i = 1,00$$

$$b_c = b_i - (1 - b_i) / (N_c \tan \varphi')$$

$$b_c = 1,00$$

$$b_f = b_i$$

$$b_f = 1,00$$

RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	100 di 137

g_c, g_q, g_r : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan\beta_p)^2 \quad \beta_i + \beta_p = 0,00 \quad \beta_i + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1,00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan\varphi)$$

$$g_c = 1,00$$

$$g_r = g_q$$

$$g_r = 1,00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 4082,17 \quad (\text{kN/m}^2) \quad \begin{matrix} R3 \\ qrd \end{matrix} \quad \begin{matrix} 2,30 \\ 1775 \end{matrix} \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B \cdot L^*$$

$$q = 148,70 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Coefficiente di sicurezza

$$F_s = q_{lim} / q = 27,83 \quad \text{OK}$$

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	101 di 137

13. VERIFICHE GEO – STRUTTURA TIPO B

Di seguito vengono descritte e sviluppate le verifiche geotecniche dell'opera in oggetto.

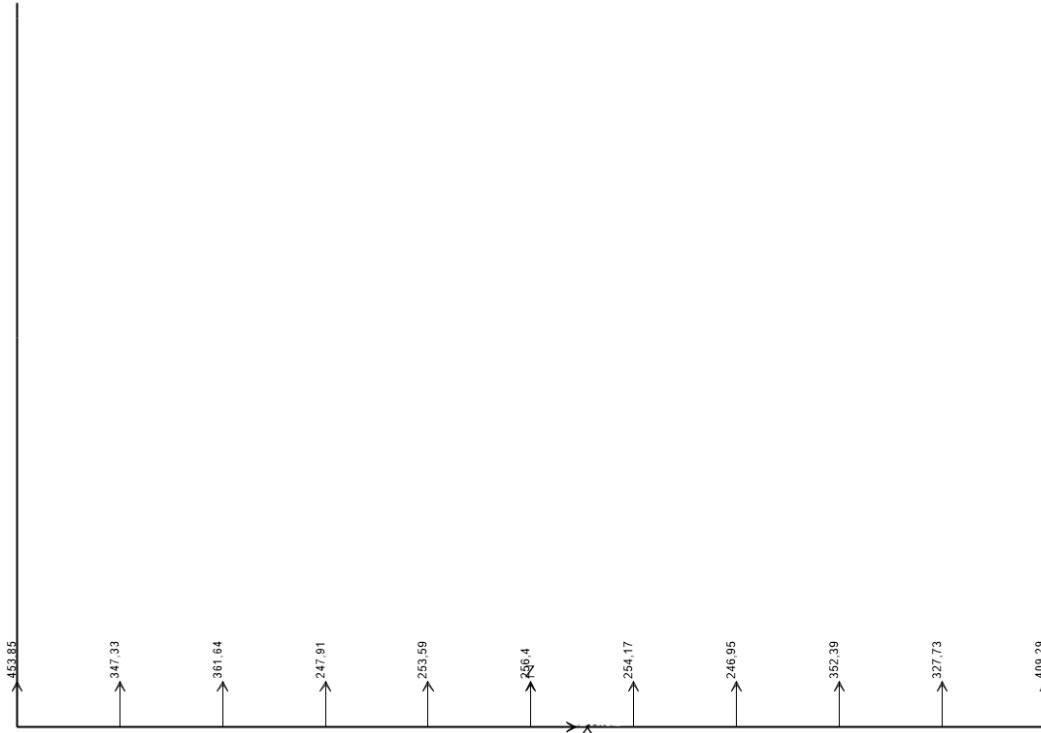


Fig. 16 – Reazioni vincolari per INV SLU

RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
 NR1J 01 D 29 CL RI0005012 A 102 di 137

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c^*Nc^* \alpha_c^* d_c^* i_c^* b_c^* q_c + q^* Nq^* s_q^* d_q^* i_q^* b_q^* q_q + 0,5^* \gamma^* B^* N\gamma^* s_\gamma^* d_\gamma^* i_\gamma^* b_\gamma^* q_\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = Mb/N$)

e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = Ml/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

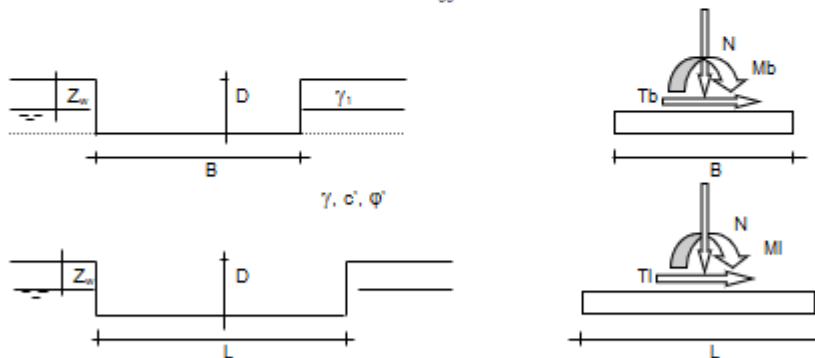
B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2^*e_B$)

L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2^*e_L$)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

Metodo di calcolo		coefficienti parziali			
		azioni		proprietà del terreno	
		permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	c'
Stato limite ultimo	○	1,00	1,30	1,25	1,80
Tensioni ammissibili	○	1,00	1,00	1,00	1,00
definiti dall'utente	⊗	1,00	1,00	1,00	1,00

valori suggeriti dall'EC7



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 18,70 (m)
 L = 139,00 (m)
 D = 12,55 (m)



**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
NR1J 01 D 29 CL R10005012 A 103 di 137

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	483720,00	0,00	483720,00
Mb [kNm]	0,00	0,00	0,00
Ml [kNm]	0,00	0,00	0,00
Tb [kN]	0,00	0,00	0,00
Tl [kN]	0,00	0,00	0,00
H [kN]	0,00	0,00	0,00

Peso unità di volume del terreno

$\gamma_1 = 18,00$ (kN/mc)

$\gamma = 18,00$ (kN/mc)

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$c' = 0,00$ (kN/mq)

$\varphi' = 25,00$ (°)

Valori di progetto

$c' = 0,00$ (kN/mq)

$\varphi' = 25,00$ (°)

Profondità della falda

$Z_w = 30,00$ (m)

$e_u = 0,00$ (m)

$e_s = 0,00$ (m)

$B^* = 18,70$ (m)

$L^* = 139,00$ (m)

q : sovraccarico alla profondità D

$q = 225,90$ (kN/mq)

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$\gamma = 17,33$ (kN/mc)

N_c, N_q, N_γ : coefficienti di capacità portante

$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$

$N_q = 10,66$

$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$

$N_c = 20,72$

$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$

$N_\gamma = 10,88$

s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

$s_c = 1 + B^* N_q / (L^* N_c)$

$s_c = 1,07$

$s_q = 1 + B^* \tan \varphi' / L^*$

$s_q = 1,06$

$s_\gamma = 1 - 0,4 \cdot B^* / L^*$

$s_\gamma = 0,95$

RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	104 di 137

i_x, i_y, i_z : fattori di inclinazione del carico

$$m_0 = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1,88 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 90,00 \quad (^\circ)$$

$$m_1 = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1,12 \quad m = 1,88 \quad (-)$$

($m=2$ nel caso di fondazione nastriforme
e $m=(m_0 \sin^2 \theta + m_1 \cos^2 \theta)$ in tutti gli altri)

$$i_x = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg \varphi'))^m$$

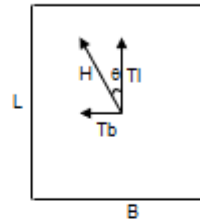
$$i_x = 1,00$$

$$i_z = i_x - (1 - i_x) / (N_c - 1)$$

$$i_z = 1,00$$

$$i_y = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg \varphi'))^{(m+1)}$$

$$i_y = 1,00$$



d_x, d_y, d_z : fattori di profondità del piano di appoggio

$$\text{per } D/B^* \leq 1; d_x = 1 + 2 D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi)^2 / B^*$$

$$\text{per } D/B^* > 1; d_x = 1 + (2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi)^2) * \arctan (D / B^*)$$

$$d_x = 1,21$$

$$d_z = d_x - (1 - d_x) / (N_c \tan \varphi)$$

$$d_z = 1,23$$

$$d_y = 1$$

$$d_y = 1,00$$

b_x, b_y, b_z : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_x = (1 - \beta_l \tan \varphi)^2 \quad \beta_l + \beta_p = 0,00 \quad \beta_l + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_x = 1,00$$

$$b_z = b_x - (1 - b_x) / (N_c \tan \varphi)$$

$$b_z = 1,00$$

$$b_y = b_x$$

$$b_y = 1,00$$

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	105 di 137

g_i , g_e , g_f : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_i = (1 - \tan\beta_i)^2 \quad \beta_i + \beta_p = 0,00 \quad \beta_i + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_i = 1,00$$

$$g_e = g_i - (1 - g_i) / (N_c \tan\varphi)$$

$$g_e = 1,00$$

$$g_f = g_i$$

$$g_f = 1,00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 4761,43 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad R3 \quad 2,30$$

$$q_{rd} = 2070 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Pressione massima agente

$$q = N / B \cdot L^*$$

$$q = 186,10 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Coefficiente di sicurezza

$$F_s = q_{lim} / q = 25,59 \text{ OK}$$

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	106 di 137

14. INCIDENZA ARMATURA

I valori delle incidenze di armatura lenta sono indicati nella seguente tabella:

- Soletta di fondazione (tipo A)= **120 kg/m³**;
- Piedritti (tipo A) = **120 kg/m³**.
- Soletta di fondazione (tipo B) = **105 kg/m³**;
- Piedritti (tipo B) = **145 kg/m³**.
- Soletta di fondazione (valore medio)= **112 kg/m³**;
- Piedritti (valore medio) = **134 kg/m³**.

Come previsto dall' Eurocodice (UNI EN 1992-1-1) per le piastre a portanza unidirezionale si raccomanda di prevedere un'armatura secondaria in quantità non minore del 20% dell'armatura principale.

Pertanto nel calcolo è stato considerato un incremento del 15% per tener conto della presenza di legature, spille e sovrapposizioni. Si incrementa anche l'incidenza dell'armatura con 20kg/m³ per tener conto dei distanziatori.

Geometria muro ad U - Tipo A

Piedritti

Hsez1	0,6	m
Hsez2	1,2	m
Bsez	1	m
Lsez1	1	m
Lsez2	1	m
Vol. per m di muro	1,8	m³

Fondazione

Hsez	1,2	m
Bsez	1	m
Lsez	1	m
Vol. per m di muro	1,2	m³
Peso acciaio	7850	kg/m³
Idennità di legature	0,15	

Ferri di piedritto (per m)

	ϕ	A	no barre	peso
	mm	m ²	-	kg/m
Parte superiore				
Zona tesa	16	0,000201	10	15,783
Zona compressa	16	0,000201	10	15,783
Zona tesa, arm. orizzontale	12	0,000113	10	8,878
Zona compressa, arm. Orizzontale	12	0,000113	10	8,878

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	R10005012	A	107 di 137

Parte inferiore

Zona tesa	26	0,000531	10	41,678
Zona tesa strato 2	18	0,000254	5	9,988
Zona compressa	18	0,000254	10	19,976
Zona tesa, arm. orizzontale	18	0,000254	10	19,976
Zona compressa, arm. Orizzontale	12	0,000113	10	8,878

Incidenza paramento **115,95 kg/m3**

Ferri di fondazione (per m)

	ϕ mm	A m2	no barre -	peso kg/m
Zona tesa	26	0,000531	10	41,678
Zona tesa strato 2	18	0,000254	5	9,988
Zona compressa	18	0,000254	10	19,976
Zona tesa, arm. dir. long.	18	0,000254	10	19,976
Zona compressa, arm. dir. long.	12	0,000113	10	8,878

Incidenza Fondazione **116,31 kg/m3**

Geometria muro ad U

Piedritti

H _{sez1}	0,9 m
H _{sez2}	1,8 m
B _{sez}	1 m
L _{sez1}	1 m
L _{sez2}	1 m
Vol. per m di muro	2,7 m ³

Fondazione

H _{sez}	1,8 m
B _{sez}	1 m
L _{sez}	1 m
Vol. per m di muro	1,8 m ³
Peso acciaio	7850 kg/m ³
Idennità di legature	0,15

Ferri di piedritto (per m)

**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	108 di 137

ϕ	A	n° barre	peso
mm	m ²	-	kg/m

Parte superiore

Zona tesa	20	0,000314	10	24,662
Zona compressa	12	0,000113	10	8,878
Zona tesa, arm. orizzontale	12	0,000113	10	8,878
Zona compressa, arm. Orizzontale	12	0,000113	10	8,878

Parte inferiore

Zona tesa	26	0,000531	20	83,356
Zona compressa	18	0,000254	10	19,976
Zona tesa, arm. orizzontale	12	0,000113	10	8,878
Zona compressa, arm. Orizzontale	18	0,000254	10	19,976

Incidenza paramento **141,01 kg/m³**

Ferri di fondazione (per m)

ϕ	A	n° barre	peso
mm	m ²	-	kg/m

Zona tesa	26	0,000531	20	83,356
Zona compressa	18	0,000254	10	19,976
Zona tesa, arm. dir. long.	12	0,000113	10	8,878
Zona compressa, arm. dir. long.	18	0,000254	10	19,976

Incidenza Fondazione **104,45 kg/m³**

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	109 di 137

ALLEGATO 1 – ANALISI, ZONE DI PRESENZA DI PORTALE T.E.

Appendice 1 – Calcoli per zona di ormeggio – km 37+480

15. DESCRIZIONE

Al km 37+480 è presente un portale di ormeggio supportato sulla soletta di fondazione del muro ad U. Sono introdotti plinti per accommodate i piloni del portale e i loro ancoraggi. I plinti sono di larghezza di 2.5m, lunghezza di 3.5m e spessore di 1.25m. Nel allegato presente sono fate verifiche specifici per determinare il disegno dei plinti e anche verifiche per determinare gli effetti del portale sulla costruzione U.

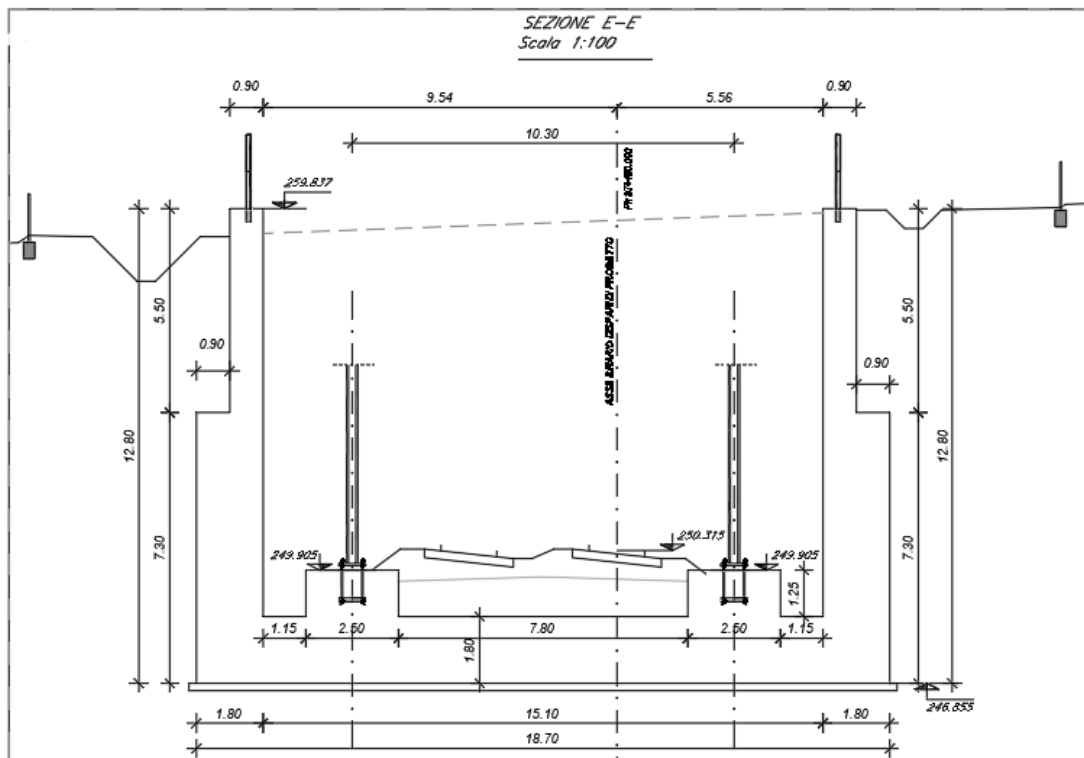


Fig. 17 – Sezione trasversale km 37+480

PORTALE DI ORMEGGIO A 2 BINARI CON L'UTILIZZO DI PILONE H=9586 mm – VISTE DI ASSIEME

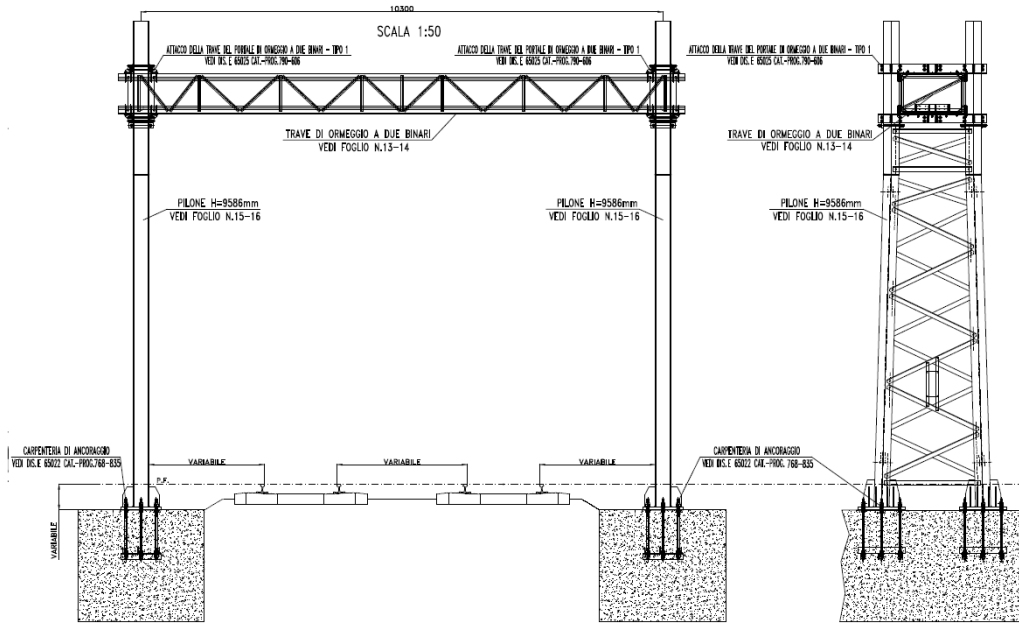


Fig. 18 – Profilo portale di ormeggio

	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI0005012	REV. A	FOGLIO 112 di 137

16. ANALISI DEI CARICHI IN ZONA DEL PORTALE DI ORMEGGIO

Nei seguenti paragrafi si descrivono i carichi elementari che agiscono sulla struttura in oggetto. Tali azioni sono definite secondo le normative e sono utilizzate per la generazione delle combinazioni di carico nell'ambito delle verifiche di resistenza, in esercizio e in presenza dell'evento sismico. Tutti i carichi elementari si riferiscono a un concio longitudinale di lunghezza unitaria, pertanto sono tutti definiti rispetto all'unità di lunghezza.

16.1 Peso proprio (G1-PPProp)

Il peso proprio del muro ad U viene calcolato in automatico dal programma di calcolo utilizzato.

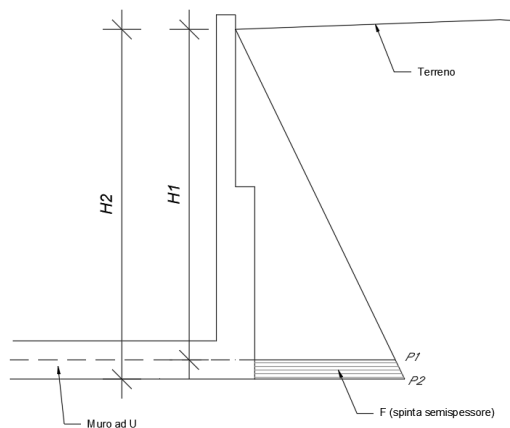
- Spessore soletta di fondazione: 1.80 m;
- Piedritti – spessore magro: 0.90 m;
- Piedritti – spessore spesso: 1.80 m;
- Spessore plinto 1.25 m;
- Larghezza netta: 15.10 m;
- Altezza netta: 11.00 m.

16.2 Permanenti portati: spinta del terreno (G23-SPTDs e G24-SPTSs)

Le spinte del terreno di rinfiango vengono calcolate assumendo alternativamente uno scenario di spinta non equilibrata sui due piedritti con spinta a riposo sul piedritto destro e spinta a riposo ridotta a 0.60 sul piedritto sinistro. Il caso opposto non viene considerato a causa della natura simmetrica della struttura.

I caratteristici del riempimento usato sono:

- peso di volume $\gamma = 19 \text{ kN/mc}$;
- angolo di attrito $\varphi' = 35^\circ$;
- coesione efficace $c' = 0$.



$K_0 = 1 - \text{sen } \phi = 1 - \text{sen}(35^\circ) =$	0.426	
Spinta in asse sol. inf. $P_1 = H_1 * K_0 * \gamma = 11.65\text{m} * 0.426 * 19\text{kN/m}^3 =$	94.30	kN/m²
Spinta alla quota di intradosso sol.inf. $P_2 = H_2 * K_0 * \gamma = 12.55\text{m} * 0.426 * 19\text{kN/m}^3 =$	101.58	kN/m²
Spinta semispessore sol. inf. $F = (P_1 + P_2) * h/2 = (94.30+101.58) * 0.90/2 =$	88.15	kN/m

16.3 Permanenti portati: Ballast, calcestruzzo e marciapiedi (G21-BAL e G22-PP Fond)

Ballast

- Lo spessore medio del ballast è 0.8 m;
- $\gamma_B =$ peso specifico = 18,00 kN/m³;
- $q_b = 14.4\text{kN/m}^2$.

Soletta sotto ballast

- Lo spessore medio della soletta è 0.92 m;
- $\gamma_B =$ peso specifico = 25,00 kN/m³;
- $q_b = 23\text{kN/m}^2$.

16.4 Carichi accidentali sulla fondazione – carichi treno (Qk1-CT)

I carichi verticali sono definiti per mezzo di modelli di carico, in particolare sono forniti due treni di carico distinti: il primo rappresentativo del traffico normale LM71, il secondo rappresentativo del traffico pesante SW2.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
	<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI0005012	REV. A

Coefficiente di adattamento α

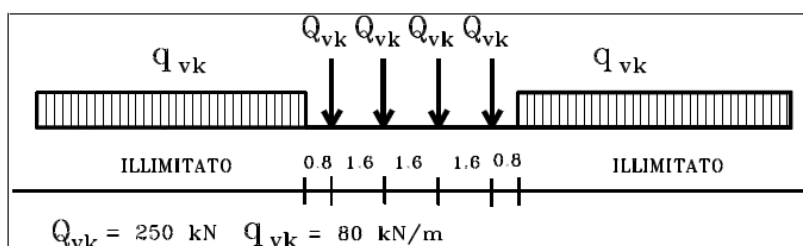
I valori dei suddetti carichi relativi alla configurazione LM71 e SW2 dovranno essere moltiplicati per un coefficiente di adattamento, variabile in ragione della tipologia dell'Infrastruttura (ferrovia ordinaria, ferrovia leggera metropolitana), viene di seguito riportata la tabella con la variabilità del coefficiente in base al tipo di linea o categoria di linea

Tipi di linea o categorie di linea STI	Valore minimo del fattore alfa (α)
IV	1.1
V	1.0
VI	1.1
VII-P	0.83
VII-F, VII-M	0.91

Per completezza di informazioni viene di seguito riportata la tabella attinente alla categorie di linea STI per il sottosistema Infrastruttura del sistema ferroviario convenzionale:

Categorie di linea STI		Tipo di traffico		
		Traffico passeggeri (P)	Traffico merci (F)	Traffico misto (M)
Tipo di linea	Nuova linea TEN fondamentale (IV)	IV-P	IV-F	IV-M
	Linea TEN fondamentale ristrutturata (V)	V-P	V-F	V-M
	Altra nuova linea TEN (VI)	VI-P	VI-F	VI-M
	Altra linea TEN ristrutturata (VII)	VII-P	VII-F	VII-M

Treno di carico LM71



E' stato applicato un carico distribuito equivalente dei 4 assi 250 kN ad interasse 1.60 m.

$$q_{\text{equivalente}} = 4 \times 250 / 6.40 = 156.25 \text{ kN/m.}$$

La distribuzione trasversale è come segue:

Lunghezza della traversa pari a 2.4m;

Distribuzione attraverso il ballast è con un pendio di 4:1 (Fig. 5.2.5 dal NTC 2018) e un spessore minimo del ballast sotto le traverse pari a 0.3m;

La distribuzione attraverso la solleta sotto-ballast con un angolo di 45°.

Larghezza di diffusione in direzione trasversale è pari a $2.4+0.3*2/4+2*0.92 = 4.39\text{m}$

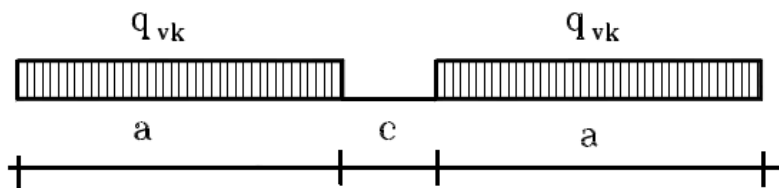
$$Q_{vk} = 4 \times 250 / (6.40 \times 4.39) = 35.59 \text{ kN/m}^2$$

$$q = q_{\text{equivalente}} \times \alpha \times \varphi = 35.59 \times 1.10 = \mathbf{39.15 \text{ kN/m}^2}$$

$$q_{vk} = 80 / 4.39 = 18.22 \text{ kN/m}^2$$

$$q = q_{\text{equivalente}} \times \alpha \times \varphi = 18.22 \times 1.10 = \mathbf{20.05 \text{ kN/m}^2}$$

Treno di carico SW2



$$q_{\text{equivalente}} = 150/4.39 = 34.17 \text{ kN/m}^2$$

$$q = q_{\text{equivalente}} \times \alpha \times \varphi = 34.17 \times 1.00 \times 1.00 = \mathbf{34.17 \text{ kN/m}^2}$$

Ai fini del dimensionamento del muro di sostegno si considera il treno LM71 in quanto presenta un valore maggiore del carico verticale rispetto al treno SW/2.

Forza centrifuga

Le forze centrifughe sono definite sd 5.2.2.3.1 del NTC2018:

$$Q_{sk} = \frac{v^2}{g \cdot r} \cdot (f \cdot \alpha Q_{sk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} \cdot (f \cdot \alpha Q_{sk})$$

dove:

Q_{tk} - q_{tk} = valore caratteristico della forza centrifuga [kN -kN/m];

Q_{vk} - q_{vk} = valore caratteristico dei carichi verticali [kN -kN/m];

α = coefficiente di adattamento;

v = velocità di progetto espressa in m/s;

V = velocità di progetto espressa in km/h;

f = fattore di riduzione (definito in seguito nella 5.2.10);

g = accelerazione di gravità in m/s²;

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
	<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI0005012	REV. A

r = raggio di curvatura in m.

$f = 1$ per $V \leq 120$ km/h;

Nel caso più critico $Q_{tk} = [115^2 / (127 * 640)] * [1 * 1.1 * 39.15] = 6.89 \text{ kN/m}^2$ distribuiti su 4,39m nella direzione trasversale sotto ogni binario.

Sepeggio:

$Q_{sk} = 100 \text{ kN} \Rightarrow 22.78 \text{ kN/m}$

16.5 Carichi da portale ormeggio

I parametri del portale sono come segue:

- Altezza pilone: $H = 9586 \text{ mm}$
- Peso pilone singolo: $3404 \text{ kg} \Rightarrow W_1 = 3404 * 9.81 = 33.40 \text{ kN}$
- Peso trave: $3280 \text{ kg} \Rightarrow W_2 = 3280 / 2 * 9.81 = 16.01 \text{ kN}$
- Peso carpenteria varia: circa $4000 \text{ kg} \Rightarrow W_3 = 4000 / 2 * 9.8 = 19.62 \text{ kN}$
- Peso totale: **$W_t = 69.03 \text{ kN}$**

I tiri di ormeggio delle funi e corde (in direzione parallela alle corde) sono suddivise come segue:

- corde portanti: $2 * 1125 \text{ daN}$ ($2 * 11.25 \text{ kN}$) per binario pari
- corde portanti: $2 * 1125 \text{ daN}$ ($2 * 11.25 \text{ kN}$) per binario dispari
- filo di contatto: $2 * 1000 \text{ daN}$ ($2 * 10 \text{ kN}$) per binario pari
- filo di contatto: $2 * 1000 \text{ daN}$ ($2 * 10 \text{ kN}$) per binario dispari
- le corde portanti sono posizionate ad altezza di 7410 mm dalla base del pilone e i fili di contatto so ad una altezza di 6662 mm dalla base.
- l'angolo tra le corde e il portale è uguale a 87° da qui segue:
 - un'azione orizzontale trasversale di:

$$F_1 = (2 * 11.25 + 2 * 10) * \cos(87) = \mathbf{2.23 \text{ kN}}$$
 - un momento trasversale alla base del pilone di:

$$M_1 = \cos(87) * (2 * 11.25 * (7.41) + 2 * 10 * (6.662)) = \mathbf{15.70 \text{ kNm}}$$
 - un'azione orizzontale longitudinale di:

$$F_2 = (2 * 11.25 + 2 * 10) * \sin(87) = \mathbf{52.44 \text{ kN}}$$
 - un momento longitudinale alla base del pilone di:

$$M_2 = \sin(87) * (2 * 11.25 * (7.41) + 2 * 10 * (6.662)) = \mathbf{299.55 \text{ kNm}}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
	<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI0005012	REV. A

- Carichi dovuti al vento non sono considerati, a causa della altezza del portale che è più bassa di quella delle pareti.

16.6 Valutazione dell'azione sismica (E1-SISMAx+vo e E2-SISMAx-vo)

L'opera in oggetto viene progettata per una vita nominale $V_N = 75$ anni ed una classe d'uso II a cui corrisponde un coefficiente d'uso $C_U = 1.0$.

L'azione sismica di progetto è definita per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV). Il periodo di ritorno di quest'ultima - in funzione della vita utile, della classe d'uso, del tipo di costruzione e dello stato limite di riferimento (prima definiti) - è di 712 anni.

Essa, conformemente a quanto prescritto dalle Nuove Norme Tecniche, è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base del sito su cui l'opera insiste. Tale pericolosità sismica è descritta, in termini geografici e temporali:

- attraverso i valori di accelerazione orizzontale di picco a_g (attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale) e le espressioni che definiscono le ordinate del relativo spettro di risposta elastico in accelerazione $S_e(T)$;
- in corrispondenza del punto del reticolo che individua la posizione geografica dell'opera;
- con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} .

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATTITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo:
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

Interpolazione:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

In particolare, la forma spettrale prevista dalla normativa è definita, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

- a_g , accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 , valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO					
	<i>Relazione di calcolo muro ad U</i>	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI0005012	REV. A

- T_C^* , periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	45	0,038	2,654	0,252
SLD	75	0,044	2,669	0,276
SLV	712	0,074	2,941	0,351
SLC	1462	0,086	3,020	0,384

I suddetti parametri sono calcolati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il punto caratterizzante la posizione dell'opera utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici. Si assume un fattore di struttura $q=1$.

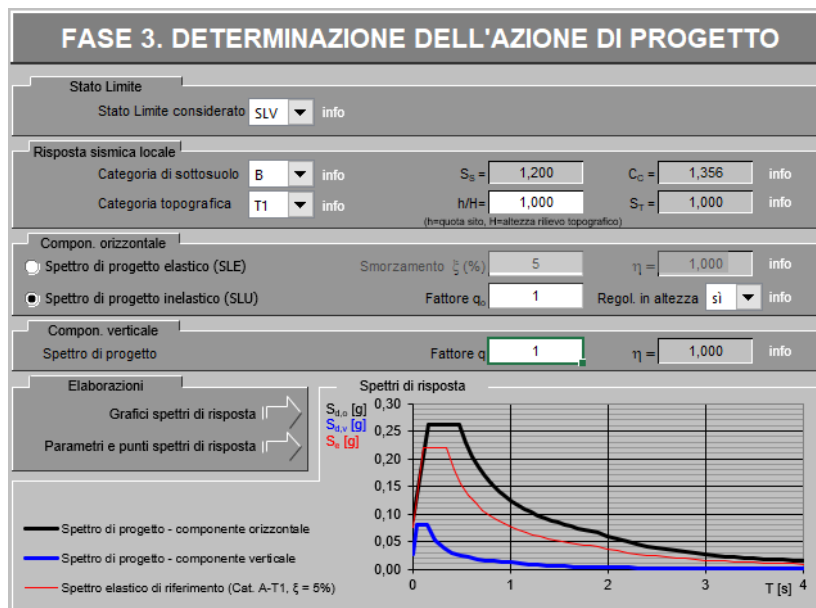
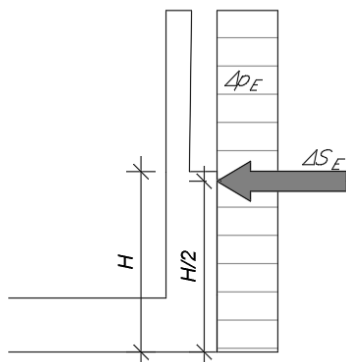


Fig. 19 – Spettro di risposta elastico

In condizione sismica si considera un incremento della spinta del terreno rispetto alla condizione statica in esercizio. La sovraspinta sismica è calcolata con la teoria di Wood, risultando in un valore di spinta al metro, distribuito uniformemente sull'intera altezza del piedritto, da applicare ad una quota pari ad $H/2$, cioè è

$$\Delta S_E = k_h * \gamma * H_2$$

con ΔS_E applicata come mostrato nella figura seguente:



Sovrappinta sismica da teoria di Wood

Sisma orizzontale				
Stato limite		Salvaguardia della vita - SLU -	SLV	
Vita nominale	Vr		75	anni
Classe d'uso	Cu		1	
accelerazione orizzontale	ag/g		0.074	
amplificazione spettrale	Fo		2.941	
Categoria sottosuolo		A, B, C, D, E	B	
Coeff. Amplificazione stratigrafica	Ss		1.200	
Coeff. Amplificazione topografica	St		1	
Coefficiente S	S	=Ss · St	1.200	
accelerazione orizzontale max	amax/g	=ag/g · S	0.089	
Fattore di struttura	q		1.00	
Coefficiente βm	βm	Dal NTC2018, 7.11.6.2.1	1	
Coeff. sismico orizzontale	kh	=βm × amax/g	0.089	
Coeff. sismico verticale	kv	= ±0.5·kh	0.045	
Forza orizz. sui piedritti	FHp	= βm (amax/g) · Sp · γ = 0.089 · (0.9*5.5+1.8*7.3)/12.8 · 25 =	3.14	kN/m²
Spinta del terreno in fase sismica (Condizione SPSDX)				
Risultante della spinta sismica	ΔSE	= βm (amax/g) · γ · H ² = 1 · 0.089 · 19 · 12.55 ²	266.34	kN/m
Pressione uniforme, risultante dalla spinta sismica	ΔpE	= ΔSE / (H - d _{fond} /2) = 266.34 / 11.65	22.86	kN/m²
Forze sismiche dai portali ormeggio				
Forze orriz. a base pilone	Hp	= βm (amax/g) · Wt = 0.089*69.03	6.27	kN

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	120 di 137

Momenti alla base del pilone	Ms	$= \beta_m (a_{max}/g) \cdot (W_1 \cdot (H_1/2) + W_2 \cdot (H_1+t) + W_3 \cdot (H_1)) =$ $0.089 \cdot (33.40 \cdot (9.586/2) + 16.01 \cdot (9.586) + 19.62 \cdot (9.586)) =$	44.65	kNm
Forze orriz. a base del plinto	Hp	$= \beta_m (a_{max}/g) \cdot W_p + H_p = 0.089 \cdot 25 \cdot 1.25 \cdot 2.5 + 6.27$	13.22	kN
Momenti all'asse soletta fondazione	M1	$= \beta_m (a_{max}/g) \cdot (W_1 \cdot (H_1/2+t) + W_2 \cdot (H_1+t) + W_3 \cdot (H_1+t)) =$ $0.089 \cdot (33.40 \cdot (9.586/2+2.15) + 16.01 \cdot (9.586+2.15) + 19.62 \cdot (9.586+2.15)) =$	57.42	kNm

17. ANALISI E VERIFICHE STRUTTURALE DEL PLINTO

Il plinto è analizzato attraverso un metodo ‘tirante e puntone’ per la forza tensionale risultante dai momenti alla base di un pilone. La distanza tra i due gruppi di ancoraggi (in tensione e in compressione) in direzione longitudinale è uguale a 2.006m. Gli azioni sul plinto già descritti nei paragrafi precedenti sono cautamente aumentati del 50% a causa dell’fallimento previsto essendo quello fragile.

Il momento delle forze statiche è:

$$M_{st} = 299.55 * 1.5 = 449.325 \text{ kNm}$$

Forza tensionale nei ancoraggi: $F_{tst} = M/2 - W/2 = 449.33/2 - 34.52 = 190.15 \text{ kN}$

Momento delle forze sismici:

$$M_{sis} = 44.65 * 1.5 = 66.97 \text{ kNm}$$

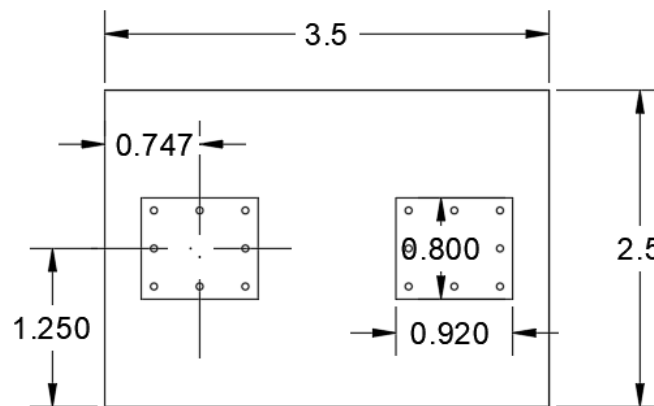
Forza tensionale nei ancoraggi: $F_{tsis} = M/2 = 66.97/2 = 33.49 \text{ kN}$

Combinazione statica: $1.35 * F_{tst} = 256.70 \text{ kN}$

Combinazione sisma: $F_{tst} + F_{tsis} = 190.15 + 33.49 = 223.64 \text{ kN}$

La tensione dimensionante è uguale a: **$F_{Ed} = 256.70 \text{ kN}$**

La configurazione del modello specifico ‘tirante e puntone’ è come mostrato nelle figure seguenti.



Geometria plinto

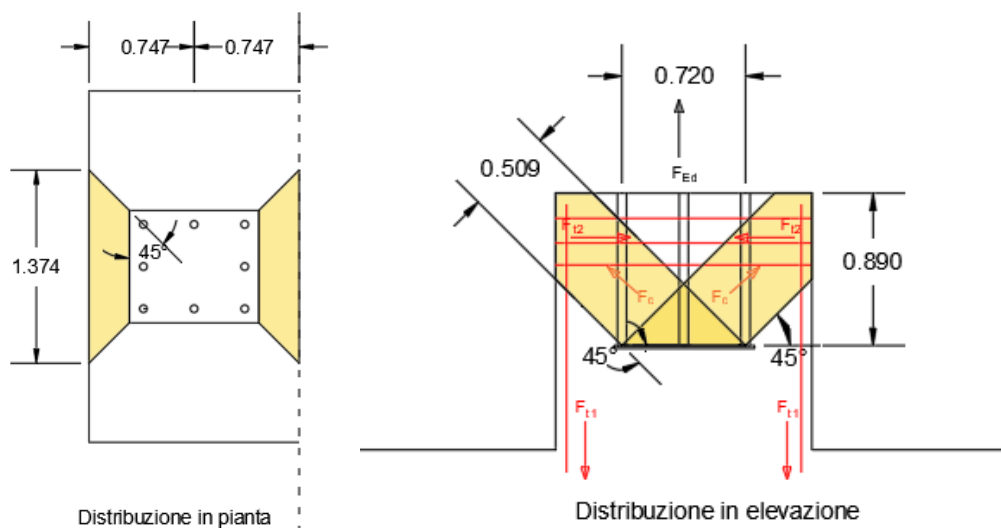


Fig. 20 – Distribuzione delle forze del modello tirante-puntone

Le forze risultanti sono:

- La forza nel puntone di calcestruzzo è: $F_c = \cos(45^\circ) \cdot F_{Ed} / 2 = \cos(45^\circ) \cdot 256.70 / 2 = 90.76 \text{ kN}$
- Forza nella armatura verticale e orrizontale: $F_{t1} = F_{t2} = F_c / \sin(45^\circ) = 128.35 \text{ kN}$

17.1 Verifiche strutturali plinto

Sono verificati le sollecitazioni nella armatura e nel punto di calcestruzzo attraverso i limiti di tensione di compressione nel calcestruzzo e il limite della tensione dell'acciaio.

Calcestruzzo

$$A_c = 509 \cdot 800 = 407200 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_c = 90760 / 407200 = 0.223 \text{ MPa}$$

Il limite nel calcestruzzo è (Secondo Eutocodice 1992-1-1, par.6.5.2):

$$\sigma_{Rd,max} = 0,6 \nu' f_{cd}$$

Dove:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c \quad (4.1.2.1.1.1 \text{ del NTC2018})$$

$$f_{cd} = 0.85 \cdot 37 / 1.5 = 17 \text{ MPa}$$

$$\nu' = 1 - f_{ck} / 250$$

$$\nu = 1 - 30 / 250 = 0.88$$

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	123 di 137

$\sigma_{Rd,max} = 0.6 * 0.88 * 17 = 8.976 \text{MPa} \Rightarrow$ **la verifica risulta soddisfatta**

Acciaio

Si assumano barre **$\Phi 16/15$** in direzione orizzontale che in quella verticale.

$$A_s = (1374 - 800) / 150 * (16/2)^2 * \pi = 4 * (16/2)^2 * \pi = 804 \text{mm}^2$$

$$\sigma_s = 128350 / 804 = 159.64 \text{MPa}$$

Il limite nell' acciaio è:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

$$f_{yd} = 450 / 1.15 = 391 \text{MPa} \Rightarrow$$
 la verifica risulta soddisfatta

18. ANALISI STRUTTURALE MURO AD U

Oltre alle azioni già descritti nel corpo principale del rapporto, sul muro ad U sono applicati i carichi addizionali dal portale e i plinti. Questi sono come segue:

- Peso portale: $F_1 = 69.03/2 = 34.52\text{kN}$
- Peso per 1m di plinto: $F_2 = 25*1.5*2.5 = 93.75\text{kN}$
- Momento longitudinale: il momento longitudinale e rappresentato nel modello planimetrico tra la coppia delle forze già presentati nel presente allegato, cio'è $F_3 = 190.15\text{kN}$
- La forza orizzontale e momento flettente trasversali nell'asse della fondazione sono:
 $F_4 = 2.23\text{kN}$
 $M_1 = \cos(87)*(2*11.25*(7.41+2.15)+2*10*(6.662+2.15)) = 20.48\text{kNm}$

Tutte le forze sono applicate come un azioni permanenti non strutturali.

Sono applicate anche le azioni sismici.

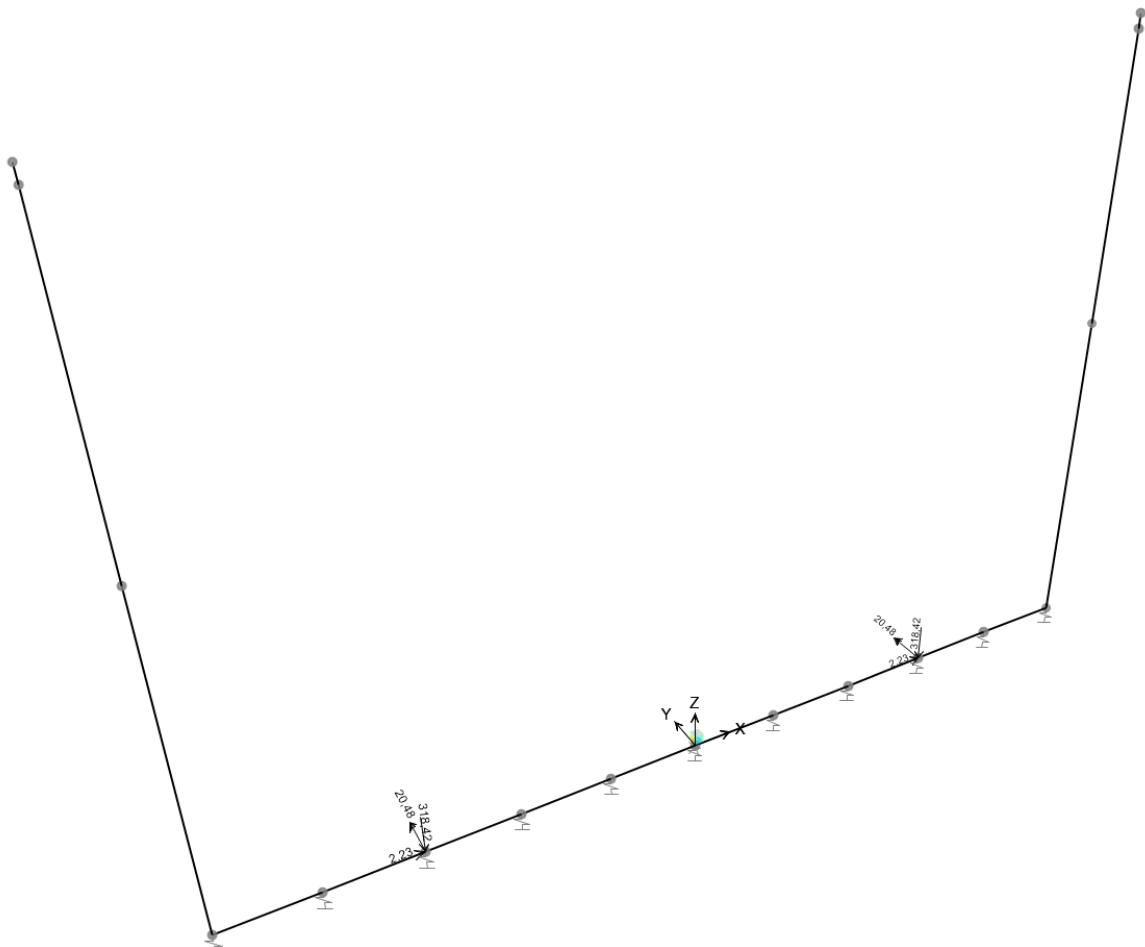


Fig. 21 – Azioni statiche dal portale T.E.

18.1 Risultati delle analisi strutturale muro ad U

Di seguito vengono descritte le sollecitazioni della struttura desunte dal modello di carico. In corrispondenza dei nodi esterni ove le pareti vengono a contatto con la soletta di base vengono inseriti degli elementi rigidi. L'oggetto del presente allegato è la soletta di fondazione, e si riportano solo le sollecitazioni nella stessa.

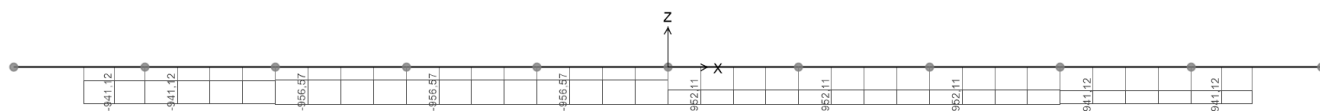


Fig. 22 – Sforzo assiale INV SLU+SLV

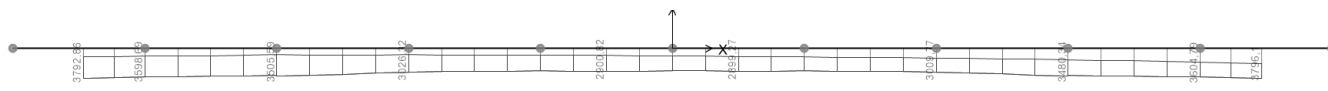


Fig. 23 – Sollecitazione flessionale INV SLU

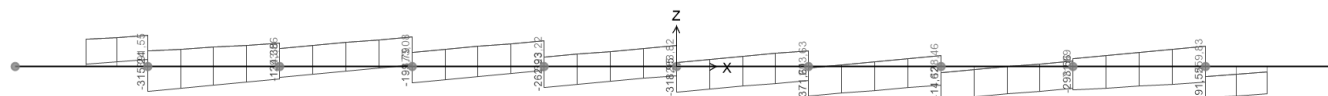


Fig. 24 – Sollecitazione tagliante INV SLU

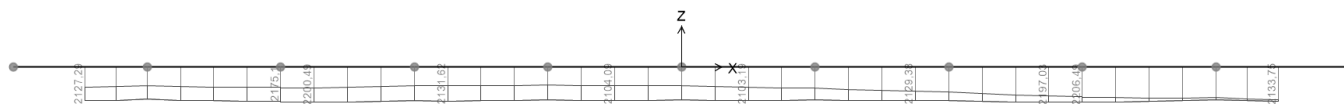


Fig. 25 – Sollecitazione flessionale INV SLE

Le sollecitazioni massime nella struttura sono come segue.

Fondazione

Sollecitazioni SLU e SLV:

Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3	
11	0	SLV_01	-956,57	212,03	3505,59	Pmax
26	0,79	SLV_03	-941,12	-215,32	3796,10	Mmax
9	0	SLV_08	-952,11	-414,62	2762,44	Vmax

Sollecitazioni flessionali SLE:

Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3	
5	0	SLE_01	-637,44	41,00	2206,49	Combinazione rara
5	0	SLE_03	-637,44	9,19	2122,94	Combinazione frequente
26	0,79	SLE_05	-637,44	-135,73	2094,10	Combinazione quasi-



**RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO
DEFINITIVO**

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	126 di 137

						permanente
--	--	--	--	--	--	------------

19. VERIFICHE STR FONDAZIONE

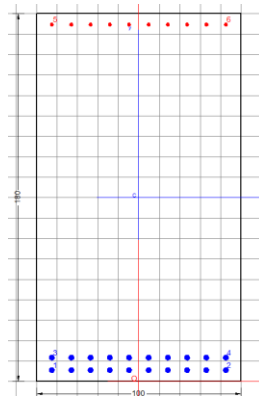
Si fanno verifiche per determinare se c'è necessità di rafforzare la soletta di fondazione del muro ad U nelle zone dei plinti.

19.1 Verifica soletta in fondazione

La verifica è stata effettuata su una sezione H=180 B=100, armata con 2x ϕ 26/10 nella zona tesa e con ϕ 16/10 in zona compressa. Il copriferro di calcolo è pari a 6.2 cm. Le verifiche presentate qui di sotto, sono fatte con il software RC'SEC.

Pressoflessione

$$M_{Ed} = 3796.10 \text{ kNm}$$



GENERAL DATA OF GENERIC RC CROSS-SECTION

Section Name: Fondazione-plinto.secEC

(File path: S:\Projects\18005_0549D07_Cesano Vigna di Valle\Work\05 Muro ad U - km 37+310\AI1\Fondazione-plinto.secEC)

Section description:

Section type:	Beam without stirrups
Reference code:	EC2/EC8 Italian Annex
Exposure Class:	XC2 - Carbonation (long-term water contact/foundations)
Stress path:	Constant axial force force to achieve bending ULS
Reference of assigned forces:	Principal axes y,y of inertia

MATERIALS DATA

CONCRETE -	Class:	C30/37
	Design compressive strength fcd:	17,0 MPa
	Shear reduced compressive strength v1*fcd:	8,5 MPa (6.9)EC2
	Coeff Crd,c:	0,1200 (§ 6.2.2(1) EC2
	Coeff K1:	0,1500 (§ 6.2.2(1) EC2
	Coeff v min:	0,0111 Mpa (§ 6.2.2(1) EC2
	Strain at max strength ec2:	0,0020
	Ultimate strain ecu:	0,0035
	Compression diagram stress-strain:	Parabola-Rectangle

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	128 di 137

Mean Elastic Modulus Ecm:	32836,6	MPa
Mean tensile strength fctm:	2,9	MPa
Es/Ec in SLS combination:	15,00	
Stress limit in SLS Characteristic comb.:	18,0	kN/cm ²
Stress limit in SLS Frequent comb.:	180,0	daN/cm ²
Crack width limit in SLS Frequent comb.:	0,400	mm
Stress limit in SLS Quasi-perm. comb.:	13,50	Mpa
Crack width limit in SLS Quasi-perm. comb.:	0,300	mm

STEEL -	Longitudinal Bars and Stirrups:	B450C
	Characteristic yield stress fyk:	450,00 MPa
	Tensile strength ftk:	540,0 MPa
	Design yield stress fyd:	391,3 MPa
	Design strength ftd:	391,3 MPa
	Design ultimate strain esu:	0,068
	Mean elastic modulus Es:	200000,0 MPa
	SLS Charact. - Ss Limit:	360,00 MPa

GEOMETRICAL DATA OF CONCRETE CROSS-SECTION

Shape of Region: Polygonal
Concrete Class: C30/37

Vertex N.:	X [cm]	Y [cm]
1	-50,0	0,0
2	-50,0	180,0
3	50,0	180,0
4	50,0	0,0

DATA ISOLATED LONGITUDINAL BARS

Bar N.	X [cm]	Y [cm]	Diam \varnothing [mm]
1	-42,5	5,6	26
2	42,5	5,6	26
3	-42,5	11,7	26
4	42,5	11,7	26
5	-42,5	174,7	18
6	42,5	174,7	18

DATA OF LINEAR GENERATIONS OF LONGITUDINAL BARS

N. Gen. Number of generated bars of the current linear generation
N.Initial Bar Order number of initial bar (between the isolated bars just defined)
N.Final Bar Order number of final bar (between the isolated bars just defined)
N. Bars Number of bars generated equidistant in the current generation
 \varnothing Diameter [mm] of generated bars

Gen.N.	Initial Bar	Final Bar	N. Bars	\varnothing
1	1	2	8	26
2	3	4	8	26
3	5	6	8	18

ULTIMATE LIMIT STATE - ASSIGNED DESIGN FORCES FOR EACH COMBINATION

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	129 di 137

N d	Design axial force [kN] applied at centroid of concrete section (+ if compressive)
Mx d	Design bending force [kNm] around x principal axis of inertia
My d	Design bending force [kNm] around y principal axis of inertia
Vy d	Design shear component [kN] parallel to y principal axis of inertia
Vx d	Design shear component [kN] parallel to x principal axis of inertia

Comb.N.	N d	Mx d	My d	Vy d	Vx d
1	956,57	3505,59	0,00	212,03	0,00
2	941,12	3796,10	0,00	215,32	0,00
3	952,11	2762,44	0,00	414,62	0,00

CHECKS RESULTS

Checks OK for all assigned combinations

Min edge cover of longitudinal bars:	4,3 cm
Min distance between longitudinal bars:	3,5 cm

ULTIMATE LIMIT STATES - N-MX-MY CAPACITY CHECKS

Check	Result of check
N	Design axial force [kN] applied at the centroid of concrete section (+ if compressive)
Mx	Design bending moment [kNm] around x axis principal of inerzia
My	Design bending moment [kNm] around y axis principal of inerzia
N ult	Axial force capacity [kN] (+ if compressive)
Mx ult	Bending moment capacity [kNm] around x axis principal of inertia
My ult	Bending moment capacity [kNm] around y axis principal of inertia
S.F.	Safety Factor = vectorial ratio of (N ult,Mx ult,My ult) to (N,Mx,My). Check OK if ratio >=1.00
As Tension	Area [cm ²] of bars in tension (beam section). Min area for code is shown between brackets [eq.(9.1N) EC2]

Comb.N.	Check	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	S.F.	As Tension
1	OK	956,57	3505,59	0,00	956,76	7415,95	0,00	2,094	106,2(0,0)
2	OK	941,12	3796,10	0,00	941,10	7405,76	0,00	1,934	106,2(0,0)
3	OK	952,11	2762,44	0,00	952,12	7412,93	0,00	2,643	106,2(0,0)

ULTIMATE LIMIT STATE - BENDING AND AXIAL FORCE - STRAIN VALUES

ec max	Ultimate compressive strain in concrete
ec*	Strain in the concrete fiber at ec2/ecu of depth (if ec*>0 then the section is all compressed)
Xc max	X-coordinate [cm] in the concrete point in wich is ec max
Yc max	Y-coordinate [cm] in the concrete point in wich is ec max
es max	Max strain in steel bars (+ if compressive)
Xs max	X-coordinate [cm] of bar in wich is es max
Ys max	Y-coordinate [cm] of bar in wich is es max
es min	Min strain in steel bars (+ if compressive)
Xs min	X-coordinate [cm] of bar in wich is es min
Ys min	Y-coordinate [cm] of bar in wich is es min

Comb.N.	ec max	ec*	Xc max	Yc max	es max	Xs max	Ys max	es min	Xs min	Ys min
1	0,00350	-0,00553	-50,0	180,0	0,00288	-42,5	174,7	-0,01691	-42,5	5,6
2	0,00350	-0,00556	-50,0	180,0	0,00288	-42,5	174,7	-0,01699	-42,5	5,6
3	0,00350	-0,00554	-50,0	180,0	0,00288	-42,5	174,7	-0,01693	-42,5	5,6

BENDING COMBINATION N. 1 : ULTIMATE STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

N.Vertex Assigned numbers to concrete vertices

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	130 di 137

Reg. Number of concrete region to which it relates the vertices
 Xc, Yc X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
 Sc Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
 e c Strain in each vertex

Vert.N.	Reg.	Xc	Yc	Sc	e c
1	1	-50,00	0,00	0,00	-0,0175642
2	1	-50,00	180,00	17,00	0,0035000
3	1	50,00	180,00	17,00	0,0035000
4	1	50,00	0,00	0,00	-0,0175642

Longitudinal Bars:

Bar N. Order numbers assigned to the bars
 Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of single bar in the reference X,Y,O
 Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
 e s Strain in each bar

Bar N.	Xs	Ys	Ss	e s
1	-42,50	5,60	-391,30	-0,0169089
2	42,50	5,60	-391,30	-0,0169089
3	-42,50	11,70	-391,30	-0,0161950
4	42,50	11,70	-391,30	-0,0161950
5	-42,50	174,70	391,30	0,0028798
6	42,50	174,70	391,30	0,0028798
7	-33,06	5,60	-391,30	-0,0169089
8	-23,61	5,60	-391,30	-0,0169089
9	-14,17	5,60	-391,30	-0,0169089
10	-4,72	5,60	-391,30	-0,0169089
11	4,72	5,60	-391,30	-0,0169089
12	14,17	5,60	-391,30	-0,0169089
13	23,61	5,60	-391,30	-0,0169089
14	33,06	5,60	-391,30	-0,0169089
15	-33,06	11,70	-391,30	-0,0161950
16	-23,61	11,70	-391,30	-0,0161950
17	-14,17	11,70	-391,30	-0,0161950
18	-4,72	11,70	-391,30	-0,0161950
19	4,72	11,70	-391,30	-0,0161950
20	14,17	11,70	-391,30	-0,0161950
21	23,61	11,70	-391,30	-0,0161950
22	33,06	11,70	-391,30	-0,0161950
23	-33,06	174,70	391,30	0,0028798
24	-23,61	174,70	391,30	0,0028798
25	-14,17	174,70	391,30	0,0028798
26	-4,72	174,70	391,30	0,0028798
27	4,72	174,70	391,30	0,0028798
28	14,17	174,70	391,30	0,0028798
29	23,61	174,70	391,30	0,0028798
30	33,06	174,70	391,30	0,0028798

BENDING COMBINATION N. 2 : ULTIMATE STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

Vert.N.	Reg.	Xc	Yc	Sc	e c
1	1	-50,00	0,00	0,00	-0,0176430
2	1	-50,00	180,00	17,00	0,0035000
3	1	50,00	180,00	17,00	0,0035000
4	1	50,00	0,00	0,00	-0,0176430

Longitudinal Bars:

Bar N.	Xs	Ys	Ss	e s
--------	----	----	----	-----

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	131 di 137

1	-42,50	5,60	-391,30	-0,0169852
2	42,50	5,60	-391,30	-0,0169852
3	-42,50	11,70	-391,30	-0,0162687
4	42,50	11,70	-391,30	-0,0162687
5	-42,50	174,70	391,30	0,0028775
6	42,50	174,70	391,30	0,0028775
7	-33,06	5,60	-391,30	-0,0169852
8	-23,61	5,60	-391,30	-0,0169852
9	-14,17	5,60	-391,30	-0,0169852
10	-4,72	5,60	-391,30	-0,0169852
11	4,72	5,60	-391,30	-0,0169852
12	14,17	5,60	-391,30	-0,0169852
13	23,61	5,60	-391,30	-0,0169852
14	33,06	5,60	-391,30	-0,0169852
15	-33,06	11,70	-391,30	-0,0162687
16	-23,61	11,70	-391,30	-0,0162687
17	-14,17	11,70	-391,30	-0,0162687
18	-4,72	11,70	-391,30	-0,0162687
19	4,72	11,70	-391,30	-0,0162687
20	14,17	11,70	-391,30	-0,0162687
21	23,61	11,70	-391,30	-0,0162687
22	33,06	11,70	-391,30	-0,0162687
23	-33,06	174,70	391,30	0,0028775
24	-23,61	174,70	391,30	0,0028775
25	-14,17	174,70	391,30	0,0028775
26	-4,72	174,70	391,30	0,0028775
27	4,72	174,70	391,30	0,0028775
28	14,17	174,70	391,30	0,0028775
29	23,61	174,70	391,30	0,0028775
30	33,06	174,70	391,30	0,0028775

BENDING COMBINATION N. 3 : ULTIMATE STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

Vert.N.	Reg.	Xc	Yc	Sc	e c
1	1	-50,00	0,00	0,00	-0,0175876
2	1	-50,00	180,00	17,00	0,0035000
3	1	50,00	180,00	17,00	0,0035000
4	1	50,00	0,00	0,00	-0,0175876

Longitudinal Bars:

Bar N.	Xs	Ys	Ss	e s
1	-42,50	5,60	-391,30	-0,0169316
2	42,50	5,60	-391,30	-0,0169316
3	-42,50	11,70	-391,30	-0,0162169
4	42,50	11,70	-391,30	-0,0162169
5	-42,50	174,70	391,30	0,0028791
6	42,50	174,70	391,30	0,0028791
7	-33,06	5,60	-391,30	-0,0169316
8	-23,61	5,60	-391,30	-0,0169316
9	-14,17	5,60	-391,30	-0,0169316
10	-4,72	5,60	-391,30	-0,0169316
11	4,72	5,60	-391,30	-0,0169316
12	14,17	5,60	-391,30	-0,0169316
13	23,61	5,60	-391,30	-0,0169316
14	33,06	5,60	-391,30	-0,0169316
15	-33,06	11,70	-391,30	-0,0162169
16	-23,61	11,70	-391,30	-0,0162169
17	-14,17	11,70	-391,30	-0,0162169

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	132 di 137

18	-4,72	11,70	-391,30	-0,0162169
19	4,72	11,70	-391,30	-0,0162169
20	14,17	11,70	-391,30	-0,0162169
21	23,61	11,70	-391,30	-0,0162169
22	33,06	11,70	-391,30	-0,0162169
23	-33,06	174,70	391,30	0,0028791
24	-23,61	174,70	391,30	0,0028791
25	-14,17	174,70	391,30	0,0028791
26	-4,72	174,70	391,30	0,0028791
27	4,72	174,70	391,30	0,0028791
28	14,17	174,70	391,30	0,0028791
29	23,61	174,70	391,30	0,0028791
30	33,06	174,70	391,30	0,0028791

ULTIMATE LIMIT STATE - POSITION OF NEUTRAL AXIS FOR EACH COMBINATION

a, b, c Coeff. a, b, c in neutral axis equation: $aX+bY+c=0$ reference X,Y,O
x/d Ratio of the depth of neutral axis to the effective depth of the section
D Ratio of redistributed moment to the elastic moment in continuous beams [eq.(5.10)EC2]

Comb.N.	a	b	c	x/d	D
1	0,000000000	0,000117023	-0,017564207	0,171	0,700
2	0,000000000	0,000117461	-0,017642999	0,171	0,700
3	0,000000000	0,000117154	-0,017587631	0,171	0,700

Taglio

$$V_{Ed} = 414.62 \text{ kN}$$

La verifica è stata condotta non considerando armatura a taglio.

ULTIMATE LIMIT STATE - SHEAR CHECKS IN MEMBER NOT REQUIRING SHEAR REINFORCEMENT

Check Result of check
Ved Design shear force [kN] = sum of Vx and Vy projected onto the normal to the neutral axis
Vrd,c Shear resistance [kN] [§6.2.2 EC2]
d Mean weighted effective depth of cross-section [cm]
bw Mean weighted width of cross-section [cm]
Ro Ratio of long. tensile reinforcement to $(bw \cdot d)$ [<0.02]
Scp Ratio of axial force N to the area Ac of concrete cross-section [Mpa]
k Coeff. k in the equation (6.2.a) EC2

Comb.N.	Check	Ved	Vrd,c	d	bw	Ro	Scp	k
1	OK	212,03	839,59	174,4	100,0	0,0065	0,53	1,351
2	OK	215,32	837,63	174,4	100,0	0,0065	0,52	1,351
3	OK	414,62	839,02	174,4	100,0	0,0065	0,53	1,351

Stati limite d'esercizio

SERVICEABILITY LIMIT STATES - CHARACTERISTIC COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N Axial force [kN] applied at the centroid of concrete section (+ if compressive)
Mx Bending force [kNm] around x principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.
My Bending force [kNm] around y principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.

Comb.N.	N	Mx	My
1	637,44	2206,49	0,00

SERVICEABILITY LIMIT STATES - FREQUENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N Axial force [kN] applied at the centroid of concrete section (+ if compressive)
Mx Bending force [kNm] around x principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.
My Bending force [kNm] around y principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.

Comb.N.	N	Mx	My
1	637,44	2122,94 (2306,14)	0,00 (0,00)

SERVICEABILITY LIMIT STATES - QUASI-PERMANENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N Axial force [kN] applied at the centroid of concrete section (+ if compressive)
Mx Bending force [kNm] around x principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.
My Bending force [kNm] around y principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.

Comb.N.	N	Mx	My
1	637,44	2094,10 (2309,43)	0,00 (0,00)

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Tension in concrete: Not considered in any case
Check Result of Check
Reg Number of current concrete sub-region of the cross section
Sc max (Sc lim) Max compressive stress (+) in concrete [Mpa]. Code limit stress Sc lim is shown between brackets
Xc max, Yc max X-coordinae, Y-coordinate [cm] of concrete vertex corresponding to Sc max (reference X,Y,O)
Ss min (Ss lim) Min stress (- if tensile) in steel bars [Mpa]. Code limit stress is shown between brackets
Xs min, Ys min X-coordinae, Y-coordinate [cm] of bar corresponding to Ss min (reference X,Y,O)
Ac eff Effective tension area [cm²] that is the area of concrete surrounding the tension reinforcement (for crack width control)
As eff Area of tension steel bars [cm²] within Ac eff (for crack width control)
r eff Geometrical ratio Ac eff / Ac eff [eq.(7.10) Ec2]

NComb	Reg	Check	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff	As eff	r eff
1	1	OK	4,84 (18,0)	-50,0	180,0	-113,9 (360,0)	33,1	5,6	2150	106,2	0,049

SLS CHARACTERISTIC - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Section is assumed always cracked even if flexural tensile stress does not exceeds f_{ctm}
Check Result of check
e1 Greater concrete tensile strain (tension is -) assessed in cracked section
e2 Lesser concrete tensile strain within the entire section (tension is -) assessed in cracked section
k1 = 0.8 high bond bars assigned [see eq.(7.11) EC2]
kt = 0.6 for frequent and characteristic SLS; = 0.4 for q.perm SLS [see eq.(7.9) EC2]
k2 = 0.5 for bending; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ for eccentric tension [see eq.(7.13) EC2]
k3 = 3,400 Coeff. in eq. (7.11) according to national annex
k4 = 0,425 Coeff. in eq. (7.11) according to national annex
∅ Bar diameter [mm] or equivalent diameter of tensile bars in Ac eff [eq.(7.11)]
e sm - e cm Difference between the mean strain of tensile steel and concrete [eq.(7.8)]
Between brackets: Minimum value of eq.(7.9) = 0.6 Smax / Es
sr max Max final crack [mm] spacing
wk Calculated value [mm] of crack width = sr max * (e sm - e cm) [eq.(7.8)]. Limit value of wk is shown between brackets
MX crack First cracking bending moment around X axis [kNm]
MY crack First cracking bending moment around Y axis [kNm]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	∅	e sm - e cm	sr max	wk	Mx crack	My crack
1	OK	-0,00060	0	0,500	26,0	0,00034 (0,00034)	236	0,081	2297,13	0,00

SLS - CHARACTERISTIC COMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

N.Vertex	Assigned numbers to concrete vertices
Reg.	Number of concrete region to which it relates the vertices
Xc, Yc	X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
Sc	Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
e c	Strain in each vertex

Concrete region:

N.Vertex	Reg.	Xc	Yc	Sc	e c
1	1	-50,0	0,0	0,000	-0,0005992
2	1	-50,0	180,0	4,837	0,0003628
3	1	50,0	180,0	4,837	0,0003628
4	1	50,0	0,0	0,000	-0,0005992

Longitudinal bars:

N. Bar	Assigned numbers to each bar
Xs, Ys	X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O
Ss	Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
e s	Strain in each bar

N. Bar	Xs	Ys	Ss	e s
1	-42,5	5,6	-113,85	-0,0005693
2	42,5	5,6	-113,85	-0,0005693
3	-42,5	11,7	-107,33	-0,0005367
4	42,5	11,7	-107,33	-0,0005367
5	-42,5	174,7	66,89	0,0003344
6	42,5	174,7	66,89	0,0003344
7	-33,1	5,6	-113,85	-0,0005693
8	-23,6	5,6	-113,85	-0,0005693
9	-14,2	5,6	-113,85	-0,0005693
10	-4,7	5,6	-113,85	-0,0005693
11	4,7	5,6	-113,85	-0,0005693
12	14,2	5,6	-113,85	-0,0005693
13	23,6	5,6	-113,85	-0,0005693
14	33,1	5,6	-113,85	-0,0005693
15	-33,1	11,7	-107,33	-0,0005367
16	-23,6	11,7	-107,33	-0,0005367
17	-14,2	11,7	-107,33	-0,0005367
18	-4,7	11,7	-107,33	-0,0005367
19	4,7	11,7	-107,33	-0,0005367
20	14,2	11,7	-107,33	-0,0005367
21	23,6	11,7	-107,33	-0,0005367
22	33,1	11,7	-107,33	-0,0005367
23	-33,1	174,7	66,89	0,0003344
24	-23,6	174,7	66,89	0,0003344
25	-14,2	174,7	66,89	0,0003344
26	-4,7	174,7	66,89	0,0003344
27	4,7	174,7	66,89	0,0003344
28	14,2	174,7	66,89	0,0003344
29	23,6	174,7	66,89	0,0003344
30	33,1	174,7	66,89	0,0003344

SLS FREQUENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

NComb	Reg	Check	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff	As eff	r eff
1	1	OK	4,66 (18,0)	-50,0	180,0	-108,6 (360,0)	-42,5	5,6	2150	106,2	0,049

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	135 di 137

SLS FREQUENT - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	ll	e sm - e cm	sr max	wk	Mx crack	My crack
1	OK	-0,00057	0	0,500	26,0	0,00033 (0,00033)	236	0,077 (0,20)	2306,14	0,00

SLS - FREQUENT COMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

N.Vertex	Assigned numbers to concrete vertices
Reg.	Number of concrete region to which it relates the vertices
Xc, Yc	X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
Sc	Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
e c	Strain in each vertex

Concrete region:

N.Vertex	Reg.	Xc	Yc	Sc	e c
1	1	-50,0	0,0	0,000	-0,0005719
2	1	-50,0	180,0	4,665	0,0003499
3	1	50,0	180,0	4,665	0,0003499
4	1	50,0	0,0	0,000	-0,0005719

Longitudinal bars:

N. Bar	Assigned numbers to each bar
Xs, Ys	X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O
Ss	Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
e s	Strain in each bar

N. Bar	Xs	Ys	Ss	e s
1	-42,5	5,6	-108,64	-0,0005432
2	42,5	5,6	-108,64	-0,0005432
3	-42,5	11,7	-102,39	-0,0005120
4	42,5	11,7	-102,39	-0,0005120
5	-42,5	174,7	64,55	0,0003227
6	42,5	174,7	64,55	0,0003227
7	-33,1	5,6	-108,64	-0,0005432
8	-23,6	5,6	-108,64	-0,0005432
9	-14,2	5,6	-108,64	-0,0005432
10	-4,7	5,6	-108,64	-0,0005432
11	4,7	5,6	-108,64	-0,0005432
12	14,2	5,6	-108,64	-0,0005432
13	23,6	5,6	-108,64	-0,0005432
14	33,1	5,6	-108,64	-0,0005432
15	-33,1	11,7	-102,39	-0,0005120
16	-23,6	11,7	-102,39	-0,0005120
17	-14,2	11,7	-102,39	-0,0005120
18	-4,7	11,7	-102,39	-0,0005120
19	4,7	11,7	-102,39	-0,0005120
20	14,2	11,7	-102,39	-0,0005120
21	23,6	11,7	-102,39	-0,0005120
22	33,1	11,7	-102,39	-0,0005120
23	-33,1	174,7	64,55	0,0003227
24	-23,6	174,7	64,55	0,0003227
25	-14,2	174,7	64,55	0,0003227
26	-4,7	174,7	64,55	0,0003227
27	4,7	174,7	64,55	0,0003227
28	14,2	174,7	64,55	0,0003227
29	23,6	174,7	64,55	0,0003227
30	33,1	174,7	64,55	0,0003227

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	136 di 137

NComb	Reg	Check	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff	As eff	r eff
1	1	OK	4,61 (13,5)	50,0	180,0	-106,8 (360,0)	33,1	5,6	2150	106,2	0,049

SLS QUASI-PERMANENT - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	W	e sm - e cm	sr max	wk	Mx crack	My crack
1	OK	-0,00056	0	0,500	26,0	0,00038 (0,00032)	236	0,090 (0,20)	2309,43	0,00

SLS - QUASI-PERMANENTCOMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

N.Vertex	Assigned numbers to concrete vertices
Reg.	Number of concrete region to which it relates the vertices
Xc, Yc	X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
Sc	Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
e c	Strain in each vertex

Concrete region:

N.Vertex	Reg.	Xc	Yc	Sc	e c
1	1	-50,0	0,0	0,000	-0,0005625
2	1	-50,0	180,0	4,606	0,0003454
3	1	50,0	180,0	4,606	0,0003454
4	1	50,0	0,0	0,000	-0,0005625

Longitudinal bars:

N. Bar	Assigned numbers to each bar
Xs, Ys	X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O
Ss	Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
e s	Strain in each bar

N. Bar	Xs	Ys	Ss	e s
1	-42,5	5,6	-106,84	-0,0005342
2	42,5	5,6	-106,84	-0,0005342
3	-42,5	11,7	-100,69	-0,0005034
4	42,5	11,7	-100,69	-0,0005034
5	-42,5	174,7	63,74	0,0003187
6	42,5	174,7	63,74	0,0003187
7	-33,1	5,6	-106,84	-0,0005342
8	-23,6	5,6	-106,84	-0,0005342
9	-14,2	5,6	-106,84	-0,0005342
10	-4,7	5,6	-106,84	-0,0005342
11	4,7	5,6	-106,84	-0,0005342
12	14,2	5,6	-106,84	-0,0005342
13	23,6	5,6	-106,84	-0,0005342
14	33,1	5,6	-106,84	-0,0005342
15	-33,1	11,7	-100,69	-0,0005034
16	-23,6	11,7	-100,69	-0,0005034
17	-14,2	11,7	-100,69	-0,0005034
18	-4,7	11,7	-100,69	-0,0005034
19	4,7	11,7	-100,69	-0,0005034
20	14,2	11,7	-100,69	-0,0005034
21	23,6	11,7	-100,69	-0,0005034
22	33,1	11,7	-100,69	-0,0005034
23	-33,1	174,7	63,74	0,0003187
24	-23,6	174,7	63,74	0,0003187
25	-14,2	174,7	63,74	0,0003187
26	-4,7	174,7	63,74	0,0003187
27	4,7	174,7	63,74	0,0003187

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005012	A	137 di 137

28	14,2	174,7	63,74	0,0003187
29	23,6	174,7	63,74	0,0003187
30	33,1	174,7	63,74	0,0003187

SLS - CHECK OF MINIMUM REINFORCEMENT AREA FOR CRACK CONTROL (§ 7.3.2 EC2)

Comb.N.	Order numbers assigned to SLS combination
Comb.Type	Frequent or Quasi-Permanent combination
Region	Number and type (web or flange) of sub-regions (as parts of the concrete cross-section)
k	Coeff. wich allows for the effects of non-uniform self-equilibrating stresse [eq.(7.1) EC2]
kc	Coeff. wich takes account of the stress distribution prior to cracking [eq.(7.2)-(7.3) EC2]
Act	Area of concrete (for each sub-region) within tension zone just before formation of first crack [eq.(7.1) EC2]
Ned	Axial force [kN] (+ if compressive) acting within each sub-region just before of first crack
Sc	= Ned/Act = mean stress [Mpa] within each concrete sub-region [eq.(7.1) EC2]
k1	Coeff. considering the effects of axial force on the stress distribution (rectangular section or web sub-region)
Fcr	Absolute value of the tensile force [kN] within the flange just prior to cracking
As reg	Area [cm ²] of longitudinal bars within the tension area of each sub-region
As,min	Minimum Area [cm ²] of longitudinal bars to be placed within the tension area of each sub-region

Comb.N.	Comb.Type	Region	k	kc	Act	Ned	Sc	k1	Fcr	As reg	As,min
1	Frequent	1 (Web)	0,65	0,37	7600	881,74	4,90	1,50	---	106,2	14,9
1	Quasi-perm.	1 (Web)	0,65	0,38	7600	877,63	4,88	1,50	---	106,2	14,9