

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J64H17000140001

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

SL01 Sottovia ciclopedonale via Roma

Relazione di calcolo Rampe

SCALA:



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

N B 1 R 0 2 D 2 6 C L S L 0 1 0 0 0 0 2 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione per commenti	F. Serrau	Marzo 2020	A. Maran	Marzo 2020	M. Berlingerì	Marzo 2020	A. Perego Marzo 2020



File: NB1R02D26CLSL0100002A

n. Elab.:

INDICE

1.	INTRODUZIONE	5
1.1.	Muro ad U	5
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	9
3.	PARAMETRI GEOTECNICI	11
4.	MATERIALI.....	13
4.1.	Calcestruzzo	13
4.2.	Acciaio da armatura ordinaria	14
5.	CODICE DI CALCOLO.....	15
6.	DESCRIZIONE MODELLO DI CALCOLO	16
6.1.	MODELLO DI CALCOLO.....	17
6.1.1.	Modello di calcolo e Geometria Muro ad U – Tipo 1	17
6.1.2.	Modellazione dell’interazione suolo-struttura.....	19
6.1.3.	ANALISI DEI CARICHI.....	20
6.1.4.	COMBINAZIONE DEI CARICHI e sollecitazioni.....	25
6.1.5.	Verifiche strutturali	31
6.1.6.	Verifiche a deformazione	52
6.1.7.	Incidenze armature Muro 1.....	52
6.2.	MODELLO DI CALCOLO.....	54
6.2.1.	Modello di Calcolo e Geometria Muro ad U – Tipo 2.....	54
6.2.2.	Modellazione dell’interazione suolo-struttura.....	55
6.2.3.	ANALISI DEI CARICHI.....	56
6.2.4.	COMBINAZIONE DEI CARICHI e sollecitazioni.....	61
6.2.5.	Verifiche strutturali	66

6.2.6.	Verifiche a deformazione	86
6.2.7.	Incidenze armature Muro 2.....	87
6.3.	MODELLO DI CALCOLO.....	88
6.3.1.	Modello di Calcolo e Geometria Muro ad U – Tipo 3.....	88
6.3.2.	Modellazione dell’interazione suolo-struttura.....	90
6.3.3.	ANALISI DEI CARICHI.....	90
6.3.4.	COMBINAZIONE DEI CARICHI e sollecitazioni.....	96
6.3.5.	Verifiche strutturali	101
6.3.6.	Verifiche a deformazione	121
6.3.7.	Incidenze armature Muro 3.....	122
6.4.	MODELLO DI CALCOLO.....	123
6.4.1.	Modello di Calcolo e Geometria Muro ad U – Tipo 4.....	123
6.4.2.	Modellazione dell’interazione suolo-struttura.....	124
6.4.3.	ANALISI DEI CARICHI.....	125
6.4.4.	COMBINAZIONE DEI CARICHI e sollecitazioni.....	130
6.4.5.	Verifiche strutturali	136
6.4.6.	Verifiche a deformazione	150
6.4.7.	Incidenze armature Muro 4.....	151
6.5.	MODELLO DI CALCOLO vasca accumulo	152
6.5.1.	Geometria Concio 5 – (sezione con vasca).....	152
6.5.2.	Modellazione dell’interazione suolo-struttura.....	155
6.5.3.	ANALISI DEI CARICHI.....	156
6.5.4.	COMBINAZIONE DEI CARICHI e sollecitazioni.....	161
6.5.5.	Verifiche strutturali	168

6.5.6.	Verifiche a deformazione	187
6.5.7.	Incidenze armature vasca di accumulo	188
6.6.	COPERTURA VASCA DI RACCOLTA	189
6.6.1.	Geometria soletta.....	189
6.6.2.	ANALISI DEI CARICHI.....	190
6.6.3.	COMBINAZIONE DEI CARICHI e sollecitazioni.....	191
6.6.4.	Verifiche strutturali	193
6.6.5.	Incidenze armature soletta di copertura vasca.....	198
6.7.	SOLETTA E MURO DI RIFODERA LOCALE POMPE.....	199
6.7.1.	Geometria muro di rifodera "1" e soletta	200
6.7.2.	ANALISI DEI CARICHI.....	201
6.7.3.	COMBINAZIONE DEI CARICHI E SOLLECITAZIONI	202
6.7.4.	Verifiche strutturali	206
6.7.5.	6.3.4.4. Sezione 2 - Muro estremità	220

1. INTRODUZIONE

Nel presente elaborato sono riportati i criteri progettuali e le verifiche strutturali seguiti per il dimensionamento e le verifiche di resistenza del muro ad U in prosecuzione del sottopasso SL01.

La sezione ciclopedonale di progetto ha una larghezza di 3 m.

Visto che l'andamento altimetrico della viabilità prevede un punto di minimo in corrispondenza del sottovia, è necessario prevedere un impianto di sollevamento per le acque di piattaforma.

1.1. Muro ad U

La struttura in esame viene gettata in opera ed ha uno sviluppo longitudinale nei due lati del sottopasso pari a ca. 59 m lato sud e ca.94 m lato nord ed è suddiviso in conci di lunghezza 16.5m.

I muri sono suddivisi in quattro tipologie:

- **Tipo 1:** Muro ad U con altezza massima $H \cong 4.00\text{m}$, ed è vincolato superiormente al cordolo di coronamento della paratia di micropali.

La soletta inferiore ha uno spessore di 0.60 m, mentre i piedritti hanno un spessore di 0.25 m

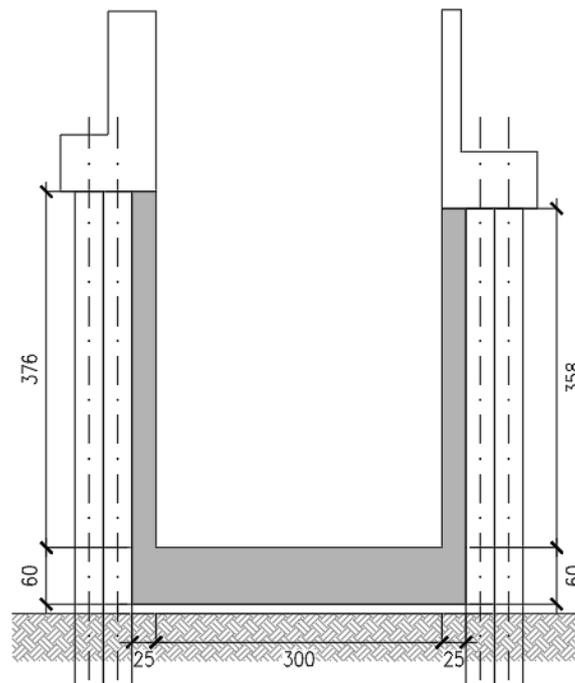


Figura 1: Sezione trasversale Tipo 1

- **Tipo 2:** Muro ad U con altezza massima 2.60 m, ed è vincolato superiormente al cordolo di coronamento della paratia di micropali.

La soletta inferiore ha uno spessore di 0.50 m, mentre i piedritti hanno un spessore di 0.20 m.

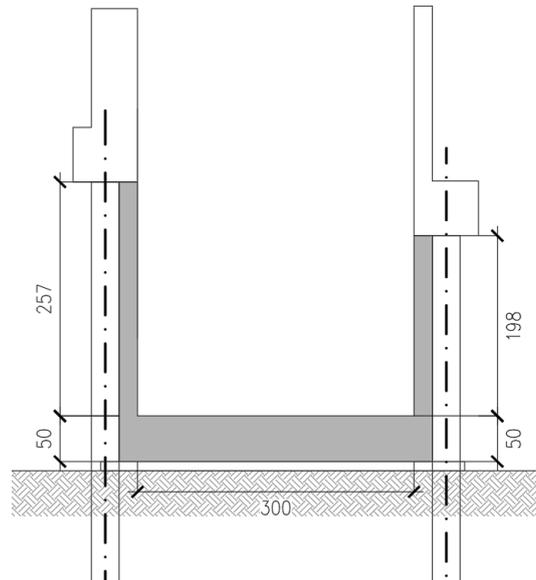


Figura 2: Sezione trasversale Tipo 2

- **Tipo 3:** Muro ad U con altezza massima di 1.75 m, ed è vincolato superiormente al cordolo di coronamento della paratia di micropali.

La soletta inferiore ha uno spessore di 0.40 m, mentre i piedritti hanno un spessore di 0.20 m.

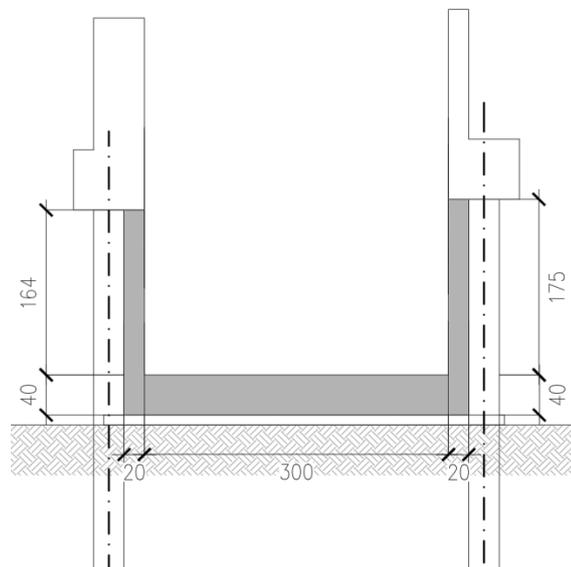


Figura 3: Sezione trasversale Tipo 3

- **Tipo 4:** Muro ad U con altezza massima di 0.70 m, ed è vincolato superiormente al cordolo di coronamento della paratia di micropali.

La soletta inferiore ha uno spessore di 0.30 m, mentre i piedritti hanno un spessore di 0.20 m.

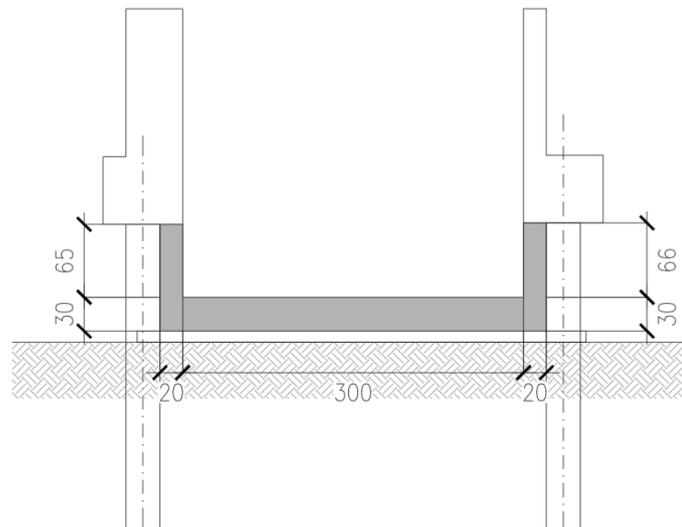


Figura 4: Sezione trasversale Tipo 4

- **Tipo 5:** Muro ad U con altezza massima di 5.50 m, ed è vincolato superiormente al cordolo di coronamento della paratia di micropali.

Essendo presente la soletta di copertura della vasca si impone un vincolo orizzontale sui piedritti alla quota del baricentro della soletta ($h=1.65$ m)

La soletta inferiore ha uno spessore di 0.80 m, mentre i piedritti hanno un spessore di 0.25 m.

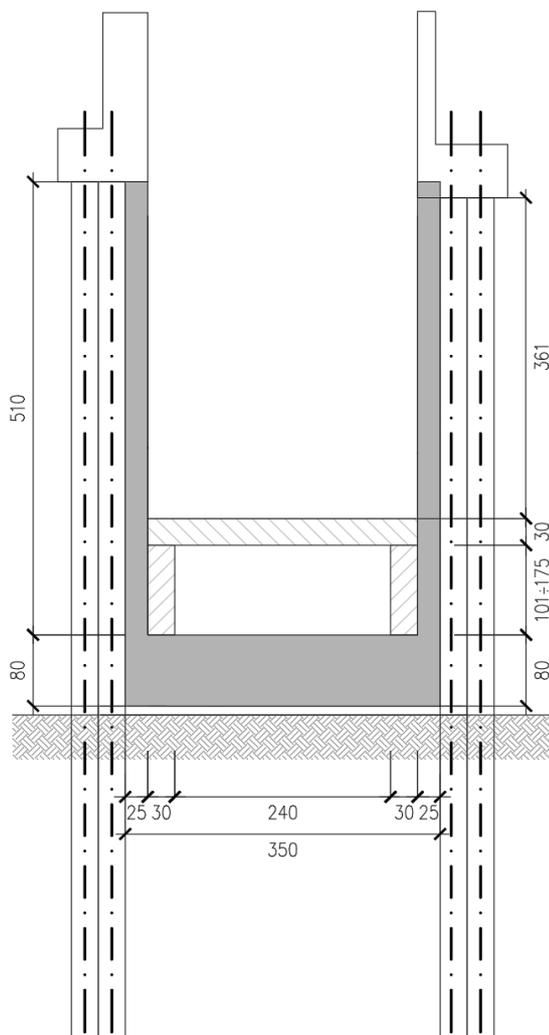


Figura 5: Sezione trasversale Tipo 5

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore e nel seguito elencate:

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica;
- D.M. del 17.01.2018 “Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni” (NTC 2018);
- Circolare del 21.01.2019 contenente le istruzioni per le l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. del 17.01.2018;
- UNI EN 206:2016 – “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- UNI EN 11104:2016 – “Calcestruzzo - Specificazione. prestazione. produzione e conformità - Specificazioni complementari per l’applicazione della EN 206;
- EN 1991-2:2003/AC:2010 “Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: carichi da traffico sui ponti”.
- EN 1992-1 “Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per edifici”.
- EN 1992-1 “Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Parte 2: ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi”.
- EN 1997-1 “Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica- Parte 1: Regole generali”.
- UNI EN 1998-1:2013 “Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1998-5:2005 “Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- Manuale di progettazione delle opere civili RFI parte II – sezione 2 – “Ponti e strutture” - RFI DTC SI PS MA IFS 001 C.
- Manuale di progettazione delle opere civili RFI parte II – sezione 3 – “Corpo stradale” - RFI DTC SI PS MA IFS 001 C.
- RFI DTC SI SP IFS 001 C – “Capitolato Generale di Appalto delle Opere Civili”.
- UIC CODE 777-2R “Structures built over railway lines-Construction requirements in the track zone”
- Norme STI
- Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019; Legge. 2 febbraio 1974, n. 64. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- Regolamento (UE) N. 1300/2014/UE Specifiche Tecniche di Interoperabilità per l’accessibilità del sistema ferroviario dell’Unione europea per le persone con disabilità e le persone a mobilità ridotta del 18/11/2014, modificato con il Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/772 della Commissione del 16 maggio 2019;
- Regolamento (UE) N° 1303/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alla specifica

	PROGETTO DEFINITIVO					
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A	FOGLIO 10 di 224

tecnica di interoperabilità concernente la “sicurezza nelle gallerie ferroviarie” del sistema ferroviario dell’Unione europea, rettificato dal Regolamento (UE) 2016/912 del 9 giugno 2016 e modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019

- Regolamento UE N. 1301/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «Energia» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di Esecuzione (UE) 2018/868 del 13 giugno 2018 e dal successivo Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019
- Regolamento (UE) N. 2016/919 della Commissione del 27 maggio 2016 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità per i sottosistemi "controllo-comando e segnalamento" del sistema ferroviario nell'Unione europea modificata con la Rettifica del 15 giugno 2016 e dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;
- REGOLAMENTO DI ESECUZIONE (UE) 2019/772 DELLA COMMISSIONE del 16 maggio 2019 che modifica il regolamento (UE) n. 1300/2014 per quanto riguarda l'inventario delle attività al fine di individuare le barriere all'accessibilità, fornire informazioni agli utenti e monitorare e valutare i progressi compiuti in materia di accessibilità.
- REGOLAMENTO DI ESECUZIONE (UE) 2019/776 DELLA COMMISSIONE del 16 maggio 2019 che modifica i regolamenti (UE) n. 321/2013, (UE) n. 1299/2014, (UE) n. 1301/2014, (UE) n. 1302/2014, (UE) n. 1303/2014 e (UE) 2016/919 della Commissione e la decisione di esecuzione 2011/665/UE della Commissione per quanto riguarda l'allineamento alla direttiva (UE) 2016/797 del Parlamento europeo e del Consiglio e l'attuazione di obiettivi specifici stabili nella decisione delegata (UE) 2017/1471 della Commissione.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

3. PARAMETRI GEOTECNICI

Terreno di fondazione

Nel seguito si riportano le tabelle contenenti la stratigrafia di progetto per l'opera in esame, i relativi parametri geotecnici di calcolo. Le indagini di riferimento sono: L1-S11 e PNBGF1O07. La falda è stata rilevata ad una profondità media di -20 m dal piano campagna.

Strato	Profondità media	Profondità media	Descrizione
	Da [m da p.c.]	A [m da p.c.]	
Ug3	0	8	A(L), A,G Argilla limosa e argilla con ghiaia
Ug1	8	25	S(G), S,G Sabbia ghiaiosa e sabbia con ghiaia
Ug3	25	30	A(L), A,G Argilla limosa e argilla con ghiaia

Strato			Parametri di resistenza			Parametri di deformabilità					
	γ_n	K_0	φ'	c'	c_u	G_0	E_0	E_{op1}	E_{op2}	ν'	$k_v^{(*)}$
	[kN/m ³]	[-]	[°]	[kPa]	[kPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]	[m/s]
Ug3	19	0.60	24	0	8 - 10	20 – 30	50 – 75	3 - 4	5 - 7	0.25	1.00E-10
Ug1	20	0.426	35	0	-	120 - 150	300 -375	25 - 30	32 - 40	0.25	1.00E-06
Ug3	19	0.60	24	0	150	150	375	30	50	0.25	1.00E-10
Strato			Parametri di resistenza			Parametri di deformabilità					

Note:

- Gli intervalli, dove presenti, fanno riferimento a valori crescenti con la profondità.
- (*) per analisi di cedimento adottare cautelativamente i parametri di permeabilità verticale definiti in tabella; per analisi di stabilità adottare anche i parametri di permeabilità orizzontale $k_h = 10 k_v$ per tutti i materiali tranne Ug1 per cui adottare $k_h = k_v$.
- I moduli E_{op1} ed E_{op2} sono da adottarsi rispettivamente E_{op1} per problemi di "primo carico" (esempio fondazioni dirette, profonde e rilevati) ed E_{op2} per problemi di scarico e/o di scarico-ricarico (esempio: fronti di scavo sostenuti con opere di sostegno tipo paratie tirantate e non).

E' stata condotta un'indagine MASW12, vicino al luogo dove sarà posizionato il sottopasso, che ha dato questi

risultati:

Sigla Prova	V _{seq} (m/sec)	Categoria suolo
M1	522	B
M2	427	B
M3	462	B
M4	443	B
M5	445	B
M6	405	B
M7	432	B
M8	365	B
M9	359	C
M10	414	B
M11	387	B
M12	412	B
M13	464	B
M14	429	B
M15	555	B
M16	429	B



Figura 6: Localizzazione della MASW12 effettuata

- Falda non interferente:

Solo per il dimensionamento del muro nel locale pompe si è assunto un tirante idraulico di 3.00m partendo dalla quota della fondazione più profonda, perchè altresì la parete non sarebbe stata soggetta a nessun carico.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

4. MATERIALI

4.1. Calcestruzzo

- PIEDRITTI Muri ad U

Classe C32/40

Resistenza a compressione di progetto $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 18.13$ MPa

Modulo elastico $E_{cm} = 33$ GPa

Classe di esposizione = : XC4

Calcestruzzo tipo C2

Copriferro minimo = 40mm

*= visto che il lato interno non è esposto, dal punto di vista delle condizioni ambientali si considera in ambiente ordinario.

- FONDAZIONE Muri ad U

Classe C25/30

Resistenza a compressione di progetto $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 14.17$ MPa

Modulo elastico $E_{cm} = 31$ GPa

Classe di esposizione = XC2

Calcestruzzo tipo G2

Copriferro minimo = 50 mm

- MAGRONE:

Classe C12/15

Classe di esposizione = X0

- SOLETTA COPERTURA VASCA DI RACCOLTA

Classe C32/40

Resistenza a compressione di progetto $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 18.13$ MPa

Modulo elastico $E_{cm} = 33 \text{ GPa}$

Classe di esposizione = : XC2

Calcestruzzo tipo C2

Copriferro minimo = 50mm

4.2. Acciaio da armatura ordinaria

Acciaio tipo B450 C

Resistenza di calcolo $f_{yd} = f_{yk}/1.15 = 391 \text{ MPa}$

Modulo elastico $E_s = 200 \text{ GPa}$

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

5. CODICE DI CALCOLO

Il dimensionamento dell'opera è stato ottenuto mediante modellazione ad elementi finiti monodimensionali tipo "beam" tramite il programma di calcolo "Straus7.



Le analisi condotte all'interno del modello agli elementi finiti sono volte a determinare lo stato di sollecitazione del manufatto durante tutta la sua esistenza.

Le unità di misura adottate sono le seguenti:

- lunghezze: m
- forze: kN
- masse: kN massa
- temperature: gradi centigradi °
- angoli: gradi sessadecimali.

	PROGETTO DEFINITIVO					
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A	FOGLIO 16 di 224

6. DESCRIZIONE MODELLO DI CALCOLO

Le analisi per il calcolo delle sollecitazioni agenti sono state condotte su una “fetta” di struttura di 1.00 m. Il modello di calcolo utile al fine del dimensionamento, attraverso i quali è schematizzata la struttura, prevede un modello di calcolo di un muro ad U su un letto di molle alla Winkler (con l’azione del peso proprio, dell’effetto della paratia di micropali e del sisma).

Nella modellazione vengono impiegati elementi finiti di tipo trave a 6 GL, che ovviamente nell’analisi 2D condotta (telaio piano) si riducono a 3. Ai suddetti elementi sono assegnate le caratteristiche inerziali della struttura reale derivanti dalle proprietà dei materiali e dalla geometria della sezione.

La geometria del modello ricalca la linea baricentrica degli elementi costituenti l’opera (modello in asse), pertanto alle intersezioni delle aste viene applicato un offset rigido che tiene conto delle dimensioni effettive delle sezioni degli elementi, in modo da tener conto delle effettive luci della struttura.

6.1. MODELLO DI CALCOLO

6.1.1. Modello di calcolo e Geometria Muro ad U – Tipo 1

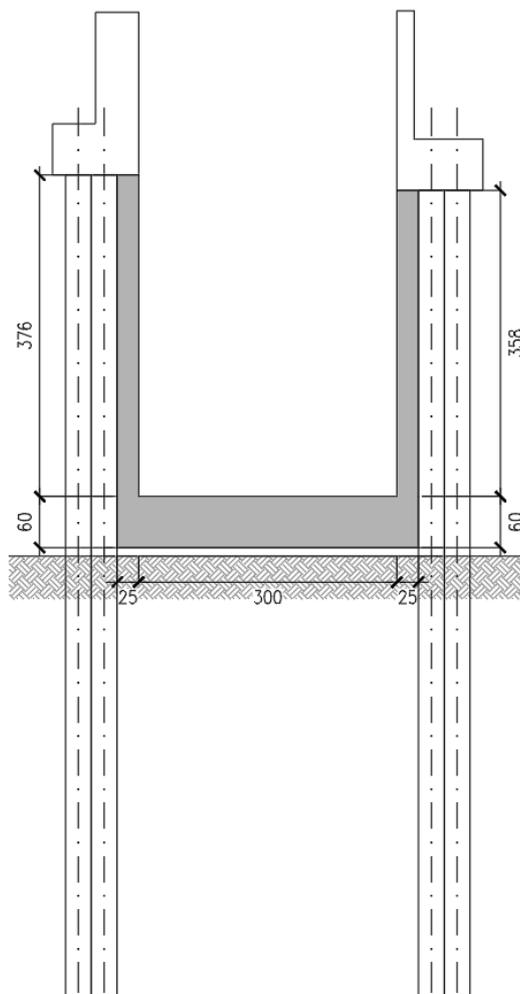


Figura 7: Geometria Muro ad U – Tipo 1

DATI GEOMETRICI			
Grandezza	Simbolo	Valore	U.M.
Larghezza totale	Ltot	3.50	m
Larghezza utile	Lint	3.00	m
Larghezza interasse	La	3.25	m
Spessore piedritti	Sp	0.25	m
Spessore fondazione	Sf	0.60	m
Altezza totale	Htot	4.40	m
Altezza libera	Hint	3.80	m

Le analisi per il calcolo delle sollecitazioni agenti sono state condotte su una "fetta" di struttura di 1.00 m.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A	FOGLIO 18 di 224

Il modello di calcolo attraverso il quale è schematizzata la struttura è quello di una U che poggia su un letto di molle alla Winkler.

Nella modellazione vengono impiegati elementi finiti di tipo trave “beam”. Ai suddetti elementi sono assegnate le caratteristiche inerziali della struttura reale derivanti dalle proprietà dei materiali e dalla geometria della sezione.

La geometria del modello ricalca la linea baricentrica degli elementi costituenti l’opera (modello in asse).

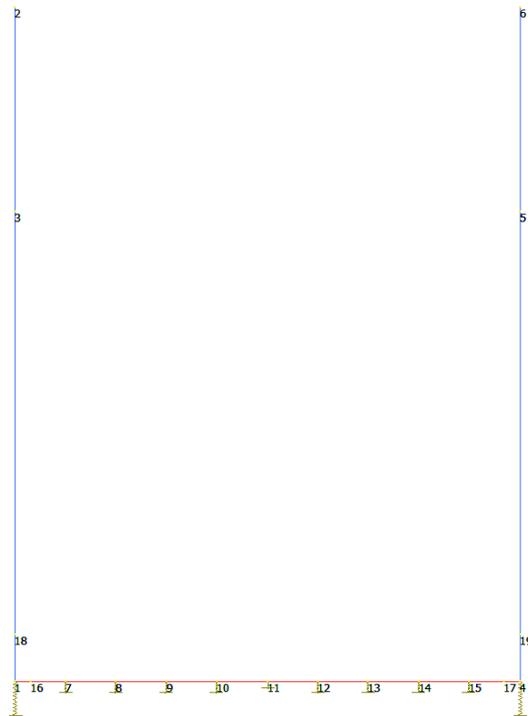


Figura 8: Numerazione dei nodi e dei frame del modello strutturale su letto di molle con vincolo centrale allo spostamento orizzontale

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

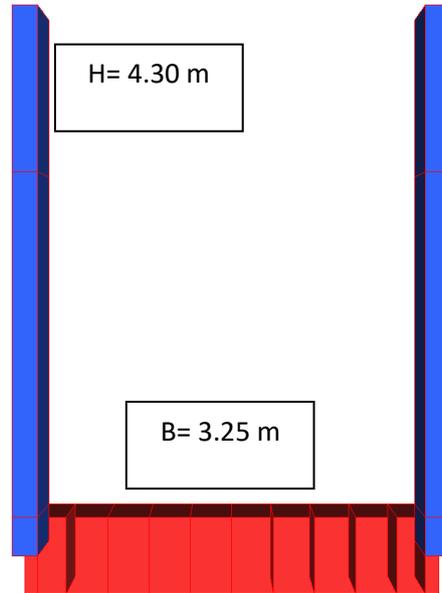


Figura 9: Vista estrusa del modello strutturale

6.1.2. Modellazione dell'interazione suolo-struttura

Si assume un valore del modulo di reazione verticale del terreno $K_s = 10000 \text{ kN/m}^3$, in base al quale ricavano i valori delle singole molle.

Secondo le indicazioni contenute nella SPECIFICA PER LA PROGETTAZIONE GEOTECNICA DELLE OPERE CIVILI FERROVIARIE **RFI DTC INC CS SP IFS 001 A**, la soletta inferiore viene suddivisa in 10 elementi di pari lunghezza, ossia 11 nodi ai quali sono assegnate le seguenti molle verticali. Considerata la profondità unitaria del modello ($B=1,0\text{m}$), si ha:

Molle centrali

$$K_{\text{centrale}(11)} = K_s * (L_p/2 + L_{\text{int}} + L_p/2) / 10 = 3200 \text{ kN/m} \quad (10 = \text{numero di aste fondazione})$$

I valori delle molle di spigolo si ottengono con la seguente formulazione:

$$K_1 = K_4 = 2 * K_s * [(L_p/2 + L_{\text{int}} + L_p/2) / 10/2 + (L_p/2)] = 4960 \text{ kN/m}$$

ed infine in valori delle molle nei nodi 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15 come da letteratura si assumono:

$$K_7 = K_8 = K_9 = K_{10} = 1.5 * K_{\text{centrale}} = 4800 \text{ kN/m}$$

$$K_{12} = K_{13} = K_{14} = K_{15} = 1.5 * K_{\text{centrale}} = 4800 \text{ kN/m}$$

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

6.1.3. ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito i carichi utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche delle sezioni della struttura in esame.

6.1.3.1 Peso proprio della struttura (G1)

Il peso proprio delle solette e dei piedritti viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato considerando per il c.a. $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$. Il peso proprio viene automaticamente calcolato dal programma in base alle dimensioni delle sezioni degli elementi.

6.1.3.2 Carichi permanenti portati (G2)

Essendo la fondazione modellata su un letto di molle i carichi permanenti portati essendo uniformemente distribuiti non danno nessun contributo al calcolo dei momenti, a tal proposito si trascurano.

Sopra il muro ad U sono presenti parapetti di larghezza 0.50m con la funzione di barriera per lo svio dei veicoli transitanti su un lato di via Roma e di parapetto sul lato opposto.

Il parapetto è fondato sulla paratia di micropali, tuttavia si attribuisce che un'aliquota del peso ricada sul muro ad U si ha per tanto:

per la barriera lato via Roma:

$$\text{Area } A = (1.95 \times 0.5 + 0.5 \times 0.5) = 1.25 \text{ m}^2;$$

$$\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3;$$

carico in testa al muro ad U (cautelativamente ai fini del calcolo del muro ad U viene ripartito in parti uguali tra muro e paratia)

$$G2 = (A \cdot \gamma_c) / 2 = 1.25 \cdot 25 / 2 = 16 \text{ kN/m}$$

Lato marciapiede pedonale:

$$\text{Area } A = 2.05 \times 0.2 + 0.8 \times 0.6 = 0.95 \text{ m}^2;$$

$$\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3;$$

Carico in testa al muro ad U (cautelativamente ai fini del calcolo del muro ad U viene ripartito in parti uguali tra muro e paratia)

$$G2 = (A \cdot \gamma_c) / 2 = 0.95 \cdot 25 / 2 = 12 \text{ kN/m}$$

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A	FOGLIO 21 di 224

6.1.3.3 Spinta del terreno

La spinta del terreno risulta essere assente poiché a tergo del muro ad U da entrambi i lati è prevista una paratia di micropali che si fanno carico della spinta del terreno.

6.1.3.4 Spinta idraulica falda (W)

La spinta idraulica assente.

6.1.3.5 Carichi accidentali (ACC1/ACC2)

I seguenti carichi non sono presi in considerazione perché sono a carico della paratia di micropali costruita a lato.

6.1.3.6 Azioni indotte dalle variazioni termiche (TERM)

L'azione termica risulta essere trascurabile, in quanto essendo la struttura pressochè isostatica, è libera di deformarsi senza variare lo stato tensionale interno.

6.1.3.7 Azioni indotte dagli spostamenti della paratia di micropali

Tra la paratia di micropali e il paramento del muro ad U, sarà interposto uno strato di polistirolo, con la funzione di evitare la nascita di sollecitazioni indotte dalla deformazione della paratia a tempo infinito.

Si riportano in forma tabellare le pressioni indotte e il relativo spostamento in testa assunto:

	SPDPX Δx permanenti	SPDAX Δx accidentali	SPDSX Δx sisma
p[kN/m]	3.44	0.8	5.35
umax[mm]	5.66	1.32	8.80

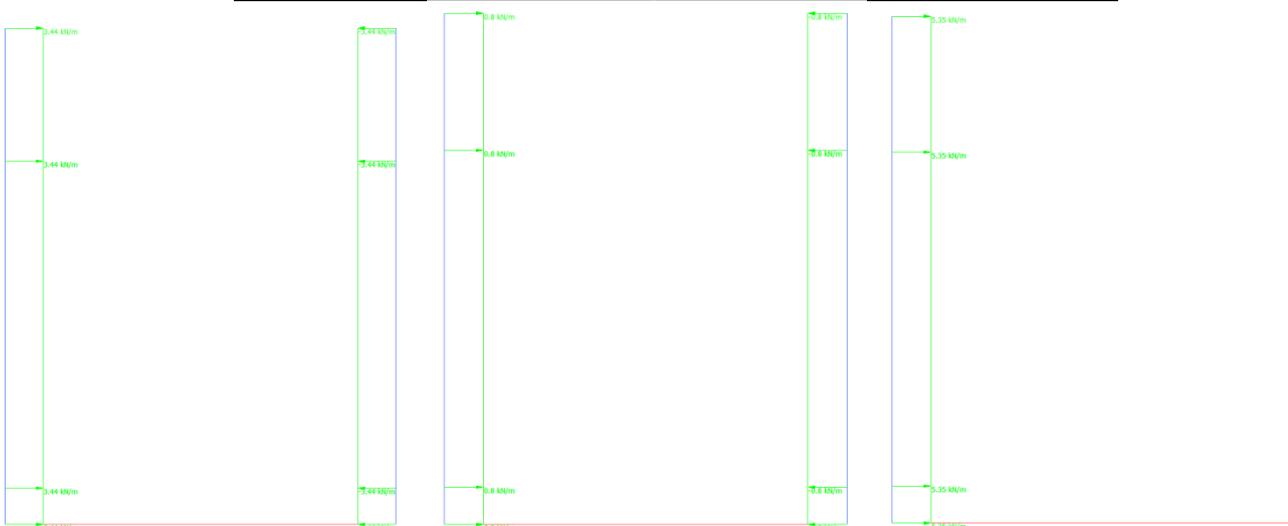


Figura 10 – Pressione applicata sui piedritti

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

6.1.3.8 Azioni sismiche

L'azione sismica è stata individuata in accordo con le normative vigenti sulla base dei seguenti parametri:

- Vita nominale dell'opera $V_N = 50$ anni
- Classe d'uso dell'opera II $C_u = 1.0$
- Categoria di sottosuolo B
- Categoria topografica T1

Coordinate del sito di progetto (Lat. = 45.683026°e Long. = 9.767658°)

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,028	2,447	0,197
50	0,036	2,487	0,213
475	0,102	2,426	0,272
975	0,135	2,454	0,278

dove:

- $T_R \rightarrow$ tempo di ritorno;
- $a_g \rightarrow$ accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;
- $F_o \rightarrow$ valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_C^* \rightarrow$ periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

Le accelerazioni massime per i vari stati limite di normativa nelle condizioni di sito reali sono:

Tr (anni)	amax
30	0,034
50	0,044
475	0,123
975	0,162

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico. I valori dei coefficienti sismici orizzontali k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \frac{a_{\max}}{g} \quad k_v = \pm 0.50 \cdot k_h$$

dove :

- $a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g$ accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A	FOGLIO 23 di 224
Relazione di calcolo rampe						

- g = accelerazione di gravità;

Essendo lo scatolare una struttura che non ammette spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume il valore unitario.

Pertanto, i due coefficienti sismici valgono:

Tr (anni)	Kh	Kv
30	0,034	0,017
50	0,044	0,022
475	0,123	0,062
975	0,162	0,081

Sovraspinta sismica del terreno

Poiché la struttura risulta essere confinata da una paratia di micropali la sovraspinta sismica del terreno viene assorbita dalla paratia, pertanto nel seguente calcolo non viene inserita tale forzante.

Forze inerziali (EX)

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti. La componente verticale è considerata agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli.

Forze inerzia orizzontali		
F'h=F0, soletta	1.85	kN/m2
F''h=F0,piedritti	0.77	kN/m2

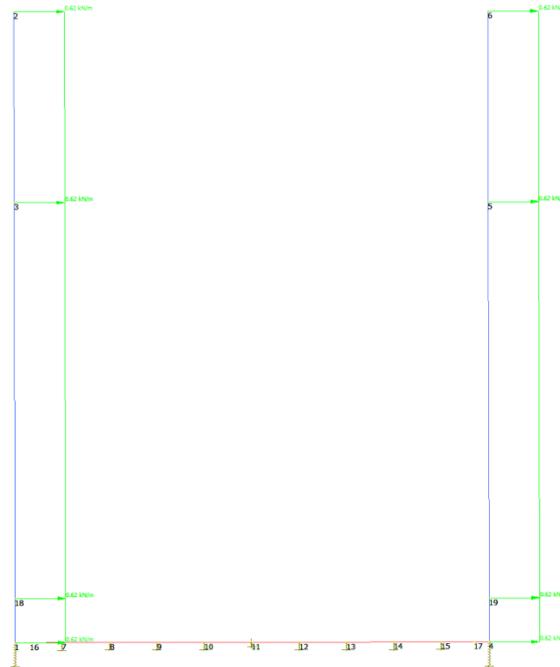


Figura 11: Forza inerziale orizzontale

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

6.1.3.9 Analisi dei carichi

Per le verifiche si adotta la combinazione delle azioni fondamentale SLU tratta dal § 2.5.3 NTC 2008:

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

I valori dei coefficienti da utilizzare sono stati adottati seguendo il vigente D.M. 2008 §5.1.3.12 secondo le tabelle 5.1.IV, 5.1.V, 5.1.VI., §6.2.3.1.1 secondo le tabelle 6.2.I, 6.2.II e §6.4.2.1 secondo la tabella 6.4.I.

In particolare, sono state effettuate le verifiche con riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo strutturale (STR)

raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

- STR) $\rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio si definiscono le seguenti combinazioni:

- Rara) $\rightarrow G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$
- Frequente) $\rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$
- Quasi permanente) $\rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

Per la condizione sismica, la combinazione per gli stati limite ultimi da prendere in considerazione è:

Combinazione sismica $\rightarrow E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

6.1.4. **COMBINAZIONE DEI CARICHI e sollecitazioni**

Per i calcoli strutturali dell'opera sono state considerate le seguenti combinazioni di carico:

SLU/SLV/SLE

	SLU	SLV 1	SLV 2	SLE (rara)	SLE (freq)	SLE (Q.P.)
G1	1.35	1	1	1	1	1
G2	1.50	1	1	1	1	1
Ex	0	1	-1	0	0	0
SPG	1.35	1	1	1	1	1
SPQ	1.50	0	0	1	0.75	0
SPE	0	1	-1	0	0	0

Di seguito si riportano gli involuppi dei diagrammi delle sollecitazioni derivanti dalle combinazioni relative ai tre stati limite considerati.

Per la sovrapposizione degli effetti, al termine di questo paragrafo, le sollecitazioni dei due modelli verranno sommate al fine di ottenere le sollecitazioni globali agenti sul muro ad U .

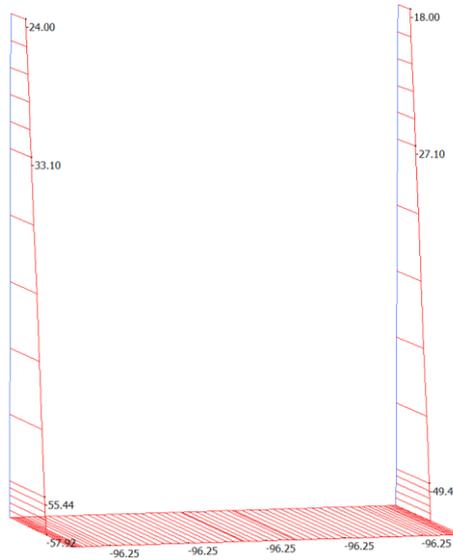


Figura 12: Inviluppo N – SLU

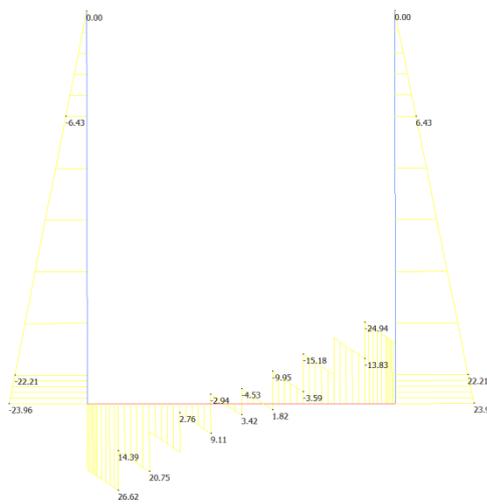


Figura 13: Inviluppo T – SLU

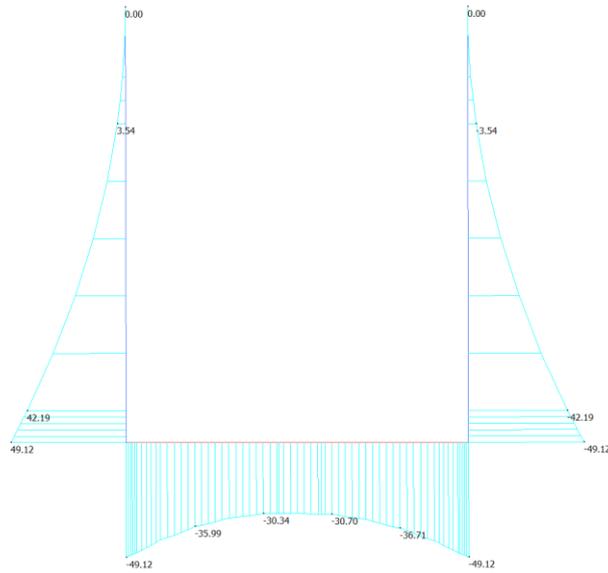


Figura 14: Inviluppo M – SLU

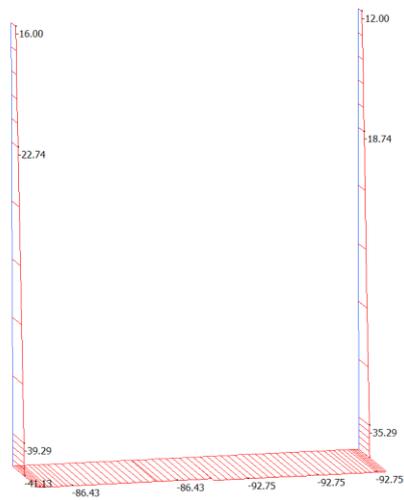


Figura 15: Inviluppo N – SLV

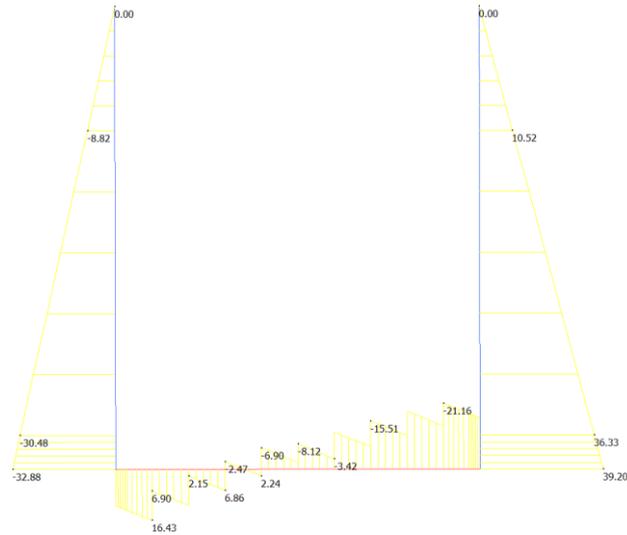


Figura 16: Inviluppo T – SLV

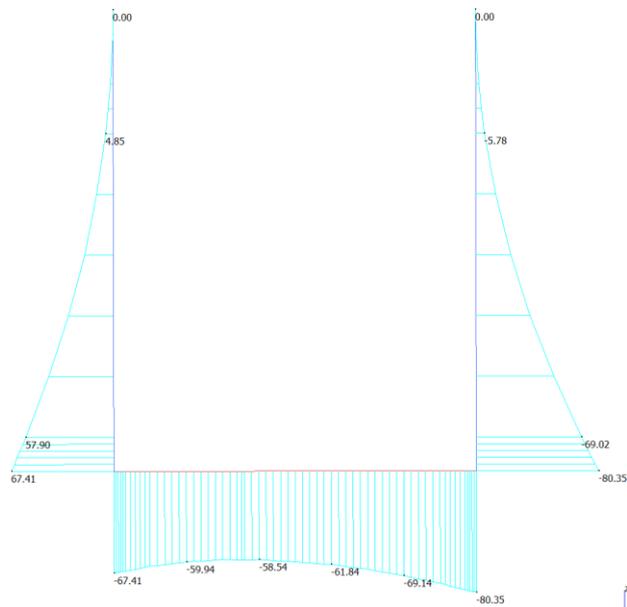


Figura 17: Inviluppo M – SLV

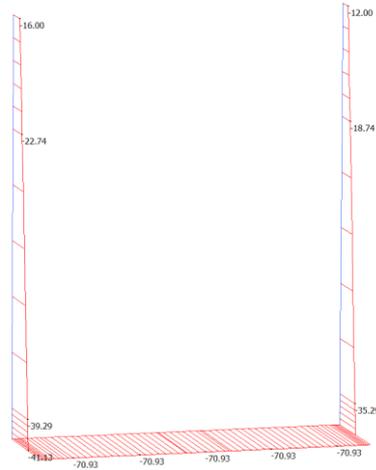


Figura 18: Inviluppo N – SLE

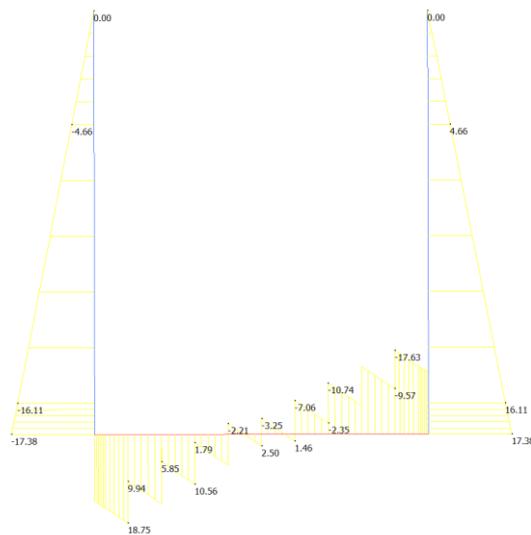


Figura 19: Inviluppo T – SLE

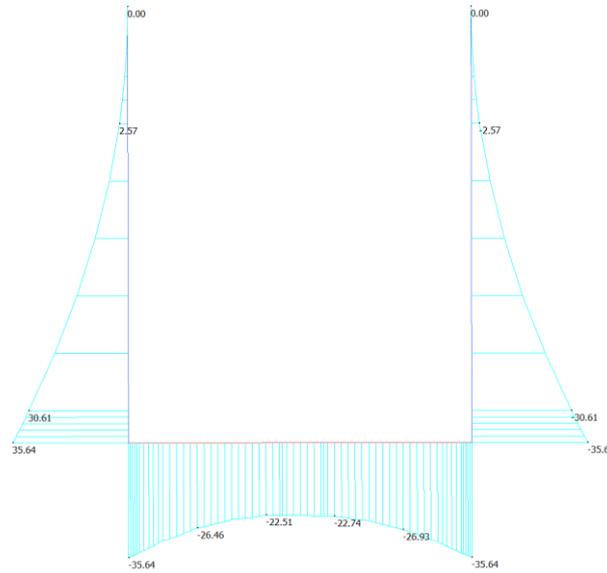


Figura 20: Inviluppo M – SLE

Le sezioni verificate sono le seguenti

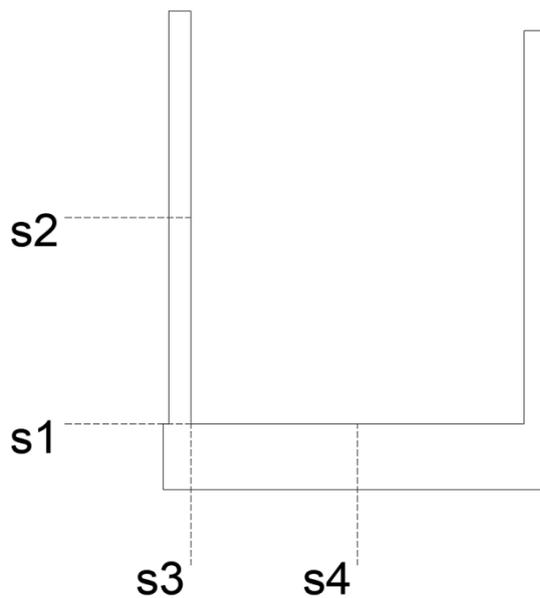


Figura 21: Sezioni di verifica

Qui a seguire vengono riportate le sollecitazioni totali per ogni sezione investigata:

sezione S1 – base piedritto (parete verticale)			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV)			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-55.44	22.21	42.19
ENV SLV	-39.29	36.33	69.02
ENV RARA	-39.29	16.11	30.61

sezione S2 - piedritto mezzeria (parete verticale)			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV)			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-33	12.5	14
ENV SLV	-22.74	17.8	21.7
ENV RARA	-22.74	9.1	9.7

sezione S3 - estremità fondazione			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV)			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-23.96	26.62	46.99
ENV SLV	-39.2	21.16	78.63
ENV RARA	-17.38	18.75	34.27

sezione S4 - fondazione mezzeria			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV)			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-23.96	5	30.3
ENV SLV	-39.2	8.5	60
ENV RARA	-17.38	3.5	22.46

6.1.5. *Verifiche strutturali*

Le verifiche strutturali sono state svolte in RC-Sec si riportano gli output delle verifiche.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A	FOGLIO 32 di 224
Relazione di calcolo rampe						

Si riporta una figura con le sezioni verificate.

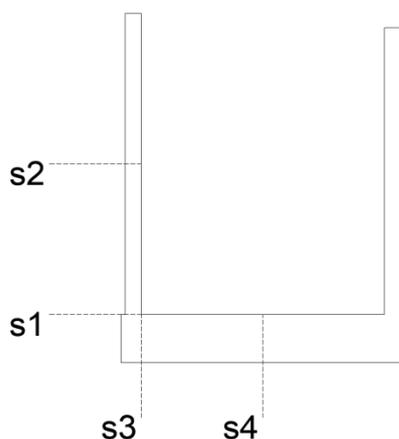


Figura 22: Sezioni di verifica

Piedritto sezione S1

sezione S1 – base piedritto (parete verticale)			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV)			
Comb	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
ENV SLU	-55.44	22.21	42.19
ENV SLV	-39.29	36.33	69.02
ENV RARA	-39.29	16.11	30.61

Si riporta la verifica del piedritto nella sezione d'incastro con la fondazione.

Sezione di calcolo

25x100 cm

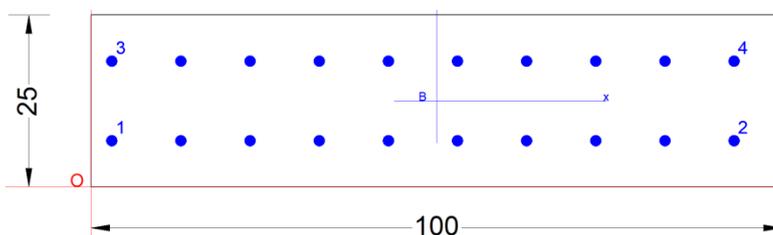
Armatura verticale

10 ϕ 12 layer 1 lato terreno

10 ϕ 12 layer 2 lato interno

Spilli

ϕ 10/40x40



DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	3.0	6.7	12
2	97.0	6.7	12
3	3.0	18.3	12
4	97.0	18.3	12

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	8	12
2	3	4	8	12

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	70.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	31.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	34 di 224

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	31.00 (34.22)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	31.00 (34.22)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.4 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 9.2 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	70.00	0.00	0.00	85.98	0.00	1.23	22.6(3.5)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.271	0.0	25.0	-0.00123	3.0	18.3	-0.00942	3.0	6.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	35 di 224

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000706080	-0.014152005	0.271	0.779

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.07	100.0	25.0	-168.5	3.0	6.7	700	11.3

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.07	100.0	25.0	-168.5	3.0	6.7	700	11.3

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot \max(e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00132	0	0.500	12.0	24	0.00051 (0.00051)	208	0.105 (0.40)	34.22	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.07	100.0	25.0	-168.5	3.0	6.7	700	11.3

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00132	0	0.500	12.0	24	0.00051 (0.00051)	208	0.105 (0.30)	34.22	0.00



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO

SL01 – NUOVO SOTTOPASSO

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	02	D26CL	SL0100002	A	36 di 224
NB1R					

Verifica a taglio

Si prevedono spilli $\phi 10/40 \times 40$

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$	mm larghezza	$f_{yk} = 450$	MPa	resist. caratteristica
$h = 250$	mm altezza	$\gamma_s = 1.15$		coeff. sicurezza
$c = 50$	mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$	MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 32$	MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:		
$\gamma_c = 1.50$	coeff. sicurezza	$A_{sl,1} = 10$	$\emptyset 12$	$= 11.31 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$	coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 200$	mm altezza utile	$A_{sl,3} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 18.13$	MPa resist. di calcolo			11.31 cm^2

• Sollecitazioni (compressione < 0, trazione > 0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = 0.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 37.0 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 2.000 < 2$$

$$v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{min} = 0.560$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.006 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = 0.00 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

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

$$V_{Rd} = 126.0 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0.15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 112.0 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 126.0 \text{ kN} \quad \text{valore di calcolo}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

• Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

$$\theta = 30.0^\circ \quad \text{inclinaz. bielle cls} \quad \text{angolo ammissibile}$$

$$\alpha = 90.0^\circ \quad \text{inclinaz. staffe}$$

Armatura a taglio (staffatura):

$$A_{sw}/s = \text{staffe } \emptyset 10 \text{ mm con } n^\circ \text{ bracci (trasv. } 2.5 \text{ passo } 40 \text{ cm} = 0.049 \text{ cm}^2/\text{cr}$$

$$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (A_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) \times \text{sen} \alpha \quad V_{Rsd} = 59.9 \text{ kN}$$

$$f'_{cd} = 9.07 \text{ MPa resist. di calcolo ridotta}$$

$$\alpha_c = 1.000 \quad \text{coeff. maggiorativo}$$

$$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f'_{cd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \alpha) \quad V_{Rcd} = 706.7 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) \quad V_{Rd} = 59.9 > 37.0 \text{ kN} \quad \text{c.s.} = 1.6$$

la sezione armata a taglio risulta verificata.

Piedritto sezione S2

sezione S2 - piedritto mezzeria (parete verticale)			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV)			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-33	12.5	14
ENV SLV	-22.74	17.8	21.7
ENV RARA	-22.74	9.1	9.7

Si riporta la verifica del piedritto nella sezione d'incastro con la fondazione.

Sezione di calcolo

25x100 cm

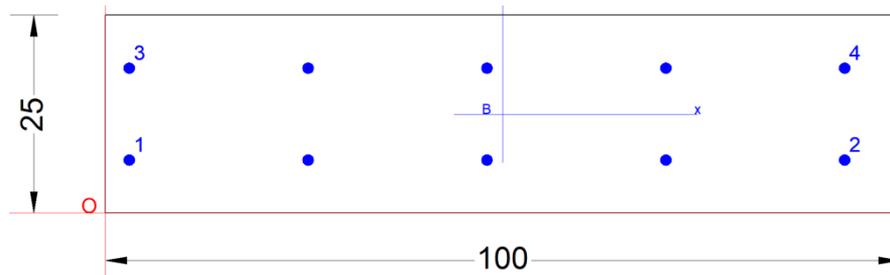
Armatura verticale

5 ϕ 12 layer 1 lato terreno

5 ϕ 12 layer 2 lato interno

Spilli

ϕ 10/40x40



DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	Diam ϕ [mm]
1	3.0	6.7	12
2	97.0	6.7	12
3	3.0	18.3	12
4	97.0	18.3	12

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 ϕ Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	ϕ
1	1	2	3	12
2	3	4	3	12

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	39 di 224

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	21.70	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	9.70	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	9.70 (32.84)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	9.70 (32.84)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.4 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 10.4 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	40 di 224

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	21.70	0.00	0.00	51.02	0.00	2.35	11.3(3.5)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.168	0.0	25.0	-0.00415	3.0	18.3	-0.01739	3.0	6.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.001141597	-0.025039918	0.168	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.51	0.0	25.0	-99.4	97.0	6.7	499	5.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------

1 S 2.51 0.0 25.0 -99.4 97.0 6.7 499 5.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00075	0	0.500	12.0	24	0.00030 (0.00030)	262	0.078 (0.40)	32.84	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.51	0.0	25.0	-99.4	97.0	6.7	499	5.7

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00075	0	0.500	12.0	24	0.00030 (0.00030)	262	0.078 (0.30)	32.84	0.00

Verifica a taglio

Si prevedono spilli $\phi 10/40 \times 40$

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$	mm larghezza	$f_{yk} = 450$	MPa	resist. caratteristica
$h = 250$	mm altezza	$\gamma_s = 1.15$		coeff. sicurezza
$c = 50$	mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$	MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 32$	MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:		
$\gamma_c = 1.50$	coeff. Sicurezza	$A_{s1,1} = 5$	$\emptyset 12$	$= 5.65 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$	coeff. riduttivo	$A_{s1,2} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 200$	mm altezza utile	$A_{s1,3} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 18.13$	MPa resist. di calcolo			

• Sollecitazioni (compressione < 0, trazione > 0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = 0.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 18.0 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 2.000 < 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{min} = 0.560$$

$$\rho_1 = A_{s1}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.000 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = 0.00 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / g_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 0.0 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 112.0 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 112.0 \text{ kN} \text{ assunto pari alla resistenza minima}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

• Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

$$\theta = 40.0 \text{ }^\circ \text{ inclinaz. bielle cls} \quad \text{angolo ammissibile}$$

$$\alpha = 90.0 \text{ }^\circ \text{ inclinaz. staffe}$$

Armatura a taglio (staffatura):

$$A_{sw}/s = \text{staffe } \emptyset 10 \text{ mm con } n^\circ \text{ bracci (trasv. } 2.5 \text{ passo } 40 \text{ cm} = 0.049 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (A_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) \times \text{sen} \alpha \quad V_{Rsd} = 41.2 \text{ kN}$$

$$f_{cd} = 9.07 \text{ MPa resist. di calcolo ridotta}$$

$$\alpha_c = 1.000 \text{ coeff. maggiorativo}$$

$$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f_{cd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \alpha) \quad V_{Rcd} = 803.6 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) \quad V_{Rd} = 41.2 > 18.0 \text{ kN} \quad \text{c.s.} = 2.3$$

la sezione armata a taglio risulta verificata.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

6.1.5.1 Fondazione

Fondazione mezzaria sezione S4

sezione S4 - fondazione mezzaria			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV)			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-23.96	5	30.3
ENV SLV	-39.2	8.5	60
ENV RARA	-17.38	3.5	22.46

Si riporta la verifica della fondazione sezione di mezzaria.

Sezione di calcolo

60x100 cm

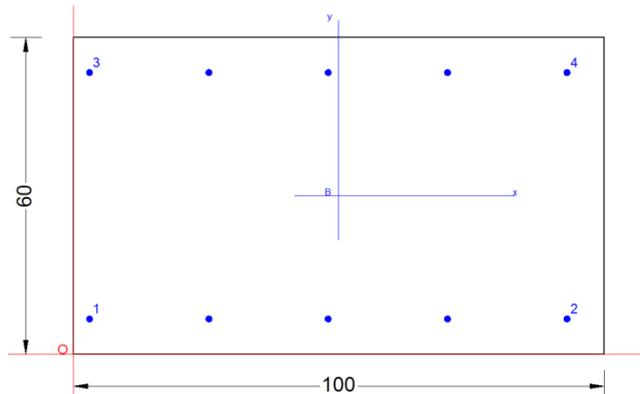
Armatura longitudinale

5 ϕ 12 layer 1 lato terreno

5 ϕ 12 layer 2 lato interno

Spilli

ϕ 10/40x40



CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C28/35

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	60.0
3	100.0	60.0
4	100.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	Diam ϕ [mm]
1	3.0	6.7	12
2	93.0	6.7	12
3	3.0	53.3	12
4	93.0	53.3	12

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	12
2	3	4	3	12

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	60.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	23.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	23.00 (174.07)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	45 di 224

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	23.00 (174.07)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	2.4 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	21.3 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
As Tesa	Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000 Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	60.00	0.00	0.00	137.60	0.63	2.29	11.3(8.8)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.071	0.0	60.0	-0.00264	3.0	53.3	-0.04556	93.0	6.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000003367	0.000914484	-0.051369042	0.071	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	46 di 224

Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.08	0.0	60.0	-81.5	93.0	6.7	987	5.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.08	0.0	60.0	-81.5	93.0	6.7	987	5.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
Esito della verifica
e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2 = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3 = 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
wk Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00047	0	0.500	12.0	61	0.00024 (0.00024)	564	0.138 (0.40)	174.07	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.08	0.0	60.0	-81.5	93.0	6.7	987	5.7

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00047	0	0.500	12.0	61	0.00024 (0.00024)	564	0.138 (0.30)	174.07	0.00

Verifica a taglio

La sollecitazione a taglio è di soli 8,50 kN, trascurabile vista la sezione, tuttavia si dispongono costruttivamente spilli $\phi 10/40 \times 40$

Fondazione estremità sezione S3

sezione S3 - estremità fondazione

Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV)

Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-23.96	26.62	46.99
ENV SLV	-39.2	21.16	78.63
ENV RARA	-17.38	18.75	34.27

Si riporta la verifica della fondazione sezione di mezzaria.

Sezione di calcolo

60x100 cm

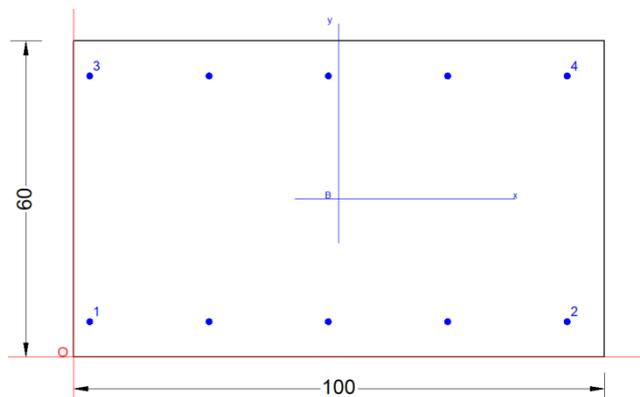
Armatura longitudinale

5 ϕ 12 layer 1 lato terreno

5 ϕ 12 layer 2 lato interno

Spilli

ϕ 10/40x40



DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	Diam ϕ [mm]
1	3.0	6.7	12
2	93.0	6.7	12
3	3.0	53.3	12
4	93.0	53.3	12

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 ϕ Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	ϕ
1	1	2	3	12
2	3	4	3	12

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	48 di 224

Vy con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	79.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	35.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	35.00 (174.07)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	35.00 (174.07)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.4 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 21.3 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	49 di 224

As Tesa Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	79.00	0.00	0.00	137.60	0.63	1.74	11.3(8.8)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.071	0.0	60.0	-0.00264	3.0	53.3	-0.04556	93.0	6.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000003367	0.000914484	-0.051369042	0.071	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.64	0.0	60.0	-124.1	93.0	6.7	987	5.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.64	0.0	60.0	-124.1	93.0	6.7	987	5.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1 Esito della verifica
Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	50 di 224

k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00071	0	0.500	12.0	61	0.00037 (0.00037)	564	0.210 (0.40)	174.07	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.64	0.0	60.0	-124.1	93.0	6.7	987	5.7

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00071	0	0.500	12.0	61	0.00037 (0.00037)	564	0.210 (0.30)	174.07	0.00

Verifica a taglio

Si prevedono spilli $\phi 10/40 \times 40$

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$	mm larghezza	$f_{yk} = 450$	MPa	resist. caratteristica
$h = 600$	mm altezza	$\gamma_s = 1.15$		coeff. sicurezza
$c = 50$	mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$	MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 28$	MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:		
$\gamma_c = 1.50$	coeff. sicurezza	$A_{sl,1} = 5$	$\emptyset 12$	$= 5.65 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$	coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 550$	mm altezza utile	$A_{sl,3} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 15.87$	MPa resist. di calcolo			5.65 cm^2

• Sollecitazioni (compressione < 0, trazione > 0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = 0.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 27.0 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 1.603 < 2$$

$$v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{min} = 0.376$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.001 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = 0.00 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0.18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / g_c + 0.15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0.15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 150.5 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0.15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 206.7 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 206.7 \text{ kN} \quad \text{assunto pari alla resistenza minima}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

• Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

$$\theta = 45.0^\circ \quad \text{inclinaz. bielle cls} \quad \text{angolo ammissibile}$$

$$\alpha = 90.0^\circ \quad \text{inclinaz. staffe}$$

Armatura a taglio (staffatura):

$$A_{sw}/s = \text{staffe } \emptyset 10 \text{ mm con } n^\circ \text{ bracci (trasv. } 2.5 \text{ passo } 40 \text{ cm} = 0.049 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (A_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cot \alpha + \cot \theta) \times \sin \alpha \quad V_{Rsd} = 95.1 \text{ kN}$$

$$f'_{cd} = 7.93 \text{ MPa resist. di calcolo ridotta}$$

$$\alpha_c = 1.000 \quad \text{coeff. maggiorativo}$$

$$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f'_{cd} \times (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \alpha) \quad V_{Rcd} = 1963.6 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) \quad V_{Rd} = 95.1 > 27.0 \text{ kN} \quad \text{c.s.} = 3.5$$

la sezione armata a taglio risulta verificata.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

6.1.6. Verifiche a deformazione

Si esegue la verifica a inflessione del muro a “U” secondo quanto riportato nell’EC 2 cap7.4 §7.4.1, la verifica risulta essere soddisfatta se l’inflessione calcolata di travi a sbalzo soggetti a carichi quasi permanente è inferiore a 1/250 della luce.

Nel caso in esame, considerando il piedritto a sbalzo la luce di calcolo vale 2H, quindi la luce per il piedritto vale:

$$L = 2 * H = 2 * 4100 = 8200 \text{ mm}$$

Per cui si ricava il valore di inflessione massimo ammissibile:

$$f_{\max} = L / 250 = 8200 / 250 = 32.8 \text{ mm}$$

Dal modello si ricava una deformazione in testa del piedritto di:

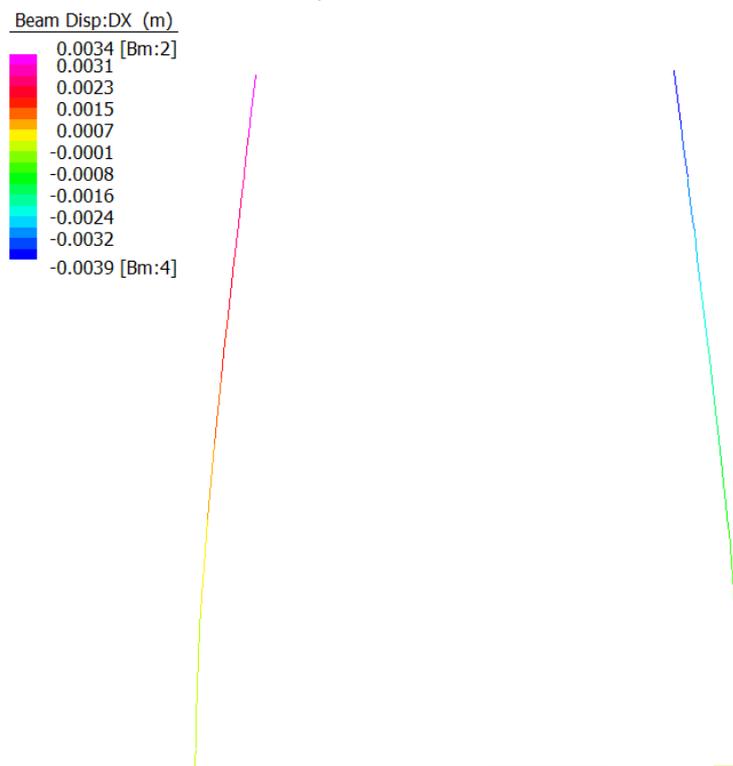


Figura 6-23: Deformazione muro ad “U”

Il seguente valore viene moltiplicato per 3 per tenere conto delle deformazioni a tempo infinito.

$$f_u = 3 * 3.9 = 11.7 \text{ mm} < 32.8 \text{ mm} = f_{\max} \quad \text{Verificato}$$

6.1.7. Incidenze armature Muro 1

Elemento strutturale	Sezione	Armatura Principale	Armatura Secondaria	incidenza
Piedritti	Nodo sup.	5 Φ 12 est. 5 Φ 12 int.	Φ 12/20 est. Φ 12/20 int.	135 kg/m ³
	Nodo inf.	10 Φ 12 est. 10 Φ 12 int.	Φ 12/20 est. Φ 12/20 int.	
Fondazione	mezzeria	5 Φ 12 est. 5 Φ 12 int.	Φ 12/20 est. Φ 12/20 int.	50 kg/m ³
	estremità	5 Φ 12 est. 5 Φ 12 int.	Φ 12/20 est. Φ 12/20 int.	

6.2. MODELLO DI CALCOLO

6.2.1. Modello di Calcolo e Geometria Muro ad U – Tipo 2

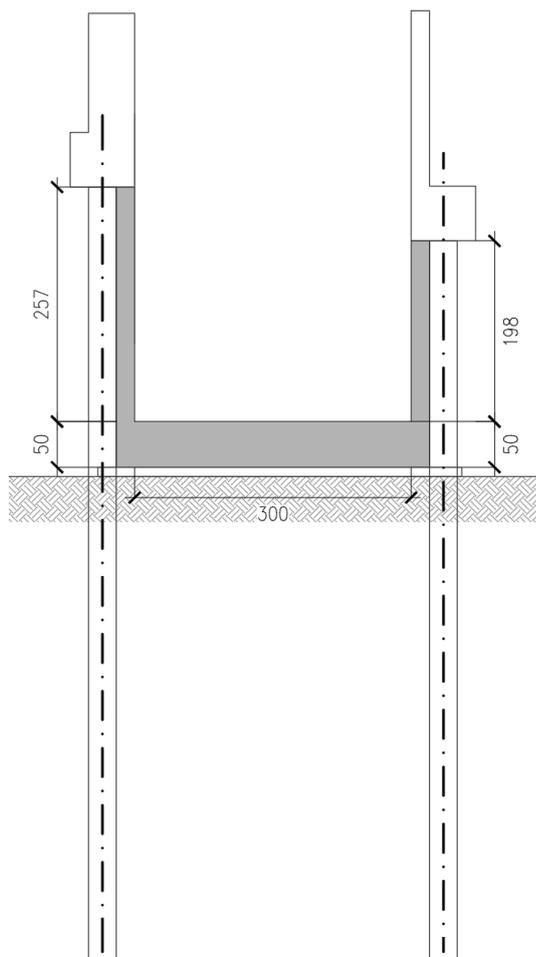


Figura 24: Geometria dell'opera

DATI GEOMETRICI			
Grandezza	Simbolo	Valore	U.M.
Larghezza totale	Ltot	3.40	m
Larghezza utile	Lint	3.00	m
Larghezza interasse	La	3.20	m
Spessore piedritti	Sp	0.20	m
Spessore fondazione	Sf	0.50	m
Altezza totale	Htot	3.10	m
Altezza libera	Hint	2.60	m

	PROGETTO DEFINITIVO					
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A	FOGLIO 55 di 224

Il modello di calcolo attraverso il quale è schematizzata la struttura è quello di una U che poggia su un letto di molle alla Winkler.

Nella modellazione vengono impiegati elementi finiti di tipo trave “beam”. Ai suddetti elementi sono assegnate le caratteristiche inerziali della struttura reale derivanti dalle proprietà dei materiali e dalla geometria della sezione.

La geometria del modello ricalca la linea baricentrica degli elementi costituenti l’opera (modello in asse).

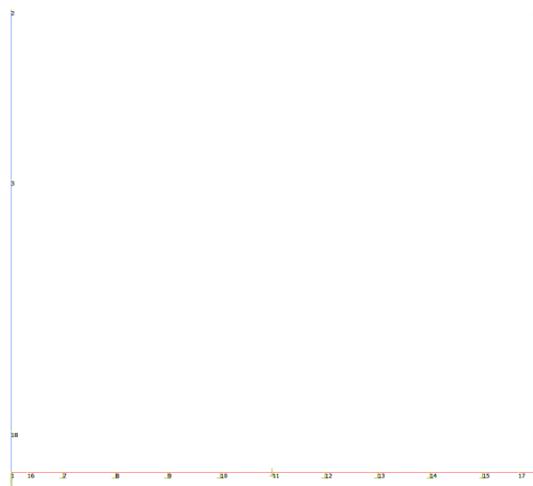


Figura 25: Numerazione dei nodi e dei frame del modello strutturale su letto di molle con vincolo centrale allo spostamento orizzontale

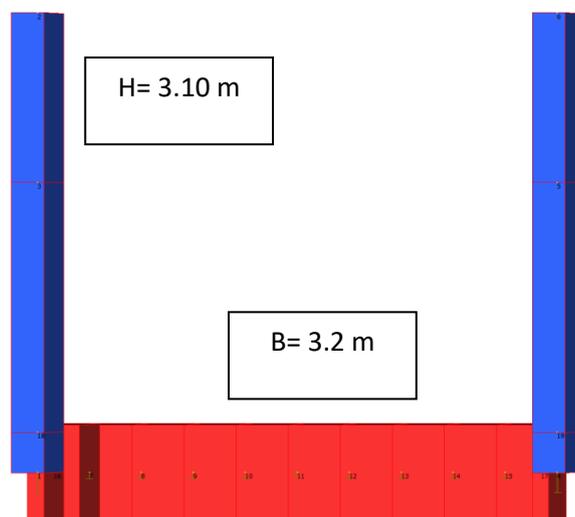


Figura 26: Vista estrusa del modello strutturale

6.2.2. Modellazione dell’interazione suolo-struttura

Si assume un valore del modulo di reazione verticale del terreno $K_s = 10000 \text{ kN/m}^3$, in base al quale ricavano i valori delle singole molle.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

Secondo le indicazioni contenute nella SPECIFICA PER LA PROGETTAZIONE GEOTECNICA DELLE OPERE CIVILI FERROVIARIE **RFI DTC INC CS SP IFS 001 A**, la soletta inferiore viene suddivisa in 10 elementi di pari lunghezza, ossia 11 nodi ai quali sono assegnate le seguenti molle verticali. Considerata la profondità unitaria del modello (B=1,0m), si ha:

Molle centrali

$$K_{\text{centrale}(11)} = K_s * (L_p/2 + L_{\text{int}} + L_p/2) / 10 = 3200 \text{ kN/m} \quad (10 = \text{numero di aste fondazione})$$

I valori delle molle di spigolo si ottengono con la seguente formulazione:

$$K_1 = K_4 = 2 * K_s * [(L_p/2 + L_{\text{int}} + L_p/2) / 10/2 + (L_p/2)] = 4960 \text{ kN/m}$$

ed infine in valori delle molle nei nodi 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15 come da letteratura si assumono:

$$K_7 = K_8 = K_9 = K_{10} = 1.5 * K_{\text{centrale}} = 4800 \text{ kN/m}$$

$$K_{12} = K_{13} = K_{14} = K_{15} = 1.5 * K_{\text{centrale}} = 4800 \text{ kN/m}$$

6.2.3. ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito i carichi utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche delle sezioni della struttura in esame.

6.2.3.1 Peso proprio della struttura (G1)

Il peso proprio delle solette e dei piedritti viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato considerando per il c.a. $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$. Il peso proprio viene automaticamente calcolato dal programma in base alle dimensioni delle sezioni degli elementi.

6.2.3.2 Carichi permanenti portati (G2)

Essendo la fondazione modellata su un letto di molle i carichi permanenti portati essendo uniformemente distribuiti non danno nessun contributo al calcolo dei momenti, a tal proposito si trascurano.

Sopra il muro ad U sono presenti parapetti di larghezza 0.50m con la funzione di barriera per lo svio dei veicoli transitanti su un lato di via Roma e di parapetto sul lato opposto.

Il parapetto è fondato sulla paratia di micropali, tuttavia si attribuisce che un'aliquota del peso ricada sul muro ad U si ha per tanto:

per la barriera lato via Roma:

$$\text{Area } A = (1.95 \times 0.5 + 0.5 \times 0.5) = 1.25 \text{ m}^2;$$

$$\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3;$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

carico in testa al muro ad U (cautelativamente ai fini del calcolo del muro ad U viene ripartito in parti uguali tra muro e paratia)

$$G2=(A*\gamma_c)/2=1.25*25/2=16 \text{ kN/m}$$

Lato marciapiede pedonale:

$$\text{Area } A=2.05 \times 0.2 + 0.8 \times 0.6 = 0.95 \text{ m}^2;$$

$$\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3;$$

Carico in testa al muro ad U (cautelativamente ai fini del calcolo del muro ad U viene ripartito in parti uguali tra muro e paratia)

$$G2=(A*\gamma_c)/2=0.95*25/2=12 \text{ kN/m}$$

6.2.3.3 Spinta del terreno

La spinta del terreno risulta essere assente poiché a tergo del muro ad U da entrambi i lati è prevista una paratia di micropali che si fanno carico della spinta del terreno.

6.2.3.4 Spinta idraulica falda (W)

La spinta idraulica assente.

6.2.3.5 Carichi accidentali stradali (ACC1/ACC2)

I seguenti carichi non sono presi in considerazione perché sono a carico della paratia di micropali costruita a lato.

6.2.3.6 Azioni indotte dalle variazioni termiche (TERM)

L'azione termica risulta essere trascurabile, in quanto essendo la struttura pressochè isostatica, è libera di deformarsi senza variare lo stato tensionale interno.

6.2.3.7 Azioni indotte dagli spostamenti della paratia di micropali

Tra la paratia di micropali e il paramento del muro ad U, sarà interposto uno strato di polistirolo, con la funzione di evitare la nascita di sollecitazioni indotte dalla deformazione della paratia a tempo infinito.

Tuttavia ai fini cautelativi, viene inserita nel modello di calcolo una pressione costante equivalente, al fine di simulare una aliquota (80%) di sovrappressione indotta dalla paratia al paramento del muro in assenza del foglio di PS.

Si riportano in forma tabellare le pressioni indotte e il relativo spostamento in testa assunto:

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A	FOGLIO 58 di 224

	SPDPX Δx permanenti	SPDAX Δx accidentali	SPDSX Δx sisma
p[kN/m]	7.83	3.00	7.35
umax[mm]	3.10	1.19	2.91

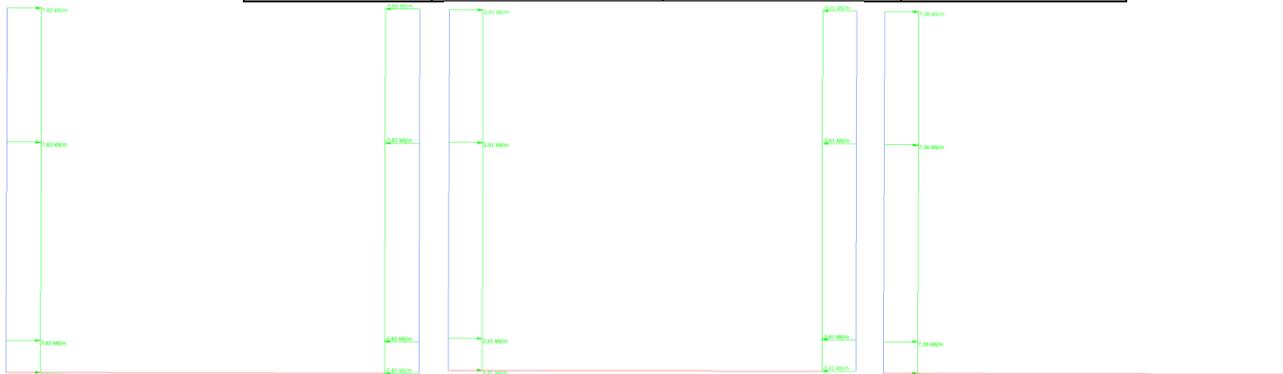


Figura 27 – Pressione applicata sui piedritti

6.2.3.8 Azioni sismiche

L'azione sismica è stata individuata in accordo con le normative vigenti sulla base dei seguenti parametri:

- Vita nominale dell'opera $V_N = 50$ anni
- Classe d'uso dell'opera II $C_u = 1.0$
- Categoria di sottosuolo B
- Categoria topografica T1

Coordinate del sito di progetto (Lat. = 45.683026° e Long. = 9.767658°)

T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
30	0,028	2,447	0,197
50	0,036	2,487	0,213
475	0,102	2,426	0,272
975	0,135	2,454	0,278

dove:

$T_R \rightarrow$ tempo di ritorno;

$a_g \rightarrow$ accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

$T_c^* \rightarrow$ periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

Le accelerazioni massime per i vari stati limite di normativa nelle condizioni di sito reali sono:

Tr (anni)	amax
30	0,034
50	0,044
475	0,123
975	0,162

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico. I valori dei coefficienti sismici orizzontali k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \frac{a_{max}}{g} \quad k_v = \pm 0.50 \cdot k_h$$

dove :

- a_{max} = $S_s \cdot S_t \cdot a_g$ accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- g = accelerazione di gravità;

Essendo lo scatolare una struttura che non ammette spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume il valore unitario.

Pertanto, i due coefficienti sismici valgono:

Tr (anni)	Kh	Kv
30	0,034	0,017
50	0,044	0,022
475	0,123	0,062
975	0,162	0,081

Sovraspinta sismica del terreno

Poiché la struttura risulta essere confinata da una paratia di micropali la sovraspinta sismica del terreno viene assorbita dalla paratia, pertanto nel seguente calcolo non viene inserita tale forzante.

Forze inerziali (EX)

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti. La componente verticale è considerata agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli.

Forze inerzia orizzontali		
F'h=F0, soletta	1.54	kN/m2
F''h=F0, piedritti	0.62	kN/m2

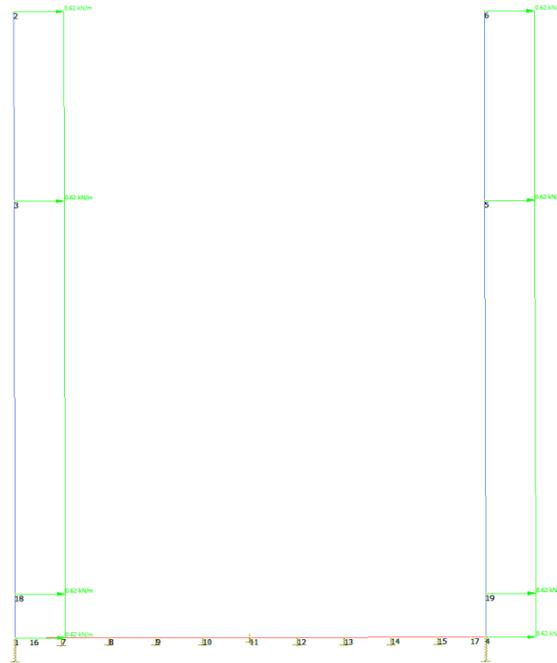


Figura 28: Forza inerziale orizzontale

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A	FOGLIO 61 di 224

6.2.3.9 ANALISI DEI CARICHI

Per le verifiche si adotta la combinazione delle azioni fondamentale SLU tratta dal § 2.5.3 NTC 2008:

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

I valori dei coefficienti da utilizzare sono stati adottati seguendo il vigente D.M. 2008 §5.1.3.12 secondo le tabelle 5.1.IV, 5.1.V, 5.1.VI., §6.2.3.1.1 secondo le tabelle 6.2.I, 6.2.II e §6.4.2.1 secondo la tabella 6.4.I.

In particolare, sono state effettuate le verifiche con riferimento ai seguenti stati limite:

SLU di tipo strutturale (STR)

raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

- STR) $\rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio si definiscono le seguenti combinazioni:

- Rara) $\rightarrow G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$
- Frequente) $\rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$
- Quasi permanente) $\rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

Per la condizione sismica, la combinazione per gli stati limite ultimi da prendere in considerazione è:

Combinazione sismica $\rightarrow E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

6.2.4. **COMBINAZIONE DEI CARICHI e sollecitazioni**

Per i calcoli strutturali dell'opera sono state considerate le seguenti combinazioni di carico:

SLU/SLV/SLE

	SLU	SLV 1	SLV 2	SLE (rara)	SLE (freq)	SLE (Q.P.)
G1	1.35	1	1	1	1	1
G2	1.50	1	1	1	1	1
Ex	0	1	-1	0	0	0
SPG	1.35	1	1	1	1	1
SPQ	1.50	0	0	1	0.75	0
SPE	0	1	1	0	0	0

Di seguito si riportano gli involuipi dei diagrammi delle sollecitazioni derivanti dalle combinazioni relative ai tre stati limite considerati.

Per la sovrapposizione degli effetti, al termine di questo paragrafo, le sollecitazioni dei due modelli verranno sommate al fine di ottenere le sollecitazioni globali agenti sul muro ad U .

Figura 31: Involuppo M – SLU

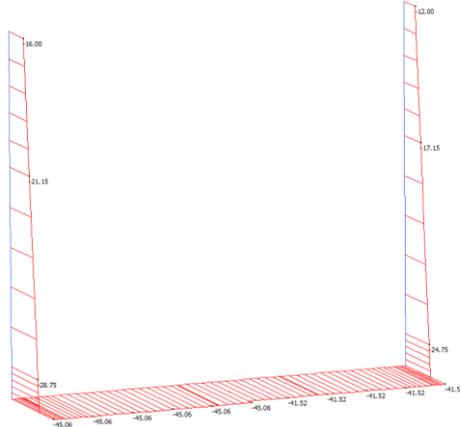


Figura 32: Involuppo N – SLV

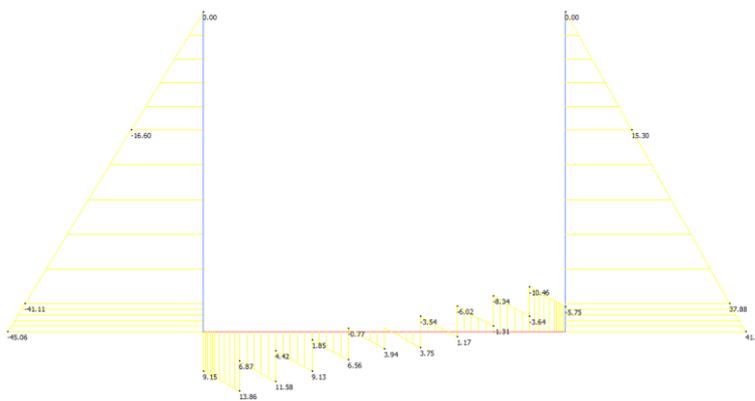


Figura 33: Involuppo T – SLV

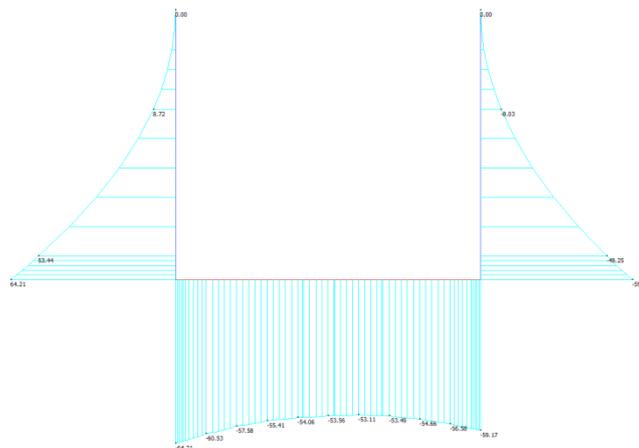


Figura 34: Involuppo M – SLV

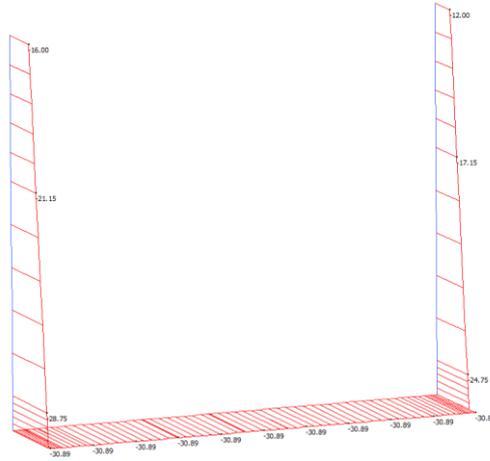


Figura 35: Involuppo N – SLE

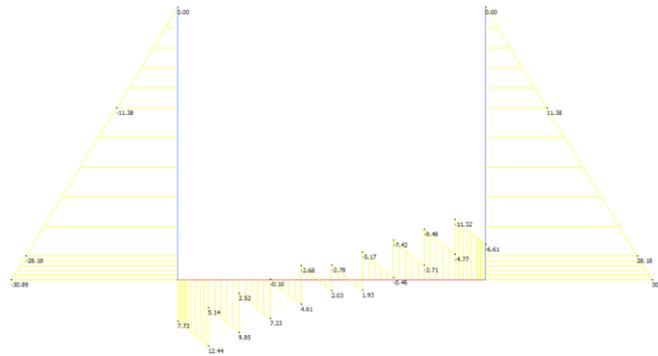


Figura 36: Involuppo T – SLE

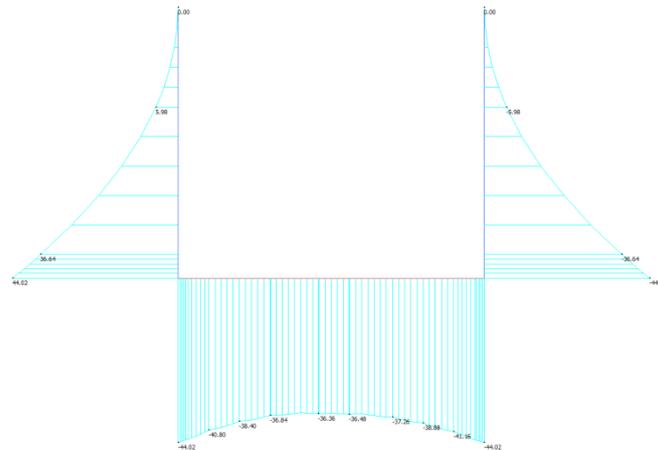


Figura 37: Involuppo M – SLE

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A	FOGLIO 65 di 224

Le sezioni verificate sono le seguenti

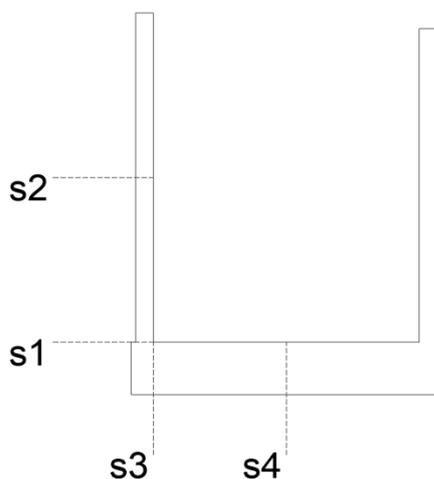


Figura 38: Sezioni di verifica

Qui a seguire vengono riportate le sollecitazioni totali per ogni sezione investigata:

sezione S1 – base piedritto (parete verticale)			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV)			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-41.21	39.22	50.99
ENV SLV	-28.75	41.11	53.44
ENV RARA	-28.75	28.18	36.64

sezione S2 - piedritto mezzera (parete verticale)			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV)			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-31	15.84	8.32
ENV SLV	-21.15	16.3	8.72
ENV RARA	-21.15	11.38	5.98

sezione S3 - estremità fondazione			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV)			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-42.99	18.12	-60.16
ENV SLV	-45.06	13.86	-63.22
ENV RARA	-30.89	12.44	-43.29

sezione S4 - fondazione mezzeria			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV)			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-42.99	7.41	-49.89
ENV SLV	-45.06	6.56	-54.06
ENV RARA	-30.89	5.17	-36.35

6.2.5. Verifiche strutturali

Le verifiche strutturali sono state svolte in RC-Sec si riportano gli output delle verifiche.

Si riporta una figura con le sezioni verificate.

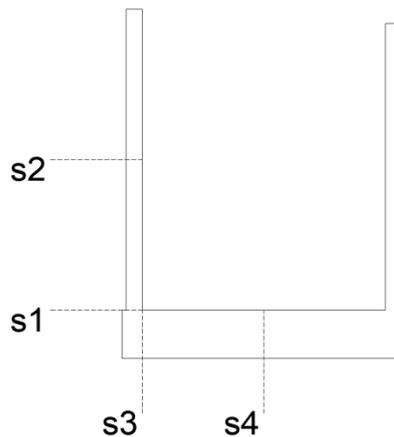


Figura 39: Sezioni di verifica

Piedritto sezione S1

sezione S1 – base piedritto (parete verticale)			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV)			
Comb	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
ENV SLU	-41.21	39.22	50.99
ENV SLV	-28.75	41.11	53.44
ENV RARA	-28.75	28.18	36.64

Si riporta la verifica del piedritto nella sezione d'incastro con la fondazione.

Sezione di calcolo

20x100 cm

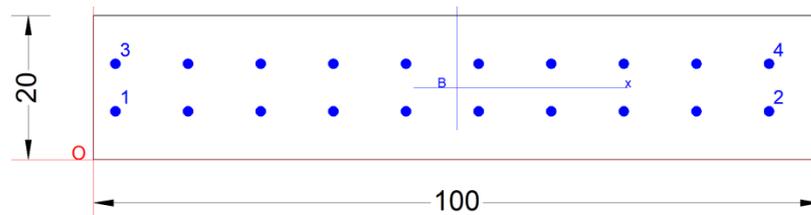
Armatura verticale

10 ϕ 14 layer 1 lato terreno

10 ϕ 14 layer 2 lato interno

Spilli

ϕ 10/40x20



DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	Diam ϕ [mm]
1	3.0	6.7	14
2	93.0	6.7	14
3	3.0	13.3	14
4	93.0	13.3	14

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
ϕ	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	ϕ
1	1	2	8	14
2	3	4	8	14

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	54.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	37.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	37.00 (21.65)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	37.00 (21.65)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.3 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.2 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	69 di 224

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	54.00	0.00	0.00	75.91	0.06	1.41	30.8(2.7)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.422	0.0	20.0	-0.00057	3.0	13.3	-0.00479	93.0	6.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000002328	0.000606956	-0.008639128	0.422	0.968

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	11.79	0.0	20.0	-210.6	93.0	6.7	707	15.4

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------

1 S 11.79 0.0 20.0 -210.6 93.0 6.7 707 15.4

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00201	0	0.500	14.0	60	0.00063 (0.00063)	313	0.198 (0.40)	21.65	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	11.79	0.0	20.0	-210.6	93.0	6.7	707	15.4

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00201	0	0.500	14.0	60	0.00074 (0.00063)	313	0.232 (0.30)	21.65	0.00

Verifica a taglio

Si prevedono pilli $\phi 10/40 \times 20$

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$	mm larghezza	$f_{yk} = 450$	MPa	resist. caratteristica
$h = 250$	mm altezza	$\gamma_s = 1.15$		coeff. sicurezza
$c = 50$	mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$	MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 32$	MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:		
$\gamma_c = 1.50$	coeff. Sicurezza	$A_{sl,1} = 10$	$\emptyset 14$	$= 15.39 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$	coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 200$	mm altezza utile	$A_{sl,3} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 18.13$	MPa resist. di calcolo			

• Sollecitazioni (compressione < 0, trazione > 0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = 0.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 42.0 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 2.000 < 2$$

$$v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{min} = 0.560$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.000 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = 0.00 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0.18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / g_c + 0.15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0.15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 0.0 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0.15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 112.0 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 112.0 \text{ kN} \quad \text{assunto pari alla resistenza minima}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

• Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

$$\theta = 45.0^\circ \quad \text{inclinaz. bielle cls} \quad \text{angolo ammissibile}$$

$$\alpha = 90.0^\circ \quad \text{inclinaz. staffe}$$

Armatura a taglio (staffatura):

$$A_{sw}/s = \text{staffe } \emptyset 10 \text{ mm con } n^\circ \text{ bracci (trasv. } 5 \text{ passo } 40 \text{ cm} = 0.098 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (A_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) \times \text{sen} \alpha \quad V_{Rsd} = 69.2 \text{ kN}$$

$$f'_{cd} = 9.07 \text{ MPa resist. di calcolo ridotta}$$

$$\alpha_c = 1.000 \quad \text{coeff. maggiorativo}$$

$$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f'_{cd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \alpha) \quad V_{Rcd} = 816.0 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) \quad V_{Rd} = 69.2 > 42.0 \text{ kN} \quad \text{c.s.} = 1.6$$

la sezione armata a taglio risulta verificata.

Piedritto S2

sezione S2 - piedritto mezzeria (parete verticale)			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV)			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-31	15.84	8.32
ENV SLV	-21.15	16.3	8.72
ENV RARA	-21.15	11.38	5.98

Si riporta la verifica del piedritto nella sezione d'incastro con la fondazione.

Sezione di calcolo

20x100 cm

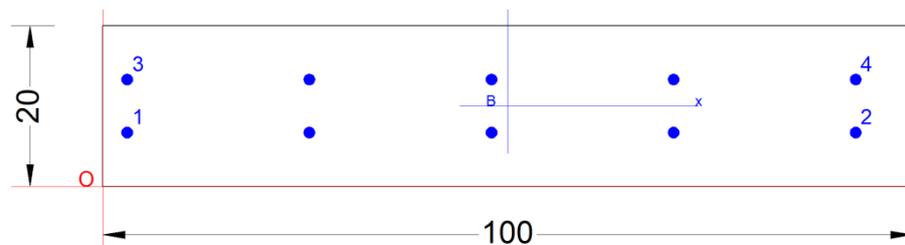
Armatura verticale

5 ϕ 12 layer 1 lato terreno

5 ϕ 12 layer 2 lato interno

Spilli

ϕ 10/40x40



DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	Diam ϕ [mm]
1	3.0	6.7	12
2	93.0	6.7	12
3	3.0	13.3	12
4	93.0	13.3	12

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
ϕ	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	ϕ
1	1	2	3	12
2	3	4	3	12

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	6.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	6.00 (20.69)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	6.00 (20.69)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	74 di 224

N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
	Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	9.00	0.00	0.00	39.39	-0.02	4.38	11.3(2.7)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.237	0.0	20.0	-0.00378	3.0	13.3	-0.01128	93.0	6.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000003745	0.001085132	-0.018202640	0.237	0.736

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.73	0.0	20.0	-81.8	93.0	6.7	99	1.1

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.73	0.0	20.0	-81.8	93.0	6.7	99	1.1

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	75 di 224

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
sr max	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
wk	Massima distanza tra le fessure [mm]
Mx fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00071	0	0.500	12.0	61	0.00025 (0.00025)	386	0.095 (0.40)	20.69	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.73	0.0	20.0	-81.8	93.0	6.7	99	1.1

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00071	0	0.500	12.0	61	0.00025 (0.00025)	386	0.095 (0.30)	20.69	0.00

Verifica a taglio

Si prevedono spilli $\phi 10/40 \times 40$

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$	mm larghezza	$f_{yk} = 450$	MPa	resist. caratteristica
$h = 200$	mm altezza	$\gamma_s = 1.15$		coeff. sicurezza
$c = 50$	mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$	MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 32$	MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:		
$\gamma_c = 1.50$	coeff. sicurezza	$A_{sl,1} = 5$	$\emptyset 12$	$= 5.65 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$	coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 150$	mm altezza utile	$A_{sl,3} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 18.13$	MPa resist. di calcolo			5.65 cm^2

• Sollecitazioni (compressione < 0, trazione > 0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = 0.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 16.0 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 2.000 < 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{min} = 0.560$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.004 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = 0.00 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / g_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 82.6 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 84.0 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 84.0 \text{ kN} \quad \text{assunto pari alla resistenza minima}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

• Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

$$\theta = 45.0^\circ \quad \text{inclinaz. bielle cls} \quad \text{angolo ammissibile}$$

$$\alpha = 90.0^\circ \quad \text{inclinaz. staffe}$$

Armatura a taglio (staffatura):

$$A_{sw}/s = \text{staffe } \emptyset 10 \text{ mm con n}^\circ \text{ bracci (trasv)} \quad 2.5 \quad \text{passo } 40 \text{ cm} = 0.049 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (A_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) \times \text{sen} \alpha \quad V_{Rsd} = 25.9 \text{ kN}$$

$$f_{cd} = 9.07 \text{ MPa resist. di calcolo ridotta}$$

$$\alpha_c = 1.000 \quad \text{coeff. maggiorativo}$$

$$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f_{cd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \alpha) \quad V_{Rcd} = 612.0 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) \quad V_{Rd} = 25.9 > 16.0 \text{ kN} \quad \text{c.s.} = 1.6$$

la sezione armata a taglio risulta verificata.

6.2.5.1 Fondazione

Fondazione mezzera sezione 4

sezione S4 - fondazione mezzaria			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV)			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-42.99	7.41	-49.89
ENV SLV	-45.06	6.56	-54.06
ENV RARA	-30.89	5.17	-36.35

Si riporta la verifica della fondazione sezione di mezzaria.

Sezione di calcolo

50x100 cm

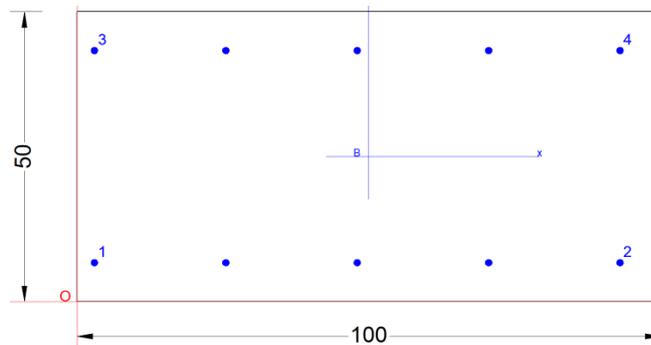
Armatura longitudinale

5 ϕ 12 layer 1 lato terreno

5 ϕ 12 layer 2 lato interno

Spilli

9 ϕ 10/m²



CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C28/35

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	50.0
3	100.0	50.0
4	100.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	Diam ϕ [mm]
1	3.0	6.7	14
2	97.0	6.7	14
3	3.0	43.3	14
4	97.0	43.3	14

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	78 di 224

N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	14
2	3	4	3	14

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	55.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	37.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	37.00 (123.54)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	79 di 224

1 0.00 37.00 (123.54) 0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.3 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 22.1 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
As Tesa Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	55.00	0.00	0.00	145.30	0.00	2.64	15.4(7.2)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.104	0.0	50.0	-0.00169	3.0	43.3	-0.03006	3.0	6.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000774957	-0.035247866	0.104	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	80 di 224

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.00	100.0	50.0	-119.6	3.0	6.7	1080	7.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.00	100.0	50.0	-119.6	3.0	6.7	1080	7.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot \max(e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00071	0	0.500	14.0	23	0.00036 (0.00036)	412	0.148 (0.40)	123.54	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.00	100.0	50.0	-119.6	3.0	6.7	1080	7.7

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00071	0	0.500	14.0	23	0.00036 (0.00036)	412	0.148 (0.30)	123.54	0.00

Verifia a taglio

Il taglio in mezzeri vale 8.00kN, tuttavia si dispongono spilli $\phi 10/40 \times 40$.

Fondazione estremità sezione S3

sezione S3 - estremità fondazione			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV)			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-42.99	18.12	-60.16
ENV SLV	-45.06	13.86	-63.22
ENV RARA	-30.89	12.44	-43.29

Si riporta la verifica della fondazione sezione di mezzaria.

Sezione di calcolo

50x100 cm

Armatura longitudinale

5 ϕ 14 layer 1 lato terreno

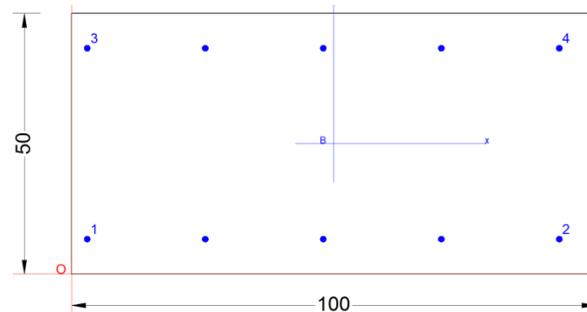
5 ϕ 14 layer 2 lato interno

Spilli

ϕ 10/40x40

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	Diam ϕ [mm]
1	3.0	6.7	14
2	97.0	6.7	14
3	3.0	43.3	14
4	97.0	43.3	14



DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
ϕ	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	ϕ
1	1	2	3	14
2	3	4	3	14

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	82 di 224

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	64.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	44.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	44.00 (123.54)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	44.00 (123.54)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.3 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 22.1 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	83 di 224

Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	64.00	0.00	0.00	145.30	0.00	2.27	15.4(7.2)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.104	0.0	50.0	-0.00169	3.0	43.3	-0.03006	3.0	6.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000774957	-0.035247866	0.104	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.38	100.0	50.0	-142.2	3.0	6.7	1080	7.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.38	100.0	50.0	-142.2	3.0	6.7	1080	7.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	84 di 224

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e _{sm} - e _{cm}	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr _{max}	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr_{max} \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx _{fess.}	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My _{fess.}	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e _{sm} - e _{cm}	sr _{max}	wk	Mx _{fess.}	My _{fess.}
1	S	-0.00085	0	0.500	14.0	23	0.00043 (0.00043)	412	0.176 (0.40)	123.54	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc _{max}	Xc _{max}	Yc _{max}	Sf _{min}	Xs _{min}	Ys _{min}	Ac _{eff.}	As _{eff.}
1	S	2.38	100.0	50.0	-142.2	3.0	6.7	1080	7.7

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e _{sm} - e _{cm}	sr _{max}	wk	Mx _{fess.}	My _{fess.}
1	S	-0.00085	0	0.500	14.0	23	0.00043 (0.00043)	412	0.176 (0.30)	123.54	0.00

Verifica a taglio

Si prevedo spilli $\phi 10/40 \times 40$.

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$	mm larghezza	$f_{yk} = 450$	MPa	resist. caratteristica
$h = 500$	mm altezza	$\gamma_s = 1.15$		coeff. sicurezza
$c = 50$	mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$	MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 28$	MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:		
$\gamma_c = 1.50$	coeff. sicurezza	$A_{s1,1} = 5$	$\emptyset 14$	$= 7.70 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$	coeff. riduttivo	$A_{s1,2} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 450$	mm altezza utile	$A_{s1,3} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 15.87$	MPa resist. di calcolo			7.70 cm^2

• Sollecitazioni (compressione < 0, trazione > 0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = 0.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 19.0 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 1.667 < 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{min} = 0.398$$

$$\rho_1 = A_{s1}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.002 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = 0.00 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / g_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 151.7 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 179.3 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 179.3 \text{ kN} \quad \text{assunto pari alla resistenza minima}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

• Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

$$\theta = 45.0^\circ \quad \text{inclinaz. bielle cls} \quad \text{angolo ammissibile}$$

$$\alpha = 90.0^\circ \quad \text{inclinaz. staffe}$$

Armatura a taglio (staffatura):

$$A_{sw}/s = \text{staffe } \emptyset 10 \text{ mm con n}^\circ \text{ bracci (trasv. } 2.5 \text{ passo } 40 \text{ cm} = 0.049 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (A_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cot \alpha + \cot \theta) \times \sin \alpha \quad V_{Rsd} = 77.8 \text{ kN}$$

$$f'_{cd} = 7.93 \text{ MPa resist. di calcolo ridotta}$$

$$\alpha_c = 1.000 \quad \text{coeff. maggiorativo}$$

$$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f'_{cd} \times (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \alpha) \quad V_{Rcd} = 1606.6 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) \quad V_{Rd} = 77.8 > 19.0 \text{ kN} \quad \text{c.s.} = 4.1$$

la sezione armata a taglio risulta verificata.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

6.2.6. Verifiche a deformazione

Si esegue la verifica a inflessione del muro a “U” secondo quanto riportato nell’EC 2 cap7.4 §7.4.1, la verifica risulta essere soddisfatta se l’inflessione calcolata di travi a sbalzo soggetti a carichi quasi permanere è inferiore a 1/250 della luce.

Nel caso in esame, considerando il piedritto a sbalzo la luce di calcolo vale 2H, quindi la luce per il piedritto vale:

$$L = 2 * H = 2 * 2850 = 5700 \text{ mm}$$

Per cui si ricava il valore di inflessione massimo ammissibile:

$$f_{\max} = L / 250 = 5700 / 250 = 22.8 \text{ mm}$$

Dal modello si ricava una deformazione in testa del piedritto di:

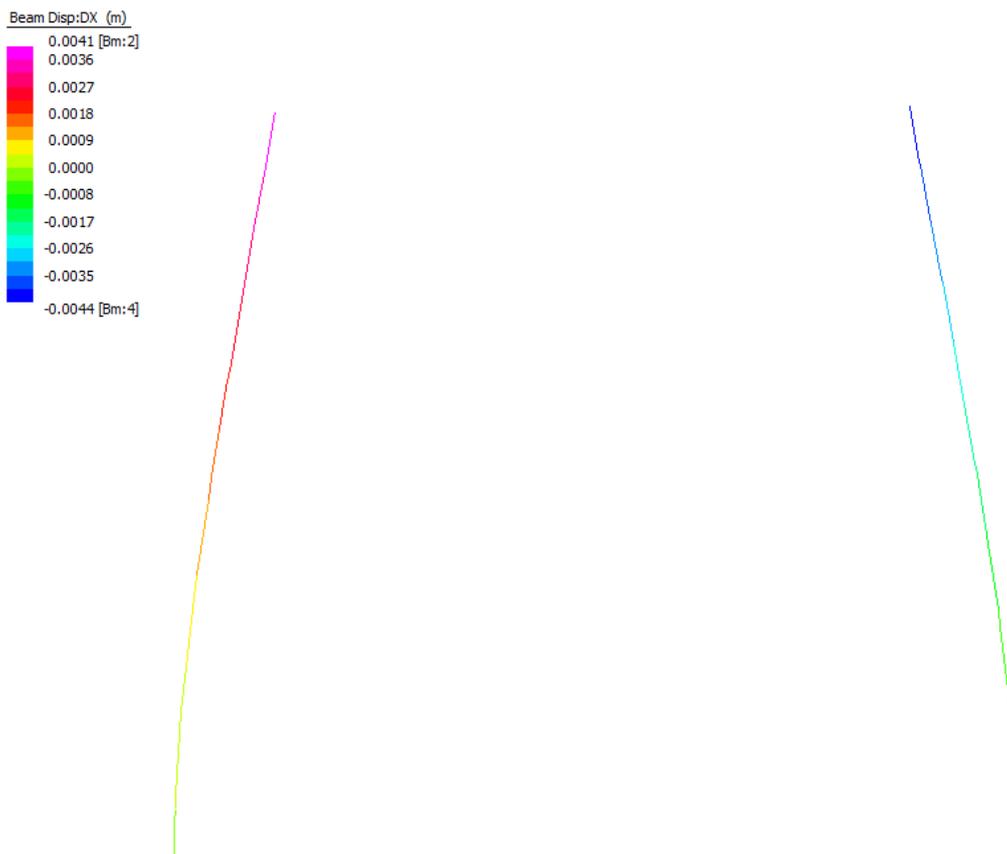


Figura 6-40: Deformazione muro ad “U”

Il seguente valore viene moltiplicato per 3 per tenere conto delle deformazioni a tempo infinito.

$$f_u = 3 * 4.4 = 13.20 < 22.8 \text{ mm} = f_{\max}$$

Verificato

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A	FOGLIO 87 di 224

6.2.7. Incidenze armature Muro 2

Elemento strutturale	Sezione	Armatura Principale	Armatura Secondaria	incidenza
Piedritti	Nodo sup.	5 Φ 12 est. 5 Φ 12 int.	Φ 12/20 est. Φ 12/20 int.	220 kg/m ³
	Nodo inf.	10 Φ 14 est. 10 Φ 14 int.	Φ 12/20 est. Φ 12/20 int.	
Fondazione	mezzeria	5 Φ 14 est. 5 Φ 14 int.	Φ 12/20 est. Φ 12/20 int.	65 kg/m ³
	estremità	5 Φ 14 est. 5 Φ 14 int.	Φ 12/20 est. Φ 12/20 int.	

6.3. MODELLO DI CALCOLO

6.3.1. *Modello di Calcolo e Geometria Muro ad U – Tipo 3*

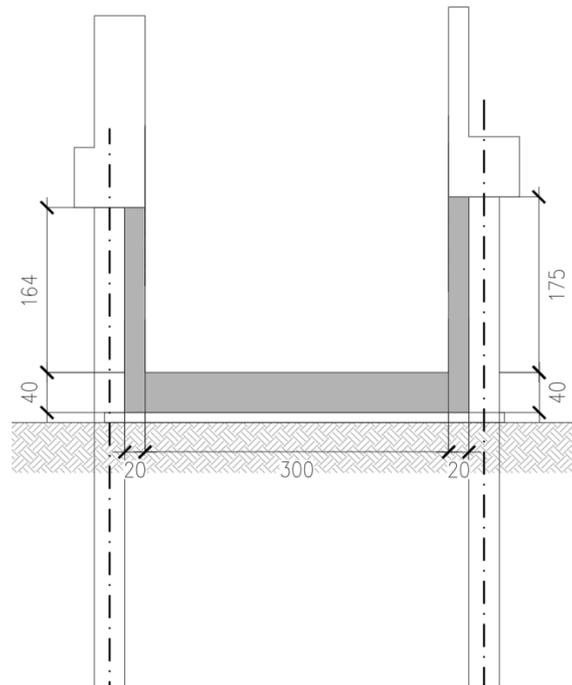


Figura 41: Geometria dell'opera

DATI GEOMETRICI			
Grandezza	Simbolo	Valore	U.M.
Larghezza totale	Ltot	3.40	m
Larghezza utile	Lint	3.00	m
Larghezza interasse	La	3.20	m
Spessore piedritti	Sp	0.20	m
Spessore fondazione	Sf	0.40	m
Altezza totale	Htot	2.15	m
Altezza libera	Hint	1.75	m

Le analisi per il calcolo delle sollecitazioni agenti sono state condotte su una "fetta" di struttura di 1.00 m. Il modello di calcolo attraverso il quale è schematizzata la struttura è quello di una U che poggia su un letto di molle alla Winkler.

Nella modellazione vengono impiegati elementi finiti di tipo trave "beam". Ai suddetti elementi sono assegnate le caratteristiche inerziali della struttura reale derivanti dalle proprietà dei materiali e dalla geometria della sezione.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A	FOGLIO 89 di 224

La geometria del modello ricalca la linea baricentrica degli elementi costituenti l'opera (modello in asse).

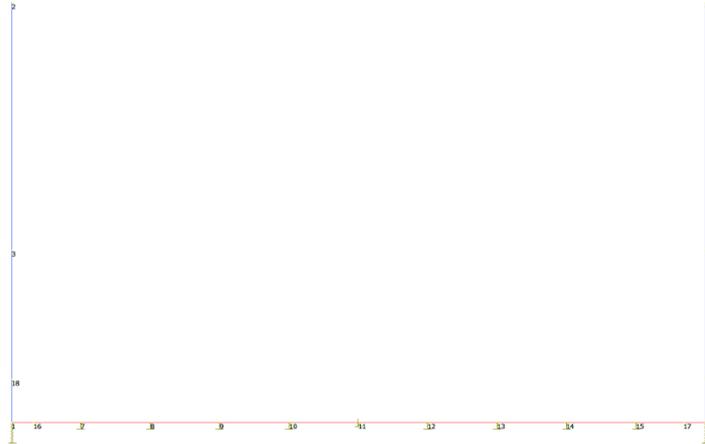


Figura 42: Numerazione dei nodi e dei frame del modello strutturale su letto di molle con vincolo centrale allo spostamento orizzontale

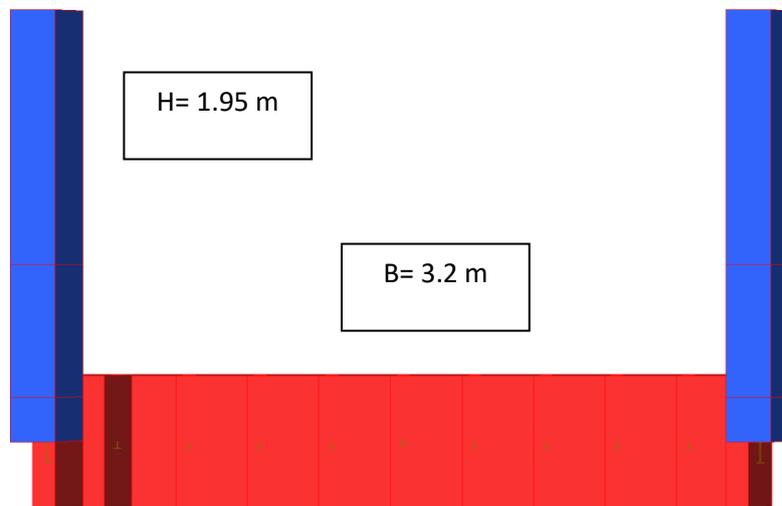


Figura 43: Vista estrusa del modello strutturale

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

6.3.2. *Modellazione dell'interazione suolo-struttura*

Si assume un valore del modulo di reazione verticale del terreno $K_s = 10000 \text{ kN/m}^3$, in base al quale ricavano i valori delle singole molle.

Secondo le indicazioni contenute nella SPECIFICA PER LA PROGETTAZIONE GEOTECNICA DELLE OPERE CIVILI FERROVIARIE **RFI DTC INC CS SP IFS 001 A**, la soletta inferiore viene suddivisa in 10 elementi di pari lunghezza, ossia 11 nodi ai quali sono assegnate le seguenti molle verticali. Considerata la profondità unitaria del modello ($B=1,0\text{m}$), si ha:

Molle centrali

$$K_{\text{centrale}(11)} = K_s * (L_p/2 + L_{\text{int}} + L_p/2) / 10 = 3200 \text{ kN/m} \quad (10 = \text{numero di aste fondazione})$$

I valori delle molle di spigolo si ottengono con la seguente formulazione:

$$K_1 = K_4 = 2 * K_s * [(L_p/2 + L_{\text{int}} + L_p/2) / 10/2 + (L_p/2)] = 4960 \text{ kN/m}$$

ed infine in valori delle molle nei nodi 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15 come da letteratura si assumono:

$$K_7 = K_8 = K_9 = K_{10} = 1.5 * K_{\text{centrale}} = 4800 \text{ kN/m}$$

$$K_{12} = K_{13} = K_{14} = K_{15} = 1.5 * K_{\text{centrale}} = 4800 \text{ kN/m}$$

6.3.3. *ANALISI DEI CARICHI*

Si riportano di seguito i carichi utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche delle sezioni della struttura in esame.

6.3.3.1 *Peso proprio della struttura (G1)*

Il peso proprio delle solette e dei piedritti viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato considerando per il c.a. $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$. Il peso proprio viene automaticamente calcolato dal programma in base alle dimensioni delle sezioni degli elementi.

6.3.3.2 *Carichi permanenti portati (G2)*

Essendo la fondazione modellata su un letto di molle i carichi permanenti portati essendo uniformemente distribuiti non danno nessun contributo al calcolo dei momenti, a tal proposito si trascurano.

Sopra il muro ad U sono presenti parapetti di larghezza 0.50m con la funzione di barriera per lo svio dei veicoli transitanti su un lato di via Roma e di parapetto sul lato opposto.

Il parapetto è fondato sulla paratia di micropali, tuttavia si attribuisce che un'aliquota del peso ricada sul muro ad U si ha per tanto:

per la barriera lato via Roma:

	PROGETTO DEFINITIVO					
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A	FOGLIO 91 di 224

Area $A=(1.95 \times 0.5 + 0.5 \times 0.5) = 1.25 \text{ m}^2$;

$\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$;

carico in testa al muro ad U (cautelativamente ai fini del calcolo del muro ad U viene ripartito in parti uguali tra muro e paratia)

$G2=(A \cdot \gamma_c)/2=1.25 \cdot 25/2=16 \text{ kN/m}$

Lato marciapiede pedonale:

Area $A=2.05 \times 0.2 + 0.8 \times 0.6 = 0.95 \text{ m}^2$;

$\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$;

Carico in testa al muro ad U (cautelativamente ai fini del calcolo del muro ad U viene ripartito in parti uguali tra muro e paratia)

$G2=(A \cdot \gamma_c)/2=0.95 \cdot 25/2=12 \text{ kN/m}$

6.3.3.3 Spinta del terreno

La spinta del terreno risulta essere assente poiché a tergo del muro ad U da entrambi i lati è prevista una paratia di micropali che si fanno carico della spinta del terreno.

6.3.3.4 Spinta idraulica falda (W)

Assente

6.3.3.5 Carichi accidentali stradali (ACC1/ACC2)

I seguenti carichi non sono presi in considerazione perché sono a carico della paratia di micropali costruita a lato.

6.3.3.6 Azioni indotte dalle variazioni termiche (TERM)

L'azione termica risulta essere trascurabile, in quanto essendo la struttura pressochè isostatica, è libera di deformarsi senza variare lo stato tensionale interno.

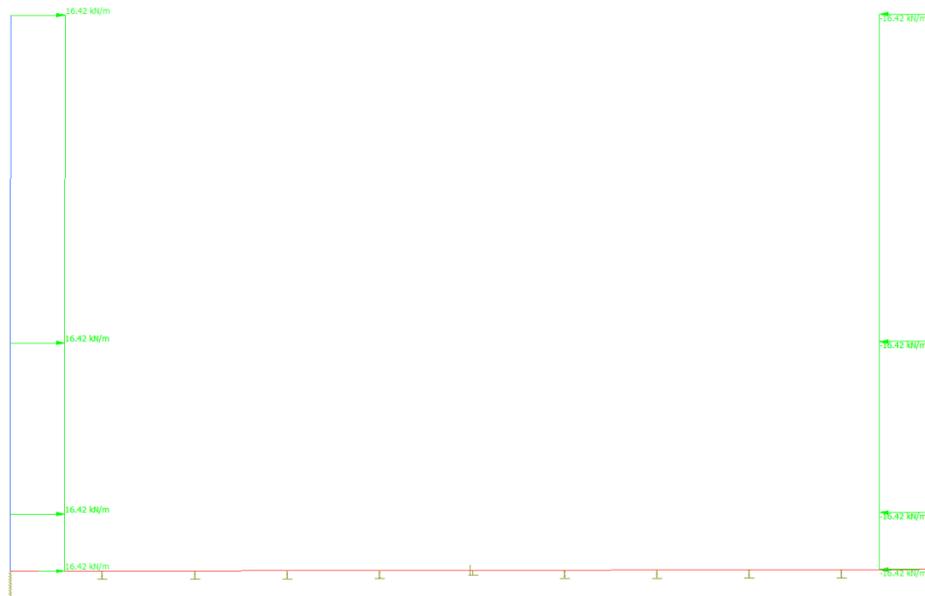
6.3.3.7 Azioni indotte dagli spostamenti della paratia di micropali

Tra la paratia di micropali e il paramento del muro ad U, sarà interposto uno strato di polistirolo, con la funzione di evitare la nascita di sollecitazioni indotte dalla deformazione della paratia a tempo infinito.

Tuttavia ai fini cautelativi, viene inserita nel modello di calcolo una pressione costante equivalente, al fine di simulare una aliquota (80%) di sovrappressione indotta dalla paratia al paramento del muro in assenza del foglio di PS.

Si riportano in forma tabellare le pressioni indotte e il relativo spostamento in testa assunto:

	SPDPX Δx permanenti	SPDAX Δx accidentali	SPDSX Δx sisma
p[kN/m]	16.42	8.00	11.10
umax[mm]	1.49	0.73	1.01



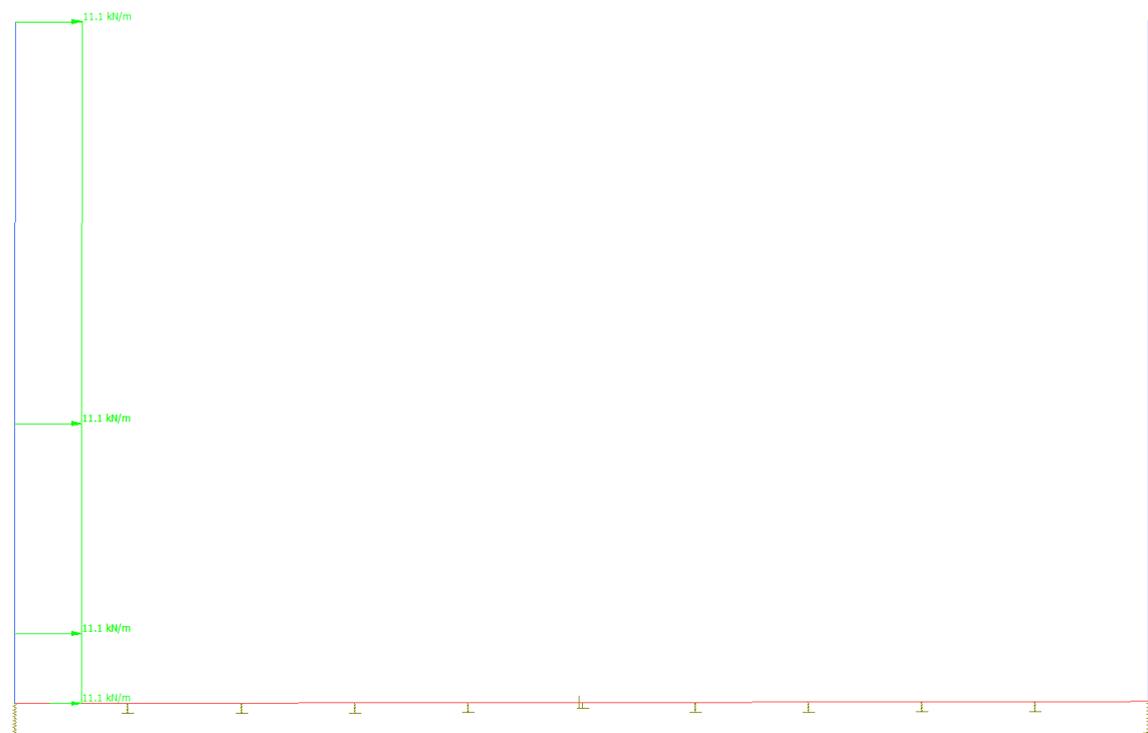
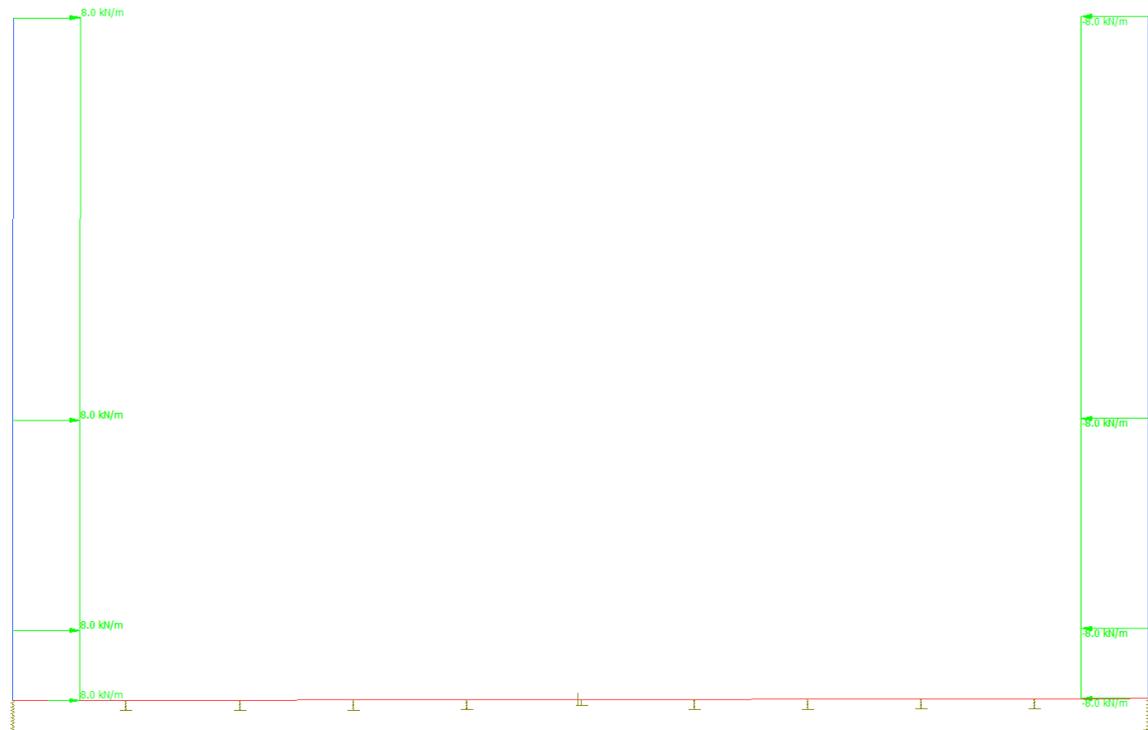


Figura 44 – Pressione applicata sui piedritti

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

6.3.3.8 Azioni sismiche

L'azione sismica è stata individuata in accordo con le normative vigenti sulla base dei seguenti parametri:

- Vita nominale dell'opera $V_N = 50$ anni
- Classe d'uso dell'opera III $C_u = 1.0$
- Categoria di sottosuolo B
- Categoria topografica T1

Coordinate del sito di progetto (Lat. = 45.683026°e Long. = 9.767658°)

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,028	2,447	0,197
50	0,036	2,487	0,213
475	0,102	2,426	0,272
975	0,135	2,454	0,278

dove:

- $T_R \rightarrow$ tempo di ritorno;
- $a_g \rightarrow$ accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;
- $F_o \rightarrow$ valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_C^* \rightarrow$ periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

Le accelerazioni massime per i vari stati limite di normativa nelle condizioni di sito reali sono:

Tr (anni)	amax
30	0,034
50	0,044
475	0,123
975	0,162

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico. I valori dei coefficienti sismici orizzontali k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \frac{a_{\max}}{g} \quad k_v = \pm 0.50 \cdot k_h$$

dove :

- $a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g$ accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

- g = accelerazione di gravità;

Essendo lo scatolare una struttura che non ammette spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume il valore unitario.

Pertanto, i due coefficienti sismici valgono:

Tr (anni)	Kh	Kv
30	0,034	0,017
50	0,044	0,022
475	0,123	0,062
975	0,162	0,081

Sovraspinta sismica del terreno

Poiché la struttura risulta essere confinata da una paratia di micropali la sovraspinta sismica del terreno viene assorbita dalla paratia, pertanto nel seguente calcolo non viene inserita tale forzane.

Forze inerziali (INERZIEH e SISVER)

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti. La componente verticale è considerata agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli.

Forze inerzia orizzontali		
$F^h = F_0$, soletta	1.23	kN/m ²
$F^h = F_0$, piedritti	0.62	kN/m ²

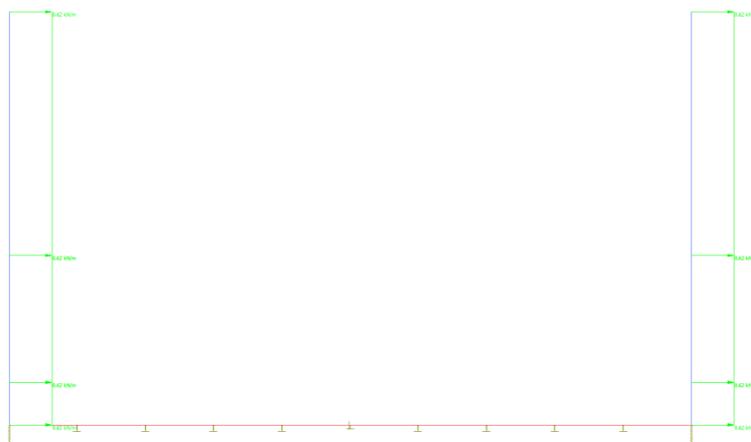


Figura 45: Forza inerziale orizzontale

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A	FOGLIO 96 di 224

6.3.3.9 ANALISI DEI CARICHI

Per le verifiche si adotta la combinazione delle azioni fondamentale SLU tratta dal § 2.5.3 NTC 2008:

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

I valori dei coefficienti da utilizzare sono stati adottati seguendo il vigente D.M. 2008 §5.1.3.12 secondo le tabelle 5.1.IV, 5.1.V, 5.1.VI., §6.2.3.1.1 secondo le tabelle 6.2.I, 6.2.II e §6.4.2.1 secondo la tabella 6.4.I.

In particolare, sono state effettuate le verifiche con riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo strutturale (STR)

raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

- STR) $\rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio si definiscono le seguenti combinazioni:

- Rara) $\rightarrow G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$
- Frequente) $\rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$
- Quasi permanente) $\rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

Per la condizione sismica, la combinazione per gli stati limite ultimi da prendere in considerazione è:

Combinazione sismica $\rightarrow E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

6.3.4. **COMBINAZIONE DEI CARICHI e sollecitazioni**

Per i calcoli strutturali dell'opera sono state considerate le seguenti combinazioni di carico:

SLU/SLV/SLE

	SLU	SLV 1	SLV 2	SLE (rara)	SLE (freq)	SLE (Q.P.)
G1	1.35	1	1	1	1	1
G2	1.50	1	1	1	1	1
Ex	0	1	-1	0	0	0
SPG	1.35	1	1	1	1	1
SPQ	1.50	0	0	1	0.75	0
SPE	0	1	1	0	0	0

Di seguito si riportano gli involuppi dei diagrammi delle sollecitazioni derivanti dalle combinazioni relative ai tre stati limite considerati.

Per la sovrapposizione degli effetti, al termine di questo paragrafo, le sollecitazioni dei due modelli verranno sommate al fine di ottenere le sollecitazioni globali agenti sul muro ad U .

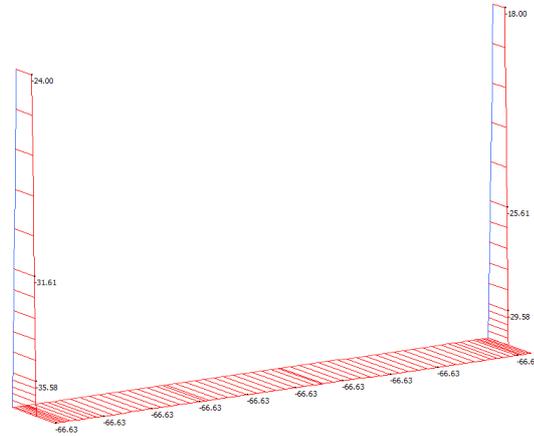


Figura 46: Inviluppo N – SLU



Figura 47: Inviluppo T – SLU

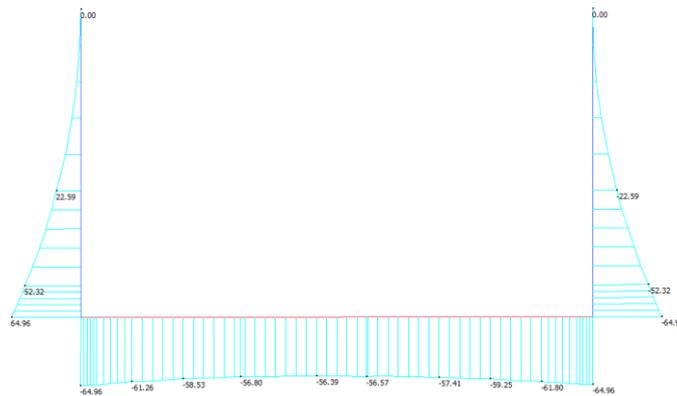


Figura 48: Inviluppo M – SLU

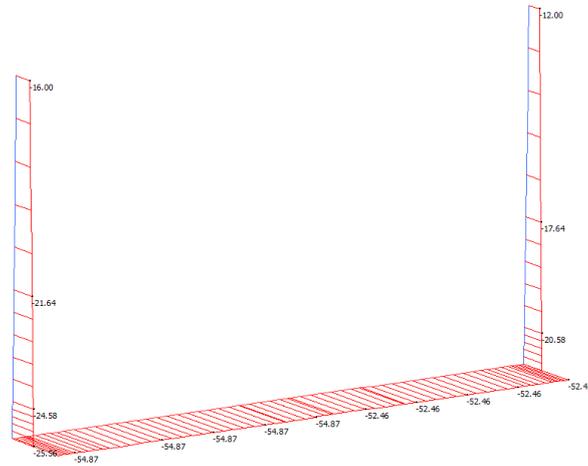


Figura 49: Inviluppo N – SLV

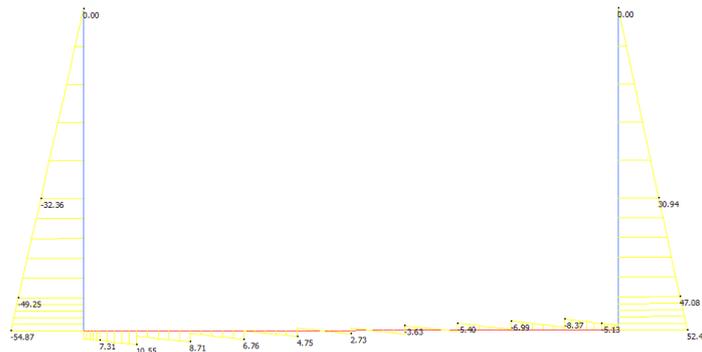


Figura 50: Inviluppo T – SLV

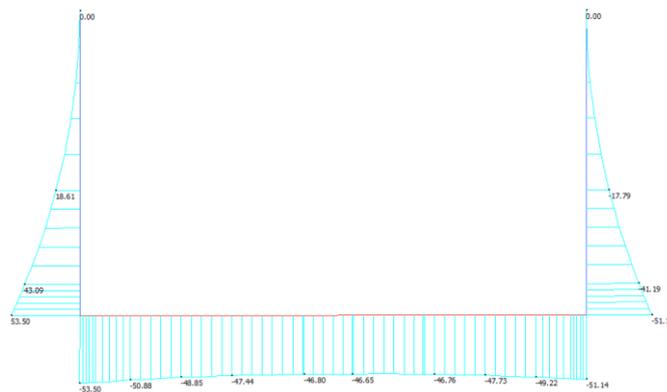


Figura 51: Inviluppo M – SLV

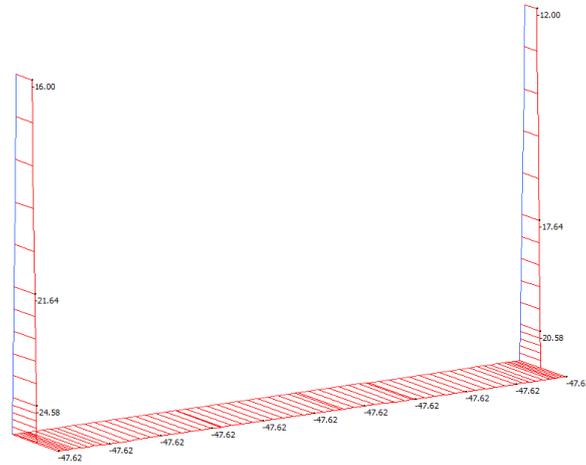


Figura 52: Involuppo N – SLE

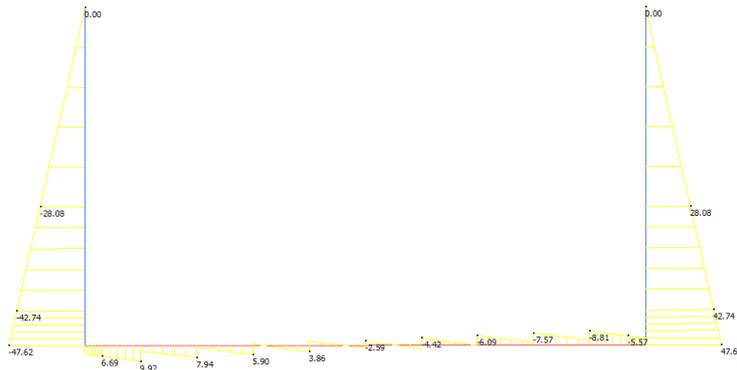


Figura 53: Involuppo T – SLE



Figura 54: Involuppo M – SLE

Le sezioni verificate sono le seguenti

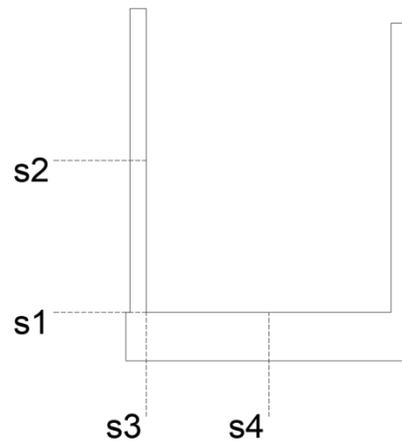


Figura 55: Sezioni di verifica

Qui a seguire vengono riportate le sollecitazioni totali per ogni sezione investigata:

sezione S1 – base piedritto (parete verticale)			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV) Modello 1			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-35.58	59.79	52.32
ENV SLV	-24.58	49.25	43.09
ENV RARA	-24.58	42.74	37.39

sezione S2 - piedritto mezzeria (parete verticale)			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV) Modello 1			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-31.61	39.29	22.59
ENV SLV	-21.64	32.36	18.61
ENV RARA	-21.64	28.08	16.15

sezione S3 - estremità fondazione			
-----------------------------------	--	--	--

Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV) Modello 1			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-66.63	14.73	-64.19
ENV SLV	-54.87	8.37	-52.84
ENV RARA	-47.62	8.81	-45.95

sezione S4 - fondazione mezzeria			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV) Modello 1			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-66.63	3.65	-56.39
ENV SLV	-54.87	2.73	-46.65
ENV RARA	-47.62	2.6	-41

6.3.5. Verifiche strutturali

Le verifiche strutturali sono state svolte in RC-Sec si riportano gli output delle verifiche.

Si riporta una figura con le sezioni verificate.

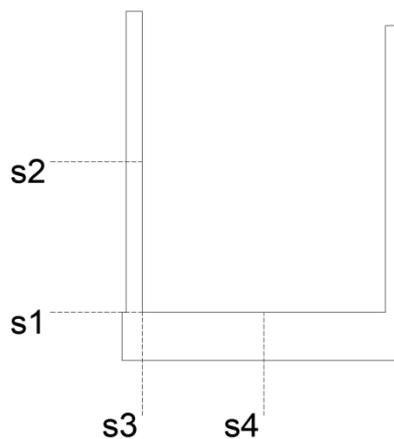


Figura 56: Sezioni di verifica

Piedritto sezione S1

sezione S1 – base piedritto (parete verticale)

Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV) Modello 1			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-35.58	59.79	52.32
ENV SLV	-24.58	49.25	43.09
ENV RARA	-24.58	42.74	37.39

Si riporta la verifica del piedritto nella sezione d'incastro con la fondazione.

Sezione di calcolo

20x100 cm

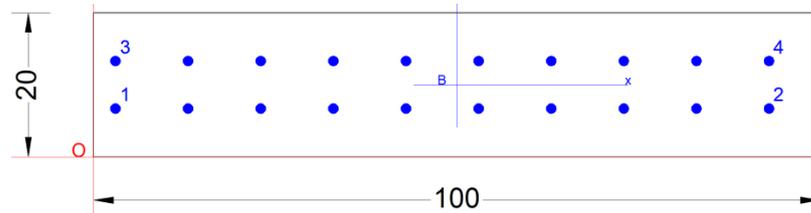
Armatura verticale

10 ϕ 14 layer 1 lato terreno

10 ϕ 14 layer 2 lato interno

Spilli

ϕ 10/40x20



DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	Diam ϕ [mm]
1	3.0	6.7	14
2	93.0	6.7	14
3	3.0	13.3	14
4	93.0	13.3	14

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
ϕ	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	ϕ
1	1	2	8	14
2	3	4	8	14

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	103 di 224

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	53.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	38.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	38.00 (21.65)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	38.00 (21.65)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	104 di 224

Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	53.00	0.00	0.00	75.91	0.06	1.43	30.8(2.7)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.422	0.0	20.0	-0.00057	3.0	13.3	-0.00479	93.0	6.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000002328	0.000606956	-0.008639128	0.422	0.968

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	12.11	0.0	20.0	-216.3	93.0	6.7	707	15.4

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	12.11	0.0	20.0	-216.3	93.0	6.7	707	15.4

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm
e1 Esito della verifica
Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	105 di 224

e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_sm - e_cm)$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00206	0	0.500	14.0	60	0.00065 (0.00065)	313	0.203 (0.40)	21.65	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	12.11	0.0	20.0	-216.3	93.0	6.7	707	15.4

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00206	0	0.500	14.0	60	0.00077 (0.00065)	313	0.241 (0.30)	21.65	0.00

Verifica a taglio

Si prevedono pilli $\phi 10/40 \times 20$

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$	mm larghezza	$f_{yk} = 450$	MPa	resist. caratteristica
$h = 200$	mm altezza	$\gamma_s = 1.15$		coeff. sicurezza
$c = 50$	mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$	MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 32$	MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:		
$\gamma_c = 1.50$	coeff. Sicurezza	$A_{sl,1} = 10$	$\emptyset 12$	$= 11.31 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$	coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 150$	mm altezza utile	$A_{sl,3} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 18.13$	MPa resist. di calcolo			

• Sollecitazioni (compressione < 0, trazione > 0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = 0.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 63.0 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 2.000 < 2$$

$$v_{\min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{\min} = 0.560$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.000 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = 0.00 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / g_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{\min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 0.0 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{\min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 84.0 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 84.0 \text{ kN} \quad \text{assunto pari alla resistenza minima}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

• Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

$$\theta = 35.0^\circ \quad \text{inclinaz. bielle cls} \quad \text{angolo ammissibile}$$

$$\alpha = 90.0^\circ \quad \text{inclinaz. staffe}$$

Armatura a taglio (staffatura):

$$A_{sw}/s = \text{staffe } \emptyset 10 \text{ mm con n}^\circ \text{ bracci (trasv)} \quad 2.5 \text{ passo } 20 \text{ cm} = 0.098 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (A_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cot \alpha + \cot \theta) \times \sin \alpha \quad V_{Rsd} = 74.1 \text{ kN}$$

$$f_{cd} = 9.07 \text{ MPa resist. di calcolo ridotta}$$

$$\alpha_c = 1.000 \quad \text{coeff. maggiorativo}$$

$$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f_{cd} \times (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \alpha) \quad V_{Rcd} = 575.1 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) \quad V_{Rd} = 74.1 > 63.0 \text{ kN} \quad \text{c.s.} = 1.2$$

la sezione armata a taglio risulta verificata.

Piedritto sezione S2

Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV) Totale			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-49.97	39.29	22.59
ENV SLV	-35.24	32.36	18.61
ENV RARA	-35.24	28.08	16.15

Si riporta la verifica del piedritto nella sezione d'incastro con la fondazione.

Sezione di calcolo

20x100 cm

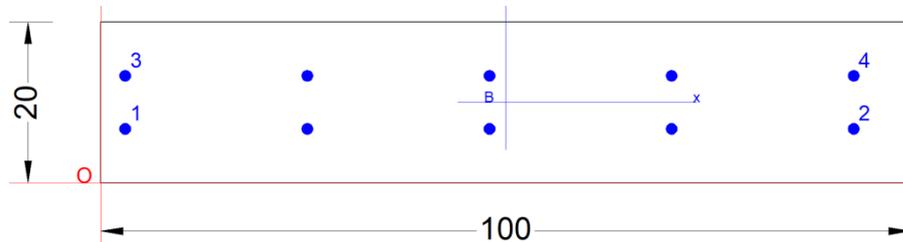
Armatura verticale

5 ϕ 12 layer 1 lato terreno

5 ϕ 12 layer 2 lato interno

Spilli

ϕ 10/40x40



CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	20.0
3	100.0	20.0
4	100.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	Diam ϕ [mm]
1	3.0	6.7	12
2	93.0	6.7	12
3	3.0	13.3	12
4	93.0	13.3	12

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N° Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N° Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N° Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N° Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	108 di 224

Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	12
2	3	4	3	12

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	23.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	19.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	17.00 (20.69)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	17.00 (20.69)	0.00 (0.00)

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	109 di 224

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	23.00	0.00	0.00	39.39	-0.02	1.71	11.3(2.7)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.237	0.0	20.0	-0.00378	3.0	13.3	-0.01128	93.0	6.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000003745	0.001085132	-0.018202640	0.237	0.736

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.73	0.0	20.0	-231.7	93.0	6.7	99	1.1

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.73	0.0	20.0	-231.7	93.0	6.7	99	1.1

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm} Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot \max(e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00202	0	0.500	12.0	61	0.00070 (0.00070)	386	0.268 (0.40)	20.69	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.73	0.0	20.0	-231.7	93.0	6.7	99	1.1

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00202	0	0.500	12.0	61	0.00070 (0.00070)	386	0.268 (0.30)	20.69	0.00

Verifica a taglio

Si prevedono spilli $\phi 10/20 \times 40$

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$	mm larghezza	$f_{yk} = 450$	MPa	resist. caratteristica
$h = 200$	mm altezza	$\gamma_s = 1.15$		coeff. sicurezza
$c = 50$	mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$	MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 32$	MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:		
$\gamma_c = 1.50$	coeff. Sicurezza	$A_{sl,1} = 5$	$\emptyset 12$	$= 5.65 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$	coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 150$	mm altezza utile	$A_{sl,3} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 18.13$	MPa resist. di calcolo			

• Sollecitazioni (compressione < 0, trazione > 0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = 0.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 40.0 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 2.000 < 2$$

$$v_{\min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{\min} = 0.560$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.000 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = 0.00 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / g_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{\min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 0.0 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{\min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 84.0 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 84.0 \text{ kN} \quad \text{assunto pari alla resistenza minima}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

• Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

$$\theta = 35.0^\circ \quad \text{inclinaz. bielle cls} \quad \text{angolo ammissibile}$$

$$\alpha = 90.0^\circ \quad \text{inclinaz. staffe}$$

Armatura a taglio (staffatura):

$$A_{sw}/s = \text{staffe } \emptyset 10 \text{ mm con n}^\circ \text{ bracci (trasv)} \quad 2.5 \text{ passo } 20 \text{ cm} = 0.098 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (A_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cot \alpha + \cot \theta) \times \sin \alpha \quad V_{Rsd} = 74.1 \text{ kN}$$

$$f_{cd} = 9.07 \text{ MPa resist. di calcolo ridotta}$$

$$\alpha_c = 1.000 \quad \text{coeff. maggiorativo}$$

$$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f_{cd} \times (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \alpha) \quad V_{Rcd} = 575.1 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) \quad V_{Rd} = 74.1 > 40.0 \text{ kN} \quad \text{c.s.} = 1.9$$

la sezione armata a taglio risulta verificata.

6.3.5.1 Fondazione

Fondazione mezzaria sezione S4

sezione S4 - fondazione mezzaria			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV) Modello 1			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-66.63	3.65	-56.39
ENV SLV	-54.87	2.73	-46.65
ENV RARA	-47.62	2.6	-41

Si riporta la verifica della fondazione sezione di mezzaria.

Sezione di calcolo

40x100 cm

Armatura longitudinale

5 ϕ 14 layer 1 lato terreno

5 ϕ 14 layer 2 lato interno

Spilli

ϕ 10/40x40

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

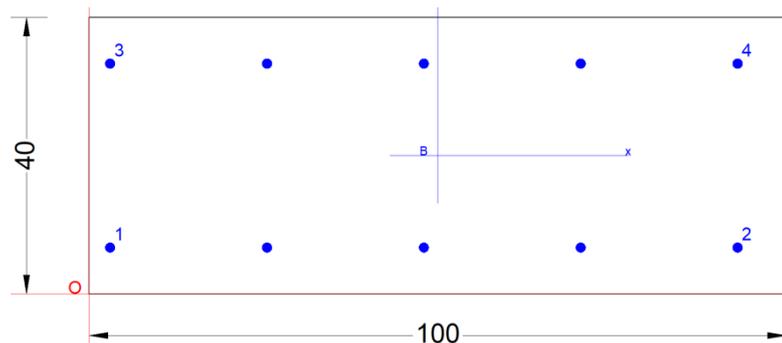
Forma del Dominio:
Classe Conglomerato:

Poligonale
C28/35

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	40.0
3	100.0	40.0
4	100.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	Diam ϕ [mm]
1	3.0	6.7	14
2	97.0	6.7	14
3	3.0	33.3	14
4	97.0	33.3	14



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	14
2	3	4	3	14

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	57.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	41.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	41.00 (79.24)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	114 di 224

My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	41.00 (79.24)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.3 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 22.1 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	57.00	0.00	0.00	111.79	0.00	1.96	15.4(5.6)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.135	0.0	40.0	-0.00171	3.0	33.3	-0.02240	3.0	6.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000777863	-0.027614514	0.135	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata / N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	115 di 224

Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)	
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]	
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)	
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre	
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure	

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.41	0.0	40.0	-173.9	97.0	6.7	874	7.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.41	0.0	40.0	-173.9	97.0	6.7	874	7.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00110	0	0.500	14.0	23	0.00052 (0.00052)	348	0.182 (0.40)	79.24	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.41	0.0	40.0	-173.9	97.0	6.7	874	7.7

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00110	0	0.500	14.0	23	0.00052 (0.00052)	348	0.182 (0.30)	79.24	0.00

Verifica a taglio

Il taglio in mezzeri vale 4.00kN, tuttavia si dispongono spilli $\phi 10/40 \times 40$.

Fondazione estremità sezione S3

sezione S3 - estremità fondazione			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV) Modello 1			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-66.63	14.73	-64.19
ENV SLV	-54.87	8.37	-52.84
ENV RARA	-47.62	8.81	-45.95

Si riporta la verifica della fondazione sezione di mezzaria.

Sezione di calcolo

40x100 cm

Armatura longitudinale

5 ϕ 14 layer 1 lato terreno

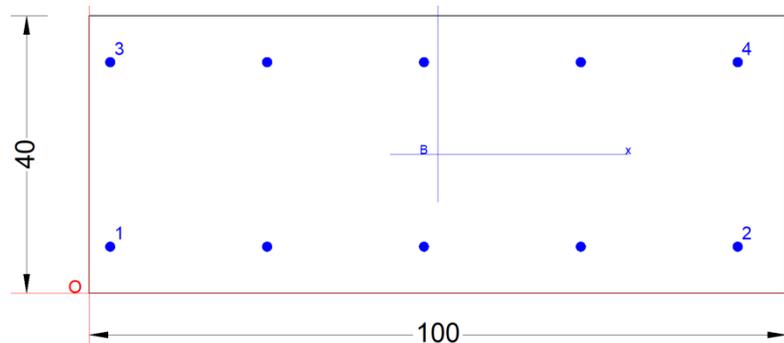
5 ϕ 14 layer 2 lato interno

Spilli

ϕ 10/40x40

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	Diam ϕ [mm]
1	3.0	6.7	14
2	97.0	6.7	14
3	3.0	33.3	14
4	97.0	33.3	14



DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	ϕ
1	1	2	3	14
2	3	4	3	14

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	117 di 224

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	65.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	46.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	46.00 (79.24)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	46.00 (79.24)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.3 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 22.1 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	118 di 224

N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	65.00	0.00	0.00	111.79	0.00	1.72	15.4(5.6)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.135	0.0	40.0	-0.00171	3.0	33.3	-0.02240	3.0	6.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000777863	-0.027614514	0.135	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.83	100.0	40.0	-195.1	3.0	6.7	874	7.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.83	100.0	40.0	-195.1	3.0	6.7	874	7.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	119 di 224

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace A_c eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
sr max	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
wk	Massima distanza tra le fessure [mm]
Mx fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max*(e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00123	0	0.500	14.0	23	0.00059 (0.00059)	348	0.204 (0.40)	79.24	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.83	100.0	40.0	-195.1	3.0	6.7	874	7.7

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00123	0	0.500	14.0	23	0.00059 (0.00059)	348	0.204 (0.30)	79.24	0.00

Verifica a taglio

Si prevedo spilli $\phi 10/40 \times 40$.

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$	mm larghezza	$f_{yk} = 450$	MPa	resist. caratteristica
$h = 400$	mm altezza	$\gamma_s = 1.15$		coeff. sicurezza
$c = 50$	mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$	MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 28$	MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:		
$\gamma_c = 1.50$	coeff. sicurezza	$A_{sl,1} = 5$	$\emptyset 14$	$= 7.70 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$	coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 350$	mm altezza utile	$A_{sl,3} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 15.87$	MPa resist. di calcolo			7.70 cm^2

• Sollecitazioni (compressione < 0, trazione > 0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = 0.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 15.0 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 1.756 < 2$$

$$v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{min} = 0.431$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.002 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = 0.00 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

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

$$V_{Rd} = 135.2 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0.15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 150.8 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 150.8 \text{ kN} \quad \text{assunto pari alla resistenza minima}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

• Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

$$\theta = 45.0^\circ \quad \text{inclinaz. bielle cls} \quad \text{angolo ammissibile}$$

$$\alpha = 90.0^\circ \quad \text{inclinaz. staffe}$$

Armatura a taglio (staffatura):

$$A_{sw}/s = \text{staffe } \emptyset 10 \text{ mm con } n^\circ \text{ bracci (trasv. } 2.5 \text{ passo } 40 \text{ cm} = 0.049 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (A_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) \times \text{sen} \alpha \quad V_{Rsd} = 60.5 \text{ kN}$$

$$f'_{cd} = 7.93 \text{ MPa resist. di calcolo ridotta}$$

$$\alpha_c = 1.000 \quad \text{coeff. maggiorativo}$$

$$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f'_{cd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \alpha) \quad V_{Rcd} = 1249.6 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) \quad V_{Rd} = 60.5 > 15.0 \text{ kN} \quad \text{c.s.} = 4.0$$

la sezione armata a taglio risulta verificata.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

6.3.6. Verifiche a deformazione

Si esegue la verifica a inflessione del muro a “U” secondo quanto riportato nell’EC 2 cap7.4 §7.4.1, la verifica risulta essere soddisfatta se l’inflessione calcolata di travi a sbalzo soggetti a carichi quasi permrane è inferiore a 1/250 della luce.

Nel caso in esame, considerando il piedritto a sbalzo la luce di calcolo vale 2H, quindi la luce per il piedritto vale:

$$L = 2 * H = 2 * 1950 = 3900 \text{ mm}$$

Per cui si ricava il valore di inflessione massimo ammissibile:

$$f_{\max} = L / 250 = 3900 / 250 = 15.60 \text{ mm}$$

Dal modello si ricava una deformazione in testa del piedritto di:

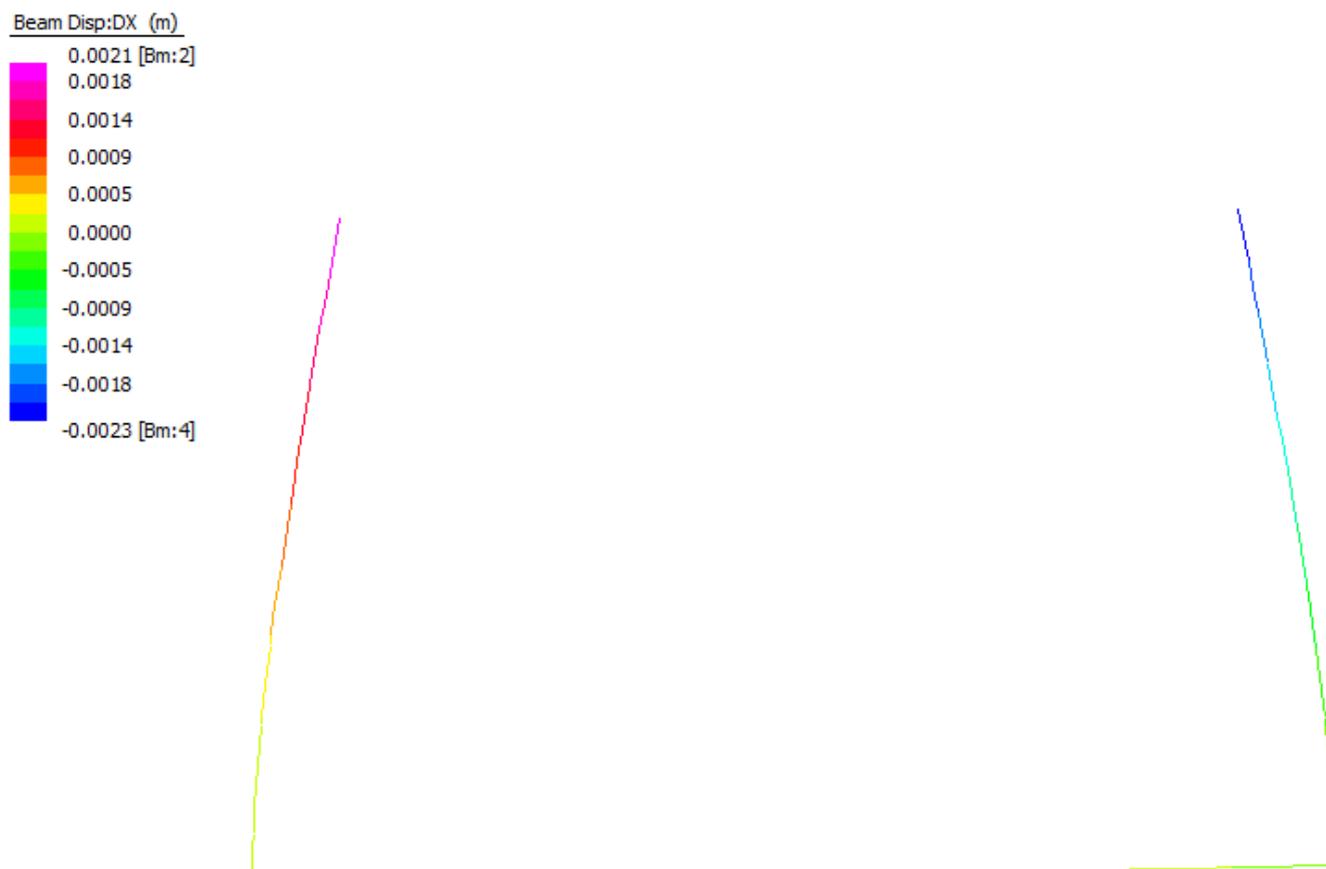


Figura 6-57: Deformazione muro ad “U”

Il seguente valore viene moltiplicato per 3 per tenere conto delle deformazioni a tempo infinito.

$$f_u = 3 * 2.30 = 6.90 < 15.60 \text{ mm} = f_{\max}$$

Verificato

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A	FOGLIO 122 di 224

6.3.7. Incidenze armature Muro 3

Elemento strutturale	Sezione	Armatura Principale	Armatura Secondaria	incidenza
Piedritti	Nodo sup.	5 Φ 12 est. 5 Φ 12 int.	Φ 12/20 est. Φ 12/20 int.	205 kg/m ³
	Nodo inf.	10 Φ 14 est. 10 Φ 14 int.	Φ 12/20 est. Φ 12/20 int.	
Fondazione	mezzeria	5 Φ 14 est. 5 Φ 14 int.	Φ 12/20 est. Φ 12/20 int.	80 kg/m ³
	estremità	5 Φ 14 est. 5 Φ 14 int.	Φ 12/20 est. Φ 12/20 int.	

6.4. MODELLO DI CALCOLO

6.4.1. Modello di Calcolo e Geometria Muro ad U – Tipo 4

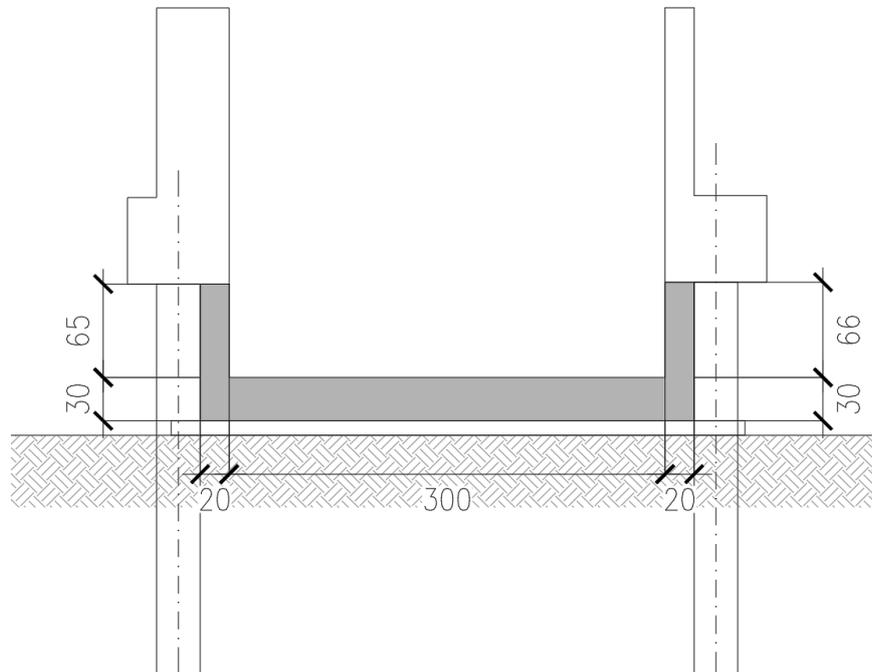


Figura 58: Geometria dell'opera

DATI GEOMETRICI			
Grandezza	Simbolo	Valore	U.M.
Larghezza totale	Ltot	3.40	m
Larghezza utile	Lint	3.00	m
Larghezza interasse	La	3.20	m
Spessore piedritti	Sp	0.20	m
Spessore fondazione	Sf	0.40	m
Altezza totale	Htot	0.85	m
Altezza libera	Hint	0.70	m

Le analisi per il calcolo delle sollecitazioni agenti sono state condotte su una "fetta" di struttura di 1.00 m. Il modello di calcolo attraverso il quale è schematizzata la struttura è quello di una U che poggia su un letto di molle alla Winkler.

Nella modellazione vengono impiegati elementi finiti di tipo trave "beam". Ai suddetti elementi sono assegnate le caratteristiche inerziali della struttura reale derivanti dalle proprietà dei materiali e dalla geometria della sezione.

La geometria del modello ricalca la linea baricentrica degli elementi costituenti l'opera (modello in asse).

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A	FOGLIO 124 di 224
Relazione di calcolo rampe						

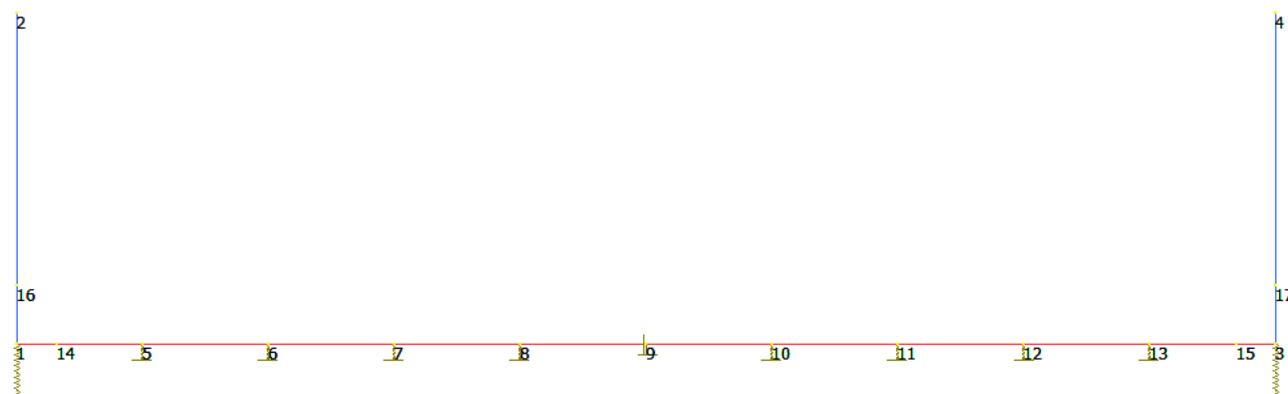


Figura 59: Numerazione dei nodi e dei frame del modello strutturale su letto di molle con vincolo centrale allo spostamento orizzontale

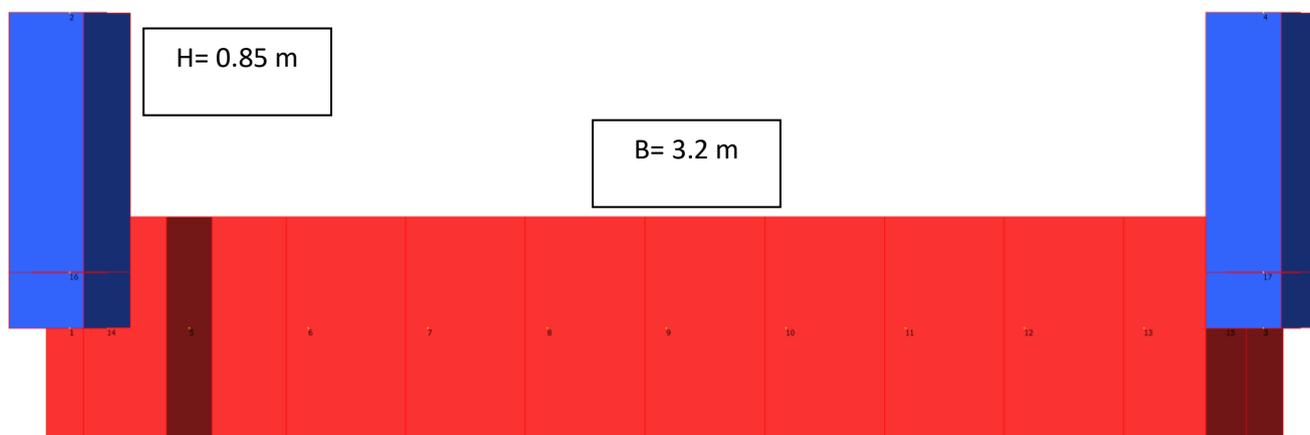


Figura 60: Vista estrusa del modello strutturale

6.4.2. Modellazione dell'interazione suolo-struttura

Si assume un valore del modulo di reazione verticale del terreno $K_s = 10000 \text{ kN/m}^3$, in base al quale ricavano i valori delle singole molle.

Secondo le indicazioni contenute nella SPECIFICA PER LA PROGETTAZIONE GEOTECNICA DELLE OPERE CIVILI FERROVIARIE **RFI DTC INC CS SP IFS 001 A**, la soletta inferiore viene suddivisa in 10 elementi di pari lunghezza, ossia 11 nodi ai quali sono assegnate le seguenti molle verticali. Considerata la profondità unitaria del modello ($B=1,0\text{m}$), si ha:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

Molle centrali

$$K_{\text{centrale}(11)} = K_s * (L_p/2 + L_{\text{int}} + L_p/2) / 10 = 3200 \text{ kN/m} \quad (10 = \text{numero di aste fondazione})$$

I valori delle molle di spigolo si ottengono con la seguente formulazione:

$$K_1 = K_4 = 2 * K_s * [(L_p/2 + L_{\text{int}} + L_p/2) / 10/2 + (L_p/2)] = 4960 \text{ kN/m}$$

ed infine in valori delle molle nei nodi 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15 come da letteratura si assumono:

$$K_7 = K_8 = K_9 = K_{10} = 1.5 * K_{\text{centrale}} = 4800 \text{ kN/m}$$

$$K_{12} = K_{13} = K_{14} = K_{15} = 1.5 * K_{\text{centrale}} = 4800 \text{ kN/m}$$

6.4.3. ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito i carichi utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche delle sezioni della struttura in esame.

6.4.3.1 Peso proprio della struttura (G1)

Il peso proprio delle solette e dei piedritti viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato considerando per il c.a. $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$. Il peso proprio viene automaticamente calcolato dal programma in base alle dimensioni delle sezioni degli elementi.

6.4.3.2 Carichi permanenti portati (G2)

Essendo la fondazione modellata su un letto di molle i carichi permanenti portati essendo uniformemente distribuiti non danno nessun contributo al calcolo dei momenti, a tal proposito si trascurano.

Sopra il muro ad U sono presenti parapetti di larghezza 0.50m con la funzione di barriera per lo svio dei veicoli transitanti su un lato di via Roma e di parapetto sul lato opposto.

Il parapetto è fondato sulla paratia di micropali, tuttavia si attribuisce che un'aliquota del peso ricada sul muro ad U si ha per tanto:

per la barriera lato via Roma:

$$\text{Area } A = (1.95 \times 0.5 + 0.5 \times 0.5) = 1.25 \text{ m}^2;$$

$$\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3;$$

carico in testa al muro ad U (cautelativamente ai fini del calcolo del muro ad U viene ripartito in parti uguali tra muro e paratia)

$$G_2 = (A * \gamma_c) / 2 = 1.25 * 25 / 2 = 16 \text{ kN/m}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

Lato marciapiede pedonale:

$$\text{Area } A = 2.05 \times 0.2 + 0.8 \times 0.6 = 0.95 \text{ m}^2;$$

$$\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3;$$

Carico in testa al muro ad U (cautelativamente ai fini del calcolo del muro ad U viene ripartito in parti uguali tra muro e paratia)

$$G2 = (A \cdot \gamma_c) / 2 = 0.95 \cdot 25 / 2 = 12 \text{ kN/m}$$

6.4.3.1 Spinta del terreno

La spinta del terreno risulta essere assente poiché a tergo del muro ad U da entrambi i lati è prevista una paratia di micropali che si fanno carico della spinta del terreno.

6.4.3.2 Spinta idraulica falda (W)

Assente

6.4.3.3 Carichi accidentali stradali (ACC1/ACC2)

I seguenti carichi non sono presi in considerazione perché sono a carico della paratia di micropali costruita a lato.

6.4.3.4 Azioni indotte dalle variazioni termiche (TERM)

L'azione termica risulta essere trascurabile, in quanto essendo la struttura pressochè isostatica, è libera di deformarsi senza variare lo stato tensionale interno.

6.4.3.5 Azioni indotte dagli spostamenti della paratia di micropali

Tra la paratia di micropali e il paramento del muro ad U, sarà interposto uno strato di polistirolo, con la funzione di evitare la nascita di sollecitazioni indotte dalla deformazione della paratia a tempo infinito.

Tuttavia ai fini cautelativi, viene inserita nel modello di calcolo una pressione costante equivalente, al fine di simulare una aliquota (80%) di sovrappressione indotta dalla paratia al paramento del muro in assenza del foglio di PS.

Si riportano in forma tabellare le pressioni indotte e il relativo spostamento in testa assunto:

	SPDPX Δx permanenti	SPDAX Δx accidentali	SPDSX Δx sisma
p[kN/m]	145.6	4.1	15.10
umax[mm]	0.76	0.02	0.06

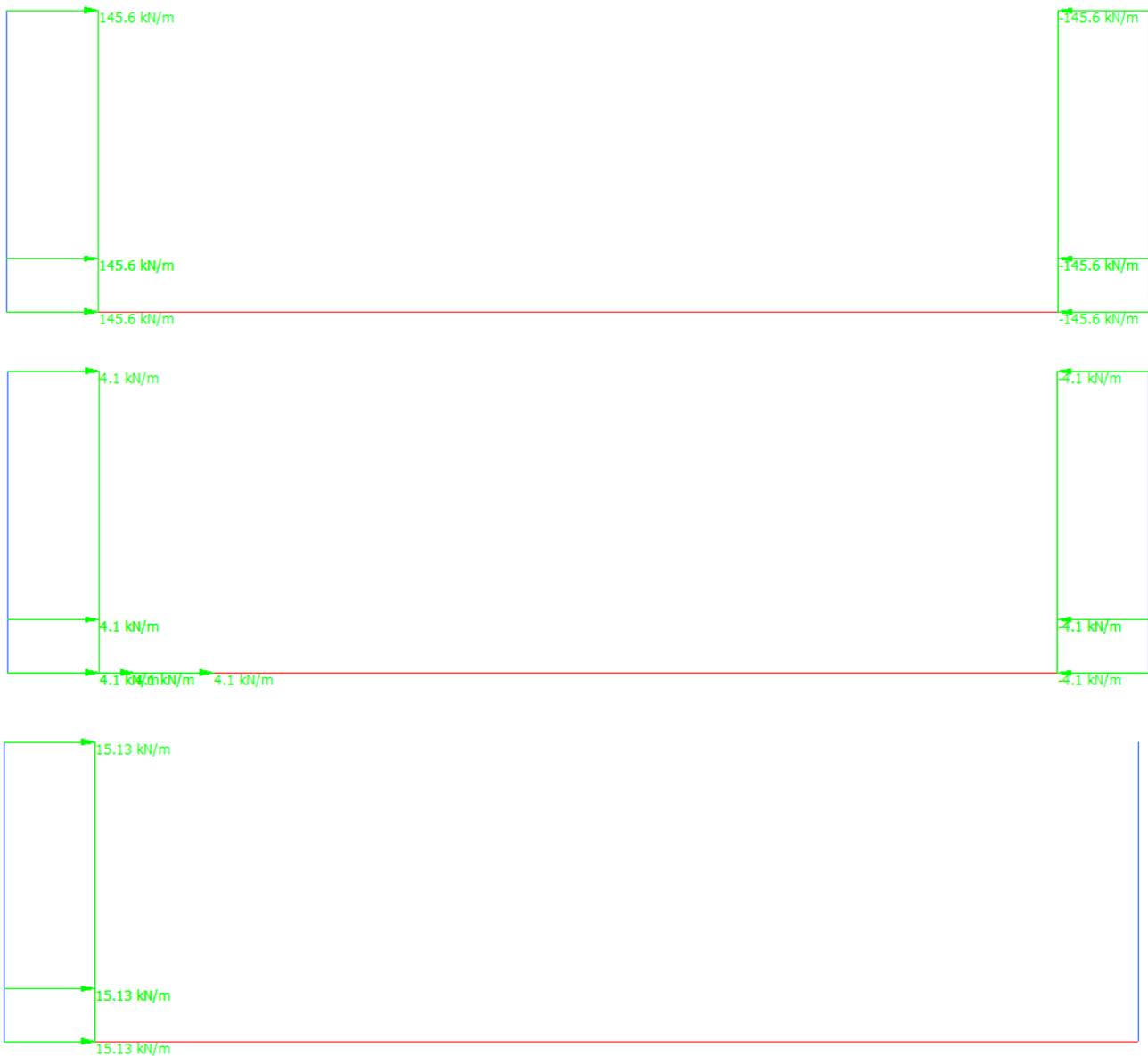


Figura 61 – Pressione applicata sui piedritti

6.4.3.6 Azioni sismiche

L'azione sismica è stata individuata in accordo con le normative vigenti sulla base dei seguenti parametri:

- Vita nominale dell'opera $V_N = 50$ anni
- Classe d'uso dell'opera II $C_u = 1.0$
- Categoria di sottosuolo B
- Categoria topografica T1

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

Coordinate del sito di progetto (Lat. = 45.683026°e Long. = 9.767658°)

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,028	2,447	0,197
50	0,036	2,487	0,213
475	0,102	2,426	0,272
975	0,135	2,454	0,278

dove:

- $T_R \rightarrow$ tempo di ritorno;
- $a_g \rightarrow$ accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;
- $F_o \rightarrow$ valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_C^* \rightarrow$ periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

Le accelerazioni massime per i vari stati limite di normativa nelle condizioni di sito reali sono:

Tr (anni)	amax
30	0,034
50	0,044
475	0,123
975	0,162

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico. I valori dei coefficienti sismici orizzontali k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \frac{a_{max}}{g} \quad k_v = \pm 0.50 \cdot k_h$$

dove :

- a_{max} = $S_s \cdot S_t \cdot a_g$ accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- g = accelerazione di gravità;

Essendo lo scatolare una struttura che non ammette spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume il valore unitario.

Pertanto, i due coefficienti sismici valgono:

Tr (anni)	K_h	K_v
30	0,034	0,017

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

50	0,044	0,022
475	0,123	0,062
975	0,162	0,081

Sovraspinta sismica del terreno

Poiché la struttura risulta essere confinata da una paratia di micropali la sovraspinta sismica del terreno viene assorbita dalla paratia, pertanto nel seguente calcolo non viene inserita tale forzante.

Forze inerziali (Ex)

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti, di cui la componente verticale è considerata agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli.

Forze inerzia orizzontali		
F'h=F0, soletta	1.23	kN/m2
F''h=F0,piedritti	0.62	kN/m2



Figura 62: Forza inerziale orizzontale

6.4.3.7 Analisi dei carichi

Per le verifiche si adotta la combinazione delle azioni fondamentale SLU tratta dal § 2.5.3 NTC 2008:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Qk_1 + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Qk_2 + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Qk_3..$$

I valori dei coefficienti da utilizzare sono stati adottati seguendo il vigente D.M. 2008 §5.1.3.12 secondo le tabelle 5.1.IV, 5.1.V, 5.1.VI., §6.2.3.1.1 secondo le tabelle 6.2.I, 6.2.II e §6.4.2.1 secondo la tabella 6.4.I.

In particolare, sono state effettuate le verifiche con riferimento ai seguenti stati limite:

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A	FOGLIO 130 di 224
Relazione di calcolo rampe						

- SLU di tipo strutturale (STR)

raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

- STR) $\rightarrow \gamma_{G1} \cdot G1 + \gamma_{G2} \cdot G2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio si definiscono le seguenti combinazioni:

- Rara) $\rightarrow G1 + G2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$
- Frequente) $\rightarrow G1 + G2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$
- Quasi permanente) $\rightarrow G1 + G2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

Per la condizione sismica, la combinazione per gli stati limite ultimi da prendere in considerazione è:

Combinazione sismica $\rightarrow E + G1 + G2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

6.4.4. **COMBINAZIONE DEI CARICHI e sollecitazioni**

Per i calcoli strutturali dell'opera sono state considerate le seguenti combinazioni di carico:

SLU/SLV/SLE

	SLU	SLV 1	SLV 2	SLE (rara)	SLE (freq)	SLE (Q.P.)
G1	1.35	1	1	1	1	1
G2	1.50	1	1	1	1	1
Ex	0	1	-1	0	0	0
G2 spostamento	1.35	1	1	1	1	1
Q spostamento	1.50	0	0	1	0.75	0
Ex spostamento	0	1	1	0	0	0

Di seguito si riportano gli involuipi dei diagrammi delle sollecitazioni derivanti dalle combinazioni relative ai tre stati limite considerati.

Ai fini cautelativi le verifiche nelle condizioni di esercizio sono state svolte tutte con la combinazione caratteristica.

Come precedentemente descritto il muro ad U poggia su un letto di molle, poiché si è prevista una falda alta 3 metri spingente sull'opera, ed essendo la stessa vincolata in testa ai muri dalla barriera in c.a. fondata sulla paratia.

Il muro ad U nel caso di spinta idraulica dal basso non è libero di traslare verso l'alto per cui si è svolto il calcolo facendo un duplicato del modello alla quale è stato tolto il letto di molle e a sua volta è stato imposto un vincolo di tipo solo verticale in testa al piedritto.

In questo modo attraverso la sovrapposizione degli effetti si vuole massimizzare il momento in mezzaria alla fondazione.

Nel caso in esame non è presente la psinta idraulica.

Dai grafici sotto presenti si vede:

$M1(g1+g2) = 4.00 \text{ kNm}$ (momento dovuto al peso proprio e pesi portati $g2$ "carico in testa al piedritto")

$M2(w) = 0.00 \text{ kNm}$ (momento dovuto a sovrapsinta idraulica)

Il momento effettivo è dato dalla sovrapposizione degli effetti dei due:

$M(slu) = M1 + M2 = 4.00 + 0.00 = 4.00 \text{ kNm}$ $M(sle) = M1 + M2 = 2.20 + 0.00 = 2.20 \text{ kNm}$

Taglio: $T(slu) = 9.50 + 0.00 = 9.50 \text{ kN}$

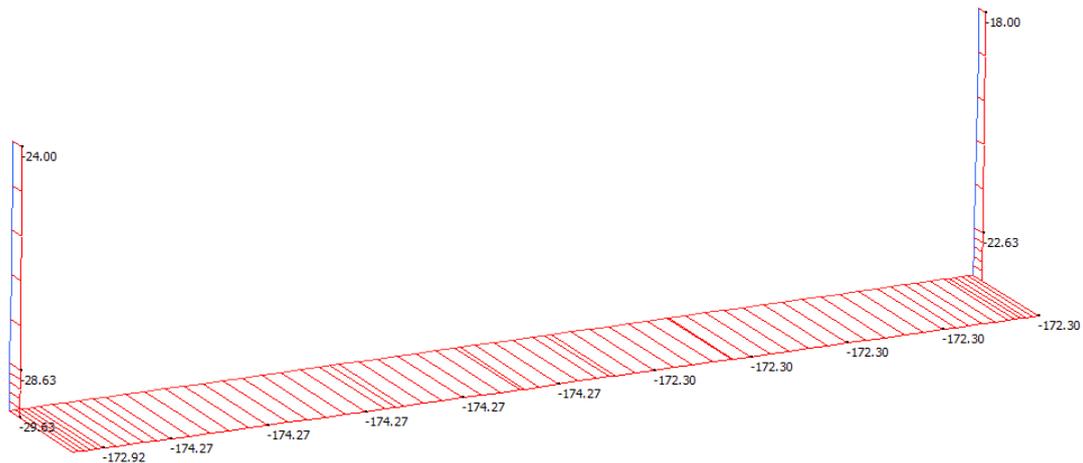


Figura 63: Inviluppo N - SLU

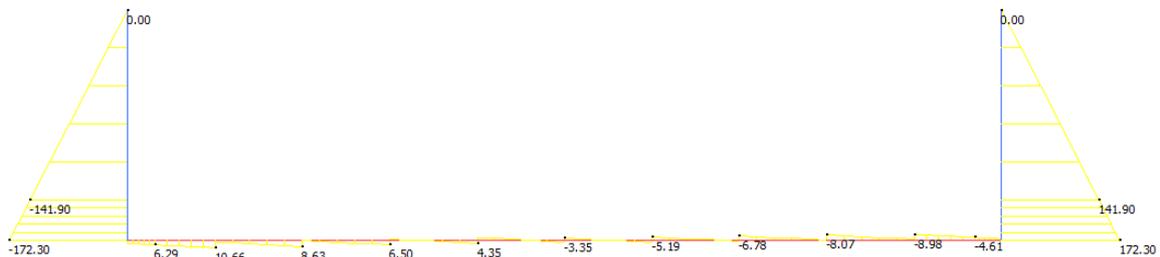


Figura 64: T – SLU

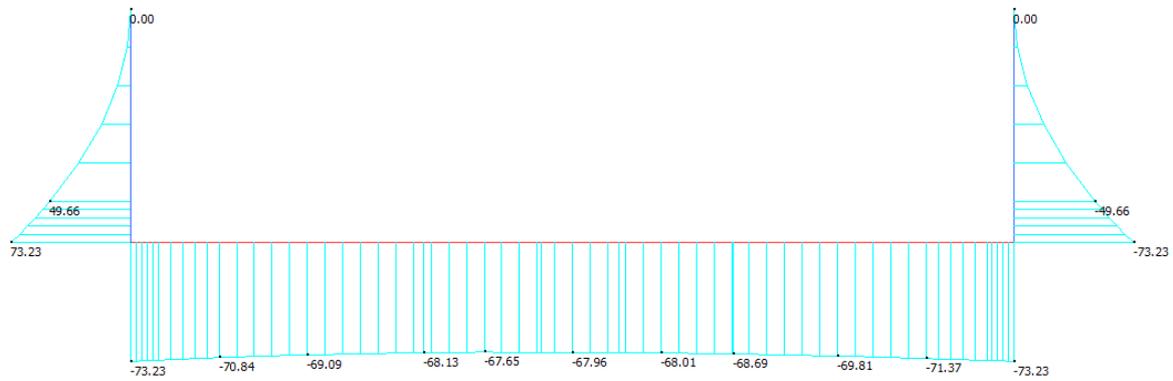


Figura 65: M – SLU

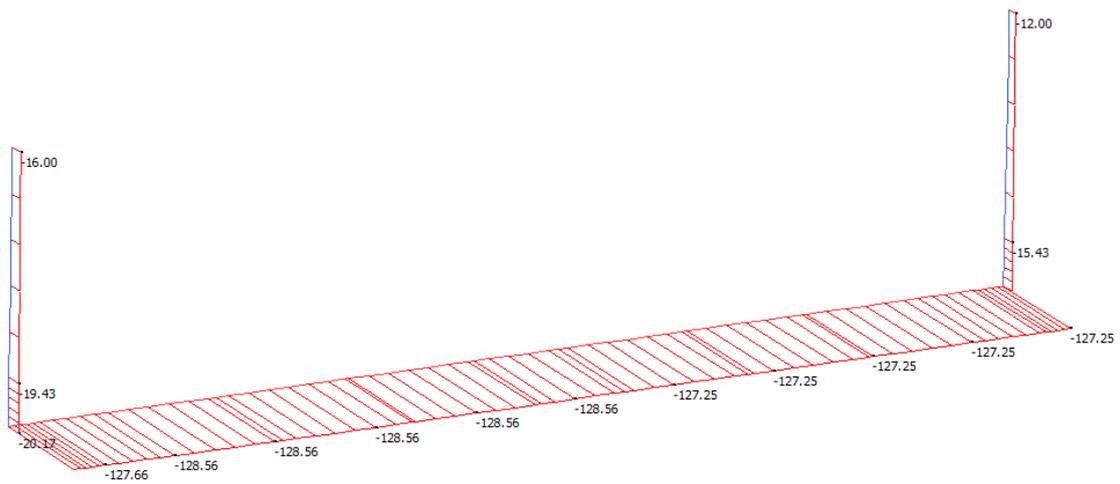


Figura 66: sforzo normale N- SLV

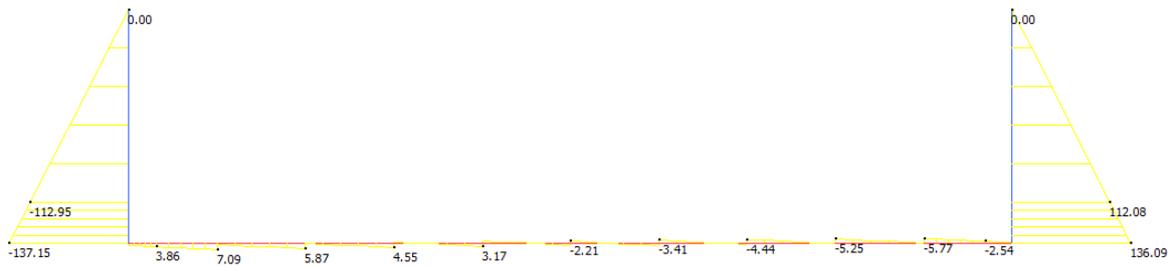


Figura 67: Taglio T – SLV

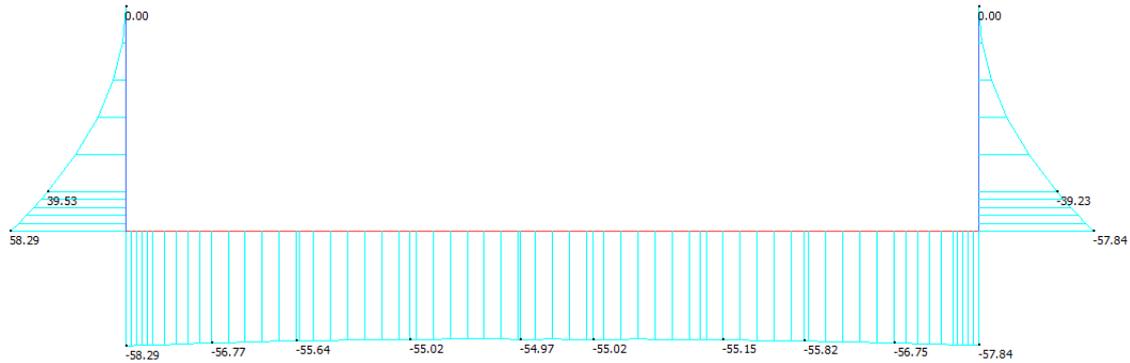


Figura 68: Momento -SLV (con deformazioni imposte)

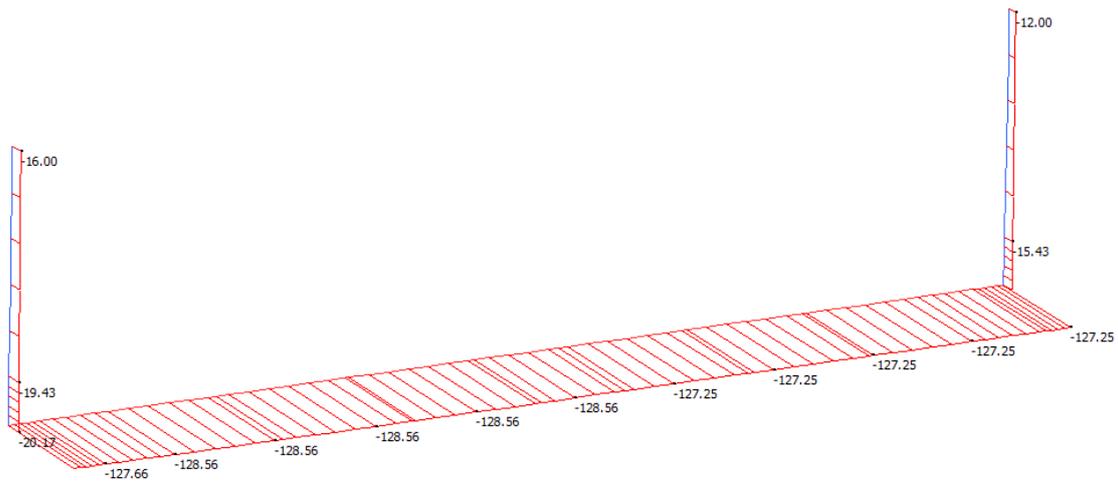


Figura 69: N- SLE RARA

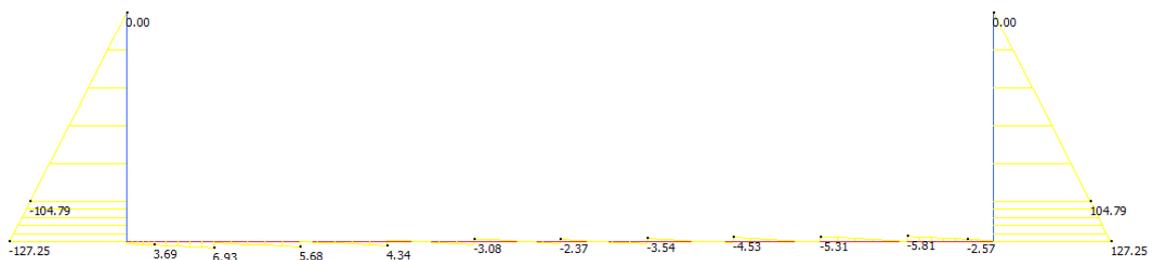


Figura 70: T- SLE RARA

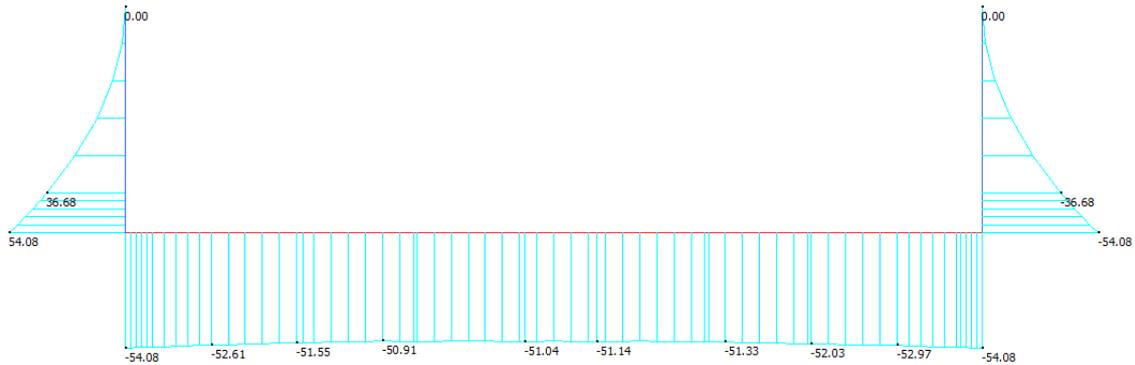


Figura 71: M – SLE RARA

Le sezioni verificate sono le seguenti

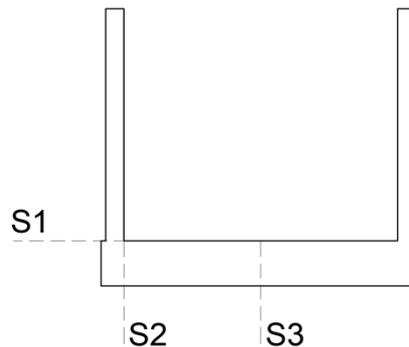


Figura 72: Sezioni di verifica

Poiché la spinta idraulica per il seguente concio è assente, in questo caso si è fatto un solo modello e di seguito si riportano i valori di sollecitazione:

sezione S1 – base piedritto (parete verticale)			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV)			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-28.63	141.9	49.66
ENV SLV	-19.43	112.95	39.53
ENV RARA	-19.43	104.79	36.68

sezione S2 - estremità fondazione			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV)			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-172.92	10.66	-72.7
ENV SLV	-137.15	7.09	-57.98
ENV RARA	-127.66	6.93	-53.78

sezione S3 - fondazione mezzeria			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV)			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-174.27	3.35	-68.24
ENV SLV	-137.15	2.21	-55.02
ENV RARA	-128.56	2.37	-51.04

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

6.4.5. Verifiche strutturali

Le verifiche strutturali sono state svolte in RC-Sec si riportano gli output delle verifiche.

Piedritto sezione S1

sezione S1 – base piedritto (parete verticale)			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV)			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-28.63	141.9	49.66
ENV SLV	-19.43	112.95	39.53
ENV RARA	-19.43	104.79	36.68

Si riporta la verifica del piedritto nella sezione d'incastro con la fondazione.

Sezione di calcolo

20x100 cm

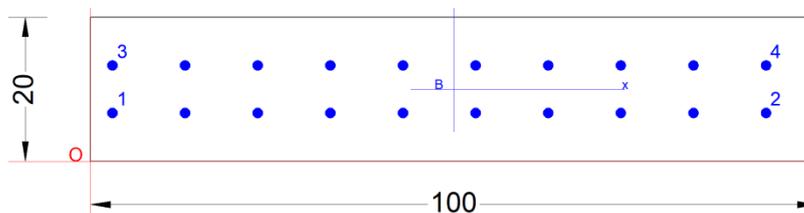
Armatura verticale

10 ϕ 12 layer 1 lato terreno

10 ϕ 12 layer 2 lato interno

Spilli

ϕ 10/20x20



DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	Diam ϕ [mm]
1	3.0	6.7	12
2	97.0	6.7	12
3	3.0	13.3	12
4	97.0	13.3	12

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
ϕ	Diametro in mm delle barre della generazione

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	137 di 224

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	8	12
2	3	4	8	12

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	37.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	37.00 (21.25)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	37.00 (21.25)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	138 di 224

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.4 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.4 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	50.00	0.00	0.00	63.18	0.00	1.26	22.6(2.6)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.372	0.0	20.0	-0.00124	3.0	13.3	-0.00591	3.0	6.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000707596	-0.010651922	0.372	0.905

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	139 di 224

1 S 12.67 100.0 20.0 -268.1 3.0 6.7 750 11.3

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	12.67	100.0	20.0	-268.1	3.0	6.7	750	11.3

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm} Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e _{sm} - e _{cm}	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e _{sm} - e _{cm}	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00249	0	0.500	12.0	24	0.00080 (0.00080)	217	0.174 (0.40)	21.25	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	12.67	100.0	20.0	-268.1	3.0	6.7	750	11.3

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e _{sm} - e _{cm}	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00249	0	0.500	12.0	24	0.00090 (0.00080)	217	0.196 (0.30)	21.25	0.00

Verifia a taglio

Si prevedono pilli $\phi 10/20 \times 20$

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$	mm larghezza	$f_{yk} = 450$	MPa	resist. caratteristica
$h = 250$	mm altezza	$\gamma_s = 1.15$		coeff. sicurezza
$c = 50$	mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$	MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 32$	MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:		
$\gamma_c = 1.50$	coeff. sicurezza	$A_{sl,1} = 10$	$\emptyset 14$	$= 15.39 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$	coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 200$	mm altezza utile	$A_{sl,3} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 18.13$	MPa resist. di calcolo			15.39 cm^2

• Sollecitazioni (compressione < 0, trazione > 0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = 0.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 142.0 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 2.000 < 2$$

$$v_{\min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{\min} = 0.560$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.008 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = 0.00 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / g_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{\min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 139.7 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{\min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 112.0 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 139.7 \text{ kN} \quad \text{valore di calcolo}$$

la sezione NON è verificata in assenza di armature per il taglio

• Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

$$\theta = 35.0 \quad \circ \quad \text{inclinaz. bielle cls} \quad \text{angolo ammissibile}$$

$$\alpha = 90.0 \quad \circ \quad \text{inclinaz. staffe}$$

Armatura a taglio (staffatura):

$$A_{sw}/s = \text{staffe } \emptyset 10 \text{ mm con n}^\circ \text{ bracci (trav)} \quad 5 \text{ passo } 20 \text{ cm} = 0.196 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (A_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cot \alpha + \cot \theta) \times \sin \alpha \quad V_{Rsd} = 197.5 \text{ kN}$$

$$f_{cd} = 9.07 \text{ MPa resist. di calcolo ridotta}$$

$$\alpha_c = 1.000 \quad \text{coeff. maggiorativo}$$

$$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f_{cd} \times (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \alpha) \quad V_{Rcd} = 766.8 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) \quad V_{Rd} = 197.5 > 142.0 \text{ kN} \quad \text{c.s.} = 1.4$$

la sezione armata a taglio risulta verificata.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A	FOGLIO 141 di 224

Fondazione

Fondazione mezzeria sezione S3

sezione S3 - fondazione mezzeria			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV)			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-174.27	3.35	-68.24
ENV SLV	-137.15	2.21	-55.02
ENV RARA	-128.56	2.37	-51.04

Si riporta la verifica della fondazione sezione di mezzaria.

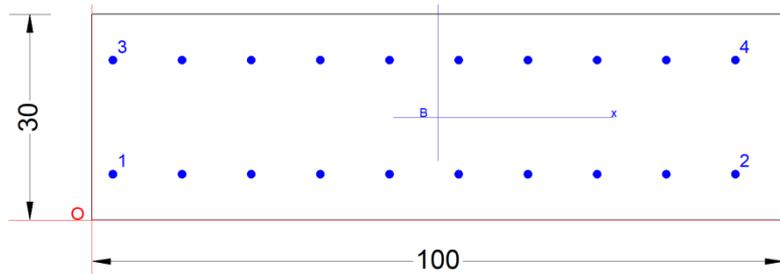
Sezione di calcolo

30x100 cm

Armatura longitudinale

10 ϕ 12 layer 1 lato terreno

10 ϕ 12 layer 2 lato interno



Spilli

ϕ 10/40x40

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C28/35

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	30.0
3	100.0	30.0
4	100.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	Diam ϕ [mm]
1	3.0	6.7	12
2	93.0	6.7	12
3	3.0	23.3	12
4	93.0	23.3	12

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	142 di 224

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	8	12
2	3	4	8	12

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	69.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	52.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	52.00 (45.70)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	143 di 224

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	52.00 (45.70)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	69.00	0.00	0.00	105.56	0.27	1.53	22.6(4.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.229	0.0	30.0	-0.00085	3.0	23.3	-0.01181	93.0	6.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000002385	0.000647731	-0.015931929	0.229	0.726

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	144 di 224

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.95	0.0	30.0	-225.5	93.0	6.7	735	11.3

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.95	0.0	30.0	-225.5	93.0	6.7	735	11.3

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e _{sm} - e _{cm}	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
sr max	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
wk	Massima distanza tra le fessure [mm]
Mx fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot \max(e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e _{sm} - e _{cm}	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00159	0	0.500	12.0	61	0.00068 (0.00068)	340	0.230 (0.40)	45.70	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.95	0.0	30.0	-225.5	93.0	6.7	735	11.3

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e _{sm} - e _{cm}	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00159	0	0.500	12.0	61	0.00073 (0.00068)	340	0.250 (0.30)	45.70	0.00

Verifia a taglio

Il taglio in mezzeri vale 4.00kN, tuttavia si dispongono spilli $\phi 10/40 \times 40$.

Fondazione estremità sezione S2

sezione S2 - estremità fondazione			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV)			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-172.92	10.66	-72.70
ENV SLV	-137.15	7.09	-57.98
ENV RARA	-127.66	6.93	-53.78

Si riporta la verifica della fondazione sezione di mezzaria.

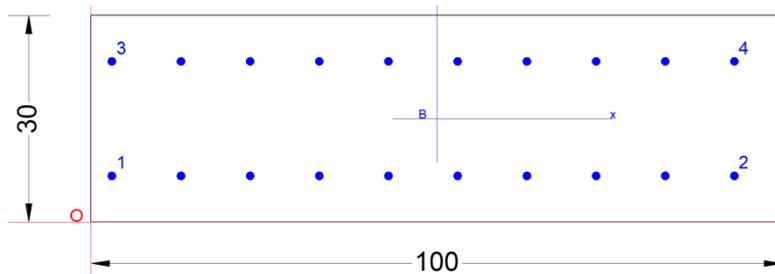
Sezione di calcolo

30x100 cm

Armatura longitudinale

10 ϕ 12 layer 1 lato terreno

10 ϕ 12 layer 2 lato interno



Spilli

ϕ 10/40x40

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	Diam ϕ [mm]
1	3.0	6.7	12
2	93.0	6.7	12
3	3.0	23.3	12
4	93.0	23.3	12

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
ϕ	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	ϕ
1	1	2	8	12
2	3	4	8	12

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	73.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	54.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	54.00 (45.70)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	54.00 (45.70)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	147 di 224

Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	73.00	0.00	0.00	105.56	0.27	1.45	22.6(4.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.229	0.0	30.0	-0.00085	3.0	23.3	-0.01181	93.0	6.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000002385	0.000647731	-0.015931929	0.229	0.726

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.22	0.0	30.0	-234.1	93.0	6.7	735	11.3

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.22	0.0	30.0	-234.1	93.0	6.7	735	11.3

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	148 di 224

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e _{sm} - e _{cm}	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr _{max}	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr_{max} \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx _{fess.}	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My _{fess.}	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e _{sm} - e _{cm}	sr _{max}	wk	Mx _{fess}	My _{fess}
1	S	-0.00165	0	0.500	12.0	61	0.00070 (0.00070)	340	0.239 (0.40)	45.70	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc _{max}	Xc _{max}	Yc _{max}	Sf _{min}	Xs _{min}	Ys _{min}	Ac _{eff.}	As _{eff.}
1	S	7.22	0.0	30.0	-234.1	93.0	6.7	735	11.3

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e _{sm} - e _{cm}	sr _{max}	wk	Mx _{fess}	My _{fess}
1	S	-0.00165	0	0.500	12.0	61	0.00078 (0.00070)	340	0.264 (0.30)	45.70	0.00

Verifia a taglio

Si prevedo spilli $\phi 10/40 \times 40$.

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$	mm larghezza	$f_{yk} = 450$	MPa	resist. caratteristica
$h = 300$	mm altezza	$\gamma_s = 1.15$		coeff. sicurezza
$c = 50$	mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$	MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 28$	MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:		
$\gamma_c = 1.50$	coeff. sicurezza	$A_{sl,1} = 5$	$\emptyset 14$	$= 7.70 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$	coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 250$	mm altezza utile	$A_{sl,3} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 15.87$	MPa resist. di calcolo			7.70 cm^2

• Sollecitazioni (compressione < 0, trazione > 0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = 0.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 11.0 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 1.894 < 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{min} = 0.483$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.003 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = 0.00 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / g_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 116.5 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 120.7 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 120.7 \text{ kN} \quad \text{assunto pari alla resistenza minima}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

• Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

$$\theta = 35.0^\circ \quad \text{inclinaz. bielle cls} \quad \text{angolo ammissibile}$$

$$\alpha = 90.0^\circ \quad \text{inclinaz. staffe}$$

Armatura a taglio (staffatura):

$$A_{sw}/s = \text{staffe } \emptyset 10 \text{ mm con n}^\circ \text{ bracci (trasv)} \quad 2.5 \quad \text{passo } 40 \text{ cm} = 0.049 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (A_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) \times \text{sen} \alpha \quad V_{Rsd} = 61.7 \text{ kN}$$

$$f_{cd} = 7.93 \text{ MPa resist. di calcolo ridotta}$$

$$\alpha_c = 1.000 \quad \text{coeff. maggiorativo}$$

$$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f_{cd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \alpha) \quad V_{Rcd} = 838.7 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) \quad V_{Rd} = 61.7 > 11.0 \text{ kN} \quad \text{c.s.} = 5.6$$

la sezione armata a taglio risulta verificata.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A	FOGLIO 150 di 224

6.4.6. *Verifiche a deformazione*

Si esegue la verifica a inflessione del muro a “U” secondo quanto riportato nell’EC 2 cap7.4 §7.4.1, la verifica risulta essere soddisfatta se l’inflessione calcolata di travi a sbalzo soggetti a carichi quasi permanere è inferiore a 1/250 della luce.

Nel caso in esame, considerando il piedritto a sbalzo la luce di calcolo vale 2H, quindi la luce per il piedritto vale:

$$L = 2 * H = 2 * 850 = 1700 \text{ mm}$$

Per cui si ricava il valore di inflessione massimo ammissibile:

$$f_{\max} = L / 250 = 1700 / 250 = 6.80 \text{ mm}$$

Dal modello si ricava una deformazione in testa del piedritto di:



Figura 6-73: Deformazione muro ad “U”

Il seguente valore viene moltiplicato per 3 per tenere conto delle deformazioni a tempo infinito.

$$f_u = 3 * 1.78 = 5.34 < 6.80 \text{ mm} = f_{\max}$$

Verificato

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO				
	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A
Relazione di calcolo rampe					

6.4.7. Incidenze armature Muro 4

Elemento strutturale	Sezione	Armatura Principale	Armatura Secondaria	incidenza
Piedritti	Nodo sup.	10 Φ 12 est. 10 Φ 12 int.	Φ 12/20 est. Φ 12 /20int.	210 kg/m ³
	Nodo inf.	10 Φ 14 est. 10 Φ 14 int.	Φ 12/20 est. Φ 12/20 int.	
Fondazione	mezzeria	10 Φ 12 est. 10 Φ 12 int.	Φ 12/20 est. Φ 12/20 int.	135 kg/m ³
	estremità	10 Φ 12 est. 10 Φ 12 int.	Φ 12/20 est. Φ 12/20 int.	

6.5. MODELLO DI CALCOLO vasca accumulo

6.5.1. Geometria Concio 5 – (sezione con vasca)

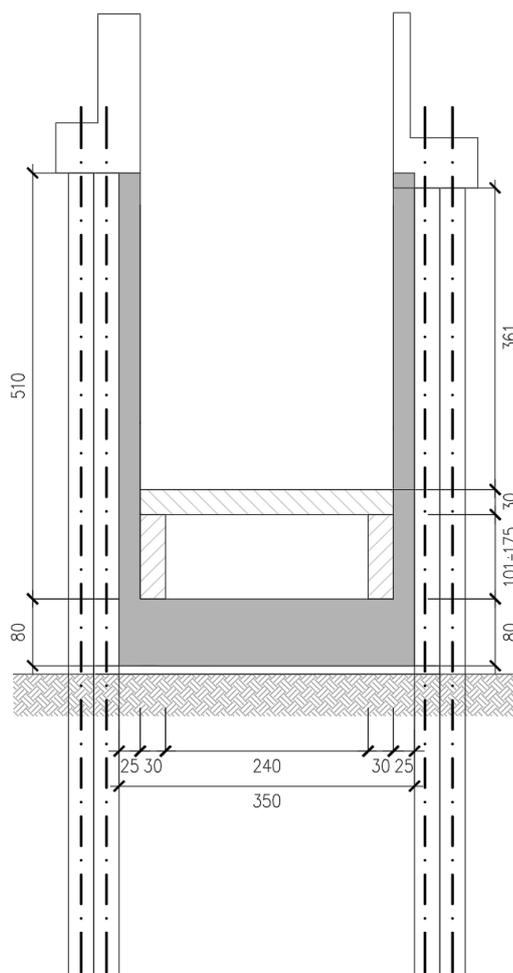


Figura 74: Geometria dell'opera

DATI GEOMETRICI			
Grandezza	Simbolo	Valore	U.M.
Larghezza totale	Ltot	3.50	m
Larghezza utile	Lint	3.00	m
Larghezza interasse	La	3.25	m
Spessore piedritti	Sp	0.25	m
Spessore fondazione	Sf	0.80	m
Altezza totale	Htot	5.90	m
Altezza libera	Hint	5.10	m

Le analisi per il calcolo delle sollecitazioni agenti sono state condotte su una "fetta" di struttura di 1.00 m.

	PROGETTO DEFINITIVO					
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A	FOGLIO 153 di 224

Il modello di calcolo attraverso il quale è schematizzata la struttura è quello di una U che poggia su un letto di molle alla Winkler.

Nella modellazione vengono impiegati elementi finiti di tipo trave “beam”. Ai suddetti elementi sono assegnate le caratteristiche inerziali della struttura reale derivanti dalle proprietà dei materiali e dalla geometria della sezione.

La geometria del modello ricalca la linea baricentrica degli elementi costituenti l’opera (modello in asse).

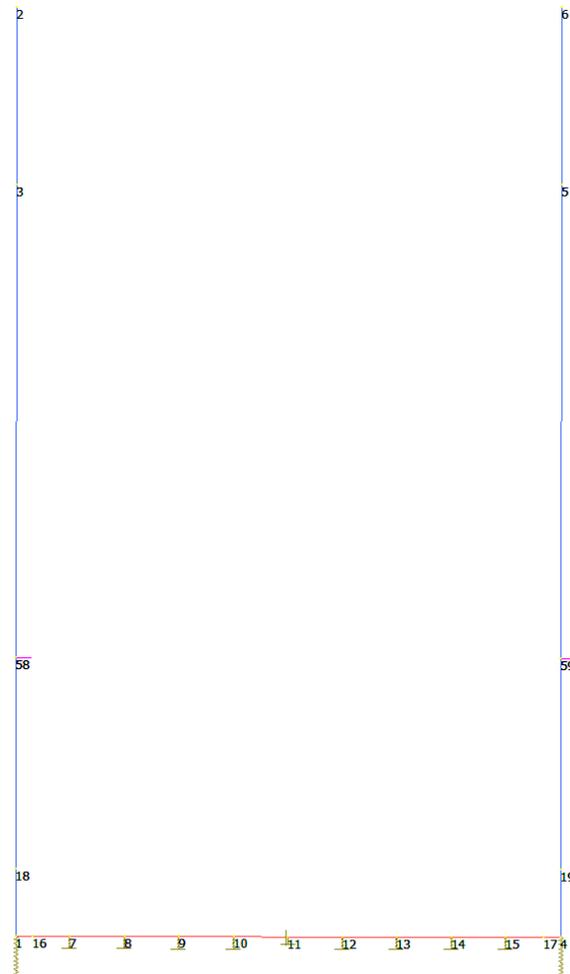


Figura 75: Numerazione dei nodi e dei frame del modello strutturale su letto di molle con vincolo centrale allo spostamento orizzontale

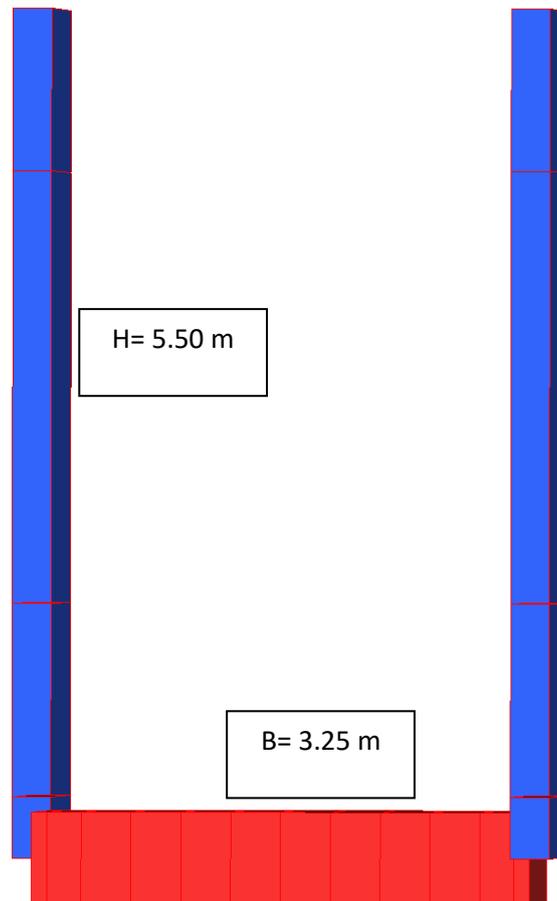


Figura 76: Vista estrusa del modello strutturale

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

6.5.2. Modellazione dell'interazione suolo-struttura

Si assume un valore del modulo di reazione verticale del terreno $K_s = 10000 \text{ kN/m}^3$, in base al quale ricavano i valori delle singole molle.

Secondo le indicazioni contenute nella SPECIFICA PER LA PROGETTAZIONE GEOTECNICA DELLE OPERE CIVILI FERROVIARIE **RFI DTC INC CS SP IFS 001 A**, la soletta inferiore viene suddivisa in 10 elementi di pari lunghezza, ossia 11 nodi ai quali sono assegnate le seguenti molle verticali. Considerata la profondità unitaria del modello ($B=1,0\text{m}$), si ha:

Molle centrali

Molle centrali

$$K_{\text{centrale}(11)} = K_s * (L_p/2 + L_{\text{int}} + L_p/2) / 10 = 3200 \text{ kN/m} \quad (10 = \text{numero di aste fondazione})$$

I valori delle molle di spigolo si ottengono con la seguente formulazione:

$$K_1 = K_4 = 2 * K_s * [(L_p/2 + L_{\text{int}} + L_p/2) / 10/2 + (L_p/2)] = 4960 \text{ kN/m}$$

ed infine in valori delle molle nei nodi 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15 come da letteratura si assumono:

$$K_7 = K_8 = K_9 = K_{10} = 1.5 * K_{\text{centrale}} = 4800 \text{ kN/m}$$

$$K_{12} = K_{13} = K_{14} = K_{15} = 1.5 * K_{\text{centrale}} = 4800 \text{ kN/m}$$

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

6.5.3. ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito i carichi utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche delle sezioni della struttura in esame.

6.5.3.1 Peso proprio della struttura (G1)

Il peso proprio delle solette e dei piedritti viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato considerando per il c.a. $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$. Il peso proprio viene automaticamente calcolato dal programma in base alle dimensioni delle sezioni degli elementi.

6.5.3.2 Carichi permanenti portati (G2)

Essendo la fondazione modellata su un letto di molle i carichi permanenti portati essendo uniformemente distribuiti non danno nessun contributo al calcolo dei momenti, a tal proposito si trascurano.

Sopra il muro ad U sono presenti parapetti di larghezza 0.50m con la funzione di barriera per lo svio dei veicoli transitanti su un lato di via Roma e di parapetto sul lato opposto.

Il parapetto è fondato sulla paratia di micropali, tuttavia si attribuisce che un'aliquota del peso ricada sul muro ad U si ha per tanto:

per la barriera lato via Roma:

$$\text{Area } A = (1.95 \times 0.5 + 0.5 \times 0.5) = 1.25 \text{ m}^2;$$

$$\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3;$$

carico in testa al muro ad U (cautelativamente ai fini del calcolo del muro ad U viene ripartito in parti uguali tra muro e paratia)

$$G2 = (A \cdot \gamma_c) / 2 = 1.25 \cdot 25 / 2 = 16 \text{ kN/m}$$

Lato marciapiede pedonale:

$$\text{Area } A = 2.05 \times 0.2 + 0.8 \times 0.6 = 0.95 \text{ m}^2;$$

$$\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3;$$

Carico in testa al muro ad U (cautelativamente ai fini del calcolo del muro ad U viene ripartito in parti uguali tra muro e paratia)

$$G2 = (A \cdot \gamma_c) / 2 = 0.95 \cdot 25 / 2 = 12 \text{ kN/m}$$

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO				
	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A
Relazione di calcolo rampe					

6.5.3.1 Spinta del terreno

La spinta del terreno risulta essere assente poiché a tergo del muro ad U da entrambi i lati è prevista una paratia di micropali che si fanno carico della spinta del terreno.

6.5.3.2 Spinta idraulica falda (W)

Assente

6.5.3.3 Carichi accidentali stradali (ACC1/ACC2)

I seguenti carichi non sono presi in considerazione perché sono a carico della paratia di micropali costruita a lato.

6.5.3.4 Azioni indotte dalle variazioni termiche (TERM)

L'azione termica risulta essere trascurabile, in quanto essendo la struttura pressochè isostatica, è libera di deformarsi senza variare lo stato tensionale interno.

6.5.3.5 Azioni indotte dagli spostamenti della paratia di micropali

Tra la paratia di micropali e il paramento del muro ad U, sarà interposto uno strato di polistirolo, con la funzione di evitare la nascita di sollecitazioni indotte dalla deformazione della paratia a tempo infinito.

Tuttavia ai fini cautelativi, viene inserita nel modello di calcolo una pressione costante equivalente, al fine di simulare una aliquota (80%) di sovrappressione indotta dalla paratia al paramento del muro in assenza del foglio di PS.

Si riportano in forma tabellare le pressioni indotte e il relativo spostamento in testa assunto:

	SPDPX Δx permanenti	SPDAX Δx accidentali	SPDSX Δx sisma
p[kN/m]	2.75	0.25	8.30
umax[mm]	4.75	0.42	14.26

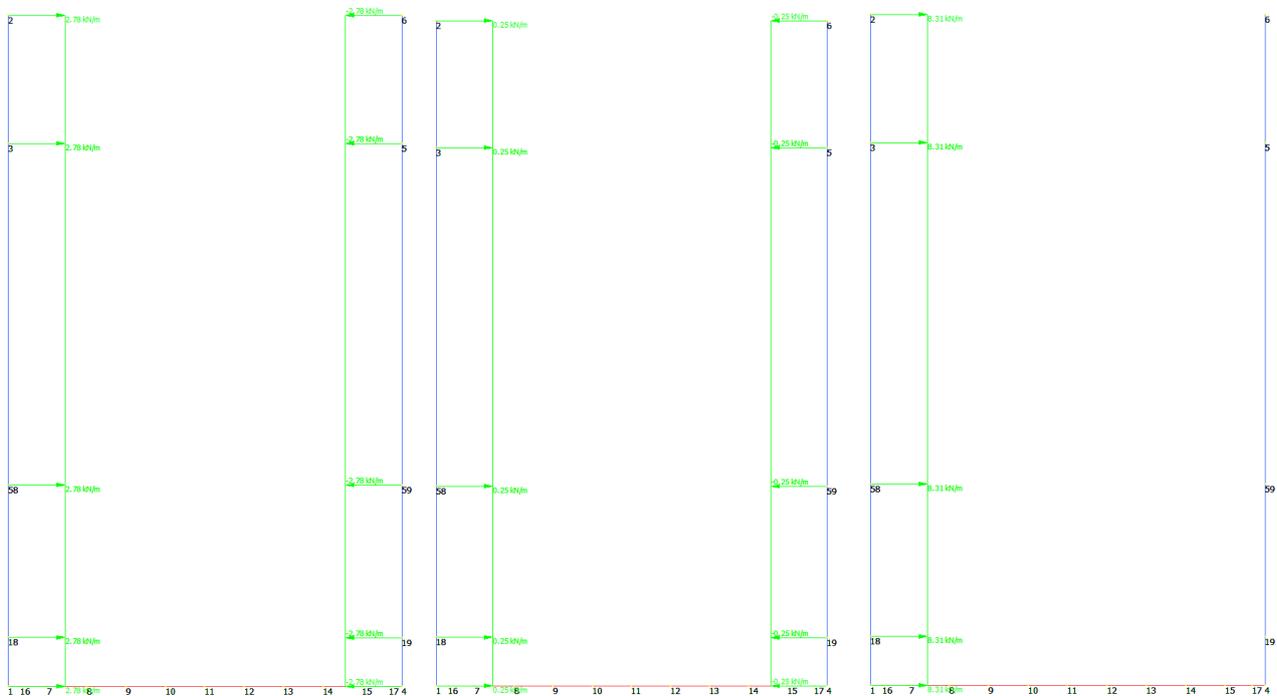


Figura 77 – Pressione applicata sui piedritti

6.5.3.6 Azioni sismiche

L'azione sismica è stata individuata in accordo con le normative vigenti sulla base dei seguenti parametri:

- Vita nominale dell'opera $V_N = 50$ anni
- Classe d'uso dell'opera II $C_u = 1.0$
- Categoria di sottosuolo B
- Categoria topografica T1

Coordinate del sito di progetto (Lat. = 45.683026° e Long. = 9.767658°)

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,028	2,447	0,197
50	0,036	2,487	0,213
475	0,102	2,426	0,272
975	0,135	2,454	0,278

dove:

$T_R \rightarrow$ tempo di ritorno;

- $a_g \rightarrow$ accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;
- $F_0 \rightarrow$ valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^* \rightarrow$ periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

Le accelerazioni massime per i vari stati limite di normativa nelle condizioni di sito reali sono:

Tr (anni)	amax
30	0,034
50	0,044
475	0,123
975	0,162

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico. I valori dei coefficienti sismici orizzontali k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \frac{a_{max}}{g} \quad k_v = \pm 0.50 \cdot k_h$$

dove :

- a_{max} = $S_s \cdot S_t \cdot a_g$ accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- g = accelerazione di gravità;

Essendo lo scatolare una struttura che non ammette spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume il valore unitario.

Pertanto, i due coefficienti sismici valgono:

Tr (anni)	k_h	k_v
30	0,034	0,017
50	0,044	0,022
475	0,123	0,062
975	0,162	0,081

Sovraspinta sismica del terreno

Poiché la struttura risulta essere confinata da una paratia di micropali la sovraspinta sismica del terreno viene assorbita dalla paratia a tal proposito nel seguente calcolo non viene inserita tale forzante.

Forze inerziali (E_x)

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti, di cui la componente verticale è considerata agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

6.5.3.7 Analisi dei carichi

Per le verifiche si adotta la combinazione delle azioni fondamentale SLU tratta dal § 2.5.3 NTC 2008:

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

I valori dei coefficienti da utilizzare sono stati adottati seguendo il vigente D.M. 2008 §5.1.3.12 secondo le tabelle 5.1.IV, 5.1.V, 5.1.VI., §6.2.3.1.1 secondo le tabelle 6.2.I, 6.2.II e §6.4.2.1 secondo la tabella 6.4.I.

In particolare, sono state effettuate le verifiche con riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo strutturale (STR)

raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

- STR) $\rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio si definiscono le seguenti combinazioni:

- Rara) $\rightarrow G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$
- Frequente) $\rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$
- Quasi permanente) $\rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

Per la condizione sismica, la combinazione per gli stati limite ultimi da prendere in considerazione è:

Combinazione sismica $\rightarrow E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

6.5.4. **COMBINAZIONE DEI CARICHI e sollecitazioni**

Per i calcoli strutturali dell'opera sono state considerate le seguenti combinazioni di carico:

SLU/SLV/SLE

	SLU	SLV 1	SLV 2	SLE (rara)	SLE (freq)	SLE (Q.P.)
G1	1.35	1	1	1	1	1
G2	1.50	1	1	1	1	1
Ex	0	1	-1	0	0	0
G2 spostamento	1.35	1	1	1	1	1
Q spostamento	1.50	0	0	1	0.75	0
Ex spostamento	0	1	1	0	0	0

Di seguito si riportano gli involuipi dei diagrammi delle sollecitazioni derivanti dalle combinazioni relative ai tre stati limite considerati.

Per la sovrapposizione degli effetti, al termine di questo paragrafo, le sollecitazioni dei due modelli verranno sommate al fine di ottenere le sollecitazioni globali agenti sul muro ad U .

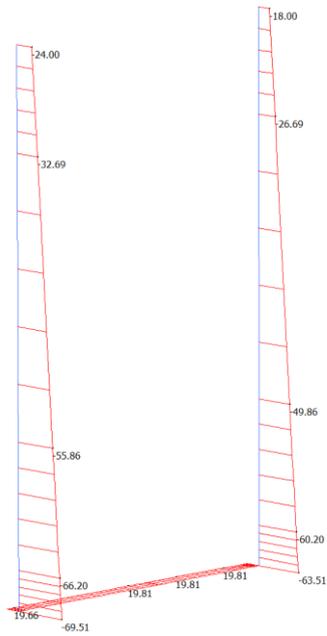


Figura 79: Inviluppo N – SLU

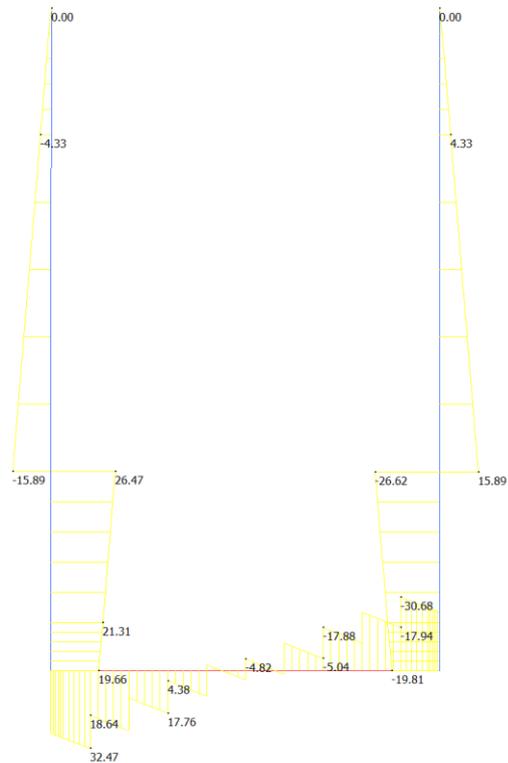


Figura 80: Inviluppo T – SLU

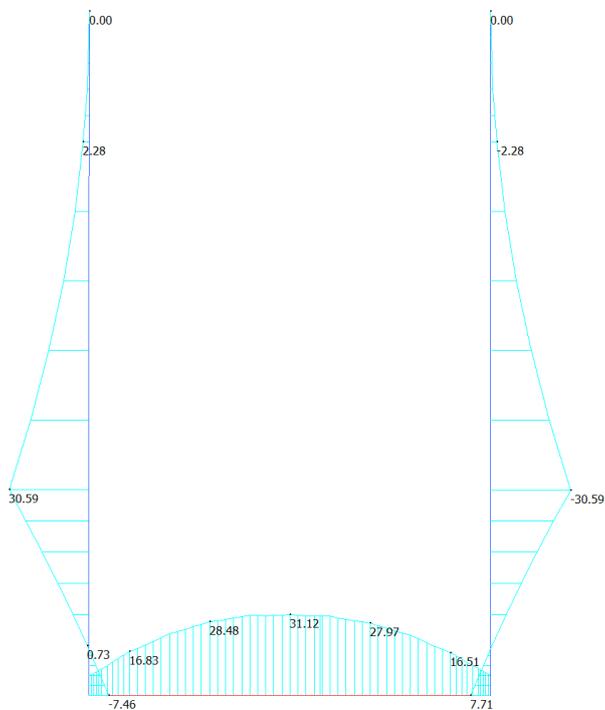


Figura 81: Involuppo M – SLU

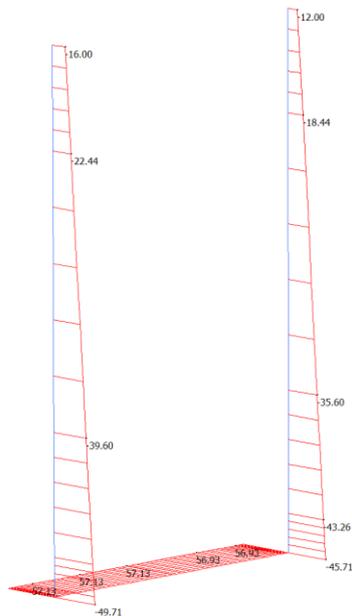


Figura 82: Involuppo N – SLU

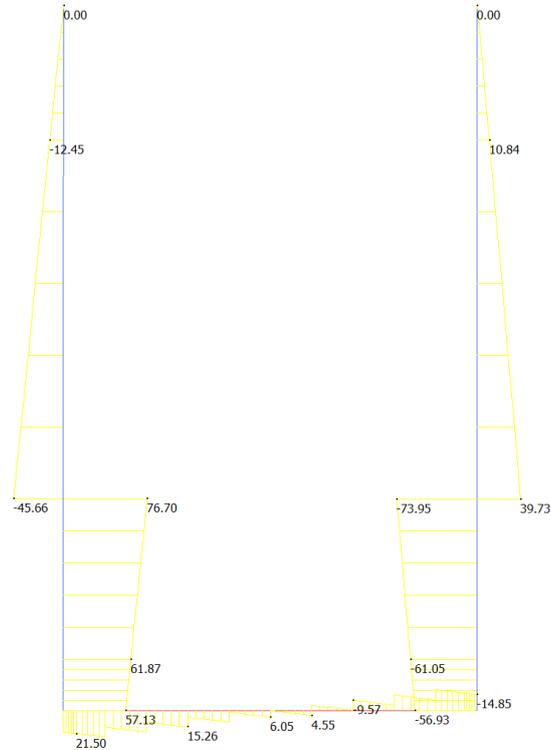


Figura 83: Inviluppo T – SLV

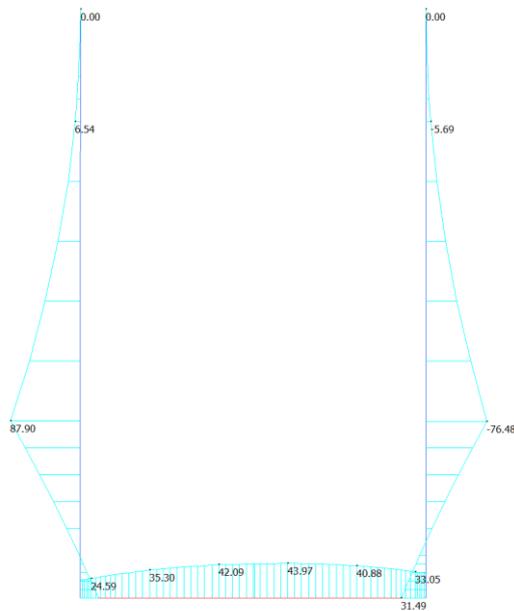


Figura 84: Inviluppo M – SLV

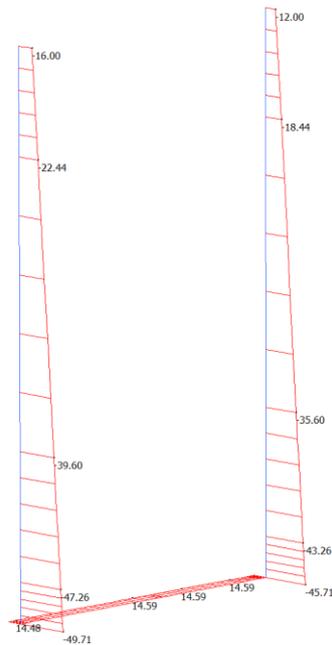


Figura 85: Involuppo N – SLE

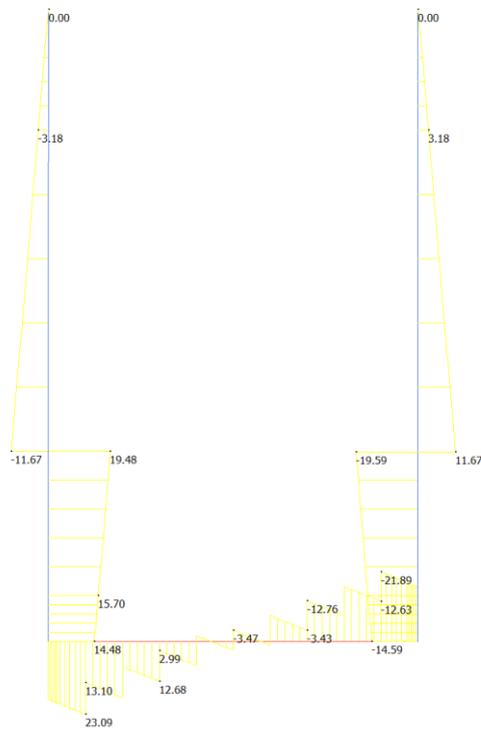


Figura 86: Involuppo T – SLE

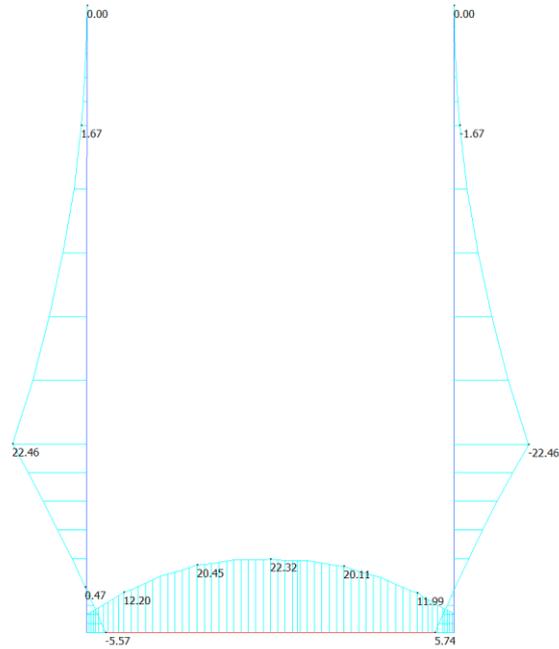


Figura 87: Involuppo M – SLE

Le sezioni verificate sono le seguenti

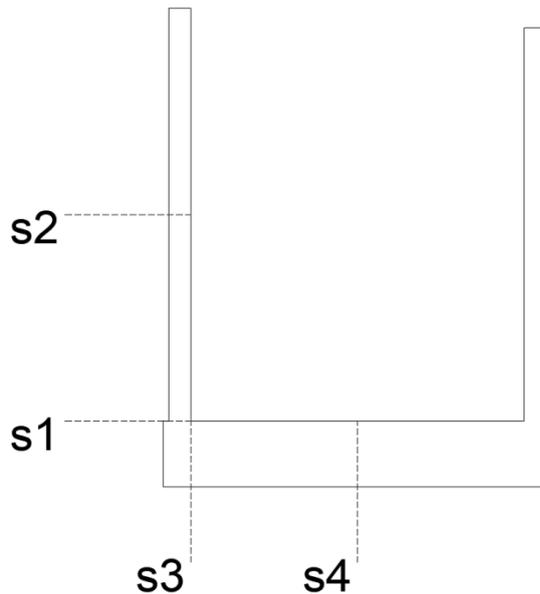


Figura 88: Sezioni di verifica

Qui a seguire vengono riportate le sollecitazioni totali per ogni sezione investigata:

sezione S1 – base piedritto (parete verticale)			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV) Modello 1			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-66.2	26.62	30.59
ENV SLV	-47.26	76.7	87.9
ENV RARA	-47.26	19.6	22.46

sezione S2 - piedritto mezzeria (parete verticale)			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV) Modello 1			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-47.76	10.36	13
ENV SLV	-31.38	29.75	37.34
ENV RARA	-31.38	7.6	9.54

sezione S3 - estremità fondazione			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV) Modello 1			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	19.66	32.47	10.24
ENV SLV	57.13	24.74	33.05
ENV RARA	14.48	23.09	7.53

sezione S4 - fondazione mezzeria			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV) Modello 1			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	19.81	4.82	31.12
ENV SLV	56.93	6.05	43.97
ENV RARA	14.59	3.47	22.32

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

6.5.5. Verifiche strutturali

Le verifiche strutturali sono state svolte in RC-Sec si riportano gli output delle verifiche.

Piedritto sezione S1

sezione S1 – base piedritto (parete verticale)			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV)			
Comb	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
ENV SLU	-66.2	26.62	30.59
ENV SLV	-47.26	76.7	87.9
ENV RARA	-47.26	19.6	22.46

Si riporta la verifica del piedritto nella sezione d'incastro con la fondazione.

Sezione di calcolo

25x100 cm

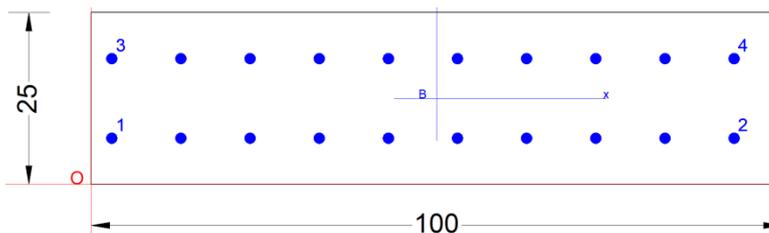
Armatura verticale

10φ14 layer 1 lato terreno

10φ14 layer 2 lato interno

Spilli

φ10/20x20



DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	8	14
2	3	4	8	14

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	169 di 224

Vy con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	88.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	23.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	23.00 (35.21)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	23.00 (35.21)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.3 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.6 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	170 di 224

As Tesa Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	88.00	0.00	0.00	106.67	-0.50	1.21	30.8(3.5)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.310	0.0	25.0	-0.00056	3.0	18.3	-0.00778	93.0	6.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000002411	0.000604415	-0.011610367	0.310	0.828

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.12	0.0	25.0	-96.6	93.0	6.7	757	15.4

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.12	0.0	25.0	-96.6	93.0	6.7	757	15.4

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1 Esito della verifica
Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	171 di 224

k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00077	0	0.500	14.0	60	0.00029 (0.00029)	321	0.093 (0.40)	35.21	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.12	0.0	25.0	-96.6	93.0	6.7	757	15.4

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00077	0	0.500	14.0	60	0.00029 (0.00029)	321	0.093 (0.30)	35.21	0.00

Verifica a taglio

Si prevedono spilli $\phi 10/20 \times 20$

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$	mm larghezza	$f_{yk} = 450$	MPa	resist. caratteristica
$h = 250$	mm altezza	$\gamma_s = 1.15$		coeff. sicurezza
$c = 50$	mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$	MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 32$	MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:		
$\gamma_c = 1.50$	coeff. sicurezza	$A_{sl,1} = 10$	$\emptyset 14$	$= 15.39 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$	coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 200$	mm altezza utile	$A_{sl,3} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 18.13$	MPa resist. di calcolo			15.39 cm^2

• Sollecitazioni (compressione < 0, trazione > 0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = 0.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 78.0 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 2.000 < 2$$

$$v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{min} = 0.560$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.008 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = 0.00 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0.18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / g_c + 0.15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0.15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 139.7 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0.15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 112.0 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 139.7 \text{ kN} \quad \text{valore di calcolo}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

• Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

$$\theta = 45.0^\circ \quad \text{inclinaz. bielle cls} \quad \text{angolo ammissibile}$$

$$\alpha = 90.0^\circ \quad \text{inclinaz. staffe}$$

Armatura a taglio (staffatura):

$$\lambda_{sw}/s = \text{staffe } \emptyset 10 \text{ mm con } n^\circ \text{ bracci (trasv. } 5 \text{ passo } 20 \text{ cm} = 0.196 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (\lambda_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) \times \text{sen} \alpha \quad V_{Rsd} = 138.3 \text{ kN}$$

$$f_{cd} = 9.07 \text{ MPa resist. di calcolo ridotta}$$

$$\alpha_c = 1.000 \quad \text{coeff. maggiorativo}$$

$$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f_{cd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \alpha) \quad V_{Rcd} = 816.0 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) \quad V_{Rd} = 138.3 > 78.0 \text{ kN} \quad \text{c.s.} = 1.8$$

la sezione armata a taglio risulta verificata.

Piedritto Sezione S2

sezione S2 - piedritto mezzeria (parete verticale)			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV)			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	-47.76	10.36	13
ENV SLV	-31.38	29.75	37.34
ENV RARA	-31.38	7.6	9.54

Si riporta la verifica del piedritto nella sezione d'incastro con la fondazione.

Sezione di calcolo

25x100 cm

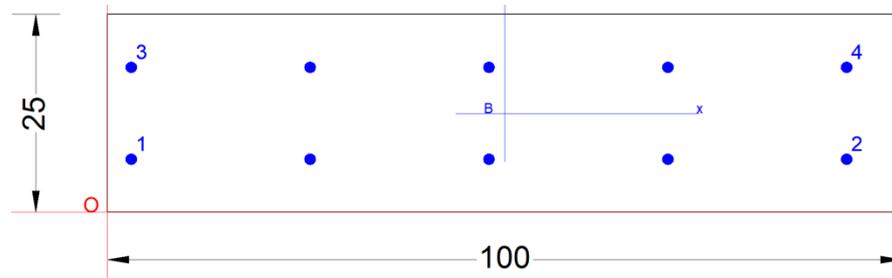
Armatura verticale

5 ϕ 12 layer 1 lato terreno

5 ϕ 12 layer 2 lato interno

Spilli

ϕ 10/40x40



CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	25.0
3	100.0	25.0
4	100.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	Diam ϕ [mm]
1	3.0	6.7	12
2	93.0	6.7	12
3	3.0	18.3	12
4	93.0	18.3	12

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	174 di 224

N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	12
2	3	4	3	12

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	38.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	10.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	10.00 (32.84)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	175 di 224

1 0.00 10.00 (32.84) 0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.4 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 10.4 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	38.00	0.00	0.00	51.13	0.01	1.35	11.3(3.5)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.175	0.0	25.0	-0.00371	3.0	18.3	-0.01651	93.0	6.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000003709	0.001074739	-0.023368476	0.175	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	176 di 224

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.70	0.0	25.0	-104.0	93.0	6.7	503	5.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.70	0.0	25.0	-104.0	93.0	6.7	503	5.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\text{ eff}}$ [eq.(7.11)EC2]
e _{sm} - e _{cm}	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e _{sm} - e _{cm}	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00078	0	0.500	12.0	61	0.00031 (0.00031)	389	0.121 (0.40)	32.84	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.70	0.0	25.0	-104.0	93.0	6.7	503	5.7

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e _{sm} - e _{cm}	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00078	0	0.500	12.0	61	0.00031 (0.00031)	389	0.121 (0.30)	32.84	0.00

Verifica a taglio

Si prevedono spilli $\phi 10/40 \times 40$

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$	mm larghezza	$f_{yk} = 450$	MPa	resist. caratteristica
$h = 250$	mm altezza	$\gamma_s = 1.15$		coeff. sicurezza
$c = 50$	mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$	MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 32$	MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:		
$\gamma_c = 1.50$	coeff. sicurezza	$A_{sl,1} = 5$	$\emptyset 12$	$= 5.65 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$	coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 200$	mm altezza utile	$A_{sl,3} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 18.13$	MPa resist. di calcolo			5.65 cm^2

• Sollecitazioni (compressione <0, trazione >0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = 0.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 30.0 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 2.000 < 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{min} = 0.560$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.003 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = 0.00 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / g_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 100.0 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 112.0 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 112.0 \text{ kN} \quad \text{assunto pari alla resistenza minima}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

• Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

$$\theta = 45.0^\circ \quad \text{inclinaz. bielle cls} \quad \text{angolo ammissibile}$$

$$\alpha = 90.0^\circ \quad \text{inclinaz. staffe}$$

Armatura a taglio (staffatura):

$$A_{sw}/s = \text{staffe } \emptyset 10 \text{ mm con n}^\circ \text{ bracci (trasv. } 2.5 \text{ passo } 40 \text{ cm} = 0.049 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (A_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) \times \text{sen} \alpha \quad V_{Rsd} = 34.6 \text{ kN}$$

$$f_{cd} = 9.07 \text{ MPa resist. di calcolo ridotta}$$

$$\alpha_c = 1.000 \quad \text{coeff. maggiorativo}$$

$$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f_{cd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \alpha) \quad V_{Rcd} = 816.0 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) \quad V_{Rd} = 34.6 > 30.0 \text{ kN} \quad \text{c.s.} = 1.2$$

la sezione armata a taglio risulta verificata.

Fondazione

Fondazione mezzera sezione S4

sezione S4 - fondazione mezzaria			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV)			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	19.81	4.82	31.12
ENV SLV	56.93	6.05	43.97
ENV RARA	14.59	3.47	22.32

Si riporta la verifica della fondazione sezione di mezzaria.

Sezione di calcolo

80x100 cm

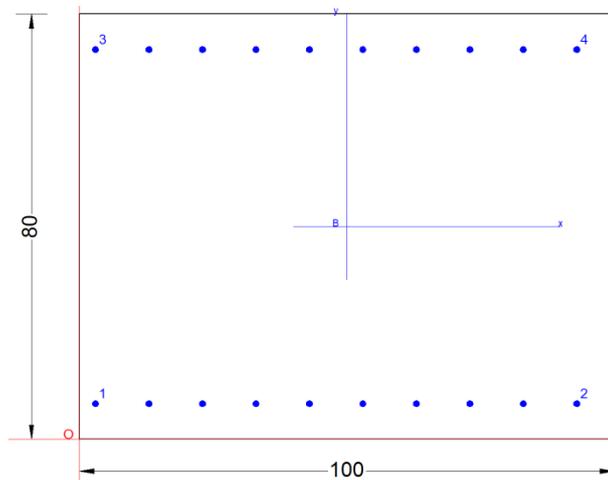
Armatura longitudinale

5 ϕ 12 layer 1 lato terreno

5 ϕ 12 layer 2 lato interno

Spilli

ϕ 10/40x40



CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C28/35

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	80.0
3	100.0	80.0
4	100.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	3.0	6.7	12
2	97.0	6.7	12
3	3.0	73.3	12
4	97.0	73.3	12

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	179 di 224

Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	8	12
2	3	4	8	12

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	44.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	23.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	23.00 (320.36)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	23.00 (320.36)	0.00 (0.00)

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	180 di 224

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	2.4	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	9.2	cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)
As Tesa	Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000 Area armature trave [cm ²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	44.00	0.00	0.00	354.10	0.00	8.05	22.6(12.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.073	0.0	80.0	-0.00089	3.0	73.3	-0.04449	3.0	6.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000654762	-0.048880936	0.073	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	181 di 224

1 S 0.44 0.0 80.0 -29.7 97.0 6.7 1454 11.3

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.44	0.0	80.0	-29.7	97.0	6.7	1454	11.3

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac_{eff} [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00016	0	0.500	12.0	24	0.00009 (0.00009)	344	0.031 (0.40)	320.36	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.44	0.0	80.0	-29.7	97.0	6.7	1454	11.3

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00016	0	0.500	12.0	24	0.00009 (0.00009)	344	0.031 (0.30)	320.36	0.00

Verifia a taglio

La sollecitazione a taglio è di soli 6,00 kN, trascurabile vista la sezione, tuttavia si dispongono costruttivamente spilli $\phi 10/40 \times 40$

Fondazione estremità sezione S3

sezione S3 - estremità fondazione			
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU-SLV)			
Comb	N [KN]	T [KN]	M [KNm]
ENV SLU	19.66	32.47	10.24
ENV SLV	57.13	24.74	33.05
ENV RARA	14.48	23.09	7.53

Si riporta la verifica della fondazione sezione di mezzaria.

Sezione di calcolo

80x100 cm

Armatura longitudinale

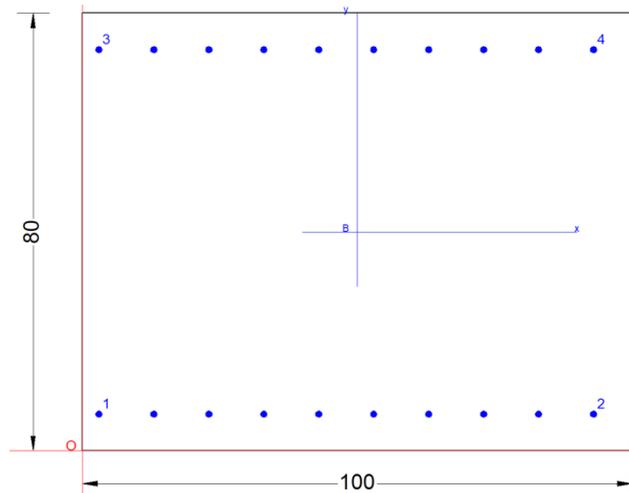
10 ϕ 12 layer 1 lato terreno

10 ϕ 12 layer 2 lato interno

Spilli

ϕ 10/40x40

DATI BARRE ISOLATE



N°Barra	X [cm]	Y [cm]	Diam ϕ [mm]
1	3.0	6.7	12
2	97.0	6.7	12
3	3.0	73.3	12
4	97.0	73.3	12

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	ϕ
1	1	2	8	12
2	3	4	8	12

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	183 di 224

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	33.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	8.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	8.00 (320.36)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	8.00 (320.36)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.4 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 9.2 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	184 di 224

N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
	Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm ²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	33.00	0.00	0.00	354.10	0.00	10.73	22.6(12.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.073	0.0	80.0	-0.00089	3.0	73.3	-0.04449	3.0	6.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000654762	-0.048880936	0.073	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.15	0.0	80.0	-10.3	97.0	6.7	1454	11.3

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.15	0.0	80.0	-10.3	97.0	6.7	1454	11.3

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	185 di 224

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
sr max	Tra parentesi: valore minimo = $0.6\ S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
wk	Massima distanza tra le fessure [mm]
Mx fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max*(e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00006	0	0.500	12.0	24	0.00003 (0.00003)	344	0.011 (0.40)	320.36	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.15	0.0	80.0	-10.3	97.0	6.7	1454	11.3

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00006	0	0.500	12.0	24	0.00003 (0.00003)	344	0.011 (0.30)	320.36	0.00

Verifica a taglio

Si prevedono spilli $\phi 10/40 \times 40$

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$	mm larghezza	$f_{yk} = 450$	MPa	resist. caratteristica
$h = 800$	mm altezza	$\gamma_s = 1.15$		coeff. sicurezza
$c = 50$	mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$	MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 28$	MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:		
$\gamma_c = 1.50$	coeff. sicurezza	$A_{sl,1} = 10$	$\emptyset 12$	$= 11.31 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$	coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 750$	mm altezza utile	$A_{sl,3} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 15.87$	MPa resist. di calcolo			11.31 cm^2

• Sollecitazioni (compressione < 0, trazione > 0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = 0.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 33.0 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 1.516 < 2$$

$$v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{min} = 0.346$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.002 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = 0.00 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

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

$$V_{Rd} = 220.6 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0.15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 259.4 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 259.4 \text{ kN} \quad \text{assunto pari alla resistenza minima}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

• Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

$$\theta = 45.0^\circ \quad \text{inclinaz. bielle cls} \quad \text{angolo ammissibile}$$

$$\alpha = 90.0^\circ \quad \text{inclinaz. staffe}$$

Armatura a taglio (staffatura):

$$A_{sw}/s = \text{staffe } \emptyset 10 \text{ mm con } n^\circ \text{ bracci (trasv. } 2.5 \text{ passo } 40 \text{ cm} = 0.049 \text{ cm}^2/c$$

$$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (A_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) \times \text{sen} \alpha \quad V_{Rsd} = 129.7 \text{ kN}$$

$$f'_{cd} = 7.93 \text{ MPa resist. di calcolo ridotta}$$

$$\alpha_c = 1.000 \quad \text{coeff. maggiorativo}$$

$$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f'_{cd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \alpha) \quad V_{Rcd} = 2677.6 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) \quad V_{Rd} = 129.7 > 33.0 \text{ kN} \quad \text{c.s.} = 3.9$$

la sezione armata a taglio risulta verificata.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

6.5.6. Verifiche a deformazione

Si esegue la verifica a inflessione del muro a "U" secondo quanto riportato nell'EC 2 cap7.4 §7.4.1, la verifica risulta essere soddisfatta se l'inflessione calcolata di travi a sbalzo soggetti a carichi quasi permrane è inferiore a 1/250 della luce.

Nel caso in esame, considerando il piedritto a sbalzo la luce di calcolo vale 2H, quindi la luce per il piedritto vale:

$$L = 2 * H = 2 * 5500 = 11000 \text{ mm}$$

Per cui si ricava il valore di inflessione massimo ammissibile:

$$f_{\max} = L / 250 = 11000 / 250 = 44.0 \text{ mm}$$

Dal modello si ricava una deformazione in testa del piedritto di:

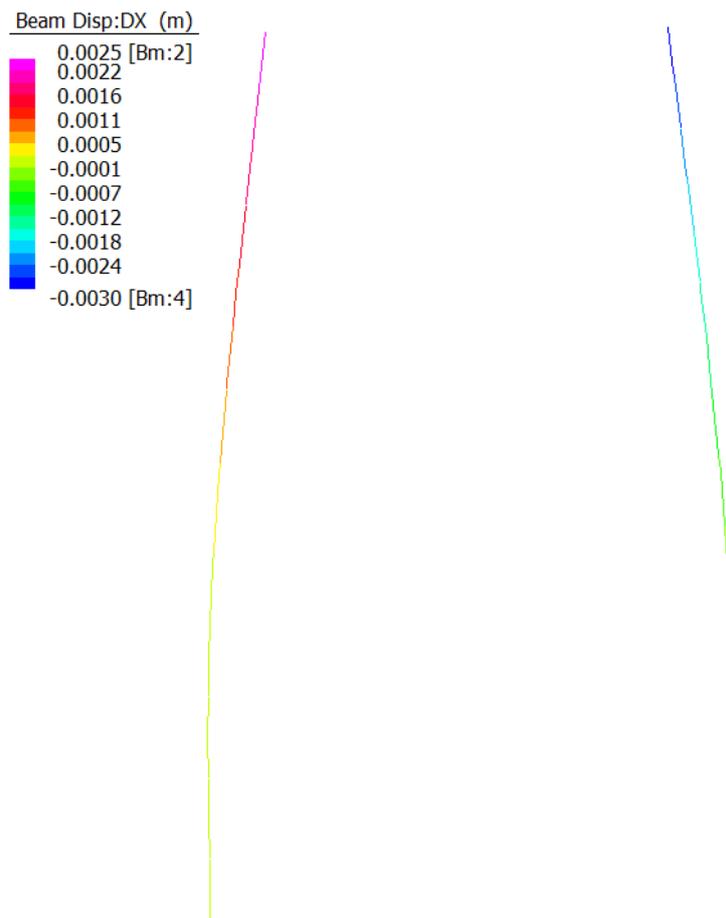


Figura 6-89: Deformazione muro ad "U"

Il seguente valore viene moltiplicato per 3 per tenere conto delle deformazioni a tempo infinito.

$$f_u = 3 * 3.00 = 9.00 \text{ mm} < 44.0 \text{ mm} = f_{\max}$$

Verificato

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A	FOGLIO 188 di 224

6.5.7. Incidenze armature vasca di accumulo

Elemento strutturale	Sezione	Armatura Principale	Armatura Secondaria	incidenza
Piedritti	Nodo sup.	5 Φ 12 est. 5 Φ 12 int.	Φ 12/20 est. Φ 12/20 int.	165 kg/m ³
	Nodo inf.	10 Φ 14 est. 10 Φ 14 int.	Φ 12/20 est. Φ 12/20 int.	
Fondazione	mezzeria	10 Φ 12 est. 10 Φ 12 int.	Φ 12/20 est. Φ 12/20 int.	55 kg/m ³
	estremità	10 Φ 12 est. 10 Φ 12 int.	Φ 12/20 est. Φ 12/20 int.	

6.6. COPERTURA VASCA DI RACCOLTA

6.6.1. Geometria soletta

La soletta di copertura della vasca risulta essere appoggiata su dei piedritti di spessore 30cm, lo schema statico alla quale si fa riferimento per la sua progettazione è quello di trave in semplice appoggio.

La soletta viene progettata per i soli carichi verticali.

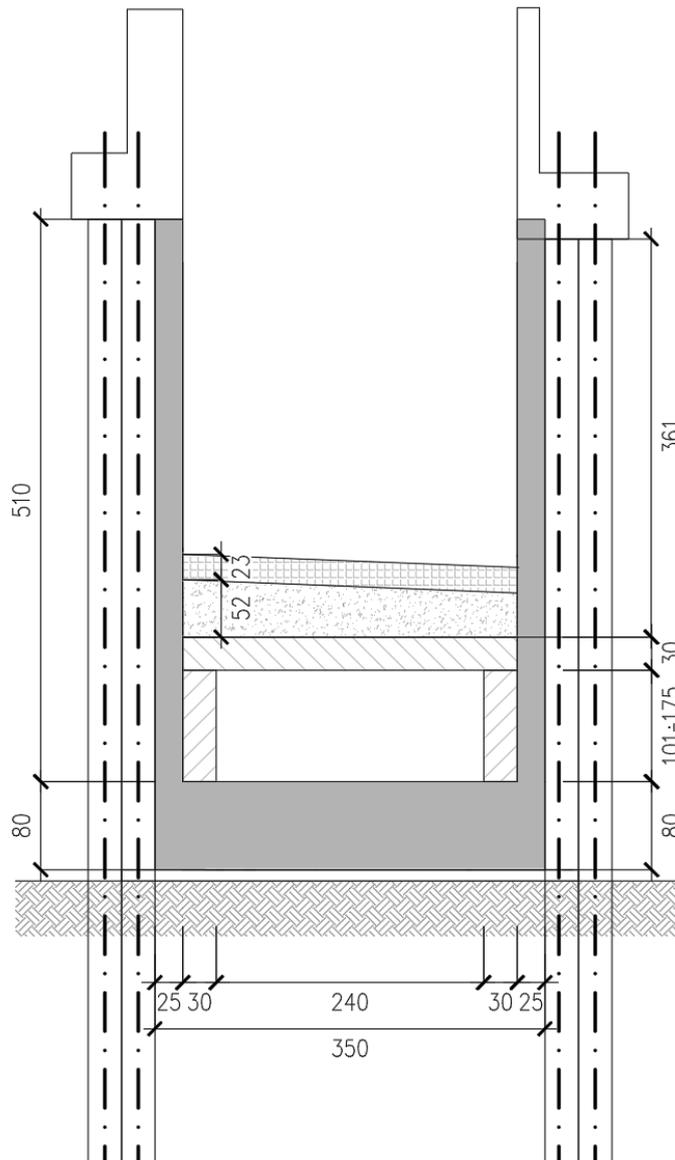


Figura 6-90: Sezione zona vasca

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

6.6.2. ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito i carichi utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche delle sezioni della struttura in esame.

6.6.2.1 Peso proprio della struttura (PP)

Il peso proprio della soletta viene calcolata considerando come peso specifico del calcestruzzo armato $\gamma_c = 25$ kN/m³. Il peso proprio in base alle dimensioni della sezione dell'elemento, ovvero spessore 30cm e 100cm di profondità:

$$G1=25 \times 0.30 \times 1.00 = 7.5 \text{ kN/m.}$$

6.6.2.2 Carichi permanenti portati

I carichi permanenti portati equivalgono al pacchetto della pavimentazione e dal riempimento:

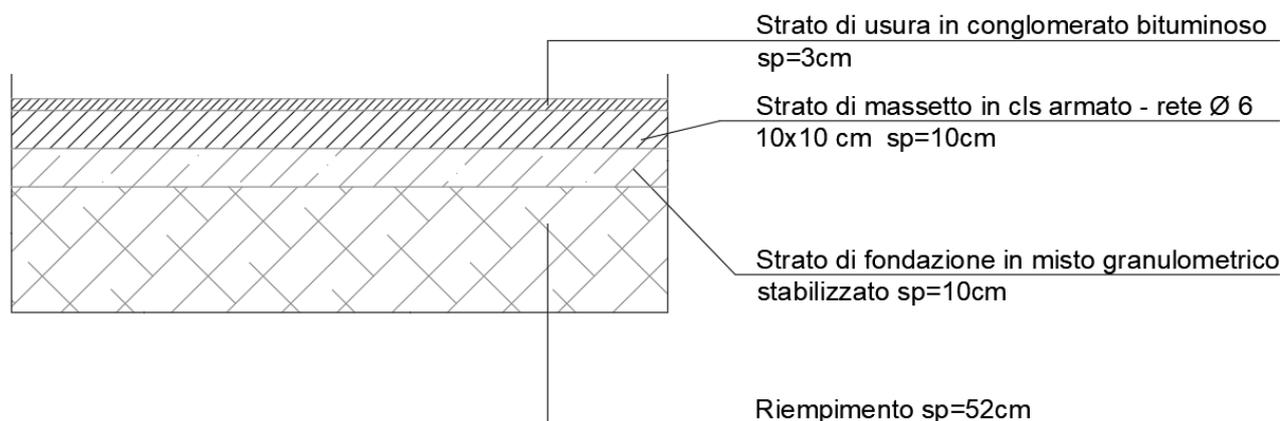


Figura 6-91: Particolare pavimentazione ciclo pedonale

$$G2=(0.03 \times 21 + 0.10 \times 21 + 0.10 \times 18 + 0.52 \times 18) \times 1.00 = 13.89 \text{ kN/m}$$

Cautelativamente si arrotonda il carico $G2=14.00$ kN/m

6.6.2.3 Carichi Accidentali da folla

Si assume un carico dovuto alla folla di 5.00 kN/m²

6.6.2.4 Sollecitazione trasmesse dal Muro ad U

Poiché la soletta funziona come puntone per il muro ad U, esso sopporta delle forze di compressione pari a:

$$R_x(\text{SLU})=167 \text{ kN}$$

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A	FOGLIO 191 di 224

$R_x(SLV)=215 \text{ kN}$

$R_x(SLE)=123 \text{ kN}$

Poichè lo sforzo è di compressione, viene trascurato a favore di sicurezza.

6.6.2.5 Analisi dei carichi

Per le verifiche si adotta la combinazione delle azioni fondamentale SLU tratta dal § 2.5.3 NTC 2008:

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

I valori dei coefficienti da utilizzare sono stati adottati seguendo il vigente D.M. 2008 §5.1.3.12 secondo le tabelle 5.1.IV, 5.1.V, 5.1.VI., §6.2.3.1.1 secondo le tabelle 6.2.I, 6.2.II e §6.4.2.1 secondo la tabella 6.4.I.

In particolare, sono state effettuate le verifiche con riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo strutturale (STR)

raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

- STR) $\rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio si definiscono le seguenti combinazioni:

- Rara) $\rightarrow G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$
- Frequente) $\rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$
- Quasi permanente) $\rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

6.6.3. **COMBINAZIONE DEI CARICHI e sollecitazioni**

Per i calcoli strutturali dell'opera sono state considerate le seguenti combinazioni di carico:

SLU/SLE.

Ai fini cautelativi, per la combinazione di esercizio quasi permanente, non si applica il fattore di riduzione $\psi_{0.2}$ per il carico accidentale.

	SLU	SLE (rara)	SLE (freq)	SLE (Q.P.)
G1	1.35	1	1	1
G2	1.50	1	1	1
Q	1,50	1	1	1

Di seguito si riportano lo schema statico adottato e le sollecitazioni.

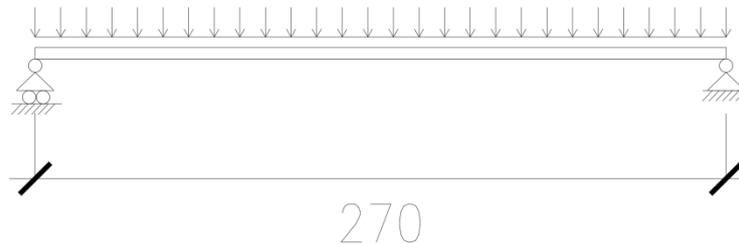


Figura 6-92: Schema statico

Calcolo momenti

$$M(\text{SLU}) = qL^2/8 = (1.35 \times 7.50 + 1.5 \times 14.00 + 1.5 \times 5.00) \times 2.70^2 / 8 = 35.20 \text{ kNm}$$

$$M(\text{SLE}) = qL^2/8 = (1.00 \times 7.50 + 1.0 \times 14.00 + 1.0 \times 5.00) \times 2.70^2 / 8 = 24.15 \text{ kNm}$$

Calcolo Taglio

$$T = qL/2 = (1.35 \times 7.50 + 1.5 \times 14.00 + 1.5 \times 5.00) \times 2.70 / 2 = 52.15 \text{ kN}$$

Si calcola la deformazione in mezzzeria:

$$E_c (\text{fessurato}) = 16154 \text{ Mpa}$$

$$I = bxh^3/12 = 1000 \times 300^3/12 = 2.25 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$f = 5/384 \times (qL^4)/EI = 5/384 \times [(1.00 \times 7.50 + 1.0 \times 14.00 + 1.0 \times 5.00)] \times 2700^4 / (16154 \times 2.25 \times 10^9) = 0.51 \text{ mm}$$

$$\text{Limite deformazione ammissibile } f_{\text{max}} = L/300 = 2700/300 = 9.00 \text{ mm}$$

$$f = 0.50 \text{ mm} < 9.00 \text{ mm} = f_{\text{max}}$$

Verificato

6.6.4. Verifiche strutturali

Le verifiche strutturali sono state svolte in RC-Sec si riportano gli output delle verifiche.

Soletta mezzeria

Si riporta la verifica della soletta in mezzeria.

Sezione di calcolo

30x100 cm

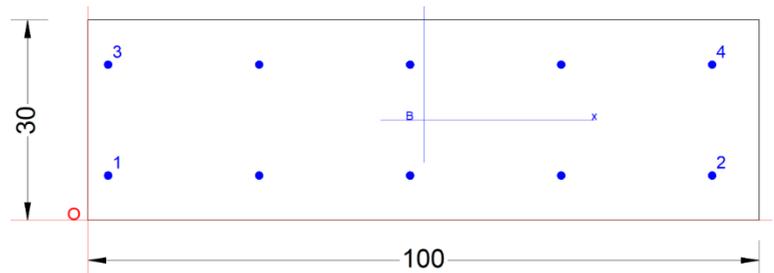
Armatura verticale

5 ϕ 12 layer 1 lato terreno

5 ϕ 12 layer 2 lato interno

Spilli

ϕ 10/20x20



DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	3.0	6.7	12
2	93.0	6.7	12
3	3.0	23.3	12
4	93.0	23.3	12

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	12
2	3	4	3	12

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	194 di 224

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	36.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	25.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	25.00 (47.65)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	25.00 (47.65)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	36.00	0.00	0.00	63.08	-0.28	1.75	11.3(4.4)

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	195 di 224

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.139	0.0	30.0	-0.00363	3.0	23.3	-0.02161	93.0	6.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000003750	0.001062750	-0.028382491	0.139	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.52	0.0	30.0	-206.2	93.0	6.7	563	5.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.52	0.0	30.0	-206.2	93.0	6.7	563	5.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	196 di 224

Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00142	0	0.500	12.0	61	0.00062 (0.00062)	410	0.254 (0.40)	47.65	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.52	0.0	30.0	-206.2	93.0	6.7	563	5.7

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00142	0	0.500	12.0	61	0.00062 (0.00062)	410	0.254 (0.30)	47.65	0.00

Verifica a taglio

Si prevedono spilli $\phi 10/40 \times 40$

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$	mm larghezza	$f_{yk} = 450$	MPa	resist. caratteristica
$h = 300$	mm altezza	$\gamma_s = 1.15$		coeff. sicurezza
$c = 50$	mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$	MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 32$	MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:		
$\gamma_c = 1.50$	coeff. sicurezza	$A_{sl,1} = 5$	$\emptyset 12$	$= 5.65 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$	coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 250$	mm altezza utile	$A_{sl,3} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 18.13$	MPa resist. di calcolo			5.65 cm^2

• Sollecitazioni (compressione < 0, trazione > 0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = 0.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 53.0 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 1.894 < 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{min} = 0.516$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.002 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = 0.00 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 109.9 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 129.1 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 129.1 \text{ kN} \quad \text{assunto pari alla resistenza minima}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

• Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

$$\theta = 35.0^\circ \quad \text{inclinaz. bielle cls} \quad \text{angolo ammissibile}$$

$$\alpha = 90.0^\circ \quad \text{inclinaz. staffe}$$

Armatura a taglio (staffatura):

$$A_{sw}/s = \text{staffe } \emptyset 10 \text{ mm con n}^\circ \text{ bracci (trasv)} \quad 2.5 \quad \text{passo } 40 \text{ cm} = 0.049 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (A_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cot \alpha + \cot \theta) \times \sin \alpha \quad V_{Rsd} = 61.7 \text{ kN}$$

$$f_{cd} = 9.07 \text{ MPa resist. di calcolo ridotta}$$

$$\alpha_c = 1.000 \quad \text{coeff. maggiorativo}$$

$$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f_{cd} \times (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \alpha) \quad V_{Rcd} = 958.5 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) \quad V_{Rd} = 61.7 > 53.0 \text{ kN} \quad \text{c.s.} = 1.2$$

la sezione armata a taglio risulta verificata.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

6.6.5. *Incidenze armature soletta di copertura vasca*

Elemento strutturale	Sezione	Armatura Principale	Armatura Secondaria	incidenza
Soletta	sup.	5 Φ 12 est.	Φ 12/20 est.	80 kg/m ³
	inf.	5 Φ 12 est.	Φ 12/20 est.	

6.7. SOLETTA E MURO DI RIFODERA LOCALE POMPE

In corrispondenza della parte terminale della vasca, limitatamente ad una porzione di 3.8m di lunghezza, lo scavo ha un allargamento di circa 2.15m ed un approfondimento di 0.8m, che consentirà di alloggiare il vano pompe. In questa zona, nonostante la maggiore larghezza della sezione e il locale approfondimento di scavo su un lato, la conformazione geometrica in pianta della rifodera gioca a favore della stabilità della stessa, in quanto i tratti di rifodera ortogonali tra e la soletta di copertura del vano di pompaggio, agiscono da vincolo reciproco e da irrigidimento nei confronti della restante parte della sezione.

La condizione risulta quindi meno gravosa rispetto alla zona alla sezione in corrispondenza della vasca.

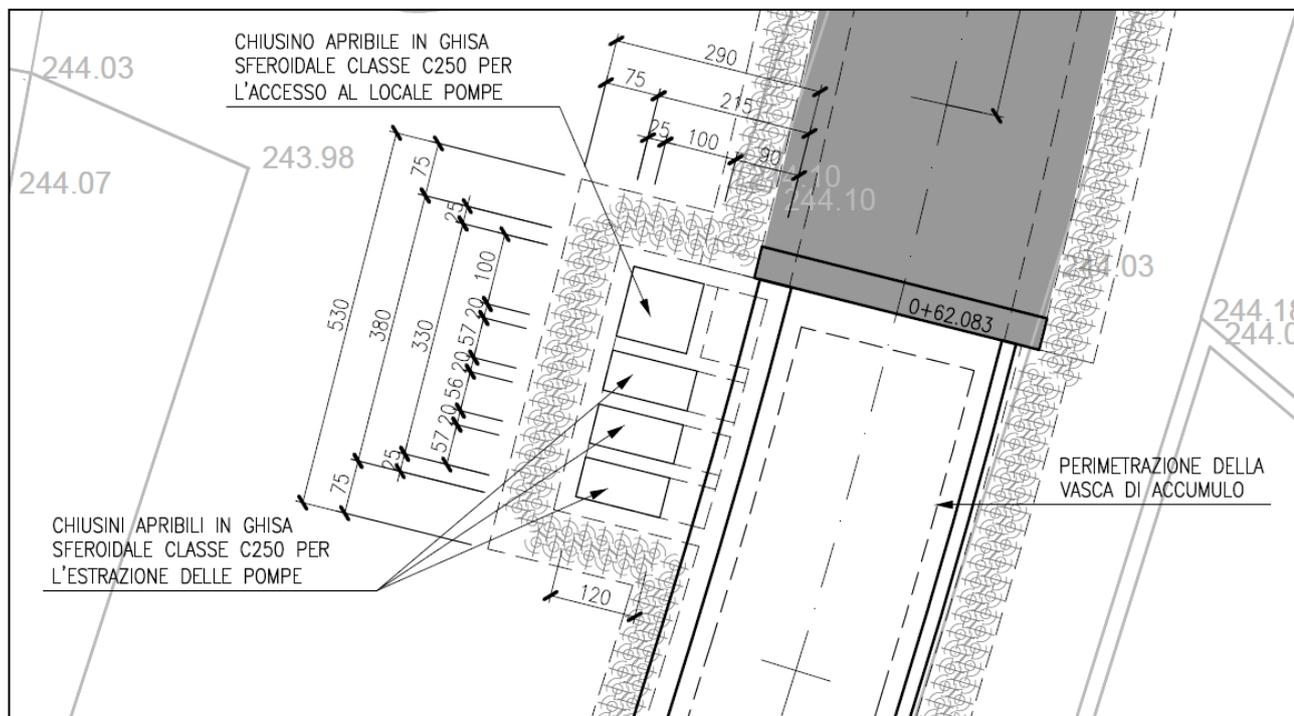


Figura 93: Pianta del locale pompe

6.7.1. Geometria muro di rifodera "1" e soletta

La soletta di fondo e il muro di rifodera del locale pompe risultano essere sollecitati prevalentemente dalla spinta idrostatica.

La soletta e il muro di rifodera "1" sono incastrati tra i due muri di rifodera "2" e "3" ed sono "contenuti" tra la paratia di micropali.

Gli schemi statici ai quali faremo riferimento per la loro progettazione, sono due:

-quello di trave in semplice appoggio;

-quello di trave incastrata ai lati;

e di questi considerare alla fine l'involuppo delle sollecitazioni.

Le luci di calcolo e gli spessori considerati sono rispettivamente:

- per il muro di rifodera "1" del locale pompe:

Luce=3.55 m Sp=0.25m;

-soletta del locale pompe:

Luce=2.30 m Sp=0.0m.

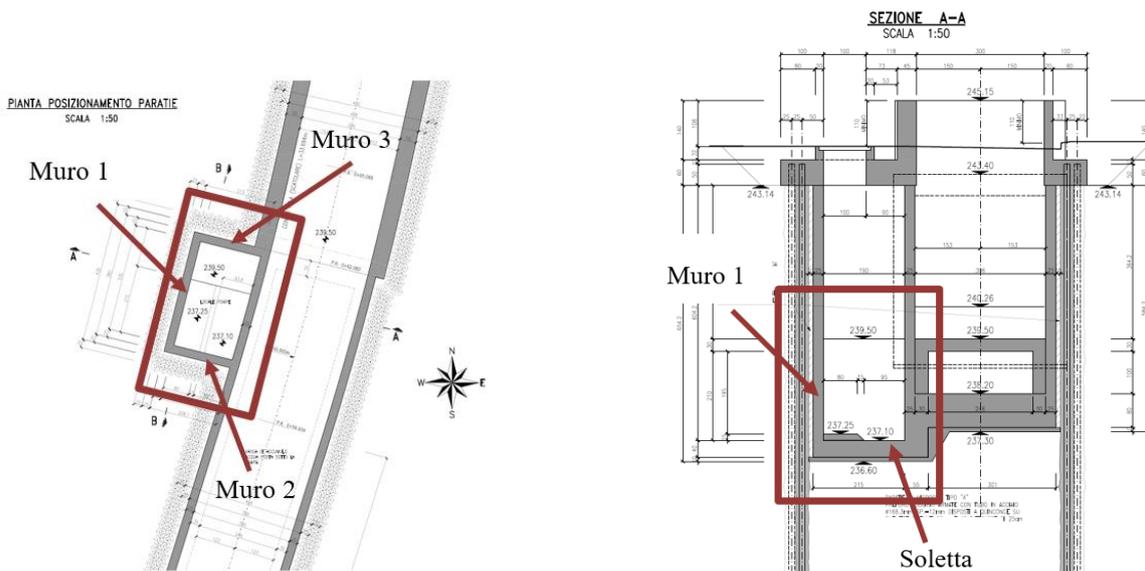


Figura 94: Pianta e Sezione trasversale muro di rifodera"1" e soletta del locale pompe

6.7.1.1 Schemi di Vincolo

A seguire un'immagine che descrive gli schemi di vincolo considerati:

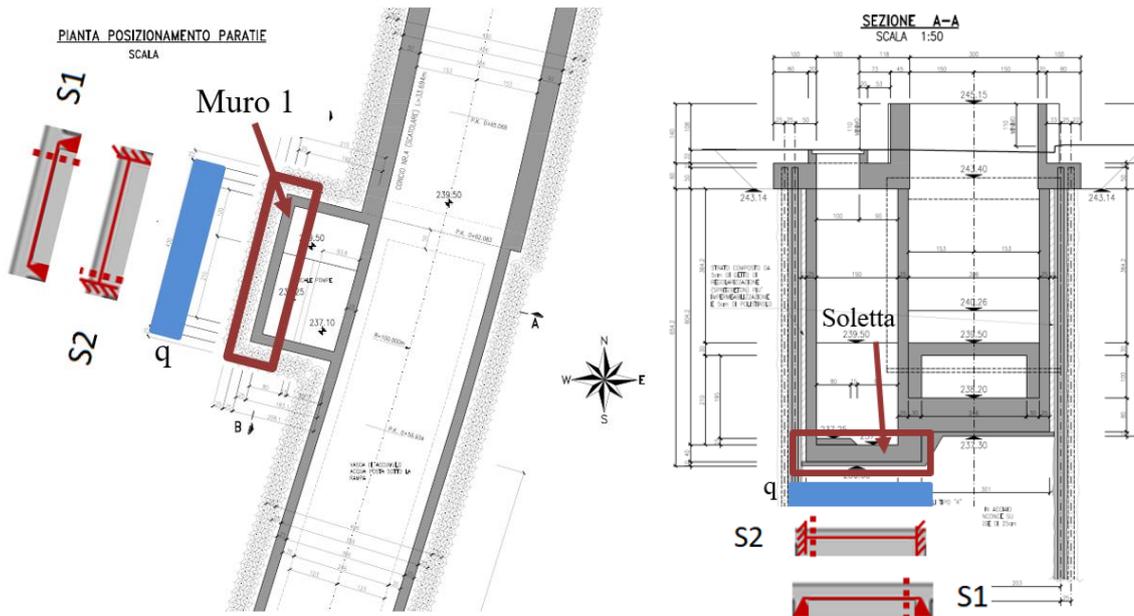


Figura 95: Schemi di vincolo

6.7.2. ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito i carichi utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche delle sezioni delle strutture in esame.

6.7.2.1 Peso proprio della struttura (PP)

Il peso proprio della soletta viene calcolata considerando come peso specifico del calcestruzzo armato $\gamma_c = 25$ kN/m³. Il peso proprio in base alle dimensioni della sezione dell'elemento, ovvero spessore 60cm e 100cm di profondità per la soletta.

$$G1=25 \times 0.60 \times 1.00 = 15 \text{ kN/m.}$$

Non sarà considerato questo carico a favore di sicurezza.

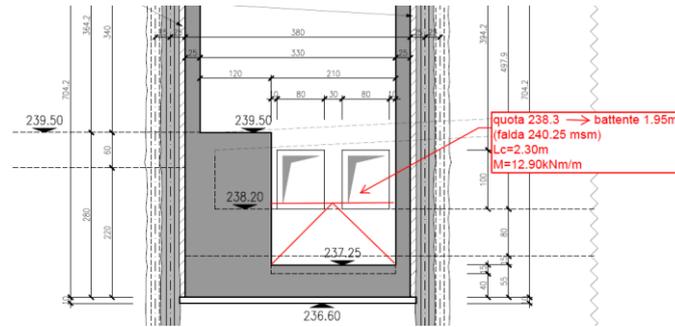
6.7.2.2 Spinta idrostatica (SPW)

Nel caso in esame a favore di sicurezza si è considerato un tirante idraulico a partire dalla fondazione di 3,00 m.

Quindi si ipotizza una presenza di falda a quota +240.25 m.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A	FOGLIO 202 di 224

Per il dimensionamento del muro di rifodera è stata inserita la spinta idraulica $\gamma_w=10 \text{ kN/m}^3$ e il battente considerato (circa 1.95m) è derivante dalle seguenti considerazioni:



I carichi considerati sono perciò:

$$P2=q_w(z_1)=19.50 \text{ kN/m} \quad (\text{quota falda al battente considerato})$$

Mentre per la soletta una sottospinta idraulica costante pari a:

$$P4=q_w(z_2)=30.00 \text{ kN/m} \quad (\text{quota falda estradosso della soletta di fondazione})$$

6.7.3. **COMBINAZIONE DEI CARICHI E SOLLECITAZIONI**

Per le verifiche si adotta la combinazione delle azioni fondamentale SLU tratta dal § 2.5.3 NTC 2008:

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

I valori dei coefficienti da utilizzare sono stati adottati seguendo il vigente D.M. 2008 §5.1.3.12 secondo le tabelle 5.1.IV, 5.1.V, 5.1.VI., §6.2.3.1.1 secondo le tabelle 6.2.I, 6.2.II e §6.4.2.1 secondo la tabella 6.4.I.

In particolare, sono state effettuate le verifiche con riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo strutturale (STR)

raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

- STR) $\rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio si definiscono le seguenti combinazioni:

- Rara) $\rightarrow G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$
- Frequente) $\rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$
- Quasi permanente) $\rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

Per i calcoli strutturali dell'opera sono state considerate le seguenti combinazioni di carico:

SLU/SLE.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

Ai fini cautelativi, per la combinazione di esercizio quasi permanente, non si applica il fattore di riduzione $\psi_{0.2}$ per il carico accidentale.

	SLU	SLE (rara)	SLE (freq)	SLE (Q.P.)
G1	1.35	1	1	1
G2	1.50	1	1	1
Q	1,50	1	1	1

6.7.3.1 Soletta di fondo

-Schema di carico di trave in semplice appoggio:

Calcolo momenti:

$$M_1 (SLU) = -qL^2/8 = -(1.5 \times 30) \times 2.30^2 / 8 = -29.76 \text{ kNm}$$

$$M_1 (SLE) = qL^2/8 = (1.0 \times 30) \times 2.30^2 / 8 = -19.84 \text{ kNm}$$

Calcolo Taglio

$$T_1 = qL/2 = (1.5 \times 30) \times 2.30 / 2 = 51.75 \text{ kN}$$

Si calcola la deformazione in mezzzeria:

$$E_c = 32308 \text{ N/mm}^2$$

$$I = bxh^3/12 = 1000 \times 400^3/12 = 5.30 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$f_1 = 5/384 \times (qL^4)/EI = 5/384 \times [(1.0 \times 30.0) \times 1000] \times 2300^4 / (32308 \times 5.30 \times 10^9) = 0.063 \text{ mm}$$

-Schema di trave incastrata ai lati:

$$M_2 (SLU) = qL^2/12 = (1.5 \times 30.0) \times 2.30^2 / 12 = 19.84 \text{ kNm}$$

$$M_2 (SLE) = qL^2/12 = (1.0 \times 30.0) \times 2.30^2 / 12 = 13.23 \text{ kNm}$$

Calcolo Taglio

$$T_2 = qL/2 = (1.5 \times 30.0) \times 2.30 / 2 = 51.75 \text{ kN}$$

Si calcola la deformazione in mezzzeria:

$$E_c = 32308 \text{ Mpa}$$

$$I = bxh^3/12 = 1000 \times 400^3/12 = 5.30 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

$$f_2 = 1/384 \times (qL^4)/EI = 1/384 \times [(1.0 \times 30.0) \times 1000] \times 2300^4 / (32308 \times 5.30 \times 10^9) = 0.013 \text{ mm}$$

Inviluppo sollecitazioni:

$$M_{\text{tot mezzaria}} (\text{SLU}) = M_1 = -29.76 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{tot estremità}} (\text{SLU}) = M_2 = 19.84 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{tot mezzaria}} (\text{SLE}) = M_1 = -19.84 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{tot estremità}} (\text{SLE}) = M_2 = 13.23 \text{ kNm}$$

$$T_1 = T_2 = 51.75 \text{ kN}$$

$$\text{Limite deformazione ammissibile } f_{\text{max}} = L/300 = 2300/300 = 7.67 \text{ mm}$$

$$f_{\text{tot mezzaria}} (\text{SLE}) = f_1 + f_2 = 0.063 + 0.013 = 0.076 \text{ mm} < 7.67 = f_{\text{max}}$$

6.7.3.2 Muro di rifodera

-Schema di carico di trave in semplice appoggio (considero luce di calcolo massima a favore di sicurezza):

Calcolo momenti:

Calcolo momenti:

$$M_1 (\text{SLU}) = -qL^2/8 = -(1.5 \times 19.50) \times 3.55^2 / 8 = -46.08 \text{ kNm}$$

$$M_1 (\text{SLE}) = -qL^2/8 = (1.0 \times 19.50) \times 3.55^2 / 8 = -30.72 \text{ kNm}$$

Calcolo Taglio

$$T_1 = qL/2 = (1.5 \times 19.50) \times 3.55 / 2 = 51.92 \text{ kN}$$

Si calcola la deformazione in mezzaria:

$$E = 32308 \text{ N/mm}^2$$

$$I = bxh^3/12 = 1000 \times 250^3 / 12 = 1.30 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$f_1 = 5/384 \times (qL^4)/EI = 5/384 \times [(1.0 \times 19.50)] \times 3550^4 / (32308 \times 1.30 \times 10^9) = 0.959 \text{ mm}$$

-Schema di trave incastrata ai lati:

$$M_2 (\text{SLU}) = qL^2/12 = (1.5 \times 19.50) \times 3.55^2 / 12 = 30.72 \text{ kNm}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
	Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A

$$M_2 \text{ (SLE)} = qL^2/12 = (1.0 \times 19.50) \times 3.55^2 / 12 = 20.48 \text{ kNm}$$

Calcolo Taglio

$$T_2 = qL/2 = (1.5 \times 19.50) \times 3.55 / 2 = 51.92 \text{ kN}$$

Si calcola la deformazione in mezzaria:

$$E = 32308 \text{ N/mm}^2$$

$$I = bxh^3/12 = 1000 \times 250^3 / 12 = 1.30 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$f_2 = 1/384 \times (qL^4) / EI = 1/384 \times [(1.0 \times 19.50)] \times 3550^4 / (32308 \times 1.30 \times 10^9) = 0.192 \text{ mm}$$

Inviluppo sollecitazioni:

$$M \text{ tot}_{\text{mezzaria}} \text{ (SLU)} = M_1 = -46.08 \text{ kNm}$$

$$M \text{ tot}_{\text{estremità}} \text{ (SLU)} = M_2 = 30.72 \text{ kNm}$$

$$M \text{ tot}_{\text{mezzaria}} \text{ (SLE)} = M_1 = -30.72 \text{ kNm}$$

$$M \text{ tot}_{\text{estremità}} \text{ (SLE)} = M_2 = 20.48 \text{ kNm}$$

$$T_1 = T_2 = 51.92 \text{ kN}$$

$$\text{Limite deformazione ammissibile } f_{\text{max}} = L/300 = 3550/300 = 11.83 \text{ mm}$$

$$f \text{ tot}_{\text{mezzaria}} \text{ (SLE)} = f_1 + f_2 = 0.959 + 0.192 = 1.151 \text{ mm} < 11.83 \text{ mm} = f_{\text{max}}$$

	PROGETTO DEFINITIVO					
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO SL01 – NUOVO SOTTOPASSO					
Relazione di calcolo rampe	COMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100002	REV. A	FOGLIO 206 di 224

6.7.4. *Verifiche strutturali*

Le verifiche strutturali sono state svolte in RC-Sec si riportano gli output delle verifiche nelle sezioni S1 ed S2.

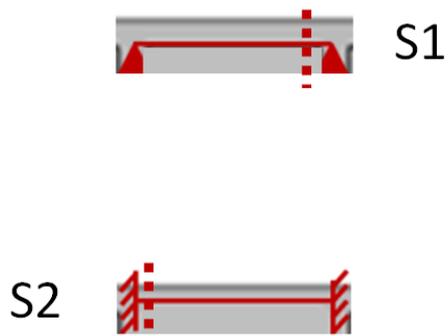
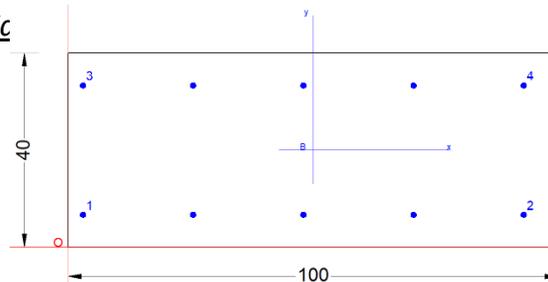


Figura 6-96: sezioni di verifica

6.7.4.1 6.3.3.1. Soletta di fondo

6.7.4.2 6.3.4.1. Sezione 1 - Soletta in mezzeric

Armatura inferiore	Φ 12/20
Armatura superiore	Φ 12/20
Armatura a taglio	Spilli φ10/40x40



CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35
	Resis. compr. di progetto fcd:	15.860 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.760 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	168.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		517.50 MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.30 MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		450.00 MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068
Modulo Elastico Ef		2000000 daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :		1.00
Coeff. Aderenza differito β1*β2 :		0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C28/35	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	40.0
3	100.0	40.0
4	100.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
---------	--------	--------	-----------

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	208 di 224

1	3.0	6.7	12
2	93.0	6.7	12
3	3.0	33.3	12
4	93.0	33.3	12

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	12
2	3	4	3	12

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	29.76	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione			
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione			

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	19.84	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione			
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione			

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	19.84 (77.74)	0.00 (0.00)

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	209 di 224

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	19.84 (77.74)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	2.4 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	21.3 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	29.76	0.00	0.00	86.17	-0.22	2.90	11.3(5.6)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.113	0.0	40.0	-0.00268	3.0	33.3	-0.02751	93.0	6.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
--------	---	---	---	-----	--------

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	210 di 224

1 -0.000003673 0.000920912 -0.033336484 0.113 0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.99	0.0	40.0	-114.1	93.0	6.7	777	5.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.99	0.0	40.0	-114.1	93.0	6.7	777	5.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; = (e1 + e2)/(2*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00071	0	0.500	12.0	61	0.00034 (0.00034)	488	0.167 (0.40)	77.74	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

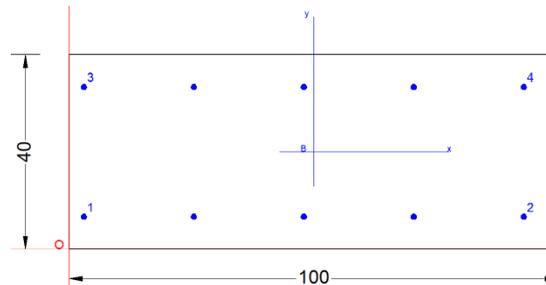
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.99	0.0	40.0	-114.1	93.0	6.7	777	5.7

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00071	0	0.500	12.0	61	0.00034 (0.00034)	488	0.167 (0.30)	77.74	0.00

6.7.4.3 6.3.4.2. Sezione 2 - Soletta estremità

Armatura inferiore	Φ 20/20
Armatura superiore	Φ 20/20
Armatura a taglio	Spilli φ10/40x40



CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35
	Resis. compr. di progetto fcd:	15.860 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.760 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	168.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400 mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa	
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300 mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C*
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	517.50 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	450.00 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :	1.00
Coeff. Aderenza differito β1*β2 :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C28/35

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	40.0
3	100.0	40.0
4	100.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	3.0	6.7	12
2	93.0	6.7	12
3	3.0	33.3	12
4	93.0	33.3	12

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	212 di 224

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	12
2	3	4	3	12

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	19.84	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	13.23	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	13.23 (77.74)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	213 di 224

My con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	13.23 (77.74)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.4 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 21.3 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	19.84	0.00	0.00	86.17	-0.22	4.34	11.3(5.6)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.113	0.0	40.0	-0.00268	3.0	33.3	-0.02751	93.0	6.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000003673	0.000920912	-0.033336484	0.113	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	214 di 224

Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.33	0.0	40.0	-76.1	93.0	6.7	777	5.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.33	0.0	40.0	-76.1	93.0	6.7	777	5.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00048	0	0.500	12.0	61	0.00023 (0.00023)	488	0.111 (0.40)	77.74	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.33	0.0	40.0	-76.1	93.0	6.7	777	5.7

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00048	0	0.500	12.0	61	0.00023 (0.00023)	488	0.111 (0.30)	77.74	0.00

Verifica di resistenza a taglio

Si prevedono spilli $\phi 10/40 \times 40$

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$	mm larghezza	$f_{yk} = 450$	MPa	resist. caratteristica
$h = 400$	mm altezza	$\gamma_s = 1.15$		coeff. sicurezza
$c = 50$	mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$	MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 28$	MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:		
$\gamma_c = 1.50$	coeff. sicurezza	$A_{sl,1} = 5 \text{ } \emptyset 12$	$= 5.65$	cm^2
$\alpha_{cc} = 0.85$	coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0 \text{ } \emptyset 0$	$= 0.00$	cm^2
$d = 350$	mm altezza utile	$A_{sl,3} = 0 \text{ } \emptyset 0$	$= 0.00$	cm^2
$f_{cd} = 15.87$	MPa resist. di calcolo		5.65	cm^2

• Sollecitazioni (compressione < 0, trazione > 0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = 0.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 51.9 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 1.756 < 2$$

$$v_{\min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{\min} = 0.431$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.002 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = 0.00 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / g_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{\min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 122.0 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{\min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 150.8 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 150.8 \text{ kN} \quad \text{assunto pari alla resistenza minima}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

• Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

$$\theta = 45.0^\circ \quad \text{inclinaz. bielle cls} \quad \text{angolo ammissibile}$$

$$\alpha = 90.0^\circ \quad \text{inclinaz. staffe}$$

Armatura a taglio (staffatura):

$$A_{sw}/s = \text{staffe } \emptyset 10 \text{ mm con } n^\circ \text{ bracci (trasv)} \quad 2.5 \text{ passo } 40 \text{ cm} = 0.049 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (A_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cot \alpha + \cot \theta) \times \sin \alpha \quad V_{Rsd} = 60.5 \text{ kN}$$

$$f_{cd} = 7.93 \text{ MPa resist. di calcolo ridotta}$$

$$\alpha_c = 1.000 \quad \text{coeff. maggiorativo}$$

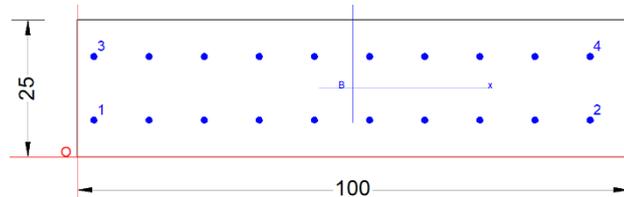
$$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f_{cd} \times (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \alpha) \quad V_{Rcd} = 1249.6 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) \quad V_{Rd} = 60.5 > 51.9 \text{ kN} \quad \text{c.s.} = 1.2$$

la sezione armata a taglio risulta verificata.

6.7.4.4 6.3.4.3. Sezione 1 - Muro in mezzeria

Armatura lato esterno	Φ 12/10
Armatura lato interno	Φ 12/20
Armatura a taglio	staffe φ10/20x40



CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.8 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300 mm	

ACCIAIO -	Tipo:	B450C*
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	517.50 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	450.00 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :	1.00
	Coeff. Aderenza differito β1*β2 :	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	25.0
3	100.0	25.0
4	100.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	3.0	6.7	12
2	93.0	6.7	12
3	3.0	18.3	12

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	218 di 224

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	30.72 (34.22)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.4 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.8 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
As Tesa Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	46.08	0.00	0.00	85.95	-0.12	1.87	22.6(3.5)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.274	0.0	25.0	-0.00109	3.0	18.3	-0.00926	93.0	6.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000002520	0.000684609	-0.013615221	0.274	0.783

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	219 di 224

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.26	0.0	25.0	-170.2	93.0	6.7	303	4.5

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.26	0.0	25.0	-170.2	93.0	6.7	303	4.5

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00132	0	0.500	12.0	61	0.00051 (0.00051)	344	0.176 (0.40)	34.22	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

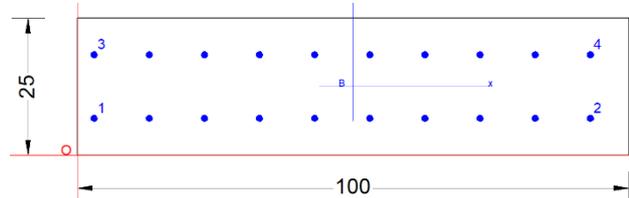
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.26	0.0	25.0	-170.2	93.0	6.7	303	4.5

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00132	0	0.500	12.0	61	0.00051 (0.00051)	344	0.176 (0.30)	34.22	0.00

6.7.5. **6.3.4.4. Sezione 2 - Muro estremità**

Armatura inferiore	Φ 12/10
Armatura superiore	Φ 12/20
Armatura a taglio	staffe φ10/20x40



CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.8 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C*
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	517.50 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	450.00 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :	1.00
	Coeff. Aderenza differito β1*β2 :	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	25.0
3	100.0	25.0
4	100.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	3.0	6.7	12
2	93.0	6.7	12
3	3.0	18.3	12
4	93.0	18.3	12

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	221 di 224

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	8	12
2	3	4	8	12

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	30.72	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	20.48	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	20.48 (34.22)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	222 di 224

con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	20.48 (34.22)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	2.4	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	8.8	cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N _r ,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
As Tesa	Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000 Area armature trave [cm ²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	30.72	0.00	0.00	85.95	-0.12	2.80	22.6(3.5)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.274	0.0	25.0	-0.00109	3.0	18.3	-0.00926	93.0	6.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000002520	0.000684609	-0.013615221	0.274	0.783

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)

Relazione di calcolo rampe

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D26CL	SL0100002	A	223 di 224

Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.17	0.0	25.0	-113.5	93.0	6.7	303	4.5

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.17	0.0	25.0	-113.5	93.0	6.7	303	4.5

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm

Ver. Esito della verifica

e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]

kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]

k2 = 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]

k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

∅ Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]

Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa

e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
 Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]

sr max Massima distanza tra le fessure [mm]

wk Apertura fessure in mm calcolata = $sr_{max} * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi

Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]

My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	∅	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00088	0	0.500	12.0	61	0.00034 (0.00034)	344	0.117 (0.40)	34.22	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.17	0.0	25.0	-113.5	93.0	6.7	303	4.5

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	∅	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00088	0	0.500	12.0	61	0.00034 (0.00034)	344	0.117 (0.30)	34.22	0.00

Verifica di resistenza a taglio

Si prevedono spilli $\phi 10/20 \times 40$

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$ mm larghezza $f_{yk} = 450$ MPa resist. caratteristica

$h = 250$ mm altezza $\gamma_s = 1.15$ coeff. sicurezza

$c = 50$ mm copriferro $f_{yd} = 391.3$ MPa resist. di calcolo

$f_{ck} = 32$ MPa resist. caratteristica Armatura longitudinale tesa:

$\gamma_c = 1.50$ coeff. sicurezza $A_{sl,1} = 10 \text{ } \emptyset 12 = 11.31 \text{ cm}^2$

$\alpha_{cc} = 0.85$ coeff. riduttivo $A_{sl,2} = 0 \text{ } \emptyset 0 = 0.00 \text{ cm}^2$

$d = 200$ mm altezza utile $A_{sl,3} = 0 \text{ } \emptyset 0 = 0.00 \text{ cm}^2$

$f_{cd} = 18.13$ MPa resist. di calcolo 11.31 cm^2

• Sollecitazioni (compressione <0, trazione >0, taglio in valore assoluto)

$N_{ed} = 0.0$ kN $V_{ed} = 51.9$ kN

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2$ $k = 2.000 < 2$

$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$ $v_{min} = 0.560$

$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02$ $\rho_1 = 0.006 < 0.02$

$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd}$ $\sigma_{cp} = 0.00$ MPa $< 0.2 f_{cd}$

$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$

$V_{Rd} = 126.0$ kN; (con $(v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 112.0$ kN)

$V_{Rd} = 126.0$ kN valore di calcolo

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

• Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

$\theta = 45.0$ ° inclinaz. bielle cls angolo ammissibile

$\alpha = 90.0$ ° inclinaz. staffe

Armatura a taglio (staffatura):

$A_{sw}/s =$ staffe $\emptyset 10$ mm con n° bracci (trasv) 5 passo 40 cm $= 0.098 \text{ cm}^2/\text{cm}$

$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (A_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) \times \text{sen} \alpha$ $V_{Rsd} = 69.2$ kN

$f_{cd} = 9.07$ MPa resist. di calcolo ridotta

$\alpha_c = 1.000$ coeff. maggiorativo

$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f_{cd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \alpha)$ $V_{Rcd} = 816.0$ kN

$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd})$ $V_{Rd} = 69.2 > 51.9$ kN c.s. = 1.3

la sezione armata a taglio risulta verificata.