

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

VI06 – PONTE DI VIA ENRICO FERMI

Relazione di calcolo vasca per impianto di sollevamento acque

SCALA:

-

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

N B 1 R 0 8 D 2 6 C L V I 0 6 0 0 0 0 3 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	F. Serrau 	Marzo 2020	A. Maran 	Marzo 2020	M. Berlingeri 	Marzo 2020	A. Perego Marzo 2020



**INDICE**

1.	INTRODUZIONE .....	4
1.1.	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	4
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
3.	PARAMETRI GEOTECNICI .....	7
3.1.	TERRENO DI FONDAZIONE .....	7
3.2.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA .....	7
4.	MATERIALI .....	9
4.1.	CALCESTRUZZO .....	9
4.2.	ACCIAIO DA ARMATURA ORDINARIA.....	9
4.3.	MODELLO DI CALCOLO .....	10
4.3.1.	<i>Modellazione dell'interazione suolo-struttura .....</i>	<i>11</i>
4.3.2.	<i>ANALISI DEI CARICHI .....</i>	<i>12</i>
4.3.3.	<i>COMBINAZIONI DEI CARICHI E SOLLECITAZIONI.....</i>	<i>15</i>
4.3.4.	<i>Verifiche .....</i>	<i>25</i>
4.3.1.	<i>Verifiche a deformazione.....</i>	<i>43</i>
4.3.6.	<i>Riepilogo armature .....</i>	<i>45</i>
4.4.	SOLETTA DI COPERTURA VASCA .....	45
4.4.1.	<i>Geometria soletta .....</i>	<i>45</i>
4.4.2.	<i>ANALISI DEI CARICHI .....</i>	<i>46</i>
4.4.3.	<i>COMBINAZIONE DEI CARICHI E SOLLECITAZIONI .....</i>	<i>50</i>
4.4.4.	<i>Verifiche strutturali .....</i>	<i>52</i>
4.4.1.	<i>Riepilogo armature – soletta di copertura vasca .....</i>	<i>59</i>
4.5.	SOLETTA E MURO DI RIFODERA LOCALE POMPE.....	60
4.5.1.	<i>Geometria muro di rifodera "1" e soletta.....</i>	<i>60</i>
4.5.2.	<i>ANALISI DEI CARICHI .....</i>	<i>62</i>

4.5.3. <i>COMBINAZIONE DEI CARICHI E SOLLECITAZIONI</i> .....	62
4.5.4. <i>Verifiche strutturali</i> .....	64
4.5.4.1 <i>Soletta di fondo</i> .....	64
4.5.4.1 <i>Muro di rifodera</i> .....	71

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO</b> APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO VI06 – Ponte di via Enrico Fermi					
<b>RELAZIONE DI CALCOLO VASCA</b>	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0600003	REV. A	FOGLIO 4 di 76

## 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, contenente la vasca per impianto sollevamento acque, in prosecuzione del sottopasso VI06.

### 1.1. Descrizione della struttura

La struttura della vasca è formata da un muro ad U ed è collocata a sud del sottopasso agli impalcati ferroviari. La lunghezza della vasca è di circa 10.5m, in asse strada. I piedritti, di altezza massima 6.8m e spessore 55cm, rivestono le paratie di sostegno scavo. La soletta inferiore ha larghezza netta compresa tra 14m e 14.7m, e spessore 80cm.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO</b> APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO VI06 – Ponte di via Enrico Fermi					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO VASCA</b>	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLV10600003	REV. A

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- 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
- *Manuale di progettazione RFI DTC SI PS MA IFS 001 C PARTE II – SEZIONE 2;*
- *Manuale di progettazione RFI DTC SI CS MA IFS 001 C PARTE II – SEZIONE 3;*
- EN 1991-2 “*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*”.
- Regolamento (UE) n.1299/2014 del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione Europea.
- Ciria C760 – “*Guidance on embedded retaining wall design*”
- UNI EN 206:2016 “*Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità*”
- DGR n.IX/2616 di Regione Lombardia del 30/11/2011: “*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57 della L.R. 11 Marzo 2005, n. 12*”
- *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;*
- *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*

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO</b> APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO VI06 – Ponte di via Enrico Fermi					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO VASCA</b>	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLV10600003	REV. A

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 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 stabiliti nella decisione delegata (UE) 2017/1471 della Commissione.*

### 3. PARAMETRI GEOTECNICI

#### 3.1. Terreno di fondazione

Con riferimento alla Relazione geotecnica, 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: PNBGF1O08. La falda è ad una profondità media di 20 metri da p.c.

Strato	Profondità media	Profondità media	Descrizione	
	Da [m da p.c.]	A [m da p.c.]		
Ug2	0	3	S(L), L(S)	Sabbia limosa e limo sabbioso
Ug1	3	25	S(G), S,G	Sabbia ghiaiosa e sabbia con ghiaia
Ug3	25	30	A(S), A,S	Argilla sabbiosa e argilla con sabbia

Strato			Parametri di resistenza			Parametri di deformabilità					
	$\gamma_n$	$K_0$	$\phi'$	$c'$	$c_u$	$G_0$	$E_0$	$E_{op1}$	$E_{op2}$	$\nu'$	$k_v$ (*)
	[kN/m <sup>3</sup> ]	[-]	[°]	[kPa]	[kPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]	[m/s]
Ug2	19.5	0.56	26	0	30	32	80	8	12	0.25	1.00E-06
Ug1	20	0.38	35	0	-	120 - 160	300 - 400	30 - 40	40 - 60	0.25	1.00E-06
Ug3	19	0.60	24	0	50 - 100	60 - 80	150 - 200	15 - 20	22 - 30	0.25	1.00E-10

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).

#### 3.2. Caratterizzazione sismica

In prossimità dell'opera è stata condotta un'indagine MASW che ha dato questi risultati:

Prova	Vs(eq)	Suolo
<b>R11</b>	387	B

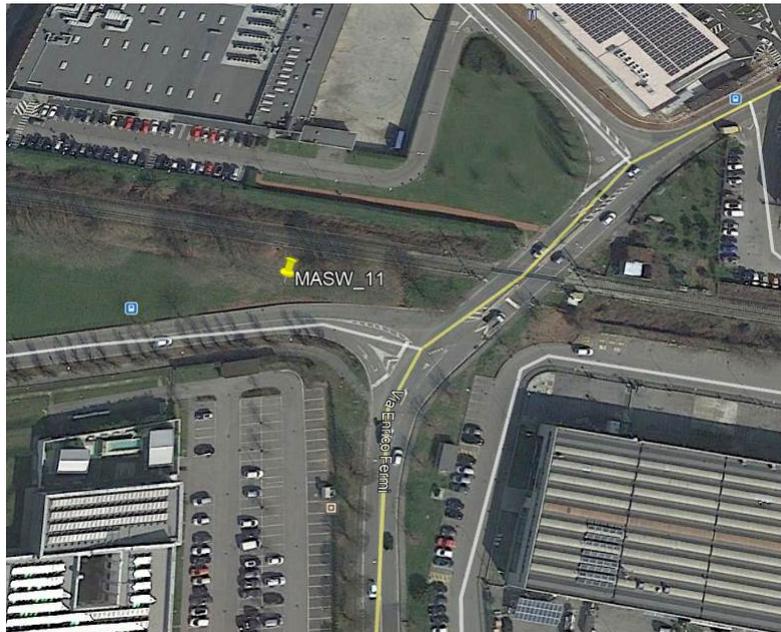


Figura 1: Localizzazione della MASW effettuata

I terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di categoria B, tuttavia, in ossequio al DGR n.IX/2616 di Regione Lombardia del 30/11/2011, i valori di soglia per il fattore di amplificazione risultano superati, si assume la categoria di suolo più penalizzante, pertanto il terreno deve essere assunto di **categoria C**.

## 4. MATERIALI

### 4.1. Calcestruzzo

- PIEDRITTI

Classe C32/40

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

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

Classe di esposizione = : XC4

Calcestruzzo tipo C2

Copriferro minimo = 40mm

- FONDAZIONE

Classe C25/30

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

Modulo elastico  $E_{cm} = 31 \text{ GPa}$

Classe di esposizione = XC2

Calcestruzzo tipo G2

Copriferro minimo = 40 mm

- MAGRONE:

Classe C12/15

Classe di esposizione = X0

### 4.2. Acciaio da armatura ordinaria

Acciaio tipo B450 C

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

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

Il dimensionamento dell'opera è stato ottenuto mediante modellazione ad elementi finiti monodimensionali tipo "beam" tramite il programma di calcolo "Midas Civil" 2019.

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 °

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO</b> APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO VI06 – Ponte di via Enrico Fermi					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO VASCA</b>	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0600003	REV. A

- angoli: gradi sessadecimali.

### 4.3. Modello Di Calcolo

Le analisi per il calcolo delle sollecitazioni agenti sono state condotte su una striscia di struttura di profondità unitaria.

Nel modello di calcolo, i vincoli verticali sono costituiti da un letto di molle alla Winkler (con l'azione del peso proprio, dell'effetto dei diaframmi e del sisma). Il calcolo della rigidità delle molle dipende dalla geometria della sezione in esame, ed è esplicitato nel seguito.

In corrispondenza dei piedritti sono posti dei vincoli orizzontali a sola compressione. Tale accorgimento consente di simulare la presenza dei diaframmi a tergo dei piedritti stessi.

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.

La tabella seguente riassume le caratteristiche geometriche della sezione di calcolo.

DATI GEOMETRICI			
Grandezza	Simbolo	Valore	U.M.
Larghezza totale	Ltot	16.4	m
Larghezza utile	Lint	15.85	m
Larghezza interasse	La	15.3	m
Spessore piedritti	Sp	0.55	m
Spessore fondazione	Sf	0.8	m
Altezza totale	Htot	7.2	m
Altezza libera	Hint	6.8	m

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO</b> APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO VI06 – Ponte di via Enrico Fermi					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO VASCA</b>	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLV10600003	REV. A

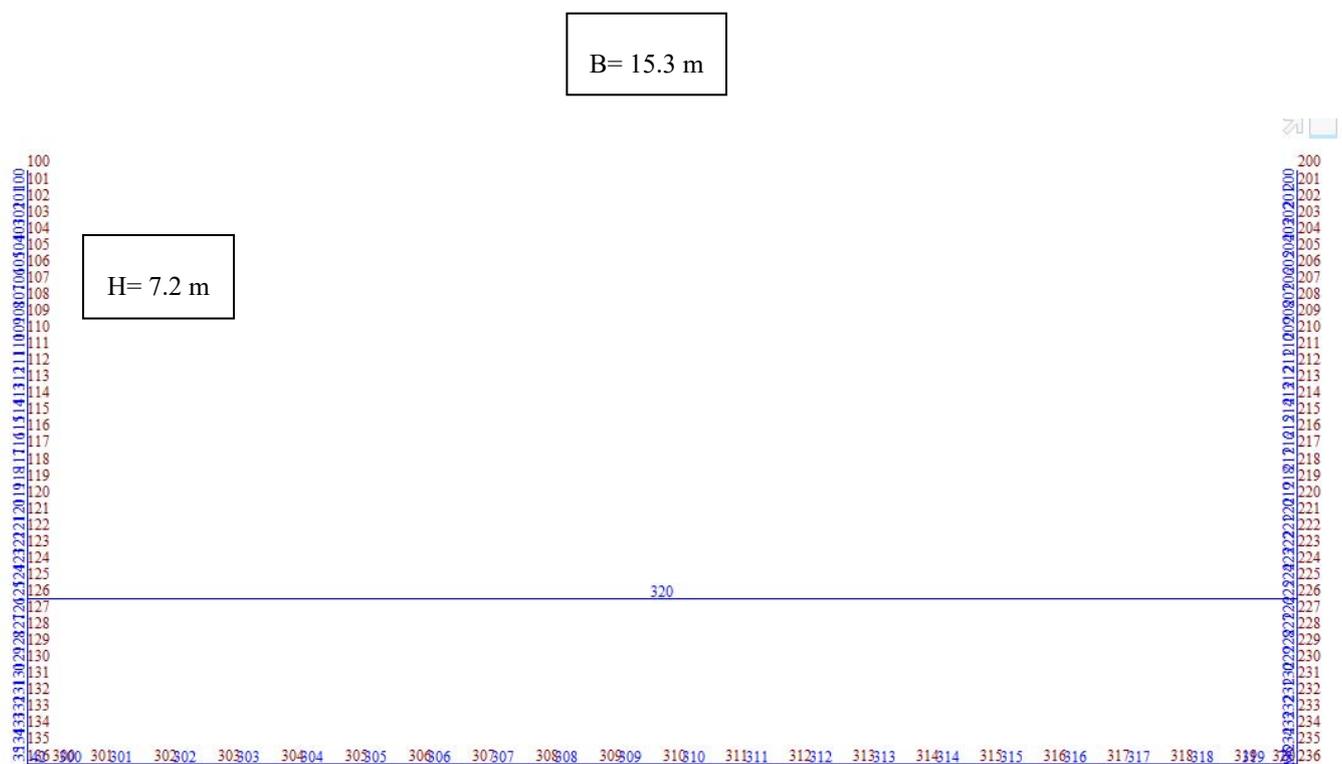


Figura 2: Numerazione dei nodi e degli elementi nel modello

#### 4.3.1. 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 del Manuale di Progettazione RFI, la soletta inferiore viene suddivisa in 20 elementi di pari lunghezza, ossia 21 nodi ai quali sono assegnate le seguenti molle verticali. Considerata la profondità unitaria del modello ( $B=1,0\text{m}$ ), si ha:

Molla centrale

$$K_c = K_s * (S_p/2 + L_{int} + S_p /2) /20 = 7650 \text{ kN/m}$$

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

$$K_e = 2 * K_s * [(S_p /2 + L_{int} + S_p /2) /20/2 + ( S_p /2) ] = 13150 \text{ kN/m}$$

ed infine in valori delle molle intermedie, come da letteratura, si assumono:

$$K_i = 1.5 * K_c = 11475 \text{ kN/m}$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO</b> APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO VI06 – Ponte di via Enrico Fermi					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO VASCA</b>	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLV10600003	REV. A

#### 4.3.2. ANALISI DEI CARICHI

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

##### *Peso proprio della struttura (PP)*

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.

##### *Carichi permanenti portati*

I carichi permanenti portati, essendo uniformemente distribuiti, non danno nessun contributo al calcolo dei momenti e a tal proposito si trascurano.

##### *Spinta del terreno*

La spinta del terreno risulta essere assente poiché a tergo del muro ad U, per entrambi i lati, è prevista una paratia di pali dimensionati per la spinta del terreno.

##### *Spinta idrostatica (SPW)*

La falda non interessa le strutture in oggetto, la spinta dell'acqua è quindi assente.

##### *Azioni indotte dagli spostamenti della paratia di diaframmi*

Per tener in conto degli spostamenti della paratia di diaframmi, presente a tergo dei piedritti del muro ad U, si applicano al modello degli spostamenti imposti variabili con l'altezza, calcolati a partire dai modelli utilizzati per il dimensionamento della paratia.

Il muro Tipo 1 risente degli spostamenti della paratia di Tipo 1.

Gli spostamenti (in mm) applicati ricavati dal modello di calcolo della paratia, sono riportati nella seguente tabella.

	SPDPX	SPDAX	SPDSX
Z (m)	$\Delta x$ permanenti	$\Delta x$ accidentali	$\Delta x$ sisma
7.2	18.401	0.293	12.129
7	17.771	0.283	11.677
6.8	17.142	0.273	11.227
6.6	16.514	0.263	10.780
6.4	15.889	0.253	10.337
6.2	15.267	0.243	9.895

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600003	A	13 di 76

6	14.647	0.234	9.458
5.8	14.029	0.224	9.024
5.6	13.415	0.214	8.595
5.4	12.805	0.204	8.169
5.2	12.198	0.195	7.749
5	11.596	0.185	7.333
4.8	10.999	0.176	6.923
4.6	10.408	0.166	6.519
4.4	9.823	0.157	6.122
4.2	9.243	0.148	5.731
4	8.671	0.139	5.348
3.8	8.106	0.130	4.973
3.6	7.550	0.121	4.605
3.4	7.002	0.113	4.247
3.2	6.464	0.105	3.898
3	5.936	0.096	3.559
2.8	5.420	0.087	3.230
2.6	4.915	0.080	2.913
2.4	4.423	0.072	2.608
2.2	3.945	0.064	2.316
2	3.481	0.058	2.039
1.8	3.033	0.051	1.775
1.6	2.601	0.044	1.526
1.4	2.188	0.037	1.292
1.2	1.793	0.031	1.076
1	1.417	0.026	0.879
0.8	1.064	0.020	0.700
0.6	0.733	0.016	0.541
0.4	0.424	0.011	0.403
0.2	0.142	0.007	0.288
0	0.010	0.004	0.239

La quota  $z = 0$  corrisponde al baricentro della soletta inferiore.

### *Azioni indotte dalle variazioni termiche*

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

### *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  $C_u = 1.5$
- Categoria di sottosuolo C
- Categoria topografica T1

Coordinate del sito di progetto (Lat. = 45.69030°e Long. = 9.62236°)

		$a_g$	$F_0$	$T^*c$
$T_R$	45	0.035	2.477	0.210
$T_R$	75	0.045	2.452	0.231
$T_R$	712	0.122	2.440	0.275
$T_R$	1462	0.157	2.478	0.281

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:

		$a_{max}$
$T_R$	45	0.053
$T_R$	75	0.068
$T_R$	712	0.183
$T_R$	1462	0.236

*Forze inerziali (INERZIEH e SISVER)*

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		
$F''_h = F_{0, \text{piedritti}}$	2.75	kN/m <sup>2</sup>

Forze inerzia verticali		
$F''_h = F_{0, \text{piedritti}}$	0.85	kN/m <sup>2</sup>

**4.3.3. COMBINAZIONI DEI CARICHI E SOLLECITAZIONI**

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

	SLU	SLE rara
PP	1.35	1
SPW	1.35	1
SPDPX	1.35	1
SPDAX	1.35	0.75

	SLV 1	SLV 2	SLV 3	SLV 4
PP	1	1	1	1
SPW	1	1	1	1
SPDPX	1	1	1	1
SPDSX	1	1	1	1
INERZIEH	1	0.3	1	-0.3
SISVER	0.3	1	-0.3	1

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

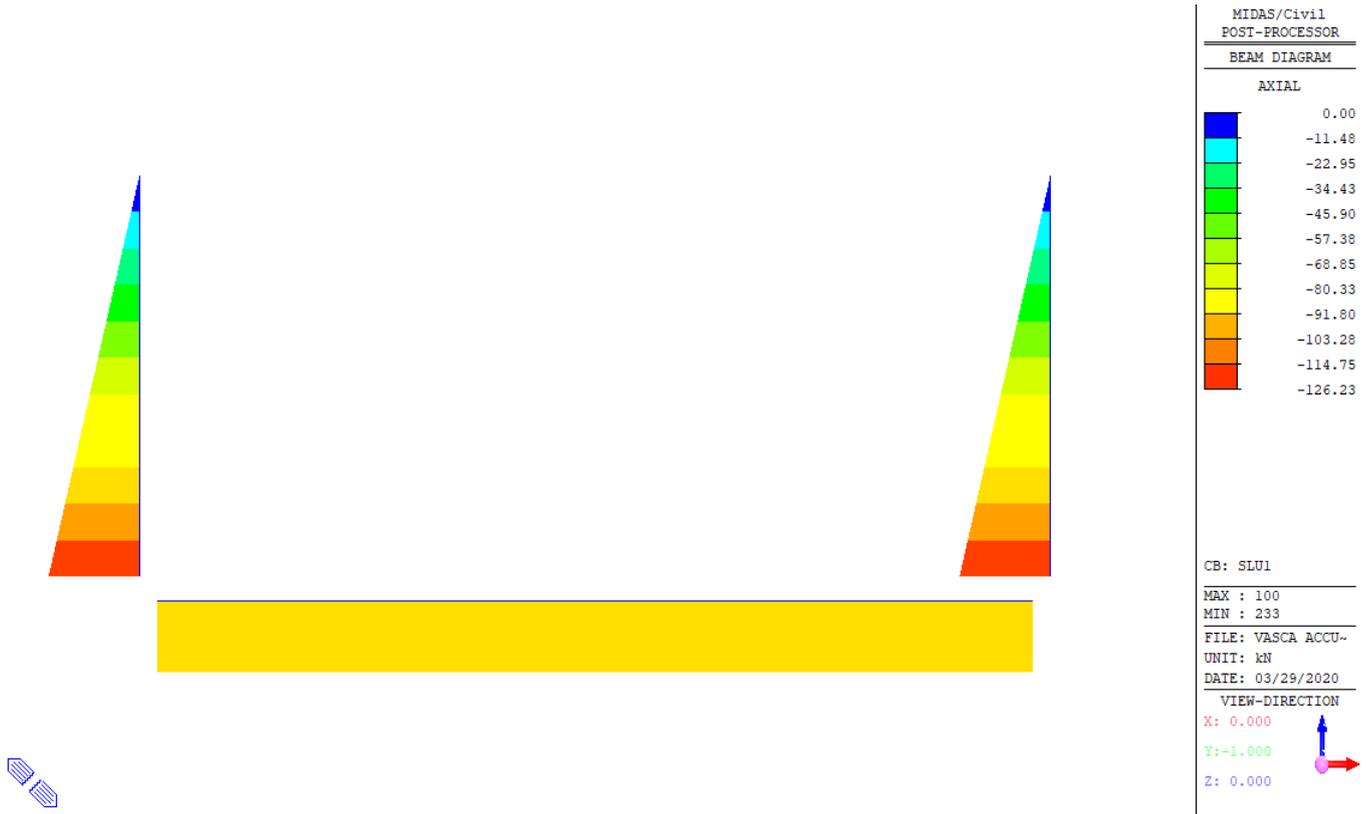


Figura 3: Diagramma N – SLU

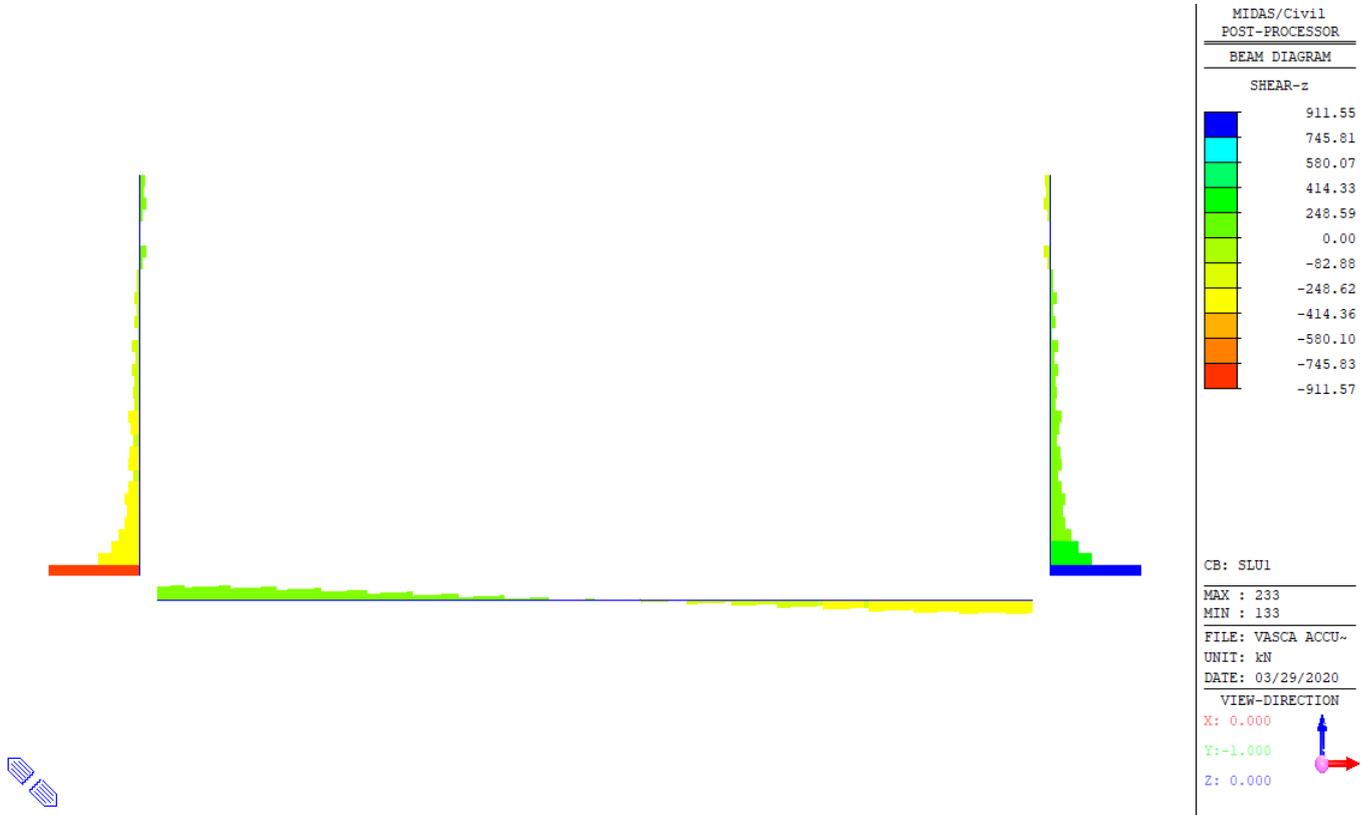


Figura 4: Diagramma V – SLU

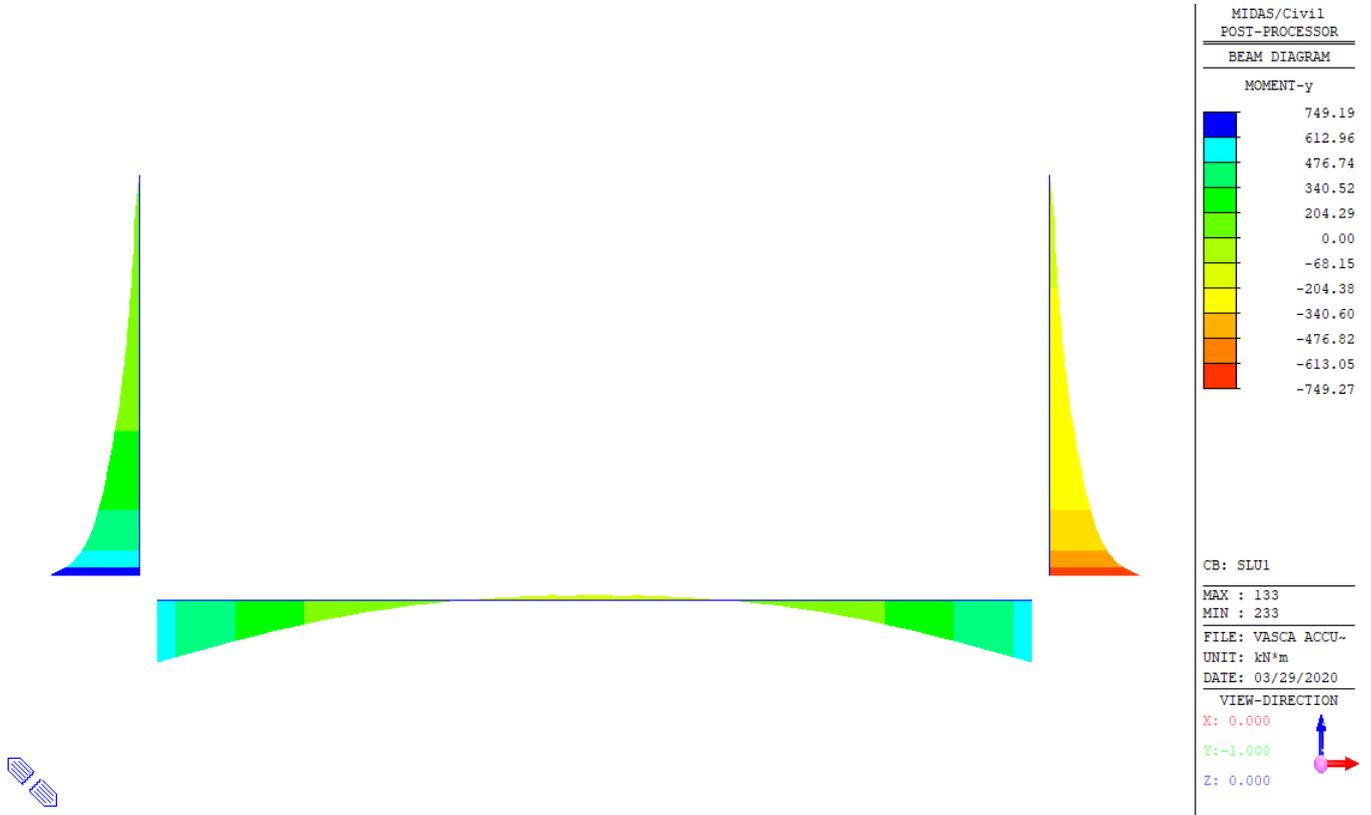


Figura 5: Diagramma M – SLU

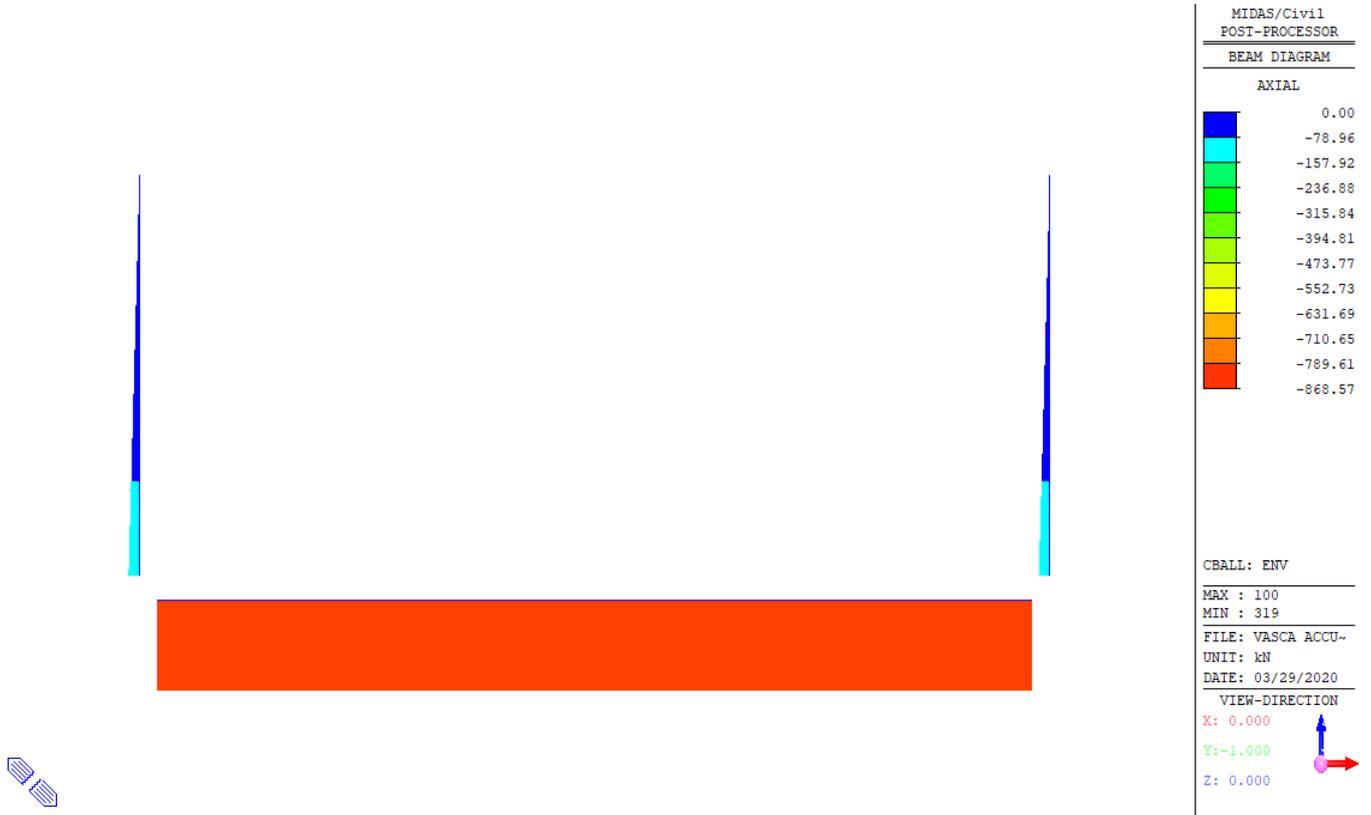


Figura 6: Involuppo N – SLV

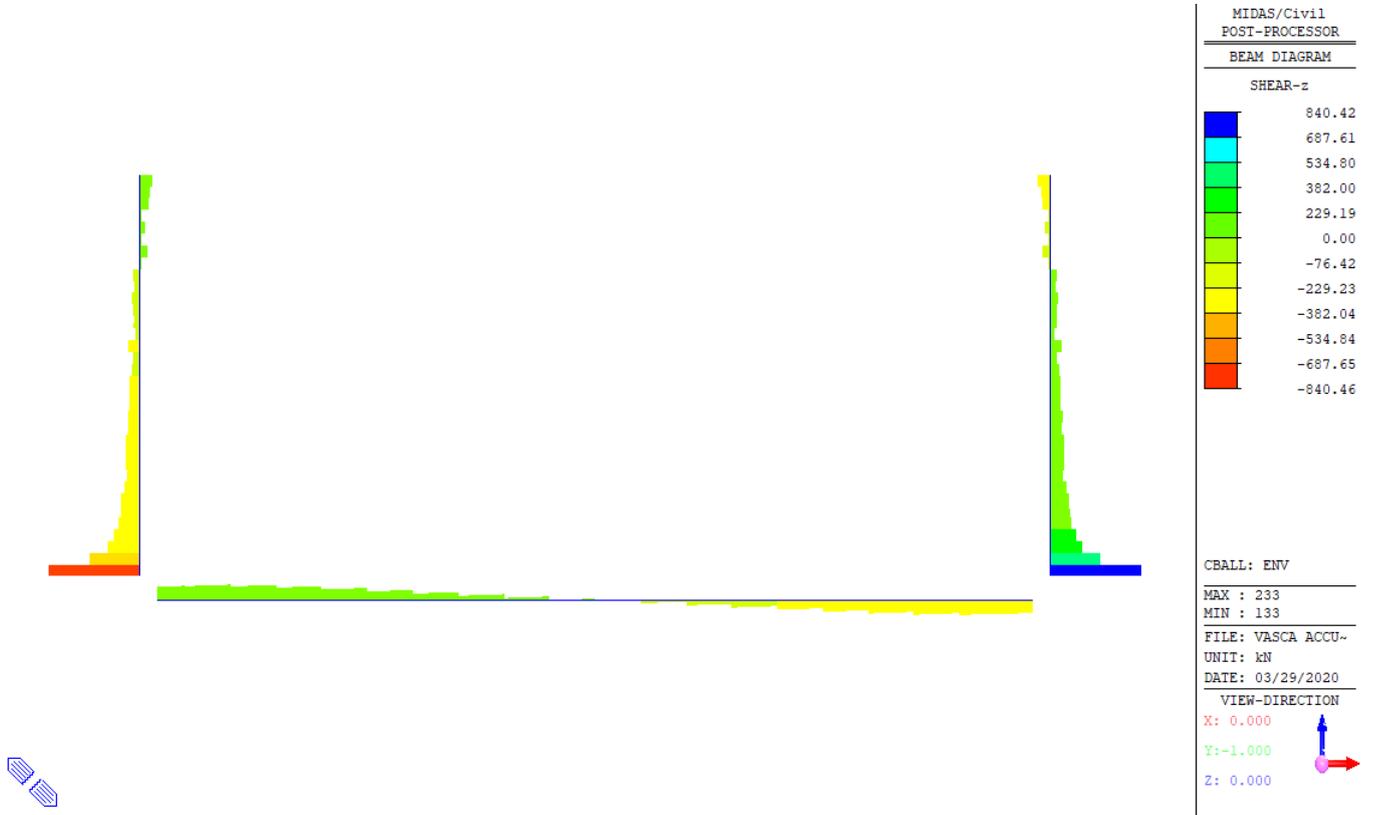


Figura 7: Involuppo V – SLV

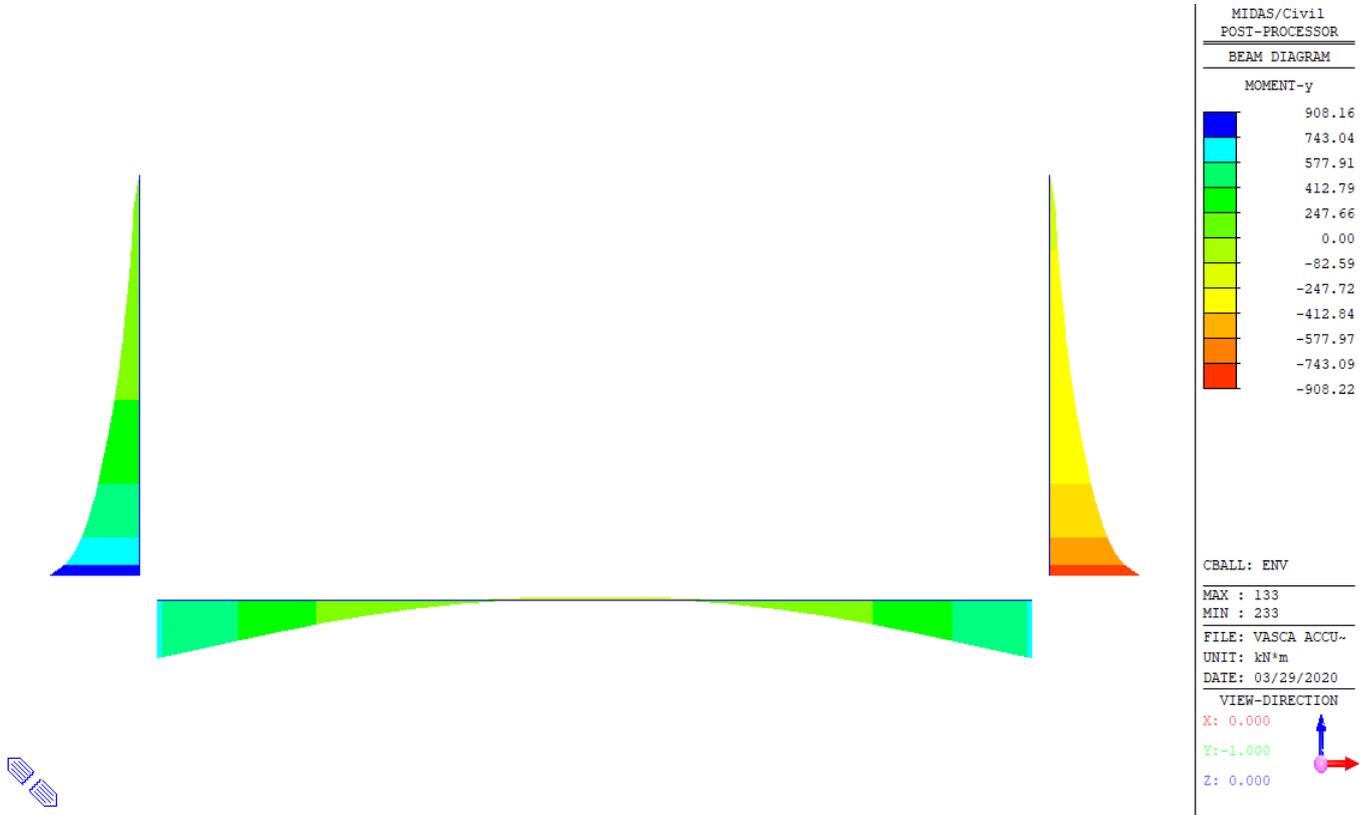


Figura 8: Involuppo M- SLV

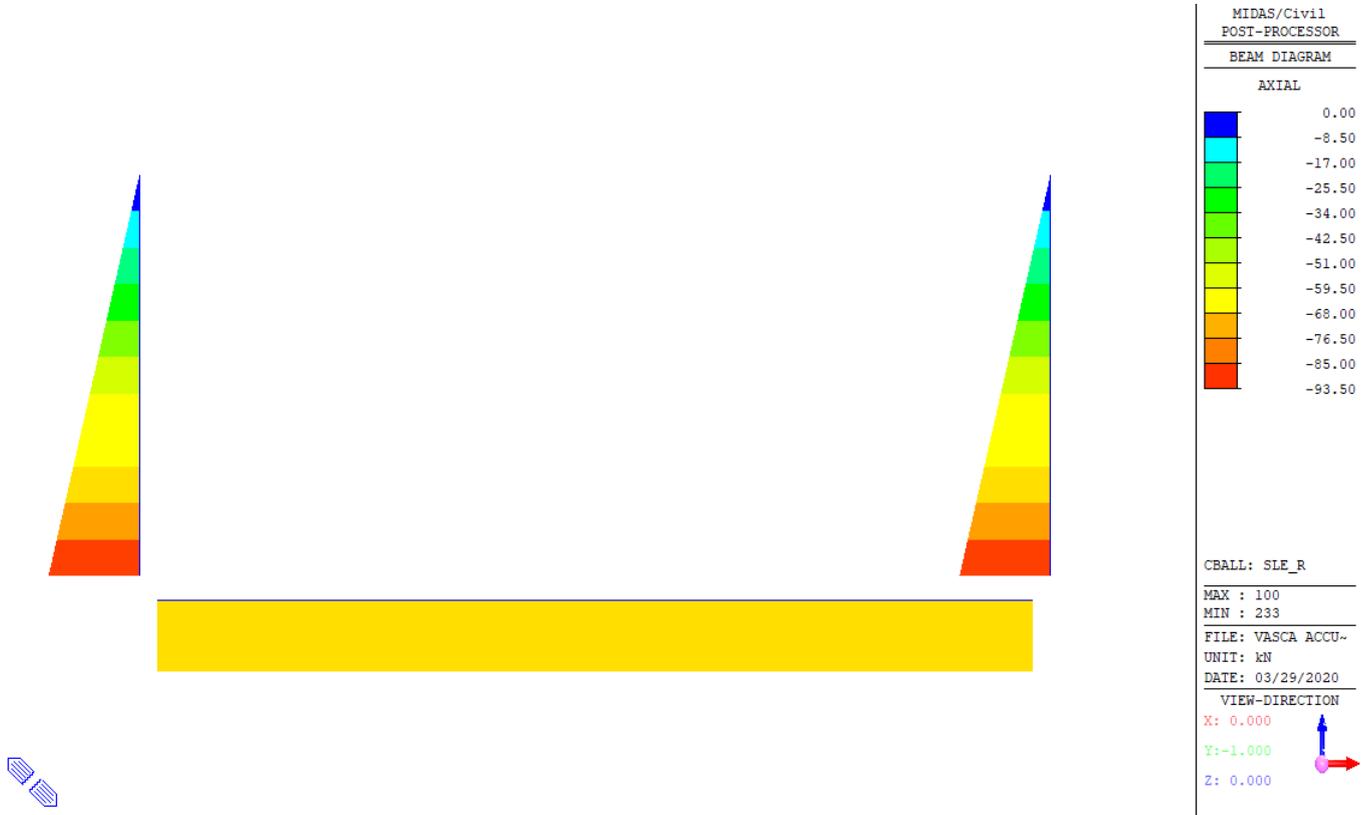


Figura 9: Diagramma N – SLE RARA

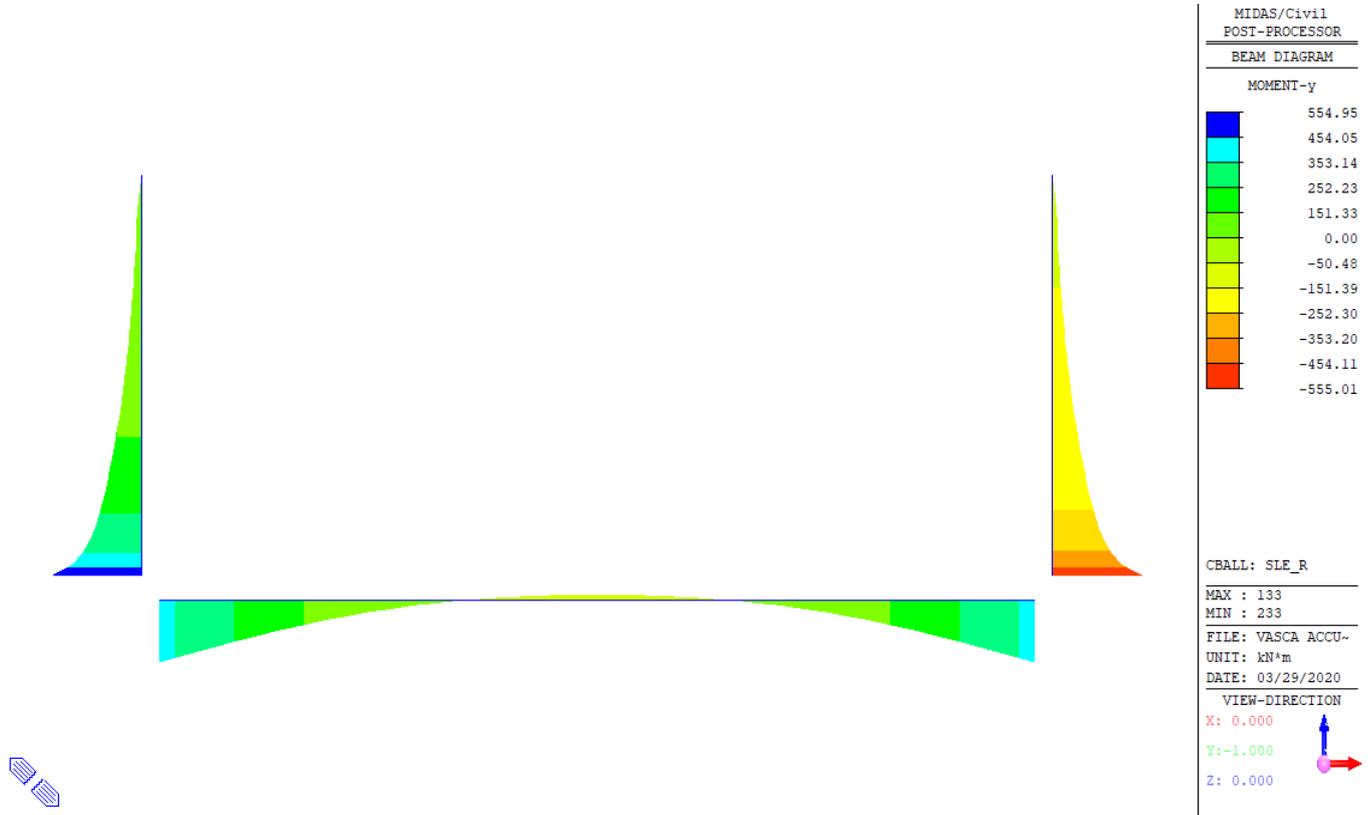


Figura 10: Diagramma M – SLE RARA

Le sezioni verificate sono le seguenti:

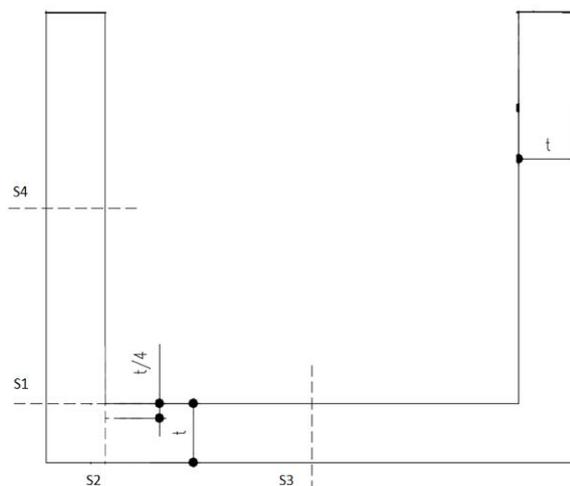


Figura 11: Sezioni di verifica

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO</b> APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO VI06 – Ponte di via Enrico Fermi					
<b>RELAZIONE DI CALCOLO VASCA</b>	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0600003	REV. A	FOGLIO 24 di 76

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

#### 4.3.4. Verifiche

##### Sezione 1 - base piedritto (parete verticale)

Armatura lato esterno	$\Phi$ 26/10 + $\Phi$ 24/10 (secondo strato)
Armatura lato interno	$\Phi$ 20/20
Armatura a taglio	$\Phi$ 16/(10x50)

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.

NOME SEZIONE: VI06\_Vasca\_S1

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.810 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.405 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	199.20 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00 MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.30 MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.30 MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068
Modulo Elastico Ef		2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :		1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :		0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLV10600003	A	26 di 76

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	55.0
3	50.0	55.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.5	7.5	26
2	-42.5	47.5	20
3	42.5	47.5	20
4	42.5	7.5	26
5	-42.5	12.1	24
6	42.5	12.1	24

**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	4	8	26
2	2	3	3	20
3	5	6	8	24

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe:	16	mm
Passo staffe:	10.0	cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale	

**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	126.00	750.00	0.00	911.00	0.00
2	104.00	908.00	0.00	840.00	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)

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLV10600003	A	27 di 76

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	94.00	555.00	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	94.00	555.00 (243.01)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.1 cm
Copriferro netto minimo staffe:	4.6 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO**

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 Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	126.00	750.00	0.00	126.19	1260.60	0.00	1.68	114.0(16.5)
2	S	104.00	908.00	0.00	103.83	1262.70	0.00	1.39	114.0(16.5)

**METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE**

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
Xc max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
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	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLV10600003	A	28 di 76

1	0.00200	50.0	55.0	0.00139	42.5	47.5	-0.00189	-42.5	7.5
2	0.00200	50.0	55.0	0.00138	42.5	47.5	-0.00190	-42.5	7.5

**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	0.000081861	-0.002502359	----	----
2	0.000000000	0.000082034	-0.002511866	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe:                    16 mm  
Passo staffe:                    10.0 cm [Passo massimo di normativa = 24.0 cm]

Ver                    S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Ved                    Taglio di progetto [kN] = proiezz. di  $V_x$  e  $V_y$  sulla normale all'asse neutro  
Vcd                    Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.28) NTC]  
Vwd                    Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
d | z                    Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
                          Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
                          I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
bw                    Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
                          E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg                    Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw                    Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast                    Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff                    Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
                          Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
                          L'area della legatura è ridotta col fattore  $L/d_{max}$  con  $L$ =lungh.legat.proietta-  
                          ta sulla direz. del taglio e  $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	911.00	1238.44	1484.11	47.5  37.7	100.0	2.500	1.012	24.7	40.2(0.0)
2	S	840.00	1236.51	1484.92	47.5  37.7	100.0	2.500	1.010	22.7	40.2(0.0)

**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<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.                Area barre [cm<sup>2</sup>] 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	11.07	-50.0	55.0	-159.6	-33.1	7.5	1050	53.1

**COMBINAZIONI RARE 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

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLV10600003	A	29 di 76

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 $A_c \text{ eff}$ [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 = $sr \max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(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	-0.00105	0	0.500	26.0	62	0.00056 (0.00048)	298	0.167 (0.20)	243.01	0.00

*Sezione 2 – estremità soletta (incastro)*

Armatura lato esterno	Ø 24/10
Armatura lato interno	Ø 20/20
Armatura a taglio	Ø 12/(20x50)

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: VI06\_Vasca\_S2**

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLV10600003	A	30 di 76

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C25/30

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	80.0
3	50.0	80.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.5	7.5	24
2	-42.5	72.5	20
3	42.5	72.5	20
4	42.5	7.5	24

**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	4	8	24
2	2	3	3	20

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 12 mm  
Passo staffe: 20.0 cm  
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

**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.

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLV10600003	A	31 di 76

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	100.00	520.00	0.00	150.00	0.00
2	878.00	587.00	0.00	142.00	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	74.00	385.00	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	74.00	385.00 (356.74)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.3 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 5.1 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO**

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 Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	100.00	520.00	0.00	99.89	1157.06	0.00	2.22	60.9(24.0)
2	S	878.00	587.00	0.00	877.81	1357.44	0.00	2.26	60.9(24.0)

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLV10600003	A	32 di 76

**METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE**

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Xc max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Xs min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Xs max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Ys max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00109	-50.0	80.0	0.00077	-42.5	72.5	-0.00196	-42.5	7.5
2	0.00141	-50.0	80.0	0.00106	-42.5	72.5	-0.00196	-42.5	7.5

**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	0.000041955	-0.002271164	----	----
2	0.000000000	0.000046409	-0.002304564	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe:	12 mm
Passo staffe:	20.0 cm [Passo massimo di normativa = 24.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = proiez. di $V_x$ e $V_y$ sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.28) NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d   z	Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro   Braccio coppia interna [cm] Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm <sup>2</sup> /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm <sup>2</sup> /m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore $L/d_{max}$ con $L$ =lungh.legat.proietta- ta sulla direz. del taglio e $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	150.00	1530.79	687.65	72.5  62.2	100.0	2.500	1.009	2.5	11.3(0.0)
2	S	142.00	1587.92	667.84	72.5  60.4	100.0	2.500	1.078	2.4	11.3(0.0)

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

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
-----	--

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLV10600003	A	33 di 76

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 <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] 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	4.45	-50.0	80.0	-124.5	-14.2	7.5	1800	45.2

**COMBINAZIONI RARE 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 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 = $sr \max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(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	-0.00072	0	0.500	24.0	63	0.00037 (0.00037)	377	0.141 (0.20)	356.74	0.00

*Sezione 3 - fondazione in mezzeria*

Armatura superiore  $\Phi$  20/20

Armatura inferiore  $\Phi$  20/20

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: VI06\_Vasca\_S3**

Descrizione Sezione:  
Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico  
Tipologia sezione: Sezione generica di Pilastro  
Normativa di riferimento: N.T.C.  
Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
Condizioni Ambientali: Molto aggressive  
Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
Riferimento alla sismicit : Zona non sismica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef		2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:		Billineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :		0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C25/30  
N°vertice: X [cm] Y [cm]

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLV10600003	A	35 di 76

1	-50.0	0.0
2	-50.0	80.0
3	50.0	80.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.5	7.5	20
2	-42.5	72.5	20
3	42.5	72.5	20
4	42.5	7.5	20

**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	4	3	20
2	2	3	3	20

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe:	12 mm
Passo staffe:	10.0 cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale

**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	100.00	-38.00	0.00	8.00	0.00
2	878.00	-31.00	0.00	6.00	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
---------	---	----	----

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLV10600003	A	36 di 76

1                      74.00                      -28.00                      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	74.00	-28.00 (-485.24)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:                      6.5 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali:                      19.3 cm  
Copriferro netto minimo staffe:                      5.3 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO**

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 Totale                      Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	100.00	-38.00	0.00	100.21	-443.31	0.00	11.67	31.4(24.0)
2	S	878.00	-31.00	0.00	878.08	-676.74	0.00	21.83	31.4(24.0)

**METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE**

ec max                      Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
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	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00058	-50.0	0.0	0.00032	-42.5	7.5	-0.00196	-42.5	72.5
2	0.00093	-50.0	0.0	0.00063	-42.5	7.5	-0.00196	-42.5	72.5

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLV10600003	A	37 di 76

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	-0.000034987	0.000580065	----	----
2	0.000000000	-0.000039784	0.000927804	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe:               12 mm  
Passo staffe:               10.0 cm [Passo massimo di normativa = 24.0 cm]

Ver               S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Ved              Taglio di progetto [kN] = proiez. di  $V_x$  e  $V_y$  sulla normale all'asse neutro  
Vcd              Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.28) NTC]  
Vwd              Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
d | z             Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
                  Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
                  I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
bw               Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
                  E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg               Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw               Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast               Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff             Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
                  Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
                  L'area della legatura è ridotta col fattore  $L/d_{max}$  con  $L$ =lungh.legat.proietta-  
                  ta sulla direz. del taglio e  $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	8.00	1622.29	1457.50	73.4  65.9	100.0	2.500	1.009	0.1	22.6(0.0)
2	S	6.00	1661.79	1397.83	72.5  63.2	100.0	2.500	1.078	0.1	22.6(0.0)

**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<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.           Area barre [cm<sup>2</sup>] 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	0.44	-50.0	0.0	-7.0	21.3	72.5	1500	15.7

**COMBINAZIONI RARE 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

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600003	A	38 di 76

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	-0.00004	0	0.500	20.0	65	0.00002 (0.00002)	546	0.011 (0.20)	-485.24	0.00

*Sezione 4 - mezzeria piedritto*

Armatura lato interno	Φ 26/20
Armatura lato esterno	Φ 20/20
Armatura a taglio	Φ 12/(20x50)

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: VI06\_Vasca\_S4**

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.810 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.405 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	199.20 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto fld:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo B1*B2 :	1.00
	Coeff. Aderenza differito B1*B2 :	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa	

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio:	Poligonale
--------------------	------------

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLV10600003	A	40 di 76

Classe Conglomerato: C32/40

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	55.0
3	50.0	55.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.5	7.5	26
2	-42.5	47.5	20
3	42.5	47.5	20
4	42.5	7.5	26

**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	4	3	26
2	2	3	3	20

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 12 mm  
 Passo staffe: 10.0 cm  
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

**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	71.00	160.00	0.00	76.00	0.00
2	45.00	247.00	0.00	122.00	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

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLV10600003	A	41 di 76

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	52.00	119.00	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	52.00	119.00 (196.35)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	18.7 cm
Copriferro netto minimo staffe:	5.0 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO**

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 Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	71.00	160.00	0.00	70.80	454.39	0.00	2.83	42.3(16.5)
2	S	45.00	247.00	0.00	45.08	449.22	0.00	1.82	42.3(16.5)

**METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE**

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
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	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00085	-50.0	55.0	0.00040	-42.5	47.5	-0.00196	-42.5	7.5

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLV10600003	A	42 di 76

2      0.00083      -50.0      55.0      0.00039      -42.5      47.5      -0.00196      -42.5      7.5

**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	0.000059029	-0.002399219	----	----
2	0.000000000	0.000058765	-0.002397237	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe:      12 mm  
Passo staffe:      10.0 cm [Passo massimo di normativa = 24.0 cm]

Ver      S = comb. verificata / N = comb. non verificata  
Ved      Taglio di progetto [kN] = proiez. di  $V_x$  e  $V_y$  sulla normale all'asse neutro  
Vcd      Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.28) NTC]  
Vwd      Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
d | z      Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
bw      Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg      Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw      Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast      Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff      Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
L'area della legatura è ridotta col fattore  $L/d_{max}$  con  $L$ =lungh.legat.proietta-  
ta sulla direz. del taglio e  $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	76.00	1363.54	924.00	49.3  41.8	100.0	2.500	1.007	1.9	22.6(0.0)
2	S	122.00	1362.08	925.32	49.3  41.8	100.0	2.500	1.004	3.0	22.6(0.0)

**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<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.      Area barre [cm<sup>2</sup>] 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	3.32	-50.0	55.0	-96.9	-42.5	7.5	1300	26.5

**COMBINAZIONI RARE 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  
e2      Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600003	A	43 di 76

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	-0.00060	0	0.500	26.0	62	0.00029 (0.00029)	427	0.124 (0.20)	196.35	0.00

#### 4.3.1. Verifiche a deformazione

Si esegue la verifica a inflessione dei piedritti 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:

$$L = 2 * H = 2 * 7.2 = 14400 \text{ mm}$$

Per cui si ricava il valore di inflessione massimo ammissibile:

$$f_{max} = L / 250 = 14400 / 250 = 57.6 \text{ mm}$$

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

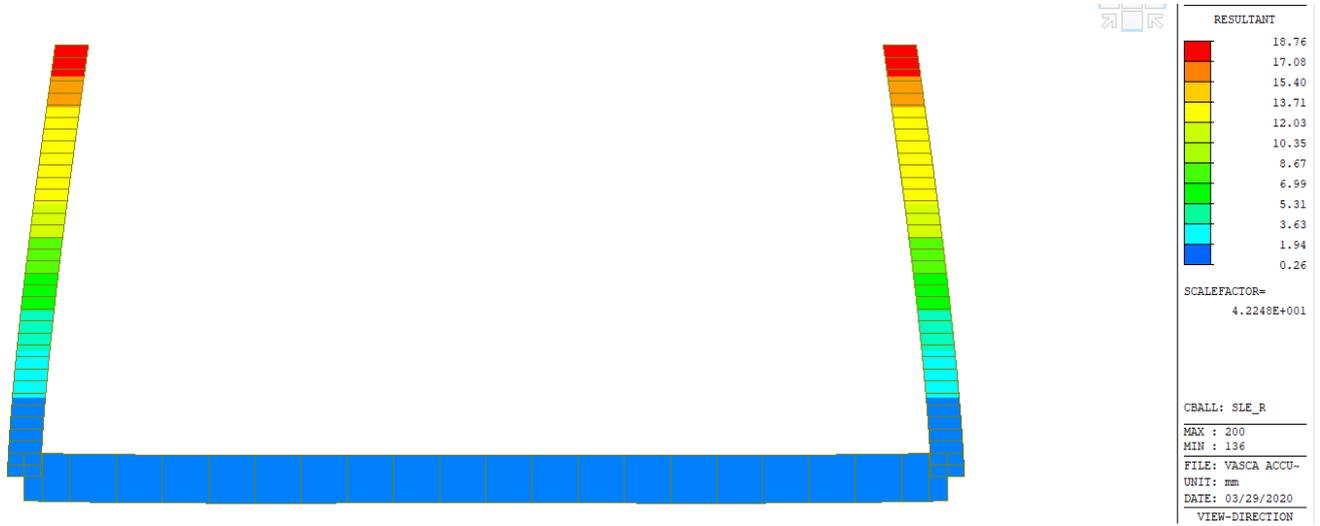


Figura 12: Deformazione del modello

$dx = 18.8 \text{ mm} < 57.6 \text{ mm} = f_{max}$

**Verificato**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO</b> APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO VI06 – Ponte di via Enrico Fermi					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO VASCA</b>	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0600003	REV. A

### 6.2.6. Riepilogo armature

Elemento	Sezione	Armatura Principale	Armatura secondaria	Incidenze
piedritti	mezzeria	$\Phi$ 26/20 est. $\phi$ 20/20 int.	$\Phi$ 20/20 est. $\Phi$ 20/20 int.	200kg/m <sup>3</sup>
	Piede inf.	$\Phi$ 26/10 + $\Phi$ 24/10 est. $\phi$ 20/20 int.	$\Phi$ 20/20 est. $\Phi$ 20/20 int.	
soletta inferiore	mezzeria	$\Phi$ 20/20 sup. $\Phi$ 20/20 inf.	$\Phi$ 20/20 est. $\Phi$ 20/20 int.	100kg/m <sup>3</sup>
	estremità	$\Phi$ 20/20 sup. $\Phi$ 24/10 inf.	$\Phi$ 20/20 est. $\Phi$ 20/20 int.	

## 4.4. SOLETTA DI COPERTURA VASCA

### 4.4.1. Geometria soletta

La soletta della vasca è realizzata su muretti di spina, posti ad interasse massimo di 2.4m, gettata in opera su cassero a perdere.

A favore di sicurezza, si calcolano le sollecitazioni su ogni campata trasversale di soletta realizzando l'involuppo del momento flettente di due schemi statici semplificati:

- trave in semplice appoggio, per il calcolo del momento positivo
- trave incastrata alle estremità, per il calcolo del momento negativo

Il taglio sulla soletta può essere calcolato equivalentemente in entrambi gli schemi.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO</b> APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO VI06 – Ponte di via Enrico Fermi					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO VASCA</b>	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0600003	REV. A

La soletta viene progettata per i soli carichi verticali.

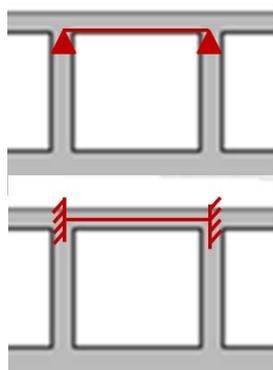


Figura 13: Sezione trasversale muro contenente la vasca, ecidenza della soletta calcolata e Schemi di vincolo considerati

#### 4.4.2. ANALISI DEI CARICHI

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

##### *Peso proprio della struttura (PP)*

Il peso proprio della soletta viene calcolata considerando come peso specifico del calcestruzzo armato  $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$ . Il peso proprio in base alle dimensioni della sezione dell'elemento, ovvero spessore 30cm e 100cm di profondità:

$$G1 = 25 \times 0.30 \times 1.00 = 7.5 \text{ kN/m.}$$

##### *Carichi permanenti portati*

I carichi permanenti portati equivalgono al pacchetto della pavimentazione:

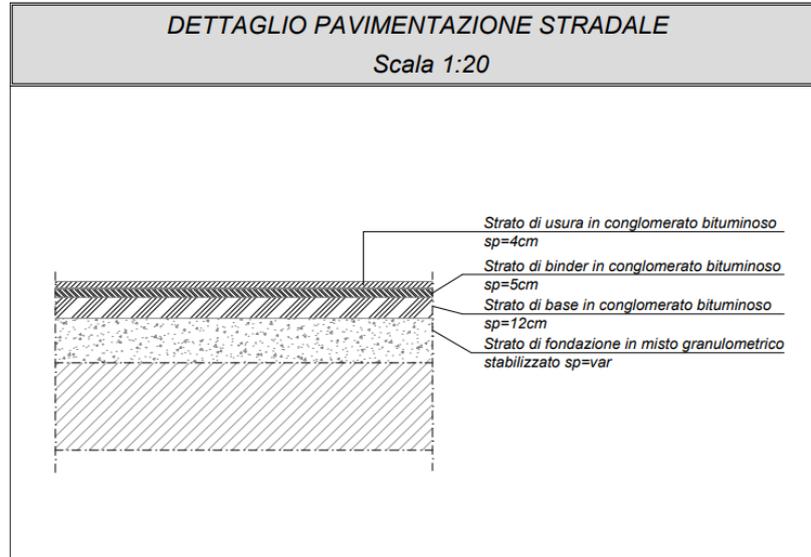


Figura 4-14: Particolare pavimentazione ciclo pedonale

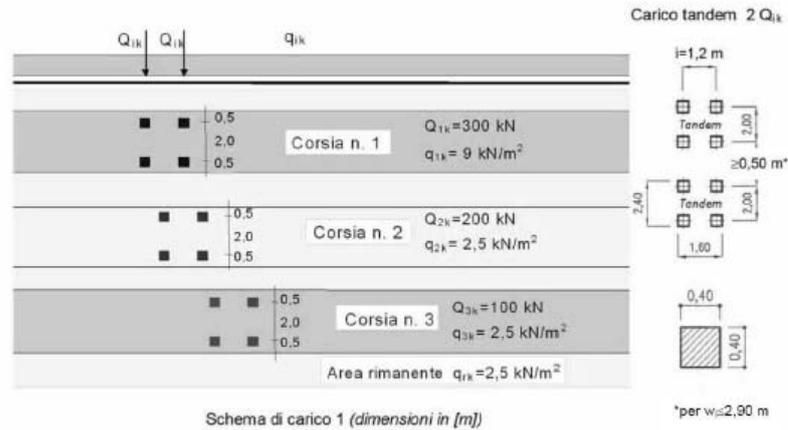
$$G2=(0.04 \times 21 + 0.05 \times 18 + 0.12 \times 21 + 0.60 \times 18) \times 1.00 = 15 \text{ kN/m}$$

#### *Carichi Accidentali per sovraccarico stradale*

Il dimensionamento viene eseguito per sovraccarico stradale di I° categoria.

Carico di esercizio  $Q_k + q_k$ :

con riferimento alle prescrizioni normative (D.M. 14-01-2008) si adotta il seguente schema previsto per le opere stradali:



Il carico mobile individuato viene diffuso in riferimento all'asse della soletta (vedasi schema grafico) e disposto sull'impalcato in maniera che massimizzi il carico agente.

A seguire degli schemi che rappresentano la determinazione del carico agente:

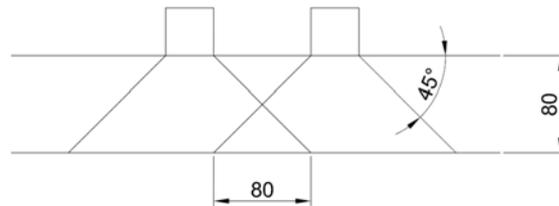


Figura 15: Diffusione del carico coconcentrato in senso trasversale per uno spessore a metà soletta di 80 cm.

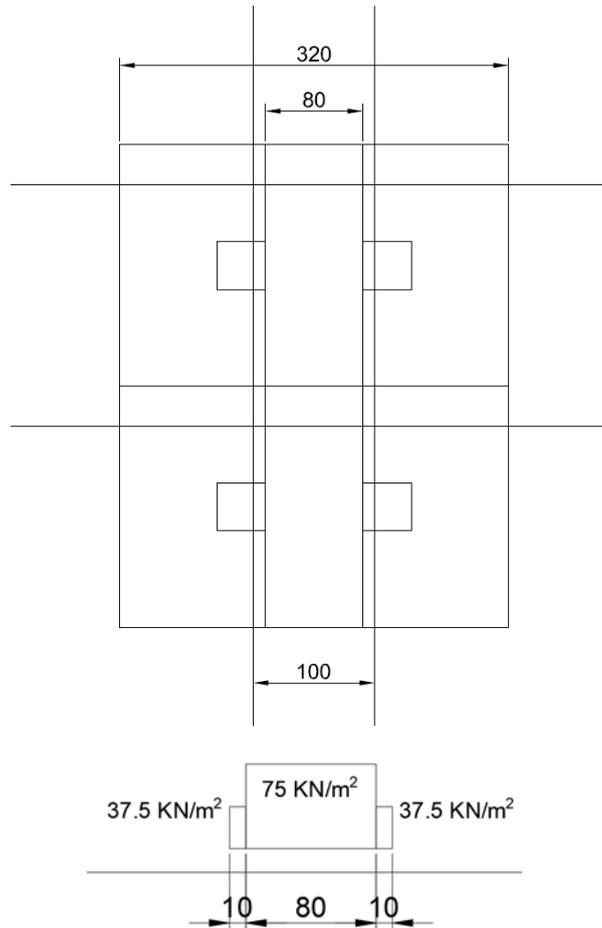


Figura 16: Diffusione del carico in senso longitudinale e determinazione del carico agente su soletta in esame.

$Q_{\text{in senso trasversale per area di diffusione}} = 150 \text{ KN} / 4 \text{ m}^2 \text{ (singola area diffusione)} = 37.5 \text{ KN/m}^2 \rightarrow \times 2 \text{ (zona sovrapposizione dove vale doppio)} = 75 \text{ KN/m}^2$  altrimenti vale  $37.5 \text{ KN/m}^2$

$Q_{\text{in senso longitudinale}}$  (vedi immagine precedente su fascio di 1m)

$Q_{\text{agente su soletta}} = 0.1 \text{ m} \times 37.5 \text{ KN/m}^2 \times 2 + 0.8 \text{ m} \times 75 \text{ KN/m}^2 = 67.5 \text{ KN/m}$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO</b> APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO VI06 – Ponte di via Enrico Fermi					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO VASCA</b>	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLV10600003	REV. A

#### *Sollecitazione trasmesse dal Muro ad U*

La soletta funge da puntone tra i piedritti del muro a U, che trasmette delle forze di compressione alla soletta.

L'azione, quindi, risulta essere favorevole ai fini della verifica strutturale, quindi, a favore di sicurezza, è stata trascurata nelle verifiche,

#### **4.4.3. COMBINAZIONE DEI CARICHI E SOLLECITAZIONI**

Per le verifiche si adotta la combinazione delle azioni fondamentale SLU tratta dal § 2.5.3 NTC 2018:

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

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  $\rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

Le azioni, vengono moltiplicati per i coefficienti parziali di sicurezza che sono indicati in tabella.

Tabella 1: Valori dei coefficienti di combinazione

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

				SLU	SLE (rara)	SLE (freq)	SLE (Q.P.)
	L =	2.4 m		G1	1.35	1	1
	$g_1 =$	7.5 kN/m <sup>2</sup>		G2	1.5	1	1
	$g_2 =$	15 kN/m <sup>2</sup>		Q	1,50	1	0.75
	q =	67.5 kN/m <sup>2</sup>					
Schema 1)	$M^+g_1 =$	5.4 kNm/m	$M^+SLU =$	96 kNm/m			
	$M^+g_2 =$	10.8 kNm/m	$M^+SLEr =$	65 kNm/m			
	$M^+q =$	48.6 kNm/m	$M^+SLEf =$	53 kNm/m			
			$M^+SLEqp =$	16 kNm/m			
Schema 2)	$M^-g_1 =$	2.6 kNm/m	$M^-SLU =$	46 kNm/m			
	$M^-g_2 =$	5.2 kNm/m	$M^-SLEr =$	31 kNm/m			
	$M^-q =$	23.3 kNm/m	$M^-SLEf =$	25 kNm/m			
			$M^-SLEqp =$	8 kNm/m			
Taglio	$Vg_1 =$	9 kN/m	$V_{SLU} =$	161 kN/m			
	$Vg_2 =$	18 kN/m					
	$Vq =$	81 kN/m					

#### 4.4.4. Verifiche strutturali

Le verifiche strutturali sono state svolte in RC-Sec si riportano gli output delle verifiche nelle sezioni S1 ed S2.

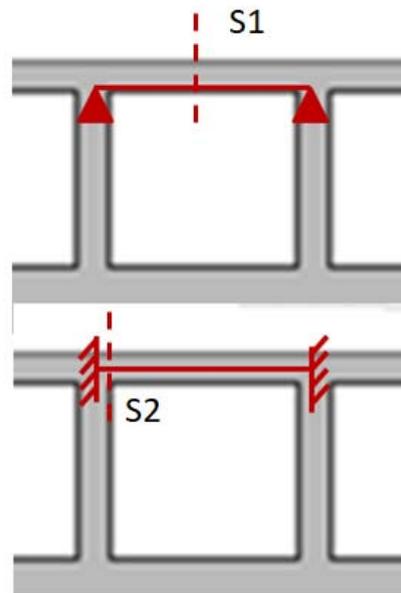


Figura 17: sezioni di verifica

Armatura inferiore	$\Phi$ 16/20
Armatura superiore	$\Phi$ 16/20
Armatura a taglio	Spilli $\phi$ 10/20x20

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: sezione S1 - mezz

(Percorso File: N:\0549D12\_Radd Ponte S. Pietro Bergamo ITF05 Lavori\GSTVI06 - Sottopasso via Fermi\Calcolo\RCsec\VASCA\solettasezione S1 - mezz.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLV10600003	A	53 di 76

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	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:	C25/30

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-15.0
2	-50.0	15.0
3	50.0	15.0
4	50.0	-15.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-44.0	-9.2	20
2	-44.0	9.2	16
3	44.0	9.2	16
4	44.0	-9.2	20

**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	2	3	3	16

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLV10600003	A	54 di 76

2                      1                      4                      3                      20

**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	96.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-46.00	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	65.00	0.00
2	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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	53.00 (44.64)	0.00 (0.00)
2	0.00	-25.00 (-43.29)	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	16.00 (44.64)	0.00 (0.00)
2	0.00	-8.00 (-43.29)	0.00 (0.00)

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLV10600003	A	55 di 76

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.8 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	16.6 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) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	96.00	0.00	0.00	135.32	0.00	1.41	15.7(6.0)
2	S	0.00	-46.00	0.00	0.00	-93.69	0.00	2.04	25.8(6.0)

**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	0.231	-50.0	15.0	-0.00013	-44.0	9.2	-0.01166	-44.0	-9.2
2	0.00350	0.206	-50.0	-15.0	-0.00057	-44.0	-9.2	-0.01348	44.0	9.2

**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	0.000626324	-0.005894867	0.231	0.729
2	0.000000000	-0.000701810	-0.007027153	0.206	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]

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLV10600003	A	56 di 76

Xs min, Ys min      Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.                Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.                Area barre [cm<sup>2</sup>] 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	6.73	-50.0	15.0	-195.6	22.0	-9.2	750	15.7
2	S	3.78	-50.0	-15.0	-143.0	22.0	9.2	732	10.1

**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	5.49	-50.0	15.0	-159.5	22.0	-9.2	750	15.7
2	S	3.05	-50.0	-15.0	-115.3	22.0	9.2	732	10.1

**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;  $=(e1 + e2)/(2*e1)$  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	-0.00109	0	0.500	20.0	48	0.00048 (0.00048)	326	0.156 (0.20)	44.64	0.00
2	S	-0.00077	0	0.500	16.0	50	0.00035 (0.00035)	368	0.127 (0.20)	-43.29	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	1.66	-50.0	15.0	-48.1	22.0	-9.2	750	15.7
2	S	0.98	-50.0	-15.0	-36.9	22.0	9.2	732	10.1

**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	-0.00033	0	0.500	20.0	48	0.00014 (0.00014)	326	0.047 (0.20)	44.64	0.00
2	S	-0.00025	0	0.500	16.0	50	0.00011 (0.00011)	368	0.041 (0.20)	-43.29	0.00



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO**  
APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA  
LINEA DA CURNO A BERGAMO  
VI06 – Ponte di via Enrico Fermi

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600003	A	57 di 76

**Verifica di resistenza a taglio**

Si prevedono spilli  $\varnothing 10/20 \times 20$



*4.4.1. Riepilogo armature – soletta di copertura vasca*

Elemento	Armatura Principale	Armatura secondaria	Incidenze
Soletta di copertura vasca	Φ 16/20 sup.	Φ 12/20 est.	125 kg/m <sup>3</sup>
	Φ 20/20 inf.	Φ 12/20 int.	

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO</b> APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO VI06 – Ponte di via Enrico Fermi					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO VASCA</b>	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLV10600003	REV. A

#### 4.5. SOLETTA E MURO DI RIFODERA LOCALE POMPE

In corrispondenza della parte terminale della vasca, limitatamente ad una porzione di circa 8m di lunghezza, lo scavo ha un allargamento di circa 4.5 ed un approfondimento di 2.4m, che consentirà di alloggiare il vano pompe.

In questa zona, nonostante la maggiore larghezza della sezione e il locale approfondimento su un lato, la conformazione geometrica in pianta della rifodera gioca a favore della stabilità della stessa, in quanto i tratti di muri ortogonali tra loro 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.

##### 4.5.1. 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 le paratie di pali.

A favore di sicurezza, si calcolano le sollecitazioni realizzando l'involuppo del momento flettente di due schemi statici semplificati:

- trave in semplice appoggio, per il calcolo del momento positivo
- trave incastrata alle estremità, per il calcolo del momento negativo

Le luci di calcolo e gli spessori considerati sono rispettivamente:

- per il muro di rifodera "1" del locale pompe:

Luce=5.4 m Sp=0.55m;

- soletta del locale pompe:

Luce=4.2 m Sp=0.60m.



Figura 18: Pianta e Sezione trasversale muro di rifodera"1" e soletta del locale pompe

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO</b> APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO VI06 – Ponte di via Enrico Fermi					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO VASCA</b>	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLV10600003	REV. A

#### 4.5.2. ANALISI DEI CARICHI

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

##### *Peso proprio della struttura (PP)*

Il peso proprio della soletta viene calcolata considerando come peso specifico del calcestruzzo armato  $\gamma_c = 25$  kN/m<sup>3</sup>. 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.

##### *Spinta idrostatica (SPW)*

Nel caso in esame a favore di sicurezza si è considerato un tirante idraulico di 3,00 m a partire dall'intradosso della fondazione.

Per la soletta si ha quindi una sottospinta idraulica costante pari a:

$$q_{w,soletta} = 30.00 \text{ kN/m}$$

Mentre per il muro 1, considerando lo spessore della fondazione pari a 0.6m, nella fascia inferiore di altezza unitaria si ha una pressione media di:

$$q_{w,muro} = 19.00 \text{ kN/m}$$

#### 4.5.3. COMBINAZIONE DEI CARICHI E SOLLECITAZIONI

Per le verifiche si adotta la combinazione delle azioni fondamentale SLU tratta dal § 2.5.3 NTC 2018:

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

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

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600003	A	63 di 76

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 soletta di fondo, quindi si ha:

					SLU	SLE (rara)	SLE (freq)	SLE (Q.P.)
	L =	4.2 m			G1	1.35	1	1
	g <sub>1</sub> =	0 kN/m <sup>2</sup>			G2	1.5	1	1
	g <sub>2</sub> =	30 kN/m <sup>2</sup>			Q	1,50	1	0.75
	q =	0 kN/m <sup>2</sup>						
Schema 1)	M <sup>+</sup> g <sub>1</sub> =	0.0 kNm/m		M <sup>+</sup> SLU =	99 kNm/m			
	M <sup>+</sup> g <sub>2</sub> =	66.2 kNm/m		M <sup>+</sup> SLEr =	66 kNm/m			
	M <sup>+</sup> q =	0.0 kNm/m		M <sup>+</sup> SLEf =	66 kNm/m			
				M <sup>+</sup> SLEqp =	66 kNm/m			
Schema 2)	M <sup>-</sup> g <sub>1</sub> =	0.0 kNm/m		M <sup>-</sup> SLU =	-146 kNm/m			
	M <sup>-</sup> g <sub>2</sub> =	-97.2 kNm/m		M <sup>-</sup> SLEr =	-97 kNm/m			
	M <sup>-</sup> q =	0.0 kNm/m		M <sup>-</sup> SLEf =	-97 kNm/m			
				M <sup>-</sup> SLEqp =	-97 kNm/m			
Taglio	Vg <sub>1</sub> =	0 kN/m		V <sub>SLU</sub> =	95 kN/m			
	Vg <sub>2</sub> =	63 kN/m						
	Vq =	0 kN/m						

Mentre per il muro 1:

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLV10600003	A	64 di 76

L = 5.4 m  
 $g_1 = 0 \text{ kN/m}^2$   
 $g_2 = 19 \text{ kN/m}^2$   
 $q = 0 \text{ kN/m}^2$

	SLU	SLE (rara)	SLE (freq)	SLE (Q.P.)
G1	1.35	1	1	1
G2	1.5	1	1	1
Q	1,50	1	0.75	0

Schema 1)  $M^*g_1 = 0.0 \text{ kNm/m}$   $M^*SLU = 104 \text{ kNm/m}$   
 $M^*g_2 = 69.3 \text{ kNm/m}$   $M^*SLEr = 69 \text{ kNm/m}$   
 $M^*q = 0.0 \text{ kNm/m}$   $M^*SLEf = 69 \text{ kNm/m}$   
 $M^*SLEqp = 69 \text{ kNm/m}$

Schema 2)  $M^*g_1 = 0.0 \text{ kNm/m}$   $M^*SLU = -252 \text{ kNm/m}$   
 $M^*g_2 = -168.3 \text{ kNm/m}$   $M^*SLEr = -168 \text{ kNm/m}$   
 $M^*q = 0.0 \text{ kNm/m}$   $M^*SLEf = -168 \text{ kNm/m}$   
 $M^*SLEqp = -168 \text{ kNm/m}$

Taglio  $Vg_1 = 0 \text{ kN/m}$   $V_{SLU} = 77 \text{ kN/m}$   
 $Vg_2 = 51.3 \text{ kN/m}$   
 $Vq = 0 \text{ kN/m}$

#### 4.5.4. Verifiche strutturali

Le verifiche strutturali sono state svolte in RC-Sec si riportano gli output delle verifiche nelle sezioni di mezzeria e di incastro di ciascun elemento verificato

##### 4.5.4.1 Soletta di fondo

Armatura inferiore  $\Phi 20/20$   
 Armatura superiore  $\Phi 20/20$   
 Armatura a taglio Spilli  $\Phi 10/20 \times 40$

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

Descrizione Sezione:  
 Metodo di calcolo resistenza: Resistenze agli Stati Limite Ultimi  
 Tipologia sezione: Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica  
 Normativa di riferimento: N.T.C.  
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
 Condizioni Ambientali: Molto aggressive

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLV10600003	A	65 di 76

Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
Riferimento alla sismicità: Zona non sismica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm	

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C25/30

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-30.0
2	-50.0	30.0
3	50.0	30.0
4	50.0	-30.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-43.8	-23.8	20
2	-43.8	23.8	20
3	43.8	23.8	20
4	43.8	-23.8	20

**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 VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLV10600003	A	66 di 76

Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N° Gen.	N° Barra Ini.	N° Barra Fin.	N° Barre	Ø
1	2	3	3	20
2	1	4	3	20

**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	99.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-146.00	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	66.00	0.00
2	0.00	-97.00	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	66.00 (176.38)	0.00 (0.00)
2	0.00	-97.00 (-176.38)	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 VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLV10600003	A	67 di 76

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	66.00 (176.38)	0.00 (0.00)
2	0.00	-97.00 (-176.38)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	19.9 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 $\geq 1.000$
As Tesa	Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	99.00	0.00	0.00	317.93	0.00	3.21	15.7(12.0)
2	S	0.00	-146.00	0.00	0.00	-317.93	0.00	2.18	15.7(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	0.109	-50.0	30.0	-0.00019	-43.8	23.8	-0.02852	-43.8	-23.8
2	0.00350	0.109	-50.0	-30.0	-0.00019	-43.8	-23.8	-0.02852	43.8	23.8

**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	0.000595093	-0.014352783	0.109	1.000
2	0.000000000	-0.000595093	-0.014352783	0.109	1.000

**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 <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] 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	1.77	-50.0	30.0	-85.3	21.9	-23.8	1549	15.7
2	S	2.60	-50.0	-30.0	-125.4	21.9	23.8	1549	15.7

**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	1.77	-50.0	30.0	-85.3	21.9	-23.8	1549	15.7
2	S	2.60	-50.0	-30.0	-125.4	21.9	23.8	1549	15.7

**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; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ 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 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 = $sr \cdot \max^*(e_{sm} - e_{cm})$ [(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	-0.00049	0	0.500	20.0	52	0.00026 (0.00026)	512	0.131 (0.20)	176.38	0.00
2	S	-0.00072	0	0.500	20.0	52	0.00038 (0.00038)	512	0.193 (0.20)	-176.38	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	1.77	-50.0	30.0	-85.3	21.9	-23.8	1549	15.7
2	S	2.60	-50.0	-30.0	-125.4	21.9	23.8	1549	15.7

**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	-0.00049	0	0.500	20.0	52	0.00026 (0.00026)	512	0.131 (0.20)	176.38	0.00
2	S	-0.00072	0	0.500	20.0	52	0.00038 (0.00038)	512	0.193 (0.20)	-176.38	0.00

### Verifica di resistenza a taglio

#### • 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
$f_{ck} = 25$	MPa resist. caratteristica	Armadura longitudinale tesa:		
$\gamma_c = 1.50$	coeff. sicurezza	$A_{sl,1} = 5$	$\emptyset 20$	$= 15.71 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$	coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 550$	mm altezza utile	$A_{sl,3} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 14.17$	MPa resist. di calcolo			$15.71 \text{ cm}^2$

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

$$N_{ed} = 0.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 95.0 \text{ kN}$$

#### • Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

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

$$v_{\min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{\min} = 0.355$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.003 < 0.02$$

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

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

$$V_{Rd} = 203.7 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{\min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 195.3 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 203.7 \text{ kN} \quad \text{valore di calcolo}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO**  
APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA  
LINEA DA CURNO A BERGAMO  
VI06 – Ponte di via Enrico Fermi

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLV10600003	A	70 di 76

#### 4.5.4.1 Muro di rifodera

Armatura interna	Φ 24/20
Armatura esterna	Φ 24/20
Armatura a taglio	Spilli Φ 10/20x40

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

##### NOME SEZIONE: Muro rifodera

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef		2000000	daN/cm <sup>2</sup>
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:	C25/30

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLV10600003	A	72 di 76

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-27.5
2	-50.0	27.5
3	50.0	27.5
4	50.0	-27.5

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-43.8	-21.3	24
2	-43.8	21.3	26
3	43.8	21.3	26
4	43.8	-21.3	24

**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	2	3	3	26
2	1	4	3	24

**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	104.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-252.00	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	69.00	0.00
2	0.00	-168.00	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	69.00 (159.03)	0.00 (0.00)
2	0.00	-168.00 (-161.37)	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	69.00 (159.03)	0.00 (0.00)
2	0.00	-168.00 (-161.37)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.9 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 19.3 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 § 7.2.6 NTC

N° Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	104.00	0.00	0.00	403.19	0.00	3.88	22.6(11.0)
2	S	0.00	-252.00	0.00	0.00	-468.95	0.00	1.86	26.5(11.0)

**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 corrip. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrip. 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 corrip. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrip. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLV10600003	A	74 di 76

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	0.136	-50.0	27.5	0.00023	43.8	21.3	-0.02221	-43.8	-21.3
2	0.00350	0.147	-50.0	-27.5	0.00048	-43.8	-21.3	-0.02029	43.8	21.3

**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	0.000526944	-0.010990961	0.136	1.000
2	0.000000000	-0.000487458	-0.009905083	0.147	1.000

**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	1.77	-50.0	27.5	-69.5	-21.9	-21.3	1400	22.6
2	S	4.15	50.0	-27.5	-145.0	21.9	21.3	1350	26.5

**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	1.77	-50.0	27.5	-69.5	-21.9	-21.3	1400	22.6
2	S	4.15	50.0	-27.5	-145.0	21.9	21.3	1350	26.5

**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  
k2 = 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 Coprifero [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]

**RELAZIONE DI CALCOLO VASCA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLV10600003	A	75 di 76

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	-0.00041	0	0.500	24.0	50	0.00021 (0.00021)	423	0.088 (0.20)	159.03	0.00
2	S	-0.00086	0	0.500	26.0	49	0.00044 (0.00044)	391	0.170 (0.20)	-161.37	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	1.77	-50.0	27.5	-69.5	-21.9	-21.3	1400	22.6
2	S	4.15	50.0	-27.5	-145.0	21.9	21.3	1350	26.5

**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	-0.00041	0	0.500	24.0	50	0.00021 (0.00021)	423	0.088 (0.20)	159.03	0.00
2	S	-0.00086	0	0.500	26.0	49	0.00044 (0.00044)	391	0.170 (0.20)	-161.37	0.00

**Verifica di resistenza a taglio**

