

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO

COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE – PRG E ACC DEL P.M.  
CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma

Relazione di calcolo tombino ovest

SCALA:

-

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

I Z 0 9    0 0    D    2 6    C L    I N 0 1 0 0    0 0 3    A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione definitiva	F. Serrau	Sett. 2019	C. Laporta	Sett. 2019	S. Lo Presti	Sett. 2019	F. Sacchi	Sett. 2019

ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD  
Dott. Ing. Francesco Sacchi  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
n. 23472 - Sez. A.

File: IZ0900D26CLIN0100003A

n. Elab.:

## *INDICE*

1	INTRODUZIONE .....	5
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	7
3	PARAMETRI GEOTECNICI .....	8
	3.1 Stratigrafia di progetto.....	8
4	MATERIALI .....	10
	4.1 Calcestruzzo.....	10
	4.2 Acciaio da armatura ordinaria.....	11
5	CODICE DI CALCOLO - tombino.....	12
6	MODELLO DI CALCOLO.....	13
	6.1 Geometria .....	13
	6.2 Modellazione dell'interazione suolo-struttura .....	17
7	ANALISI DEI CARICHI .....	18
	7.1 Peso proprio della struttura (PP).....	18
	7.2 Carichi permanenti portati (PERM).....	18
	7.3 Pavimentazione stradale (PAV STR).....	18
	7.4 Spinta sulle pareti dovuta al terreno (SPTSX e SPTDX).....	20
	7.5 Azioni Variabili da traffico.....	21
	7.5.1 Larghezza di diffusione dei carichi concentrati Tandem.....	22
	7.5.2 Disposizione dei carichi mobili per realizzazare le condizioni di carico più gravose .....	25
	7.5.3 Max Momento flettente trasverso superiore ( caso ACCI) .....	25
	7.5.4 Max taglio trasverso superiore ( caso ACC2).....	26
	7.5.5 Max spinta sul piedritto sinistro (SASX_TAND & SASX,SADX) .....	28

7.5.6	Frenatura e avviamento (FREN).....	32
7.6	Azioni indotte dalle variazioni termiche (TERM) .....	33
7.7	Ritiro (RITIRO).....	33
7.8	Azioni sismiche.....	33
7.8.1	Sovrappinta sismica del terreno (SISX).....	35
7.8.2	Forze inerziali (INERZIEH e SISVER) .....	36
8	COMBINAZIONE DEI CARICHI e sollecitazioni .....	38
9	Verifiche 47	
9.1	Verifiche a flessione .....	47
9.1.1	Sezione 1 - soletta superiore appoggio destro .....	47
9.1.2	Sezione 2 - soletta superiore mezzeria .....	53
9.1.3	Sezione 3 - piedritto destro testa.....	58
9.1.4	Sezione 4 - piedritto sinistro piede .....	64
9.1.5	Sezione 5 - piedritto sinistro mezzeria .....	70
9.1.6	Sezione 6 - soletta inferiore appoggio sinistro .....	75
9.1.7	Sezione 7- soletta inferiore mezzeria.....	81
10	Riepilogo armature – tombino .....	86
11	METODO DI CALCOLO – MURI DI SOSTEGNO.....	87
11.1	Condizioni di spinta sul muro in condizioni statiche .....	87
11.2	Condizioni di spinta sul muro in condizioni sismiche .....	90
11.3	Verifiche geotecniche .....	93
11.4	Verifiche strutturali.....	93
12	AZIONI SISMICHE.....	94

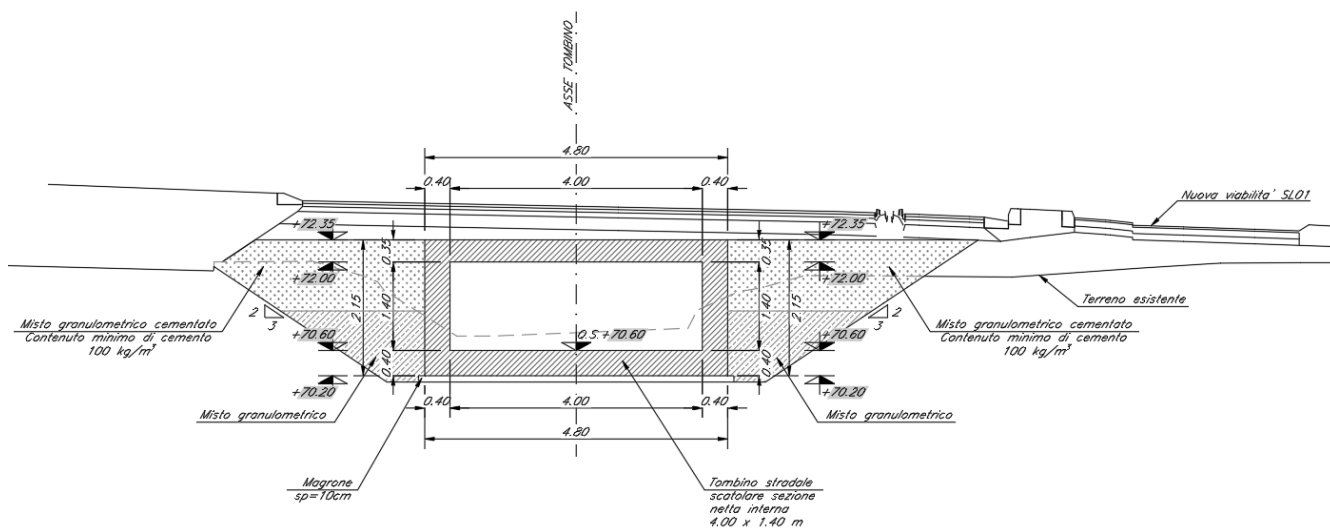
13	SOFTWARE DI CALCOLO .....	99
13.1	Caratteristiche geotecniche del terreno .....	99
13.2	Analisi dei carichi .....	99
13.2.1	Carichi permanenti: .....	99
13.2.2	Sovraccarico accidentale: .....	99
13.2.3	Urto veicolo .....	100
13.3	Forze inerziali .....	100
14	COMBINAZIONI DI CARICO .....	101
15	VERIFICHE .....	104
15.1	Verifiche geotecniche .....	104
15.1.1	Combinazione statica.....	104
15.1.2	Combinazione sismica.....	110
15.1.3	Combinazione eccezionale .....	117
15.2	Verifiche SLU .....	120
15.2.1	Combinazione statica e sismica.....	121
15.2.2	Combinazione eccezionale .....	124
15.3	Verifiche strutturali SLE.....	127
15.3.1	Verifiche a fessurazione .....	127
15.3.2	Verifiche tensionali .....	130
16	Riepilogo armature – muro di sostegno .....	132

## 1 INTRODUZIONE

I rami stradali di riallaccio della viabilità connessa al sottopasso SL01 interferiscono ad est ed ad ovest della ferrovia con il sedime di Roggia Palma. Per risolvere queste interferenze verranno inseriti dei tombini lungo il canale. In particolare, oggetto della presente relazione è il tombino stradale posto ad ovest rispetto alla linea ferroviaria con lo scopo di risolvere l'interferenza tra la nuova viabilità SL01 e via Bellini.

Il tombino ha uno sviluppo longitudinale pari a circa 37.00m. Le dimensioni interne B x H = 4.00 x 1.40m. La soletta superiore ha uno spessore pari a 35cm mentre piedritti e soletta inferiore, hanno uno spessore di 40 cm. Per il ricoprimento sul tombino è stato considerato il valore medio tra i due estremi in sezione trasversale e quindi 53cm.

Inoltre, dal momento che la viabilità su via Bellini e via Caiselli sarà modificata, è necessario inserire un muro a sostegno della strada stessa a valle del tombino. Lo sviluppo longitudinale del muro è di circa 8m. Di seguito è indicata la sezione trasversale delle opere:



**Figura 1: Sezione trasversale tombino**



## 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
- UNI EN 206:2016 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità
- *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.
- CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE I - RFI DTC SI SP IFS 001 C.

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	8 di 132

### 3 PARAMETRI GEOTECNICI

#### 3.1 Stratigrafia di progetto

##### Terreno di fondazione

Descrizione: Sabbia limosa /limo sabbioso 0.00 ÷ -1.5m

- Peso per unità di volume  $\gamma_{\text{nat}} = 18 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito efficace  $\Phi' = 32^\circ$
- Coesione efficace  $c' = 0 \text{ kPa}$
- Modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni  $E_0 = 25 \text{ Mpa}$

Descrizione: Ghiaia sabbiosa con ciottoli -1.5m ÷ 30.00 m

- Peso per unità di volume  $\gamma_{\text{nat}} = 20 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito efficace  $\Phi' = 38^\circ$
- Coesione efficace  $c' = 0 \text{ kPa}$
- Modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni  $E_0 = 65 \text{ Mpa}$

##### Terreno di fondazione

ID	Descrizione	z iniz (m da p.c.)	z fin (m da p.c.)	Spessore (m)	z media (m da p.c.)	Densità relativa Dr (%)	Peso dell'unità di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio $\phi'$	Coesione efficace $c'$ (MPa)	Modulo elastico di Young $E_{op}$ (MPa)
1	Sabbia limosa /limo sabbioso	0	1,5	1,5	0,75	40	18	32	0	25 (*)
2	Ghiaia sabbiosa con ciottoli	1,5	30	28,5	14,25	75	20	38(**)	0	65
NOTE	(*) Da prove geofisiche									
	(**)Valore cautelativo definito sulla base delle prove in sito									

La presenza della falda non viene considerata poiché, trovandosi a quota +39.20 m s.l.m. non interferisce col regime di sforzi indotto dall'opera in progetto.



**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	9 di 132

Per la spinta sui piedritti si è fatto riferimento al materiale proveniente dagli scavi associandogli le seguenti caratteristiche:

Angolo di attrito  $\varphi' = 35^\circ$

Coesione  $c' = 0$

peso unità di volume  $\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$

## 4 MATERIALI

### 4.1 Calcestruzzo

- SOLETTA SUPERIORE

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-XF3-XA1

Calcestruzzo tipo E

Copriferro minimo = 50mm

- 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-XF2-XD1-XA1

Calcestruzzo tipo E

Copriferro minimo = 50mm

- FONDAZIONE

Classe C30/37

Resistenza a compressione di progetto  $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 17 \text{ MPa}$

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

Classe di esposizione = XC2-XA1

Calcestruzzo tipo E

Copriferro minimo = 50 mm

- MURO DI SOSTEGNO

Classe C25/30

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	11 di 132

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 = 40mm

- **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  $E_s = 200 \text{ GPa}$

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	12 di 132

## 5 CODICE DI CALCOLO - TOMBINO

Per le analisi delle strutture è stato utilizzato il software Sap 2000 prodotto, distribuito ed assistito da Computers and Structures, Inc. 1995 University Ave. Berkeley.

SAP2000 è un programma di calcolo agli elementi finiti pensato fondamentalmente per l'ingegneria civile. Ha caratteristiche molto versatili, tanto da rientrare nella categoria dei programmi cosiddetti "generali", capaci cioè di analizzare strutture con caratteristiche molto diverse tra loro.

Le unità di misura adottate sono le seguenti:

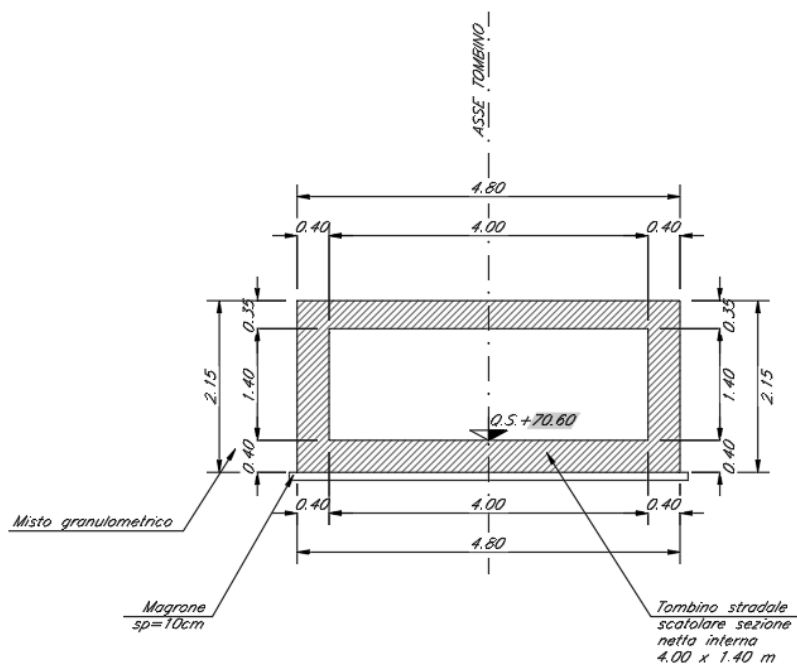
- lunghezze: m
- forze: kN
- masse: kN massa
- temperature: gradi centigradi °
- angoli: gradi sessadecimali.

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	13 di 132

## 6 MODELLO DI CALCOLO

### 6.1 Geometria



**Figura 4: Geometria dell'opera**

DATI GEOMETRICI			
Grandezza	Simbolo	Valore	U.M.
Larghezza totale	L <sub>tot</sub>	4.80	m
Larghezza utile	L <sub>int</sub>	4.00	m
Larghezza interasse	L <sub>a</sub>	4.40	m
Spessore soletta superiore	S <sub>s</sub>	0.35	m
Spessore piedritti	S <sub>p</sub>	0.40	m
Spessore fondazione	S <sub>f</sub>	0.40	m
Altezza totale	H <sub>tot</sub>	2.15	m
Altezza libera	H <sub>int</sub>	1.4	m
Spessore pavimentazione stradale superiore	H <sub>p</sub>	0.09	m
Spessore rinterro superiore	H <sub>r</sub>	0.44	m

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

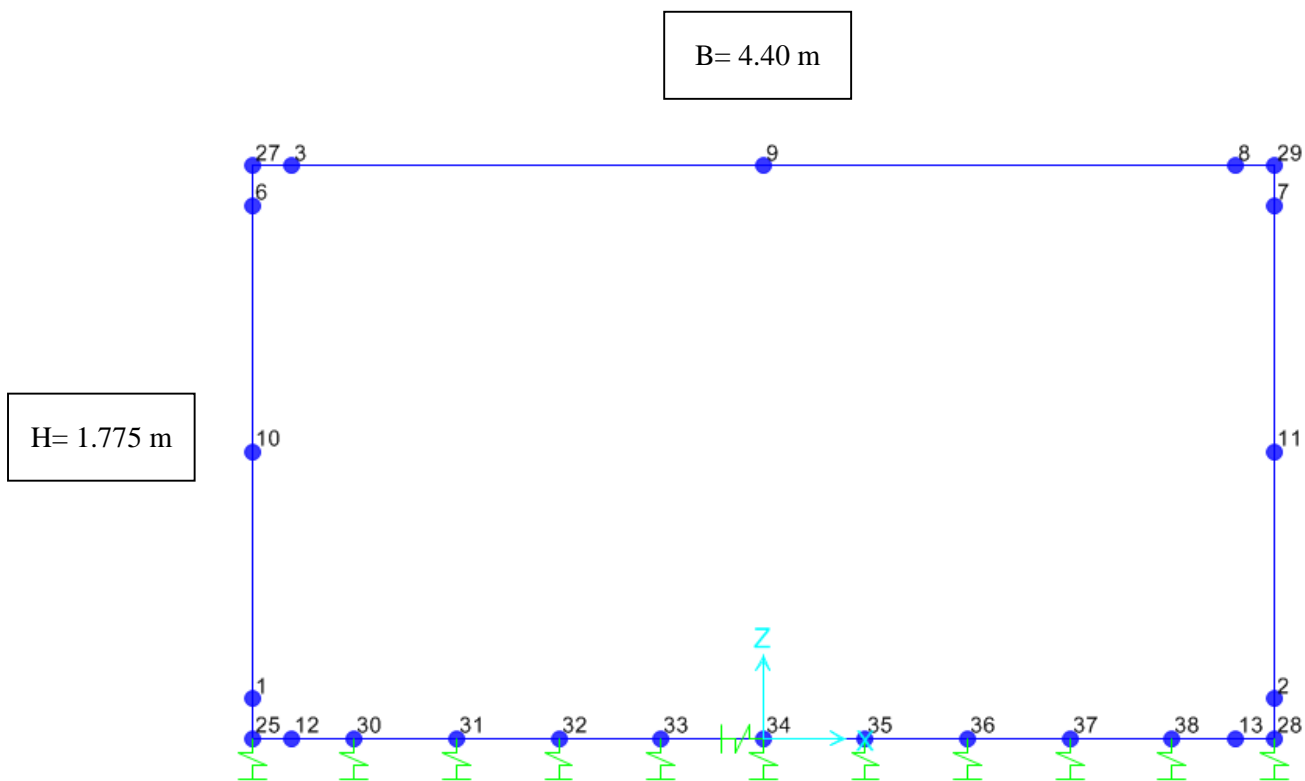
**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	14 di 132

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

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.

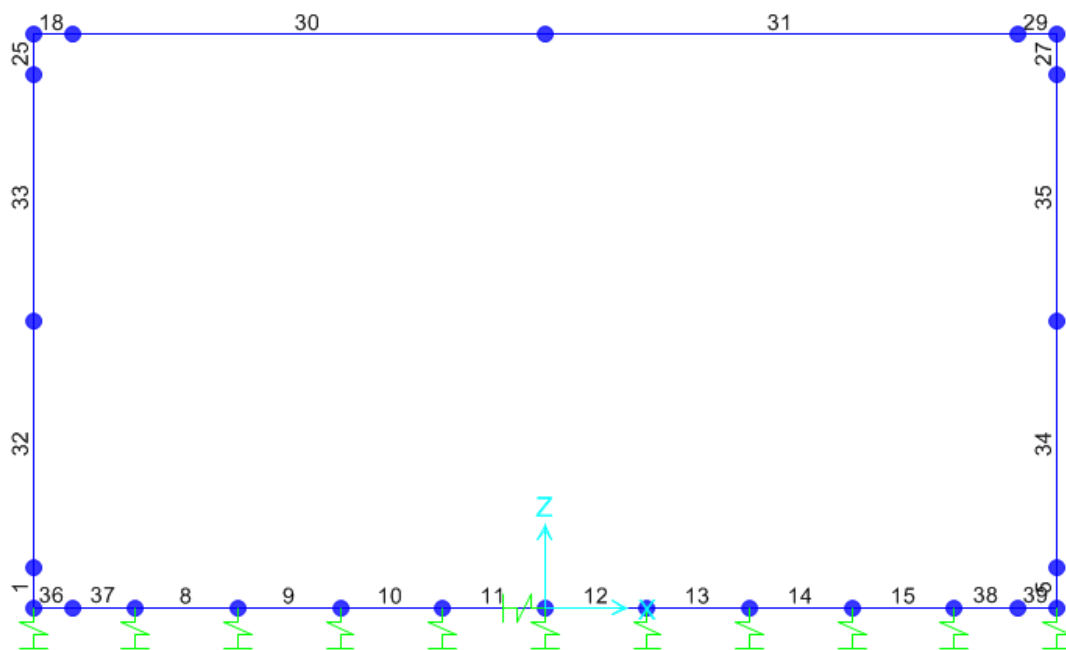
La geometria del modello ricalca la linea baricentrica degli elementi costituenti l'opera (modello in asse), pertanto alle intersezioni delle aste viene applicato un offset rigido che tiene conto delle dimensioni effettive delle sezioni degli elementi, in modo da tener conto delle effettive luci della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



**Figura 5: Numerazione dei nodi nel modello strutturale**

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

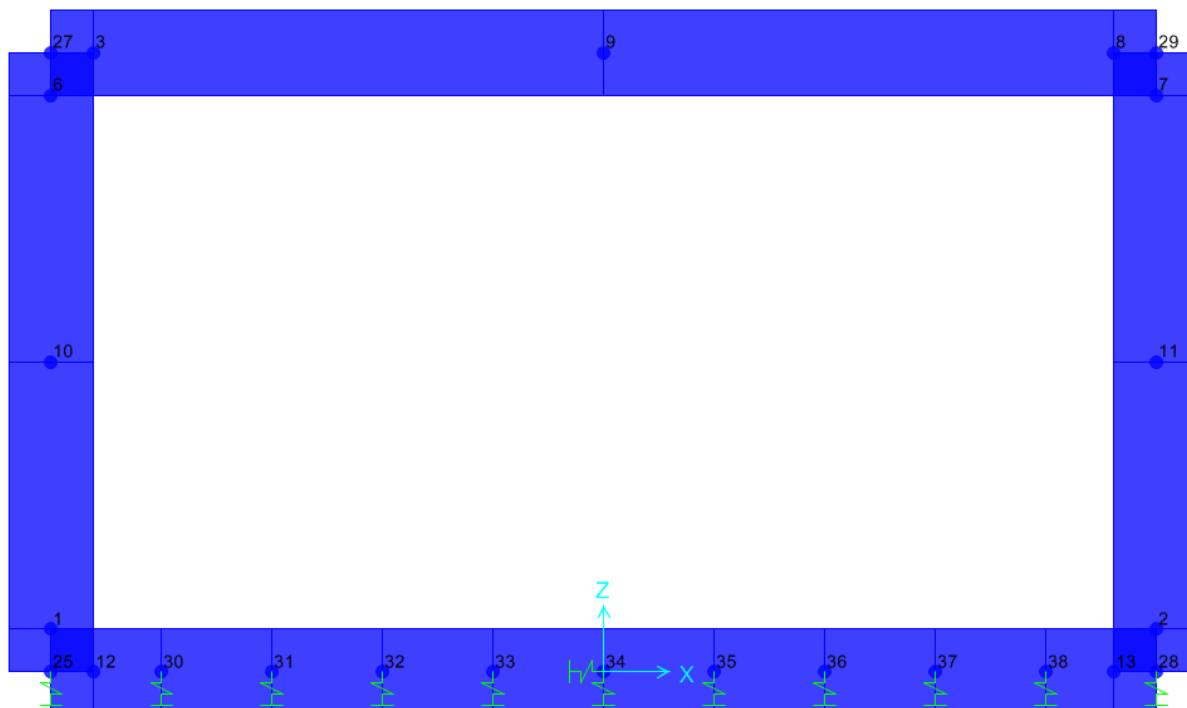
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	15 di 132



**Figura 6: Numerazione dei frame nel modello strutturale**

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	16 di 132



**Figura 7: Vista estrusa del modello strutturale**



**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	17 di 132

## 6.2 Modellazione dell'interazione suolo-struttura

Si assume un valore del modulo di reazione verticale del terreno  $K_s = 30381 \text{ kN/m}^3$ , in base al quale ricavano i valori delle singole molle.

### Terreno di fondazione

Modulo di Young	E	65000,00	$\text{kN/m}^2$
numero di molle	n	11,00	per unità di lunghezza
costante molla	kv	30381	$\text{kN/m}^3$ (Vogt)
distanza intradosso fondazione da p.c.		2,68	m

Secondo le indicazioni contenute nel manuale di progettazione RFI, la soletta inferiore viene suddivisa in 10 elementi di pari lunghezza, ossia 11 nodi ai quali sono assegnate le seguenti molle verticali. Considerata la profondità unitaria del modello  $B=1,0\text{m}$ ), si ha:

Molle centrali

$$K_{\text{centrale}} = K_s * (L_p/2 + L_{\text{int}} + L_p/2) / 10$$

$$= 13367 \text{ kN/m}$$

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

$$K_{25} = K_{28} = 2 * K_s * [(L_p/2 + L_{\text{int}} + L_p/2) / 10/2 + (L_p/2)] = 25520 \text{ kN/m}$$

ed infine in valori delle molle nei nodi 5,6,12 e 13 come da letteratura si assumono:

$$K_{30} = K_{31} = K_{37} = K_{38} = 1.5 * K_{\text{centrale}} = 20251 \text{ kN/m}$$

## 7 ANALISI DEI CARICHI

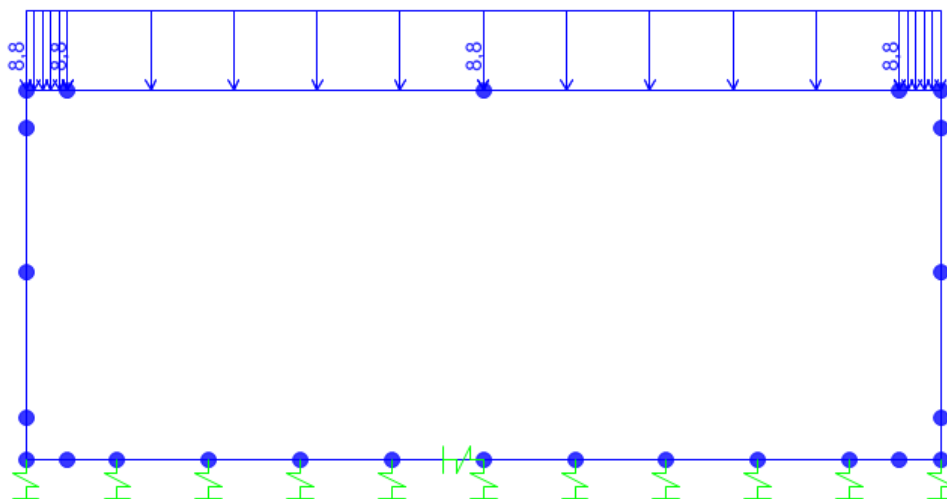
Si riportano di seguito i carichi utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche delle sezioni della struttura in esame.

### 7.1 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.  $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$ .

### 7.2 Carichi permanenti portati (PERM)

Sul solettone superiore si considera uno spessore di ricoprimento (esclusa la pavimentazione stradale) di 0.44m con  $\gamma_{ric} = 20\text{kN/m}^3$ .

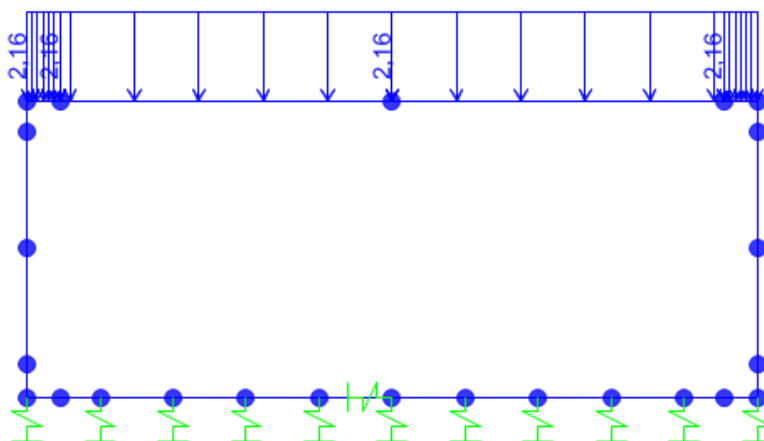


**Figura 8: Carico permanente**

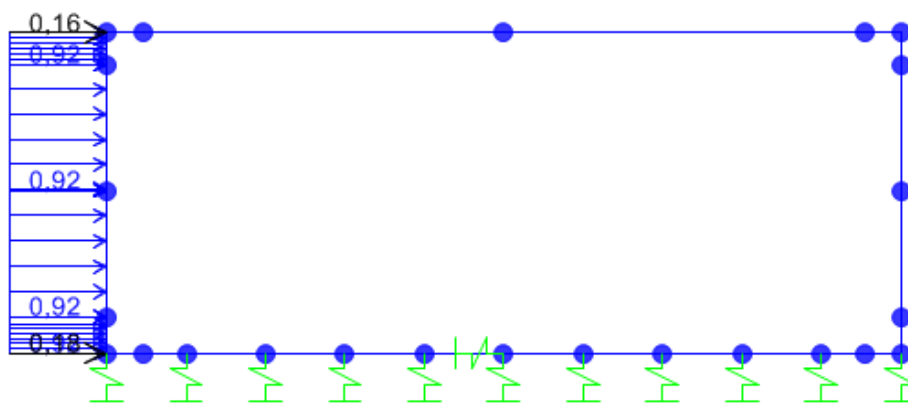
### 7.3 Pavimentazione stradale (PAV STR)

Si considera un spessore di 0.09m della paviementazione stradale con  $\gamma_{med} = 24\text{kN/m}^3$ . Il carico applicato sulla soletta superiore e pari à :  $0.09\text{m} * 24 \text{ kN/m}^3 = 2.16 \text{ kN/m}^2 * 1\text{m} = 2.16 \text{ kN/m}$

Dovuto a questo carico, ai lati dell'imbuto ha un carico orizzontale uniformemente distribuito sui piedritti di intensità  $p_b = 2.16 \text{ kN/m} * 0.426 = 0.92 \text{ kN/m}$ . (SPPAVSX & SPPAVDX)



**Figura 9: Carico pavimentazione stradale(PAV STR)**



**Figura 10: Spinte pavimentazione sul piedritto sin (stesso per piedritto destro) (SPPAVSX & SPPAVDX)**

Oltre ai carichi suddetti viene aggiunta, come carico concentrato nei nodi 25, 27, 28 e 29 la parte di spinta della pavimentazione esercitata su 1/2 spessore della soletta sup. e su 1/2 spessore della soletta inferiore.

Spinta semispessore sol. sup.

$$F_{b_{27,29}} = 0.16 \text{ kN}$$

Spinta semispessore sol. inf.

$$F_{b_{25,28}} = 0.18 \text{ kN}$$

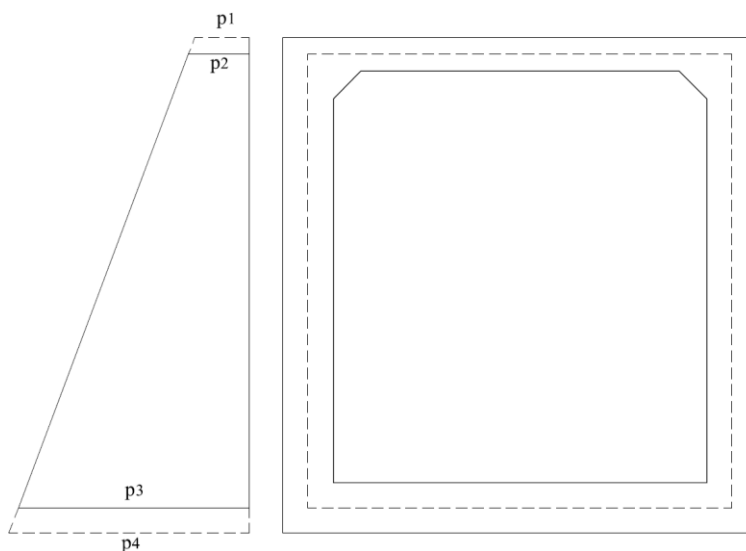
**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	20 di 132

#### 7.4 Spinta sulle pareti dovuta al terreno (SPTSX e SPTDX)

Per il rinterro si prevede un terreno avente angolo di attrito  $\varphi = 35^\circ$  ed un peso di volume  $\gamma_r = 19.5 \text{ kN/m}^3$ , il coefficiente di spinta viene calcolato, considerando l'elevata rigidezza del tombino, utilizzando la formula:

$$K_0 = 1 - \sin\varphi' = 0.426$$

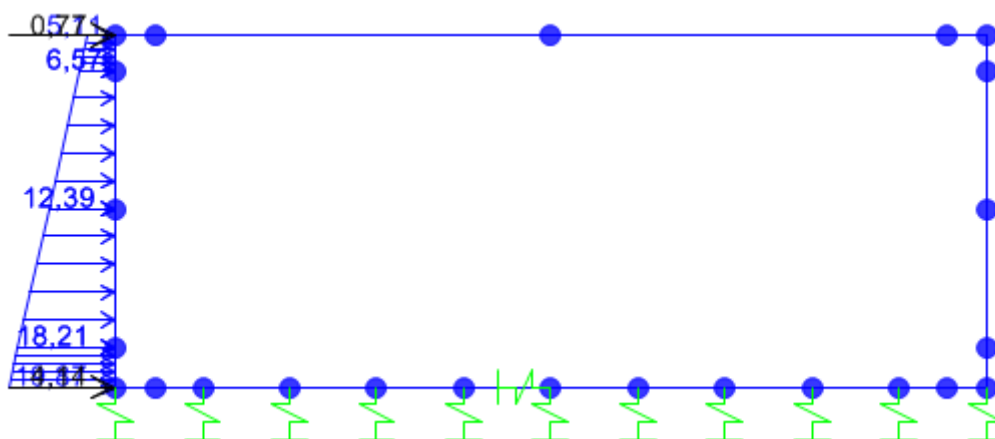


**Figura 11: Spinte del terreno**

Cond. STR			
$p_1 =$	3.66	kN/m	Pressione estradosso soletta superiore
$p_2 =$	5.11	kN/m	Pressione in asse soletta superiore
$p_3 =$	19.87	kN/m	Pressione in asse soletta inferiore
$p_4 =$	21.54	kN/m	Pressione intradosso soletta inferiore

In più, viene aggiunto, come carico concentrato nei di estremità del piedritto la parte di spinta del terreno esercitata su metà spessore della soletta superiore e quello agente su metà spessore della soletta inferiore.

Carico concentrato sui nodi 25,27,28 e 29			
Nodi sup.	$1/2 * (p_1 + p_2) * S_s/2$	0.77	kN Spinta semispessore soletta superiore
Nodi inf.	$1/2 * (p_3 + p_4) * S_f/2$	4.14	kN Spinta semispessore soletta inferiore



**Figura 12: Spinte terre sul piedritto sinistro (stesso per piedritto destro)**

### 7.5 Azioni Variabili da traffico

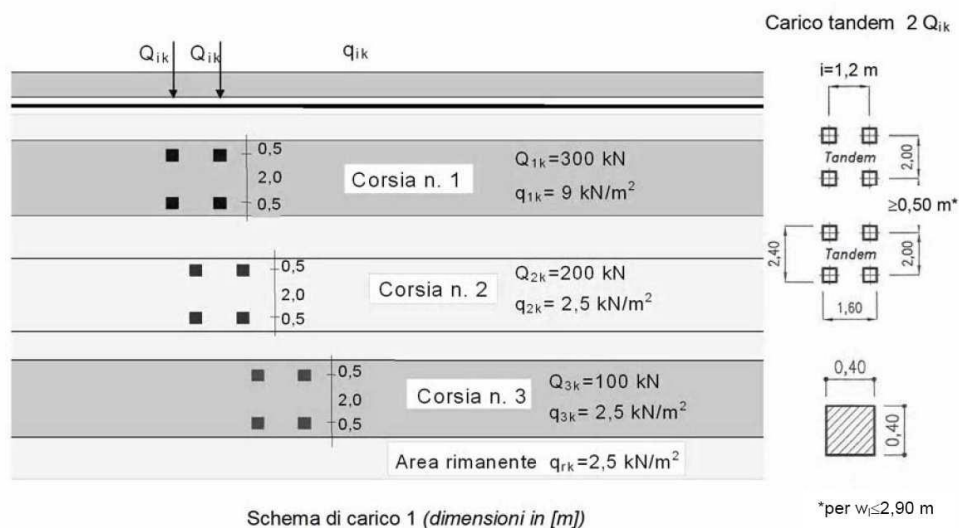
In conformità alla normativa di riferimento (N.T.C.2018 §5.1.3.3), si prendono in considerazione i seguenti carichi mobili per ponti di 1° categoria:

- prima colonna di carico costituita da due carichi assiali  $Q_{1k} = 300 \text{ kN}$  e un carico uniformemente distribuito  $q_{1k} = 9 \text{ kN/m}^2$  su una larghezza convenzionale pari a 3.00m;
- seconda colonna di carico analoga alla precedente, ma con carichi rispettivamente pari a  $Q_{2k} = 200 \text{ kN}$  e  $q_{2k} = 2.5 \text{ kN/m}^2$ ;
- terza colonna di carico analoga alla precedente, ma con carichi rispettivamente pari a  $Q_{3k} = 100 \text{ kN}$  e  $q_{3k} = 2.5 \text{ kN/m}^2$ ;
- quarta colonna di carico e/o area rimanente costituita da un carico uniformemente distribuito pari a  $q_{rk} = 2.5 \text{ kN/m}^2$ .

La dimensione delle impronte dei carichi tandem e la loro posizione relativa è riportata nella sottostante figura.

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	22 di 132



I valori dei carichi stradali forniti dalle vigenti NTC08 sono già comprensivi degli incrementi di natura dinamica.

### 7.5.1 Larghezza di diffusione dei carichi concentrati Tandem

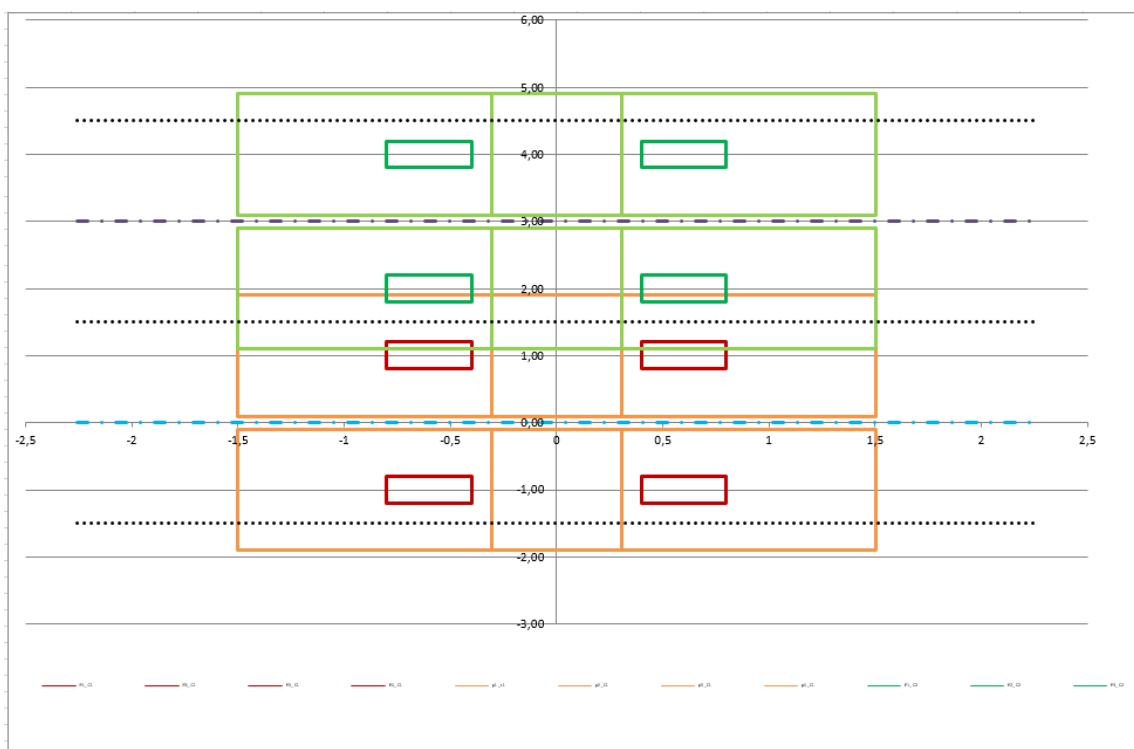
La diffusione trasversale e longitudinale dei carichi è stata effettuata, a partire dall'estradosso della pavimentazione stradale, nell'ipotesi di ripartizione nel pacchetto stradale, nel terreno, nel massetto e nel solettone di copertura nei rapporti di seguito indicati:

	$a_i$	:	$b_i$
Pav_Strad	1.00	:	1.00
terreno	1.00	:	1.00
soletta	1.00	:	1.00
massetto	1.00	:	1.00

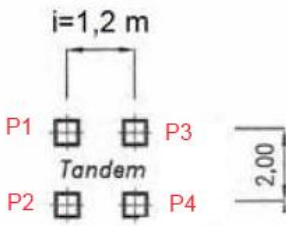
Si riporta nella figura seguente lo schema delle impronte di carico e della zona interessata dalla diffusione alla profondità di 0.705m dal piano stradale (quota asse trasverso superiore).

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	23 di 132



Per le impronte di carico si è adottata una nomenclatura alfanumerica costituita come riportato nella tabella seguente; ad esempio con la signa P3\_c2 si è indicata la terza impronta di carico della seconda corsia.

Impronta/Zona di diffusione	N° carico concentrato	corsia
P/p	<p><math>i=1,2\text{ m}</math></p> 	_c1/_c2

A seguire i parametri che definiscono i carichi tandem analizzati.

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	24 di 132

**Dati carico tandem prima corsia**

Prima Impronta			Seconda Impronta			Terza Impronta			Quarta Impronta		
P1	150	kN	P2	150	kN	P3	150	kN	P4	150	kN
B1x	0,4	m	B2x	0,4	m	B3x	0,4	m	B4x	0,4	m
L1y	0,4	m	L2y	0,4	m	L3y	0,4	m	L4y	0,4	m
X1	-0,6	m	X2	0,6	m	X3	-0,6	m	X4	0,6	m
Y1	1,00	m	Y2	1,00	m	Y3	-1,00	m	Y4	-1,00	m
A1	0,16	m <sup>2</sup>	A2	0,16	m <sup>2</sup>	A3	0,16	m <sup>2</sup>	A4	0,16	m <sup>2</sup>
PC1	937,50	kN/m <sup>2</sup>	PC2	937,50	kN/m <sup>2</sup>	PC3	937,50	kN/m <sup>2</sup>	PC4	937,50	kN/m <sup>2</sup>
coordinate impronte											
x	y		x	y		x	y		x	y	
-0,8	0,80		0,4	0,80		-0,8	-1,20		0,4	-1,20	
-0,4	0,80		0,8	0,80		-0,4	-1,20		0,8	-1,20	
-0,4	1,20		0,8	1,20		-0,4	-0,80		0,8	-0,80	
-0,8	1,20		0,4	1,20		-0,8	-0,80		0,4	-0,80	
-0,8	0,80		0,4	0,80		-0,8	-1,20		0,4	-1,20	
Difusione prima impronta											
p1	150	kN	p2	150	kN	p3	150	kN	p3	150	kN
b1x	1,81	m	b2x	1,81	m	b3x	1,81	m	b4x	1,81	m
l1y	1,81	m	l2y	1,81	m	l3y	1,81	m	l4y	1,81	m
x1	-0,6	m	X2	0,6	m	X3	-0,6	m	X4	0,6	m
y1	1,00	m	Y2	1,00	m	Y3	-1,00	m	Y4	-1,00	m
a1	3,28	m <sup>2</sup>	A2	3,28	m <sup>2</sup>	A3	3,28	m <sup>2</sup>	A4	3,28	m <sup>2</sup>
pc1	45,79	kN/m <sup>2</sup>	pc2	45,79	kN/m <sup>2</sup>	pc3	45,79	kN/m <sup>2</sup>	pc4	45,79	kN/m <sup>2</sup>
xi	-1,51		xi	-0,31		xi	-1,51		xi	-0,31	
xf	0,31		xf	1,51		xf	0,31		xf	1,51	
yi	0,10		yi	0,10		yi	-1,91		yi	-1,91	
yf	1,91		yf	1,91		yf	-0,10		yf	-0,10	

**Dati carico tandem seconda corsia**

Prima Impronta			Seconda Impronta			Terza Impronta			Quarta Impronta		
P1	100	kN	P2	100	kN	P3	100	kN	P4	100	kN
B1x	0,4	m	B2x	0,4	m	B3x	0,4	m	B4x	0,4	m
L1y	0,4	m	L2y	0,4	m	L3y	0,4	m	L4y	0,4	m
X1	-0,6	m	X2	0,6	m	X3	-0,6	m	X4	0,6	m
Y1	4,00	m	Y2	4,00	m	Y3	2,00	m	Y4	2,00	m
A1	0,16	m <sup>2</sup>	A2	0,16	m <sup>2</sup>	A3	0,16	m <sup>2</sup>	A4	0,16	m <sup>2</sup>
press_cont	625,00	kN/m <sup>2</sup>	PC2	625,00	kN/m <sup>2</sup>	PC3	625,00	kN/m <sup>2</sup>	PC4	625,00	kN/m <sup>2</sup>
coordinate impronte											
x	y		x	y		x	y		x	y	
-0,8	3,80		0,4	3,80		-0,8	1,80		0,4	1,80	
-0,4	3,80		0,8	3,80		-0,4	1,80		0,8	1,80	
-0,4	4,20		0,8	4,20		-0,4	2,20		0,8	2,20	
-0,8	4,20		0,4	4,20		-0,8	2,20		0,4	2,20	
-0,8	3,80		0,4	3,80		-0,8	1,80		0,4	1,80	
Difusione prima impronta											
p1	100	kN	p2	100	kN	p3	100	kN	p3	100	kN
b1x	1,81	m	b2x	1,81	m	b3x	1,81	m	b4x	1,81	m
l1y	1,81	m	l2y	1,81	m	l3y	1,81	m	l4y	1,81	m
x1	-0,6	m	X2	0,6	m	X3	-0,6	m	X4	0,6	m
y1	4,00	m	Y2	4,00	m	Y3	2,00	m	Y4	2,00	m
a1	3,28	m <sup>2</sup>	A2	3,28	m <sup>2</sup>	A3	3,28	m <sup>2</sup>	A4	3,28	m <sup>2</sup>
pc1	30,52	kN/m <sup>2</sup>	pc2	30,52	kN/m <sup>2</sup>	pc3	30,52	kN/m <sup>2</sup>	pc4	30,52	kN/m <sup>2</sup>
xi	-1,51		xi	-0,31		xi	-1,51		xi	-0,31	
xf	0,31		xf	1,51		xf	0,31		xf	1,51	
yi	3,10		yi	3,10		yi	1,10		yi	1,10	
yf	4,91		yf	4,91		yf	2,91		yf	2,91	



**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	25 di 132

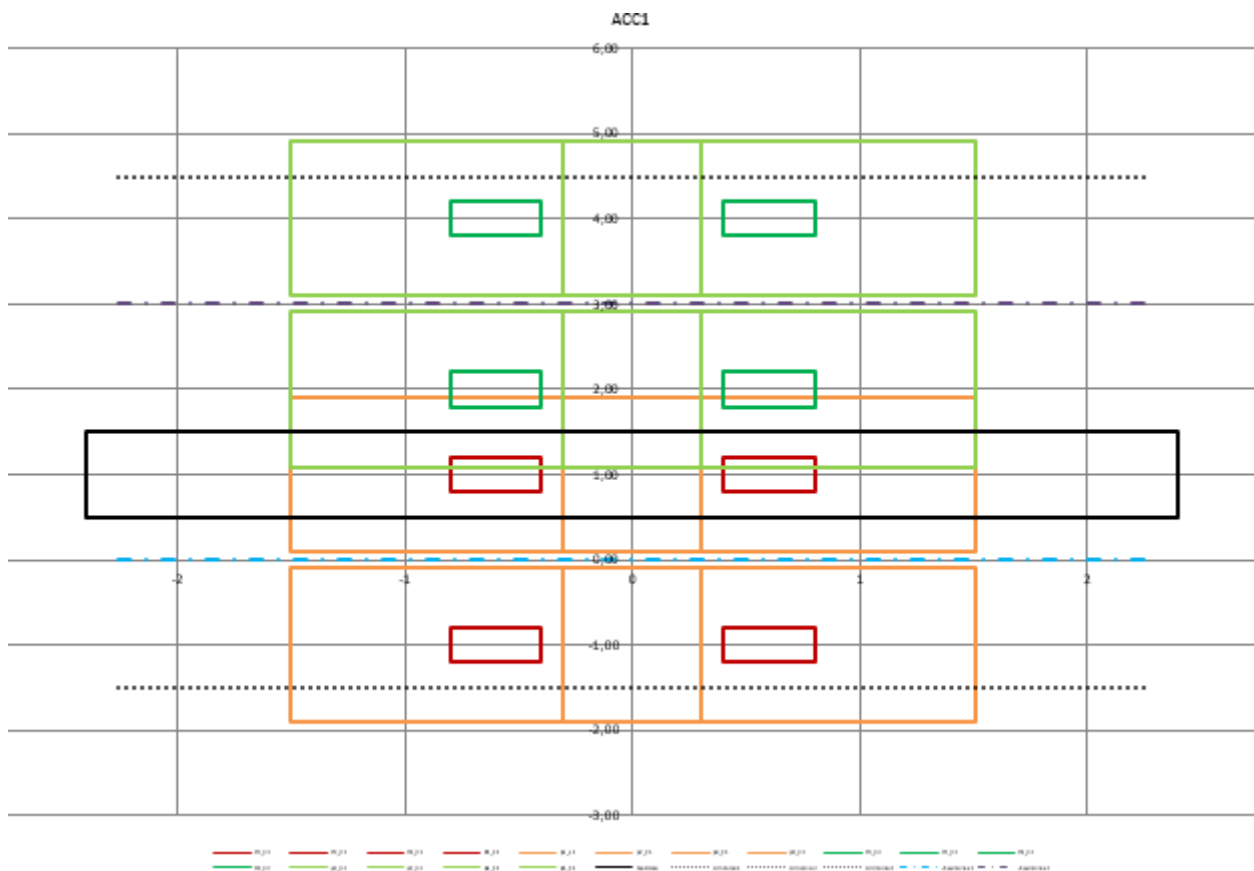
Si rimanda al paragrafo successivo per la descrizione della disposizione dei carichi per la realizzazione delle condizioni di carico più gravose.

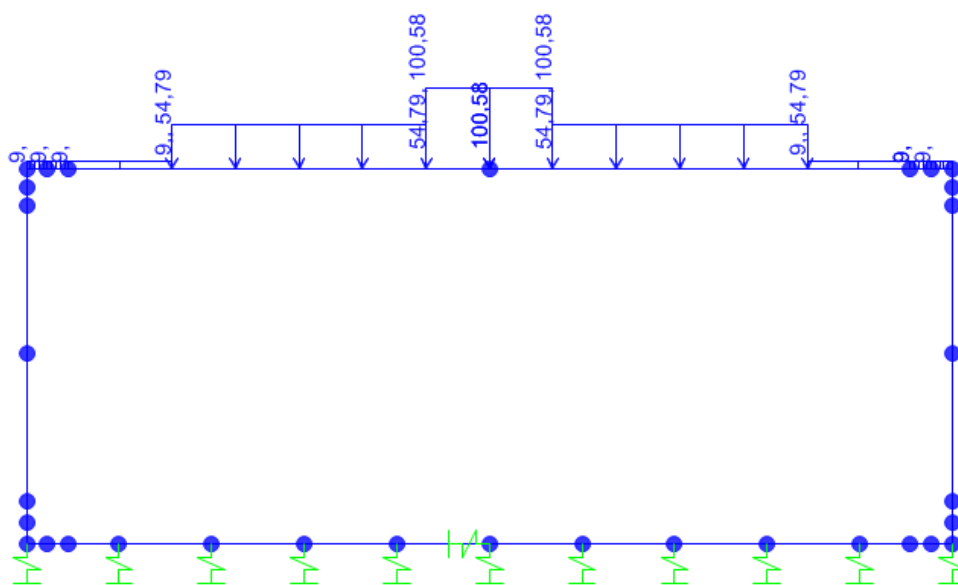
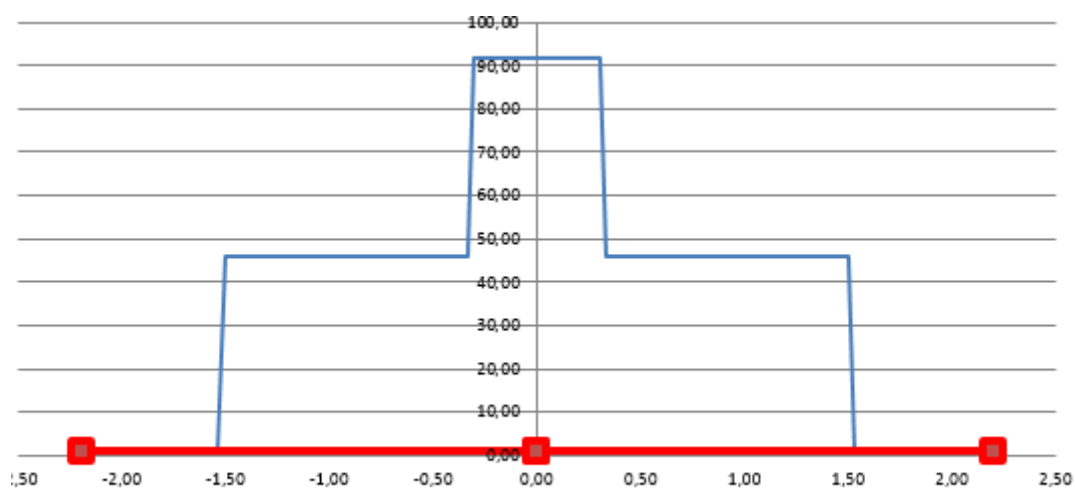
### 7.5.2 *Disposizione dei carichi mobili per realizzare le condizioni di carico più gravose*

La struttura oggetto di studio è stata calcolata secondo tre distinte disposizioni di carico: la prima massimizza le sollecitazioni flettenti sul traverso; la seconda massimizza il taglio sul traverso; infine, la terza massimizza la spinta delle terre sul piedritto sinistro. Si rimanda ai successivi paragrafi per la descrizione degli schemi di carico.

### 7.5.3 *Max Momento flettente traverso superiore ( caso ACCI)*

La disposizione che massimizza il momento flettente sul traverso superiore della struttura si ottiene applicando i carichi tandem con asse di simmetria coincidente con l'asse di simmetria verticale della struttura. Ai carichi tandem si sovrappone il carico distribuito pari a 9.00 kN/m<sup>2</sup>.





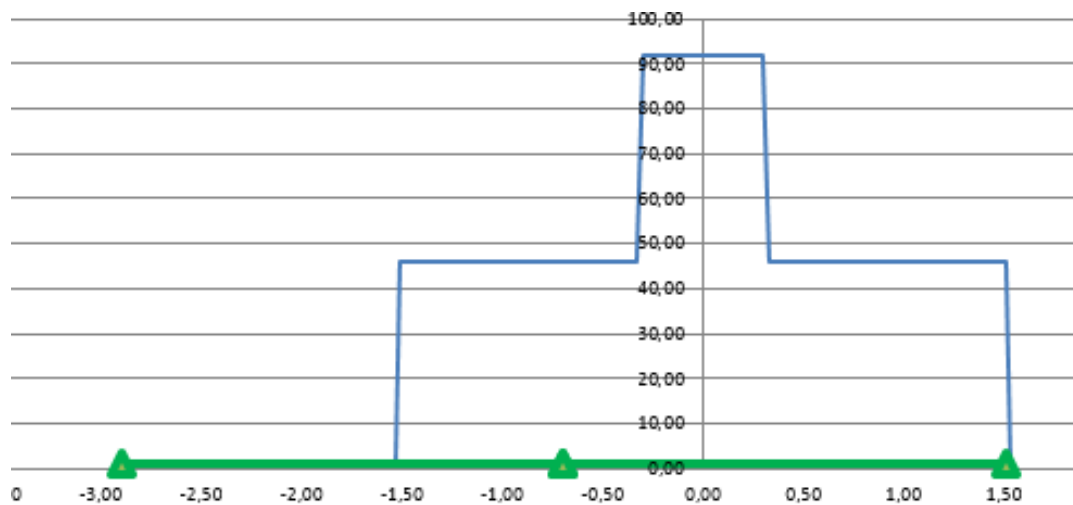
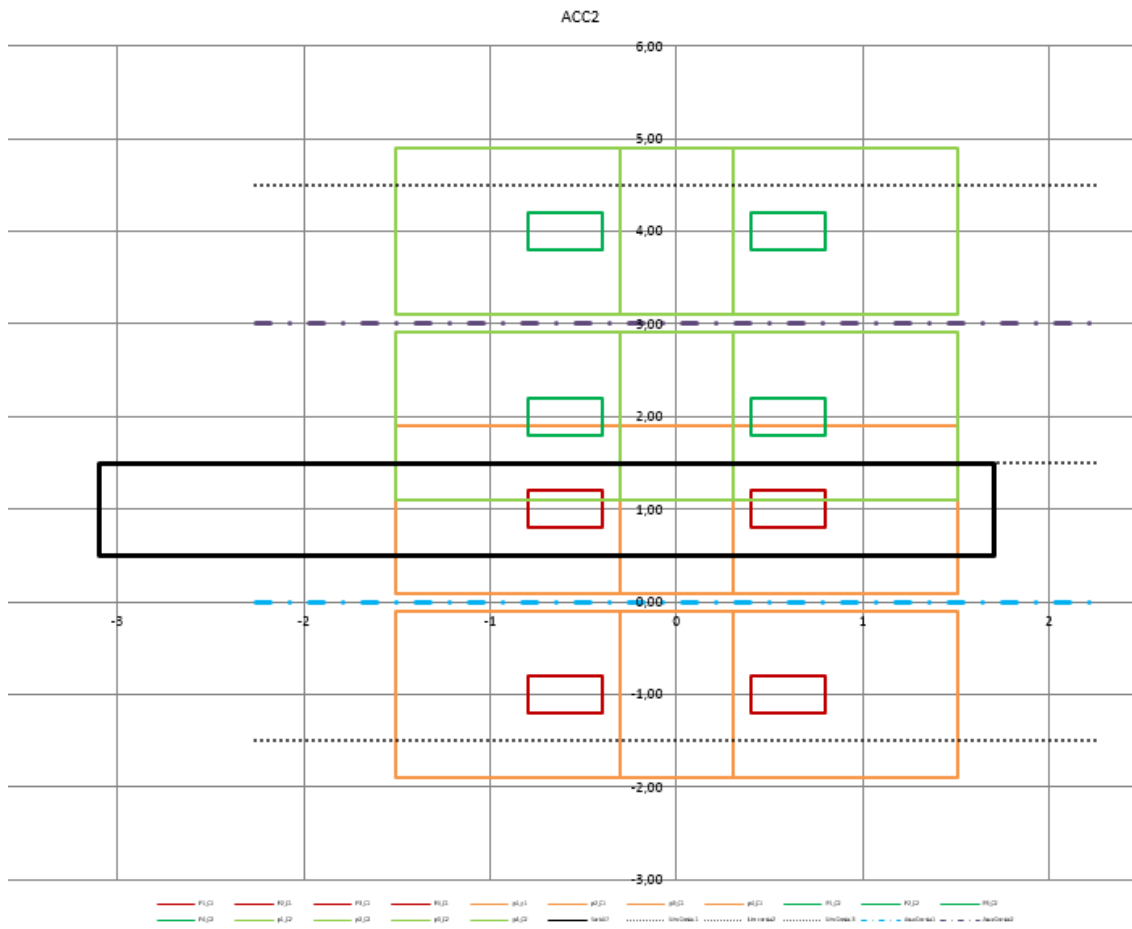
**Figura 13: Carico dal traffico (TANDEM + carico distribuito da 9kN/m2)( Caso ACC1)**

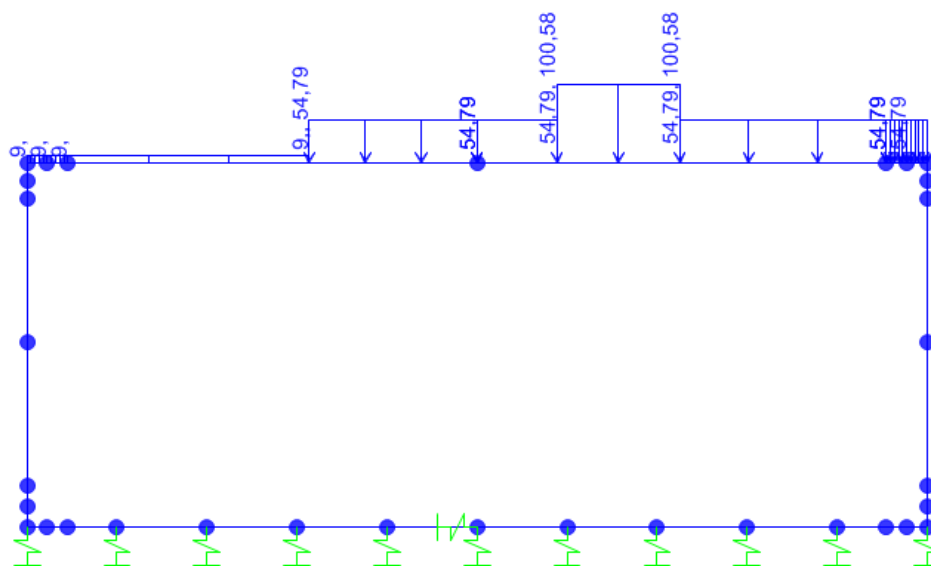
#### 7.5.4 Max taglio trasverso superiore ( caso ACC2)

La disposizione che massimizza il taglio sul trasverso superiore della struttura si ottiene applicando i carichi tandem vicino agli appoggio. Ai carichi tandem si sovrappone il carico distribuito pari a 9.00 kN/m<sup>2</sup>.

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	27 di 132





**Figura 14: Carico dal traffico (TANDEM + carico distribuito da 9kN/m2)( Caso ACC2)**

### 7.5.5 Max spinta sul piedritto sinistro (SASX\_TAND & SASX,SADX)

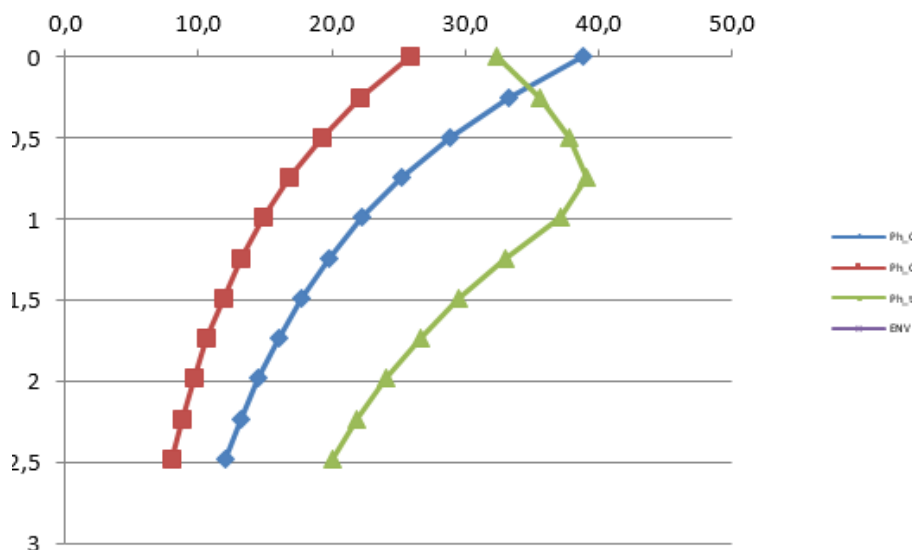
Il carico tandem veicolare adiacente i piedritti, ai fini del calcolo delle spinte delle terre sulla struttura (coerentemente con quanto prescritto dalla vigente normativa al punto C5.1.3.3.7.1), è stato computato mediante un carico distribuito equivalente, di intensità pari alla somma dei carichi concentrati costituenti il tandem veicolare, applicato su una superficie di 3.00x2.2 m. Inoltre si è adottata una diffusione del carico a 30°. Nella tabella seguente si riportano, suddivisi per corsie, i carichi adottati.

Corsia n°1	$A = 3.0 \times 2.2 = 6.6 \text{ m}^2$	$P = 4 \times 150 = 600 \text{ kN}$	$q = 9 \text{ kN/m}^2$
------------	--	-------------------------------------	------------------------

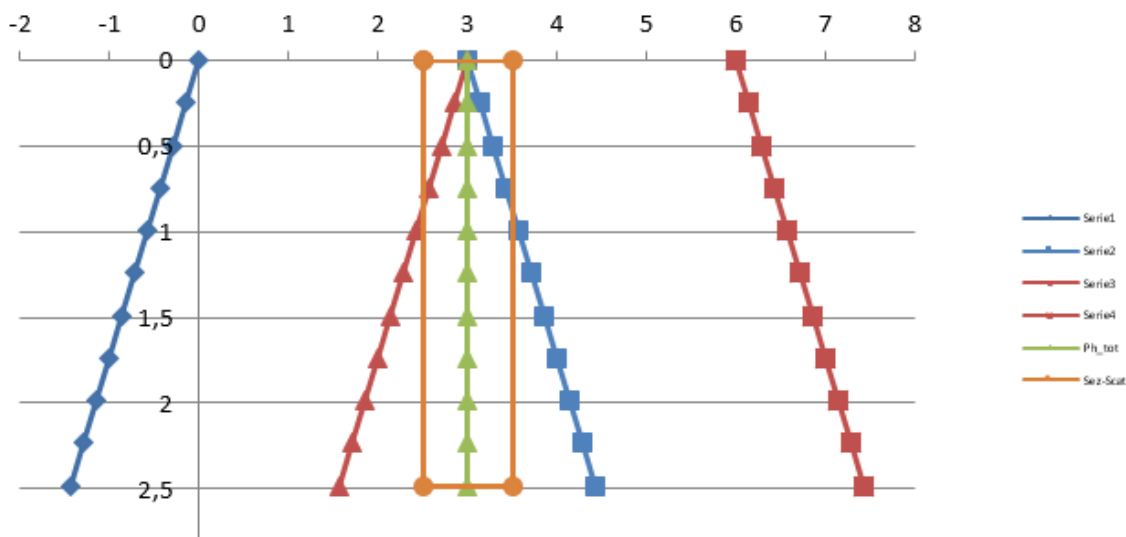
La massima spinta agente sul piedritto si determina analizzando una striscia unitaria di struttura (in arancione nella sottostante figura) posizionata tra la prima e la seconda corsia. Nel grafico sono rappresentate le diffusioni del carico distribuito equivalente della prima corsia (azzurro) e della seconda corsia (rosso).

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	29 di 132



La distribuzione delle spinte delle terre sul piedritto è riportata sul sottostante grafico in cui si indicano, in funzione della profondità dalla livelletta stradale l'andamento delle spinte indotte dai carichi tandem equivalenti della prima corsia (azzurro) e della seconda corsia (rosso). Si è infine riportato in verde la forza risultante agente sul traverso; quest'ultima valutata per sovrapposizione degli effetti dei carichi agenti sulla prima e seconda corsia.



Di seguito si esplicitano i valori in asse soletta inferiore e in asse soletta superiore per l'azione dei carichi Tandem :

- Asse soletta superiore si trova alla profondità 0.705m da quota P.S.

Le larghezze di diffusione della coppia di carichi concentrati su due assi in tandem valgono:

dir. Trasversale  $L_{long} = 3.0m + 2 \cdot 0.705 \cdot \text{tg}.30^\circ = 3.81m$

dir. Longitudinale  $L_{long} = 2.2m + 0.705 \cdot \text{tg}.30^\circ = 2.607m$

Il carico tandem  $2 Q_{ik}$  determina pertanto un carico uniformemente distribuito sull'asse della soletta di intensità pari a :

Spinta del carico tandem :  $2x 300 \text{ kN} / (3.81m \times 2.607m) \cdot 0.426 = 25.73 \text{ kN/m}^2$  corsia 1

Spinta del carico tandem :  $2x 200 \text{ kN} / (3.81m \times 2.607m) \cdot 0.426 = 17.15 \text{ kN/m}^2$  corsia 2

L'analisi è eseguita per una striscia di 1.00 metro di profondità. La sovrapposizione dovuta ai carichi agenti sulla prima e sulla seconda corsia vale  $0.407m + 0.407m = 0.814m$ . Pertanto la spinta agente sul piedritto è valutata come media pesata:

$(25.73 \cdot 0.093 + (25.73 + 17.15) \cdot 0.814 + 17.15 \cdot 0.093) / 1.00 = 38.88 \text{ kN/m}^2$  - valore applicato asse sol.sup.

- Asse soletta inferiore si trova alla profondità di 2.48m della quota P.S.

Le larghezze di diffusione della coppia di carichi concentrati su due assi in tandem valgono:

dir. Trasversale  $L_{long} = 3.0m + 2 \cdot 2.48 \cdot \text{tg}.30^\circ = 5.86m$

dir. Longitudinale  $L_{long} = 2.2m + 2.48 \cdot \text{tg}.30^\circ = 3.63m$

Il carico tandem  $2 Q_{ik}$  determina pertanto un carico uniformemente distribuito sull'asse della soletta di intensità pari a

Spinta del carico tandem :  $2x 300 \text{ kN} / (5.86m \times 3.63m) \cdot 0.426 = 12.01 \text{ kN/m}^2$  corsia 1

Spinta del carico tandem :  $2x 200 \text{ kN} / (5.86m \times 3.63m) \cdot 0.426 = 8.01 \text{ kN/m}^2$  corsia 2

In corrispondenza della soletta inferiore le due impronte di carico si sovrappongono completamente e pertanto la pressione applicata in asse alla soletta inferiore vale:

$(12.01 + 8.01) / 1.00m = 20.02 \text{ kN/m}^2$  - valore applicato asse sol.inf.

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	31 di 132

Oltre ai carichi suddetti viene aggiunta, come carico concentrato nei nodi 1 e 2 (per la SASX) e 3 e 4 (per la SADX), la parte di sovraspinta dei carichi esercitata su 1/2 spessore della soletta sup. e su 1/2 spessore della soletta inferiore.

Carichi Tandem:

Spinta semispessore sol. sup.

$$F_{27} = 6.81 \text{ kN}$$

Spinta semispessore sol. inf.

$$F_{25} = 4.00 \text{ kN}$$

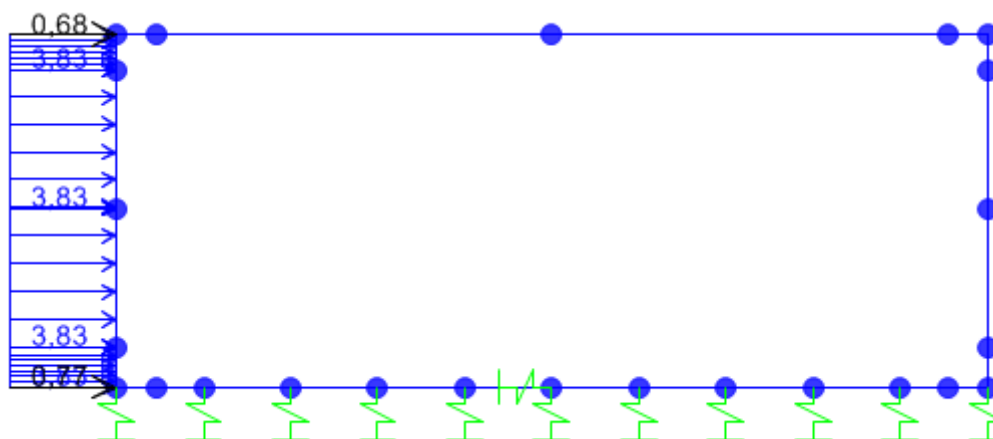
Carichi distribuiti corsie:

Spinta semispessore sol. sup.

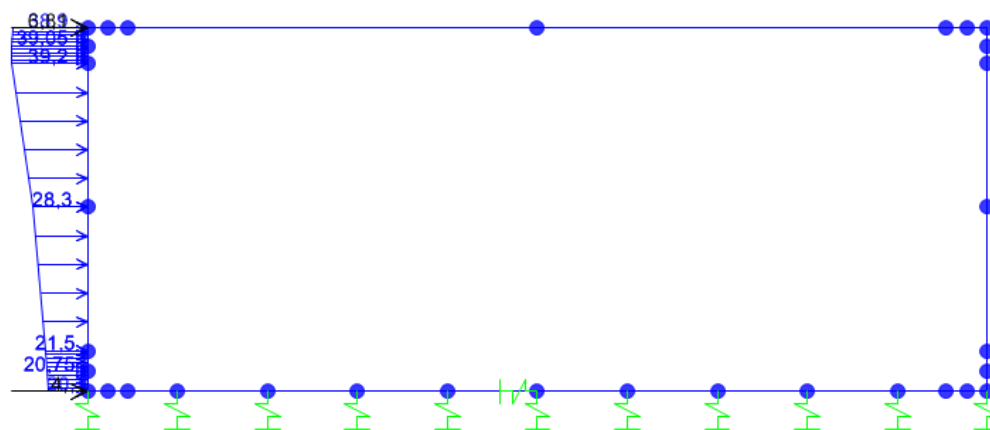
$$F_{27,29} = 0,68 \text{ kN}$$

Spinta semispessore sol. inf.

$$F_{25,28} = 0,77 \text{ kN}$$



**Figura 15: Spinta carichi distribuiti lato destro e lato sinistra (SADX,SASX)**



**Figura 16: Spinta carichi TANDEM (SASX\_TAND)**

### 7.5.6 Frenatura e avviamento (FREN)

La forza di frenamento/accelerazione è determinata secondo la seguente relazione:

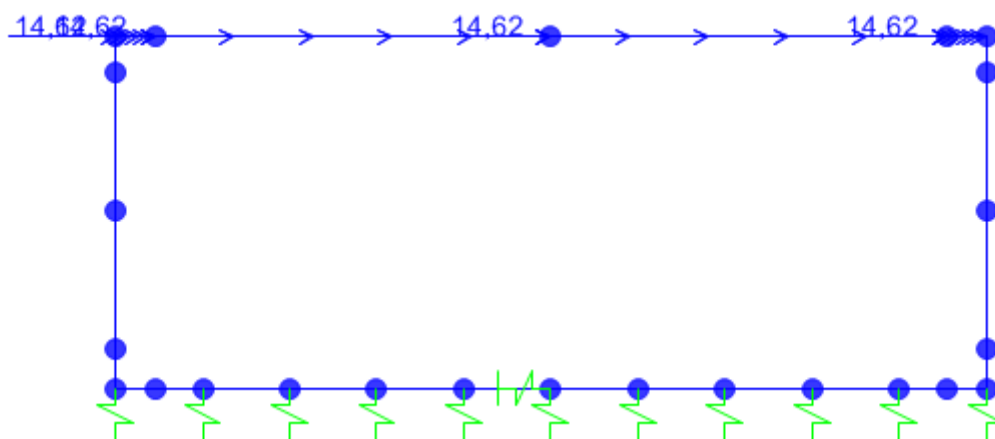
$$180 \text{ kN} \leq q_3 = 0.6 \cdot (2 \cdot Q_{1k}) + 0.1 \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900 \text{ kN}$$

Dove si è indicato L la lunghezza del traverso e dei due piedritti del tombino. La forza così calcolata si assume uniformemente distribuita sulla lunghezza complessiva del tombino (luce netta + 2 piedritti) e sulla larghezza di 3 metri della prima corsia, per cui si ottiene il seguente valore del carico da applicare lungo l'asse del tombino:

#### **Frenatura**

Q\* = 14,62 kN/m





**Figura 17: Frenatura**

### 7.6 Azioni indotte dalle variazioni termiche (TERM)

La variazione termica uniforme applicata alla soletta di copertura è pari a  $\Delta T = \pm 15^\circ\text{C}$ .

La variazione termica a farfalla applicata alla soletta di copertura è pari a  $\Delta T = \pm 5^\circ\text{C}$ .

L'azione è applicata alla soletta superiore dell tombino.

### 7.7 Ritiro (RITIRO)

Gli effetti del ritiro vanno valutati a “lungo termine” attraverso il calcolo dei coefficienti di ritiro finale  $\epsilon_{cs}(t, t_0)$  e di viscosità  $\phi(t, t_0)$ , come definiti nell'EUROCODICE 2- UNI EN 1992-1-1 Novembre 2005 e D. M. 14-01-2008.

I fenomeni di ritiro vengono considerati agenti solo sulla soletta di copertura ed applicati nel modello come una variazione termica uniforme equivalente agli effetti del ritiro:

$$\Delta T_{\text{rit}} = -10,99^\circ\text{C}.$$

### 7.8 Azioni sismiche

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

- Vita nominale dell'opera  $V_N = 75$  anni
- Classe d'uso dell'opera II  $C_u = 1$
- Categoria di sottosuolo B

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	34 di 132

- Categoria topografica T1

Coordinate del sito di progetto (Lat. = 46.00194° e Long. = 13.24777°).

(ricavati da allegato a NTC2008)

		<b>a<sub>g</sub></b>	<b>F<sub>0</sub></b>	<b>T*<sub>c</sub></b>
<b>T<sub>R</sub></b>	45	0,063	2,467	0,259
<b>T<sub>R</sub></b>	75	0,081	2,455	0,278
<b>T<sub>R</sub></b>	712	0,213	2,493	0,342
<b>T<sub>R</sub></b>	1462	0,280	2,511	0,357

dove:

- T<sub>R</sub>** → tempo di ritorno;  
**a<sub>g</sub>** → accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;  
**F<sub>0</sub>** → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;  
**T\*<sub>c</sub>** → 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:

		<b>a<sub>max</sub></b>
<b>T<sub>R</sub></b>	45	0,075
<b>T<sub>R</sub></b>	75	0,097
<b>T<sub>R</sub></b>	712	0,252
<b>T<sub>R</sub></b>	1462	0,313

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

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

dove :

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

Essendo il tombino una struttura che non ammette spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente  $\beta_m$  assume il valore unitario.

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	35 di 132

Pertanto, i due coefficienti sismici valgono:

		<b>K<sub>h</sub></b>	<b>k<sub>v</sub></b>
<b>T<sub>R</sub></b>	45	0,075	0,038
<b>T<sub>R</sub></b>	75	0,097	0,048
<b>T<sub>R</sub></b>	712	0,252	0,126
<b>T<sub>R</sub></b>	1462	0,313	0,156

### 7.8.1 Sovrappinta sismica del terreno (SISX)

In base alla teoria di Wood la risultante dell'incremento di spinta sismica su una parete di altezza H viene determinato con la seguente espressione:

$$\Delta S_E = (a_{\max}/g) \cdot \gamma \cdot H^2$$

La risultante viene applicata ad un'altezza pari ad H/2 e considerata agente su uno solo dei piedritti dell'opera.

Pertanto allo SLV la sovrappinta sismica delle terre vale:

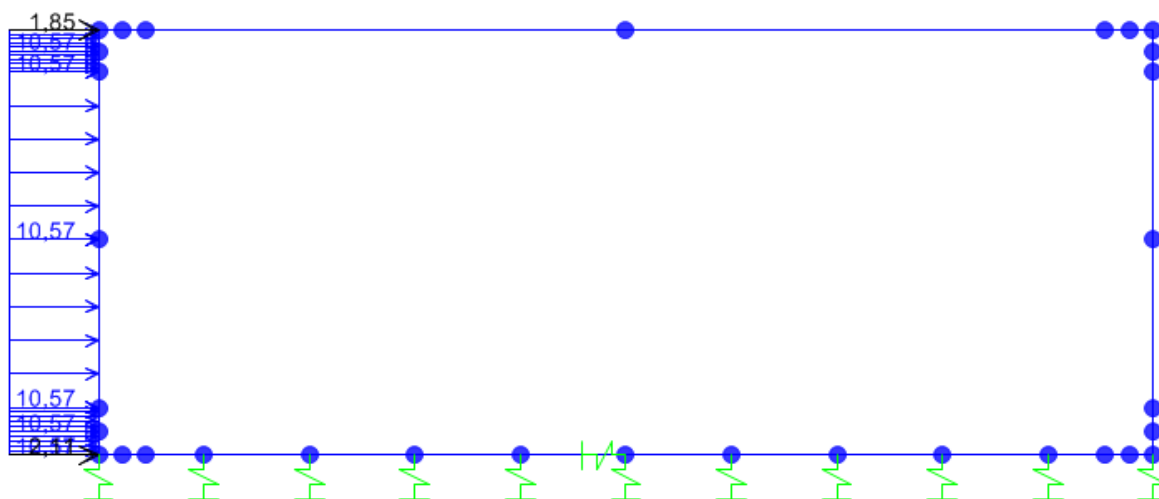
$$\Delta S_E = (a_{\max}/g) \cdot \gamma \cdot H^2$$

con

$$a_{\max} = 0.252g ; H = 2.15 \text{ m}; \gamma = 19.5 \text{ KN/m}^3 \Rightarrow \text{Applicato al modello di calcolo : } \Delta S_E = 10.57 \text{ KN/m}$$

Inoltre, vengono aggiunte, come carichi concentrati nei nodi 25,27,28 e 29 le seguenti forze, derivante dalla parte di spinta agente su metà spessore della soletta:

<b>Carico concentrato sui nodi 25,27,28 e 29</b>			
Nodi sup.	$Q_h \cdot S_s / 2$	1.85 kN	Spinta semispessore soletta superiore
Nodi inf.	$Q_h \cdot S_i / 2$	2.11 kN	Spinta semispessore soletta inferiore



**Figura 18: Sovrappinta sismica del terreno**

### 7.8.2 Forze inerziali (INERZIEH e SISVER)

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti ed applicate nei rispettivi baricentri.

Forze d'inerzia orizzontali sullo scatolare e sul terreno di ricoprimento della soletta SLV

$$F_{o,paccStrad+ricop+mass} = \pm 2,77 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{o,soletta} = \pm 2,21 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{o,montante} = \pm 2,52 \text{ kN/m}^2$$

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 d'inerzia verticali sullo scatolare e sul terreno di ricoprimento della soletta SLV

$$F_{v,paccStrad+ricop+mass} = \pm 1,38 \text{ kN/m}^2$$

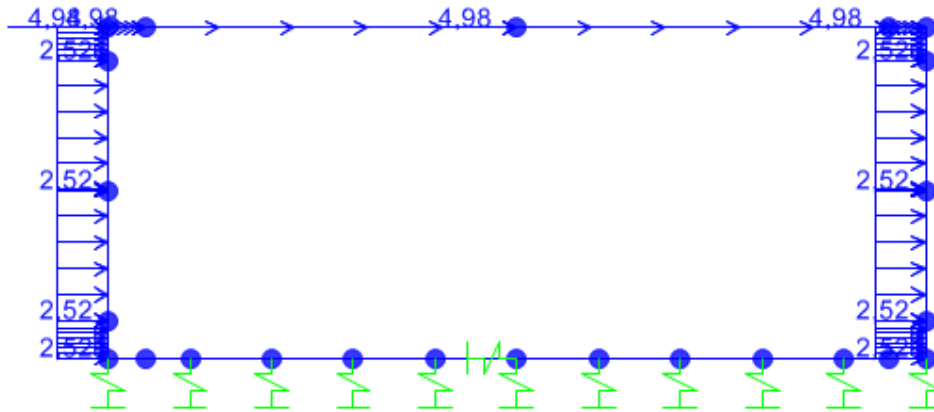
$$F_{v,solettasup} = \pm 1,10 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{v,solettasup,tot} = \pm 2,49 \text{ kN/m}^2$$

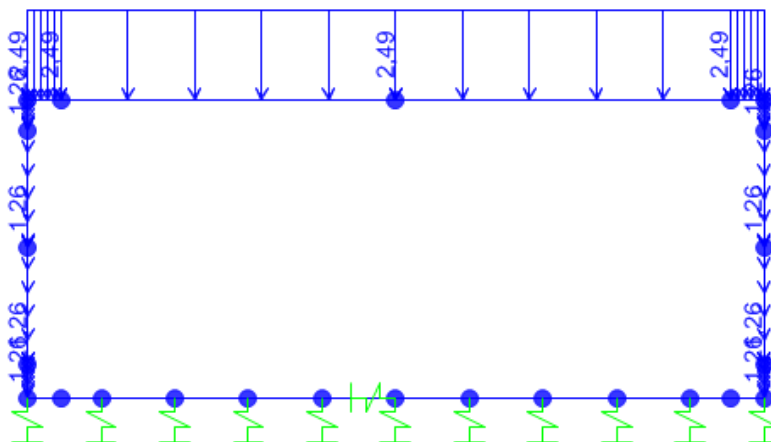
$$F_{v,montante} = \pm 1,26 \text{ kN/m}^2$$

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	37 di 132



**Figura 19: Forza inerziale orizzontale**



**Figura 20: Forza inerziale verticale**



**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
 Palma**  
 Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	39 di 132

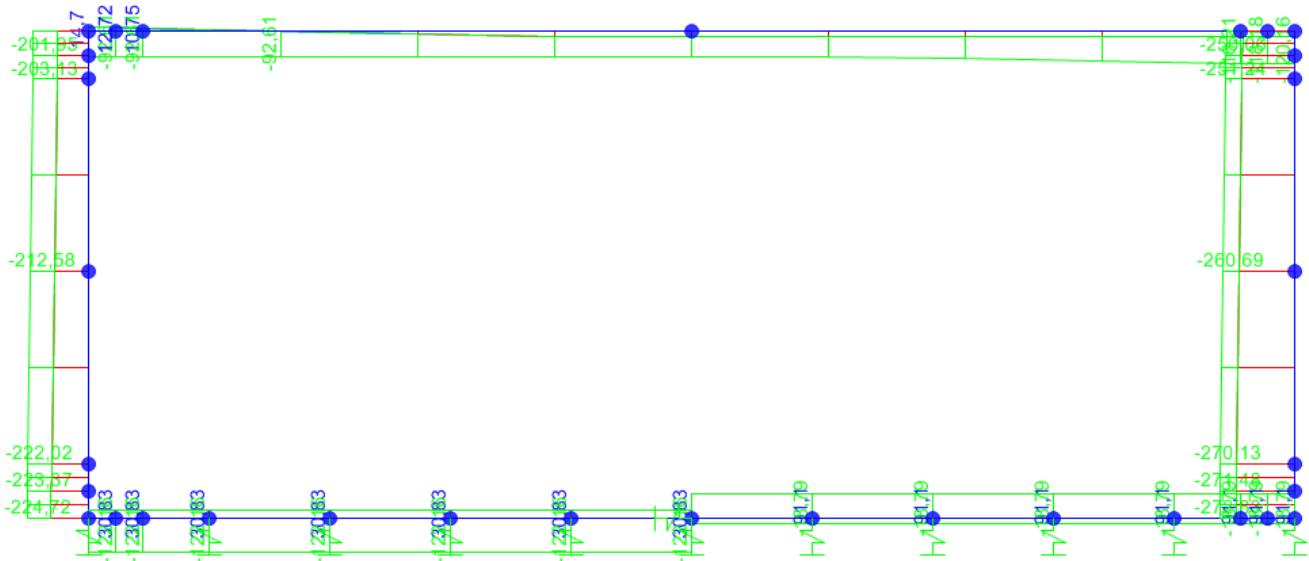
	FREQ-1	FREQ-2	FREQ-3	FREQ-4	FREQ-5	FREQ-6	FREQ-7	FREQ-8	FREQ-9	FREQ-10	FREQ-11	FREQ-12
PP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PERM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PAV STR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SPAVSX	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SPAVDX	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
STSX	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
STDY	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SASX	0,4	0,4	0,16	0,16	0,4	0,4	0,16	0,16	0,4	0,4	0,4	0,4
SADX	0,4	0,4	0	0	0,4	0,4	0	0	0	0	0	0
SASX-TAND	0	0	0,56	0,56	0	0	0,56	0,56	0,75	0,75	0,75	0,75
FREN	0	0	0,75	0,75	0	0	0,75	0,75	0	0	0	0
ACC1	0,75	0,75	0,56	0,56	0	0	0	0	0,75	0,75	0	0
ACC2	0	0	0	0	0,75	0,75	0,56	0,56	0	0	0,75	0,75
TF	0,5	-0,5	0,5	-0,5	0,5	-0,5	0,5	-0,5	0,5	-0,5	0,5	-0,5
TU	-0,5	0,5	-0,5	0,5	-0,5	0,5	-0,5	0,5	-0,5	0,5	-0,5	0,5
RITIRO	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0

	SLV-1	SLV-2	SLV-3	SLV-4		QP-1	QP-2
PP	1	1	1	1	PP	1	1
PERM	1	1	1	1	PERM	1	1
PAV STR	1	1	1	1	PAV STR	1	1
SPAVSX	1	1	1	1	SPAVSX	1	1
SPAVDX	1	1	1	1	SPAVDX	1	1
STSX	1	1	1	1	STSX	1	1
STDY	1	1	1	1	STDY	1	1
SASX	0	0	0	0	SASX	0	0
SADX	0	0	0	0	SADX	0	0
SASX-TAND	0	0	0	0	SASX-TAND	0	0
FREN	0	0	0	0	FREN	0	0
ACC1	0	0	0	0	ACC1	0	0
ACC2	0	0	0	0	ACC2	0	0
SISSX	1	0,3	1	0,3	TF	0,5	-0,5
INERZIEH	1	0,3	1	0,3	TU	-0,5	0,5
SISVER	0,3	1	-0,3	-1	RITIRO	1	0

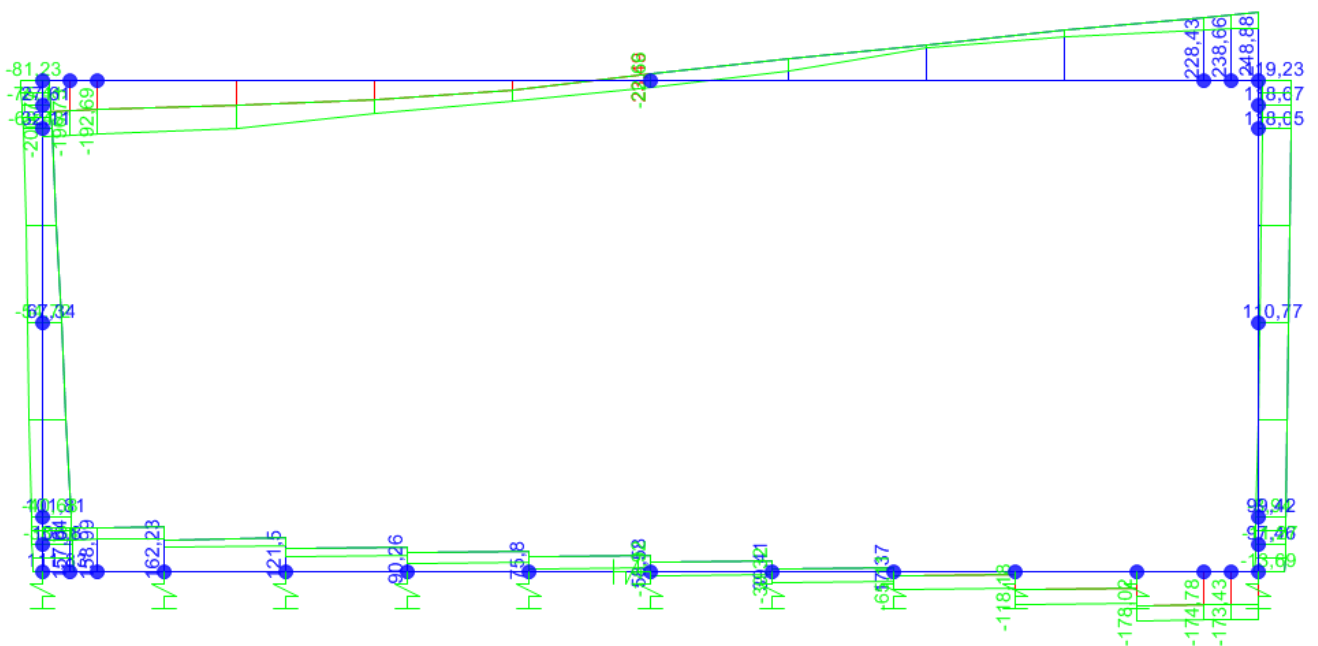
**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	40 di 132

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



**Figura 21: Involuppo N - SLU**



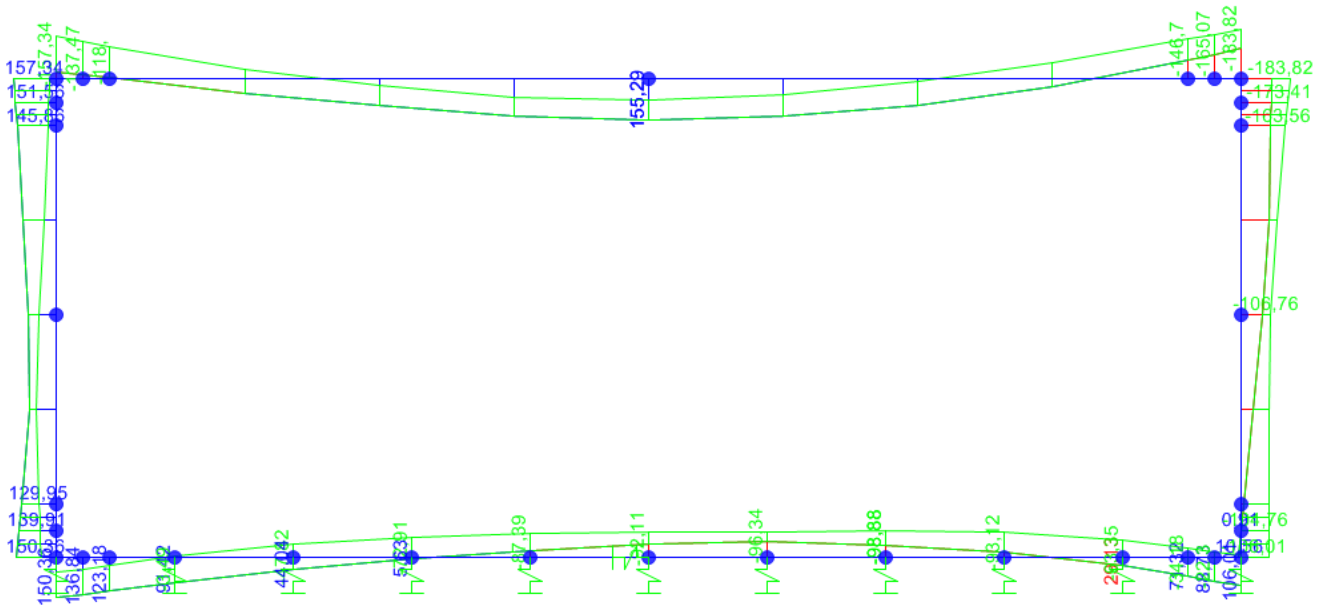


**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**

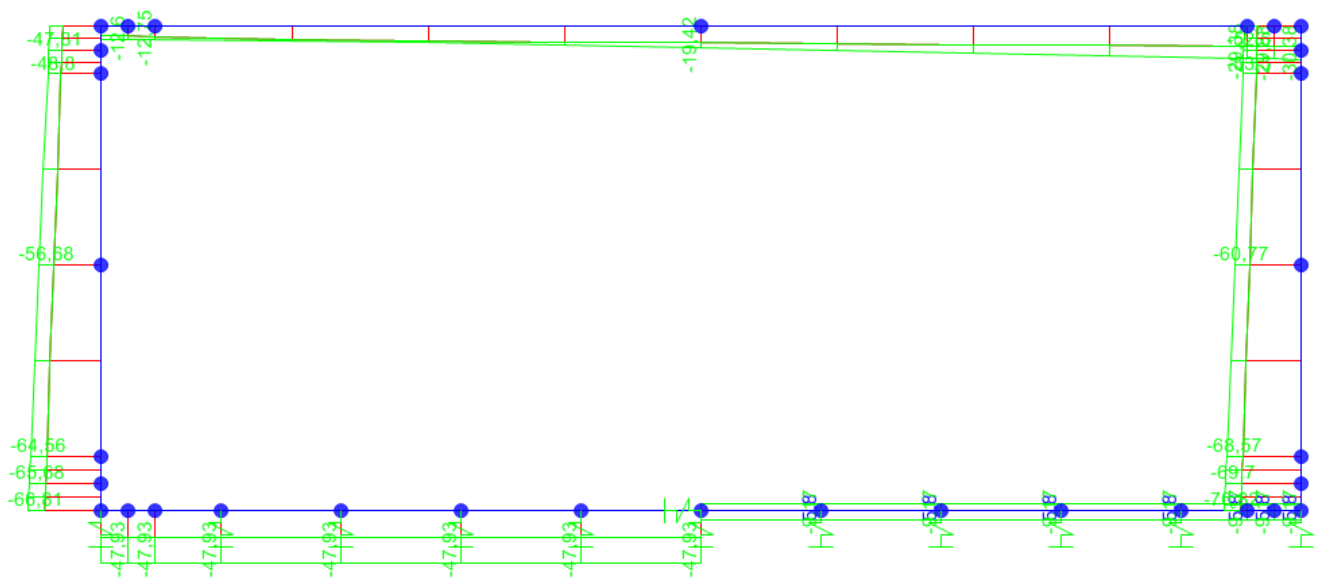
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	41 di 132

**Figura 22: Involuppo T - SLU**



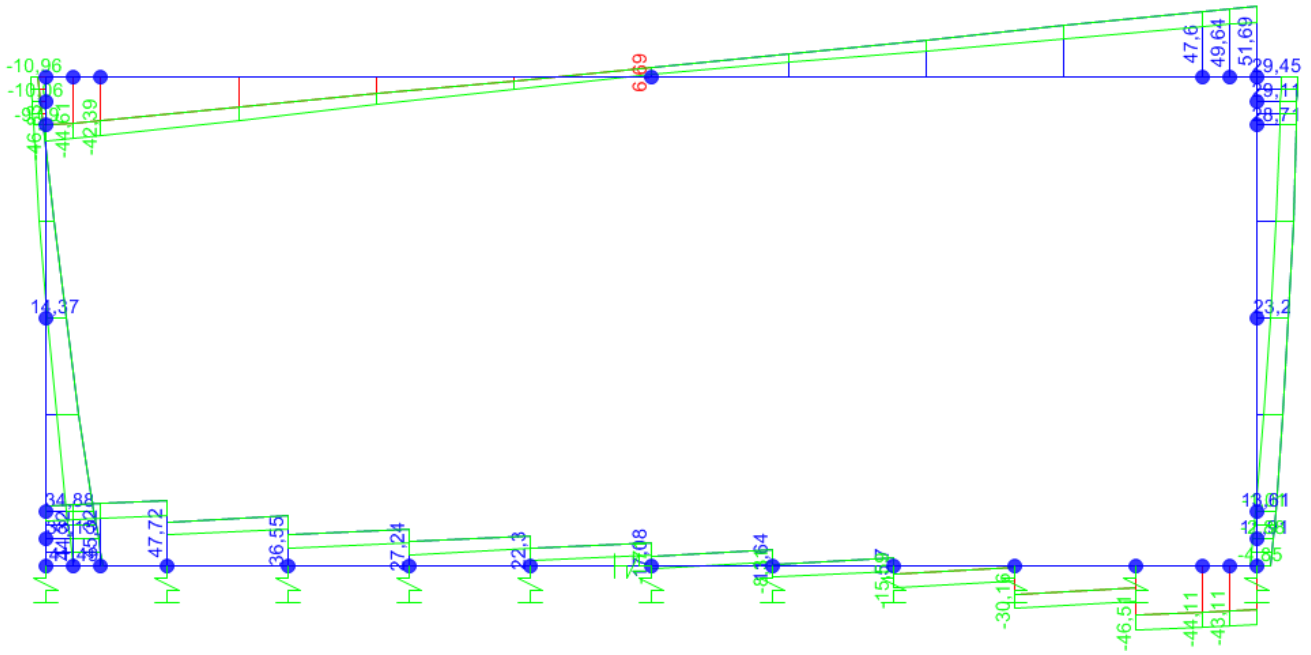
**Figura 26: Involuppo M - SLU**



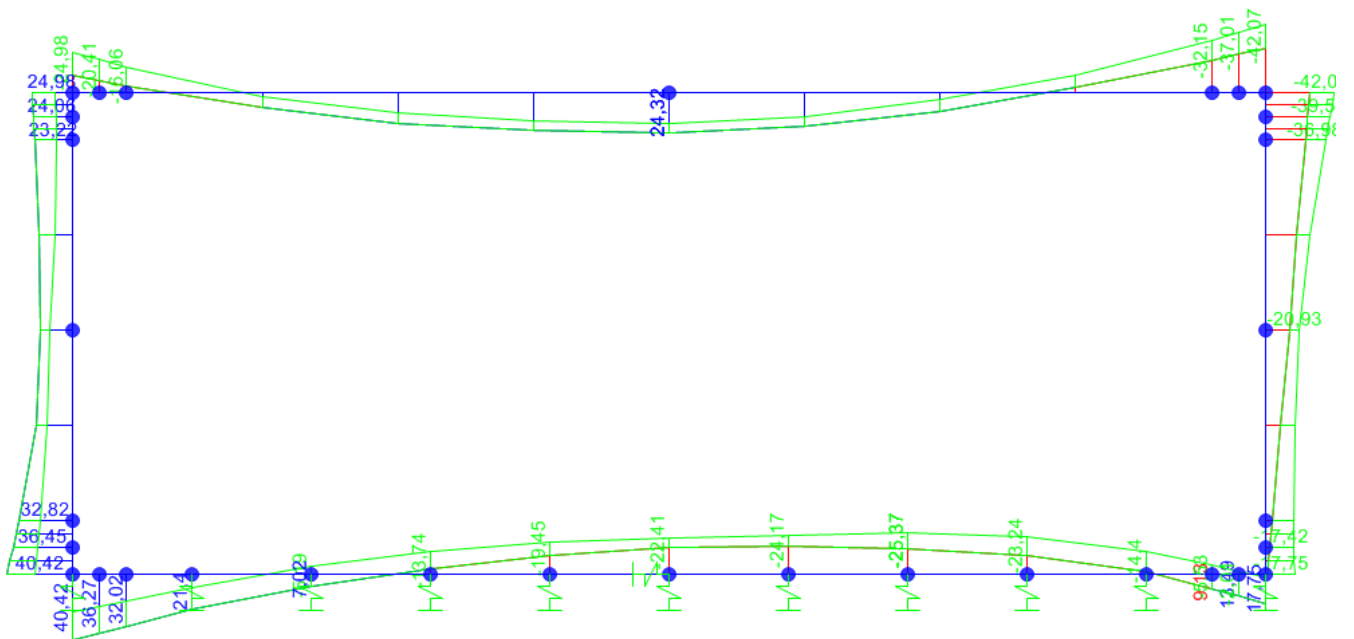
**Figura 23: Involuppo N - SLV**

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	42 di 132



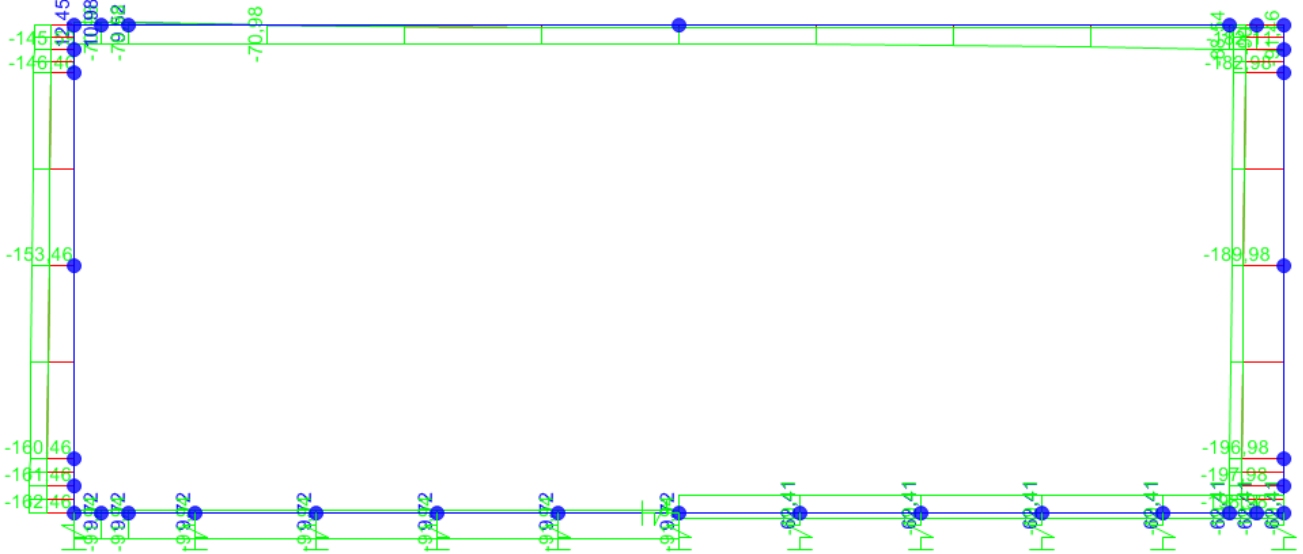
**Figura 24: Involuppo T - SLV**



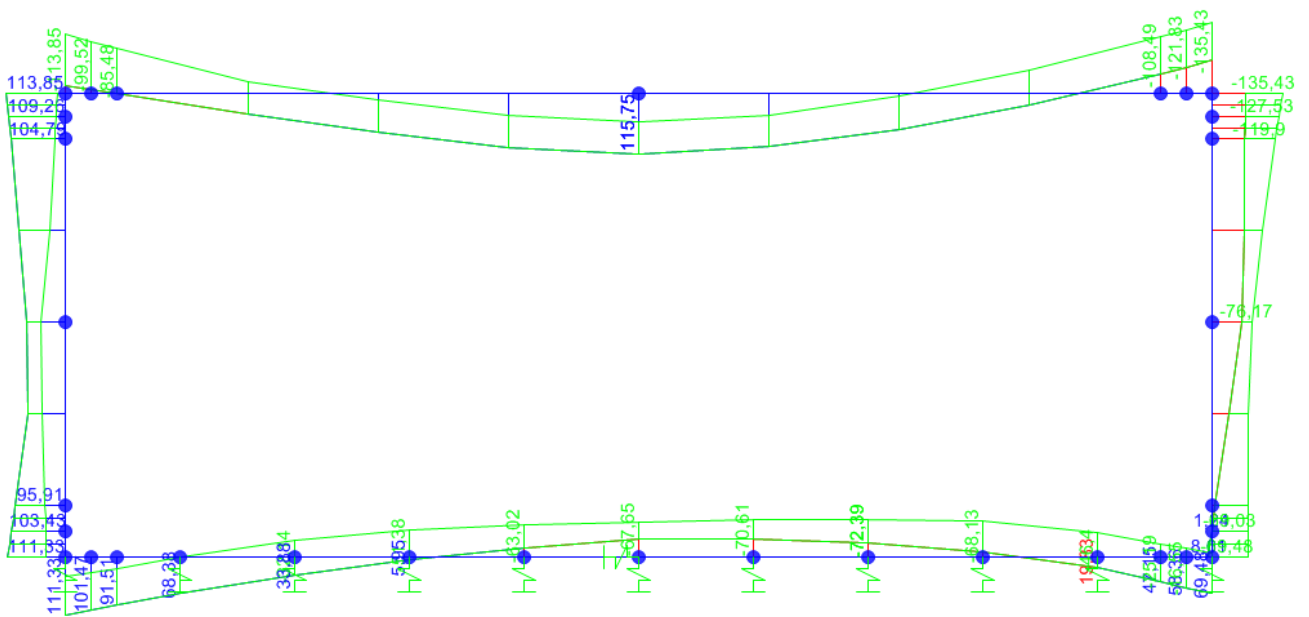
**Figura 25: Involuppo M - SLV**

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	43 di 132



**Figura 26: Inviluppo N – SLE RARA**



**Figura 27: Inviluppo M – SLE RARA**

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**

Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	44 di 132

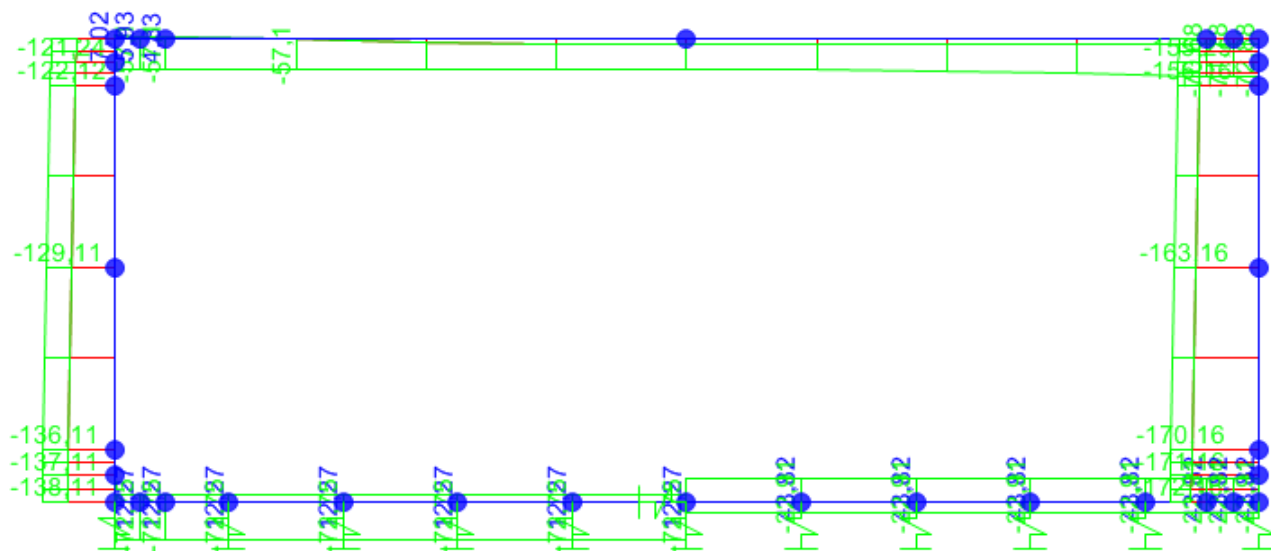


Figura 28: Inviluppo N – SLE FREQ

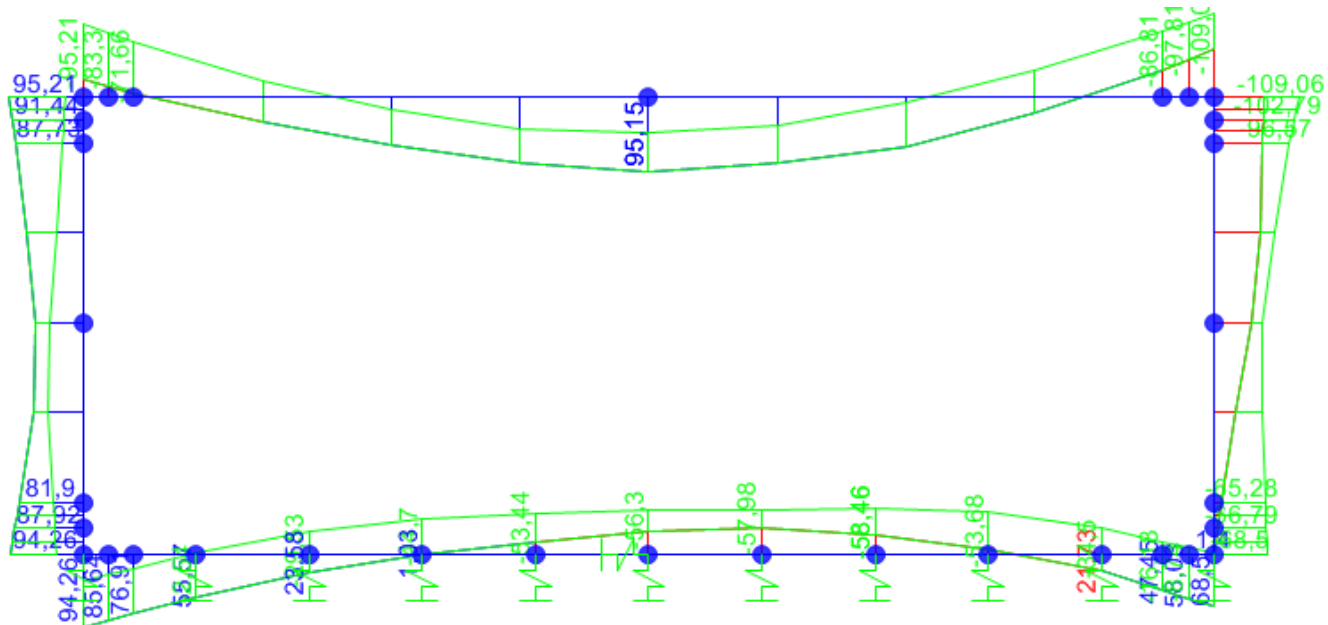
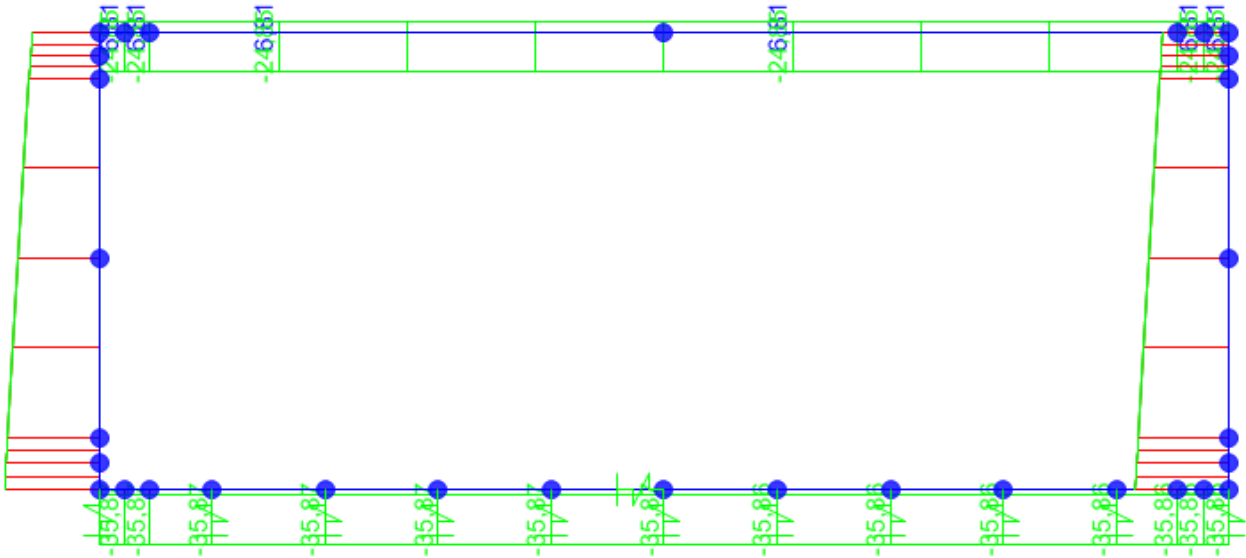


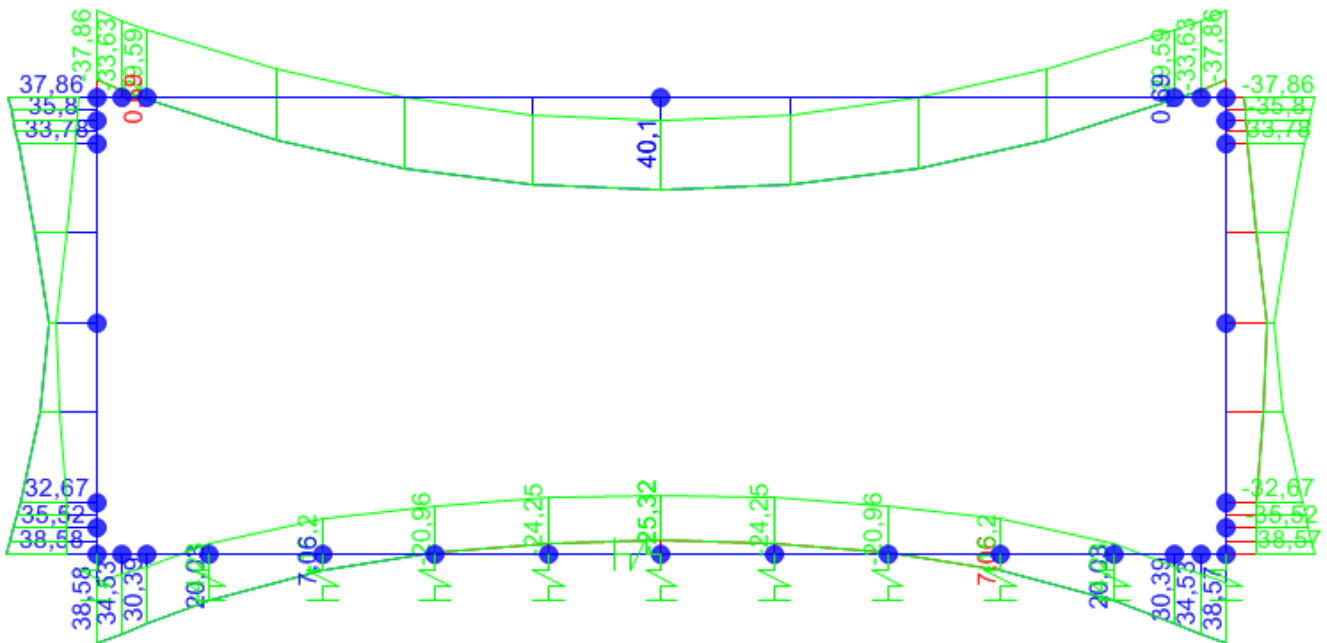
Figura 29: Inviluppo M – SLE FREQ

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	45 di 132



**Figura 30: Involuppo N – SLE QP**

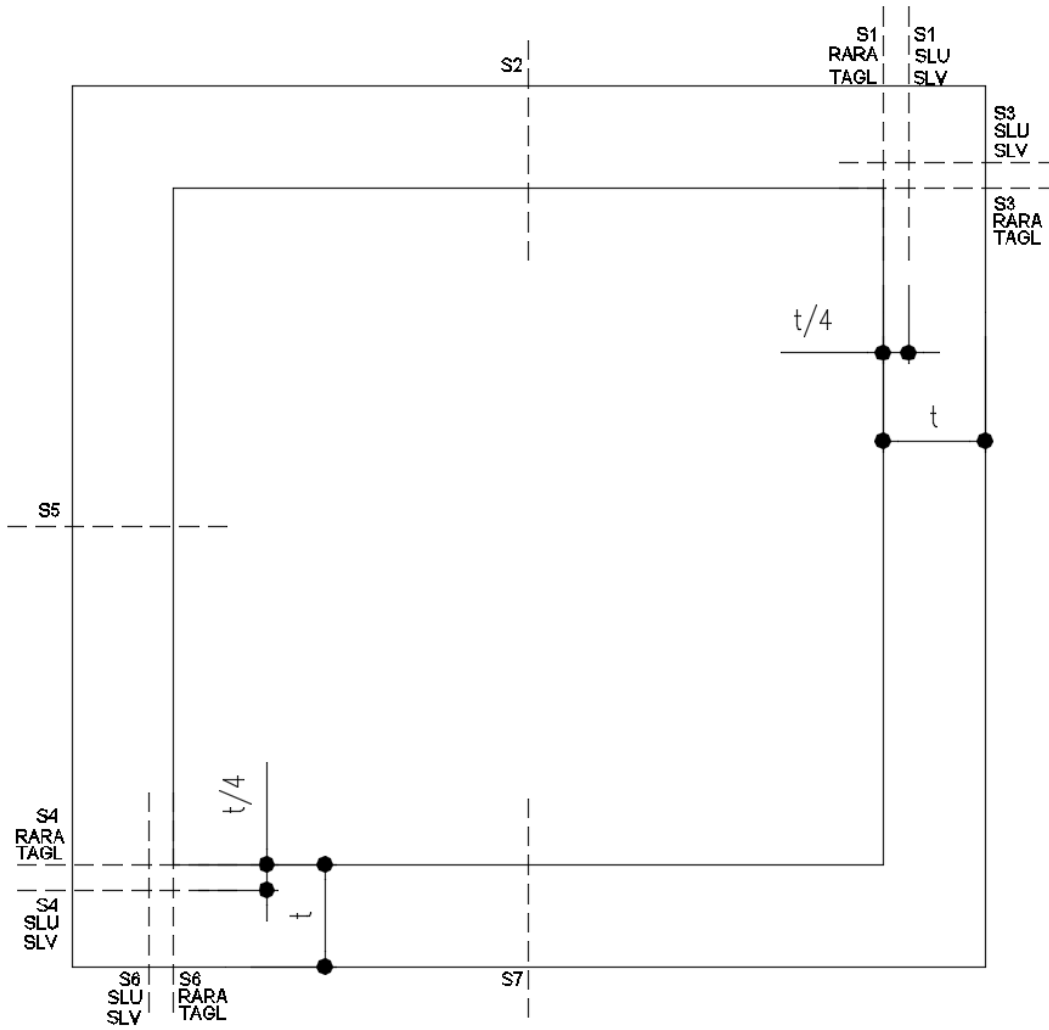


**Figura 31: Involuppo M – SLE QP**

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	46 di 132

Le sezioni verificate sono le seguenti:



**Figura 32: Sezioni di verifica**

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	47 di 132

## 9 VERIFICHE

### 9.1 Verifiche a flessione

#### 9.1.1 Sezione 1 - soletta superiore appoggio destro

##### Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU e SLV)

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN-m
5	0,1	SLU4	Combination	-118,184	185,611	-165,075
5	0,1	SLV1	Combination	-29,882	49,643	-37,0076
5	0	RARA4	Combination	-88,537	132,046	-108,493
5	0	FREQ4	Combination	-70,684	108,795	-86,8053
5	0	QP 2	Combination	-24,846	39,415	-29,5875

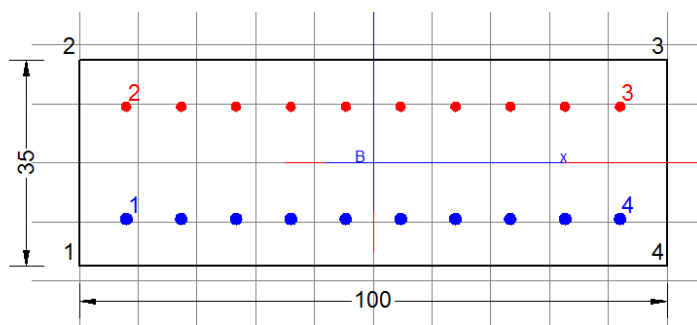
Armatura tesa  $\Phi$  16/10

Armatura compressa  $\Phi$  20/10

Armatura a taglio  $\Phi$  8/20x20

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

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inertzia



##### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di calcolo fcd:	18.810 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.120 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	198.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200 mm

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	48 di 132

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di calcolo 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

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-17.5
2	-50.0	17.5
3	50.0	17.5
4	50.0	-17.5

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.0	-9.7	20
2	-42.2	9.7	16
3	42.2	9.7	16
4	42.0	-9.7	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	8	20
2	2	3	8	16

#### ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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



**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	49 di 132

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
				Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x
1	0.00	-165.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-37.00	0.00	0.00	0.00

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-108.50	0.00

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-86.80 (-50.90)	0.00 (0.00)

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-29.50 (-50.90)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	50 di 132

Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa Area armature [cm<sup>2</sup>] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-165.00	0.00	0.00	-204.53	0.00	1.240	20.1(3.5)
2	S	0.00	-37.00	0.00	0.00	-204.53	0.00	5.528	20.1(3.5)

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
 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	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00406	-50.0	-17.5	-0.00043	-42.2	-9.7	-0.01021	42.2	9.7
2	0.00350	-0.00406	-50.0	-17.5	-0.00043	-42.2	-9.7	-0.01021	42.2	9.7

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

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
 x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000504108	-0.005321885	0.255	0.759
2	0.000000000	-0.000504108	-0.005321885	0.255	0.759

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

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  
 D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure  
 Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1\*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	--------

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	51 di 132

1	S	8.30	50.0	-17.5	-231.3	14.1	9.7	1250	20.1	9.4	1.00
---	---	------	------	-------	--------	------	-----	------	------	-----	------

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	6.64	50.0	-17.5	-185.1	-32.8	9.7	1250	20.1	9.4	0.50

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE**

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
 S1 Esito della verifica  
 S2 Massima tensione [Mpa] di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione non fessurata  
 S2 Minima di trazione [Mpa] del cls. (in sezione non fessurata) nella fibra più interna dell'area  $A_{c\ eff}$   
 k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata  
 k3 =  $(S1 + S2)/(2*S1)$  con riferimento all'area tesa  $A_{c\ eff}$   
 Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace  $A_{c\ eff}$   
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 Psi =  $1 - \text{Beta}12 * (S_{sr}/S_s)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (M_{fess}/M)^2$  [B.6.6 DM96]  
 e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite =  $0.4 * S_s/Es$  è tra parentesi  
 srm Distanza media tra le fessure [mm]  
 wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure =  $1.7 * e\ sm * srm$ . 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	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-3.6	-1.1	0.164	16	70.0	0.828	0.00077 (0.00037)	224	0.292 (0.30)	-50.90	0.00

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	2.26	50.0	-17.5	-62.9	4.7	9.7	1250	20.1	9.4	0.50

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE**

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-1.2	-0.4	0.164	16	70.0	-0.488	0.00013 (0.00013)	224	0.048 (0.20)	-50.90	0.00

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	52 di 132

La verifica a taglio è stata effettuata con il valore massimo del taglio letto a filo del piedritto che risulta pari a 228 Kn(SLU11).

## Verifica di resistenza a taglio

### Caratteristiche materiali

Cl<sub>s</sub> R<sub>ck</sub>

Cl<sub>s</sub>  condizioni calcestruzzo

Acciaio 1  acciaio barre longitudinali

Acciaio 2  acciaio armature trasversali

γ<sub>c</sub>  coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

γ<sub>s</sub>  coefficiente parziale relativo all'acciaio

### Geometrie sezione

b<sub>w</sub>  mm larghezza dell'anima resistente (larghezza minima d'anima)

d  mm altezza utile della sezione

A<sub>c</sub>  mm<sup>2</sup> area della sezione di calcestruzzo

### Caratteristiche armature

n<sub>bl</sub>  numero di barre longitudinali

Ø<sub>bl</sub>  mm diametro delle barre longitudinali

n<sub>bw</sub>  numero di bracci delle staffe

Ø<sub>st</sub>  mm diametro delle staffe

s<sub>st</sub>  mm passo delle staffe

α  ° inclinazione delle staffe (α=90° per staffe ortogonali all'asse)

### Caratteristiche sollecitazioni

N<sub>Ed</sub>  KN sforzo normale di calcolo (+ per compressione)

V<sub>Ed</sub>  KN taglio di calcolo

N<sub>Rd</sub> 6640,0 KN sforzo normale di compressione massimo

### Dati traliccio resistente

θ  ° inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse

ctgθ 2,48 (il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

Lo sforzo normale agente è "significativo" (vedi par. 4.1.2.1.3.2 NTC)

Sì

No

τ N/mm<sup>2</sup> tensione tangenziale corda baricentrica

σ<sub>c</sub> N/mm<sup>2</sup> tensione principale di trazione sulla corda baricentrica

ctgθ<sub>l</sub> valore limite dell'inclinazione delle bielle

### Valore di verifica del taglio resistente

V<sub>Rd</sub>  KN taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale

V<sub>Rd</sub>  KN taglio resistente per elemento con armatura trasversale

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	53 di 132

### 9.1.2 Sezione 2 - soletta superiore mezzeria

#### Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU e SLV)

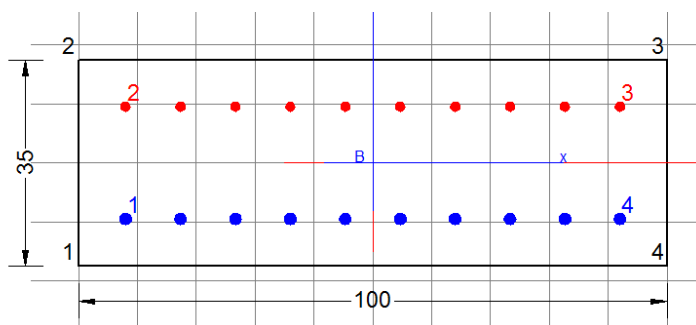
OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	Text	KN	KN	KN-m
SLV4	Combination	-15,641	-1,459	24,2995
SLU1	Combination	-20,866	0,0000223	155,4939
RARA1	Combination	-15,228	0,0000223	115,9558
FREQ1	Combination	-11,369	0,0000223	95,2313
QP 1	Combination	6,809	0,0000223	40,1032

Armatura tesa  $\Phi$  20/10

Armatura compressa  $\Phi$  16/10

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

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia



#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di calcolo fcd:	18.810 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.120 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	198.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200 mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	54 di 132

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

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-17.5
2	-50.0	17.5
3	50.0	17.5
4	50.0	-17.5

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.0	-9.5	20
2	-42.2	9.5	16
3	42.2	9.5	16
4	42.0	-9.5	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	8	20
2	2	3	8	16

### ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [daNm] 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	155.50	0.00	0.00	0.00
2	0.00	24.30	0.00	0.00	0.00

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	55 di 132

### 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	115.90	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	95.20 (52.80)	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	40.10 (52.80)	0.00 (0.00)

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.3 cm

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
As Tesa Area armature [cm<sup>2</sup>] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	56 di 132

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	155.50	0.00	0.00	290.51	0.00	1.868	31.4(3.5)
2	S	0.00	24.30	0.00	0.00	290.51	0.00	11.955	31.4(3.5)

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
 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	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00304	-50.0	17.5	0.00001	42.0	9.5	-0.00827	-42.0	-9.5
2	0.00350	-0.00304	-50.0	17.5	0.00001	42.0	9.5	-0.00827	-42.0	-9.5

#### 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 a rottura in presenza di sola fless.(travi)  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000435812	-0.004126711	0.297	0.812
2	0.000000000	0.000435812	-0.004126711	0.297	0.812

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

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  
 D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure  
 Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre  $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	7.82	-50.0	17.5	-162.8	-42.0	-9.5	1200	31.4	9.3	1.00

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	6.43	-50.0	17.5	-133.7	-42.0	-9.5	1200	31.4	9.3	0.50



**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	57 di 132

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$											
S1	Esito della verifica											
S2	Massima tensione [Mpa] di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione non fessurata											
k2	Minima di trazione [Mpa] del cls. (in sezione non fessurata) nella fibra più interna dell'area $A_{c\ eff}$											
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata											
Ø	= $(S1 + S2)/(2*S1)$ con riferimento all'area tesa $A_{c\ eff}$											
Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$											
Psi	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa											
e sm	= $1 - \text{Beta}12 * (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]											
srm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 * Ss/Es$ è tra parentesi											
wk	Distanza media tra le fessure [mm]											
MX fess.	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e\ sm * srm$ . Valore limite tra parentesi											
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]											
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]											

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-3.8	-1.2	0.164	20	70.0	0.846	0.00057 (0.00027)	209	0.201 (0.30)	52.80	0.00

### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	2.71	-50.0	17.5	-56.3	-23.3	-9.5	1200	31.4	9.3	0.50

### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-1.6	-0.5	0.164	20	70.0	0.133	0.00011 (0.00011)	209	0.040 (0.20)	52.80	0.00

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

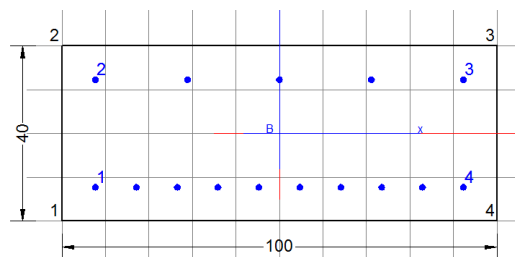
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	58 di 132

### 9.1.3 Sezione 3 - piedritto destro testa

#### Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU e SLV)

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN-m
13	0,0875	SLU4	Combination	-190,526	118,668	-173,414
13	0,0875	SLV1	Combination	-52,596	29,111	-39,5116
13	0	RARA10	Combination	-154,434	68,869	-119,904
13	0	FREQ4	Combination	-115,499	70,765	-96,5687
13	0	QP 2	Combination	-45,106	22,733	-33,7791

Armatura tesa                       $\Phi$  16/10  
 Armatura compressa               $\Phi$  16/20  
 Armatura a taglio                 $\Phi$  8/40x40



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

Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi  
 Tipologia sezione: Sezione generica  
 Normativa di riferimento: N.T.C.  
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
 Condizioni Ambientali: Moderat. aggressive  
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di calcolo fcd:	18.810 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.120 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	198.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200 mm

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	59 di 132

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di calcolo 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

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-20.0
2	-50.0	20.0
3	50.0	20.0
4	50.0	-20.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.2	-12.2	16
2	-42.2	12.2	16
3	42.2	12.2	16
4	42.2	-12.2	16

#### 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	16
2	2	3	8	16

#### ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	60 di 132

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
				Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x
1	0.00	-173.40	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-39.50	0.00	0.00	0.00

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-119.90	0.00

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-96.50 (-64.93)	0.00 (0.00)

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-33.77 (-64.93)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.8 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	61 di 132

Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa Area armature [cm<sup>2</sup>] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-173.40	0.00	0.00	-241.59	0.00	1.393	20.1(4.2)
2	S	0.00	-39.50	0.00	0.00	-241.59	0.00	6.116	20.1(4.2)

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
 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	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00604	-50.0	-20.0	-0.00084	-42.2	-12.2	-0.01442	42.2	12.2
2	0.00350	-0.00604	-50.0	-20.0	-0.00084	-42.2	-12.2	-0.01442	42.2	12.2

#### 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 a rottura in presenza di sola fless.(travi)  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000556641	-0.007632827	0.195	0.700
2	0.000000000	-0.000556641	-0.007632827	0.195	0.700

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

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  
 D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure  
 Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1\*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	--------

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	62 di 132

1	S	7.21	-50.0	-20.0	-211.0	32.8	12.2	1450	20.1	9.4	1.00
---	---	------	-------	-------	--------	------	------	------	------	-----	------

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	5.80	-50.0	-20.0	-169.8	42.2	12.2	1450	20.1	9.4	0.50

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE**

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

Ver. Esito della verifica

S1 Massima tensione [Mpa] di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione non fessurata

S2 Minima di trazione [Mpa] del cls. (in sezione non fessurata) nella fibra più interna dell'area  $A_{c\ eff}$

k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata

k3 =  $(S1 + S2)/(2*S1)$  con riferimento all'area tesa  $A_{c\ eff}$

Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace  $A_{c\ eff}$

Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa

Psi =  $1 - \text{Beta}12 * (S_{sr}/S_s)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (M_{fess}/M)^2$  [B.6.6 DM96]

e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite =  $0.4 * S_s/Es$  è tra parentesi

srm Distanza media tra le fessure [mm]

wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure =  $1.7 * e\ sm * srm$ . 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	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-3.2	-0.9	0.159	16	70.0	0.774	0.00066 (0.00034)	232	0.259 (0.30)	-64.93	0.00

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	2.03	-50.0	-20.0	-59.4	32.8	12.2	1450	20.1	9.4	0.50

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE**

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-1.1	-0.3	0.159	16	70.0	-0.849	0.00012 (0.00012)	232	0.047 (0.20)	-64.93	0.00

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	63 di 132

La verifica a taglio è stata effettuata con il valore massimo del taglio letto a filo del piedritto che risulta pari a 118 Kn(SLU3).

## Verifica di resistenza a taglio

### Caratteristiche materiali

Cl<sub>s</sub> R<sub>ck</sub>

Cl<sub>s</sub>  condizioni calcestruzzo

Acciaio 1  acciaio barre longitudinali

Acciaio 2  acciaio armature trasversali

γ<sub>c</sub>  coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

γ<sub>s</sub>  coefficiente parziale relativo all'acciaio

### Geometrie sezione

b<sub>w</sub>  mm larghezza dell'anima resistente (larghezza minima d'anima)

d  mm altezza utile della sezione

A<sub>c</sub>  mm<sup>2</sup> area della sezione di calcestruzzo

### Caratteristiche armature

n<sub>bl</sub>  numero di barre longitudinali

Ø<sub>bl</sub>  mm diametro delle barre longitudinali

n<sub>bw</sub>  numero di bracci delle staffe

Ø<sub>st</sub>  mm diametro delle staffe

s<sub>st</sub>  mm passo delle staffe

α  ° inclinazione delle staffe (α=90° per staffe ortogonali all'asse)

### Caratteristiche sollecitazioni

N<sub>Ed</sub>  KN sforzo normale di calcolo (+ per compressione)

V<sub>Ed</sub>  KN taglio di calcolo

N<sub>Rd</sub> 7746,7 KN sforzo normale di compressione massimo

### Dati traliccio resistente

θ  ° inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse

ctgθ 2,48 (il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

Lo sforzo normale agente è "significativo" (vedi par. 4.1.2.1.3.2 NTC)

### Elemento non armato a taglio

k 1,76

k<sub>eff</sub> 1,76 coefficiente considerato nei calcoli

V<sub>min</sub> 0,469

V<sub>Rd,1</sub> 180,3 KN taglio resistente - valore 1

V<sub>Rd,2</sub> 164,2 KN taglio resistente - valore 2

V<sub>Rd</sub> **180,3** KN taglio resistente di calcolo

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	64 di 132

### 9.1.4 Sezione 4 - piedritto sinistro piede

#### Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU e SLV)

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN-m
8	0	SLU3	Combination	-164,97	102,057	139,9056
8	0	SLV1	Combination	-55,69	38,003	36,452
8	0,1	RARA3	Combination	-119,14	73,373	95,913
8	0,1	FREQ7	Combination	-102,064	58,588	81,8997
8	0,1	QP 1	Combination	-59,102	27,55	32,6714

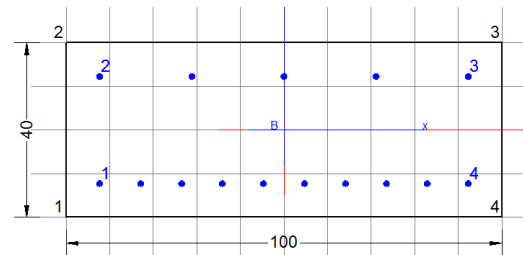
Armatura tesa  $\Phi$  16/10

Armatura compressa  $\Phi$  16/20

Armatura a taglio  $\Phi$  8/40x40

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

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia



#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di calcolo fcd:	18.810 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.120 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	198.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa



**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	65 di 132

Deform. ultima di calcolo 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

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-20.0
2	-50.0	20.0
3	50.0	20.0
4	50.0	-20.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.2	-12.2	16
2	-42.2	12.2	16
3	42.2	12.2	16
4	42.2	-12.2	16

### 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	16
2	2	3	3	16

### ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [daNm] 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	139.90	0.00	0.00	0.00

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	66 di 132

2	0.00	36.45	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	95.90	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	81.80 (64.93)	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	32.67 (64.93)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.8 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

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

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	67 di 132

As Tesa Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1,000$   
Area armature [cm<sup>2</sup>] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	139.90	0.00	0.00	241.59	0.00	1.727	20.1(4.2)
2	S	0.00	36.45	0.00	0.00	241.59	0.00	6.628	20.1(4.2)

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
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	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00604	-50.0	20.0	-0.00084	-42.2	12.2	-0.01442	-42.2	-12.2
2	0.00350	-0.00604	-50.0	20.0	-0.00084	-42.2	12.2	-0.01442	-42.2	-12.2

#### 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 a rottura in presenza di sola fless.(travi)  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000556641	-0.007632827	0.195	0.700
2	0.000000000	0.000556641	-0.007632827	0.195	0.700

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

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  
D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure  
Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre  $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	5.77	-50.0	20.0	-168.8	32.8	-12.2	1450	20.1	9.4	1.00

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	--------

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	68 di 132

1 S 4.92 -50.0 20.0 -144.0 32.8 -12.2 1450 20.1 9.4 0.50

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

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

Ver. Esito della verifica  
 S1 Massima tensione [Mpa] di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione non fessurata  
 S2 Minima di trazione [Mpa] del cls. (in sezione non fessurata) nella fibra più interna dell'area  $A_c$  eff  
 k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata  
 k3 =  $(S1 + S2)/(2 \cdot S1)$  con riferimento all'area tesa  $A_c$  eff  
 Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace  $A_c$  eff  
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 Psi =  $1 - \text{Beta}12 \cdot (S_{sr}/S_s)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (M_{fess}/M)^2$  [B.6.6 DM96]  
 e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite =  $0.4 \cdot S_s/E_s$  è tra parentesi  
 srm Distanza media tra le fessure [mm]  
 wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure =  $1.7 \cdot e \cdot s_m \cdot s_{rm}$ . 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	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-2.7	-0.7	0.159	16	70.0	0.685	0.00049 (0.00029)	232	0.195 (0.30)	64.93	0.00

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.96	-50.0	20.0	-57.5	32.8	-12.2	1450	20.1	9.4	0.50

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-1.1	-0.3	0.159	16	70.0	-0.975	0.00011 (0.00011)	232	0.045 (0.20)	64.93	0.00

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	69 di 132

La verifica a taglio è stata effettuata con il valore massimo del taglio letto a filo del piedritto che risulta pari a 102 Kn(SLU7).

## Verifica di resistenza a taglio

### Caratteristiche materiali

Cl<sub>s</sub> R<sub>ck</sub>    
 Cl<sub>s</sub>  condizioni calcestruzzo   
 Acciaio 1  acciaio barre longitudinali   
 Acciaio 2  acciaio armature trasversali   
 γ<sub>c</sub>  coefficiente parziale relativo al calcestruzzo   
 γ<sub>s</sub>  coefficiente parziale relativo all'acciaio

### Geometrie sezione

b<sub>w</sub>  mm larghezza dell'anima resistente (larghezza minima d'anima)   
 d  mm altezza utile della sezione   
 A<sub>c</sub>  mm<sup>2</sup> area della sezione di calcestruzzo

### Caratteristiche armature

n<sub>bl</sub>  numero di barre longitudinali   
 Ø<sub>bl</sub>  mm diametro delle barre longitudinali   
 n<sub>bw</sub>  numero di bracci delle staffe   
 Ø<sub>st</sub>  mm diametro delle staffe   
 s<sub>st</sub>  mm passo delle staffe   
 α  ° inclinazione delle staffe (α=90° per staffe ortogonali all'asse)

### Caratteristiche sollecitazioni

N<sub>Ed</sub>  KN sforzo normale di calcolo (+ per compressione)   
 V<sub>Ed</sub>  KN taglio di calcolo   
 N<sub>Rd</sub> 7746,7 KN sforzo normale di compressione massimo

### Dati traliccio resistente

θ  ° inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse   
 ctgθ 2,48 (il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

Lo sforzo normale agente è "significativo" (vedi par. 4.1.2.1.3.2 NTC)

### Elemento non armato a taglio

k 1,76   
 k<sub>eff</sub> 1,76 coefficiente considerato nei calcoli   
 v<sub>min</sub> 0,469   
 V<sub>Rd,1</sub> 180,3 KN taglio resistente - valore 1   
 V<sub>Rd,2</sub> 164,2 KN taglio resistente - valore 2   
 V<sub>Rd</sub> **180,3** KN taglio resistente di calcolo

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	70 di 132

### 9.1.5 Sezione 5 - piedritto sinistro mezzeria

#### Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU e SLV)

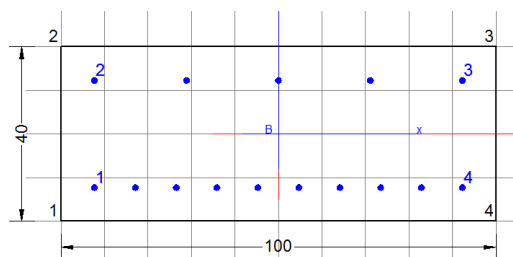
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN-m
39	0,7	SLU2	Combination	-212,576	-54,715	103,8333
39	0,7	SLV2	Combination	-56,678	0,932	20,1272
39	0,7	RARA2	Combination	-153,458	-37,833	73,6446
39	0,7	FREQ2	Combination	-129,114	-33,623	61,0357
39	0,7	QP 2	Combination	-52,104	-15,456	20,1751

Armatura tesa  $\Phi$  16/10

Armatura compressa  $\Phi$  16/20

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

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia



#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di calcolo fcd:	18.810 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.120 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	198.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	71 di 132

Deform. ultima di calcolo 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

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-20.0
2	-50.0	20.0
3	50.0	20.0
4	50.0	-20.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.2	-12.2	16
2	-42.2	12.2	16
3	42.2	12.2	16
4	42.2	-12.2	16

### 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	16
2	2	3	3	16

### ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [daNm] 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	103.83	0.00	0.00	0.00

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	72 di 132

2	0.00	20.12	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	73.64	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	61.03 (64.93)	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	20.10 (64.93)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.8 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

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



**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	73 di 132

As Tesa Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1,000$   
Area armature [cm<sup>2</sup>] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	103.83	0.00	0.00	241.59	0.00	2.327	20.1(4.2)
2	S	0.00	20.12	0.00	0.00	241.59	0.00	12.008	20.1(4.2)

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
 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	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00604	-50.0	20.0	-0.00084	-42.2	12.2	-0.01442	-42.2	-12.2
2	0.00350	-0.00604	-50.0	20.0	-0.00084	-42.2	12.2	-0.01442	-42.2	-12.2

### 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 a rottura in presenza di sola fless.(travi)  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000556641	-0.007632827	0.195	0.700
2	0.000000000	0.000556641	-0.007632827	0.195	0.700

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

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  
 D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure  
 Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre  $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	4.43	-50.0	20.0	-129.6	32.8	-12.2	1450	20.1	9.4	1.00

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	--------

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	74 di 132

1 S 3.67 -50.0 20.0 -107.4 32.8 -12.2 1450 20.1 9.4 0.50

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

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

Ver. Esito della verifica  
 S1 Massima tensione [Mpa] di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione non fessurata  
 S2 Minima di trazione [Mpa] del cls. (in sezione non fessurata) nella fibra più interna dell'area  $A_c$  eff  
 k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata  
 k3 =  $(S1 + S2)/(2*S1)$  con riferimento all'area tesa  $A_c$  eff  
 Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace  $A_c$  eff  
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 Psi =  $1 - \text{Beta}12 * (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (M_{fess}/M)^2$  [B.6.6 DM96]  
 e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite =  $0.4 * Ss/Es$  è tra parentesi  
 srm Distanza media tra le fessure [mm]  
 wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure =  $1.7 * e * sm * srm$ . 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	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-2.0	-0.5	0.159	16	70.0	0.434	0.00023 (0.00021)	232	0.092 (0.30)	64.93	0.00

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.21	-50.0	20.0	-35.4	32.8	-12.2	1450	20.1	9.4	0.50

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.7	-0.2	0.159	16	70.0	-4.218	0.00007 (0.00007)	232	0.028 (0.20)	64.93	0.00

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

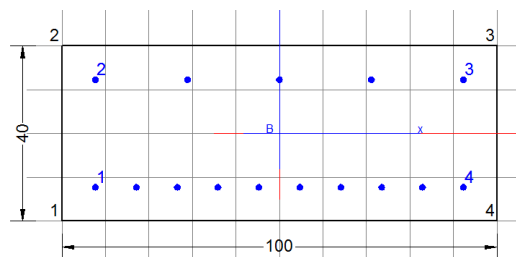
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	75 di 132

### 9.1.6 Sezione 6 - soletta inferiore appoggio sinistro

#### Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU e SLV)

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN-m
16	0	SLU3	Combination	-117,409	135,917	136,8382
16	0	SLV1	Combination	-47,783	42,017	36,2671
16	0,1	RARA3	Combination	-88,416	100,067	91,5134
16	0,1	FREQ7	Combination	-71,734	87,722	76,9149
16	0,1	QP 1	Combination	-35,866	41,94	30,387

Armatura tesa  $\Phi$  16/10  
 Armatura compressa  $\Phi$  16/20  
 Armatura a taglio  $\Phi$  18/20x20



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

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resis. compr. di calcolo fcd:	17.000 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.900 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	180.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00 MPa

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	76 di 132

Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30	MPa
Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30	MPa
Deform. ultima di calcolo 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: C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-20.0
2	-50.0	20.0
3	50.0	20.0
4	50.0	-20.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.2	-12.2	16
2	-42.2	12.2	16
3	42.2	12.2	16
4	42.2	-12.2	16

### 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	16
2	2	3	3	16

### ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	77 di 132

1	0.00	136.80	0.00	0.00	0.00
2	0.00	36.26	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	91.51	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	76.90 (88.82)	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	30.38 (88.82)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.8 cm

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

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

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	78 di 132

My ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature [cm<sup>2</sup>] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	136.80	0.00	0.00	237.92	0.00	1.739	20.1(5.4)
2	S	0.00	36.26	0.00	0.00	237.92	0.00	6.561	20.1(5.4)

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
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	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00556	-50.0	20.0	-0.00062	-42.2	12.2	-0.01352	-42.2	-12.2
2	0.00350	-0.00556	-50.0	20.0	-0.00062	-42.2	12.2	-0.01352	-42.2	-12.2

#### 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 a rottura in presenza di sola fless.(travi)  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000528467	-0.007069341	0.206	0.700
2	0.000000000	0.000528467	-0.007069341	0.206	0.700

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

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  
D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure  
Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1\*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	5.50	-50.0	20.0	-161.1	32.8	-12.2	1450	20.1	9.4	1.00

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	79 di 132

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	4.62	-50.0	20.0	-135.3	32.8	-12.2	1450	20.1	9.4	0.50

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

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

Ver. Esito della verifica

S1 Massima tensione [Mpa] di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione non fessurata

S2 Minima di trazione [Mpa] del cls. (in sezione non fessurata) nella fibra più interna dell'area  $A_{c\ eff}$

k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata

k3 =  $(S1 + S2)/(2*S1)$  con riferimento all'area tesa  $A_{c\ eff}$

Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace  $A_{c\ eff}$

Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa

Psi =  $1 - \text{Beta}12 * (S_{sr}/S_s)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (M_{fess}/M)^2$  [B.6.6 DM96]

e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite =  $0.4 * S_s/Es$  è tra parentesi

srm Distanza media tra le fessure [mm]

wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure =  $1.7 * e\ sm * srm$ . 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	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-2.5	-0.7	0.159	16	70.0	0.333	0.00027 (0.00027)	232	0.107 (0.30)	88.82	0.00

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.83	-50.0	20.0	-53.5	42.2	-12.2	1450	20.1	9.4	0.50

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-1.0	-0.3	0.159	16	70.0	-3.274	0.00011 (0.00011)	232	0.042 (0.20)	88.82	0.00

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	80 di 132

La verifica a taglio è stata effettuata con il valore massimo del taglio letto a filo del piedritto che risulta pari a 159 kN(SLU9).

## Verifica di resistenza a taglio

### Caratteristiche materiali

Cl<sub>s</sub> R<sub>ck</sub>

Cl<sub>s</sub>  condizioni calcestruzzo

Acciaio 1  acciaio barre longitudinali

Acciaio 2  acciaio armature trasversali

γ<sub>c</sub>  coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

γ<sub>s</sub>  coefficiente parziale relativo all'acciaio

### Geometrie sezione

b<sub>w</sub>  mm larghezza dell'anima resistente (larghezza minima d'anima)

d  mm altezza utile della sezione

A<sub>c</sub>  mm<sup>2</sup> area della sezione di calcestruzzo

### Caratteristiche armature

n<sub>bl</sub>  numero di barre longitudinali

Ø<sub>bl</sub>  mm diametro delle barre longitudinali

n<sub>bw</sub>  numero di bracci delle staffe

Ø<sub>st</sub>  mm diametro delle staffe

s<sub>st</sub>  mm passo delle staffe

α  ° inclinazione delle staffe (α=90° per staffe ortogonali all'asse)

### Caratteristiche sollecitazioni

N<sub>Ed</sub>  KN sforzo normale di calcolo (+ per compressione)

V<sub>Ed</sub>  KN taglio di calcolo

N<sub>Rd</sub> 7165,7 KN sforzo normale di compressione massimo

### Dati traliccio resistente

θ  ° inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse

ctgθ 2,48 (il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

Lo sforzo normale agente è "significativo" (vedi par. 4.1.2.1.3.2 NTC)

Sì

No

τ N/mm<sup>2</sup> tensione tangenziale corda baricentrica

σ<sub>t</sub> N/mm<sup>2</sup> tensione principale di trazione sulla corda baricentrica

ctgθ<sub>l</sub> valore limite dell'inclinazione delle bielle

### Valore di verifica del taglio resistente

V<sub>Rd</sub>  KN taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale

V<sub>Rd</sub>  KN taglio resistente per elemento con armatura trasversale



**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	81 di 132

### 9.1.7 Sezione 7- soletta inferiore mezzeria

#### Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU e SLV)

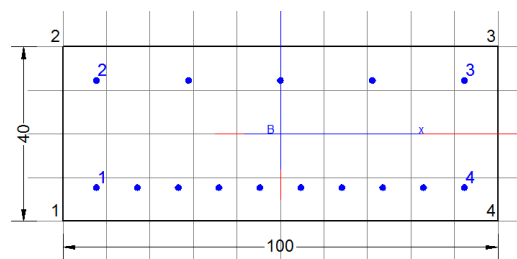
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN-m
47	0,44	SLU2	Combination	30,825	13,709	-92,1124
47	0,44	SLV2	Combination	-24,766	8,934	-22,4098
47	0,44	RARA2	Combination	9,721	12,719	-67,6523
47	0,44	FREQ2	Combination	12,266	8,688	-56,298
47	0,44	QP 2	Combination	-4,211	4,632	-25,3192

Armatura tesa  $\Phi$  16/20

Armatura compressa  $\Phi$  16/10

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

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inertza



#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resis. compr. di calcolo fcd:	17.000 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.900 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	180.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200 mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	2000000 daN/cm <sup>2</sup>

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	82 di 132

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: C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-20.0
2	-50.0	20.0
3	50.0	20.0
4	50.0	-20.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.2	-12.2	16
2	-42.2	12.2	16
3	42.2	12.2	16
4	42.2	-12.2	16

### 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	16
2	2	3	3	16

### ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [daNm] 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	-92.11	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-22.40	0.00	0.00	0.00

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	83 di 132

### 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	-67.65	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	-56.30 (-85.23)	0.00 (0.00)

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-25.30 (-85.23)	0.00 (0.00)

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.8 cm

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	84 di 132

As Tesa Area armature [cm<sup>2</sup>] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-92.11	0.00	0.00	-139.72	0.00	1.517	30.2(5.4)
2	S	0.00	-22.40	0.00	0.00	-139.72	0.00	6.238	30.2(5.4)

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
 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	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00654	-50.0	-20.0	-0.00107	-42.2	-12.2	-0.01536	42.2	12.2
2	0.00350	-0.00654	-50.0	-20.0	-0.00107	-42.2	-12.2	-0.01536	42.2	12.2

#### 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 a rottura in presenza di sola fless.(travi)  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000585720	-0.008214408	0.186	0.700
2	0.000000000	-0.000585720	-0.008214408	0.186	0.700

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

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  
 D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure  
 Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1\*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	5.34	50.0	-20.0	-230.3	21.1	12.2	1524	10.1	21.1	1.00

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	--------

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	85 di 132

1 S 4.44 50.0 -20.0 -191.7 21.1 12.2 1524 10.1 21.1 0.50

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

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

Ver. Esito della verifica  
 S1 Massima tensione [Mpa] di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione non fessurata  
 S2 Minima di trazione [Mpa] del cls. (in sezione non fessurata) nella fibra più interna dell'area  $A_c$  eff  
 k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata  
 k3 =  $(S1 + S2)/(2*S1)$  con riferimento all'area tesa  $A_c$  eff  
 Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace  $A_c$  eff  
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 Psi =  $1 - \text{Beta}12 * (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (M_{fess}/M)^2$  [B.6.6 DM96]  
 e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite =  $0.4 * Ss/Es$  è tra parentesi  
 srm Distanza media tra le fessure [mm]  
 wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure =  $1.7 * e * srm$ . 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	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-1.9	-0.4	0.154	16	70.0	-0.146	0.00038 (0.00038)	331	0.216 (0.30)	-85.23	0.00

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	2.00	50.0	-20.0	-86.1	0.0	12.2	1524	10.1	21.1	0.50

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.9	-0.2	0.154	16	70.0	-4.674	0.00017 (0.00017)	331	0.097 (0.20)	-85.23	0.00

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	86 di 132

## 10 RIEPILOGO ARMATURE – TOMBINO

Elemento strutturale	Sezione	Armatura Principale	Armatura secondaria	Incidenze
soletta superiore	nodo	Φ 16/10 sup. Φ 20/10 inf.	φ12/20 ambo i lati	155 kg/m <sup>3</sup>
	campata	Φ 16/10 sup. Φ 20/10 inf.	φ12/20 ambo i lati	
piedritti	nodo sup.	φ16/10 est. φ16/20 int.	φ12/20 ambo i lati	90 kg/m <sup>3</sup>
	nodo inf.	φ16/10 est. φ16/20 int.	φ12/20 ambo i lati	
soletta inferiore	mezzeria	Φ 16/20 sup. Φ 16/10 inf.	φ12/20 ambo i lati	95 kg/m <sup>3</sup>
	nodo	Φ 16/20 sup. Φ 16/10 inf.	φ12/20 ambo i lati	

## 11 METODO DI CALCOLO – MURI DI SOSTEGNO

L'analisi strutturale del muro di sostegno a fondazione diretta è stata condotta attraverso modelli di calcolo a mensola con incastro nella platea di fondazione (analisi del paramento) e con incastro nel paramento (analisi della fondazione lato valle e lato monte). Vista la geometria dell'opera a prevalente sviluppo longitudinale e le condizioni al contorno, le analisi e verifiche sono state effettuate prendendo in considerazione una porzione di muro corrispondente ad una larghezza unitaria.

Si riporta inoltre di seguito una breve sintesi della procedura proposta per il calcolo delle spinte orizzontali agenti sulla parete dell'opera di sostegno e delle azioni verticali agenti sulla zattera di fondazione.

### 11.1 Condizioni di spinta sul muro in condizioni statiche

Considerato un terrapieno con peso per unità di volume  $\gamma$ , sovraccarico uniforme su terrapieno  $q$ , condizioni drenate ed assenza di falda, si assume in genere la distribuzione di pressioni riportata nella Figura 2. Alla generica quota  $z$  dal piano campagna risulta:

$$\sigma_a = \gamma k_a z + q k_a - 2c' \sqrt{k_a}$$

$$\sigma_p = \gamma k_p z + q k_p - 2c' \sqrt{k_p}$$

Il problema si riconduce quindi al calcolo dei coefficienti di spinta attiva  $k_a$  o passiva  $k_p$ .

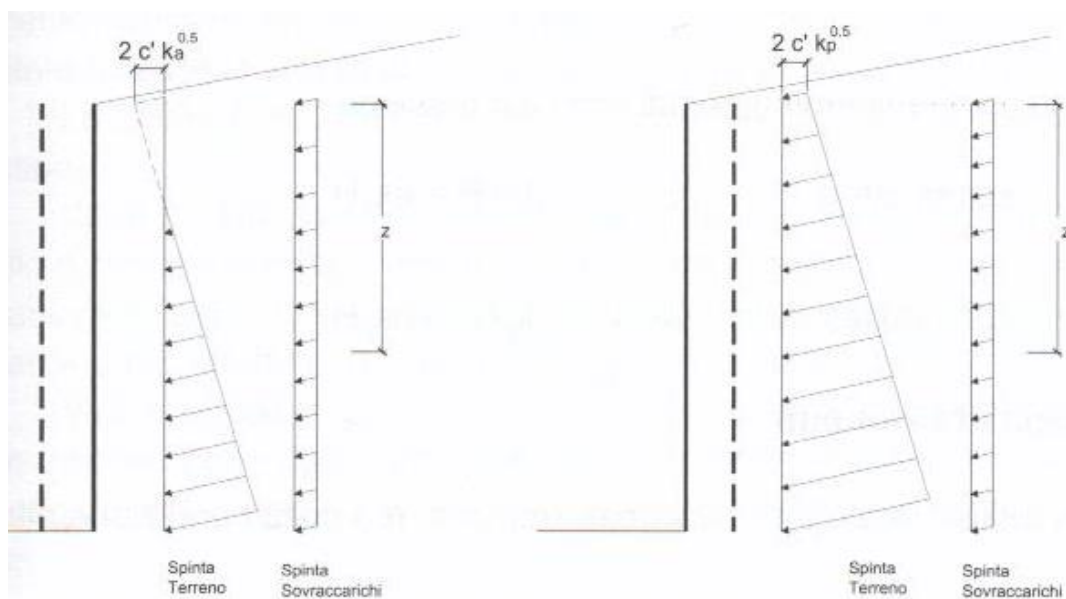
Con riferimento allo schema di Figura 34, in condizioni statiche il coefficiente di spinta attiva e quello di spinta passiva sono valutati attraverso le espressioni di Muller-Breslau (1924):

$$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi)}{\text{sen}^2\psi \cdot \text{sen}(\psi - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi - \varepsilon)}{\text{sen}(\psi - \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \varepsilon)}} \right]^2}$$

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

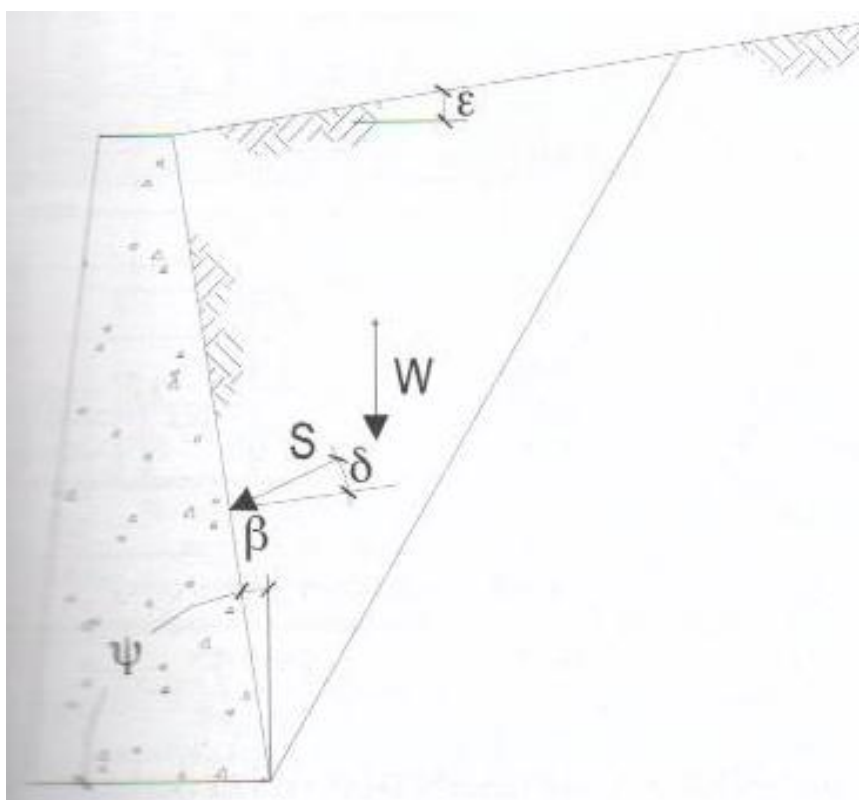
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	88 di 132

$$k_p = \frac{\text{sen}^2(\psi - \varphi)}{\text{sen}^2\psi \cdot \text{sen}(\psi + \delta) \left[ 1 - \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi + \varepsilon)}{\text{sen}(\psi + \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \varepsilon)}} \right]^2}$$



**Figura 33: Spinte orizzontali in condizioni statiche**





**Figura 34: Parametri geometrici per la valutazione dei coefficienti di spinta**

Il coefficiente di spinta passiva ove necessario può essere valutato con l'espressione di Caquot-Kerisel (1948) attraverso la quale si tiene in conto l'effetto sulla spinta della creazione in rottura passiva di superfici di scorrimento non piane. Non considerare tale effetto significherebbe sovrastimare considerevolmente la pressione passiva.

La distribuzione delle pressioni è da prassi considerata triangolare, mentre quella dei sovraccarichi è considerata costante con la profondità (rettangolare), per cui il punto di applicazione della spinta delle terre è posto a 1/3 dell'altezza del muro, mentre quella dei sovraccarichi è da considerarsi a metà dell'altezza del muro.

## 11.2 Condizioni di spinta sul muro in condizioni sismiche

L'analisi delle spinte sull'opera di sostegno in condizioni sismiche è eseguita attraverso metodi pseudo-statici. Nell'ipotesi di muro libero di muoversi in testa il metodo più appropriato è quello di Mononobe-Okabe il quale rappresenta un'estensione del criterio di Coulomb in cui il cuneo di rottura si muove come un corpo rigido soggetto ad accelerazioni verticali ed orizzontali. Tali accelerazioni sono espresse in funzione di opportuni coefficienti di intensità sismica  $k_v$  e  $k_h$ , menzionati anche dalle norme vigenti. Nel metodo considerato le condizioni di equilibrio limite sono espresse ancora da coefficienti di spinta attiva e passiva definiti a partire dalla geometria del sistema e dalle condizioni sismiche di calcolo.

Con riferimento allo schema di Figura 33, considerando un terreno in assenza di falda, si definisce:

$$\theta = \arctan \frac{k_h}{1 \pm k_v} \quad (0.1)$$

ed i coefficienti di spinta sono definiti da:

per  $\varepsilon \leq \phi' - \theta$

$$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \cdot \text{sen}^2 \psi \cdot \text{sen}(\psi - \delta - \theta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi + \delta) \cdot \text{sen}(\phi - \varepsilon - \theta)}{\text{sen}(\psi - \delta - \theta) \cdot \text{sen}(\psi + \varepsilon)}} \right]^2} \quad (0.2)$$

per  $\varepsilon \geq \phi' - \theta$

$$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \cdot \text{sen}^2 \psi \cdot \text{sen}(\psi - \delta - \theta)} \quad (0.3)$$

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	91 di 132

$$k_p = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi - \Theta)}{\cos \Theta \cdot \text{sen}^2 \psi \cdot \text{sen}(\psi + \Theta) \left[ 1 - \sqrt{\frac{\text{sen} \varphi \cdot \text{sen}(\varphi + \varepsilon - \Theta)}{\text{sen}(\psi + \Theta) \cdot \text{sen}(\psi + \varepsilon)}} \right]^2}$$

La spinta del terreno in condizioni sismiche vale perciò:

$$S_a = \frac{1}{2} \gamma (1 \pm k_v) k_a H^2$$

$$S_p = \frac{1}{2} \gamma (1 \pm k_v) k_p H^2$$

con inclinazione del piano di rottura valutabile attraverso l'espressione:

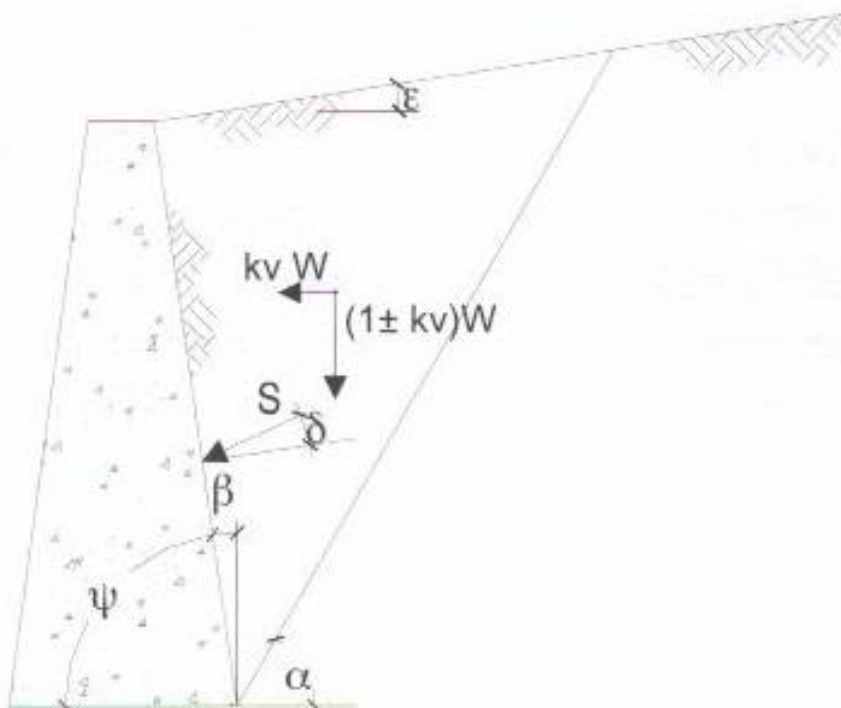
$$\alpha = \phi - \theta + \arctan \left[ \sqrt{\frac{P \cdot (P + Q) \cdot (1 + Q \cdot R) - P}{1 + R \cdot (P + Q)}} \right]$$

essendo:

$$P = \tan(\phi - \theta - \varepsilon)$$

$$Q = \cotan(\phi - \theta - \beta)$$

$$R = \tan(\theta + \beta + \delta)$$



**Figura 35: Azioni sismiche pseudo-statiche**

Nel caso di terreno con presenza di falda e permeabilità inferiore a  $5 \times 10^{-4} \text{m/sec}$  si trascurano gli effetti idrodinamici dell'acqua maggiorando l'angolo  $\theta$  secondo l'espressione:

$$\theta = \arctan\left(\frac{\gamma_{sat} k_h}{\gamma_{sat} - \gamma_w 1 \pm k_v}\right)$$

e la spinta agente sulla parete si definisce solo a mezzo di effetti statici:

$$S_a = \frac{1}{2} \gamma' (1 + k_v) k_a H^2 + \frac{1}{2} \gamma_w H^2$$

Nel caso di valori maggiori di permeabilità va considerato anche l'effetto dinamico valutabile con l'espressione:

$$E_{wd} = \frac{7}{2} k_h \gamma_w H^2$$

L'azione è applicata ad un'altezza pari ad  $0,4 \cdot H$  dalla base del muro.

### 11.3 Verifiche geotecniche

Sono state condotte, in accordo con la normativa vigente le seguenti verifiche globali di carattere geotecnico:

- verifica al ribaltamento, eseguita con riferimento allo spigolo anteriore della platea di fondazione, confrontando il momento stabilizzante  $M_s$  dovuto alle forze verticali con il momento ribaltante  $M_r$  provocato dalle forze orizzontali
- verifica allo scorrimento, eseguita controllando che la somma delle forze orizzontali sia sufficientemente minore della forza di attrito che si può esplicare per effetto dei carichi verticali  $N$  al contatto tra platea di fondazione e terreno. Il coefficiente di attrito  $f$  è assunto pari a:

$$f = \operatorname{tg}(\delta) = \operatorname{tg}(\phi)$$

trascurando il contributo stabilizzante dovuto alla spinta passiva del terreno anteriore.

- verifica al carico limite dell'insieme fondazione-terreno utilizzando l'espressione della portanza unitaria limite secondo la teoria di Meyerhoff.

### 11.4 Verifiche strutturali

Sono state condotte, infine, le verifiche locali degli elementi che costituiscono l'opera di sostegno, valutando in corrispondenza delle sezioni caratteristiche le sollecitazioni esterne e i corrispondenti stati tensionali. Le sezioni di riferimento sono indicate nei report di calcolo. Le azioni sul paramento sono valutate considerando quest'ultimo incastrato nella soletta di fondazione. Le azioni sulla soletta di fondo (monte e valle) sono valutate col metodo del trapezio delle tensioni considerando questa incastrata al paramento.

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	94 di 132

## 12 AZIONI SISMICHE

In condizioni sismiche, il rispetto degli stati limite si considera conseguito quando:

- nei confronti degli stati limite di esercizio siano rispettate le verifiche relative allo Stato Limite di Danno;
- nei confronti degli stati limite ultimi siano rispettate le verifiche relative allo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

Gli stati limite, sia di esercizio sia ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni che l'opera a realizzarsi deve assolvere durante un evento sismico; nel caso di specie per la funzione che l'opera deve espletare nella sua vita utile, è significativo calcolare lo Stato Limite di Danno (SLD) per l'esercizio e lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per lo stato limite ultimo.

Per la definizione dell'azione sismica si assumono i seguenti parametri di base:

- Categoria di suolo: **B;**
- Categoria topografica: **T<sub>1</sub>;**
- Vita nominale: **V<sub>N</sub> = 75 anni;**
- Classe d'uso : **II;**
- Coeff. d'uso: **c<sub>u</sub> = 1;**
- Periodo di riferimento per l'azione sismica: **V<sub>R</sub> = V<sub>N</sub> x c<sub>u</sub> = 75 anni;**

I parametri che definiscono l'azione sismica, calcolati mediante il documento excel Spettri-NTC.ver.1.0.3.xls fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, vengono di seguito riportati:

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	95 di 132

## Individuazione della pericolosità sismica del sito

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

**Elaborazioni grafiche**

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri

Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata

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

Nodi del reticolo intorno al sito



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

## Scelta della strategia di progettazione

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_n$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_u$   info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE {

SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="45"/>
SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="75"/>

Stati limite ultimi - SLU {

SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="712"/>
SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="1462"/>

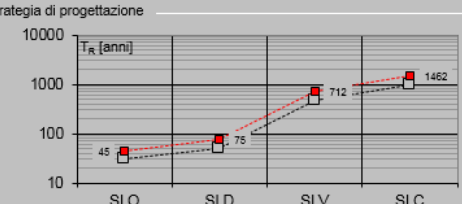
**Elaborazioni**

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

--- Strategie per costruzioni ordinarie

--- Strategie scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	96 di 132

### Determinazione dell'azione di progetto SLV

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

**Stato Limite**  
Stato Limite considerato SLV info

**Risposta sismica locale**

Categoria di sottosuolo B info      $S_s =$  1.188      $C_c =$  1.364 info

Categoria topografica T1 info      $h/H =$  0.000      $S_T =$  1.000 info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

**Compon. orizzontale**

Spettro di progetto elastico (SLE)     Smorzamento  $\xi$  (%) 5      $\eta =$  1.000 info

Spettro di progetto inelastico (SLU)     Fattore  $q_0$  1     Regol. in altezza si info

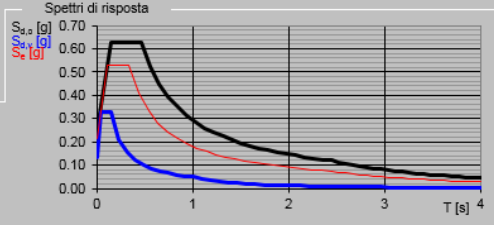
**Compon. verticale**  
Spettro di progetto     Fattore  $q$  1      $\eta = 1/q =$  1.000 info

**Elaborazioni**

Grafici spettri di risposta ➔

Parametri e punti spettri di risposta ➔

**Spettri di risposta**



— Spettro di progetto - componente orizzontale  
— Spettro di progetto - componente verticale  
— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3



**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	97 di 132

Determinazione dell'azione di progetto SLV

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.213 g
$F_c$	2.493
$T_c$	0.342 s
$S_s$	1.188
$C_c$	1.364
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.188
$\eta$	1.000
$T_B$	0.155 s
$T_C$	0.466 s
$T_D$	2.450 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_c \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_c} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_c$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_c \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_c \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_s(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.252
$T_B \leftarrow$	0.155	0.629
$T_C \leftarrow$	0.466	0.629
	0.560	0.523
	0.655	0.448
	0.749	0.391
	0.844	0.347
	0.938	0.312
	1.033	0.284
	1.127	0.260
	1.222	0.240
	1.316	0.223
	1.411	0.208
	1.505	0.195
	1.600	0.183
	1.694	0.173
	1.789	0.164
	1.883	0.156
	1.978	0.148
	2.072	0.142
	2.167	0.135
	2.261	0.130
	2.356	0.124
$T_D \leftarrow$	2.450	0.120
	2.524	0.113
	2.598	0.106
	2.671	0.101
	2.745	0.095
	2.819	0.090
	2.893	0.086
	2.967	0.082
	3.041	0.078
	3.114	0.074
	3.188	0.071
	3.262	0.068
	3.336	0.065
	3.410	0.062
	3.483	0.059
	3.557	0.057
	3.631	0.054
	3.705	0.052
	3.779	0.050
	3.852	0.048
	3.926	0.047
	4.000	0.045

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	98 di 132

In base alle accelerazioni massime attese sul sito in esame si valutano, alla luce dei parametri valutati sopra nella condizione di SLV, i coefficienti di intensità sismica da utilizzarsi nelle analisi pseudo statiche, con le espressioni che seguono; la Tabella 1 ne riporta una sintesi.

$$k_h = \beta_m \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

essendo

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

**Tabella 1: Sintesi dei parametri sismici**

<b>S<sub>s</sub></b>	<b>S<sub>t</sub></b>	<b>a<sub>g</sub></b>	<b>a<sub>max</sub></b>	<b>β<sub>m</sub></b>	<b>k<sub>h</sub></b>	<b>k<sub>v</sub></b>
[°]	[°]	[g]	[g]	[-]	[-]	[-]
1.188	1	0.213	0.253	0.38	0.096	0.048

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
 Palma**  
 Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	99 di 132

## 13 SOFTWARE DI CALCOLO

Le verifiche geotecniche e strutturali dell'opera di sostegno sono state eseguite mediante apposito foglio di calcolo.

La determinazione dell'accelerazione massima attesa al suolo è stata effettuata per mezzo di apposito foglio di calcolo (Spettri-NTCver.1.0.3) distribuito dal CSLLPP.

### 13.1 Caratteristiche geotecniche del terreno

<b>Dati Geotecnici</b>			<b>valori caratteristici</b>	<b>valori di progetto</b>	
			<b>SLE</b>	<b>STR/GEO</b>	<b>EQU</b>
Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	(°)	$\phi'$	35,00	35,00
	Peso Unità di Volume del terrapieno	(kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$	19,50	19,50
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	(°)	$\delta$	23,33	23,33
Dati Terreno Fondazione	Condizioni		<input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate		
	Coesione Terreno di Fondazione	(kPa)	$c1'$	0,00	0,00
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	(°)	$\phi1'$	38,00	38,00
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	(kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma1$	20,00	20,00
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	(kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma d$	20,00	20,00
	Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B)	(m)	Hs	6,20	
	Modulo di deformazione	(kN/m <sup>2</sup> )	E	65000	

### 13.2 Analisi dei carichi

#### 13.2.1 Carichi permanenti:

Sulla testa del muro è agente un carico concentrato dovuta al peso della barriera di sicurezza con un valore di 1kN/m. Sopra il terreno, lato monte viene considerato il carico della pavimentazione con uno spessore pari a 0.09m e  $\gamma_{med} = 24\text{kN/m}^3$  applicato come un carico distribuito 2.16 kN/m.

#### 13.2.2 Sovraccarico accidentale:

Il sovraccarico accidentale è pari a 20.00 kN/m<sup>2</sup> rappresentativo del carico per effetto del traffico.

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	100 di 132

### 13.2.3 Urto veicolo

In base alle disposizioni di normativa, le forze causate da collisioni accidentali sugli elementi di sicurezza sono tenute in conto attraverso una forza orizzontale equivalente di collisione pari a 100 kN (NTC2018 par. 3.6.3.3.2). Essa è considerata agente 1.00 m sopra il livello del piano di marcia.

Il carico agente concentrato alla base del montante si ridistribuisce lungo l'elemento strutturale (paramento) fino alla sezione di verifica secondo una diffusione a 45°.

Ad ogni modo, bisogna considerare il caso più sfavorevole in cui si è vicini al giunto e quindi la diffusione avviene su un solo lato.

Supponendo che l'interasse tra i montanti delle barriere sia 1.33 metri allora la larghezza di diffusione da considerare vale  $1.33 \times 2 + 2.05 = 4.71 \text{ m}$ .

### 13.3 Forze inerziali

In condizioni sismiche le forze d'inerzia orizzontali e verticali su paramento, soletta di fondazione e terreno di riempimento su soletta di monte sono valutate attraverso le espressioni:

$$F_h = k_h W$$

$$F_v = k_v W$$

dove W è il peso delle masse oscillanti applicato nei rispettivi baricentri ed i parametri di intensità sismica sono definiti in precedenza.

Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	0,213	(-)
	Coefficiente Amplificazione Stratigrafico	$S_S$	1,188	(-)
	Coefficiente Amplificazione Topografico	$S_T$	1	(-)
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	$\beta_s$	0,38	(-)
	Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0,09615672	(-)
	Coefficiente sismico verticale	$k_v$	0,0481	(-)
	Muro libero di traslare o ruotare	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no		

## 14 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto nelle norme riportate nel §2.

Per il muro di sostegno sono state effettuate le verifiche con riferimento ai seguenti stati limite:

SLU di tipo geotecnico (GEO)

scorrimento sul piano di posa;

collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;

ribaltamento;

secondo l'approccio progettuale "Approccio 2" e tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II E 6.5.I

$$\Rightarrow (A1+M1+R3)$$

Stabilità globale del complesso opera di sostegno –terreno deve essere effettuata secondo l'Approccio 1, con la combinazione :

$$\text{Comb 2} \Rightarrow (A2+M2+R2)$$

SLU di tipo strutturale (STR)

raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali secondo l'approccio progettuale "Approccio 2" e tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II E 6.5.I

$$\Rightarrow (A1+M1+R3)$$

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

$$\text{STR} \Rightarrow \gamma G1 \cdot G1 + \gamma G2 \cdot G2 + \gamma Q1 \cdot Qk1 + \sum i \psi 0i \cdot Qki$$

$$\text{GEO} \Rightarrow \gamma G1 \cdot G1 + \gamma G2 \cdot G2 + \gamma Q1 \cdot Qk1 + \sum i \psi 0i \cdot Qki$$

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

$$\text{Rara} \Rightarrow G1+G2 +Qk1+\sum \psi 0i \cdot Qki$$

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	102 di 132

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (tensioni e fessurazione) si definiscono le seguenti combinazioni:

$$\text{Frequente} \quad \Rightarrow \quad G1+G2+\psi11 \cdot Q_{k1} + \sum i\psi2i \cdot Q_{ki}$$

$$\text{Quasi permanente} \quad \Rightarrow \quad G1+G2+\psi21 \cdot Q_{k1} + \sum i\psi2i \cdot Q_{ki}$$

Per la condizione sismica, la combinazione per gli stati limite ultimi da prendere in considerazione è definita nella tabella 5.2.VI:

$$\text{Combinazione sismica}+M1+R3 \Rightarrow \quad E+G1+G2+\sum i\psi2i \cdot Q_{ki}$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G1+G2+\sum i\psi2i \cdot Q_{ki}$$

Per la condizione eccezionale, la combinazione per gli stati limite ultimi si prenderà:

$$A1+M1+R3 \quad \Rightarrow \quad Ad+G1+G2+\sum i\psi2i \cdot Q_{ki}$$

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	103 di 132

Carichi	Effetto	Coeff. Parziale	EQU	A1 (STR)	A2 (GEO)	SLE	altro
Permanenti	favorevole	$\gamma_G$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,10	1,30	1,00	1,00	1,00
Variabili	favorevole	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00

Parametro		Coeff. Parziale	M1	M2	SLE	altro
angolo d'attrito	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,00	1,25	1,00	1,00
coesione	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25	1,00	1,00
resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40	1,00	1,00
peso unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,00	1,00	1,00	1,00

Verifica	Coeff. Parziale	R1	R2	R3	SLE	altro
Capacità portante fondazione	$\gamma_R$	1,00	1,00	1,40	2,00	1,40
Scorrimento		1,00	1,00	1,10	1,30	1,10
Ribaltamento		1,00	1,00	1,15	1,50	1,15

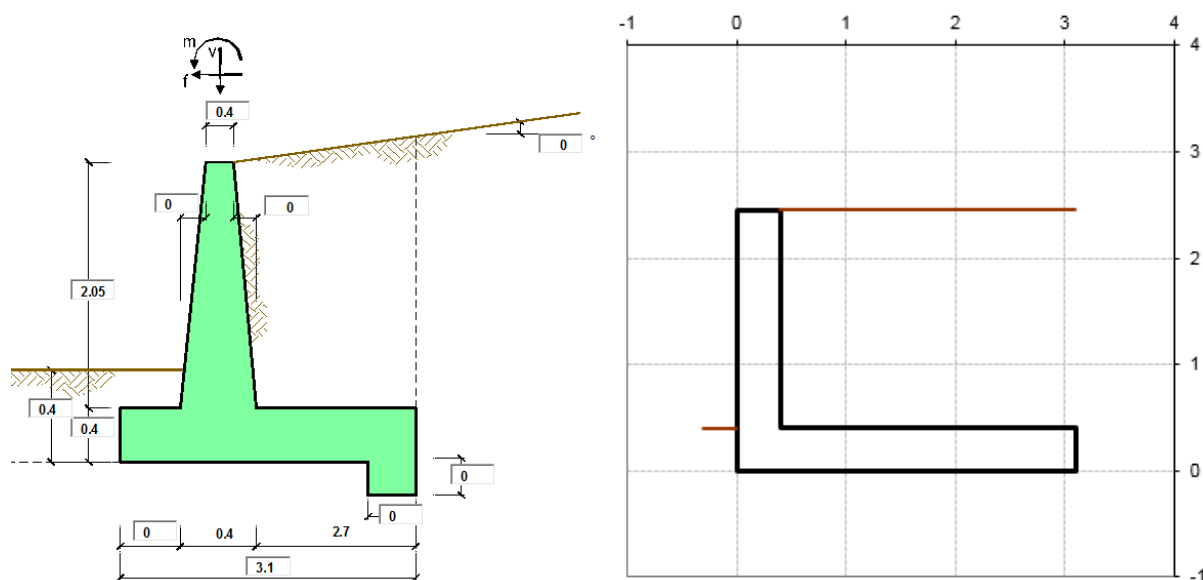
**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	104 di 132

## 15 VERIFICHE

### 15.1 Verifiche geotecniche

#### 15.1.1 Combinazione statica



SLU	Approccio 1	comb. 1	A1+M1+R1 EQU+M2	<input type="radio"/>
		comb. 2	A2+M2+R2 EQU+M2	<input type="radio"/>
	Approccio 2		A1+M1+R3 EQU+M2	<input checked="" type="radio"/>
	SLE (DM88)			<input type="radio"/>
altro			<input type="radio"/>	

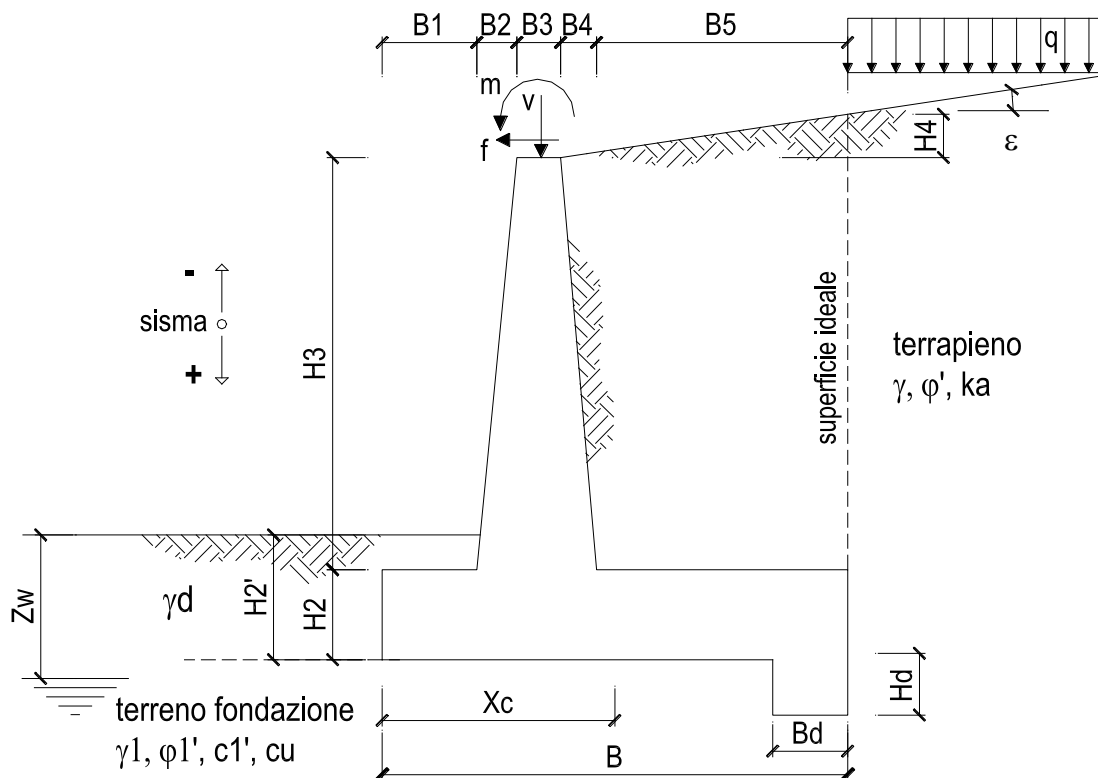
#### Coefficienti di sicurezza

	<u>Scorrimento</u>	<u>Ribaltamento</u>	<u>Carico limite</u>
<b>Statico</b>	<b>3,10</b>	<b>5,85</b>	<b>12,38</b>



**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	105 di 132



**OPERA**            Esempio

**DATI DI PROGETTO:**

**Geometria del Muro**

Elevazione	H3 =	2.05	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.00	(m)

**Geometria della Fondazione**

Larghezza Fondazione	B =	3.10	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	0.40	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0.00	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	2.70	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	1.55	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo	$\gamma_{cls}$ =	25.00	(kN/m <sup>3</sup> )
---------------------------------	------------------	-------	----------------------

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**

**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	106 di 132

### FORZE VERTICALI

		SLE	STR/GEO
<b>- Peso del Muro (Pm)</b>			
Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	(kN/m)	0,00
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	20,50
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	(kN/m)	0,00
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	31,00
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	0,00
Pm =	$Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	(kN/m)	51,50
<b>- Peso del terreno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro (Pt)</b>			
Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	(kN/m)	107,93
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	(kN/m)	0,00
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$	(kN/m)	0,00
Sovr =	$q_p \cdot (B4 + B5)$	(kN/m)	5,83
Pt =	$Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr$	(kN/m)	113,76
<b>- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro</b>			
Sovr acc. Stat	$q \cdot (B4 + B5)$	(kN/m)	54

### MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

		SLE	STR/GEO
<b>- Muro (Mm)</b>			
Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	(kNm/m)	0,00
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 B3)$	(kNm/m)	4,10
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	(kNm/m)	0,00
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	(kNm/m)	48,05
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	(kNm/m)	0,00
Mm =	$Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	(kNm/m)	52,15
<b>- Terrapieno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro</b>			
Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 B5)$	(kNm/m)	188,88
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 (B4 + B5))$	(kNm/m)	0,00
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 B4)$	(kNm/m)	0,00
Msovr =	$Sovr \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/2 (B4 + B5))$	(kNm/m)	10,21
Mt =	$Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr$	(kNm/m)	199,09
<b>- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro</b>			
Sovr acc. Stat	$q \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/2 (B4 + B5))$	(kNm/m)	94,5

### CONDIZIONE STATICA

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

		SLE	STR/GEO
<b>- Spinta totale condizione statica</b>			
St =	$0,5 \cdot \gamma \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot ka$	(kN/m)	15,86
Sq perm =	$q \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot ka$	(kN/m)	1,43
Sq acc =	$q \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot ka$	(kN/m)	13,28
<b>- Componente orizzontale condizione statica</b>			
Sth =	$St \cdot \cos \delta$	(kN/m)	15,86
Sqh perm =	$Sq \text{ perm} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	1,43
Sqh acc =	$Sq \text{ acc} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	13,28

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**

**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	107 di 132

- Componente verticale condizione statica

Stv =	$St \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0,00	0,00
Sqv perm =	$Sq \text{ perm} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0,00	0,00
Sqv acc =	$Sq \text{ acc} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0,00	0,00

- Spinta passiva sul dente

$Sp = \frac{1}{2} \cdot g_1 \cdot Hd^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot Hd^2 \cdot kp + (2 \cdot c_1 \cdot kp^{0.5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H^2) \cdot Hd$	(kN/m)	0,00	0,00
--	--------	------	------

**MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

		SLE	STR/GEO	
MSt1 =	$St \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$	(kNm/m)	12,95	16,84
MSt2 =	$St \cdot B$	(kNm/m)	0,00	0,00
MSq1 perm =	$Sq \text{ perm} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$	(kNm/m)	1,76	2,28
MSq1 acc =	$Sq \text{ acc} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$	(kNm/m)	16,27	24,40
MSq2 perm =	$Sq \text{ perm} \cdot B$	(kNm/m)	0,00	0,00
MSq2 acc =	$Sq \text{ acc} \cdot B$	(kNm/m)	0,00	0,00
MSp =	$\gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kp / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot kp^{0.5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H^2) \cdot Hd^2 / 2$	(kNm/m)	0,00	0,00

**MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE**

Mfext1 =	$mp + m$	(kNm/m)	0,00	0,00
Mfext2 =	$(fp + f) \cdot (H3 + H2)$	(kNm/m)	0,00	0,00
Mfext3 =	$(vp+v) \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	(kNm/m)	0,20	0,20

**VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)**

Risultante forze verticali (N)

N =	$Pm + Pt + v + Stv + Sqv \text{ perm} + Sqv \text{ acc}$	168,01	(kN/m)
-----	--	--------	--------

Risultante forze orizzontali (T)

T =	$St + Sq + f$	42,40	(kN/m)
-----	---------------	-------	--------

Coefficiente di attrito alla base (f)

f =	$tg \rho_1'$	0,78	(-)
-----	--------------	------	-----

<b>Fs scorr.</b>	<b><math>(N \cdot f + Sp) / T</math></b>	<b>3,10</b>	<b>&gt;</b>	<b>1,1</b>
------------------	--	-------------	-------------	------------

**VERIFICA AL RIBALTAMENTO**

Momento stabilizzante (Ms)

Ms =	$Mm + Mt + Mfext3$	254,50	(kNm/m)
------	--------------------	--------	---------

Momento ribaltante (Mr)

Mr =	$MSt + MSq + Mfext1 + Mfext2 + MSp$	43,52	(kNm/m)
------	-------------------------------------	-------	---------

<b>Fs ribaltamento</b>	<b>Ms / Mr</b>	<b>5,85</b>	<b>&gt;</b>	<b>1,15</b>
------------------------	----------------	-------------	-------------	-------------

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	108 di 132

### VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)		Nmin	Nmax	
$N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v (+ Sovr\ acc)$		168,01	249,01	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)				
$T = St_h + Sq_h + f - Sp$		42,40	42,40	(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)				
$MM = \sum M$		210,98	352,73	(kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)				
$M = X_c * N - MM$		49,44	33,24	(kNm/m)

### Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'N_c i_c + q_0 N_q i_q + 0,5 \gamma_1 B N_\gamma i_\gamma$$

$c'1'$	coesione terreno di fondaz.	0,00		(kPa)
$\phi'1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	38,00		(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	20,00		(kN/m <sup>3</sup> )
$q_0 = \gamma d' H_2'$	sovraccarico stabilizzante	8,00		(kN/m <sup>2</sup> )
$e = M / N$	eccentricità	0,29	0,13	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	2,51	2,83	(m)

I valori di  $N_c$ ,  $N_q$  e  $N_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = \tan^2(45 + \phi'/2) * e^{(\pi * \tan(\phi'))}$	(1 in cond. nd)	48,93		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \tan(\phi')$	(2+ $\pi$ in cond. nd)	61,35		(-)
$N_\gamma = 2 * (N_q + 1) * \tan(\phi')$	(0 in cond. nd)	78,02		(-)

I valori di  $i_c$ ,  $i_q$  e  $i_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T / (N + B * c' \cot \phi'))^m$	(1 in cond. nd)	0,56	0,69	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0,55	0,55	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B * c' \cot \phi'))^{m+1}$		0,42	0,42	(-)

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

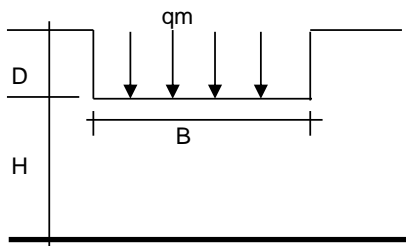
$q_{lim}$	(carico limite unitario)	1037,73	1088,42	(kN/m <sup>2</sup> )
-----------	--------------------------	---------	---------	----------------------

<b>FS carico limite</b>	<b><math>F = q_{lim} * B^* / N</math></b>	Nmin	<b>15,51</b>	>	<b>1,4</b>
		Nmax	<b>12,38</b>	>	

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	109 di 132

**CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE**



$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * q_m * B^* / E \quad (\text{Christian e Carrier, 1976})$$

N	166,26	(kN/m)
M	33,18	(kNm/m)
e=M/N	0,20	(m)
B*	2,70	(m)

Profondità Piano di Posa della Fondazione

D =	0,40	(m)
D/B* =	0,15	(m)
Hs/B* =	2,30	(m)

Carico unitario medio (qm)

$$q_m = N / (B - 2*e) = N / B^* = 62,21 \quad (\text{kN/mq})$$

Coefficiente di forma  $\mu_0 = f(D/B)$

$$\mu_0 = 0,956 \quad (-)$$

Coefficiente di profondità  $\mu_1 = f(H/B)$

$$\mu_1 = 0,72 \quad (-)$$

Cedimento della fondazione

$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * q_m * B^* / E = 1,79 \quad (\text{mm})$$

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	110 di 132

### 15.1.2 Combinazione sismica

Il combinazione per condizione sismica e come in seguito:

SLU	Approccio 1	comb. 1	A1+M1+R1 EQU+M2	○
		comb. 2	A2+M2+R2 EQU+M2	
	Approccio 2		A1+M1+R3 EQU+M2	
SLE (DM88)				○
altro				○

Carichi	Effetto	Coeff. Parziale	EQU	A1 (STR)	A2 (GEO)	SLE	altro
Permanenti	favorevole	$\gamma_G$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,10	1,30	1,00	1,00	1,00
Variabili	favorevole	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00

Parametro		Coeff. Parziale	M1	M2	SLE	altro
angolo d'attrito	$\tan \varphi_k$	$\gamma_\phi$	1,00	1,25	1,00	1,00
coesione	$c_k$	$\gamma_c$	1,00	1,25	1,00	1,00
resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40	1,00	1,00
peso unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,00	1,00	1,00	1,00

Verifica	Coeff. Parziale	R1	R2	R3	SLE	altro
Capacità portante fondazione	$\gamma_R$	1,00	1,00	1,40	2,00	1,40
Scorrimento		1,00	1,00	1,10	1,30	1,10
Ribaltamento		1,00	1,00	1,15	1,50	1,15

### Coefficienti di sicurezza

	<u>Scorrimento</u>	<u>Ribaltamento</u>	<u>Carico limite</u>
<b>Sismico</b>	<b>3,43</b>	<b>5,43</b>	<b>18,20</b>

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**

**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	111 di 132

**INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO**

- Inerzia orizzontale e verticale del muro (Ps)

Ps h =	$Pm \cdot kh$	(kN/m)	4,95
Ps v =	$Pm \cdot kv$	(kN/m)	2,48

- Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts)

Ptsh =	$Pt \cdot kh$	(kN/m)	11,11
Ptsh v =	$Pt \cdot kv$	(kN/m)	5,55

- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs h)

MPs1 h =	$kh \cdot Pm1 \cdot (H2 + H3/3)$	(kNm/m)	0,00
MPs2 h =	$kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3/2)$	(kNm/m)	2,81
MPs3 h =	$kh \cdot Pm3 \cdot (H2 + H3/3)$	(kNm/m)	0,00
MPs4 h =	$kh \cdot Pm4 \cdot (H2/2)$	(kNm/m)	0,60
MPs5 h =	$-kh \cdot Pm5 \cdot (Hd/2)$	(kNm/m)	0,00
MPs h =	$MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$	(kNm/m)	3,41

- Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs v)

MPs1 v =	$kv \cdot Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2)$	(kNm/m)	0,00
MPs2 v =	$kv \cdot Pm2 \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	(kNm/m)	0,20
MPs3 v =	$kv \cdot Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4/3)$	(kNm/m)	0,00
MPs4 v =	$kv \cdot Pm4 \cdot (B/2)$	(kNm/m)	2,31
MPs5 v =	$kv \cdot Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	(kNm/m)	0,00
MPs v =	$MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$	(kNm/m)	2,51

- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts h)

MPts1 h =	$kh \cdot Pt1 \cdot (H2 + H3/2)$	(kNm/m)	14,79
MPts2 h =	$kh \cdot Pt2 \cdot (H2 + H3 + H4/3)$	(kNm/m)	0,00
MPts3 h =	$kh \cdot Pt3 \cdot (H2 + H3^2/3)$	(kNm/m)	0,00
MPts h =	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	(kNm/m)	14,79

- Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts v)

MPts1 v =	$kv \cdot Pt1 \cdot ((H2 + H3/2) - (B - B5/2) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	9,08
MPts2 v =	$kv \cdot Pt2 \cdot ((H2 + H3 + H4/3) - (B - B5/3) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	0,00
MPts3 v =	$kv \cdot Pt3 \cdot ((H2 + H3^2/3) - (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	0,00
MPts v =	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	(kNm/m)	9,08

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	112 di 132

### CONDIZIONE SISMICA +

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

		SLE	STR/GEO
- Spinta condizione sismica +			
Sst1 stat	$= 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$	(kN/m) 15,86	15,86
Sst1 sism	$= 0,5 \cdot \gamma \cdot (1+kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^+ - Sst1 \text{ stat}$	(kN/m) 3,93	3,93
Ssq1 perm	$= qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$	(kN/m) 1,71	1,71
Ssq1 acc	$= qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$	(kN/m) 0,00	0,00
- Componente orizzontale condizione sismica +			
Sst1h stat	$= Sst1 \text{ stat} \cdot \cos \delta$	(kN/m) 15,86	15,86
Sst1h sism	$= Sst1 \text{ sism} \cdot \cos \delta$	(kN/m) 3,93	3,93
Ssq1h perm	$= Ssq1 \text{ perm} \cdot \cos \delta$	(kN/m) 1,71	1,71
Ssq1h acc	$= Ssq1 \text{ acc} \cdot \cos \delta$	(kN/m) 0,00	0,00
- Componente verticale condizione sismica +			
Sst1v stat	$= Sst1 \text{ stat} \cdot \sin \delta$	(kN/m) 0,00	0,00
Sst1v sism	$= Sst1 \text{ sism} \cdot \sin \delta$	(kN/m) 0,00	0,00
Ssq1v perm	$= Ssq1 \text{ perm} \cdot \sin \delta$	(kN/m) 0,00	0,00
Ssq1v acc	$= Ssq1 \text{ acc} \cdot \sin \delta$	(kN/m) 0,00	0,00
- Spinta passiva sul dente			
Sp	$= \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot (1+kv) \cdot Hd^2 \cdot kps^+ + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{+0.5} + \gamma_1 \cdot (1+kv) \cdot kps^+ \cdot H2) \cdot Hd$	(kN/m) 0,00	0,00

#### MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

		SLE	STR/GEO
- Condizione sismica +			
MSst1 stat	$= Sst1h \text{ stat} \cdot ((H2+H3+H4+hd)/3-hd)$	(kNm/m) 12,95	12,95
MSst1 sism	$= Sst1h \text{ sism} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$	(kNm/m) 3,21	3,21
MSst2 stat	$= Sst1v \text{ stat} \cdot B$	(kNm/m) 0,00	0,00
MSst2 sism	$= Sst1v \text{ sism} \cdot B$	(kNm/m) 0,00	0,00
MSsq1	$= Ssq1h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$	(kNm/m) 2,09	2,09
MSsq2	$= Ssq1v \cdot B$	(kNm/m) 0,00	0,00
MSp	$= \gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kps^+/3 + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{+0.5} + \gamma_1 \cdot kps^+ \cdot H2) \cdot Hd^2/2$	(kNm/m) 0,00	0,00

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

Mfext1	$= mp+ms$	(kNm/m) 0,00
Mfext2	$= (fp+fs) \cdot (H3 + H2)$	(kNm/m) 0,00
Mfext3	$= (vp+vs) \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	(kNm/m) 0,20

### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)			
N	$= Pm+ Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv$	174,29	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)			
T	$= Sst1h + Ssq1h + fp + fs + Ps h + Pts h$	37,56	(kN/m)
Coefficiente di attrito alla base (f)			
f	$= \tan \phi_1'$	0,78	(-)
<b>Fs</b>	<b>= (N*f + Sp) / T</b>	<b>3,63</b>	<b>&gt; 1,10</b>



**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	113 di 132

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 254,50 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} \quad 24,86 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Fr = Ms / Mr \quad \mathbf{10,24} > \mathbf{1,15}$$

### VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} + (\text{Sovr acc}) \quad \begin{matrix} N_{min} & N_{max} \\ 174,29 & 174,29 \end{matrix} \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - Sp \quad 37,56 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \Sigma M \quad 226,58 \quad 226,58 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM \quad 43,58 \quad 43,58 \quad (\text{kNm/m})$$

### **Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)**

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c' N_c i_c + q_0 N_q i_q + 0,5 \gamma_1 B N_\gamma i_\gamma$$

$c_1'$	coesione terreno di fondaz.	0,00	(kN/mq)
$\phi_1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	38,00	(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	20,00	(kN/m <sup>3</sup> )
$q_0 = \gamma d' H_2'$	sovraccarico stabilizzante	8,00	(kN/m <sup>2</sup> )
$e = M / N$	eccentricità	0,25	0,25 (m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	2,60	2,60 (m)

I valori di  $N_c$ ,  $N_q$  e  $N_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi/2) e^{(\pi \text{tg}(\phi))}$	(1 in cond. nd)	48,93	(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi)$	(2+ $\pi$ in cond. nd)	61,35	(-)
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \text{tg}(\phi)$	(0 in cond. nd)	78,02	(-)

I valori di  $i_c$ ,  $i_q$  e  $i_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cotg(\phi)))^m$	(1 in cond. nd)	0,62	0,62 (-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0,61	0,61 (-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cotg(\phi)))^{m+1}$		0,48	0,48 (-)

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	114 di 132

(fondazione nastriforme m = 2)

qlim (carico limite unitario) 1220,36 1220,36 (kN/m<sup>2</sup>)

<b>FS carico limite</b>	<b>F = qlim*B*/N</b>	Nmin	<b>18,20</b>	>	<b>1,4</b>
		Nmax	<b>18,20</b>	>	

### CONDIZIONE SISMICA -

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta condizione sismica -

	SLE	STR/GEO
Sst1 stat = $0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_a$ (kN/m)	15,86	15,86
Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma \cdot (1 - k_v) \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_{as}^-$ - Sst1 stat (kN/m)	2,43	2,43
Ssq1 perm = $q_p \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_{as}^-$ (kN/m)	1,74	1,74
Ssq1 acc = $q_s \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_{as}^-$ (kN/m)	0,00	0,00

- Componente orizzontale condizione sismica -

Sst1h stat = Sst1 stat * cos δ (kN/m)	15,86	15,86
Sst1h sism = Sst1 sism * cos δ (kN/m)	2,43	2,43
Ssq1h perm = Ssq1 perm * cos δ (kN/m)	1,74	1,74
Ssq1h acc = Ssq1 acc * cos δ (kN/m)	0,00	0,00

- Componente verticale condizione sismica -

Sst1v stat = Sst1 stat * sen δ (kN/m)	0,00	0,00
Sst1v sism = Sst1 sism * sen δ (kN/m)	0,00	0,00
Ssq1v perm = Ssq1 perm * sen δ (kN/m)	0,00	0,00
Ssq1v acc = Ssq1 acc * sen δ (kN/m)	0,00	0,00

- Spinta passiva sul dente

$S_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot (1 - k_v) \cdot H_d^2 \cdot k_{ps}^+ + (2 \cdot c_1 \cdot k_{ps}^{-0.5} + \gamma_1 \cdot (1 - k_v) \cdot k_{ps}^+ \cdot H_2) \cdot H_d$ (kN/m)	0,00	0,00
--	------	------

#### MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica -

	SLE	STR/GEO
MSst1 stat = Sst1h stat * ((H <sub>2</sub> +H <sub>3</sub> +H <sub>4</sub> +hd)/3-hd) (kNm/m)	12,95	12,95
MSst1 sism = Sst1h sism * ((H <sub>2</sub> +H <sub>3</sub> +H <sub>4</sub> +Hd)/3-Hd) (kNm/m)	1,99	1,99
MSst2 stat = Sst1v stat * B (kNm/m)	0,00	0,00
MSst2 sism = Sst1v sism * B (kNm/m)	0,00	0,00
MSsq1 = Ssq1h * ((H <sub>2</sub> +H <sub>3</sub> +H <sub>4</sub> +Hd)/2-Hd) (kNm/m)	2,13	2,13
MSsq2 = Ssq1v * B (kNm/m)	0,00	0,00
MSP = $\gamma_1 \cdot H_d^3 \cdot k_{ps}^+ / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot k_{ps}^{+0.5} + \gamma_1 \cdot k_{ps}^+ \cdot H_2) \cdot H_d^2 / 2$ (kNm/m)	0,00	0,00

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

Mfext1 = mp+ms (kNm/m)	0,00
Mfext2 = (fp+fs)*(H3 + H2) (kNm/m)	0,00
Mfext3 = (vp+vs)*(B1 + B2 + B3/2) (kNm/m)	0,20

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	115 di 132

### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)				
$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv}$	158,23	(kN/m)		
Risultante forze orizzontali (T)				
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh}$	36,09	(kN/m)		
Coefficiente di attrito alla base (f)				
$f = \text{tg}\phi_1'$	0,78	(-)		
<b><math>F_s = (N \cdot f + S_p) / T</math></b>	<b>3,43</b>	<b>&gt;</b>		<b>1,1</b>

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)				
$M_s = M_m + M_t + M_{fext3}$	254,50	(kNm/m)		
Momento ribaltante (Mr)				
$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts}$	46,85	(kNm/m)		
<b><math>F_r = M_s / M_r</math></b>	<b>5,43</b>	<b>&gt;</b>		<b>1,15</b>

### VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)	N <sub>min</sub>	N <sub>max</sub>	
$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv}$	158,23	158,23	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)			
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p$	36,09		(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)			
$MM = \sum M$	204,59	204,59	(kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)			
$M = X_c \cdot N - MM$	40,68	40,68	(kNm/m)

### **Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)**

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c' N_c i_c + q_0 N_q i_q + 0,5 \gamma_1 B^* N_\gamma i_\gamma$$

$c_1'$	coesione terreno di fondaz.	0,00	(kN/mq)
$\phi_1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	38,00	(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	20,00	(kN/m <sup>3</sup> )
$q_0 = \gamma_d H_2'$	sovraccarico stabilizzante	8,00	(kN/m <sup>2</sup> )
$e = M / N$	eccentricità	0,26	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	2,59	(m)

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	116 di 132

I valori di  $N_c$ ,  $N_q$  e  $N_g$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = \text{tg}^2(45 + \varphi/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg}(\varphi))}$	(1 in cond. nd)	48,93	(-)
$N_c = (N_q - 1)/\text{tg}(\varphi)$	( $2 + \pi$ in cond. nd)	61,35	(-)
$N_g = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\varphi)$	(0 in cond. nd)	78,02	(-)

I valori di  $i_c$ ,  $i_q$  e  $i_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T/(N + B \cdot c' \cdot \text{cotg}(\varphi)))^m$	(1 in cond. nd)	0,60	0,60	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q)/(N_q - 1)$		0,59	0,59	(-)
$i_\gamma = (1 - T/(N + B \cdot c' \cdot \text{cotg}(\varphi)))^{m+1}$		0,46	0,46	(-)

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$q_{lim}$	(carico limite unitario)	1161,24	1161,24	( $\text{kN/m}^2$ )
-----------	--------------------------	---------	---------	---------------------

<b>FS carico limite</b>	<b><math>F = q_{lim} \cdot B^* / N</math></b>	$N_{min}$	<b>18,98</b>	>	<b>1,4</b>
		$N_{max}$	<b>18,98</b>	>	▲

### 15.1.3 Combinazione eccezionale

Il calcolo delle sollecitazioni negli elementi strutturali è fatto a partire dalla combinazione eccezionale dei carichi:

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:  

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

Nelle seguenti immagini si riporta la verifica del muro nei confronti de ll'urto e il calcolo delle sollecitazioni alla base del paramento in fondazione:

#### VERIFICA ALL'URTO

Angolo di attrito terreno di base	<b>38</b>	°
Angolo di attrito per spinta attiva	<b>35</b>	°
Ka monte	0.27	
Kp valle	4.20	
Peso terreno	<b>19.5</b>	kN/m <sup>3</sup>
Altezza terreno da soletta di base a monte	<b>2.05</b>	m
Altezza terreno da soletta di base a valle	<b>0</b>	
Dimensione concio di verifica	<b>7.5</b>	m
Azione urto	<b>100</b>	kN
Altezza paramento	<b>2.05</b>	m
Spessore muro	<b>0.4</b>	m
Larghezza fondazione a monte	<b>2.7</b>	m
Larghezza fondazione a valle	<b>0.1</b>	m
Spessore soletta di base muro	<b>0.4</b>	m
Altezza forza urto da sommità muro	<b>1</b>	m
Altezza dente	<b>0</b>	m
Combinazione eccezionale G+Urto+ $\psi_{21}Q+\psi_{22}Q+\dots$		
Carico accidentale	<b>20</b>	kPa
Fattore $\psi$ carico acc.	<b>1</b>	
Peso muro	<b>52.50</b>	kN/m
Peso terreno portato	<b>107.93</b>	kN/m
Peso barriera	<b>1</b>	kN/m
Peso carico acc. su soletta	54.00	kN/m
Peso totale	215.43	kN/m
Spinta terreno	<b>15.86</b>	kN/m
Spinta carico accidentale	<b>13.28</b>	kN/m
Spinta terreno+carico acc.	29.14	kN/m
Spinta passiva terreno dente	<b>0</b>	kN/m
Coefficiente di attrito di base	<b>0.78</b>	

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	118 di 132

Verifica alla traslazione

Spinta agente = (Spinta terreno+carico acc) * Dimensione concio+Urto		
Spinta agente	319	kN
Spinta reagente = Peso totale del concio di muro * Coeff. attrito		
Spinta reagente	1262	kN
Spinta passiva reagente	0	kN
Spinta reagente totale	1262	kN
<b>Spinta reagente &gt; Spinta agente x 1.1</b>	<b>F<sub>s</sub> =</b>	<b>3.96</b>

Verifica alla rotazione nel piano

Momento agente (dato dal Terreno, carico acc e urto)	1570	kNm
Momento reagente (Dato dal Peso del muro+spinta passiva)	4734	kNm
<b>Momento reagente &gt; Momento agente x 1.1</b>	<b>F<sub>s</sub> =</b>	<b>3.02</b>

Verifica a ribaltamento del muro

Momento spinta del terreno	97	kNm
Momento spinta sovraccarico	122	kNm
Momento urto	345	kNm
Momento agente	564	kNm
Momento peso muro	430	kNm
Momento peso terreno portato	1498	kNm
Momento peso barriera	2	kNm
Momento carico acc. su soletta	749	kNm
Momento spinta passiva dente	0	kNm
Momento reagente	2679	kNm
<b>Momento reagente &gt; Momento agente</b>	<b>F<sub>s</sub> =</b>	<b>4.75</b>

Larghezza di diffusione base del paramento **4.71** m

Momento dovuto all'urto alla base del paramento	64.76	kNm/m
Momento alla base del paramento dovuto a spinte terreno e ac	18.98	kNm/m
Momento totale	83.73	kNm/m

Taglio alla base del paramento (urto+spinte) 43.45 kN/m

Momento urto asse fondazione	66.19	kNm/m
Larghezza di diffusione fondazione	4.91	m

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	119 di 132

**CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE**

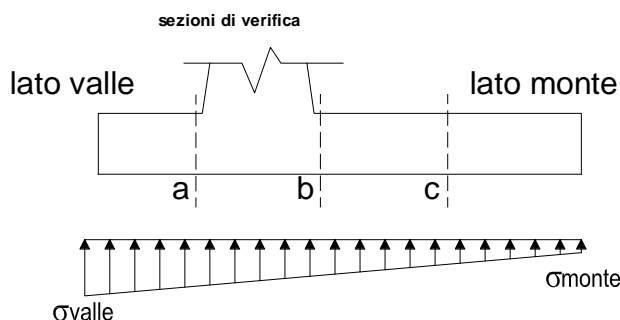
**Reazione del terreno**

$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

$$\sigma_{monte} = N / A - M / W_{gg}$$

B = 3.20 m  
 spessore fondazione = 0.40 m  
 $W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 1.71 \text{ (m}^3\text{)}$

caso	N	M	$\sigma_{valle}$	$\sigma_{monte}$
	[kN]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
statico	215.43	82.88	115.88	18.76



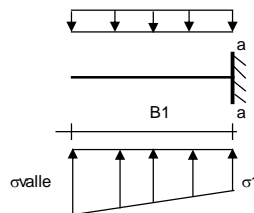
**Mensola Lato Valle**

Peso Proprio. PP = 10.00 (kN/m)

$$M_a = \sigma_1 \cdot B_1^2 / 2 + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B_1^2 / 3 - PP \cdot B_1^2 / 2 \cdot (1 \pm kv)$$

caso	$\sigma_{valle}$	$\sigma_1$	M <sub>a</sub>
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]
statico	115.88	112.85	0.52

Peso Proprio



**Mensola Lato Monte**

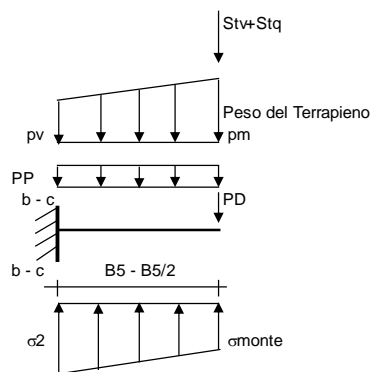
PP = 10.00 (kN/m<sup>2</sup>) peso proprio soletta fondazione  
 PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

pm = 39.98 (kN/m<sup>2</sup>)  
 pvb = 39.98 (kN/m<sup>2</sup>)  
 pvc = 39.98 (kN/m<sup>2</sup>)

$$M_b = (\sigma_{monte} - (pvb + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B_5/2)^2 / 2 + (\sigma_{2b} - \sigma_{monte}) \cdot (B_5/2)^2 / 6 - (pm - pvb) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5/2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot B_5 - PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 - Bd/2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2/2) + Msp + Sp \cdot H2/2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (pvc + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B_5/2)^2 / 2 + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) \cdot (B_5/2)^2 / 6 - (pm - pvc) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5/2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B_5/2) - PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5/2 - Bd/2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2/2) + Msp + Sp \cdot H2/2$$

caso	$\sigma_{monte}$	$\sigma_{2b}$	M <sub>b</sub>
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]
statico	18.76	100.71	-87.11

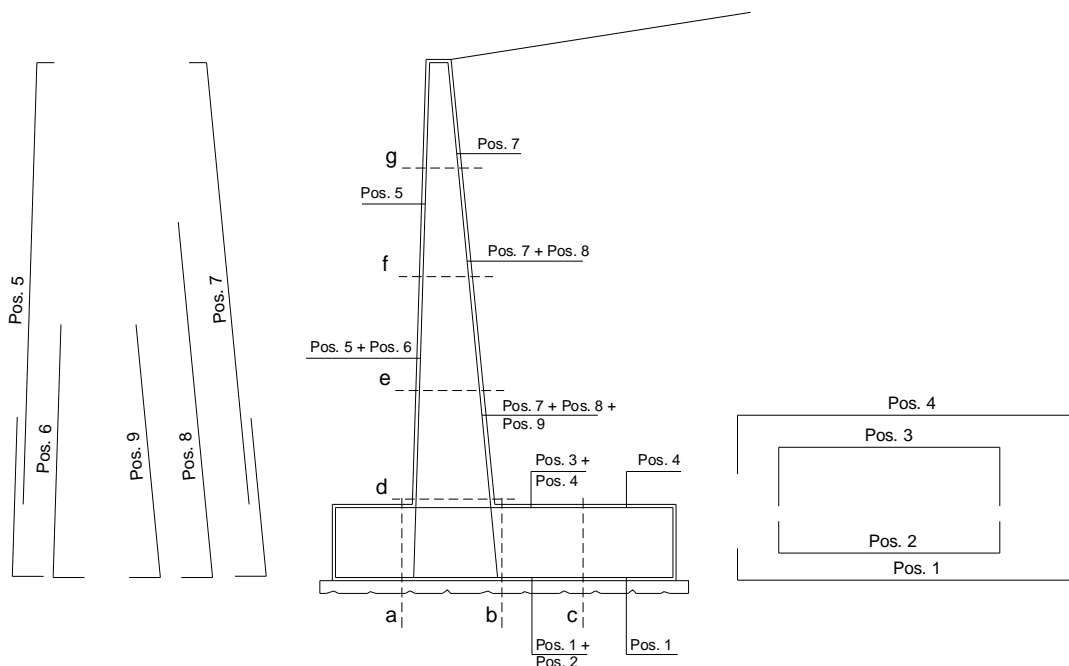


**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	120 di 132

## 15.2 Verifiche SLU

### SCHEMA DELLE ARMATURE

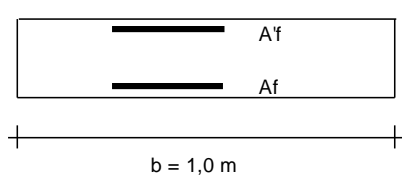


### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	II strato	pos	n°/ml	φ	II strato
1	10,0	16		5	10,0	16	
2	0,0	0	<input type="checkbox"/>	6	0,0	0	<input type="checkbox"/>
3	0,0	0	<input type="checkbox"/>	7	10,0	16	
4	10,0	16		8	0,0	0	<input type="checkbox"/>
				9	0,0	0	<input type="checkbox"/>

Calcola

### VERIFICHE



a-a pos 1-2-3-4  
b-b pos 1-2-3-4  
c-c pos 1-4  
d-d pos 5-6-7-8-9  
e-e pos 5-6-7-8-9  
f-f pos 5-7-8  
g-g pos 5-7

Armatura a taglio :  $\Phi 8 / 40 \times 40$  per elevazione e per fondazione



**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	121 di 132

## 15.2.1 Combinazione statica e sismica

### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

#### Reazione del terreno

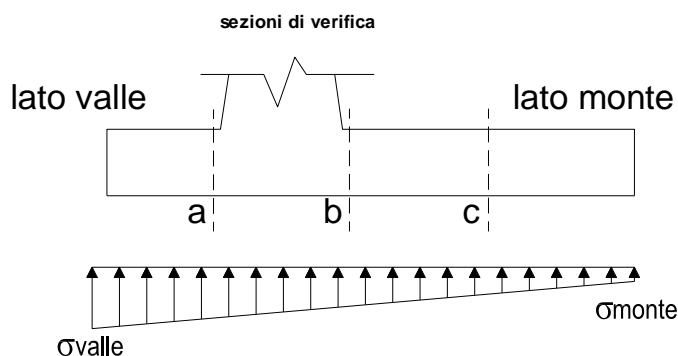
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

$$\sigma_{monte} = N / A - M / W_{gg}$$

$$A = 1.0 \cdot B = 3,10 \quad (m^2)$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 1,60 \quad (m^3)$$

caso	N	M	$\sigma_{valle}$	$\sigma_{monte}$
	[kN]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
statico	168,01	49,44	85,07	23,33
	249,01	33,24	101,08	59,57
sisma+	174,29	43,58	83,43	29,01
	174,29	43,58	83,43	29,01
sisma-	158,23	40,68	76,44	25,65
	158,23	40,68	76,44	25,65



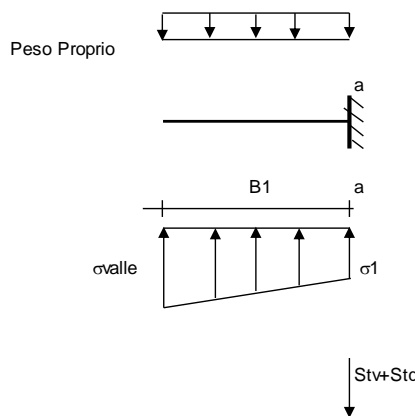
#### Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 10,00 (kN/m)

$$M_a = \sigma_1 \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B^2 / 3 - PP \cdot B^2 / 2 \cdot (1 \pm kv)$$

$$V_a = \sigma_1 \cdot B + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B / 2 - PP \cdot B \cdot (1 \pm kv)$$

caso	$\sigma_{valle}$	$\sigma_1$	$M_a$	$V_a$
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]
statico	85,07	85,07	0,00	0,00
	101,08	101,08	0,00	0,00
sisma+	83,43	83,43	0,00	0,00
	83,43	83,43	0,00	0,00
sisma-	76,44	76,44	0,00	0,00
	76,44	76,44	0,00	0,00



#### Mensola Lato Monte

PP = 10,00 (kN/m<sup>2</sup>)

PD = 0,00 (kN/m)

peso proprio soletta fondazione

peso proprio dente

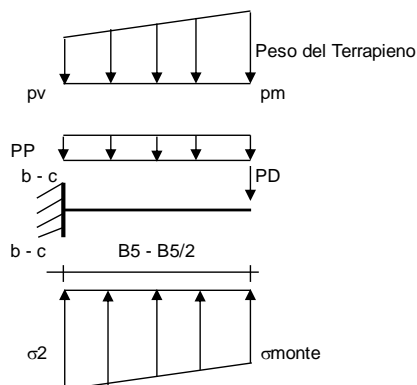
	Nmin	N max stat	N max sism	
pm	42,78	72,78	42,78	(kN/m <sup>2</sup> )
pvb	42,78	72,78	42,78	(kN/m <sup>2</sup> )
pvc	42,78	72,78	42,78	(kN/m <sup>2</sup> )

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (pm - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 - (Stv + Sqv) \cdot B^2 - PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B^2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H2 / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot (B5 / 2)^2 / 6 - (pm - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2)^2 / 3 - (Stv + Sqv) \cdot (B5 / 2) - PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H2 / 2$$

$$V_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B / 2 - (pm - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B / 2 - (Stv + Sqv) - PD \cdot (1 \pm kv)$$

$$V_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B5 / 2) + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot (B5 / 2) / 2 - (pm - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2) / 2 - (Stv + Sqv) - PD \cdot (1 \pm kv)$$



**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	122 di 132

caso	$\sigma_{monte}$	$\sigma_{2b}$	$M_b$	$V_b$	$\sigma_{2c}$	$M_c$	$V_c$
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]
statico	23,33	77,10	-42,03	-6,93	50,21	-18,67	-21,62
	59,57	95,73	-40,68	-13,86	77,65	-15,66	-19,13
sisma+	29,01	76,41	-38,30	-7,04	52,71	-16,77	-19,52
	29,01	76,41	-38,30	-7,04	52,71	-16,77	-19,52
sisma-	25,65	69,89	-35,91	-6,69	47,77	-15,70	-18,28
	25,65	69,89	-35,91	-6,69	47,77	-15,70	-18,28

### CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

#### Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo

$$M_t \text{ stat} = \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$M_t \text{ sism} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (K_{a_{orizz.}} \cdot (1 \pm kv) - K_{a_{orizz.}}) \cdot h^2 \cdot h/2 \quad o \cdot h/3$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m + f \cdot h$$

$$M_{inerzia} = \sum P m_i \cdot b_i \cdot kh$$

$$N_{ext} = v$$

$$N_{pp+inerzia} = \sum P m_i \cdot (1 \pm kv)$$

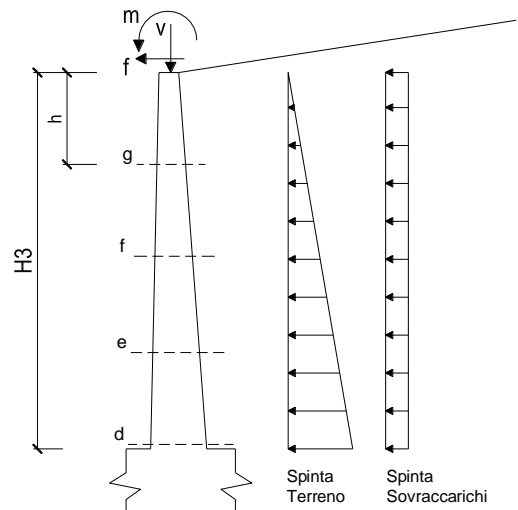
$$V_t \text{ stat} = \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2$$

$$V_t \text{ sism} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (K_{a_{orizz.}} \cdot (1 \pm kv) - K_{a_{orizz.}}) \cdot h^2$$

$$V_q = K_{a_{orizz.}} \cdot q \cdot h$$

$$V_{ext} = f$$

$$V_{inerzia} = \sum P m_i \cdot kh$$



#### condizione statica

sezione	h	Mt	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</sub>	N <sub>pp</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	2,05	9,86	18,68	0,00	28,55	1,00	20,50	21,50
e-e	1,54	4,16	10,51	0,00	14,67	1,00	15,38	16,38
f-f	1,03	1,23	4,67	0,00	5,90	1,00	10,25	11,25
g-g	0,51	0,15	1,17	0,00	1,32	1,00	5,13	6,13

sezione	h	Vt	Vq	V <sub>ext</sub>	V <sub>tot</sub>
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	2,05	14,43	18,23	0,00	32,66
e-e	1,54	8,12	13,67	0,00	21,79
f-f	1,03	3,61	9,11	0,00	12,72
g-g	0,51	0,90	4,56	0,00	5,46

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IZ09 00 D 26 CL IN0100 003 A 123 di 132

**condizione sismica +**

sezione	h	Mt <sub>stat</sub>	Mt <sub>sism</sub>	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>inerzia</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</sub>	N <sub>pp+inerzia</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	2,05	7,59	1,88	1,46	0,00	2,02	12,95	1,00	21,49	22,49
e-e	1,54	3,20	0,79	0,82	0,00	1,14	5,96	1,00	16,11	17,11
f-f	1,03	0,95	0,24	0,37	0,00	0,51	2,05	1,00	10,74	11,74
g-g	0,51	0,12	0,03	0,09	0,00	0,13	0,37	1,00	5,37	6,37

sezione	h	Vt <sub>stat</sub>	Vt <sub>sism</sub>	Vq	V <sub>ext</sub>	V <sub>inerzia</sub>	V <sub>tot</sub>
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	2,05	11,10	2,75	1,43	0,00	1,97	17,26
e-e	1,54	6,25	1,55	1,07	0,00	1,48	10,34
f-f	1,03	2,78	0,69	0,71	0,00	0,99	5,16
g-g	0,51	0,69	0,17	0,36	0,00	0,49	1,72

**condizione sismica -**

sezione	h	Mt <sub>stat</sub>	Mt <sub>sism</sub>	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>inerzia</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</sub>	N <sub>pp+inerzia</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	2,05	7,59	1,16	1,49	0,00	2,02	12,26	1,00	19,51	20,51
e-e	1,54	3,20	0,49	0,84	0,00	1,14	5,67	1,00	14,64	15,64
f-f	1,03	0,95	0,15	0,37	0,00	0,51	1,97	1,00	9,76	10,76
g-g	0,51	0,12	0,02	0,09	0,00	0,13	0,36	1,00	4,88	5,88

sezione	h	Vt <sub>stat</sub>	Vt <sub>sism</sub>	Vq	V <sub>ext</sub>	V <sub>inerzia</sub>	V <sub>tot</sub>
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	2,05	11,10	1,70	1,45	0,00	1,97	16,23
e-e	1,54	6,25	0,96	1,09	0,00	1,48	9,77
f-f	1,03	2,78	0,43	0,73	0,00	0,99	4,91
g-g	0,51	0,69	0,11	0,36	0,00	0,49	1,66

In seguito per le verifiche si prende in considerazione il caso piu cautelativo tra Comb. Sisma e Comb.Statico.

Sez.	M	N	h	Af	A'f	Mu
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)
a - a	0,00	0,00	0,40	20,11	20,11	234,42
b - b	-42,03	0,00	0,40	20,11	20,11	234,42
c - c	-18,67	0,00	0,40	20,11	20,11	234,42
d - d	28,55	21,50	0,40	20,11	20,11	237,31
e - e	14,67	16,38	0,40	20,11	20,11	236,62
f - f	5,90	11,25	0,40	20,11	20,11	235,93
g - g	1,32	6,13	0,40	20,11	20,11	235,24

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

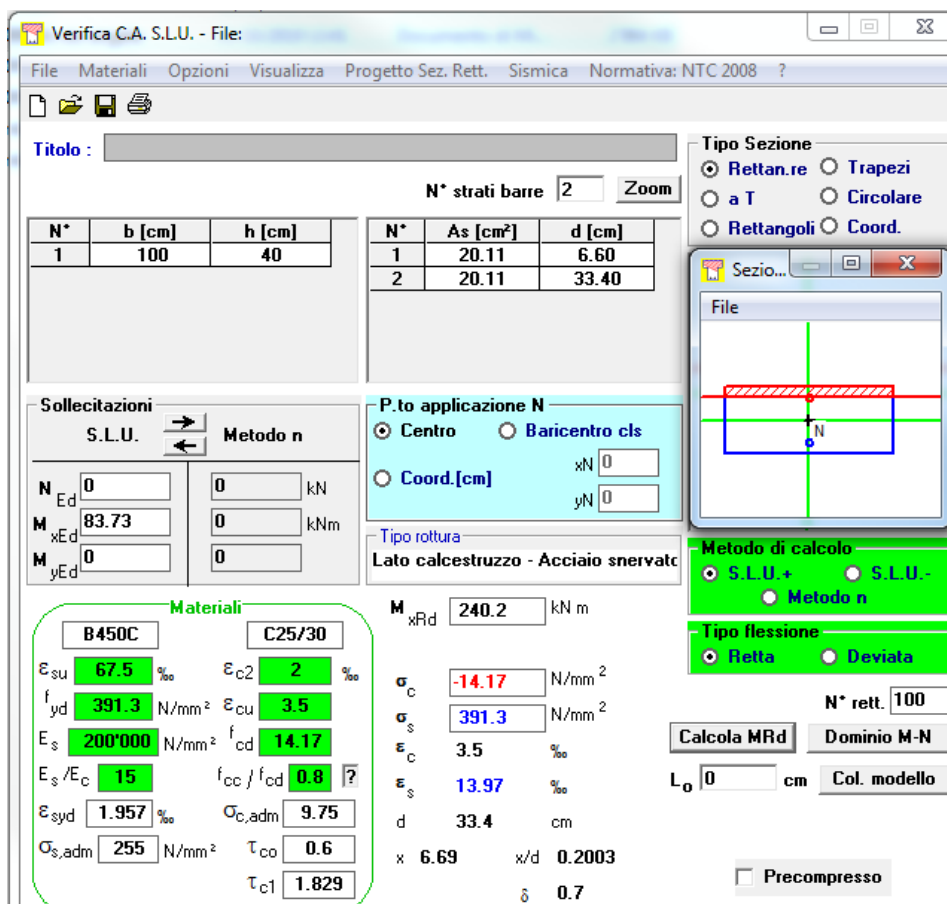
Sez.	V <sub>Ed</sub>	h	V <sub>rd</sub>	ø staffe	i orizz.	i vert.	θ	V <sub>Rsd</sub>
(-)	(kN)	(m)	(kN)	(mm)	(cm)	(cm)	(°)	(kN)
a - a	0,00	0,40	175,06	8	40	40	21,8	91,83
b - b	13,86	0,40	175,06	8	40	40	21,8	91,83
c - c	21,62	0,40	175,06	8	40	40	21,8	91,83
d - d	32,66	0,40	177,73	8	40	40	21,8	91,83
e - e	21,79	0,40	177,09	8	40	40	21,8	91,83
f - f	12,72	0,40	176,46	8	40	40	21,8	91,83
g - g	5,46	0,40	175,82	8	40	40	21,8	91,83

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	124 di 132

### 15.2.2 Combinazione eccezionale

Con i valori del momento ( $M=83.73$  kNm) e taglio alla base ( $V=43.45$  kN) del muro calcolato al paragrafo 15.1.3 si eseguono le seguenti verifiche strutturali a flessione e a taglio.



**Verifica C.A. S.L.U. - File:**

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**TITOLO :** \_\_\_\_\_

N° strati barre:  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	40	1	20.11	6.60
			2	20.11	33.40

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N <sub>Ed</sub>	0	0	kN
M <sub>xEd</sub>	83.73	0	kNm
M <sub>yEd</sub>	0	0	

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
**B450C** **C25/30**  
 $\epsilon_{su}$  67.5 %  $\epsilon_{c2}$  2 %  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 %  
 $E_s$  200'000 N/mm²  $f_{cd}$  14.17 %  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8 ?  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 %  $\sigma_{c,adm}$  9.75  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.6  
 $\tau_{c1}$  1.829

**M<sub>xRd</sub>** 240.2 kN m

$\sigma_c$  -14.17 N/mm²  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5 %  
 $\epsilon_s$  13.97 %  
d 33.4 cm  
x 6.69 x/d 0.2003  
 $\delta$  0.7

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviate

N° rett. 100  
**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
L<sub>o</sub> 0 cm Col. modello  
 Precompresso

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	125 di 132

### Caratteristiche materiali

Cls  $R_{ck}$

Cls  condizioni calcestruzzo

Acciaio 1  acciaio barre longitudinali

Acciaio 2  acciaio armature trasversali

$\gamma_c$   coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

$\gamma_s$   coefficiente parziale relativo all'acciaio

### Geometrie sezione

$b_w$   mm larghezza dell'anima anima resistente (larghezza minima d'anima)

$d$   mm altezza utile della sezione

$A_c$   mm<sup>2</sup> area della sezione di calcestruzzo

### Caratteristiche armature

$n_{bl}$   numero di barre longitudinali

$\varnothing_{bl}$   mm diametro delle barre longitudinali

$n_{bw}$   numero di bracci delle staffe

$\varnothing_{st}$   mm diametro delle staffe

$s_{st}$   mm passo delle staffe

$\alpha$   ° inclinazione delle staffe ( $\alpha=90^\circ$  per staffe ortogonali all'asse)

### Caratteristiche sollecitazioni

$N_{Ed}$   KN sforzo normale di calcolo (+ per compressione)

$V_{Ed}$   KN taglio di calcolo

$N_{Rd}$  7165,7 KN sforzo normale di compressione massimo

### Dati traliccio resistente

$\theta$   ° inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse

$ctg\theta$  2,48 (il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

### Valore di verifica del taglio resistente

$V_{Rd}$   KN taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale

$V_{Rd}$   KN taglio resistente per elemento con armatura trasversale

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	126 di 132

### Verifica a flessione fondazione muro

Per la combinazione eccezionale il momento risulta pari a  $M=-87.11$  kNm (vedi paragrafo 15.1.3).

Verifica C.A. S.L.U. - File: [ ] [ ] [ ]

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : [ ]

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	40	1	20.11	6.60
			2	20.11	33.40

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

$N_{Ed}$   kN  
 $M_{xEd}$   kNm  
 $M_{yEd}$   kNm

P.to applicazione N

Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

$L_0$   cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C		C25/30	
$\epsilon_{su}$	67.5 ‰	$\epsilon_{c2}$	2 ‰
$f_{yd}$	391.3 N/mm²	$\epsilon_{cu}$	3.5 ‰
$E_s$	200'000 N/mm²	$f_{cd}$	14.17 N/mm²
$E_s/E_c$	15	$f_{cc}/f_{cd}$	0.8
$\epsilon_{syd}$	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	9.75 N/mm²
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	$\tau_{co}$	0.6
		$\tau_{c1}$	1.829

$M_{xRd}$   kNm

$\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
d  cm  
x  x/d   
 $\delta$

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma**

**Relazione di calcolo tombino ovest**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	127 di 132

## 15.3 Verifiche strutturali SLE

### 15.3.1 Verifiche a fessurazione

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

##### Reazione del terreno

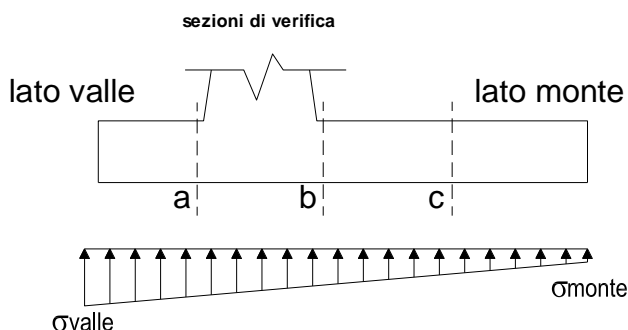
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

$$\sigma_{monte} = N / A - M / W_{gg}$$

$$A = 1.0 \cdot B = 3,10 \quad (m^2)$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 1,60 \quad (m^3)$$

caso	N	M	$\sigma_{valle}$	$\sigma_{monte}$
	[kN]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
Freq.	166,26	33,18	74,35	32,92
	206,76	25,08	82,36	51,04
Q.P.	166,26	20,98	66,73	40,53
	166,26	20,98	66,73	40,53

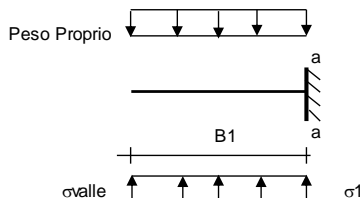


##### Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 10,00 (kN/m)

$$M_a = \sigma_1 \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B^2 / 3 - PP \cdot B^2 / 2 \cdot (1 \pm kv)$$

caso	$\sigma_{valle}$	$\sigma_1$	Ma
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]
Freq.	74,35	74,35	0,00
	82,36	82,36	0,00
Q.P.	66,73	66,73	0,00
	66,73	66,73	0,00



##### Mensola Lato Monte

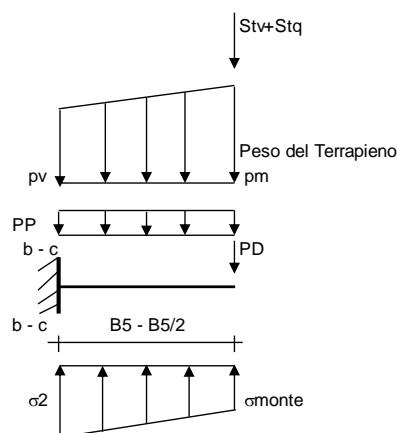
PP = 10,00 (kN/m<sup>2</sup>) peso proprio soletta fondazione  
PD = 0,00 (kN/m) peso proprio dente

	Nmin	N max	Freq	N max	QP
pm	42,14	57,14	42,14	42,14	(kN/m <sup>2</sup> )
pvb	42,14	57,14	42,14	42,14	(kN/m <sup>2</sup> )
pvc	42,14	57,14	42,14	42,14	(kN/m <sup>2</sup> )

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (p_m - p_{vb}) \cdot B^2 / 3 + (St_v + Sq_v) \cdot B^2 - PD \cdot (B^2 - Bd / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H^2 / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP)) \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot (B_5 / 2)^2 / 6 - (p_m - p_{vc}) \cdot (B_5 / 2)^2 / 3 + (St_v + Sq_v) \cdot (B_5 / 2) - PD \cdot (B_5 / 2 - Bd / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H^2 / 2$$

caso	$\sigma_{monte}$	$\sigma_2$	Mb	$\sigma_2$	Mc
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]
Freq.	32,92	69,00	-26,20	50,96	-12,03
	51,04	78,32	-25,53	64,68	-10,52
Q.P.	40,53	63,35	-14,56	51,94	-7,11
	40,53	63,35	-14,56	51,94	-7,11



**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	128 di 132

### CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

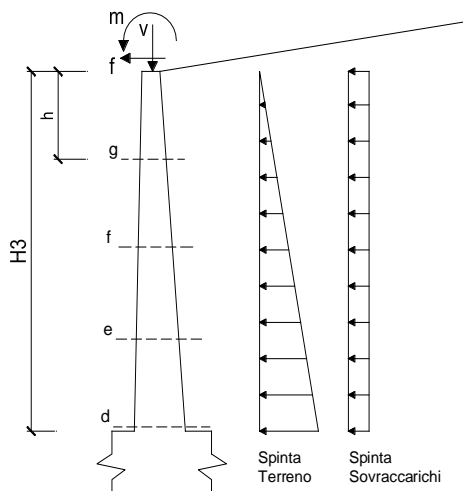
#### Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo

$$M_t = \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot \gamma \cdot h^2 / 3$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m + f \cdot h$$

$$N_{ext} = v$$



#### condizione Frequente

sezione	h	Mt	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</sub>	N <sub>pp</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	2,05	7,59	9,77	0,00	17,36	1,00	20,50	21,50
e-e	1,54	3,20	5,50	0,00	8,70	1,00	15,38	16,38
f-f	1,03	0,95	2,44	0,00	3,39	1,00	10,25	11,25
g-g	0,51	0,12	0,61	0,00	0,73	1,00	5,13	6,13

#### condizione Quasi Permanente

sezione	h	Mt	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</sub>	N <sub>pp</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	2,05	7,59	1,23	0,00	8,82	1,00	20,50	21,50
e-e	1,54	3,20	0,69	0,00	3,89	1,00	15,38	16,38
f-f	1,03	0,95	0,31	0,00	1,26	1,00	10,25	11,25
g-g	0,51	0,12	0,08	0,00	0,20	1,00	5,13	6,13



**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	129 di 132

**condizione Frequente**

Sez.	M	N	h	Af	A'f	$\sigma_c$	$\sigma_f$	wk	w <sub>amm</sub>
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)
a - a	0,00	0,00	0,40	20,11	20,11	0,00	0,00	0,000	0,300
b - b	-26,20	0,00	0,40	20,11	20,11	1,41	44,78	0,043	0,300
c - c	-12,03	0,00	0,40	20,11	20,11	0,65	20,56	0,020	0,300
d - d	17,36	21,50	0,40	20,11	20,11	0,95	24,38	0,023	0,300
e - e	8,70	16,38	0,40	20,11	20,11	0,48	10,89	0,010	0,300
f - f	3,39	11,25	0,40	20,11	20,11	0,19	3,15	0,003	0,300
g - g	0,73	6,13	0,40	20,11	20,11	0,04	0,11	0,000	0,300

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

**condizione Quasi Permanente**

Sez.	M	N	h	Af	A'f	$\sigma_c$	$\sigma_f$	wk	w <sub>amm</sub>
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)
a - a	0,00	0,00	0,40	20,11	20,11	0,00	0,00	0,000	0,200
b - b	-14,56	0,00	0,40	20,11	20,11	0,78	24,88	0,024	0,200
c - c	-7,11	0,00	0,40	20,11	20,11	0,38	12,14	0,012	0,200
d - d	8,82	21,50	0,40	20,11	20,11	0,48	9,91	0,009	0,200
e - e	3,89	16,38	0,40	20,11	20,11	0,21	2,91	0,003	0,200
f - f	1,26	11,25	0,40	20,11	20,11	0,07	0,13	0,000	0,200
g - g	0,20	6,13	0,40	20,11	20,11	0,00	-	-	0,200

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	130 di 132

### 15.3.2 Verifiche tensionali

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

##### Reazione del terreno

$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

$$\sigma_{monte} = N / A - M / W_{gg}$$

$$A = 1.0 \cdot B = 3,10 \quad (m^2)$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 1,60 \quad (m^3)$$

caso	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{valle}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{monte}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
rara	166,26	37,25	76,89	30,38
	220,26	26,45	87,57	54,54

##### Mensola Lato Valle

$$PP = 10,00 \quad (kN/m)$$

$$M_a = \sigma_1 \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B^2 / 3 - PP \cdot B^2 / 2 \cdot (1 \pm kv)$$

caso	$\sigma_{valle}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$M_a$ [kNm]
rara	76,89	76,89	0,00
	87,57	87,57	0,00

##### Mensola Lato Monte

$$PP = 10,00 \quad (kN/m^2) \quad \text{peso proprio soletta fondazione}$$

$$PD = 0,00 \quad (kN/m) \quad \text{peso proprio dente}$$

	Nmin	N max stat	N max sism	
pm	42,14	62,14	42,14	(kN/m <sup>2</sup> )
pvb	42,14	62,14	42,14	(kN/m <sup>2</sup> )
pvc	42,14	62,14	42,14	(kN/m <sup>2</sup> )

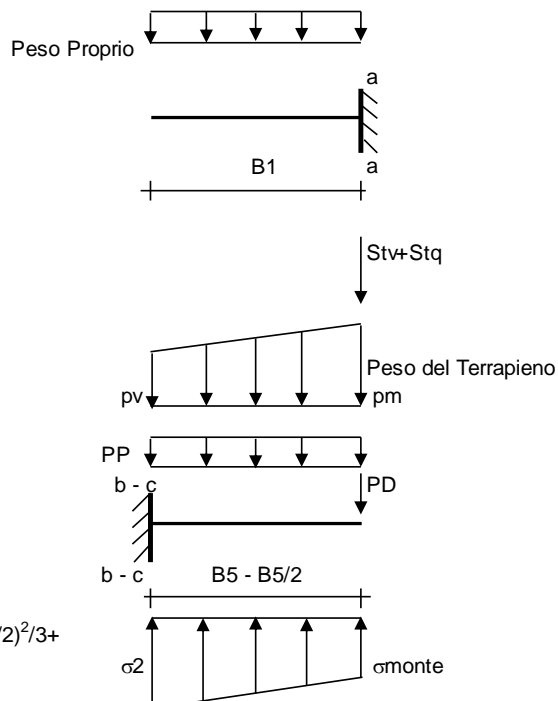
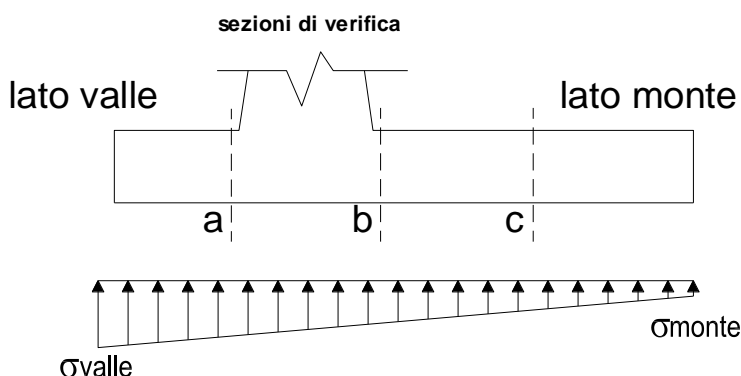
$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{2b} - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (pm - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 +$$

$$-(Stv + Sqv) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H2 / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) \cdot (B_5 / 2)^2 / 6 - (pm - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2)^2 / 3 +$$

$$-(Stv + Sqv) \cdot (B_5 / 2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H2 / 2$$

caso	$\sigma_{monte}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{2b}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$M_b$ [kNm]	$\sigma_{2c}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$M_c$ [kNm]
rara	30,38	70,89	-30,08	50,63	-13,67
	54,54	83,30	-29,18	68,92	-11,66



**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**

Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	131 di 132

**CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO**

**Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo**

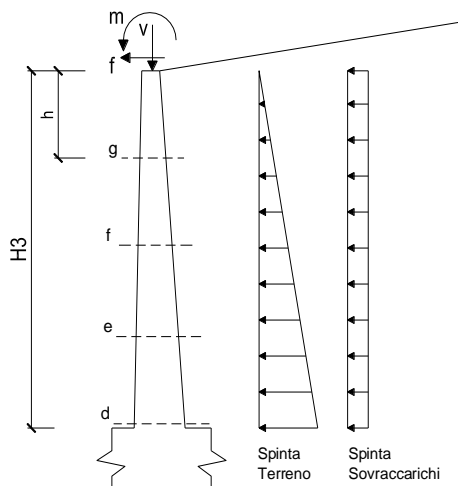
$$M_t \text{ stat} = \frac{1}{2} K_{a_{\text{orizz}}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_{a_{\text{orizz}}} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{\text{ext}} = m + f \cdot h$$

$$N_{\text{ext}} = v$$

$$N_{\text{pp+inerzia}} = \sum P m_i \cdot (1 \pm kv)$$



**condizione rara**

sezione	h	Mt	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</sub>	N <sub>pp</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	2,05	7,59	12,62	0,00	20,21	1,00	20,50	21,50
e-e	1,54	3,20	7,10	0,00	10,30	1,00	15,38	16,38
f-f	1,03	0,95	3,15	0,00	4,10	1,00	10,25	11,25
g-g	0,51	0,12	0,79	0,00	0,91	1,00	5,13	6,13

**Condizione Rara**

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σc	σf
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
a - a	0,00	0,00	0,40	20,11	20,11	0,00	0,00
b - b	-30,08	0,00	0,40	20,11	20,11	1,61	51,41
c - c	-13,67	0,00	0,40	20,11	20,11	0,73	23,37
d - d	20,21	21,50	0,40	20,11	20,11	1,10	29,23
e - e	10,30	16,38	0,40	20,11	20,11	0,56	13,60
f - f	4,10	11,25	0,40	20,11	20,11	0,22	4,33
g - g	0,91	6,13	0,40	20,11	20,11	0,05	0,30

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia  
Palma**  
Relazione di calcolo tombino ovest

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 003	A	132 di 132

## 16 RIEPILOGO ARMATURE – MURO DI SOSTEGNO

Elemento strutturale	Sezione	Armatura Principale	Armatura secondaria	Incidenze
Muro di sostegno	pedritto	$\phi 16/10$ sup. $\phi 16/10$ inf.	$\phi 10/20$ sup. $\phi 10/20$ inf.	115 kg/m <sup>3</sup>
	fondazione	$\phi 16/10$ sup. $\phi 16/10$ inf.	$\phi 10/20$ sup. $\phi 10/20$ inf.	115 kg/m <sup>3</sup>