

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 est

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 1 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
Indirizzo: Legni Inglesi, c.da. Arancia di Roma
n. 231/25 - Sesto

File: IZ0900D26CLIN0100001A

n. Elab.:

INDICE

| | | |
|---|--|----|
| 1 | INTRODUZIONE | 5 |
| 2 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 8 |
| 3 | PARAMETRI GEOTECNICI | 9 |
| | 3.1 Stratigrafia di progetto | 9 |
| 4 | MATERIALI | 11 |
| | 4.1 Calcestruzzo | 11 |
| | 4.2 Acciaio da armatura ordinaria | 12 |
| 5 | CODICE DI CALCOLO – tombino | 13 |
| 6 | MODELLO DI CALCOLO | 14 |
| | 6.1 Geometria | 14 |
| | 6.2 Modellazione dell'interazione suolo-struttura | 18 |
| 7 | ANALISI DEI CARICHI | 19 |
| | 7.1 Peso proprio della struttura (PP) | 19 |
| | 7.2 Carichi permanenti portati (PERM) | 19 |
| | 7.3 Pavimentazione stradale (PAV STR) | 20 |
| | 7.4 Spinta sulle pareti dovuta al terreno (SPTSX e SPTDX) | 21 |
| | 7.5 Azioni Variabili da traffico | 23 |
| | 7.5.1 Larghezza di diffusione dei carichi concentrati Tandem | 24 |
| | 7.5.2 Disposizione dei carichi mobili per realizzazare le condizioni di carico più gravose | 26 |
| | 7.5.3 Max Momento flettente trasverso superiore (caso ACCI) | 26 |
| | 7.5.4 Max taglio trasverso superiore (caso ACC2) | 28 |

| | | |
|-------|---|----|
| 7.5.5 | Max spinta sul piedritto sinistro (SASX_TAND & SASX,SADX) | 30 |
| 7.5.6 | Frenatura e avviamento (FREN)..... | 34 |
| 7.6 | Azioni indotte dalle variazioni termiche (TERM) | 35 |
| 7.7 | Ritiro (RITIRO) | 35 |
| 7.8 | Azioni sismiche..... | 35 |
| 7.8.1 | Sovraspinta sismica del terreno (SISX)..... | 37 |
| 7.8.2 | Forze inerziali (INERZIEH e SISVER) | 38 |
| 8 | COMBINAZIONE DEI CARICHI e sollecitazioni | 41 |
| 9 | Verifiche 50 | |
| 9.1 | Verifiche a flessione | 50 |
| 9.1.1 | Sezione 1 - soletta superiore appoggio destro | 50 |
| 9.1.2 | Sezione 2 - soletta superiore mezzeria | 56 |
| 9.1.3 | Sezione 3 - piedritto destro testa..... | 61 |
| 9.1.4 | Sezione 4 - piedritto sinistro piede | 67 |
| 9.1.5 | Sezione 5 - piedritto sinistro mezzeria | 73 |
| 9.1.6 | Sezione 6 - soletta inferiore appoggio sinistro | 78 |
| 9.1.7 | Sezione 7- soletta inferiore mezzeria..... | 84 |
| 10 | Riepilogo armature – tombino | 89 |
| 11 | METODO DI CALCOLO – MURI DI SOSTEGNO..... | 90 |
| 11.1 | Condizioni di spinta sul muro in condizioni statiche | 90 |
| 11.2 | Condizioni di spinta sul muro in condizioni sismiche | 93 |
| 11.3 | Verifiche geotecniche | 96 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 11.4 | Verifiche strutturali | 96 |
| 12 | AZIONI SISMICHE | 97 |
| 13 | SOFTWARE DI CALCOLO | 102 |
| 13.1 | Caratteristiche geotecniche del terreno | 102 |
| 13.2 | Analisi dei carichi | 102 |
| 13.2.1 | Carichi permanenti: | 102 |
| 13.2.2 | Sovraccarico accidentale: | 102 |
| 13.2.3 | Urto veicolo | 103 |
| 13.3 | Forze inerziali | 103 |
| 14 | COMBINAZIONI DI CARICO | 104 |
| 15 | VERIFICHE | 106 |
| 15.1 | Verifiche geotecniche | 106 |
| 15.1.1 | Combinazione statica..... | 106 |
| 15.1.2 | Combinazione sismica..... | 112 |
| 15.1.3 | Combinazione eccezionale | 119 |
| 15.2 | Verifiche SLU | 122 |
| 15.2.1 | Combinazione statica e sismica..... | 123 |
| 15.2.2 | Combinazione eccezionale | 126 |
| 15.3 | Verifiche strutturali SLE..... | 129 |
| 15.3.1 | Verifiche a fessurazione | 129 |
| 15.3.2 | Verifiche tensionali | 132 |
| 16 | Riepilogo armature – muro di sostegno | 134 |

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 est rispetto alla linea ferroviaria con lo scopo di risolvere l'interferenza tra la nuova viabilità SL01 e via Caiselli.

Il tombino ha uno sviluppo longitudinale pari a circa 23m. Le dimensioni interne B x H = 3.0 x 1.85m. La soletta superiore ha uno spessore pari a 30cm 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 37cm. Inoltre, dal momento che la livelletta di via Caiselli sarà modificata, è necessario inserire dei muri a sostegno della strada stessa sia a monte che a valle del tombino. Lo sviluppo longitudinale dei muri è di circa 21m. La sezione trasversale dei muri è identica a meno dell'altezza del paramento. Di seguito è indicata la sezione trasversale delle opere:

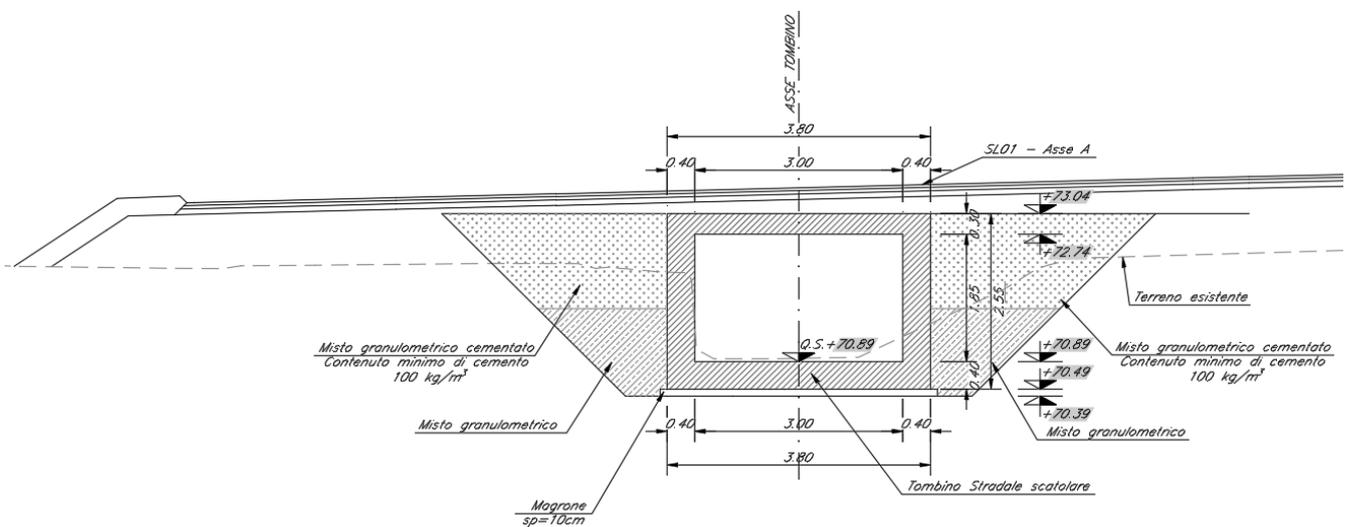


Figura 1: Sezione trasversale tombino

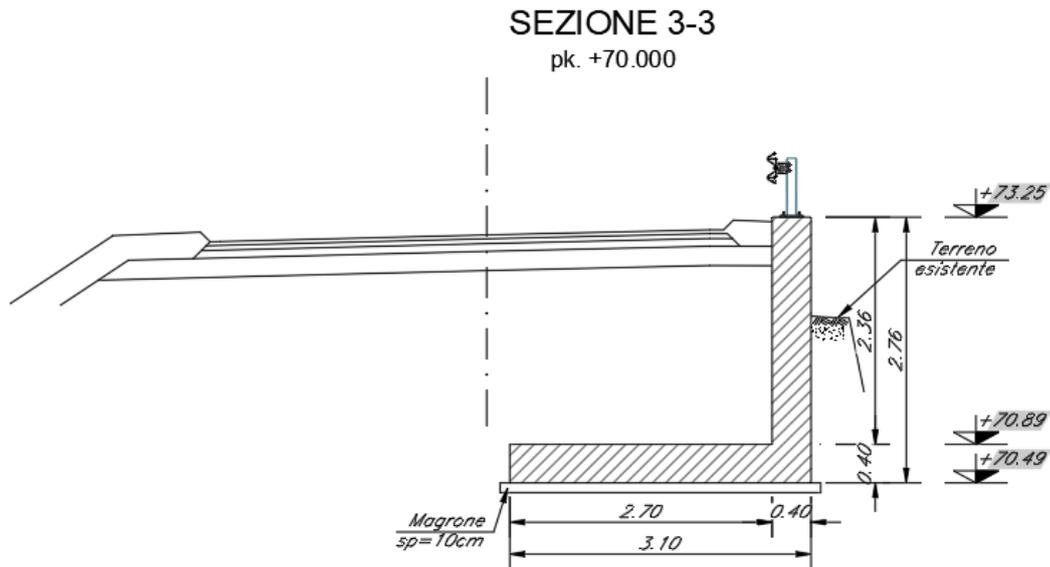


Figura 2: Sezione trasversale muro di sostegno ingresso

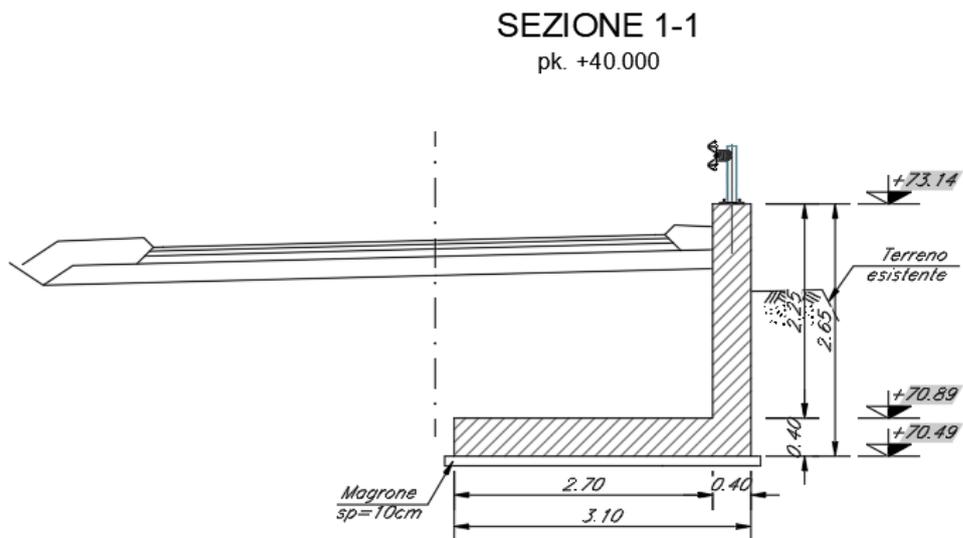


Figura 3: Sezione trasversale muro di sostegno uscita

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 7 di 134 |

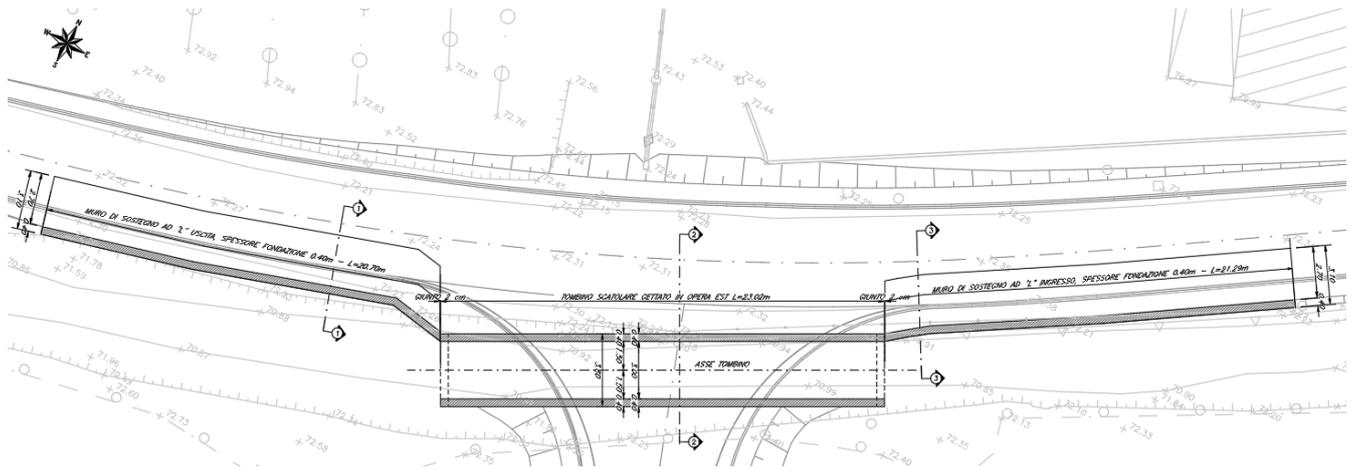


Figura 4: Inquadramento

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 8 di 134 |

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 est

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 9 di 134 |

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 γ (kN/m ³) | Angolo di resistenza al taglio ϕ' | Coeseione 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 est

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 10 di 134 |

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

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

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 12 di 134 |

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 est

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 13 di 134 |

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 "generalisti", 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.

6 MODELLO DI CALCOLO

6.1 Geometria

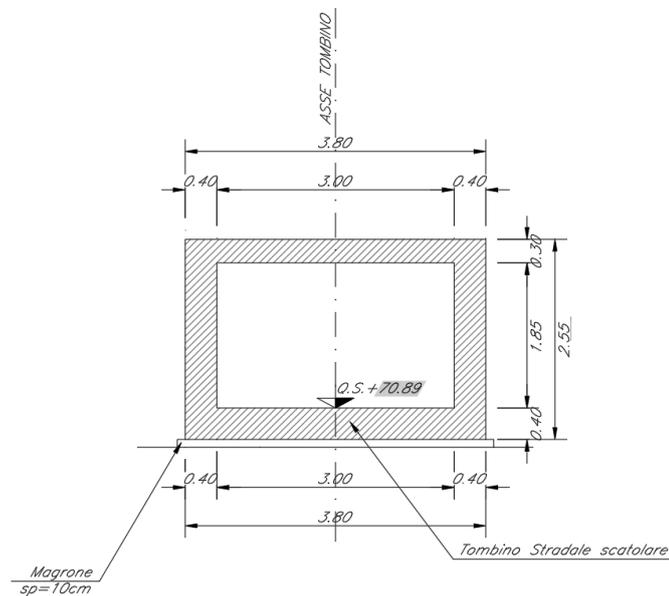


Figura 5: Geometria dell'opera

| DATI GEOMETRICI | | | |
|--|------------------|--------|------|
| Grandezza | Simbolo | Valore | U.M. |
| Larghezza totale | L _{tot} | 3.80 | m |
| Larghezza utile | L _{int} | 3.00 | m |
| Larghezza interasse | L _a | 3.40 | m |
| Spessore soletta superiore | S _s | 0.30 | m |
| Spessore piedritti | S _p | 0.40 | m |
| Spessore fondazione | S _f | 0.40 | m |
| Altezza totale | H _{tot} | 2.45 | m |
| Altezza libera | H _{int} | 1.85 | m |
| Spessore pavimentazione stradale superiore | H _p | 0.09 | m |
| Spessore rinterro superiore | H _r | 0.26 | m |

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 16 di 134 |

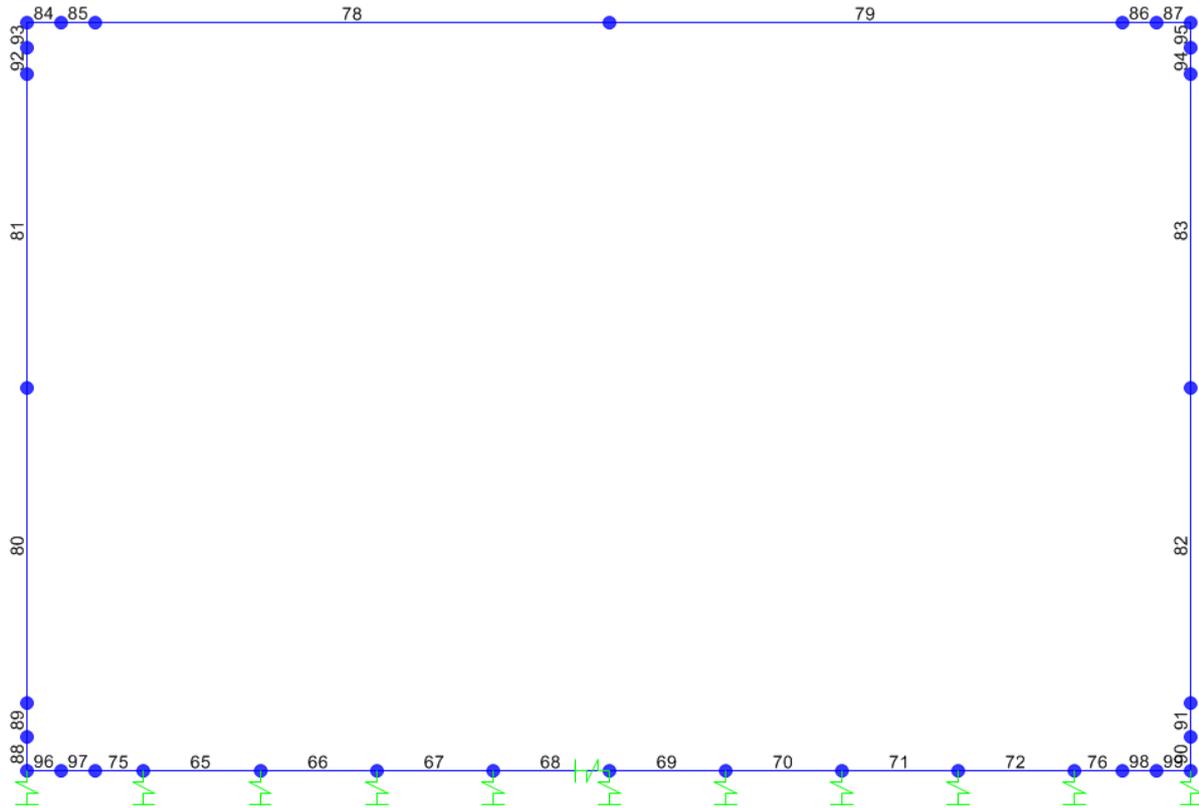


Figura 7: Numerazione dei frame nel modello strutturale

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 17 di 134 |

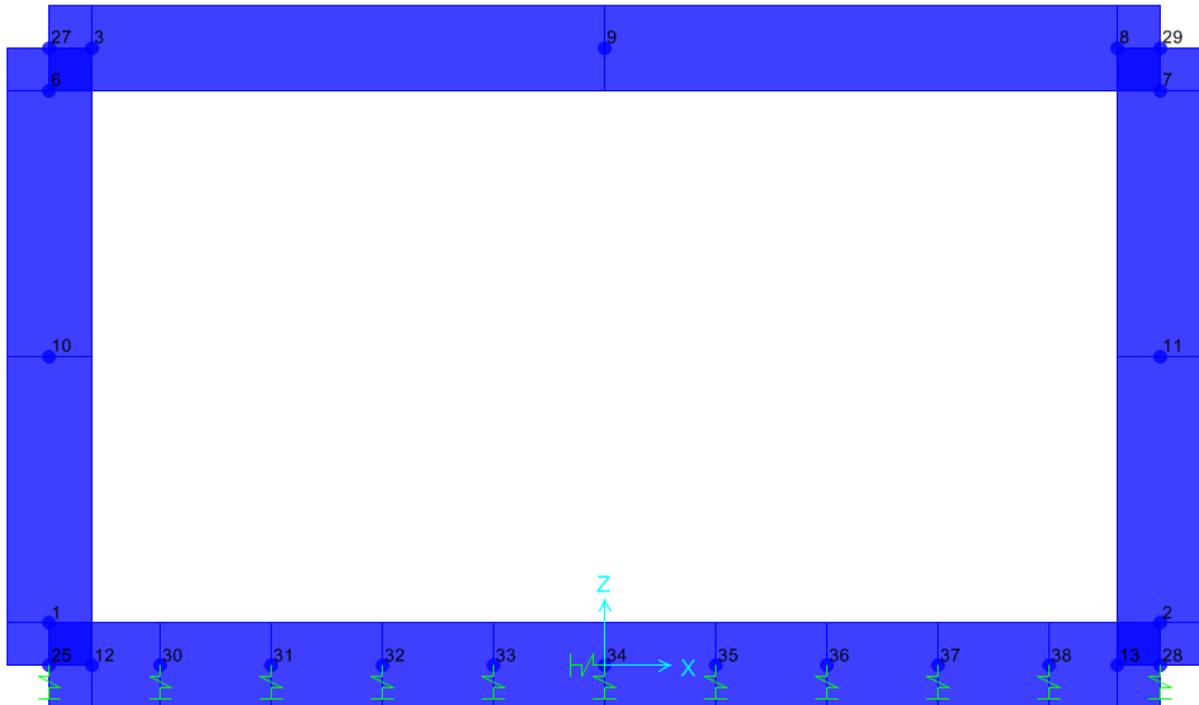


Figura 8: Vista estrusa del modello strutturale

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 18 di 134 |

6.2 Modellazione dell'interazione suolo-struttura

Si assume un valore del modulo di reazione verticale del terreno $K_s = 35501 \text{ kN/m}^3$, in base al quale ricavano i valori delle singole molle.

Terreno di fondazione

| | | | |
|--|----|----------|------------------------|
| Modulo di Young | E | 65000,00 | kN/m^2 |
| numero di molle | n | 11,00 | per unità di lunghezza |
| costante molla | kv | 35501 | kN/m^3 (Vogt) |
| distanza intradosso fondazione da p.c. | | 2,92 | 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

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

$$= 12070 \text{ kN/m}$$

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

$$K_{25} = K_{28} = 2 * K_s * [(L_p/2 + L_{\text{int}} + L_p/2) / 10/2 + (L_p/2)] = 26270 \text{ kN/m}$$

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

$$K_{30} = K_{31} = K_{37} = K_{38} = 1.5 * K_{\text{centrale}} = 18105 \text{ kN/m}$$

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 0.28m con $\gamma_{ric} = 20 \text{ kN/m}^3$.

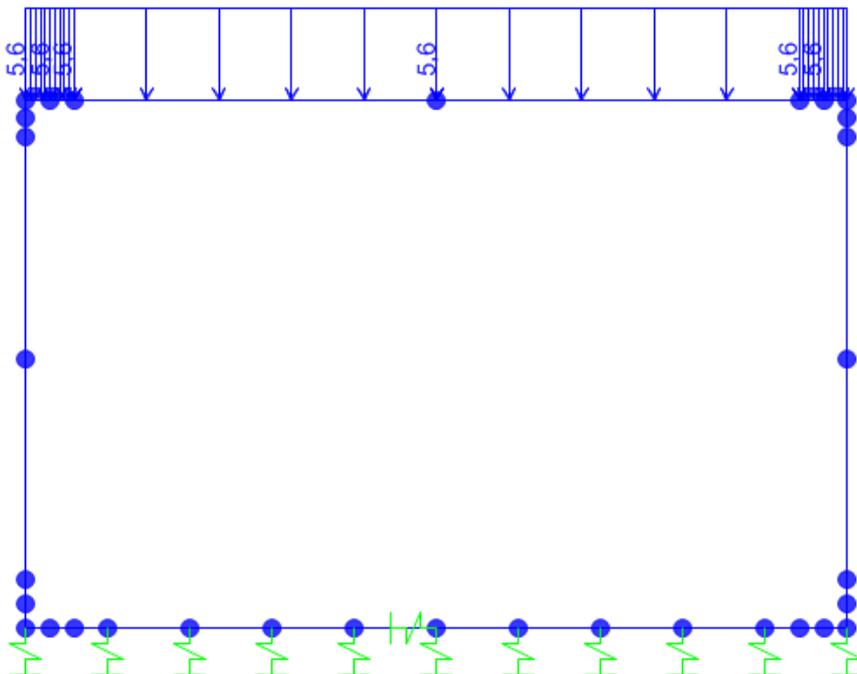


Figura 9: Carico permanente

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 tombino si ha un carico orizzontale uniformemente distribuito sui piedritti di intensità $p_b = 0.92\text{kN/m}$. (SPPAVSX & SPPAVDX)

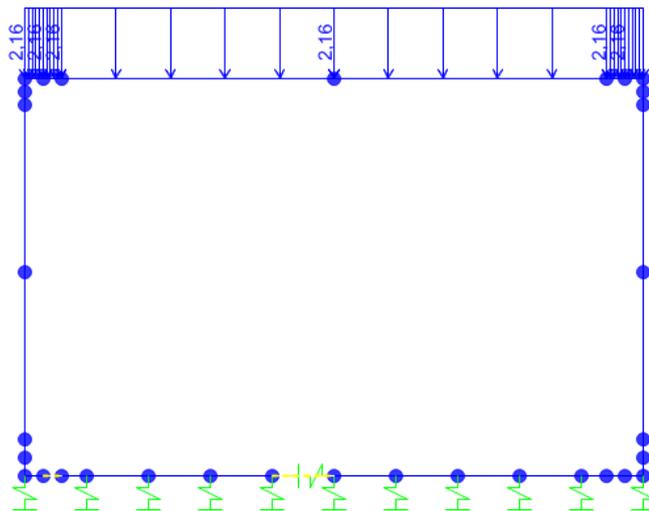


Figura 10: Carico pavimentazione stradale (PAV STR)

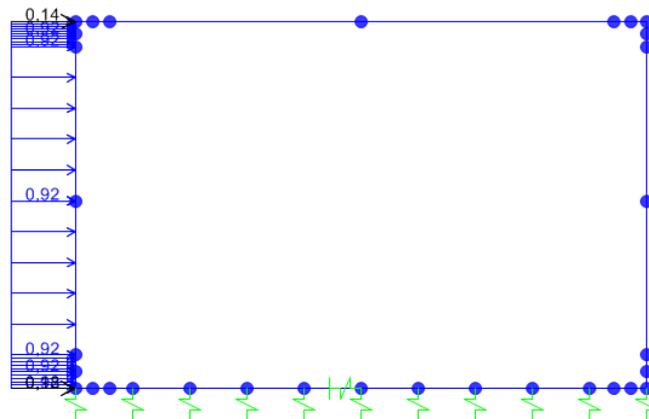


Figura 11: Spinte pavimentazione sul piedritto sin (stesso per piedritto destro) (SPPAVSX & SPPAVDX)

Oltre ai carichi suddetti viene aggiunta, come carico concentrato nei nodi 1, 2 e 3, 4, 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.

$$F_{b_{28,25}} = 0.14 \text{ kN}$$

Spinta semispessore sol. inf.

$$F_{b_{29,27}} = 0.18 \text{ kN}$$

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 dell tombino, utilizzando la formula:

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

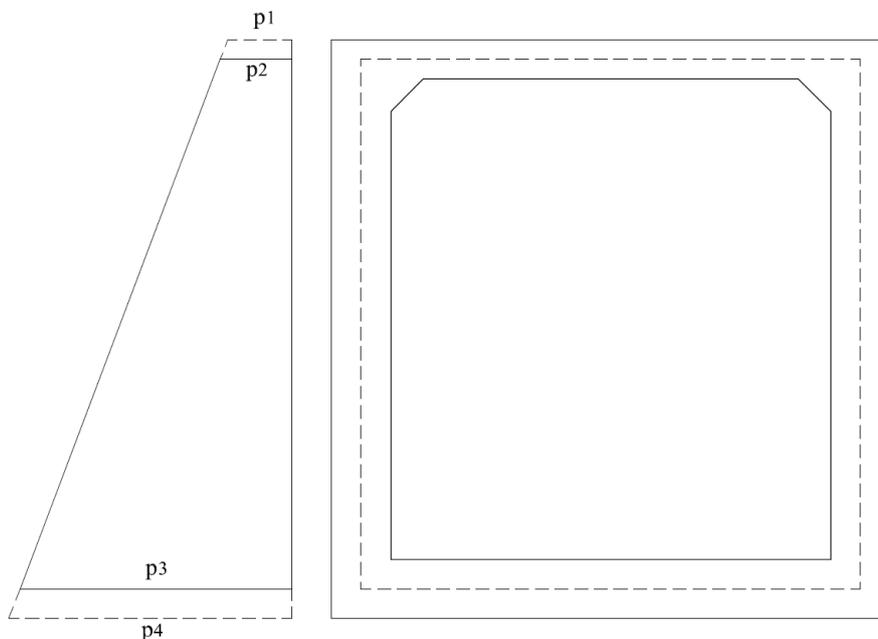


Figura 12: Spinte del terreno

| Cond. STR | | | |
|-----------|------|------|--|
| p1 = | 2.33 | kN/m | Pressione estradosso soletta superiore |

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 22 di 134 |

| | | | |
|------------------|-------|------|--|
| p ₂ = | 3.58 | kN/m | Pressione in asse soletta superiore |
| p ₃ = | 21.87 | kN/m | Pressione in asse soletta inferiore |
| p ₄ = | 23.53 | 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. | $1/2 * (p1 + p2) * Ss/2$ | 0.44 | kN | Spinta semispessore soletta superiore |
| Nodi inf. | $1/2 * (p3 + p4) * Sf/2$ | 4.54 | kN | Spinta semispessore soletta inferiore |

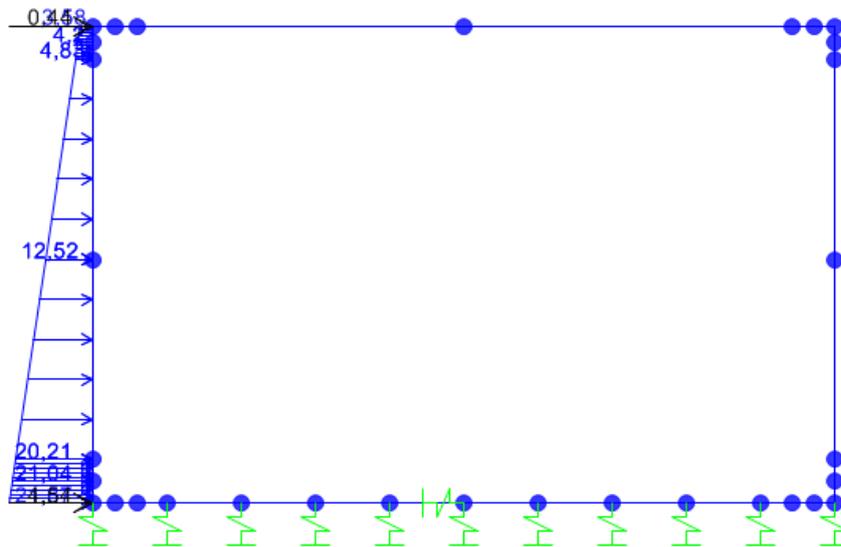


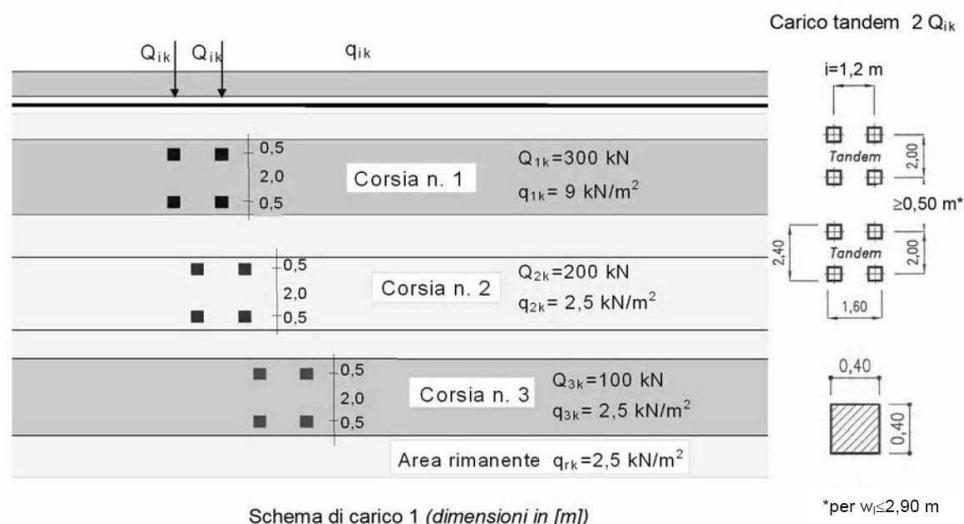
Figura 13: Spinte terre sul piedritto sinistro (stesso per piedritto destro)

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 $Q_{1k} = 300$ kN e un carico uniformemente distribuito $q_{1k} = 9$ kN/m² su una larghezza convenzionale pari a 3.00m;
- seconda colonna di carico analoga alla precedente, ma con carichi rispettivamente pari a $Q_{2k} = 200$ kN e $q_{2k} = 2.5$ kN/m²;
- terza colonna di carico analoga alla precedente, ma con carichi rispettivamente pari a $Q_{3k} = 100$ kN e $q_{3k} = 2.5$ kN/m²;
- quarta colonna di carico e/o area rimanente costituita da un carico uniformemente distribuito pari a $q_{rk} = 2.5$ kN/m².

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



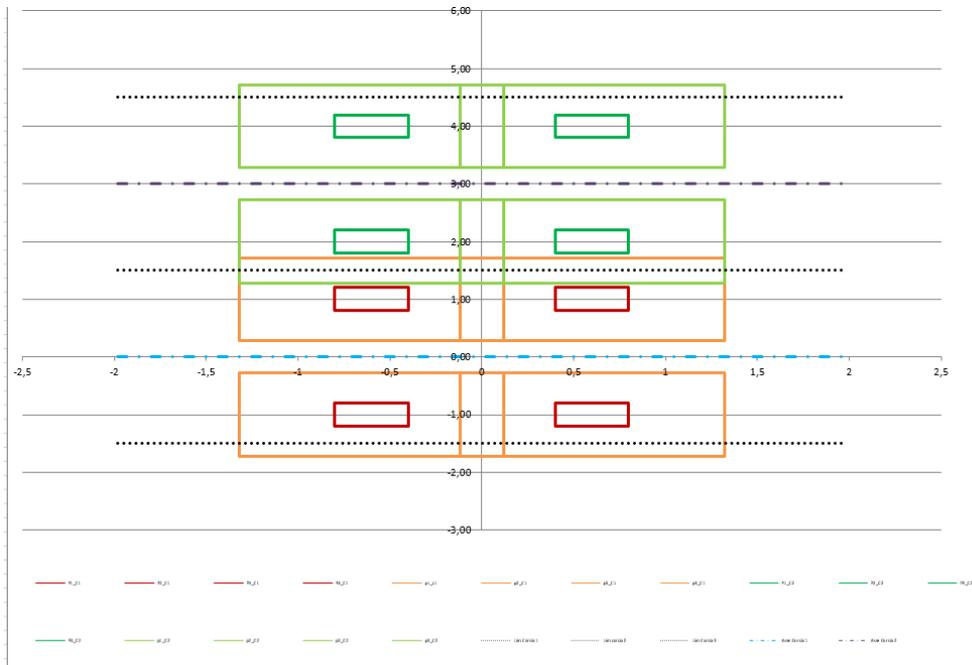
I valori dei carichi stradali forniti dalle vigenti NTC18 sono già comprensivi degli incrementi di natura dinamica.

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 |

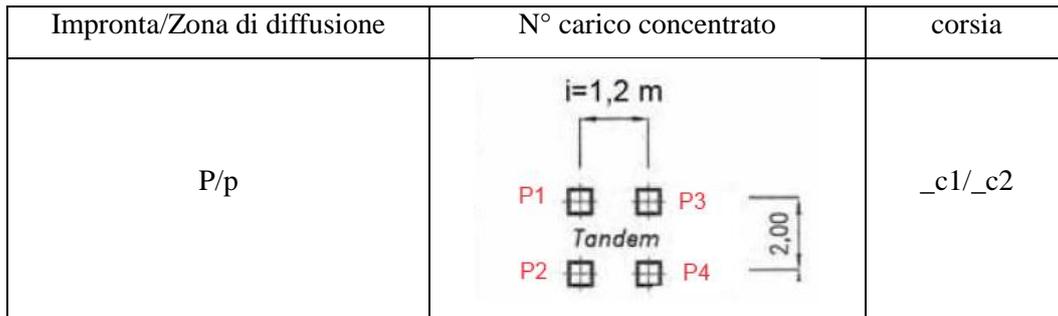
Si riporta nella figura seguente lo schema delle impronte di carico e della zona interessata dalla diffusione alla profondità di 0.52m dal piano stradale (quota asse traverso superiore).



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 incidato la terza impronta di carico della seconda corsia.

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

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 25 di 134 |



A seguire i parametri che definiscono i carichi tandem analizzati.

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 ² | A2 | 0,16 | m ² | A3 | 0,16 | m ² | A4 | 0,16 | m ² |
| PC1 | 937,50 | kN/m ² | PC2 | 937,50 | kN/m ² | PC3 | 937,50 | kN/m ² | PC4 | 937,50 | kN/m ² |
| 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 | | | Difusione Seconda impronta | | | Difusione Terza impronta | | | Difusione Quarta impronta | | |
| p1 | 150 | kN | p2 | 150 | kN | p3 | 150 | kN | p3 | 150 | kN |
| b1x | 1,44 | m | b2x | 1,44 | m | b3x | 1,44 | m | b4x | 1,44 | m |
| l1y | 1,44 | m | l2y | 1,44 | m | l3y | 1,44 | m | l4y | 1,44 | 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 | 2,07 | m ² | A2 | 2,07 | m ² | A3 | 2,07 | m ² | A4 | 2,07 | m ² |
| pc1 | 72,34 | kN/m ² | pc2 | 72,34 | kN/m ² | pc3 | 72,34 | kN/m ² | pc4 | 72,34 | kN/m ² |
| xi | -1,32 | | xi | -0,12 | | xi | -1,32 | | xi | -0,12 | |
| xf | 0,12 | | xf | 1,32 | | xf | 0,12 | | xf | 1,32 | |
| yi | 0,28 | | yi | 0,28 | | yi | -1,72 | | yi | -1,72 | |
| yf | 1,72 | | yf | 1,72 | | yf | -0,28 | | yf | -0,28 | |

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

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 26 di 134 |

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 ² | A2 | 0,16 m ² | A3 | 0,16 m ² | A4 | 0,16 m ² |
| press_cont | 625,00 kN/m ² | PC2 | 625,00 kN/m ² | PC3 | 625,00 kN/m ² | PC4 | 625,00 kN/m ² |
| 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 | 1,44 m | b2x | 1,44 m | b3x | 1,44 m | b4x | 1,44 m |
| l1y | 1,44 m | l2y | 1,44 m | l3y | 1,44 m | l4y | 1,44 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 | 2,07 m ² | A2 | 2,07 m ² | A3 | 2,07 m ² | A4 | 2,07 m ² |
| pc1 | 48,23 kN/m ² | pc2 | 48,23 kN/m ² | pc3 | 48,23 kN/m ² | pc4 | 48,23 kN/m ² |
| xi | -1,32 | xi | -0,12 | xi | -1,32 | xi | -0,12 |
| xf | 0,12 | xf | 1,32 | xf | 0,12 | xf | 1,32 |
| yi | 3,28 | yi | 3,28 | yi | 1,28 | yi | 1,28 |
| yf | 4,72 | yf | 4,72 | yf | 2,72 | yf | 2,72 |

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

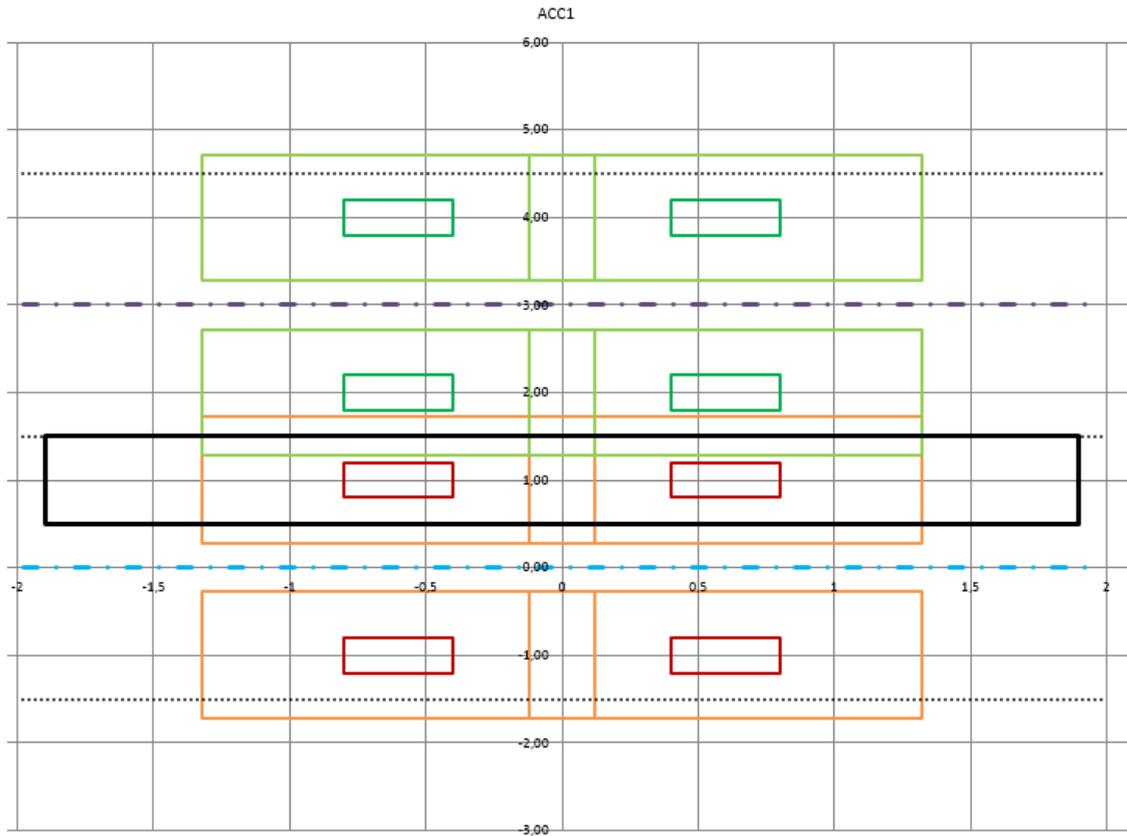
La struttura oggetto di studio è stata calcolata secondo tre distinte disposizioni di carico: la prima massimizza le sollecitazioni flettenti sul traverso; la seconda massimizza il taglio sul traverso; infine, la terza massimizza la spinta delle terre sul piedritto sinistro. Si rimanda ai successivi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

7.5.3 Max Momento flettente traverso superiore (caso ACCI)

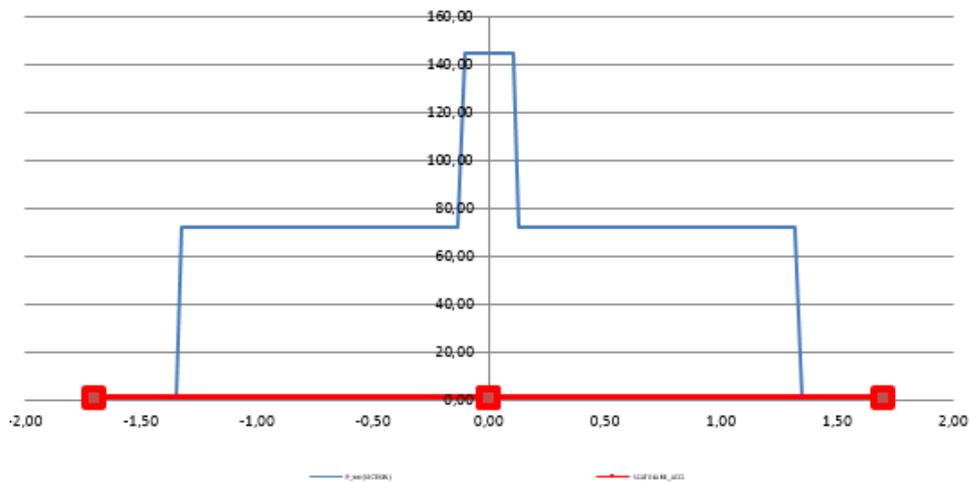
La disposizione che massimizza il momento flettente sul traverso superiore della struttura si ottiene applicando i carichi tandem con asse di simmetria coincidente con l'asse di simmetria verticale della struttura. Ai carichi tandem si sovrappone il carico distribuito pari a 9.00 kN/m².

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 27 di 134 |



— PL1,0 — PL2,0 — PL3,0 — PL4,0 — PL5,1 — PL5,2 — PL5,3 — PL5,4 — PL5,5 — PL5,6 — PL5,7
— PL5,8 — PL5,9 — PL5,10 — PL5,11 — PL5,12 — Solaia - - - ManCanal - - - SolaiaCanal - - - SolaiaCanal2 - - - SolaiaCanal3 - - - SolaiaCanal4



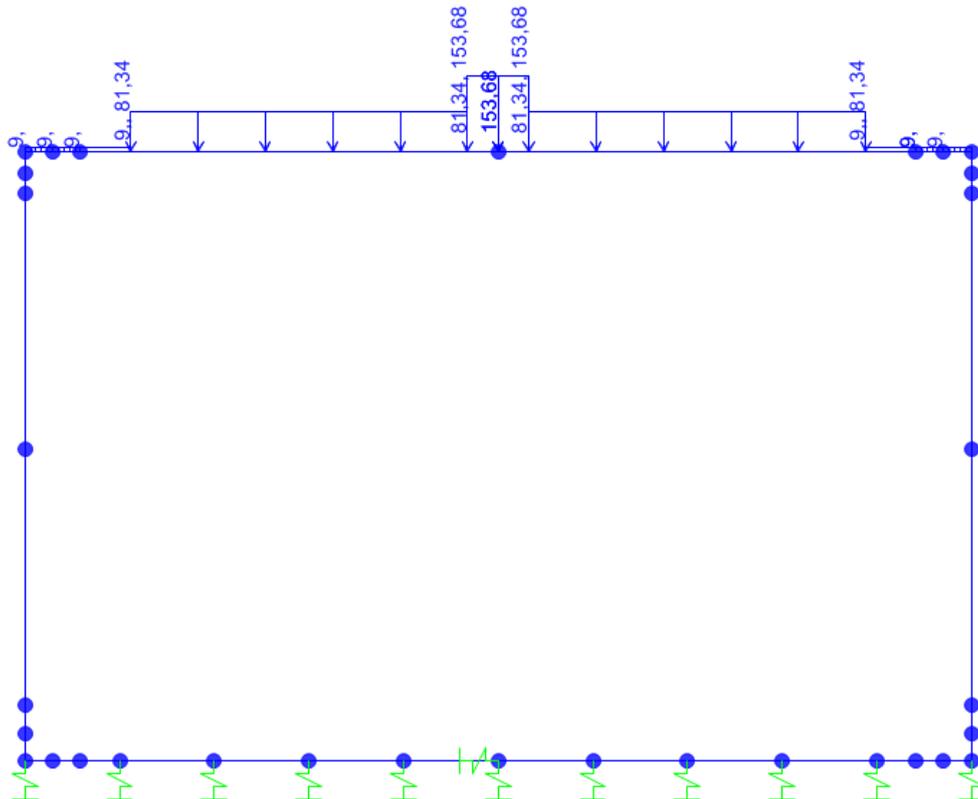


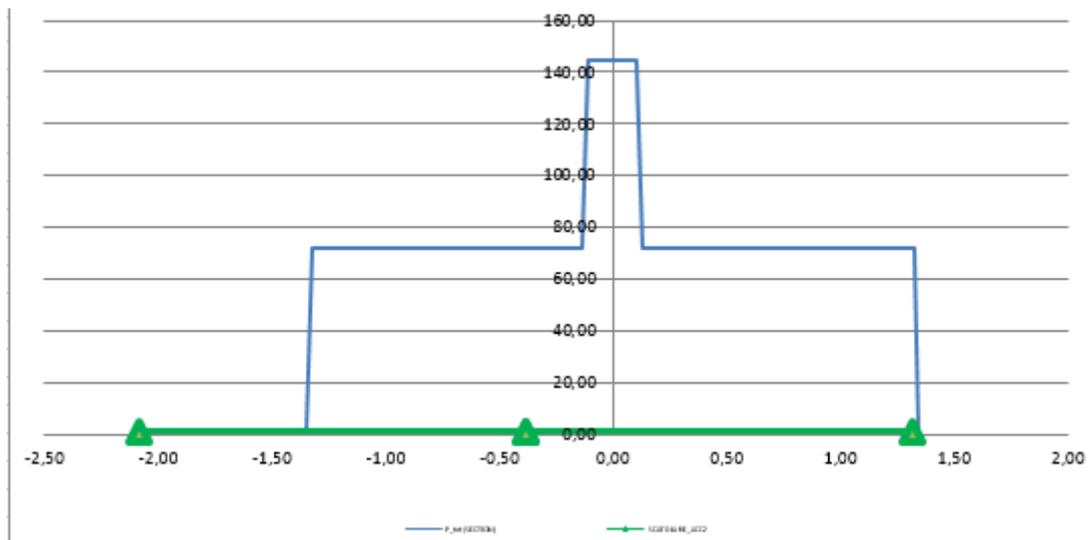
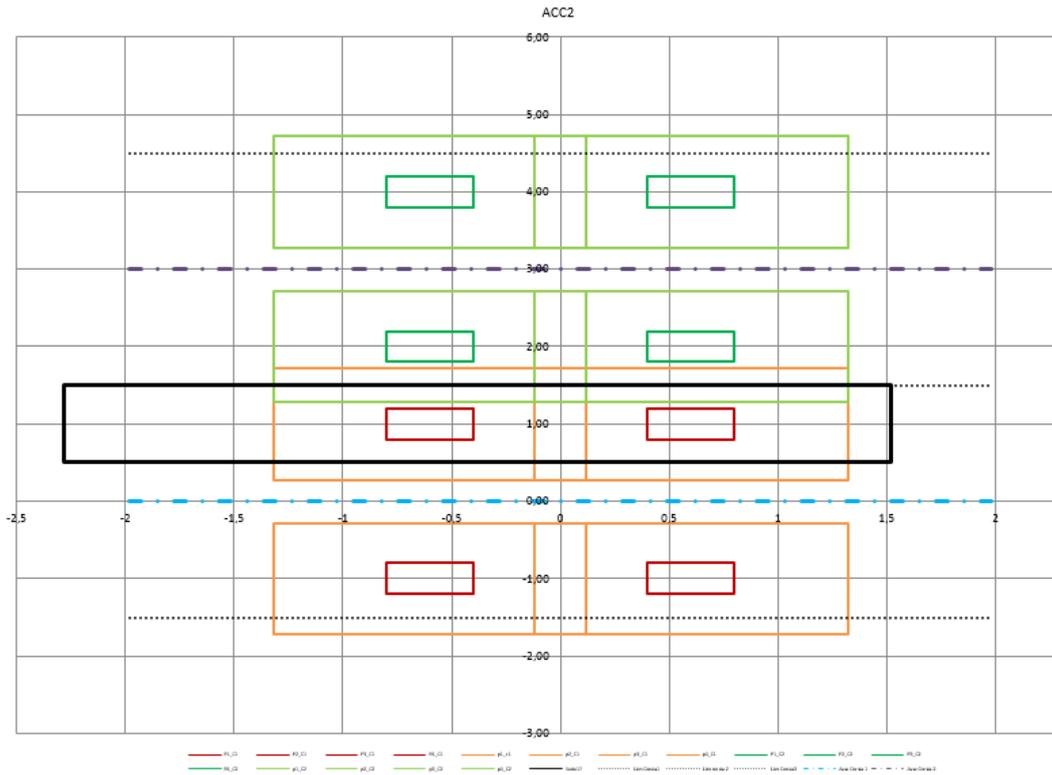
Figura 14: Carico dal traffico (TANDEM + carico distribuito da 9kN/m²)(Caso ACC1)

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/m².

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 29 di 134 |



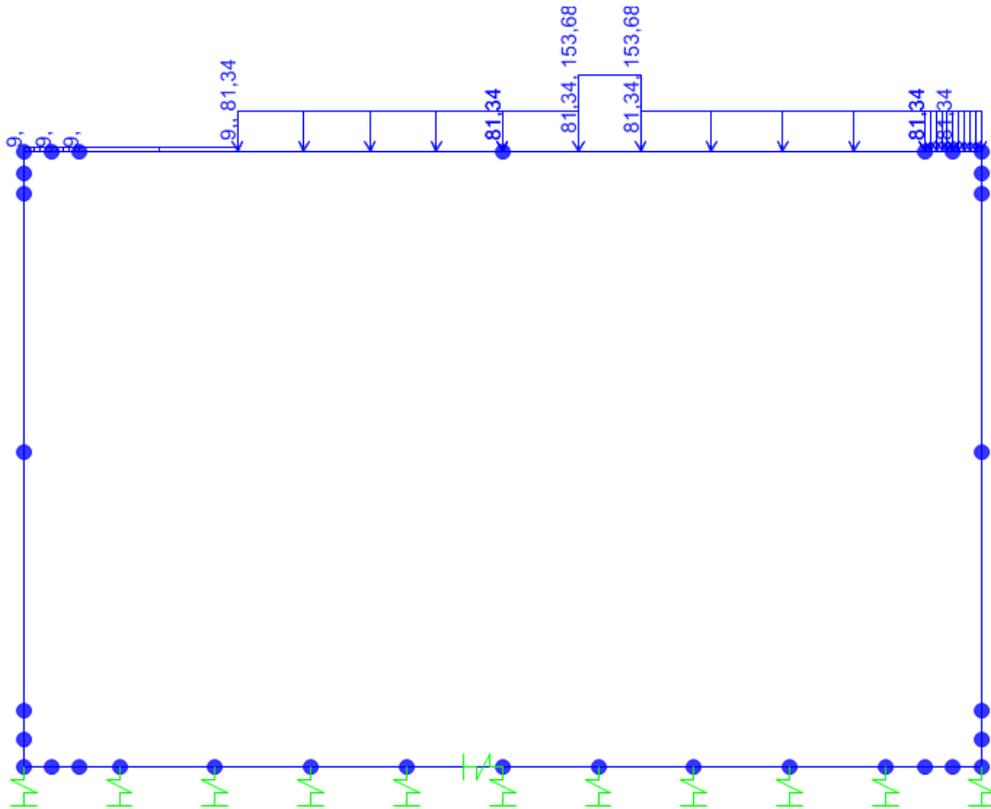


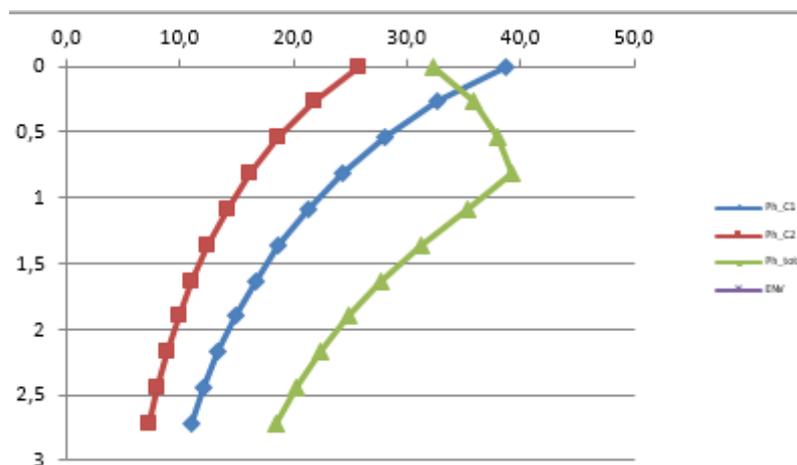
Figura 15: Carico dal traffico (TANDEM + carico distribuito da 9kN/m²)(Caso ACC2)

7.5.5 Max spinta sul piedritto sinistro (SASX_TAND & SASX,SADX)

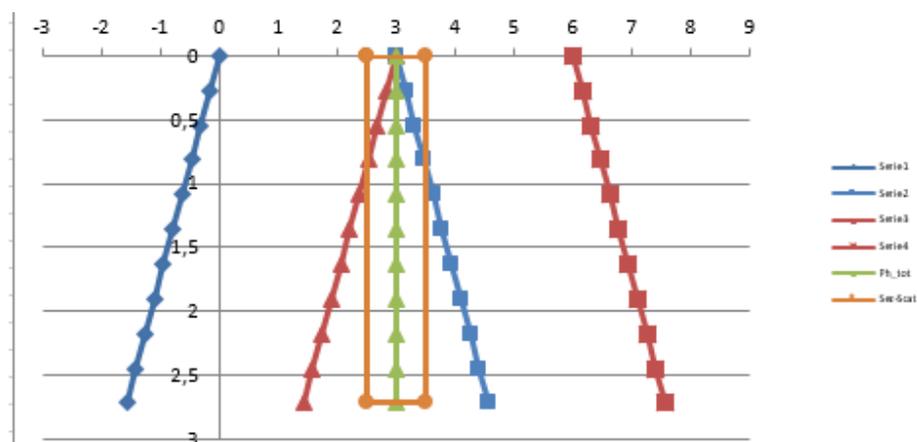
Il carico tandem veicolare adiacente i piedritti, ai fini del calcolo delle spinte delle terre sulla struttura (coerentemente con quanto prescritto dalla vigente normativa al punto C5.1.3.3.7.1), è stato computato mediante un carico distribuito equivalente, di intensità pari alla somma dei carichi concentrati 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).



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 0.52m da quota P.S.

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

dir. Trasversale $L_{long} = 3.0m + 2*0.52*tg.30^\circ = 3.60m$

dir. Longitudinale $L_{long} = 2.2m + 0.52*tg.30^\circ = 2.50m$

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

Spinta del carico tandem : $2x 300 \text{ kN} / (3.60m \times 2.50m) * 0.426 = 28.4 \text{ kN/m}^2$ corsia 1

Spinta del carico tandem : $2x 200 \text{ kN} / (3.60m \times 2.50m) * 0.426 = 18.9 \text{ kN/m}^2$ 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 $0.3m + 0.3m = 0.6m$. Pertanto la spinta agente sul piedritto è valutata come media pesata:

$(28.4 * 0.2 + (28.4 + 18.9) * 0.6 + 18.9 * 0.2) / 1.00 = 37.84 \text{ kN/m}^2$ - valore applicato asse sol.sup.

- Asse soletta inferiore si trova alla profondità 2.72m da quota P.S.

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

dir. Trasversale $L_{long} = 3.0m + 2*2.72*tg.30^\circ = 6.14m$

dir. Longitudinale $L_{long} = 2.2m + 2.72*tg.30^\circ = 3.77m$

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

Spinta del carico tandem : $2x 300 \text{ kN} / (6.14m \times 3.77m) * 0.426 = 11.05 \text{ kN/m}^2$ corsia 1

Spinta del carico tandem : $2x 200 \text{ kN} / (6.14m \times 3.77m) * 0.426 = 7.40 \text{ kN/m}^2$ 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:

$(11.05 + 7.40) = 18.45 \text{ kN/m}^2$ - valore applicato asse sol.inf.

Oltre ai carichi suddetti viene aggiunta, come carico concentrato nei nodi 27 e 25 (per la SASX) e 29 e 28 (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.

$$F_{27} = 5.69 \text{ kN}$$

Spinta semispessore sol. inf.

$$F_{25} = 3.68 \text{ kN}$$

Carichi distribuiti corsie:

Spinta semispessore sol. sup.

$$F_{27,29} = 0,58 \text{ kN}$$

Spinta semispessore sol. inf.

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

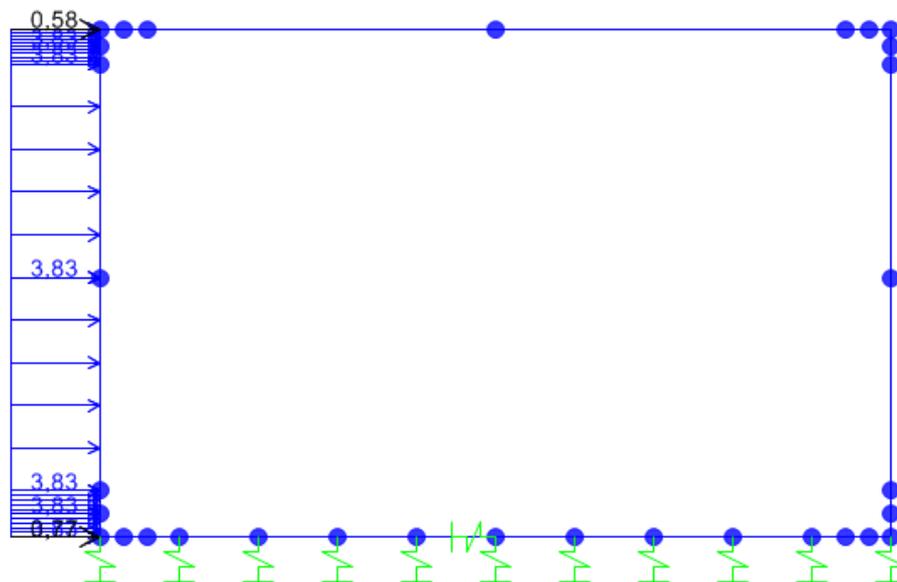


Figura 16: Spinta carichi distribuiti lato destro e lato sinistra (SADX,SASX)

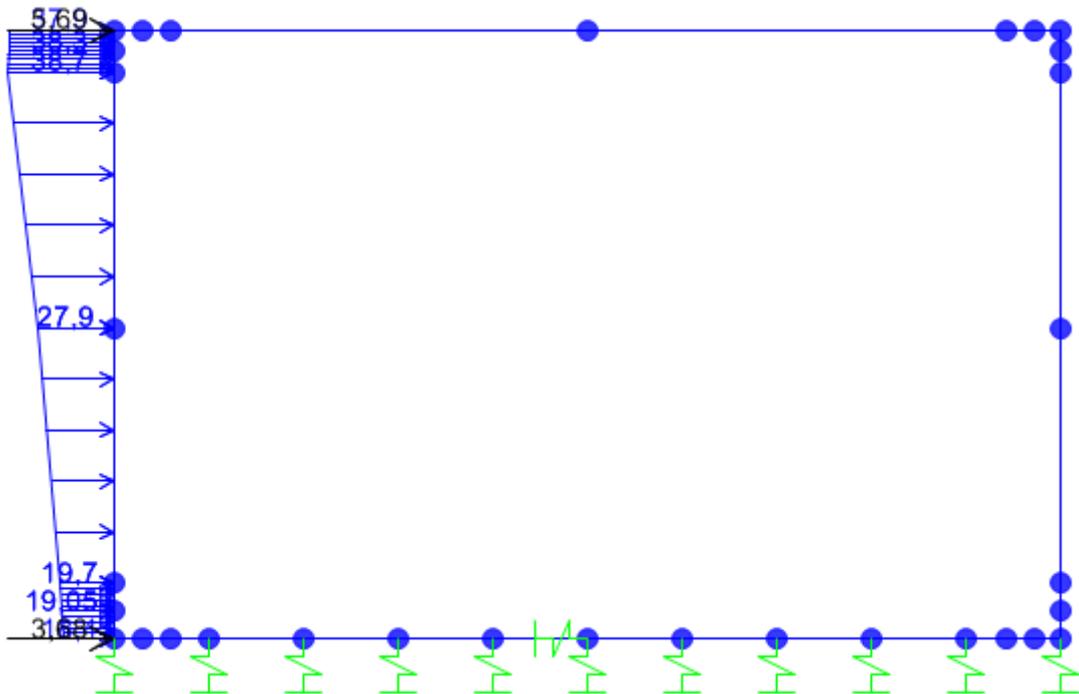


Figura 17: Spinta carichi TANDEM (SASX_TAND)

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

$Q^* = 18,65 \text{ kN/m}$

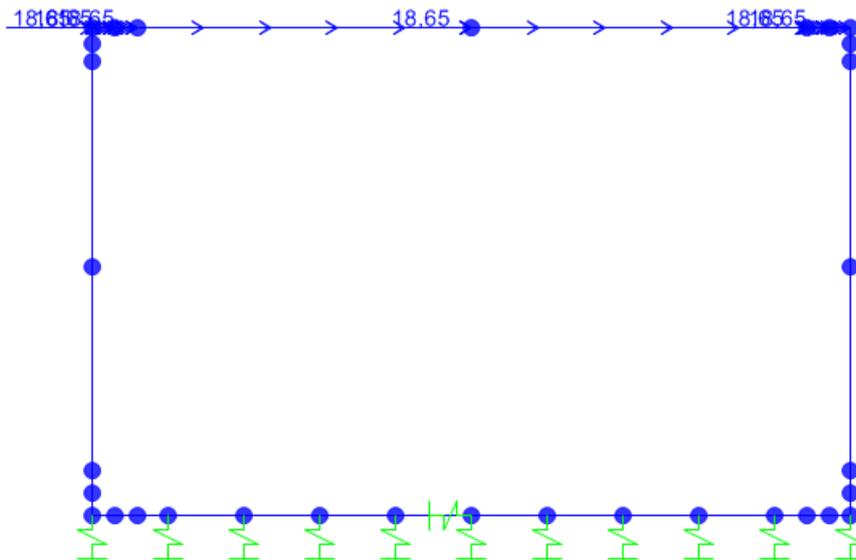


Figura 18: Frenatura

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:

$$\Delta T_{\text{rit}} = -10,90^\circ\text{C}.$$

7.8 Azioni sismiche

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

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 36 di 134 |

- Vita nominale dell'opera $V_N = 75$ anni
- Classe d'uso dell'opera II $C_u = 1$
- Categoria di sottosuolo B
- Categoria topografica T1

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

(ricavati da allegato a NTC2008)

| | | a_g | F_0 | T^*_c |
|-------|------|-------|-------|---------|
| T_R | 45 | 0,063 | 2,467 | 0,259 |
| T_R | 75 | 0,081 | 2,455 | 0,278 |
| T_R | 712 | 0,213 | 2,493 | 0,342 |
| T_R | 1462 | 0,280 | 2,511 | 0,357 |

dove:

$T_R \rightarrow$ tempo di ritorno;

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

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

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

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

| | | a_{max} |
|-------|------|-----------|
| T_R | 45 | 0,075 |
| T_R | 75 | 0,097 |
| T_R | 712 | 0,252 |
| T_R | 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 :

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 37 di 134 |

- $a_{max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g$ 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 β_m assume il valore unitario.

Pertanto, i due coefficienti sismici valgono:

| | | K_h | k_v |
|-------|------|-------|-------|
| T_R | 45 | 0,075 | 0,038 |
| T_R | 75 | 0,097 | 0,048 |
| T_R | 712 | 0,252 | 0,126 |
| T_R | 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 sismico 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

$a_{max} = 0.252g$; $H = 2.55$ m; $\gamma = 19.5$ KN/m³ => Applicato al modello di calcolo : $\Delta S_E = 12.53$ 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:

| Carico concentrato sui nodi 25,27,28 e 29 | | | | |
|---|---------------------|------|----|---------------------------------------|
| Nodi sup. | $Q_h \cdot S_s / 2$ | 1.88 | kN | Spinta semispessore soletta superiore |
| Nodi inf. | $Q_h \cdot S_i / 2$ | 2.50 | kN | Spinta semispessore soletta inferiore |

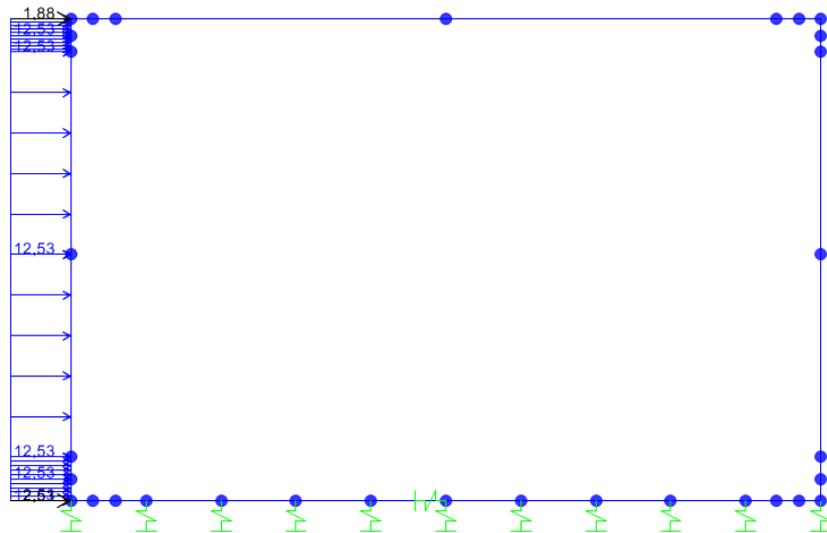


Figura 19: Sovrappinta sismica del terreno

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

$$F_{o,paccStrad+ricop+mass} = \pm 1,96 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{o,soletta} = \pm 1,89 \text{ kN/m}^2$$

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

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.

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 39 di 134 |

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

| | | | |
|--------------------------------|-------|------|-----------------|
| $F_{v,paccStrad+ricop+mass} =$ | \pm | 0,98 | kN/m^2 |
| $F_{v,solettasup} =$ | \pm | 0,95 | kN/m^2 |
| $F_{v,solettasup,tot} =$ | \pm | 1,93 | kN/m^2 |
| $F_{v,montante} =$ | \pm | 1,26 | kN/m^2 |

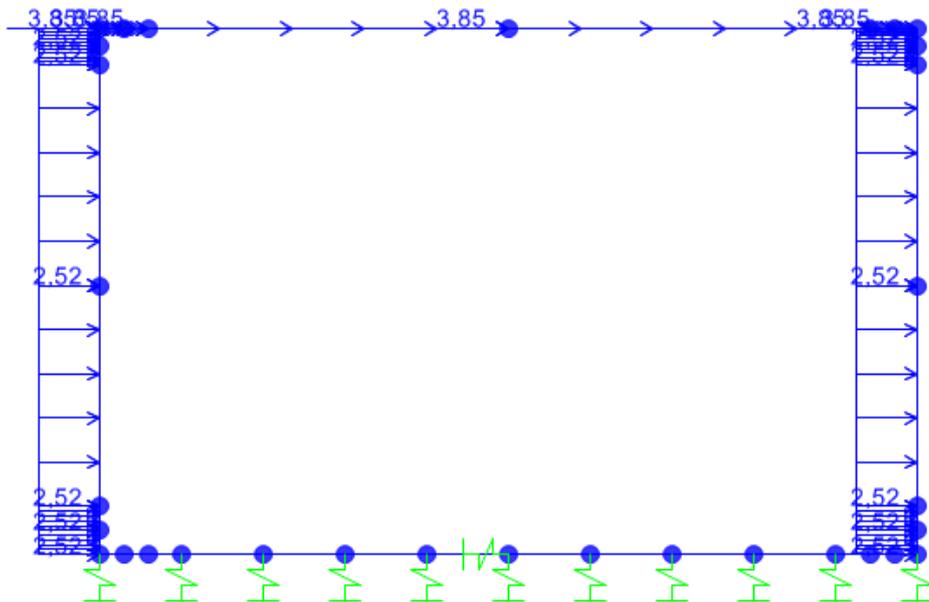


Figura 20: Forza inerziale orizzontale

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 40 di 134 |

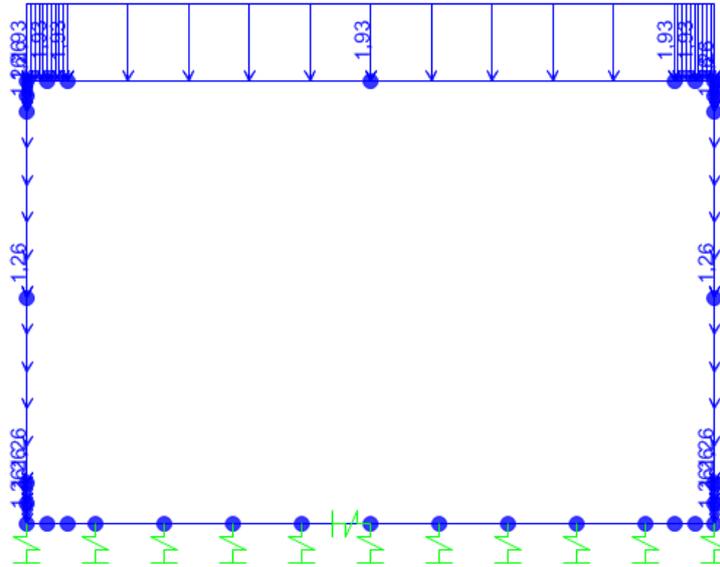


Figura 21: Forza inerziale verticale

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 42 di 134 |

| | 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 |
| STDX | 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 |
| STDX | 1 | 1 | 1 | 1 | STDX | 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 |

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

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 43 di 134 |

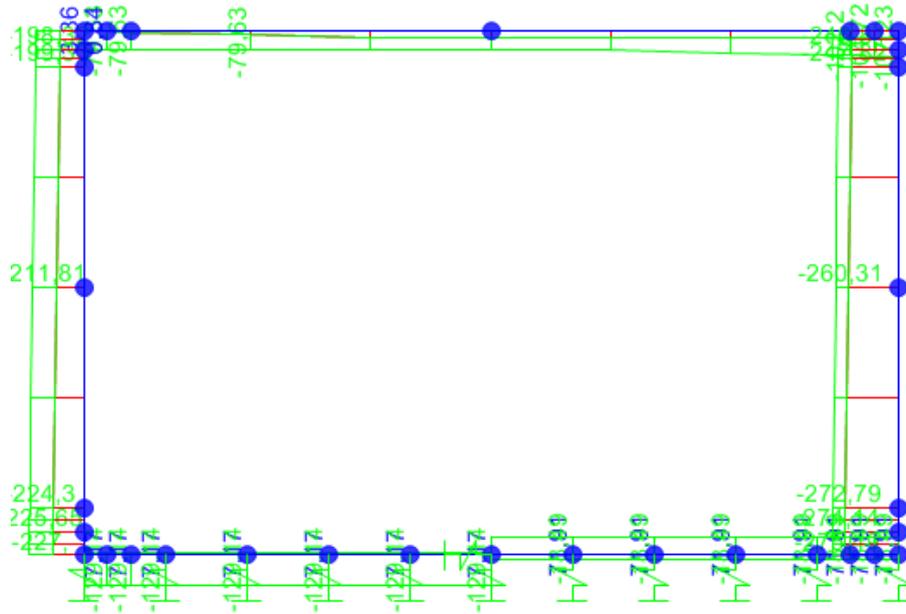


Figura 22: Involuppo N - SLU

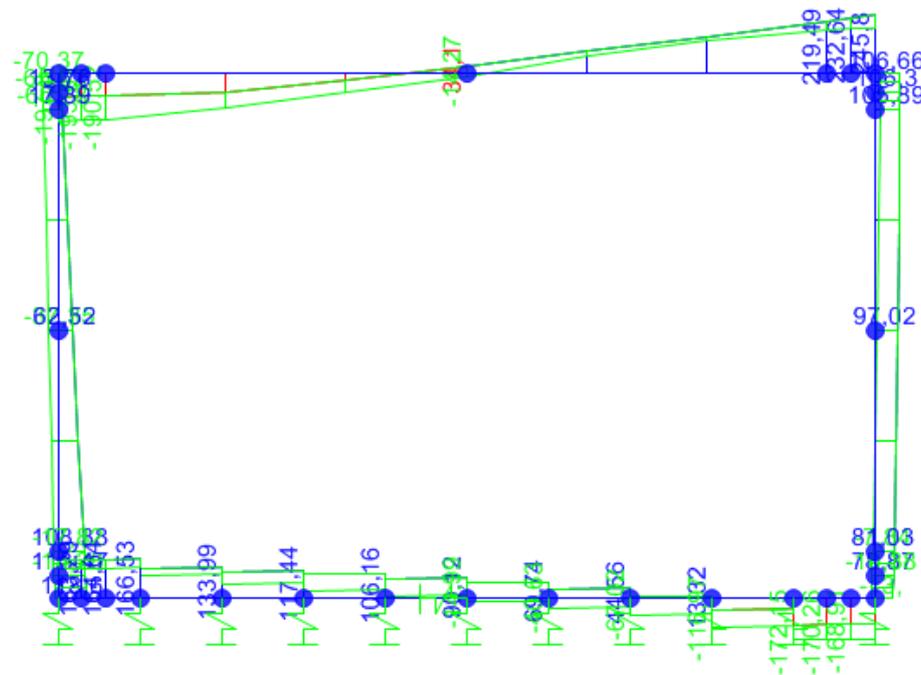


Figura 23: Involuppo T - SLU

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 47 di 134 |

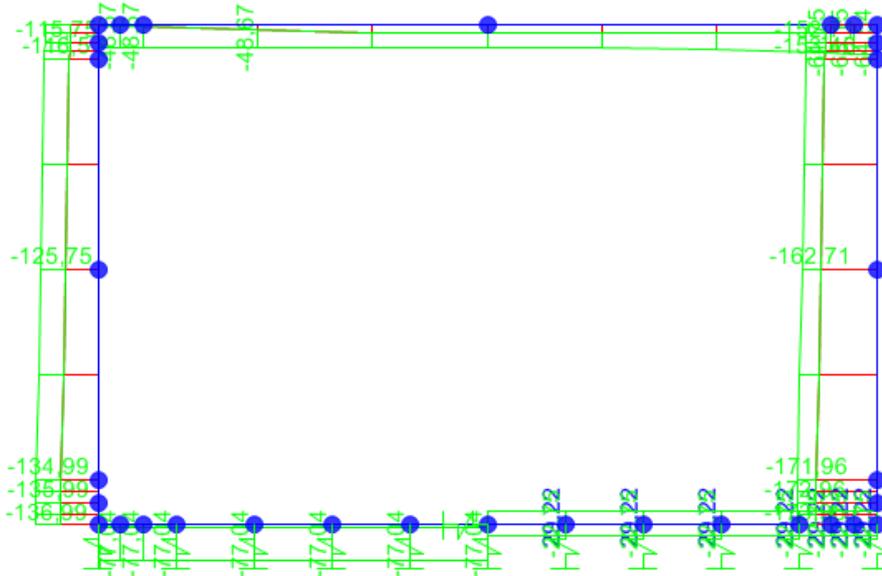


Figura 29: Involuppo N – SLE FREQ

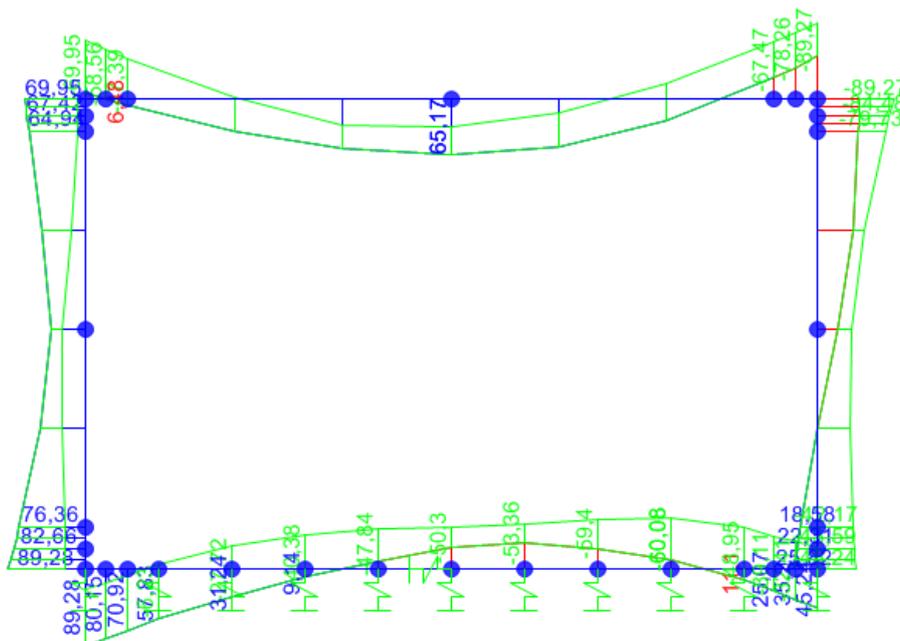


Figura 30: Involuppo M – SLE FREQ

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 48 di 134 |

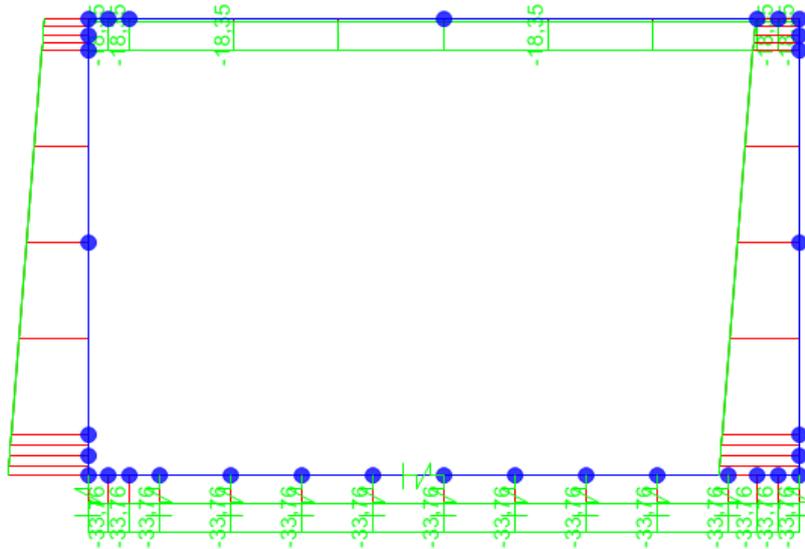


Figura 31: Involuppo N – SLE QP

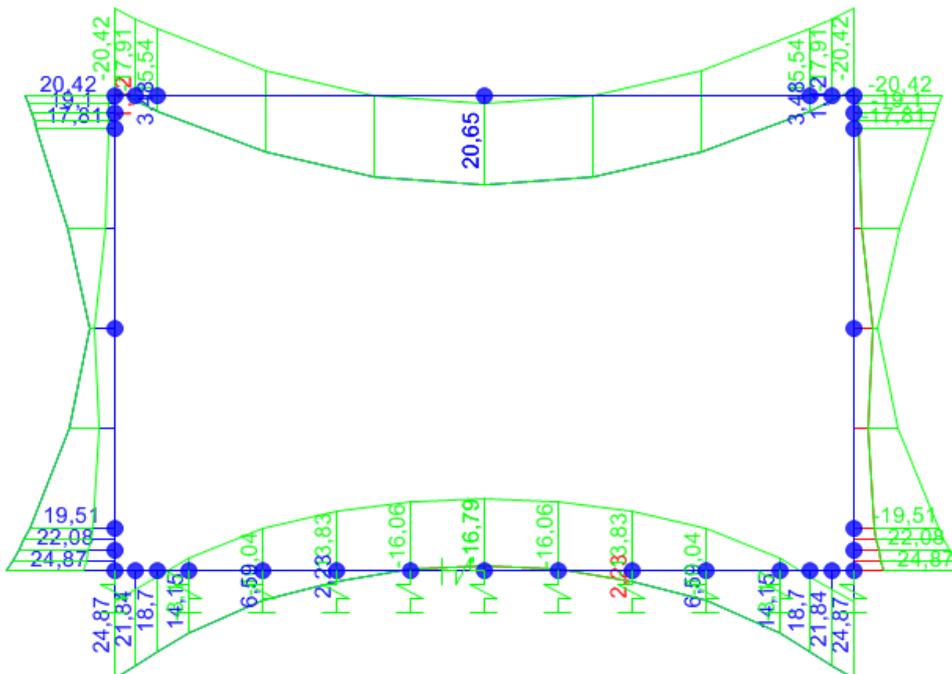


Figura 32: Involuppo M – SLE QP

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 49 di 134 |

Le sezioni verificate sono le seguenti:

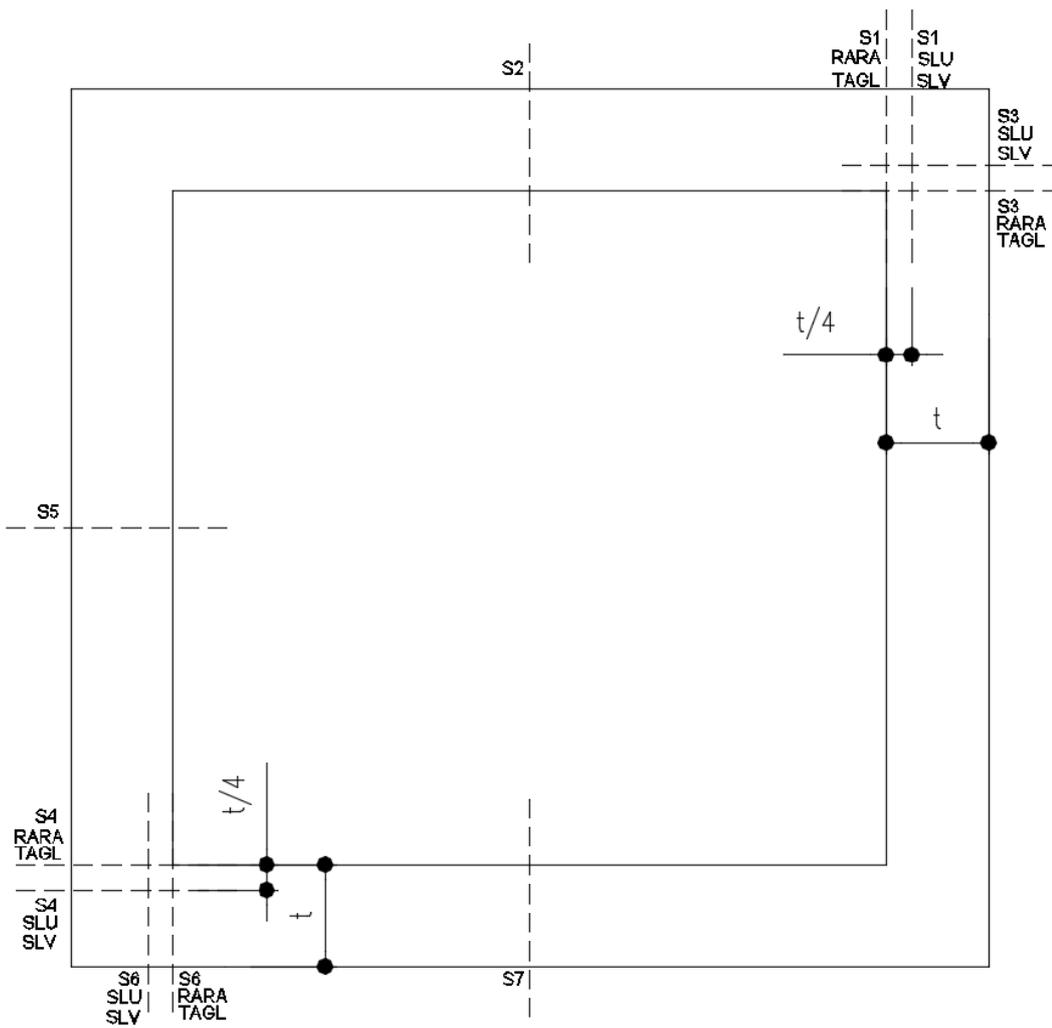


Figura 33: Sezioni di verifica

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 50 di 134 |

9 VERIFICHE

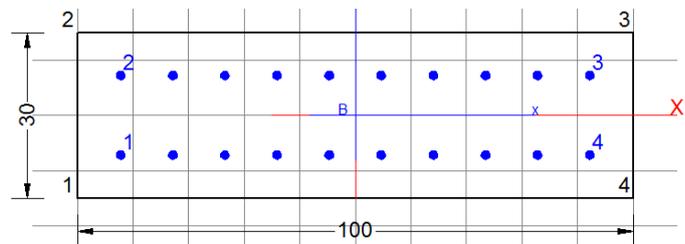
9.1 Verifiche a flessione

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 |
| 86 | 0,1 | SLU4 | Combination | -104,717 | 187,943 | -135,789 |
| 86 | 0,1 | SLV1 | Combination | -26,04 | 33,539 | -24,1433 |
| 86 | 0 | RARA4 | Combination | -77,846 | 135,206 | -86,6425 |
| 86 | 0 | FREQ4 | Combination | -61,747 | 106,978 | -67,4654 |
| 86 | 0 | QP 2 | Combination | -18,352 | 22,887 | -15,5417 |

Armatura tesa Φ 16/10
 Armatura compressa Φ 16/10
 Armatura a taglio Φ 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'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 |

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 51 di 134 |

| | | |
|--|--------|---------------------|
| Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: | 198.00 | daN/cm ² |
| 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 ² |
| | 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 | -15.0 |
| 2 | -50.0 | 15.0 |
| 3 | 50.0 | 15.0 |
| 4 | 50.0 | -15.0 |

DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1 | -42.2 | -7.2 | 16 |
| 2 | -42.2 | 7.2 | 16 |
| 3 | 42.2 | 7.2 | 16 |
| 4 | 42.2 | -7.2 | 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 | 8 | 16 |

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 52 di 134 |

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 | -136.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 0.00 | -24.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|------|--------|------|
| 1 | 0.00 | -87.00 | 0.00 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|------|-----------------|-------------|
| 1 | 0.00 | -67.00 (-36.22) | 0.00 (0.00) |

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

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

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|------|-----------------|-------------|
| 1 | 0.00 | -15.50 (-36.22) | 0.00 (0.00) |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 53 di 134 |

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
As Tesa Area armature [cm²] 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 | -136.00 | 0.00 | 0.00 | -164.37 | 0.00 | 1.209 | 20.1(2.9) |
| 2 | S | 0.00 | -24.00 | 0.00 | 0.00 | -164.37 | 0.00 | 6.849 | 20.1(2.9) |

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 | -0.00322 | -50.0 | -15.0 | -0.00058 | -42.2 | -7.2 | -0.00810 | 42.2 | 7.2 |
| 2 | 0.00350 | -0.00322 | -50.0 | -15.0 | -0.00058 | -42.2 | -7.2 | -0.00810 | 42.2 | 7.2 |

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 | -0.000522735 | -0.004341028 | 0.302 | 0.817 |
| 2 | 0.000000000 | -0.000522735 | -0.004341028 | 0.302 | 0.817 |

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]

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 54 di 134 |

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*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 | 9.82 | 50.0 | -15.0 | -228.1 | 32.8 | 7.2 | 1050 | 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 | 7.56 | 50.0 | -15.0 | -175.7 | 32.8 | 7.2 | 1050 | 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 fctm
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 Ac eff
k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3 = (S1 + S2)/(2*S1) con riferimento all'area tesa Ac eff
Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi = 1-Beta12*(Ssr/Ss)² = 1-Beta12*(fctm/S2)² = 1-Beta12*(Mfess/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 | -3.9 | -1.2 | 0.165 | 16 | 70.0 | 0.854 | 0.00075 (0.00035) | 214 | 0.273 (0.30) | -36.22 | 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 | 1.75 | 50.0 | -15.0 | -40.6 | 32.8 | 7.2 | 1050 | 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 | -0.9 | -0.3 | 0.165 | 16 | 70.0 | -1.730 | 0.00008 (0.00008) | 214 | 0.030 (0.20) | -36.22 | 0.00 |

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 55 di 134 |

La verifica a taglio è stata efetuata con il valore massimo del taglio letto a filo del piedritto che risulta pari a 219.5 Kn(SLU11).

Verifica di resistenza a taglio

Caratteristiche materiali

Cl_s R_{ck}

Cl_s condizioni calcestruzzo

Acciaio 1 acciaio barre longitudinali

Acciaio 2 acciaio armature trasversali

γ_c coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

γ_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 mm² area della sezione di calcestruzzo

Caratteristiche armature

n_{bl} numero di barre longitudinali

Ø_{bl} mm diametro delle barre longitudinali

n_{bw} numero di bracci delle staffe

Ø_{st} mm diametro delle staffe

s_{st} mm passo delle staffe

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

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed} KN sforzo normale di calcolo (+ per compressione)

V_{Ed} KN taglio di calcolo

N_{Rd} 5533,3 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)

ctgθ_{lim} valore limite dell'inclinazione delle bielle

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 est

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 56 di 134 |

9.1.2 Sezione 2 - soletta superiore mezzeria

Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU e SLV)

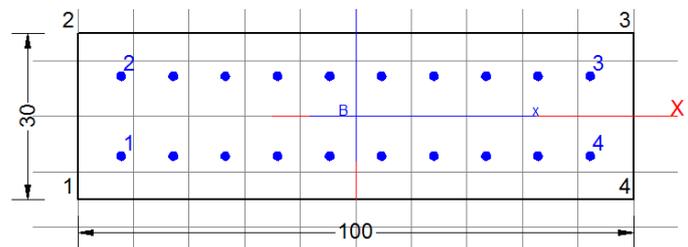
| OutputCase | CaseType | P | V2 | M3 |
|------------|-------------|---------|------------|----------|
| Text | Text | KN | KN | KN-m |
| SLU1 | Combination | -24,618 | 0,00003771 | 109,5295 |
| SLV4 | Combination | -14,072 | -1,421 | 10,5169 |
| RARA1 | Combination | -19,732 | 0,00003771 | 81,721 |
| FREQ1 | Combination | -16,093 | 0,00003771 | 65,2943 |
| QP 1 | Combination | -1,566 | 0,00003771 | 20,6469 |

Armatura tesa Φ 16/10

Armatura compressa Φ 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'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 ² |
| | 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 est

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 57 di 134 |

| | | |
|--|------------------|---------------------|
| Deform. ultima di calcolo Epu: | 0.068 | |
| Modulo Elastico Ef | 2000000 | daN/cm ² |
| 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 | -15.0 |
| 2 | -50.0 | 15.0 |
| 3 | 50.0 | 15.0 |
| 4 | 50.0 | -15.0 |

DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1 | -42.2 | -7.2 | 16 |
| 2 | -42.2 | 7.2 | 16 |
| 3 | 42.2 | 7.2 | 16 |
| 4 | 42.2 | -7.2 | 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 | 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 |
|---------|---|----|----|----|----|
|---------|---|----|----|----|----|

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 58 di 134 |

| | | | | | |
|---|------|--------|------|------|------|
| 1 | 0.00 | 109.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 0.00 | 10.50 | 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 | 81.70 | 0.00 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|------|---------------|-------------|
| 1 | 0.00 | 65.30 (36.22) | 0.00 (0.00) |

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

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

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|------|---------------|-------------|
| 1 | 0.00 | 20.60 (36.22) | 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

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 59 di 134 |

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 [cm²] 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 | 109.50 | 0.00 | 0.00 | 164.37 | 0.00 | 1.501 | 20.1(2.9) |
| 2 | S | 0.00 | 10.50 | 0.00 | 0.00 | 164.37 | 0.00 | 15.655 | 20.1(2.9) |

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 | -0.00322 | -50.0 | 15.0 | -0.00058 | 42.2 | 7.2 | -0.00810 | -42.2 | -7.2 |
| 2 | 0.00350 | -0.00322 | -50.0 | 15.0 | -0.00058 | 42.2 | 7.2 | -0.00810 | -42.2 | -7.2 |

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 | 0.000522735 | -0.004341028 | 0.302 | 0.817 |
| 2 | 0.000000000 | 0.000522735 | -0.004341028 | 0.302 | 0.817 |

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 |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 60 di 134 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|------|-------|------|--------|-------|------|------|------|-----|------|
| 1 | S | 9.22 | -50.0 | 15.0 | -214.2 | -42.2 | -7.2 | 1050 | 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 | 7.37 | -50.0 | 15.0 | -171.2 | -32.8 | -7.2 | 1050 | 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} 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 | -3.8 | -1.2 | 0.165 | 16 | 70.0 | 0.846 | 0.00072 (0.00034) | 214 | 0.263 (0.30) | 36.22 | 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 | 2.33 | -50.0 | 15.0 | -54.0 | -42.2 | -7.2 | 1050 | 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 | 0.165 | 16 | 70.0 | -0.546 | 0.00011 (0.00011) | 214 | 0.039 (0.20) | 36.22 | 0.00 |

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

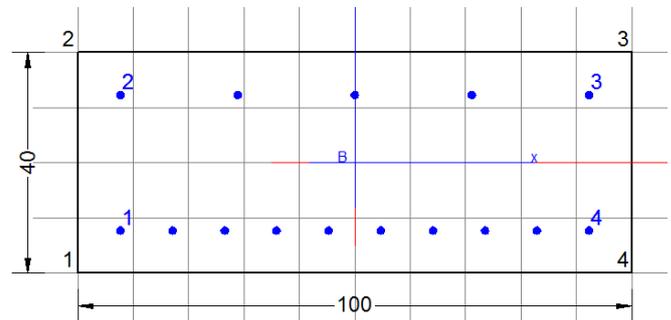
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 61 di 134 |

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 |
| 94 | 0,075 | SLU4 | Combination | -192,041 | 106,296 | -146,751 |
| 94 | 0,075 | SLV1 | Combination | -35,901 | 25,675 | -25,644 |
| 94 | 0 | RARA4 | Combination | -141,107 | 80,229 | -102,03 |
| 94 | 0 | FREQ4 | Combination | -112,541 | 63,198 | -79,7276 |
| 94 | 0 | QP 2 | Combination | -27,438 | 17,006 | -17,8134 |

Armatura tesa Φ 14/10
 Armatura compressa Φ 14/20
 Armatura a taglio Φ 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 ² |
| | 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 est

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 62 di 134 |

| | | | |
|-----------|--|------------------|---------------------|
| 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 ² |
| | Diagramma tensione-deformaz.: | Bilineare finito | |
| | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 * \beta_2$: | 1.00 | |
| | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 * \beta_2$: | 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 | -42.3 | -12.3 | 14 |
| 2 | -42.3 | 12.3 | 14 |
| 3 | 42.3 | 12.3 | 14 |
| 4 | 42.3 | -12.3 | 14 |

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1 | 1 | 4 | 3 | 14 |
| 2 | 2 | 3 | 8 | 14 |

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

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 63 di 134 |

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

| N°Comb. | N | Mx | My | Vy | Vx |
|---------|------|---------|------|------|------|
| 1 | 0.00 | -146.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 0.00 | -25.60 | 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 | -102.00 | 0.00 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|------|-----------------|-------------|
| 1 | 0.00 | -79.70 (-63.07) | 0.00 (0.00) |

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

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

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|------|-----------------|-------------|
| 1 | 0.00 | -17.80 (-63.07) | 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: 8.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 64 di 134 |

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
 As Tesa Area armature [cm²] 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 | -146.75 | 0.00 | 0.00 | -193.21 | 0.00 | 1.317 | 23.1(4.2) |
| 2 | S | 0.00 | -25.60 | 0.00 | 0.00 | -193.21 | 0.00 | 7.547 | 23.1(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 | -0.00755 | -50.0 | -20.0 | -0.00146 | -42.3 | -12.3 | -0.01732 | 42.3 | 12.3 |
| 2 | 0.00350 | -0.00755 | -50.0 | -20.0 | -0.00146 | -42.3 | -12.3 | -0.01732 | 42.3 | 12.3 |

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità 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 | -0.000644532 | -0.009390647 | 0.168 | 0.700 |
| 2 | 0.000000000 | -0.000644532 | -0.009390647 | 0.168 | 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 [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 65 di 134 |

D barre Distanza tre 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 | 6.80 | -50.0 | -20.0 | -230.2 | 32.9 | 12.3 | 1496 | 15.4 | 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 | 5.31 | -50.0 | -20.0 | -179.9 | 32.9 | 12.3 | 1496 | 15.4 | 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}
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 | -2.7 | -0.7 | 0.156 | 14 | 70.0 | 0.687 | 0.00062 (0.00036) | 244 | 0.256 (0.30) | -63.07 | 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 | 1.19 | -50.0 | -20.0 | -40.2 | 32.9 | 12.3 | 1496 | 15.4 | 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 | -0.6 | -0.1 | 0.156 | 14 | 70.0 | -5.277 | 0.00008 (0.00008) | 244 | 0.033 (0.20) | -63.07 | 0.00 |

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 66 di 134 |

La verifica a taglio è stata effettuata con il valore massimo del taglio letto a filo del piedritto che risulta pari a 105.89 Kn(SLU4).

Verifica di resistenza a taglio

Caratteristiche materiali

Cl_s R_{ck}

Cl_s condizioni calcestruzzo

Acciaio 1 acciaio barre longitudinali

Acciaio 2 acciaio armature trasversali

γ_c coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

γ_s coefficiente parziale relativo all'acciaio

Geometrie sezione

b_w mm larghezza dell'anima resistente (larghezza minima d'anima)

d mm altezza utile della sezione

A_c mm² area della sezione di calcestruzzo

Caratteristiche armature

n_{bl} numero di barre longitudinali

Ø_{bl} mm diametro delle barre longitudinali

n_{bw} numero di bracci delle staffe

Ø_{st} mm diametro delle staffe

s_{st} mm passo delle staffe

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

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed} KN sforzo normale di calcolo (+ per compressione)

V_{Ed} KN taglio di calcolo

N_{Rd} 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_{eff} 1,76 coefficiente considerato nei calcoli

v_{min} 0,469

V_{Rd,1} 180,3 KN taglio resistente - valore 1

V_{Rd,2} 164,2 KN taglio resistente - valore 2

V_{Rd} **180,3** KN taglio resistente di calcolo

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 67 di 134 |

9.1.4 Sezione 4 - piedritto sinistro piede

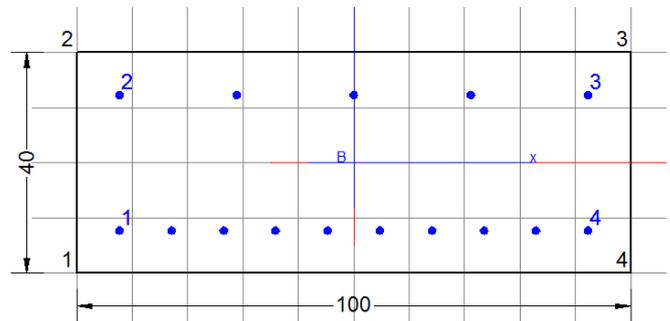
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU e SLV)

| Frame | Station | OutputCase | CaseType | P | V2 | M3 |
|-------|---------|------------|-------------|----------|---------|----------|
| Text | m | Text | Text | KN | KN | KN-m |
| 89 | 0 | SLU3 | Combination | -151,171 | 111,505 | 137,1923 |
| 89 | 0 | SLV1 | Combination | -40,51 | 48,509 | 32,7924 |
| 89 | 0,1 | RARA3 | Combination | -110,383 | 78,718 | 92,6949 |
| 89 | 0,1 | FREQ7 | Combination | -98,025 | 61,292 | 76,3626 |
| 89 | 0,1 | QP 1 | Combination | -45,932 | 24,64 | 19,5103 |

Armatura tesa Φ 14/10
 Armatura compressa Φ 14/20
 Armatura a taglio Φ 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 ² |
| | 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 |

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 68 di 134 |

| | | |
|--|------------------|---------------------|
| 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 ² |
| 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 | -42.3 | -12.3 | 14 |
| 2 | -42.3 | 12.3 | 14 |
| 3 | 42.3 | 12.3 | 14 |
| 4 | 42.3 | -12.3 | 14 |

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1 | 1 | 4 | 8 | 14 |
| 2 | 2 | 3 | 3 | 14 |

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

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 69 di 134 |

| Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x | | | | | |
|--|------|--------|------|------|------|
| N°Comb. | N | Mx | My | Vy | Vx |
| 1 | 0.00 | 137.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 0.00 | 32.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|------|-------|------|
| 1 | 0.00 | 92.60 | 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 | 76.30 (63.07) | 0.00 (0.00) |

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

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

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|------|---------------|-------------|
| 1 | 0.00 | 19.50 (63.07) | 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: 8.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 70 di 134 |

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
As Tesa Area armature [cm²] 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 | 137.00 | 0.00 | 0.00 | 193.21 | 0.00 | 1.410 | 23.1(4.2) |
| 2 | S | 0.00 | 32.70 | 0.00 | 0.00 | 193.21 | 0.00 | 5.908 | 23.1(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 | -0.00755 | -50.0 | 20.0 | -0.00146 | -42.3 | 12.3 | -0.01732 | -42.3 | -12.3 |
| 2 | 0.00350 | -0.00755 | -50.0 | 20.0 | -0.00146 | -42.3 | 12.3 | -0.01732 | -42.3 | -12.3 |

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità 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 | 0.000644532 | -0.009390647 | 0.168 | 0.700 |
| 2 | 0.000000000 | 0.000644532 | -0.009390647 | 0.168 | 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 [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 tre le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 71 di 134 |

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. | D barre | Beta12 |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|
| 1 | S | 6.17 | -50.0 | 20.0 | -209.0 | 32.9 | -12.3 | 1496 | 15.4 | 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 | 5.08 | -50.0 | 20.0 | -172.2 | 32.9 | -12.3 | 1496 | 15.4 | 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 Coprifero [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 | -2.6 | -0.6 | 0.156 | 14 | 70.0 | 0.658 | 0.00057 (0.00034) | 244 | 0.235 (0.30) | 63.07 | 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 | 1.30 | -50.0 | 20.0 | -44.0 | 32.9 | -12.3 | 1496 | 15.4 | 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 | 0.156 | 14 | 70.0 | -4.230 | 0.00009 (0.00009) | 244 | 0.036 (0.20) | 63.07 | 0.00 |

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 72 di 134 |

La verifica a taglio è stata effettuata con il valore massimo del taglio letto a filo del piedritto che risulta pari a 108.38 kN(SLU7).

Verifica di resistenza a taglio

Caratteristiche materiali

Cl_s R_{ck}

Cl_s condizioni calcestruzzo

Acciaio 1 acciaio barre longitudinali

Acciaio 2 acciaio armature trasversali

γ_c coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

γ_s coefficiente parziale relativo all'acciaio

Geometrie sezione

b_w mm larghezza dell'anima resistente (larghezza minima d'anima)

d mm altezza utile della sezione

A_c mm² area della sezione di calcestruzzo

Caratteristiche armature

n_{bl} numero di barre longitudinali

Ø_{bl} mm diametro delle barre longitudinali

n_{bw} numero di bracci delle staffe

Ø_{st} mm diametro delle staffe

s_{st} mm passo delle staffe

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

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed} KN sforzo normale di calcolo (+ per compressione)

V_{Ed} KN taglio di calcolo

N_{Rd} 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_{eff} 1,76 coefficiente considerato nei calcoli

v_{min} 0,469

V_{Rd,1} 180,3 KN taglio resistente - valore 1

V_{Rd,2} 164,2 KN taglio resistente - valore 2

V_{Rd} **180,3** KN taglio resistente di calcolo

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 73 di 134 |

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 |
| 80 | 0,925 | SLU2 | Combination | -211,812 | -37,349 | 69,6421 |
| 80 | 0,925 | SLV2 | Combination | -38,86 | 2,999 | 4,7021 |
| 80 | 0,925 | RARA2 | Combination | -153,312 | -23,926 | 48,3479 |
| 80 | 0,925 | FREQ2 | Combination | -125,745 | -22,628 | 38,6971 |
| 80 | 0,925 | QP 2 | Combination | -36,685 | -8,133 | 5,6385 |

Armatura tesa

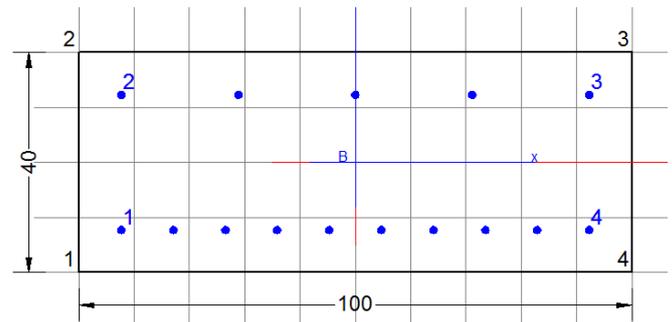
Φ 14/10

Armatura compressa

Φ 14/20

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'inertza |



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 ² |
| | 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 |

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 74 di 134 |

| | | |
|--|------------------|---------------------|
| Modulo Elastico Ef | 2000000 | daN/cm ² |
| Diagramma tensione-deformaz.: | Bilineare finito | |
| Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 * \beta_2$: | 1.00 | |
| Coeff. Aderenza differito $\beta_1 * \beta_2$: | 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 | -42.3 | -12.3 | 14 |
| 2 | -42.3 | 12.3 | 14 |
| 3 | 42.3 | 12.3 | 14 |
| 4 | 42.3 | -12.3 | 14 |

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1 | 1 | 4 | 8 | 14 |
| 2 | 2 | 3 | 3 | 14 |

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 est

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 75 di 134 |

| | | | | | |
|---|------|-------|------|------|------|
| 1 | 0.00 | 69.64 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 0.00 | 4.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

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

| | | | | | |
|---------|--|-------|------|--|--|
| N | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione) | | | | |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione | | | | |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione | | | | |
| N°Comb. | N | Mx | My | | |
| 1 | 0.00 | 48.34 | 0.00 | | |

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

| | | | | | |
|---------|--|---------------|-------------|--|--|
| N | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione) | | | | |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione | | | | |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione | | | | |
| N°Comb. | N | Mx | My | | |
| 1 | 0.00 | 38.70 (63.07) | 0.00 (0.00) | | |

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

| | | | | | |
|---------|--|--------------|-------------|--|--|
| N | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione) | | | | |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione | | | | |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione | | | | |
| N°Comb. | N | Mx | My | | |
| 1 | 0.00 | 5.60 (63.07) | 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: 8.0 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.)

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 76 di 134 |

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 [cm²] 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 | 69.64 | 0.00 | 0.00 | 193.21 | 0.00 | 2.774 | 23.1(4.2) |
| 2 | S | 0.00 | 4.70 | 0.00 | 0.00 | 193.21 | 0.00 | 41.108 | 23.1(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 | -0.00755 | -50.0 | 20.0 | -0.00146 | -42.3 | 12.3 | -0.01732 | -42.3 | -12.3 |
| 2 | 0.00350 | -0.00755 | -50.0 | 20.0 | -0.00146 | -42.3 | 12.3 | -0.01732 | -42.3 | -12.3 |

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità 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 | 0.000644532 | -0.009390647 | 0.168 | 0.700 |
| 2 | 0.000000000 | 0.000644532 | -0.009390647 | 0.168 | 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 [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 | 3.22 | -50.0 | 20.0 | -109.1 | 32.9 | -12.3 | 1496 | 15.4 | 9.4 | 1.00 |

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 77 di 134 |

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 | 2.58 | -50.0 | 20.0 | -87.4 | 32.9 | -12.3 | 1496 | 15.4 | 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 |
| 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 | = $1 - \text{Beta}12 * (S_{sr}/S_s)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96] |
| srm | Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 * S_s / E_s$ è tra parentesi |
| wk | Distanza media tra le fessure [mm] |
| MX fess. | Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e_{sm} * s_{rm}$. 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 | -1.3 | -0.3 | 0.156 | 14 | 70.0 | -0.328 | 0.00017 (0.00017) | 244 | 0.072 (0.30) | 63.07 | 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 | 0.37 | -50.0 | 20.0 | -12.6 | 32.9 | -12.3 | 1496 | 15.4 | 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 | -0.2 | 0.0 | 0.156 | 14 | 70.0 | -62.420 | 0.00003 (0.00003) | 244 | 0.010 (0.20) | 63.07 | 0.00 |

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 78 di 134 |

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 |
| 97 | 0 | SLU3 | Combination | -127,173 | 141,818 | 134,4848 |
| 97 | 0 | SLV1 | Combination | -59,482 | 35,755 | 34,3042 |
| 97 | 0,1 | RARA3 | Combination | -94,065 | 104,798 | 88,4322 |
| 97 | 0,1 | FREQ7 | Combination | -74,866 | 92,808 | 70,922 |
| 97 | 0,1 | QP 1 | Combination | -33,756 | 31,839 | 18,7041 |

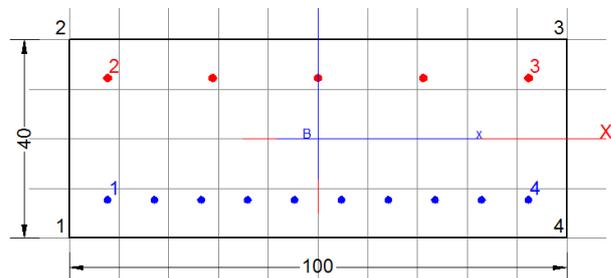
Armatura tesa Φ 14/10

Armatura compressa Φ 16/20

Armatura a taglio Φ 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'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 ² |
| | 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 |
| Resist. snerv. di calcolo fyd: | | 391.30 MPa |

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 79 di 134 |

| | | |
|--|------------------|---------------------|
| Resist. ultima di calcolo ftd: | 391.30 | MPa |
| Deform. ultima di calcolo Epu: | 0.068 | |
| Modulo Elastico Ef | 2000000 | daN/cm ² |
| 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 | -42.3 | -12.3 | 14 |
| 2 | -42.3 | 12.3 | 16 |
| 3 | 42.3 | 12.3 | 16 |
| 4 | 42.3 | -12.3 | 14 |

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1 | 1 | 4 | 8 | 14 |
| 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 |

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 80 di 134 |

| N°Comb. | N | Mx | My | Vy | Vx |
|---------|------|--------|------|------|------|
| 1 | 0.00 | 134.48 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 0.00 | 34.30 | 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 | 88.40 | 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 | 71.00 (86.65) | 0.00 (0.00) |

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

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

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|------|---------------|-------------|
| 1 | 0.00 | 18.70 (86.65) | 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: 8.0 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

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 81 di 134 |

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 [cm²] 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 | 134.48 | 0.00 | 0.00 | 190.83 | 0.00 | 1.419 | 25.4(5.4) |
| 2 | S | 0.00 | 34.30 | 0.00 | 0.00 | 190.83 | 0.00 | 5.563 | 25.4(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 | -0.00664 | -50.0 | 20.0 | -0.00106 | -42.3 | 12.3 | -0.01561 | -42.3 | -12.3 |
| 2 | 0.00350 | -0.00664 | -50.0 | 20.0 | -0.00106 | -42.3 | 12.3 | -0.01561 | -42.3 | -12.3 |

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità 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 | 0.000591715 | -0.008334295 | 0.183 | 0.700 |
| 2 | 0.000000000 | 0.000591715 | -0.008334295 | 0.183 | 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 [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 |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 82 di 134 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|------|-------|------|--------|------|-------|------|------|-----|------|
| 1 | S | 5.85 | -50.0 | 20.0 | -199.8 | 32.9 | -12.3 | 1496 | 15.4 | 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 | 4.70 | -50.0 | 20.0 | -160.5 | 32.9 | -12.3 | 1496 | 15.4 | 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}
 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 Ac eff
 k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata
 k3 = $(S1 + S2)/(2*S1)$ con riferimento all'area tesa Ac eff
 Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac 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 | -2.4 | -0.6 | 0.157 | 14 | 70.0 | 0.255 | 0.00032 (0.00032) | 244 | 0.133 (0.30) | 86.65 | 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 | 1.24 | -50.0 | 20.0 | -42.3 | 32.9 | -12.3 | 1496 | 15.4 | 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 | -0.6 | -0.2 | 0.157 | 14 | 70.0 | -9.735 | 0.00008 (0.00008) | 244 | 0.035 (0.20) | 86.65 | 0.00 |

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 83 di 134 |

La verifica a taglio è stata effettuata con il valore massimo del taglio letto a filo del piedritto che risulta pari a 164.64 Kn(SLU9).

Verifica di resistenza a taglio

Caratteristiche materiali

Cl_s R_{ck}

Cl_s condizioni calcestruzzo

Acciaio 1 acciaio barre longitudinali

Acciaio 2 acciaio armature trasversali

γ_c coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

γ_s coefficiente parziale relativo all'acciaio

Geometrie sezione

b_w mm larghezza dell'anima resistente (larghezza minima d'anima)

d mm altezza utile della sezione

A_c mm² area della sezione di calcestruzzo

Caratteristiche armature

n_{bl} numero di barre longitudinali

Ø_{bl} mm diametro delle barre longitudinali

n_{bw} numero di bracci delle staffe

Ø_{st} mm diametro delle staffe

s_{st} mm passo delle staffe

α ° inclinazione delle staffe (α=90° 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

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/mm² tensione tangenziale corda baricentrica

σ_t N/mm² tensione principale di trazione sulla corda baricentrica

ctgθ_{lim} valore limite dell'inclinazione delle bielle

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 est

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 84 di 134 |

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 |
| 68 | 0,34 | SLU2 | Combination | 7,168 | 14,449 | -84,7473 |
| 68 | 0,34 | SLV2 | Combination | -33,932 | 10,122 | -13,7736 |
| 68 | 0,34 | RARA2 | Combination | -11,334 | 16,174 | -62,1479 |
| 68 | 0,34 | FREQ2 | Combination | -4,506 | 8,945 | -50,303 |
| 68 | 0,34 | QP 2 | Combination | -16,969 | 3,863 | -16,7934 |

Armatura tesa

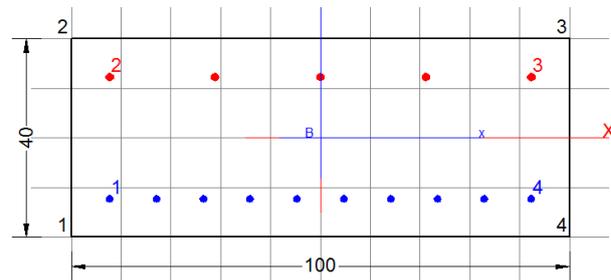
Φ 16/20

Armatura compressa

Φ 14/10

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: | 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 ² |
| | 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 |

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 85 di 134 |

| | | |
|--|------------------|---------------------|
| Modulo Elastico Ef | 2000000 | daN/cm ² |
| Diagramma tensione-deformaz.: | Bilineare finito | |
| Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 * \beta_2$: | 1.00 | |
| Coeff. Aderenza differito $\beta_1 * \beta_2$: | 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 | 14 |
| 2 | -42.2 | 12.2 | 16 |
| 3 | 42.2 | 12.2 | 16 |
| 4 | 42.2 | -12.2 | 14 |

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1 | 1 | 4 | 8 | 14 |
| 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 est

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 86 di 134 |

| | | | | | |
|---|------|--------|------|------|------|
| 1 | 0.00 | -84.74 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 0.00 | -13.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

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

| | | | | | |
|---------|--|--------|------|--|--|
| N | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione) | | | | |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione | | | | |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione | | | | |
| N°Comb. | N | Mx | My | | |
| 1 | 0.00 | -62.14 | 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 | -50.30 (-84.60) | 0.00 (0.00) | | |

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

| | | | | | |
|---------|--|-----------------|-------------|--|--|
| N | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione) | | | | |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione | | | | |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione | | | | |
| N°Comb. | N | Mx | My | | |
| 1 | 0.00 | -16.80 (-84.60) | 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: 8.0 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.)

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 87 di 134 |

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 [cm²] 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 | -84.74 | 0.00 | 0.00 | -138.64 | 0.00 | 1.636 | 25.4(5.4) |
| 2 | S | 0.00 | -13.70 | 0.00 | 0.00 | -138.64 | 0.00 | 10.119 | 25.4(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 | -0.00699 | -50.0 | -20.0 | -0.00127 | -42.2 | -12.2 | -0.01620 | 42.2 | 12.2 |
| 2 | 0.00350 | -0.00699 | -50.0 | -20.0 | -0.00127 | -42.2 | -12.2 | -0.01620 | 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 | -0.000611956 | -0.008739122 | 0.178 | 0.700 |
| 2 | 0.000000000 | -0.000611956 | -0.008739122 | 0.178 | 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 [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 | 4.92 | 50.0 | -20.0 | -211.3 | 21.1 | 12.2 | 1524 | 10.1 | 21.1 | 1.00 |

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 88 di 134 |

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 | 3.98 | 50.0 | -20.0 | -171.1 | 21.1 | 12.2 | 1524 | 10.1 | 21.1 | 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 |
| 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 | = $1 - \text{Beta}12 * (S_{sr}/S_s)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96] |
| srm | Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 * S_s / E_s$ è tra parentesi |
| wk | Distanza media tra le fessure [mm] |
| MX fess. | Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e_{sm} * s_{rm}$. 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 | -1.7 | -0.4 | 0.153 | 16 | 70.0 | -0.414 | 0.00034 (0.00034) | 330 | 0.192 (0.30) | -84.60 | 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 | 1.33 | 50.0 | -20.0 | -57.1 | 21.1 | 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 | -0.6 | -0.1 | 0.153 | 16 | 70.0 | -11.678 | 0.00011 (0.00011) | 330 | 0.064 (0.20) | -84.60 | 0.00 |

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 89 di 134 |

10 RIEPILOGO ARMATURE – TOMBINO

| Elemento strutturale | Sezione | Armatura Principale | Armatura secondaria | Incidenze |
|----------------------|-----------|------------------------------|---------------------|-----------------------|
| soletta superiore | nodo | Φ 16/10 sup. Φ 16/10 inf. | φ12/20 ambo i lati | 150 kg/m ³ |
| | campata | Φ 16/10 sup. Φ 16/10 inf. | φ12/20 ambo i lati | |
| piedritti | nodo sup. | φ14/10 est. φ14/20 int. | φ12/20 ambo i lati | 75 kg/m ³ |
| | nodo inf. | φ14/10 est. φ14/20 int. | φ12/20 ambo i lati | |
| soletta inferiore | mezzeria | Φ 14/20 sup. Φ 14/10 inf. | φ12/20 ambo i lati | 80 kg/m ³ |
| | nodo | Φ 16/20 sup. Φ 14/10 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 γ , 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 35, 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 est

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 91 di 134 |

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

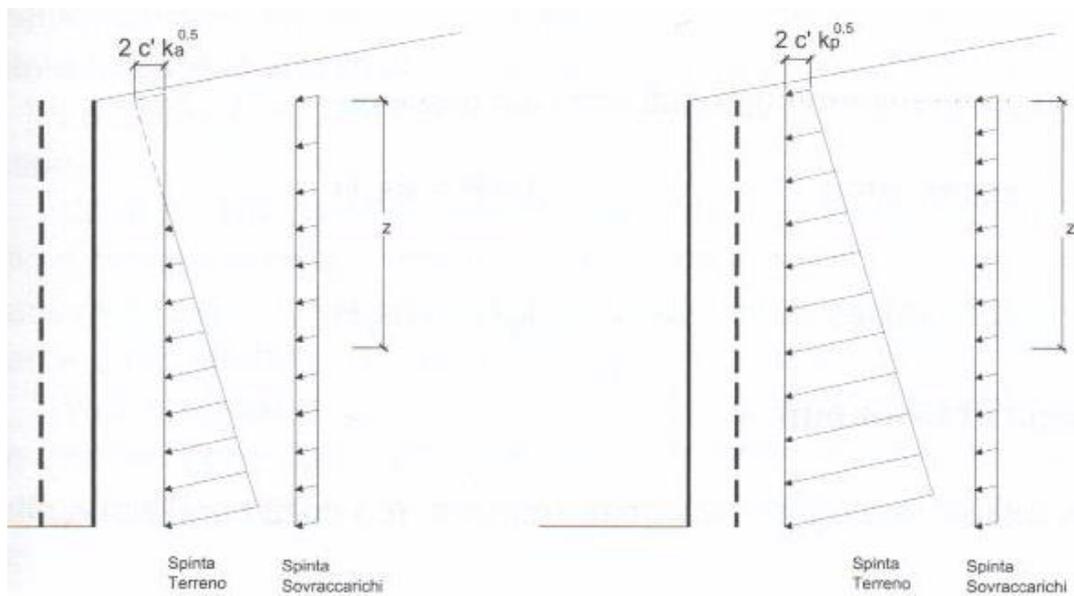


Figura 34: Spinte orizzontali in condizioni statiche

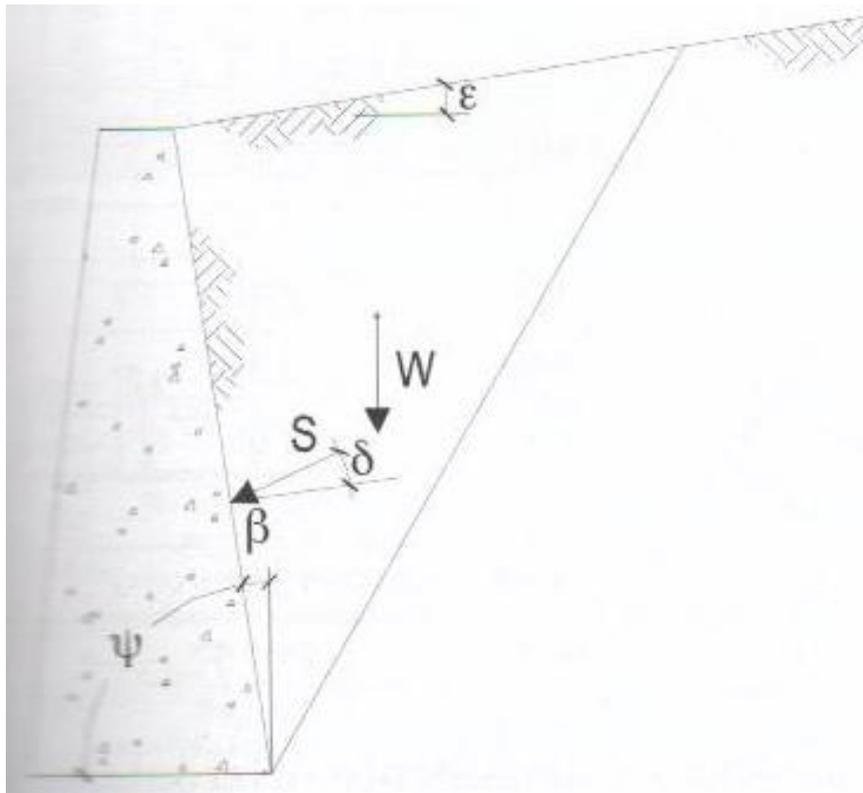


Figura 35: Parametri geometrici per la valutazione dei coefficienti di spinta

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 34, 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:

$$\text{per } \varepsilon \leq \phi' - \theta$$

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

$$\text{per } \varepsilon \geq \phi' - \theta$$

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

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 94 di 134 |

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

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:

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

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

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

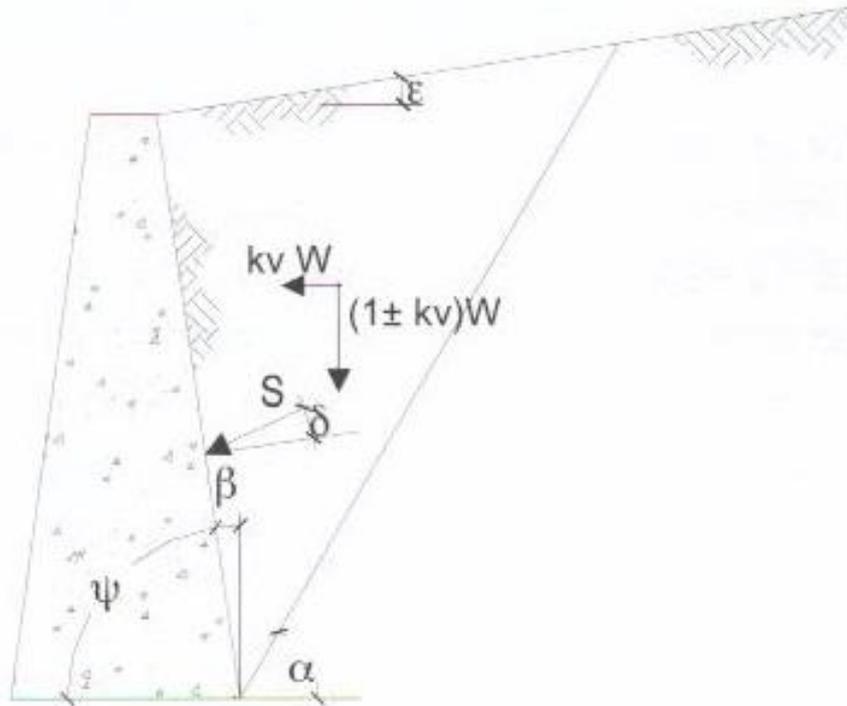


Figura 36: Azioni sismiche pseudo-statiche

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 θ secondo l'espressione:

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

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 scivolo, 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.

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_I;**
- Vita nominale: **V_N = 75 anni;**
- Classe d'uso : **II;**
- Coeff. d'uso: **c_u = 1;**
- Periodo di riferimento per l'azione sismica: **V_R = V_N x c_u = 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 est

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 98 di 134 |

Individuazione della pericolosità sismica del sito

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE
13,24777

LATITUDINE
46,00194

Ricerca per comune

REGIONE
Lombardia

PROVINCIA
Milano

COMUNE
Aicurzio

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Reticolo di riferimento



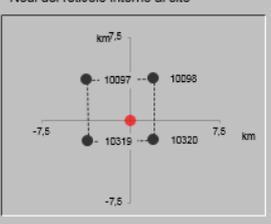
Controllo sul reticolo

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

Interpolazione

superficie rigata

Nodi del reticolo intorno al sito



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

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Scelta della strategia di progettazione

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino est

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 99 di 134 |

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

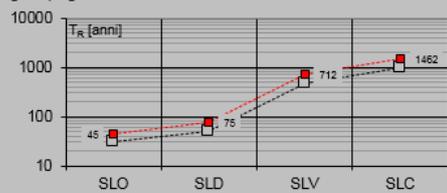
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

| Stati limite di esercizio - SLE | Valore |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| SLO - $P_{VR} = 81\%$ | <input type="text" value="45"/> |
| SLD - $P_{VR} = 63\%$ | <input type="text" value="75"/> |
| Stati limite ultimi - SLU | Valore |
| 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

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

Determinazione dell'azione di progetto SLV

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo info

$S_B = 1.188$

$C_C = 1.364$ info

Categoria topografica 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 ξ (%)

$\eta = 1.000$ info

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore q_s

Regol. in altezza info

Compon. verticale

Spettro di progetto

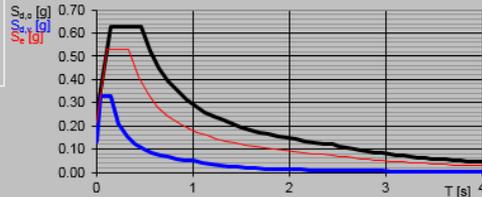
Fattore q

$\eta = 1/q = 1.000$ 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 est

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 100 di 134 |

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 | 0,211 g |
| F_c | 2,496 |
| T_c | 0,342 s |
| S_g | 1,189 |
| C_c | 1,363 |
| S_T | 1,000 |
| q | 1,000 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1,189 |
| η | 1,000 |
| T_B | 0,155 s |
| T_C | 0,466 s |
| T_D | 2,445 s |

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Punti dello spettro di risposta

| T [s] | S_e [g] |
|-------|-----------|
| 0,000 | 0,251 |
| 0,155 | 0,627 |
| 0,466 | 0,627 |
| 0,560 | 0,522 |
| 0,655 | 0,447 |
| 0,749 | 0,390 |
| 0,843 | 0,347 |
| 0,937 | 0,312 |
| 1,032 | 0,283 |
| 1,126 | 0,260 |
| 1,220 | 0,240 |
| 1,314 | 0,222 |
| 1,409 | 0,208 |
| 1,503 | 0,195 |
| 1,597 | 0,183 |
| 1,691 | 0,173 |
| 1,786 | 0,164 |
| 1,880 | 0,156 |
| 1,974 | 0,148 |
| 2,068 | 0,141 |
| 2,163 | 0,135 |
| 2,257 | 0,130 |
| 2,351 | 0,124 |
| 2,445 | 0,120 |
| 2,519 | 0,113 |
| 2,593 | 0,106 |
| 2,667 | 0,100 |
| 2,741 | 0,095 |
| 2,815 | 0,090 |
| 2,889 | 0,086 |
| 2,964 | 0,081 |
| 3,038 | 0,077 |
| 3,112 | 0,074 |
| 3,186 | 0,070 |
| 3,260 | 0,067 |
| 3,334 | 0,064 |
| 3,408 | 0,062 |
| 3,482 | 0,059 |
| 3,556 | 0,057 |
| 3,630 | 0,054 |
| 3,704 | 0,052 |
| 3,778 | 0,050 |
| 3,852 | 0,048 |
| 3,926 | 0,046 |
| 4,000 | 0,045 |

La verifica dell'adeguatezza del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. L'ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

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.

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 101 di 134 |

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

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

essendo

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

Tabella 1: Sintesi dei parametri sismici

| S_s | S_t | a_g | a_{max} | β_m | k_h | k_v |
|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| [°] | [°] | [g] | [g] | [-] | [-] | [-] |
| 1.189 | 1 | 0.211 | 0.251 | 0.38 | 0.095 | 0.048 |

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

| Dati Geotecnici | | | | valori caratteristici | valori di progetto | |
|-------------------------|--|----------------------|------------|--|---------------------------|------------|
| | | | | SLE | STR/GEO | EQU |
| Dati Terrapieno | Angolo di attrito del terrapieno | (°) | ϕ' | 35,00 | 35,00 | 35,00 |
| | Peso Unità di Volume del terrapieno | (kN/m ³) | γ' | 19,50 | 19,50 | 19,50 |
| | Angolo di attrito terreno-superficie ideale | (°) | δ | 23,33 | 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 | 0,00 |
| | Angolo di attrito del Terreno di Fondazione | (°) | $\phi1'$ | 38,00 | 38,00 | 38,00 |
| | Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione | (kN/m ³) | $\gamma1$ | 20,00 | 20,00 | 20,00 |
| | Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione | (kN/m ³) | γd | 20,00 | 20,00 | 20,00 |
| | Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B) | (m) | Hs | 6,20 | | |
| | Modulo di deformazione | (kN/m ²) | E | 65000 | | |

13.2 Analisi dei carichi

13.2.1 Carichi permanenti:

In 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 un spessore pari a 0.09m e $\gamma_{med} = 24\text{kN/m}^3$ applicato come carico distribuito 2.16 kN/m.

13.2.2 Sovraccarico accidentale:

Il sovraccarico accidentale è pari a 20 kN/m² rappresentativo del carico per effetto del traffico.

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 103 di 134 |

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 $1.33 \times 2 + 2.40 = 5.06\text{m}$.

13.3 Forze inerziali

In condizioni sismiche le forze d'inerzia orizzontali e verticali 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 | 0,211 | (-) |
| | Coefficiente Amplificazione Stratigrafico | S_s | 1,189 | (-) |
| | Coefficiente Amplificazione Topografico | S_T | 1 | (-) |
| | Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima | β_s | 0,38 | (-) |
| | Coefficiente sismico orizzontale | k_h | 0,09533402 | (-) |
| | Coefficiente sismico verticale | k_v | 0,0477 | (-) |
| | 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 est

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 105 di 134 |

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

$$\text{Frequente)} \quad \Rightarrow \quad G1+G2+\psi11 \cdot Q k1+\sum i\psi2i \cdot Qki$$

$$\text{Quasi permanente)} \quad \Rightarrow \quad G1+G2+\psi21 \cdot Q k1+\sum i\psi2i \cdot Qki$$

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

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

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

$$G1+G2+\sum i\psi2i \cdot Qki$$

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

$$A1+M1+R3 \quad \Rightarrow \quad Ad+G1+G2+\sum i\psi2i \cdot Qki$$

| Carichi | Effetto | Coeff. Parziale | EQU | A1 (STR) | A2 (GEO) | SLE | altro |
|------------|-------------|-----------------|------|----------|----------|------|-------|
| Permanenti | favorevole | γ_G | 0,90 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevole | | 1,10 | 1,30 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Variabili | favorevole | γ_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 | $\tan \phi'_k$ | $\gamma_{\phi'}$ | 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} | γ_{cu} | 1,00 | 1,40 | 1,00 | 1,00 |
| peso unità di volume | γ | γ_γ | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

| Verifica | Coeff. Parziale | R1 | R2 | R3 | SLE | altro |
|------------------------------|-----------------|------|------|------|------|-------|
| Capacità portante fondazione | γ_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 |

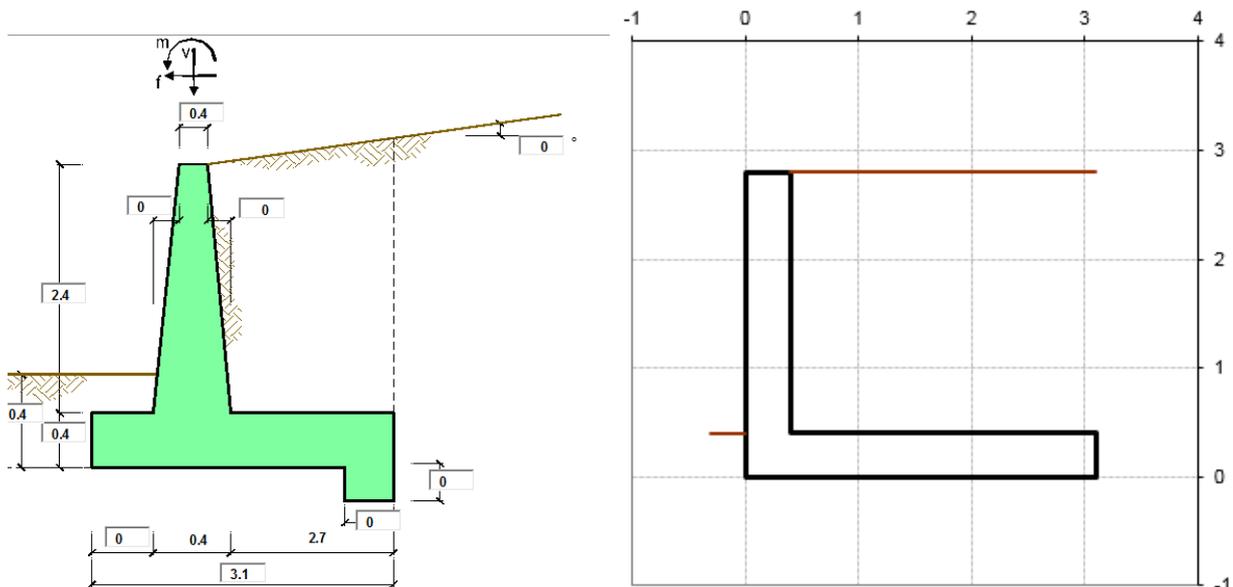
**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**
Relazione di calcolo tombino est

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 106 di 134 |

15 VERIFICHE

15.1 Verifiche geotecniche

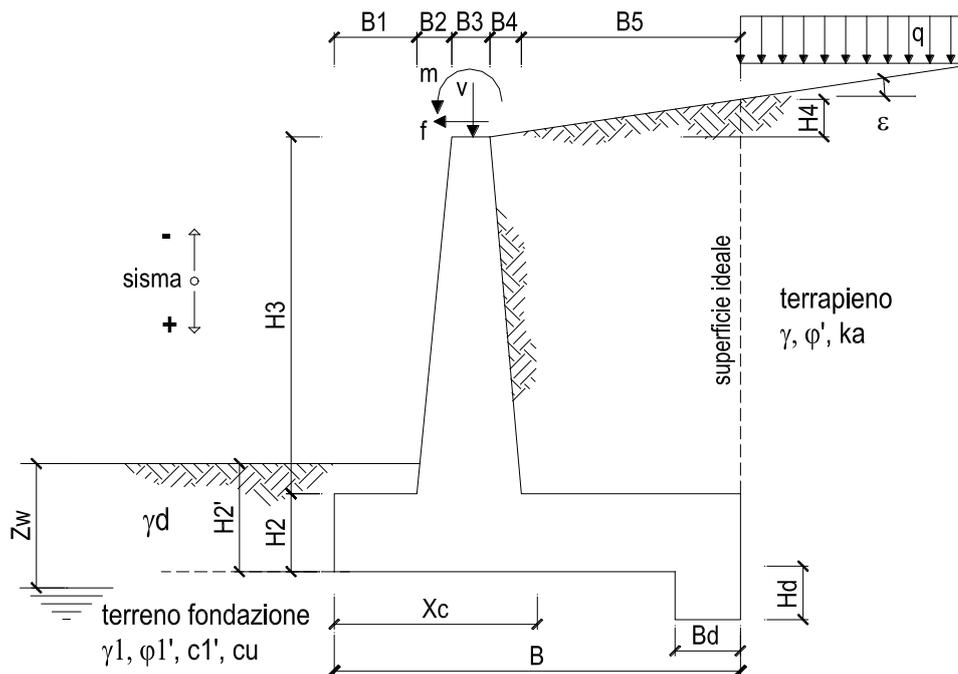
15.1.1 Combinazione statica



Coefficienti di sicurezza

| | | | |
|----------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Statico | <u>Scorrimento</u> 2,86 | <u>Ribaltamento</u> 4,79 | <u>Carico limite</u> 9,80 |
|----------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|

| | | | | |
|-------|-------------|---------|-----------------------|----------------------------------|
| 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"/> | |



OPERA Esempio

DATI DI PROGETTO:

Geometria del Muro

| | | | |
|----------------------------|------|------|-----|
| Elevazione | H3 = | 2.40 | (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 | γ_{cls} = | 25.00 | (kN/m ³) |
|---------------------------------|------------------|-------|----------------------|

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 108 di 134 |

FORZE VERTICALI

| | | SLE | STR/GEO |
|--|--|---------------|---------|
| - Peso del Muro (Pm) | | | |
| Pm1 = | $(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$ | (kN/m) 0,00 | 0,00 |
| Pm2 = | $(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$ | (kN/m) 24,00 | 24,00 |
| Pm3 = | $(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$ | (kN/m) 0,00 | 0,00 |
| Pm4 = | $(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$ | (kN/m) 31,00 | 31,00 |
| Pm5 = | $(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$ | (kN/m) 0,00 | 0,00 |
| Pm = | Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5 | (kN/m) 55,00 | 55,00 |
| - Peso del terreno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro (Pt) | | | |
| Pt1 = | $(B5 \cdot H3 \cdot \gamma')$ | (kN/m) 126,36 | 126,36 |
| Pt2 = | $(0,5 \cdot (B4+B5) \cdot H4 \cdot \gamma')$ | (kN/m) 0,00 | 0,00 |
| Pt3 = | $(B4 \cdot H3 \cdot \gamma')/2$ | (kN/m) 0,00 | 0,00 |
| Sovr = | $q_p \cdot (B4+B5)$ | (kN/m) 5,83 | 7,58 |
| Pt = | Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr | (kN/m) 132,19 | 133,94 |
| - Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro | | | |
| Sovr acc. Stat | $q^* \cdot (B4+B5)$ | (kN/m) 54 | 81 |

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

| | | SLE | STR/GEO |
|---|---|----------------|---------|
| - Muro (Mm) | | | |
| Mm1 = | $Pm1 \cdot (B1+2/3 B2)$ | (kNm/m) 0,00 | 0,00 |
| Mm2 = | $Pm2 \cdot (B1+B2+0,5 \cdot B3)$ | (kNm/m) 4,80 | 4,80 |
| Mm3 = | $Pm3 \cdot (B1+B2+B3+1/3 B4)$ | (kNm/m) 0,00 | 0,00 |
| Mm4 = | $Pm4 \cdot (B/2)$ | (kNm/m) 48,05 | 48,05 |
| Mm5 = | $Pm5 \cdot (B - Bd/2)$ | (kNm/m) 0,00 | 0,00 |
| Mm = | Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5 | (kNm/m) 52,85 | 52,85 |
| - Terrapieno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro | | | |
| Mt1 = | $Pt1 \cdot (B1+B2+B3+B4+0,5 \cdot B5)$ | (kNm/m) 221,13 | 221,13 |
| Mt2 = | $Pt2 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot (B4+B5))$ | (kNm/m) 0,00 | 0,00 |
| Mt3 = | $Pt3 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot B4)$ | (kNm/m) 0,00 | 0,00 |
| Msovr = | $Sovr \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$ | (kNm/m) 10,21 | 13,27 |
| Mt = | Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr | (kNm/m) 231,34 | 234,40 |
| - Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro | | | |
| Sovr acc. Stat | $q^* \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$ | (kNm/m) 94,5 | 141,75 |

CONDIZIONE STATICA

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| | | SLE | STR/GEO |
|---|---|--------------|---------|
| - Spinta totale condizione statica | | | |
| St = | $0,5 \cdot \gamma^* \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$ | (kN/m) 20,71 | 26,93 |
| Sq perm = | $q^* \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka$ | (kN/m) 1,64 | 2,13 |
| Sq acc = | $q^* \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka$ | (kN/m) 15,18 | 22,76 |
| - Componente orizzontale condizione statica | | | |
| Sth = | $St \cdot \cos \delta$ | (kN/m) 20,71 | 26,93 |
| Sqh perm = | $Sq \text{ perm} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) 1,64 | 2,13 |
| Sqh acc = | $Sq \text{ acc} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) 15,18 | 22,76 |

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 109 di 134 |

- 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) | 19,33 | 25,13 |
| MSt2 = | $St \cdot B$ | (kNm/m) | 0,00 | 0,00 |
| MSq1 perm = | $Sq \text{ perm} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$ | (kNm/m) | 2,29 | 2,98 |
| MSq1 acc = | $Sq \text{ acc} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$ | (kNm/m) | 21,25 | 31,87 |
| 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 = | $Pm + Pt + v + Stv + Sqv \text{ perm} + Sqv \text{ acc}$ | 189,94 | (kN/m) |
|-----|--|--------|--------|

Risultante forze orizzontali (T)

| | | | |
|-----|---------------|-------|--------|
| T = | $St + Sq + f$ | 51,82 | (kN/m) |
|-----|---------------|-------|--------|

Coefficiente di attrito alla base (f)

| | | | |
|-----|----------------|------|-----|
| f = | $\tan \phi_1'$ | 0,78 | (-) |
|-----|----------------|------|-----|

| | | | | |
|------------------|--|-------------|-------------|------------|
| Fs scorr. | $(N \cdot f + Sp) / T$ | 2,86 | > | 1,1 |
|------------------|--|-------------|-------------|------------|

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

| | | | |
|------|--------------------|--------|-----------|
| Ms = | $Mm + Mt + Mfext3$ | 287,45 | (kNm/m) |
|------|--------------------|--------|-----------|

Momento ribaltante (Mr)

| | | | |
|------|-------------------------------------|-------|-----------|
| Mr = | $MSt + MSq + Mfext1 + Mfext2 + MSp$ | 59,98 | (kNm/m) |
|------|-------------------------------------|-------|-----------|

| | | | | |
|------------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|
| Fs ribaltamento | Ms / Mr | 4,79 | > | 1,15 |
|------------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 110 di 134 |

VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

| | | | | |
|--|--|--------|--------|---------|
| Risultante forze verticali (N) | | Nmin | Nmax | |
| $N = P_m + P_t + v + S_{tv} + S_{qv} (+ Sovr\ acc)$ | | 189,94 | 270,94 | (kN/m) |
| Risultante forze orizzontali (T) | | | | |
| $T = S_{th} + S_{qh} + f - S_p$ | | 51,82 | 51,82 | (kN/m) |
| Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM) | | | | |
| $MM = \sum M$ | | 227,46 | 369,21 | (kNm/m) |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione (M) | | | | |
| $M = X_c \cdot N - MM$ | | 66,95 | 50,75 | (kNm/m) |

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

Fondazione Nastriforme

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

| | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|-------|------|----------------------|
| c_1' | coesione terreno di fondaz. | 0,00 | | (kPa) |
| ϕ_1' | angolo di attrito terreno di fondaz. | 38,00 | | (°) |
| γ_1 | peso unità di volume terreno fondaz. | 20,00 | | (kN/m ³) |
| $q_0 = \gamma \cdot d \cdot H_2'$ | sovraccarico stabilizzante | 8,00 | | (kN/m ²) |
| $e = M / N$ | eccentricità | 0,35 | 0,19 | (m) |
| $B^* = B - 2e$ | larghezza equivalente | 2,40 | 2,73 | (m) |

I valori di N_c , N_q e N_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

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

I valori di i_c , i_q e i_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

| | | | | |
|---|-----------------|------|------|-----|
| $i_q = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \text{cotg}(\phi)))^m$ | (1 in cond. nd) | 0,53 | 0,65 | (-) |
| $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$ | | 0,52 | 0,52 | (-) |
| $i_\gamma = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \text{cotg}(\phi)))^{m+1}$ | | 0,38 | 0,38 | (-) |

(fondazione nastriforme $m = 2$)

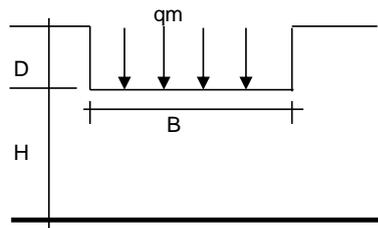
| | | | | |
|-----------|--------------------------|--------|--------|----------------------|
| q_{lim} | (carico limite unitario) | 925,53 | 974,58 | (kN/m ²) |
|-----------|--------------------------|--------|--------|----------------------|

| | | | | | |
|-------------------------|---|------|--------------|---|------------|
| FS carico limite | $F = q_{lim} \cdot B^* / N$ | Nmin | 11,67 | > | 1,4 |
| | | Nmax | 9,80 | > | |

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 111 di 134 |

CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE



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

| | | |
|-------|--------|---------|
| N | 188,19 | (kN/m) |
| M | 44,87 | (kNm/m) |
| e=M/N | 0,24 | (m) |
| B* | 2,62 | (m) |

Profondità Piano di Posa della Fondazione

| | | |
|-------|------|-----|
| D = | 0,40 | (m) |
| D/B* | 0,15 | (m) |
| Hs/B* | 2,36 | (m) |

Carico unitario medio (qm)

$$q_m = N / (B - 2*e) = N / B^* = 72,41 \quad (\text{kN/mq})$$

Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$

$$\mu_0 = 0,956 \quad (-)$$

Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$

$$\mu_1 = 0,74 \quad (-)$$

Cedimento della fondazione

$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * q_m * B^* / E = 2,06 \quad (\text{mm})$$

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 112 di 134 |

15.1.2 Combinazione sismica

Il combinazione per condizione sismica e come in seguito:

| 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"/> | |

| Carichi | Effetto | Coeff. Parziale | EQU | A1 (STR) | A2 (GEO) | SLE | altro |
|------------|-------------|-----------------|------|----------|----------|------|-------|
| Permanenti | favorevole | γ_G | 0,90 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevole | | 1,10 | 1,30 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Variabili | favorevole | γ_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 | $\tan \phi'_k$ | γ_ϕ | 1,00 | 1,25 | 1,00 | 1,00 |
| coesione | c'_k | γ_c | 1,00 | 1,25 | 1,00 | 1,00 |
| resistenza non drenata | c_{uk} | γ_{cu} | 1,00 | 1,40 | 1,00 | 1,00 |
| peso unità di volume | γ | γ_f | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

| Verifica | Coeff. Parziale | R1 | R2 | R3 | SLE | altro |
|------------------------------|-----------------|------|------|------|------|-------|
| Capacità portante fondazione | γ_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

| | | | |
|----------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| Sismico | <u>Scorrimento</u> 3,19 | <u>Ribaltamento</u> 4,66 | <u>Carico limite</u> 14,19 |
|----------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 113 di 134 |

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia orizzontale e verticale del muro (Ps)

| | | | |
|--------|-------|--------|------|
| Ps h = | Pm*kh | (kN/m) | 5,24 |
| Ps v = | Pm*kv | (kN/m) | 2,62 |

- Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts)

| | | | |
|--------|-------|--------|-------|
| Ptsh = | Pt*kh | (kN/m) | 12,77 |
| Ptsv = | Pt*kv | (kN/m) | 6,38 |

- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs h)

| | | | |
|---------|--------------------------|---------|------|
| MPs1 h= | kh*Pm1*(H2+H3/3) | (kNm/m) | 0,00 |
| MPs2 h= | kh*Pm2*(H2 + H3/2) | (kNm/m) | 3,66 |
| MPs3 h= | kh*Pm3*(H2+H3/3) | (kNm/m) | 0,00 |
| MPs4 h= | kh*Pm4*(H2/2) | (kNm/m) | 0,59 |
| MPs5 h= | -kh*Pm5*(Hd/2) | (kNm/m) | 0,00 |
| MPs h= | MPs1+MPs2+MPs3+MPs4+MPs5 | (kNm/m) | 4,25 |

- Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs v)

| | | | |
|---------|--------------------------|---------|------|
| MPs1 v= | kv*Pm1*(B1+2/3*B2) | (kNm/m) | 0,00 |
| MPs2 v= | kv*Pm2*(B1+B2+B3/2) | (kNm/m) | 0,23 |
| MPs3 v= | kv*Pm3*(B1+B2+B3+B4/3) | (kNm/m) | 0,00 |
| MPs4 v= | kv*Pm4*(B/2) | (kNm/m) | 2,29 |
| MPs5 v= | kv*Pm5*(B-Bd/2) | (kNm/m) | 0,00 |
| MPs v= | MPs1+MPs2+MPs3+MPs4+MPs5 | (kNm/m) | 2,52 |

- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts h)

| | | | |
|----------|-------------------------|-----------|-------|
| MPts1 h= | kh*Pt1*(H2 + H3/2) | (kNm/m) | 19,27 |
| MPts2 h= | kh*Pt2*(H2 + H3 + H4/3) | (kNm/m) | 0,00 |
| MPts3 h= | kh*Pt3*(H2+H3*2/3) | (kNm/m) | 0,00 |
| MPts h= | MPts1 + MPts2 + MPts3 | (kNm/m) | 19,27 |

- Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts v)

| | | | |
|----------|--|-----------|-------|
| MPts1 v= | kv*Pt1*((H2 + H3/2) - (B - B5/2)*0.5) | (kNm/m) | 10,54 |
| MPts2 v= | kv*Pt2*((H2 + H3 + H4/3) - (B - B5/3)*0.5) | (kNm/m) | 0,00 |
| MPts3 v= | kv*Pt3*((H2+H3*2/3)-(B1+B2+B3+2/3*B4)*0.5) | (kNm/m) | 0,00 |
| MPts v= | MPts1 + MPts2 + MPts3 | (kNm/m) | 10,54 |

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 114 di 134 |

CONDIZIONE SISMICA +

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta condizione sismica +

| | | SLE | STR/GEO |
|--|--------|-------|---------|
| Sst1 stat = $0,5 \cdot \gamma' \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$ | (kN/m) | 20,71 | 20,71 |
| Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma' \cdot (1+kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^+ - Sst1 \text{ stat}$ | (kN/m) | 5,09 | 5,09 |
| Ssq1 perm = $qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$ | (kN/m) | 1,95 | 1,95 |
| 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) | 20,71 | 20,71 |
| Sst1h sism = $Sst1 \text{ sism} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 5,09 | 5,09 |
| Ssq1h perm = $Ssq1 \text{ perm} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 1,95 | 1,95 |
| 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

- Condizione sismica +

| | | SLE | STR/GEO |
|---|-----------|-------|---------|
| MSst1 stat = $Sst1h \text{ stat} \cdot ((H2+H3+H4+hd)/3-hd)$ | (kNm/m) | 19,33 | 19,33 |
| MSst1 sism = $Sst1h \text{ sism} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$ | (kNm/m) | 4,75 | 4,75 |
| 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) | 2,73 | 2,73 |
| 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 |

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 115 di 134 |

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad 197,20 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} \quad 45,77 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg}\phi_1' \quad 0,78 \quad (-)$$

$$F_s = (N \cdot f + S_p) / T \quad 3,37 > 1,1$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 287,45 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} \quad 37,28 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_r = M_s / M_r \quad 7,71 > 1,15$$

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} + (S_{ovr} \text{ acc}) \quad N_{min} \quad N_{max} \quad 197,20 \quad 197,20 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p \quad 45,77 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \sum M \quad 247,11 \quad 247,11 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = \chi_c \cdot N - MM \quad 58,55 \quad 58,55 \quad (\text{kNm/m})$$

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

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c_1' \cdot N_c \cdot i_c + q_0 \cdot N_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma$$

| | | | |
|------------|--------------------------------------|-------|----------------------|
| c_1' | coesione terreno di fondaz. | 0,00 | (kN/mq) |
| ϕ_1' | angolo di attrito terreno di fondaz. | 38,00 | (°) |
| γ_1 | peso unità di volume terreno fondaz. | 20,00 | (kN/m ³) |

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 116 di 134 |

| | | | | |
|-----------------------------|----------------------------|------|------|----------------------|
| $q_0 = \gamma d \cdot H_2'$ | sovraccarico stabilizzante | 8,00 | | (kN/m ²) |
| $e = M / N$ | eccentricità | 0,30 | 0,30 | (m) |
| $B^* = B - 2e$ | larghezza equivalente | 2,51 | 2,51 | (m) |

I valori di N_c , N_q e N_γ 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 | | (-) |
| $N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\varphi)$ | (0 in cond. nd) | 78,02 | | (-) |

I valori di i_c , i_q e i_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

| | | | | |
|---|-----------------|------|------|-----|
| $i_q = (1 - T / (N + B^* c \cdot \cot \varphi))^m$ | (1 in cond. nd) | 0,59 | 0,59 | (-) |
| $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$ | | 0,58 | 0,58 | (-) |
| $i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c \cdot \cot \varphi))^{m+1}$ | | 0,45 | 0,45 | (-) |

(fondazione nastriforme $m = 2$)

| | | | | |
|------|--------------------------|---------|---------|----------------------|
| qlim | (carico limite unitario) | 1116,34 | 1116,34 | (kN/m ²) |
|------|--------------------------|---------|---------|----------------------|

| | | | | | |
|-------------------------|---|------|--------------|---|------------|
| FS carico limite | $F = \text{qlim} \cdot B^* / N$ | Nmin | 14,19 | > | 1,4 |
| | | Nmax | 14,19 | > | |

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) | 20,71 | 20,71 |
| Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma \cdot (1 - k_v) \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_{as}^- \cdot Sst1 \text{ stat}$ | (kN/m) | 3,15 | 3,15 |
| Ssq1 perm = $q_p \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_{as}^-$ | (kN/m) | 1,98 | 1,98 |
| 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 = $Sst1 \text{ stat} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 20,71 | 20,71 |
| Sst1h sism = $Sst1 \text{ sism} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 3,15 | 3,15 |
| Ssq1h perm = $Ssq1 \text{ perm} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 1,98 | 1,98 |
| 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

| | | | |
|---|--------|------|------|
| $S_D = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot (1 - k_v) \cdot H_d^2 \cdot k_{ps}^- + (2 \cdot c_1 \cdot k_{ps}^{-0.5} + \gamma_1 \cdot (1 - k_v) \cdot k_{ps}^- \cdot H_2) \cdot H_d$ | (kN/m) | 0,00 | 0,00 |
|---|--------|------|------|

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 117 di 134 |

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica -

| | | SLE | STR/GEO |
|--------------|--|-----------|---------|
| MSst1 stat = | Sst1h stat * ((H2+H3+H4+hd)/3-hd) | (kNm/m) | 19,33 |
| MSst1 sism= | Sst1h sism* ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd) | (kNm/m) | 2,94 |
| MSst2 stat = | Sst1v stat* B | (kNm/m) | 0,00 |
| MSst2 sism = | Sst1v sism* B | (kNm/m) | 0,00 |
| MSsq1 = | Ssq1h * ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd) | (kNm/m) | 2,78 |
| MSsq2 = | Ssq1v * B | (kNm/m) | 0,00 |
| MSp = | $\gamma_1 * Hd^3 * kps^+ / 3 + (2 * c1 * kps^{+0.5} + \gamma_1 * kps^{+} * H2) * Hd^2 / 2$ | (kNm/m) | 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 |

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

| | | | |
|---------------------------------------|--|-------------|-----------------|
| Risultante forze verticali (N) | | | |
| N = | Pm+ Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv | 179,19 | (kN/m) |
| Risultante forze orizzontali (T) | | | |
| T = | Sst1h + Ssq1h + fp + fs +Ps h + Ptsh | 43,86 | (kN/m) |
| Coefficiente di attrito alla base (f) | | | |
| f = | tgφ1' | 0,78 | (-) |
| Fs = | (N*f + Sp) / T | 3,19 | > 1,1 |

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

| | | | |
|----------------------------|--------------------------------------|-------------|------------------|
| Momento stabilizzante (Ms) | | | |
| Ms = | Mm + Mt + Mfext3 | 287,45 | (kNm/m) |
| Momento ribaltante (Mr) | | | |
| Mr = | MSst+MSsq+Mfext1+Mfext2+MSp+MPs+Mpts | 61,63 | (kNm/m) |
| Fr = | Ms / Mr | 4,66 | > 1,15 |

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

| | | | |
|--|--|--------|------------------|
| Risultante forze verticali (N) | | | |
| N = | Pm+ Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv | Nmin | Nmax |
| | | 179,19 | 179,19 (kN/m) |
| Risultante forze orizzontali (T) | | | |
| T = | Sst1h + Ssq1h + fp + fs +Ps h + Ptsh - Sp | 43,86 | (kN/m) |
| Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM) | | | |
| MM = | ΣM | 222,75 | 222,75 (kNm/m) |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione (M) | | | |
| M = | Xc*N - MM | 54,99 | 54,99 (kNm/m) |

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 118 di 134 |

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

Fondazione Nastriforme

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

| | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|-------|------|----------------------|
| $c'1'$ | coesione terreno di fondaz. | 0,00 | | (kN/mq) |
| $\varphi 1'$ | angolo di attrito terreno di fondaz. | 38,00 | | (°) |
| γ_1 | peso unità di volume terreno fondaz. | 20,00 | | (kN/m ³) |
| $q_0 = \gamma d \cdot H_2'$ | sovraccarico stabilizzante | 8,00 | | (kN/m ²) |
| $e = M / N$ | eccentricità | 0,31 | 0,31 | (m) |
| $B^* = B - 2e$ | larghezza equivalente | 2,49 | 2,49 | (m) |

I valori di N_c , N_q e N_γ 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 | | (-) |
| $N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\varphi)$ | (0 in cond. nd) | 78,02 | | (-) |

I valori di i_c , i_q e i_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

| | | | | |
|--|-----------------|------|------|-----|
| $i_q = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \cotg(\varphi)))^m$ | (1 in cond. nd) | 0,57 | 0,57 | (-) |
| $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$ | | 0,56 | 0,56 | (-) |
| $i_\gamma = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \cotg(\varphi)))^{m+1}$ | | 0,43 | 0,43 | (-) |

(fondazione nastriforme $m = 2$)

| | | | | |
|-----------|--------------------------|---------|---------|----------------------|
| q_{lim} | (carico limite unitario) | 1058,93 | 1058,93 | (kN/m ²) |
|-----------|--------------------------|---------|---------|----------------------|

| | | | | | |
|-------------------------|-----------------------------|-----------|--------------|---|------------|
| FS carico limite | $F = q_{lim} \cdot B^* / N$ | N_{min} | 14,69 | > | 1,4 |
| | | N_{max} | 14,69 | > | 1,4 |

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 Il'urto e il calcolo delle sollecitazioni alla base del paramento in fondazione:

VERIFICA ALL'URTO

| | | |
|--|---------------|-------------------|
| Angolo di attrito terreno di base | 38 | ° |
| Angolo di attrito per spinta attiva | 35 | ° |
| Ka monte | 0.27 | |
| Kp valle | 4.20 | |
| Peso terreno | 19.5 | kN/m ³ |
| Altezza terreno da soletta di base a monte | 2.4 | m |
| Altezza terreno da soletta di base a valle | 0 | |
| Dimensione concio di verifica | 20 | m |
| Azione urto | 100 | kN |
| Altezza paramento | 2.4 | m |
| Spessore muro | 0.4 | m |
| Larghezza fondazione a monte | 2.7 | m |
| Larghezza fondazione a valle | 0.1 | m |
| Spessore soletta di base muro | 0.4 | m |
| Altezza forza urto da sommità muro | 1 | m |
| Altezza dente | 0 | m |
| Combinazione eccezionale G+Urto+ $\psi_{21}Q+\psi_{22}Q+\dots$ | | |
| Carico accidentale | 20 | kPa |
| Fattore ψ carico acc. | 1 | |
| Peso muro | 56.00 | kN/m |
| Peso terreno portato | 126.36 | kN/m |
| Peso barriera | 1 | kN/m |
| Peso carico acc. su soletta | 54.00 | kN/m |
| Peso totale | 237.36 | kN/m |
| Spinta terreno | 20.71 | kN/m |
| Spinta carico accidentale | 15.18 | kN/m |
| Spinta terreno+carico acc. | 35.89 | kN/m |
| Spinta passiva terreno dente | 0 | kN/m |
| Coefficiente di attrito di base | 0.78 | |

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 120 di 134 |

Verifica alla traslazione

| | | |
|--|------------|-------------|
| Spinta agente = (Spinta terreno+carico acc) * Dimensione concio+Urto | | |
| Spinta agente | 818 | kN |
| Spinta reagente = Peso totale del concio di muro * Coeff. attrito | | |
| Spinta reagente | 3709 | kN |
| Spinta passiva reagente | 0 | kN |
| Spinta reagente totale | 3709 | kN |
| Spinta reagente > Spinta agente x 1.1 | Fs= | 4.54 |

Verifica alla rotazione nel piano

| | | |
|--|------------|-------------|
| Momento agente (dato dal Terreno,carico acc e urto) | 9178 | kNm |
| Momento reagente (Dato dal Peso del muro+spinta passiva) | 37089 | kNm |
| Momento reagente > Momento agente x 1.1 | Fs= | 4.04 |

Verifica a ribaltamento del muro

| | | |
|---|------------|-------------|
| Momento spinta del terreno | 387 | kNm |
| Momento spinta sovraccarico | 425 | kNm |
| Momento urto | 380 | kNm |
| Momento agente | 1192 | kNm |
| Momento peso muro | 1168 | kNm |
| Momento peso terreno portato | 4675 | kNm |
| Momento peso barriera | 6 | kNm |
| Momento carico acc. su soletta | 1998 | kNm |
| Momento spinta passiva dente | 0 | kNm |
| Momento reagente | 7847 | kNm |
| Momento reagente > Momento agente | Fs= | 6.59 |

Larghezza di diffusione base del paramento **5.06** m

| | |
|--|-------------|
| Momento dovuto all'urto alla base del paramento | 67.19 kNm/m |
| Momento alla base del paramento dovuto a spinte terreno e ac | 27.78 kNm/m |
| Momento totale | 94.98 kNm/m |

Taglio alla base del paramento (urto+spinte) 47.99 kN/m

| | |
|------------------------------------|-------------|
| Momento urto asse fondazione | 68.44 kNm/m |
| Larghezza di diffusione fondazione | 5.26 m |

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

Relazione di calcolo tombino est

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 121 di 134 |

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

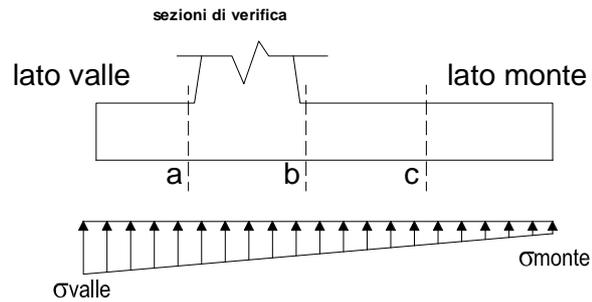
Reazione del terreno

$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

$$\sigma_{monte} = N / A - M / W_{gg}$$

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 | σ_{valle} | σ_{monte} |
|---------|--------|-------|----------------------|----------------------|
| | [kN] | [kNm] | [kN/m ²] | [kN/m ²] |
| statico | 237.36 | 96.43 | 130.68 | 17.67 |



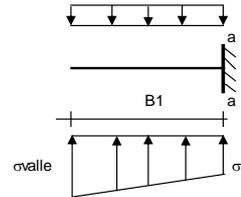
Mensola Lato Valle

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 | σ_{valle} | σ_1 | M _a |
|---------|----------------------|----------------------|----------------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] |
| statico | 130.68 | 127.15 | 0.60 |

Peso Proprio



Mensola Lato Monte

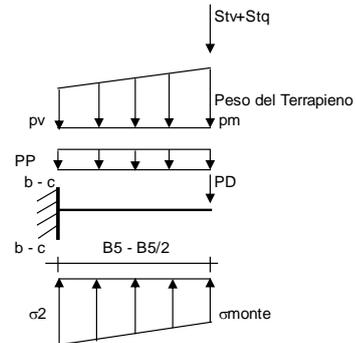
PP = 10.00 (kN/m²) peso proprio soletta fondazione
 PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

pm = 46.80 (kN/m²)
 pvb = 46.80 (kN/m²)
 pvc = 46.80 (kN/m²)

$$M_b = (\sigma_{monte} - (pvb + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B_5^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B_5^2 / 6 - (pm - pvb) \cdot (1 \pm kv) \cdot B_5^2 / 3 - (Stv + Sqv) \cdot B_5 - PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H_2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H_2 / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (pvc + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot (B_5 / 2)^2 / 6 - (pm - pvc) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2) / 3 - (Stv + Sqv) \cdot (B_5 / 2) - PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H_2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H_2 / 2$$

| caso | σ_{monte} | σ_2 | M _b |
|---------|----------------------|----------------------|----------------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] |
| statico | 17.67 | 113.02 | -99.67 |

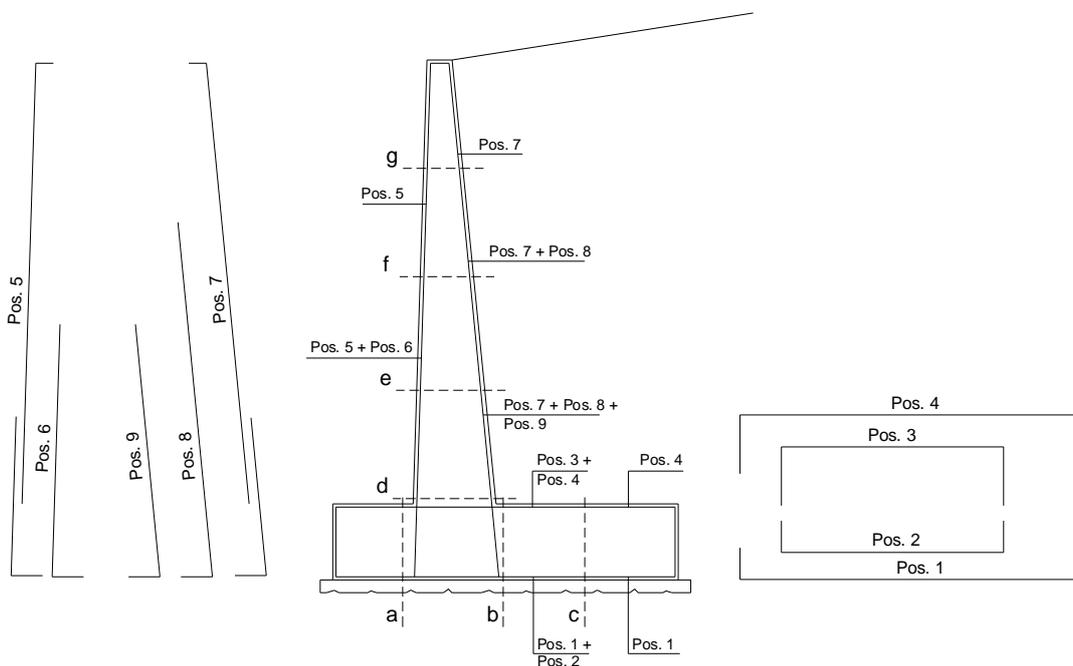


**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**
Relazione di calcolo tombino est

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 122 di 134 |

15.2 Verifiche SLU

SCHEMA DELLE ARMATURE

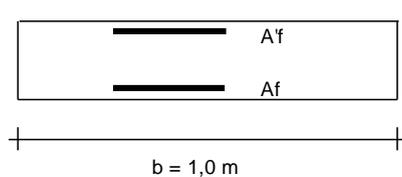


ARMATURE

| 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 $\Phi 8 20 \times 40$ per fondazione

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino est

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 123 di 134 |

15.2.1 Combinazione statica e sismica

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

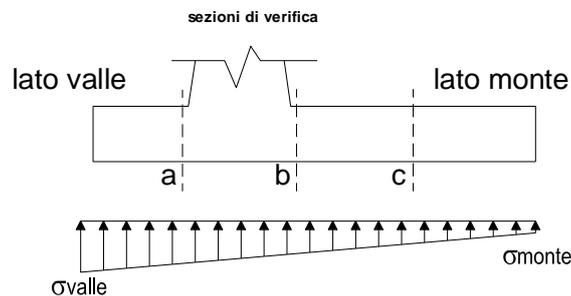
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

$$\sigma_{monte} = N / A - M / W_{gg}$$

$$A = 1.0 \cdot B = 3,10 \quad (m^2)$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 1,60 \quad (m^3)$$

| caso | N | M | σ_{valle} | σ_{monte} |
|---------|--------|-------|----------------------|----------------------|
| | [kN] | [kNm] | [kN/m ²] | [kN/m ²] |
| statico | 189,94 | 66,95 | 103,07 | 19,47 |
| | 270,94 | 50,75 | 119,08 | 55,72 |
| sisma+ | 197,20 | 58,55 | 100,17 | 27,06 |
| | 197,20 | 58,55 | 100,17 | 27,06 |
| sisma- | 179,19 | 54,99 | 92,13 | 23,47 |
| | 179,19 | 54,99 | 92,13 | 23,47 |



Mensola Lato Valle

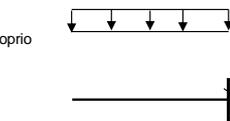
Peso Proprio. PP = 10,00 (kN/m)

$$M_a = \sigma_1 \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B^2 / 3 - PP \cdot B^2 / 2 \cdot (1 \pm kv)$$

$$V_a = \sigma_1 \cdot B + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B / 2 - PP \cdot B \cdot (1 \pm kv)$$

| caso | σ_{valle} | σ_1 | M_a | V_a |
|---------|----------------------|----------------------|-------|-------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] |
| statico | 103,07 | 103,07 | 0,00 | 0,00 |
| | 119,08 | 119,08 | 0,00 | 0,00 |
| sisma+ | 100,17 | 100,17 | 0,00 | 0,00 |
| | 100,17 | 100,17 | 0,00 | 0,00 |
| sisma- | 92,13 | 92,13 | 0,00 | 0,00 |
| | 92,13 | 92,13 | 0,00 | 0,00 |

Peso Proprio



Mensola Lato Monte

PP = 10,00 (kN/m²)

PD = 0,00 (kN/m)

peso proprio soletta fondazione
peso proprio dente

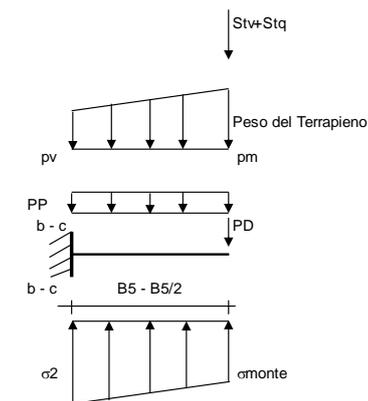
| | Nmin | N max stat | N max sism |
|-----|-------|------------|------------|
| pm | 49,61 | 79,61 | 49,61 |
| pvb | 49,61 | 79,61 | 49,61 |
| pvc | 49,61 | 79,61 | 49,61 |

$$M_b = (\sigma_{monte} \cdot (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (p_m - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 - (Stv + Sqv) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B^2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H2 / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} \cdot (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot (B5 / 2)^2 / 6 - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2)^2 / 3 - (Stv + Sqv) \cdot (B5 / 2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H2 / 2$$

$$V_b = (\sigma_{monte} \cdot (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B / 2 - (p_m - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B / 2 - (Stv + Sqv) \cdot PD \cdot (1 \pm kv)$$

$$V_c = (\sigma_{monte} \cdot (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B5 / 2) + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot (B5 / 2) / 2 - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2) / 2 - (Stv + Sqv) \cdot PD \cdot (1 \pm kv)$$



| caso | σ_{monte} | σ_2b | M_b | V_b | σ_2c | M_c | V_c |
|---------|----------------------|----------------------|--------|--------|----------------------|--------|--------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] |
| statico | 19,47 | 92,28 | -57,83 | -10,07 | 55,88 | -25,51 | -29,61 |
| | 55,72 | 110,91 | -56,48 | -17,00 | 83,31 | -22,50 | -27,13 |
| sisma+ | 27,06 | 90,73 | -51,64 | -9,60 | 58,90 | -22,58 | -26,29 |
| | 27,06 | 90,73 | -51,64 | -9,60 | 58,90 | -22,58 | -26,29 |
| sisma- | 23,47 | 83,27 | -48,70 | -9,17 | 53,37 | -21,26 | -24,77 |
| | 23,47 | 83,27 | -48,70 | -9,17 | 53,37 | -21,26 | -24,77 |

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

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IZ09 00 D 26 CL IN0100 001 A 124 di 134

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo

$$M_{t \text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a_{\text{orizz}}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$M_{t \text{ sism}} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (K_{a_{\text{orizz}}} \cdot (1 \pm kv) - K_{a_{\text{orizz}}}) \cdot h^2 \cdot h/2 \quad \text{o} \quad h/3$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_{a_{\text{orizz}}} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{\text{ext}} = m + f \cdot h$$

$$M_{\text{inerzia}} = \sum P m_i \cdot b_i \cdot kh$$

$$N_{\text{ext}} = v$$

$$N_{\text{pp+inerzia}} = \sum P m_i \cdot (1 \pm kv)$$

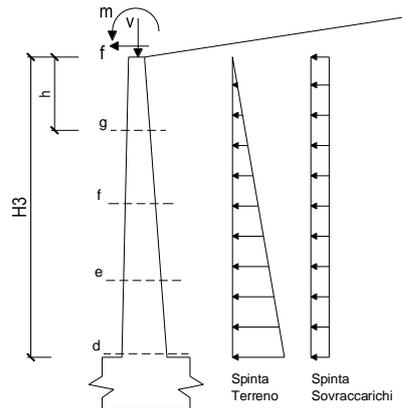
$$V_{t \text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a_{\text{orizz}}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2$$

$$V_{t \text{ sism}} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (K_{a_{\text{orizz}}} \cdot (1 \pm kv) - K_{a_{\text{orizz}}}) \cdot h^2$$

$$V_q = K_{a_{\text{orizz}}} \cdot q \cdot h$$

$$V_{\text{ext}} = f$$

$$V_{\text{inerzia}} = \sum P m_i \cdot kh$$



condizione statica

| sezione | h | Mt | Mq | M _{ext} | M _{tot} | N _{ext} | N _{pp} | N _{tot} |
|---------|------|---------|---------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| | [m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 2,40 | 15,83 | 25,61 | 0,00 | 41,43 | 1,00 | 24,00 | 25,00 |
| e-e | 1,80 | 6,68 | 14,40 | 0,00 | 21,08 | 1,00 | 18,00 | 19,00 |
| f-f | 1,20 | 1,98 | 6,40 | 0,00 | 8,38 | 1,00 | 12,00 | 13,00 |
| g-g | 0,60 | 0,25 | 1,60 | 0,00 | 1,85 | 1,00 | 6,00 | 7,00 |

| sezione | h | Vt | Vq | V _{ext} | V _{tot} |
|---------|------|--------|--------|------------------|------------------|
| | [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 2,40 | 19,78 | 21,34 | 0,00 | 41,12 |
| e-e | 1,80 | 11,13 | 16,00 | 0,00 | 27,13 |
| f-f | 1,20 | 4,95 | 10,67 | 0,00 | 15,61 |
| g-g | 0,60 | 1,24 | 5,33 | 0,00 | 6,57 |

condizione sismica +

| sezione | h | M _{t stat} | M _{t sism} | M _q | M _{ext} | M _{inerzia} | M _{tot} | N _{ext} | N _{pp+inerzia} | N _{tot} |
|---------|------|---------------------|---------------------|----------------|------------------|----------------------|------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| | [m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 2,40 | 12,18 | 2,99 | 2,00 | 0,00 | 2,75 | 19,92 | 1,00 | 25,14 | 26,14 |
| e-e | 1,80 | 5,14 | 1,26 | 1,13 | 0,00 | 1,54 | 9,07 | 1,00 | 18,86 | 19,86 |
| f-f | 1,20 | 1,52 | 0,37 | 0,50 | 0,00 | 0,69 | 3,08 | 1,00 | 12,57 | 13,57 |
| g-g | 0,60 | 0,19 | 0,05 | 0,13 | 0,00 | 0,17 | 0,53 | 1,00 | 6,29 | 7,29 |

| sezione | h | V _{t stat} | V _{t sism} | V _q | V _{ext} | V _{inerzia} | V _{tot} |
|---------|------|---------------------|---------------------|----------------|------------------|----------------------|------------------|
| | [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 2,40 | 15,22 | 3,74 | 1,67 | 0,00 | 2,29 | 22,92 |
| e-e | 1,80 | 8,56 | 2,10 | 1,25 | 0,00 | 1,72 | 13,63 |
| f-f | 1,20 | 3,80 | 0,93 | 0,84 | 0,00 | 1,14 | 6,72 |
| g-g | 0,60 | 0,95 | 0,23 | 0,42 | 0,00 | 0,57 | 2,17 |

condizione sismica -

| sezione | h | M _{t stat} | M _{t sism} | M _q | M _{ext} | M _{inerzia} | M _{tot} | N _{ext} | N _{pp+inerzia} | N _{tot} |
|---------|------|---------------------|---------------------|----------------|------------------|----------------------|------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| | [m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 2,40 | 12,18 | 1,85 | 2,04 | 0,00 | 2,75 | 18,81 | 1,00 | 22,86 | 23,86 |
| e-e | 1,80 | 5,14 | 0,78 | 1,15 | 0,00 | 1,54 | 8,61 | 1,00 | 17,14 | 18,14 |
| f-f | 1,20 | 1,52 | 0,23 | 0,51 | 0,00 | 0,69 | 2,95 | 1,00 | 11,43 | 12,43 |
| g-g | 0,60 | 0,19 | 0,03 | 0,13 | 0,00 | 0,17 | 0,52 | 1,00 | 5,71 | 6,71 |

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 125 di 134 |

| sezione | h | Vt _{stat} | Vt _{sis} | Vq | V _{ext} | V _{inerzia} | V _{tot} |
|---------|------|--------------------|-------------------|--------|------------------|----------------------|------------------|
| | [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 2,40 | 15,22 | 2,31 | 1,70 | 0,00 | 2,29 | 21,52 |
| e-e | 1,80 | 8,56 | 1,30 | 1,27 | 0,00 | 1,72 | 12,85 |
| f-f | 1,20 | 3,80 | 0,58 | 0,85 | 0,00 | 1,14 | 6,38 |
| g-g | 0,60 | 0,95 | 0,14 | 0,42 | 0,00 | 0,57 | 2,09 |

In seguito per le verifiche si prende in considerazione il caso piu cautelativo tra Comb. Sisma e Comb.Statico.

| Sez. | M | N | h | A _f | A' _f | Mu |
|-------|--------|-------|------|--------------------|--------------------|--------|
| (-) | (kNm) | (kN) | (m) | (cm ²) | (cm ²) | (kNm) |
| a - a | 0,00 | 0,00 | 0,40 | 20,11 | 20,11 | 234,42 |
| b - b | -57,83 | 0,00 | 0,40 | 20,11 | 20,11 | 234,42 |
| c - c | -25,51 | 0,00 | 0,40 | 20,11 | 20,11 | 234,42 |
| d - d | 41,43 | 25,00 | 0,40 | 20,11 | 20,11 | 237,78 |
| e - e | 21,08 | 19,00 | 0,40 | 20,11 | 20,11 | 236,98 |
| f - f | 8,38 | 13,00 | 0,40 | 20,11 | 20,11 | 236,17 |
| g - g | 1,85 | 7,00 | 0,40 | 20,11 | 20,11 | 235,36 |

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

| Sez. | V _{Ed} | h | V _{rd} | ø staffe | i orizz. | i vert. | θ | V _{Rsd} |
|-------|-----------------|------|-----------------|----------|----------|---------|------|------------------|
| (-) | (kN) | (m) | (kN) | (mm) | (cm) | (cm) | (°) | (kN) |
| a - a | 0,00 | 0,40 | 175,06 | 8 | 40 | 40 | 21,8 | 91,83 |
| b - b | 17,00 | 0,40 | 175,06 | 8 | 40 | 40 | 21,8 | 91,83 |
| c - c | 29,61 | 0,40 | 175,06 | 8 | 20 | 40 | 21,8 | 183,66 |
| d - d | 41,12 | 0,40 | 178,17 | 8 | 40 | 40 | 21,8 | 91,83 |
| e - e | 27,13 | 0,40 | 177,42 | 8 | 40 | 40 | 21,8 | 91,83 |
| f - f | 15,61 | 0,40 | 176,67 | 8 | 40 | 40 | 21,8 | 91,83 |
| g - g | 6,57 | 0,40 | 175,93 | 8 | 40 | 40 | 21,8 | 91,83 |

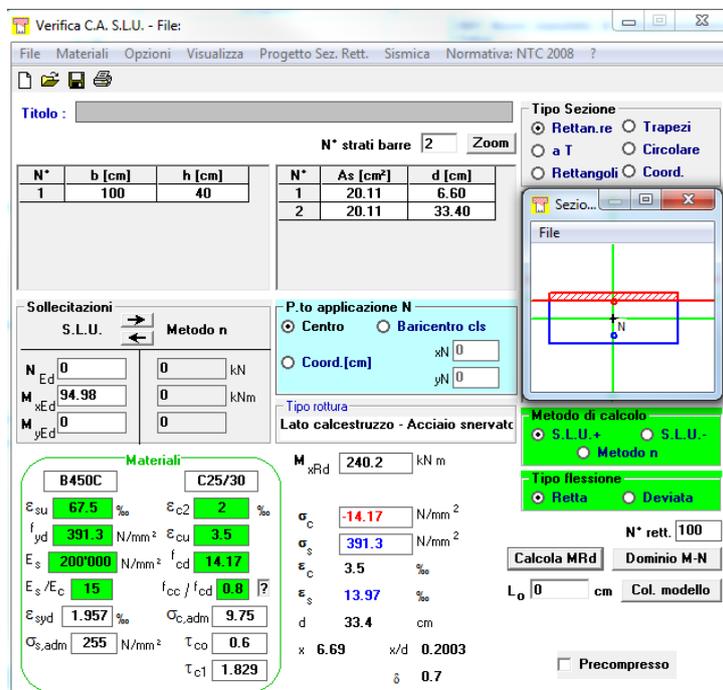
**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**
Relazione di calcolo tombino est

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 126 di 134 |

15.2.2 Combinazione eccezionale

Con i valori del momento ($M=94.98$ kNm) e taglio alla base ($V=47.99$ kN) del muro calcolato al paragrafo 15.1.3 si eseguono le seguenti verifiche strutturali a flessione e a taglio.

Verifica a flessione



The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. The main window displays various input and output parameters for a structural verification. The 'Titolo' field is empty. The 'N° strati barre' is set to 2. The 'Tipo Sezione' is set to 'Rettan.re'. The 'Metodo di calcolo' is set to 'S.L.U.-'. The 'Tipo flessione' is set to 'Retta'. The 'Materiali' section shows properties for B450C and C25/30. The 'Sollecitazioni' section shows $M_{Ed} = 94.98$ kNm. The 'P.to applicazione N' is set to 'Centro'. The 'Lato calcestruzzo - Acciaio snervato' is set to 'Lato calcestruzzo - Acciaio snervato'. The 'Metodo n' is selected. The 'Tipo rottura' is set to 'Lato calcestruzzo - Acciaio snervato'. The 'M_{xRd}' is 240.2 kNm. The 'σ_c' is -14.17 N/mm². The 'σ_s' is 391.3 N/mm². The 'ε_s' is 13.97 ‰. The 'd' is 33.4 cm. The 'x' is 6.69 and 'x/d' is 0.2003. The 'δ' is 0.7. The 'Precompresso' checkbox is unchecked.

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm ²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|-----------------------|--------|
| 1 | 100 | 40 | 1 | 20.11 | 6.60 |
| | | | 2 | 20.11 | 33.40 |

| Materiali | B450C | C25/30 |
|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| ε _{su} | 67.5 ‰ | ε _{c2} 2 ‰ |
| f _{yd} | 391.3 N/mm ² | ε _{cu} 3.5 ‰ |
| E _s | 200'000 N/mm ² | f _{cd} 14.17 |
| E _s /E _c | 15 | f _{cc} /f _{cd} 0.8 |
| ε _{syd} | 1.957 ‰ | σ _{c,adm} 9.75 |
| σ _{s,adm} | 255 N/mm ² | τ _{co} 0.6 |
| | | τ _{c1} 1.829 |

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 127 di 134 |

Verifica a taglio

Caratteristiche materiali

Cls R_{ck}

Cls condizioni calcestruzzo

Acciaio 1 acciaio barre longitudinali

Acciaio 2 acciaio armature trasversali

γ_c coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

γ_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 mm² 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

α ° 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

θ ° 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

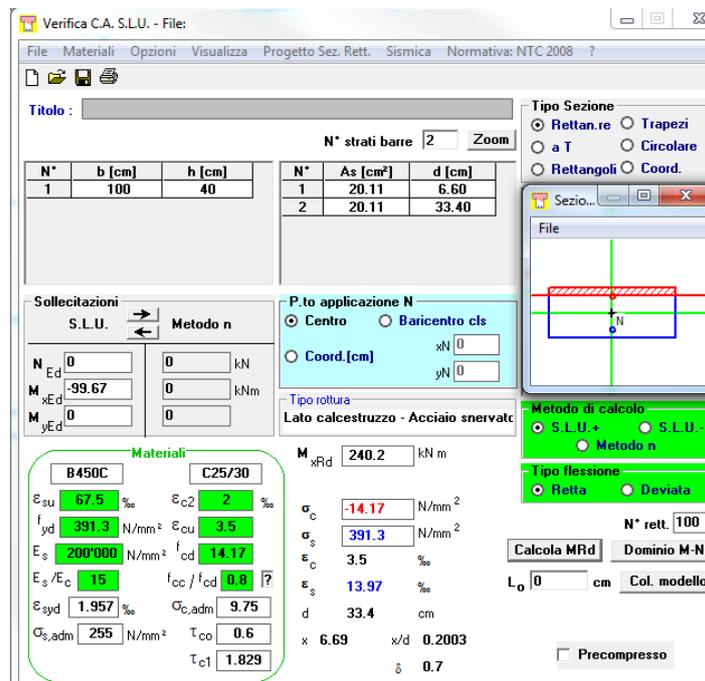
V_{Rd} KN taglio resistente per elemento con armatura trasversale

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 128 di 134 |

Verifica a flessione fondazione muro

Per la combinazione eccezionale il momento risulta pari a $M = -99.67$ 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: 2 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}: 0 kN
M_{xEd}: -99.67 kNm
M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N: Centro
Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali:

| B450C | | C25/30 | |
|------------------|---------------------------|------------------|-------|
| ϵ_{su} | 67.5 ‰ | ϵ_{c2} | 2 ‰ |
| f_{yd} | 391.3 N/mm ² | ϵ_{cu} | 3.5 ‰ |
| E_s | 200'000 N/mm ² | f_{cd} | 14.17 |
| E_s/E_c | 15 | f_{cc}/f_{cd} | 0.8 |
| ϵ_{syd} | 1.957 ‰ | $\sigma_{c,adm}$ | 9.75 |
| $\sigma_{s,adm}$ | 255 N/mm ² | τ_{co} | 0.6 |
| | | τ_{c1} | 1.829 |

M_{xRd}: 240.2 kNm

σ_c : -14.17 N/mm²
 σ_s : 391.3 N/mm²
 ϵ_c : 3.5 ‰
 ϵ_s : 13.97 ‰
d: 33.4 cm
x: 6.69 x/d: 0.2003
 δ : 0.7

Metodo di calcolo: S.L.U. + Metodo n
Tipo flessione: Retta
N° rett.: 100
Calcola MRd | Dominio M-N
L₀: 0 cm Col. modello
 Precompresso

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino est

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 129 di 134 |

15.3 Verifiche strutturali SLE

15.3.1 Verifiche a fessurazione

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

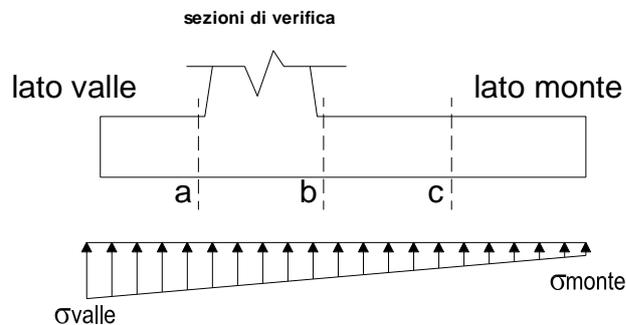
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

$$\sigma_{monte} = N / A - M / W_{gg}$$

$$A = 1.0 \cdot B = 3,10 \quad (m^2)$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 1,60 \quad (m^3)$$

| caso | N | M | σ_{valle} | σ_{monte} |
|-------|--------|-------|----------------------|----------------------|
| | [kN] | [kNm] | [kN/m ²] | [kN/m ²] |
| Freq. | 188,19 | 44,87 | 88,72 | 32,69 |
| | 228,69 | 36,77 | 96,73 | 50,81 |
| Q.P. | 188,19 | 28,94 | 78,78 | 42,64 |
| | 188,19 | 28,94 | 78,78 | 42,64 |

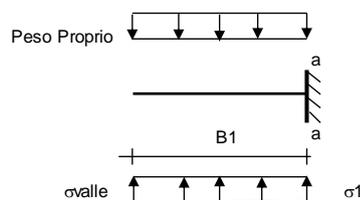


Mensola Lato Valle

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 | σ_{valle} | σ_1 | M _a |
|-------|----------------------|----------------------|----------------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] |
| Freq. | 88,72 | 88,72 | 0,00 |
| | 96,73 | 96,73 | 0,00 |
| Q.P. | 78,78 | 78,78 | 0,00 |
| | 78,78 | 78,78 | 0,00 |



Mensola Lato Monte

PP = 10,00 (kN/m²) peso proprio soletta fondazione

PD = 0,00 (kN/m) peso proprio dente

$$p_m = N_{min} \quad N_{max} \quad Freq \quad N_{max} \quad QP \quad (kN/m^2)$$

$$p_{vb} = 48,96 \quad 63,96 \quad 48,96 \quad (kN/m^2)$$

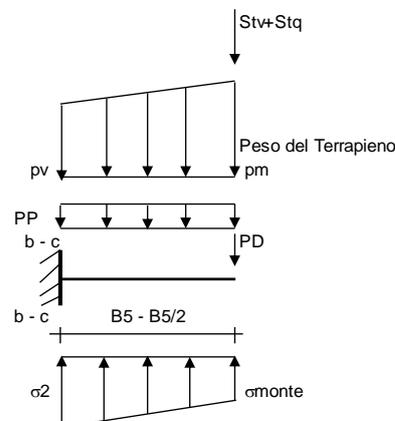
$$p_{vc} = 48,96 \quad 63,96 \quad 48,96 \quad (kN/m^2)$$

$$p_{vc} = 48,96 \quad 63,96 \quad 48,96 \quad (kN/m^2)$$

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (p_m - p_{vb}) \cdot B^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot B^2 - PD \cdot (B^2 - Bd / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H^2 / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP)) \cdot (B^2 / 2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot (B^2 / 2)^2 / 6 - (p_m - p_{vc}) \cdot (B^2 / 2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B^2 / 2) - PD \cdot (B^2 / 2 - Bd / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H^2 / 2$$

| caso | σ_{monte} | σ_2b | M _b | σ_2c | M _c |
|-------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN/m ²] | [kNm] |
| Freq. | 32,69 | 81,49 | -36,46 | 57,09 | -16,53 |
| | 50,81 | 90,81 | -35,78 | 70,81 | -15,02 |
| Q.P. | 42,64 | 74,11 | -21,25 | 58,38 | -10,09 |
| | 42,64 | 74,11 | -21,25 | 58,38 | -10,09 |



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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 130 di 134 |

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

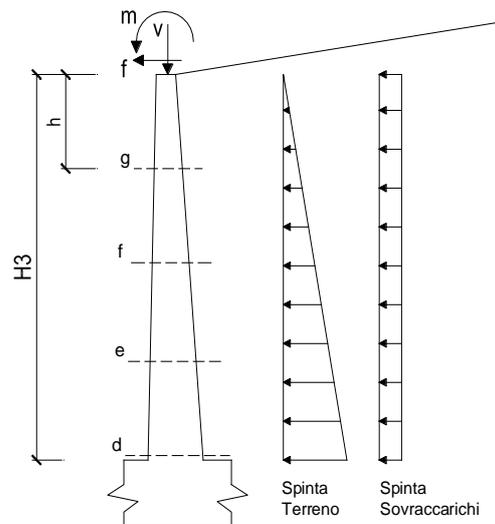
Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo

$$M_t = \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m + f \cdot h$$

$$N_{ext} = v$$



condizione Frequente

| sezione | h | Mt | Mq | M _{ext} | M _{tot} | N _{ext} | N _{pp} | N _{tot} |
|---------|------|---------|---------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| | [m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 2,40 | 12,18 | 13,39 | 0,00 | 25,57 | 1,00 | 24,00 | 25,00 |
| e-e | 1,80 | 5,14 | 7,53 | 0,00 | 12,67 | 1,00 | 18,00 | 19,00 |
| f-f | 1,20 | 1,52 | 3,35 | 0,00 | 4,87 | 1,00 | 12,00 | 13,00 |
| g-g | 0,60 | 0,19 | 0,84 | 0,00 | 1,03 | 1,00 | 6,00 | 7,00 |

condizione Quasi Permanente

| sezione | h | Mt | Mq | M _{ext} | M _{tot} | N _{ext} | N _{pp} | N _{tot} |
|---------|------|---------|---------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| | [m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 2,40 | 12,18 | 1,69 | 0,00 | 13,86 | 1,00 | 24,00 | 25,00 |
| e-e | 1,80 | 5,14 | 0,95 | 0,00 | 6,08 | 1,00 | 18,00 | 19,00 |
| f-f | 1,20 | 1,52 | 0,42 | 0,00 | 1,94 | 1,00 | 12,00 | 13,00 |
| g-g | 0,60 | 0,19 | 0,11 | 0,00 | 0,30 | 1,00 | 6,00 | 7,00 |

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 131 di 134 |

condizione Frequente

| Sez. | M | N | h | Af | A'f | σ_c | σ_f | wk | w _{amm} |
|-------|--------|-------|------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|-------|------------------|
| (-) | (kNm) | (kN) | (m) | (cm ²) | (cm ²) | (N/mm ²) | (N/mm ²) | (mm) | (mm) |
| a - a | 0,00 | 0,00 | 0,40 | 20,11 | 20,11 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 0,300 |
| b - b | -36,46 | 0,00 | 0,40 | 20,11 | 20,11 | 1,96 | 62,30 | 0,060 | 0,300 |
| c - c | -16,53 | 0,00 | 0,40 | 20,11 | 20,11 | 0,89 | 28,24 | 0,027 | 0,300 |
| d - d | 25,57 | 25,00 | 0,40 | 20,11 | 20,11 | 1,39 | 37,53 | 0,035 | 0,300 |
| e - e | 12,67 | 19,00 | 0,40 | 20,11 | 20,11 | 0,69 | 17,01 | 0,016 | 0,300 |
| f - f | 4,87 | 13,00 | 0,40 | 20,11 | 20,11 | 0,27 | 5,22 | 0,005 | 0,300 |
| g - g | 1,03 | 7,00 | 0,40 | 20,11 | 20,11 | 0,05 | 0,33 | 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 | σ_c | σ_f | wk | w _{amm} |
|-------|--------|-------|------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|-------|------------------|
| (-) | (kNm) | (kN) | (m) | (cm ²) | (cm ²) | (N/mm ²) | (N/mm ²) | (mm) | (mm) |
| a - a | 0,00 | 0,00 | 0,40 | 20,11 | 20,11 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 0,200 |
| b - b | -21,25 | 0,00 | 0,40 | 20,11 | 20,11 | 1,14 | 36,32 | 0,035 | 0,200 |
| c - c | -10,09 | 0,00 | 0,40 | 20,11 | 20,11 | 0,54 | 17,25 | 0,017 | 0,200 |
| d - d | 13,86 | 25,00 | 0,40 | 20,11 | 20,11 | 0,76 | 17,61 | 0,016 | 0,200 |
| e - e | 6,08 | 19,00 | 0,40 | 20,11 | 20,11 | 0,33 | 5,91 | 0,005 | 0,200 |
| f - f | 1,94 | 13,00 | 0,40 | 20,11 | 20,11 | 0,10 | 0,65 | 0,001 | 0,200 |
| g - g | 0,30 | 7,00 | 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 est

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 132 di 134 |

15.3.2 Verifiche tensionali

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

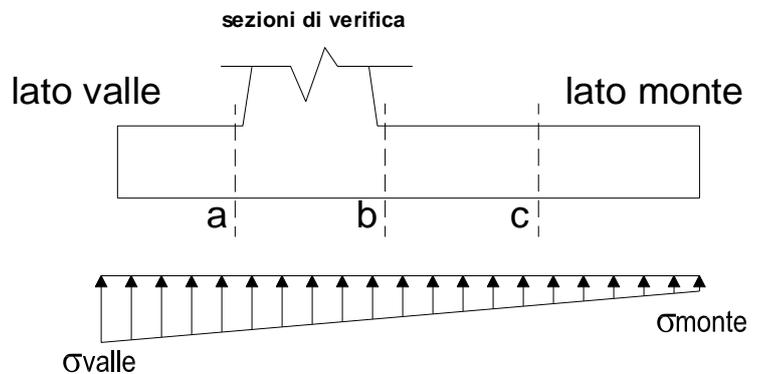
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

$$\sigma_{monte} = N / A - M / W_{gg}$$

$$A = 1.0 \cdot B = 3,10 \quad (m^2)$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 1,60 \quad (m^3)$$

| caso | N | M | σ_{valle} | σ_{monte} |
|------|--------|-------|----------------------|----------------------|
| | [kN] | [kNm] | [kN/m ²] | [kN/m ²] |
| rara | 188,19 | 50,19 | 92,04 | 29,37 |
| | 242,19 | 39,39 | 102,72 | 53,54 |

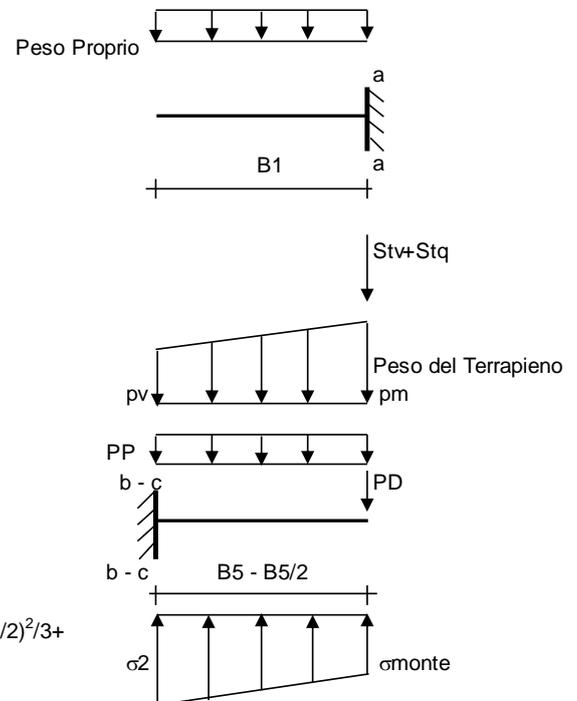


Mensola Lato Valle

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 | σ_{valle} | σ_1 | M _a |
|------|----------------------|----------------------|----------------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] |
| rara | 92,04 | 92,04 | 0,00 |
| | 102,72 | 102,72 | 0,00 |



Mensola Lato Monte

PP = 10,00 (kN/m²) peso proprio soletta fondazione
PD = 0,00 (kN/m) peso proprio dente

| | | | | |
|-----|---------|------------|------------|----------------------|
| | Nmin | N max stat | N max sism | |
| pm | = 48,96 | 68,96 | 48,96 | (kN/m ²) |
| pvb | = 48,96 | 68,96 | 48,96 | (kN/m ²) |
| pvc | = 48,96 | 68,96 | 48,96 | (kN/m ²) |

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{2b} - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (p_m - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (H_d + H_2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H_2 / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) \cdot (B_5 / 2)^2 / 6 - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B_5 / 2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (H_d + H_2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H_2 / 2$$

| caso | σ_{monte} | σ_{2b} | M _b | σ_{2c} | M _c |
|------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN/m ²] | [kNm] |
| rara | 29,37 | 83,95 | -41,53 | 56,66 | -18,67 |
| | 53,54 | 96,37 | -40,63 | 74,95 | -16,66 |

m

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 133 di 134 |

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

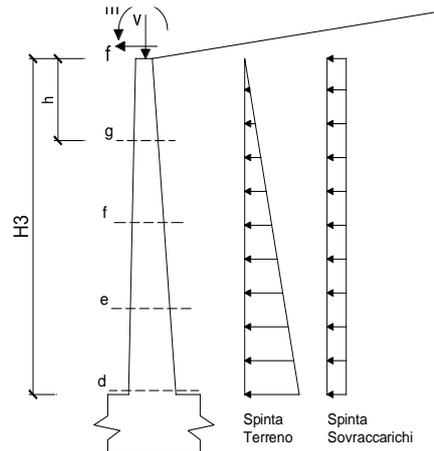
Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo

$$M_{t \text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a_{\text{orizz.}}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_{a_{\text{orizz.}}} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{\text{ext}} = m + f \cdot h$$

$$N_{\text{ext}} = v$$



condizione rara

| sezione | h [m] | Mt [kNm/m] | Mq [kNm/m] | M _{ext} [kNm/m] | M _{tot} [kNm/m] | N _{ext} [kN/m] | N _{pp} [kN/m] | N _{tot} [kN/m] |
|---------|----------|---------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| d-d | 2,40 | 12,18 | 17,29 | 0,00 | 29,47 | 1,00 | 24,00 | 25,00 |
| e-e | 1,80 | 5,14 | 9,73 | 0,00 | 14,86 | 1,00 | 18,00 | 19,00 |
| f-f | 1,20 | 1,52 | 4,32 | 0,00 | 5,85 | 1,00 | 12,00 | 13,00 |
| g-g | 0,60 | 0,19 | 1,08 | 0,00 | 1,27 | 1,00 | 6,00 | 7,00 |

Condizione Rara

| Sez. | M (kNm) | N (kN) | h (m) | A _f (cm ²) | A' _f (cm ²) | σ _c (N/mm ²) | σ _f (N/mm ²) |
|-------|------------|-----------|----------|--------------------------------------|---------------------------------------|--|--|
| (-) | | | | | | | |
| a - a | 0,00 | 0,00 | 0,40 | 20,11 | 20,11 | 0,00 | 0,00 |
| b - b | -41,53 | 0,00 | 0,40 | 20,11 | 20,11 | 2,23 | 70,97 |
| c - c | -18,67 | 0,00 | 0,40 | 20,11 | 20,11 | 1,00 | 31,91 |
| d - d | 29,47 | 25,00 | 0,40 | 20,11 | 20,11 | 1,60 | 44,18 |
| e - e | 14,86 | 19,00 | 0,40 | 20,11 | 20,11 | 0,81 | 20,74 |
| f - f | 5,85 | 13,00 | 0,40 | 20,11 | 20,11 | 0,32 | 6,86 |
| g - g | 1,27 | 7,00 | 0,40 | 20,11 | 20,11 | 0,07 | 0,65 |

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

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| IZ09 | 00 | D 26 CL | IN0100 001 | A | 134 di 134 |

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 ³ |
| | fondazione | $\phi 16/10$ sup. $\phi 16/10$ inf. | $\phi 10/20$ sup. $\phi 10/20$ inf. | 120 kg/m ³ |