

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## U.O. COORDINAMENTO NO CAPTIVE E INGEGNERIA DI SISTEMA

### PROGETTO DEFINITIVO

### POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA

### INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL PRG DELLA STAZIONE DI ASSISI

#### OPERE MINORI

Canale di recapito al Tescio: relazione di calcolo opere definitive

SCALA:

-

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

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

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	L.Dinelli 	Luglio 2020	S.Paoloni 	Luglio 2020	T.Paoletti 	Luglio 2020	L. Berardi Luglio 2020 

File : IR0B01D10CLIN0300002A.doc

n. Elab.:

**OPERE MINORI**

**Canale di recapito al Tescio: relazione di calcolo opere definitive**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL IN0300 002	A	2 di 25

## Indice

1	DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA .....	3
2	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	4
2.1	NORMATIVA .....	4
2.2	ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	5
3	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO.....	6
4	UNITA' DI MISURA .....	8
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	9
6	MATERIALI.....	12
6.1	CALCESTRUZZO .....	12
6.2	ACCIAIO PER ARMATURE .....	12
7	SEZIONE MURI AD U .....	13
7.1	GEOMETRIA E DATI DI INPUT.....	13
7.2	ANALISI DEI CARICHI .....	14
7.3	VERIFICA DELLA PARETE .....	15
7.4	VERIFICA DELLA SOLETTA DI FONDO .....	20
8	SEZIONE SCATOLARE.....	23
8.1	GEOMETRIA E DATI DI INPUT.....	23
8.2	ANALISI DEI CARICHI .....	24
8.3	VERIFICA DELLA SOLETTA .....	24
9	INCIDENZE.....	25

**OPERE MINORI**

**Canale di recapito al Tescio: relazione di calcolo opere definitive**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL IN0300 002	A	3 di 25


## 1 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

La presente relazione riguarda il dimensionamento e la verifica delle opere del fosso Tescio, costituite essenzialmente da strutture scatolari aperte o chiuse di dimensioni interne 150x150 cm.



*Figura 1: Pianta*

Le opere sono realizzate ove possibile con scavo a cielo aperto mentre dove il fosso viene intubato lo scavo viene realizzato tra palancole provvisorie oggetto di specifica relazione. Per il dimensionamento delle opere in c.a., si considera nullo a favore di sicurezza il contributo delle palancole ove presenti.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA</b> <b>INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL</b> <b>PRG DELLA STAZIONE DI ASSISI</b></p>					
<p><b>OPERE MINORI</b></p> <p>Canale di recapito al Tescio: relazione di calcolo opere definitive</p>	<p>COMMESSA</p> <p>IR0B</p>	<p>LOTTO</p> <p>01</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D10</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>CL IN0300 002</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>4 di 25</p>

## 2 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 Normativa

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le seguenti normative.

- Legge 5-1-1971 n° 1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica”;
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- D.M. 17 gennaio 2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7 ” Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE I / Aspetti Generali (RFI DTC SI MA IFS 001 A)
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 2 / Ponti e Strutture ( RFI DTC SI PS MA IFS 001 A– rev 30/12/2016 )
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 3 / Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A– rev 30/12/2016)
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 5 / Prescrizioni per i Marciapiedi e le Pensiline delle Stazioni Ferroviarie a servizio dei Viaggiatori (RFI DTC SI CS MA IFS 002 A– rev 30/12/2016)
- Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea
- Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture, Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento (UNI EN 1991-1-4)
- UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1

Si è tenuto inoltre conto dei seguenti documenti:

- *UNI EN 1990 – Aprile 2006: Eurocodice: Criteri generali di progettazione strutturale.*



**OPERE MINORI**
**Canale di recapito al Tescio: relazione di calcolo opere definitive**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL IN0300 002	A	6 di 25

### 3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO

Dal punto di vista geotecnico le unità geotecniche individuate sono le seguenti:

- R: materiale di riporto/rilevato ferroviario esistente
- Als: Spessore variabile tra 6.0 e 12.0 m ca.; composizione variabile da argilla limosa a sabbia limosa. Per tale strato, si dispone di 8 prove NSPT, di 7 campioni rimaneggiati e di 2 campioni indisturbati sottoposti a prove di laboratorio. L'unità rappresenta la porzione più superficiale delle litofacies bb2 e bb3.
- Gs: composizione variabile da sabbia limosa a ghiaia sabbiosa; rappresenta la litofacies geologica bb1.
- Al: argilla limosa a profondità superiori di 15 m; rappresenta la litofacies geologica bb3.

L'interpretazione delle prove in sito e di laboratorio ha condotto alla definizione dei seguenti valori dei parametri meccanici per i terreni tipo individuati:

Unità	$\gamma$	$\Phi'$	$c'$	$c_u$	$E_{op}$	$k$
	$kN/m^3$	(°)	(kPa)	(kPa)	(MPa)	(m/s)
<b>Als</b>	19.5	25÷28	0 ÷ 5	25 ÷ 75	8 ÷ 14	1E-05 ÷ 1E-06
<b>Gs</b>	20.0	31÷35	0	-	25 ÷ 35	1E-04 ÷ 1E-05
<b>Al</b>	19.5	<b>25÷28</b>	<b>5 ÷ 10</b>	50 ÷ 100	19 ÷ 25	1E-06

Dal punto di vista sismico il terreno è classificato di tipo C.

La stratigrafia è stata dedotta in base ai risultati del sondaggio S1.



**OPERE MINORI**

**Canale di recapito al Tescio: relazione di calcolo opere definitive**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL IN0300 002	A	7 di 25



*Figura 2 - Ubicazione indagini di fase PD - Google Earth*

I dati della falda libera indicano un livello piezometrico che si attesta a circa 10.0 m dal piano campagna.

strato	profondità da	profondità a
	m da pc	m da pc
R	0	2.0
Als	2.0	8.0
Gs	8.0	17.0
Al	17.0	19.5
Gs	19.5	24.5
Al	24.5	28.5
Gs	28.5	-

*Tabella 1 - Stratigrafia di calcolo Materiali in sito.*

**OPERE MINORI**

**Canale di recapito al Tescio: relazione di calcolo opere definitive**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL IN0300 002	A	8 di 25

#### **4 UNITA' DI MISURA**

Le unità di misura usate nella presente relazione sono:

- lunghezze [m]
- forze [kN]
- momenti [kNm]
- tensioni [MPa]



**OPERE MINORI**

Canale di recapito al Tescio: relazione di calcolo opere definitive

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL IN0300 002	A	9 di 25

## 5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

La determinazione dell'azione sismica è stata svolta sulla base della normativa vigente con l'utilizzo del software freeware di geostru "Parametri Sismici". Tale software in funzione delle coordinate del sito, della vita utile e della categoria di sottosuolo fornisce i parametri sismici necessari alla definizione delle azioni sismiche.

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Opere di sostegno NTC 2018

### Sito in esame.

latitudine: 43,060062 [°]

longitudine: 12,586150 [°]

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

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

### Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	23185	43,080940	12,531700	4995,2
Sito 2	23186	43,081480	12,600190	2640,6
Sito 3	23408	43,031490	12,600910	3395,9
Sito 4	23407	43,030940	12,532470	5432,7

### Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

**OPERE MINORI**

Canale di recapito al Tescio: relazione di calcolo opere definitive

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL IN0300 002	A	10 di 25

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,070	2,416	0,270
Danno (SLD)	63	50	0,092	2,348	0,277
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,224	2,405	0,309
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,285	2,427	0,319

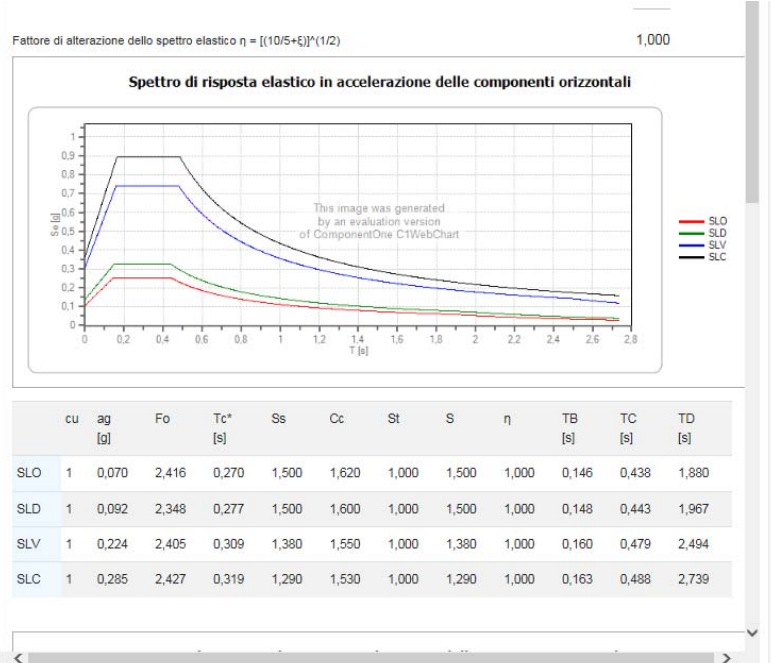
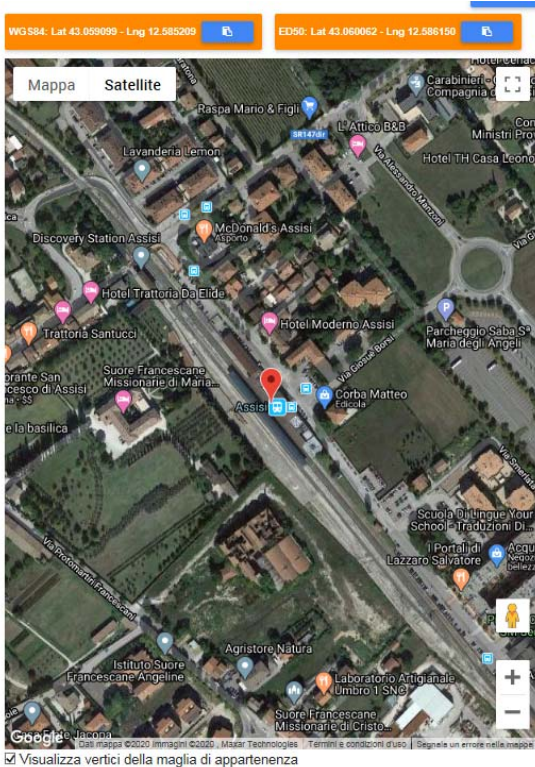
**Coefficienti Sismici Opere di sostegno NTC 2018**

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,500	1,620	1,000	0,000	--	1,031	--
SLD	1,500	1,600	1,000	0,065	0,032	1,350	0,470
SLV	1,380	1,550	1,000	0,117	0,059	3,025	0,380
SLC	1,290	1,530	1,000	0,000	--	3,603	--

**OPERE MINORI**

**Canale di recapito al Tescio: relazione di calcolo opere definitive**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL IN0300 002	A	11 di 25



**OPERE MINORI**

**Canale di recapito al Tescio: relazione di calcolo opere definitive**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL IN0300 002	A	12 di 25

## 6 MATERIALI

### 6.1 CALCESTRUZZO

#### Calcestruzzo muri a U e scatolare C30/37

Classe di resistenza = C30/37

$\gamma_c$  = peso specifico = 25.00 kN/m<sup>3</sup>

$R_{ck}$  = resistenza cubica = 37.00 N/mm<sup>2</sup>

$f_{ck}$  = resistenza cilindrica caratteristica =  $0.83 \cdot R_{ck} = 30$  N/mm<sup>2</sup>

$f_{cm}$  = resistenza cilindrica media =  $f_{ck} + 8 = 38$  N/mm<sup>2</sup>

$f_{ctm}$  = resistenza a trazione media =  $0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.9$  N/mm<sup>2</sup>

$f_{cfm}$  = resistenza a traz. per flessione media =  $1.20 \cdot f_{ctm} = 3.50$  N/mm<sup>2</sup>

$f_{ctk}$  = resistenza a traz. per flessione caratt. =  $0.70 \cdot f_{cfm} = 2.03$  N/mm<sup>2</sup>

$E_{cm}$  = modulo elast. tra 0 e  $0.40 f_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} = 32837$  N/mm<sup>2</sup>

Classe minima di consistenza S4

Classe di esposizione XA1

Copriferro 40 mm

### 6.2 ACCIAIO PER ARMATURE

Tipo = B 450 C

$\gamma_a$  = peso specifico = 78.50 kN/m<sup>3</sup>

$f_{y\ nom}$  = tensione nominale di snervamento = 450 N/mm<sup>2</sup>

$f_{t\ nom}$  = tensione nominale di rottura = 540 N/mm<sup>2</sup>

$f_{yk\ min}$  = minima tensione caratteristica di snervamento = 450 N/mm<sup>2</sup>

$f_{tk\ min}$  = minima tensione caratteristica di rottura = 540 N/mm<sup>2</sup>

$(f_t/f_y)_{k\ min}$  = minimo rapporto tra i valori caratteristici = 1.15

$(f_t/f_y)_{k\ max}$  = massimo rapporto tra i valori caratteristici = 1.35

**OPERE MINORI**

**Canale di recapito al Tescio: relazione di calcolo opere definitive**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL IN0300 002	A	13 di 25

$(f_y/f_{y\text{ nom}})_k =$  massimo rapporto tra i valori nominali = 1.25

$(A_{gt})_k =$  allungamento caratteristico sotto carico massimo = 7.5 %

E = modulo di elasticità dell'acciaio = 206000 N/mm<sup>2</sup>

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

$\varnothing < 12 \text{ mm} \rightarrow 4 \varnothing;$

$12 \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm} \rightarrow 5 \varnothing;$

$16 < \varnothing \leq 25 \text{ mm} \rightarrow 8 \varnothing;$

$25 < \varnothing \leq 40 \text{ mm} \rightarrow 10 \varnothing.$

## 7 SEZIONE MURI AD U

### 7.1 GEOMETRIA E DATI DI INPUT

Si procede al dimensionamento della struttura ad U del canale nei tratti in cui questo è aperto. Sia le pareti che la soletta di fondo hanno spessore pari a 30cm. La condizione peggiore si ha per la sezione tipo B caratterizzata da una parete di altezza interna maggiore e pari 2.3 m.

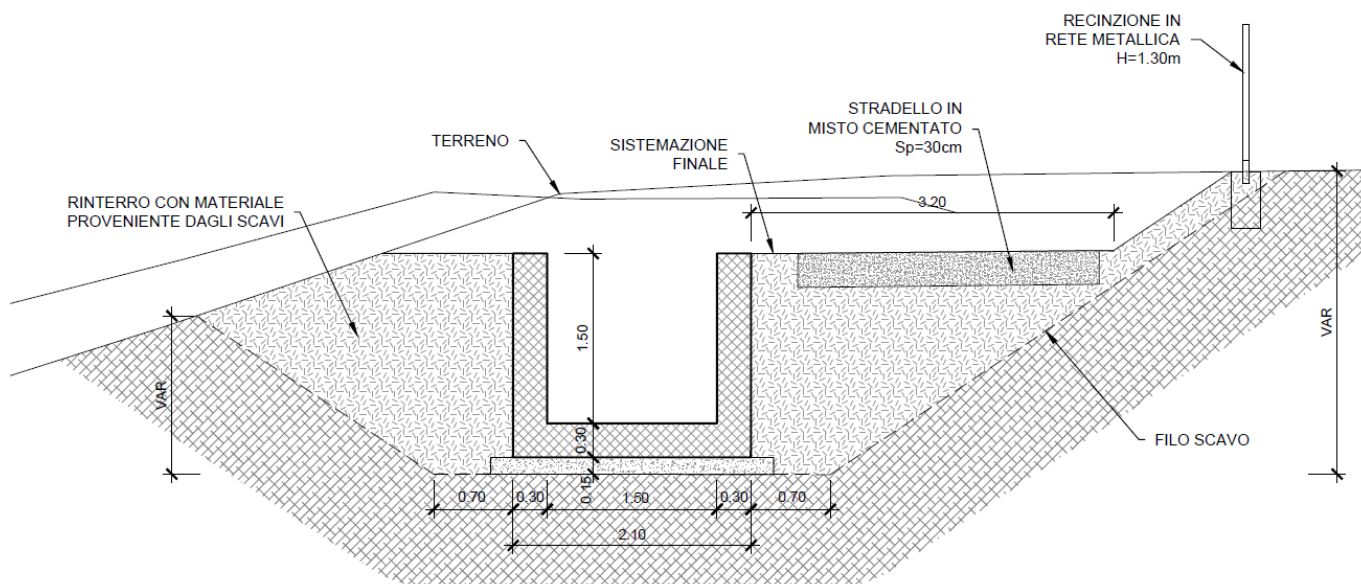


Figura 3 – Sezione tipo A



**OPERE MINORI**

Canale di recapito al Tescio: relazione di calcolo opere definitive

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL IN0300 002	A	14 di 25

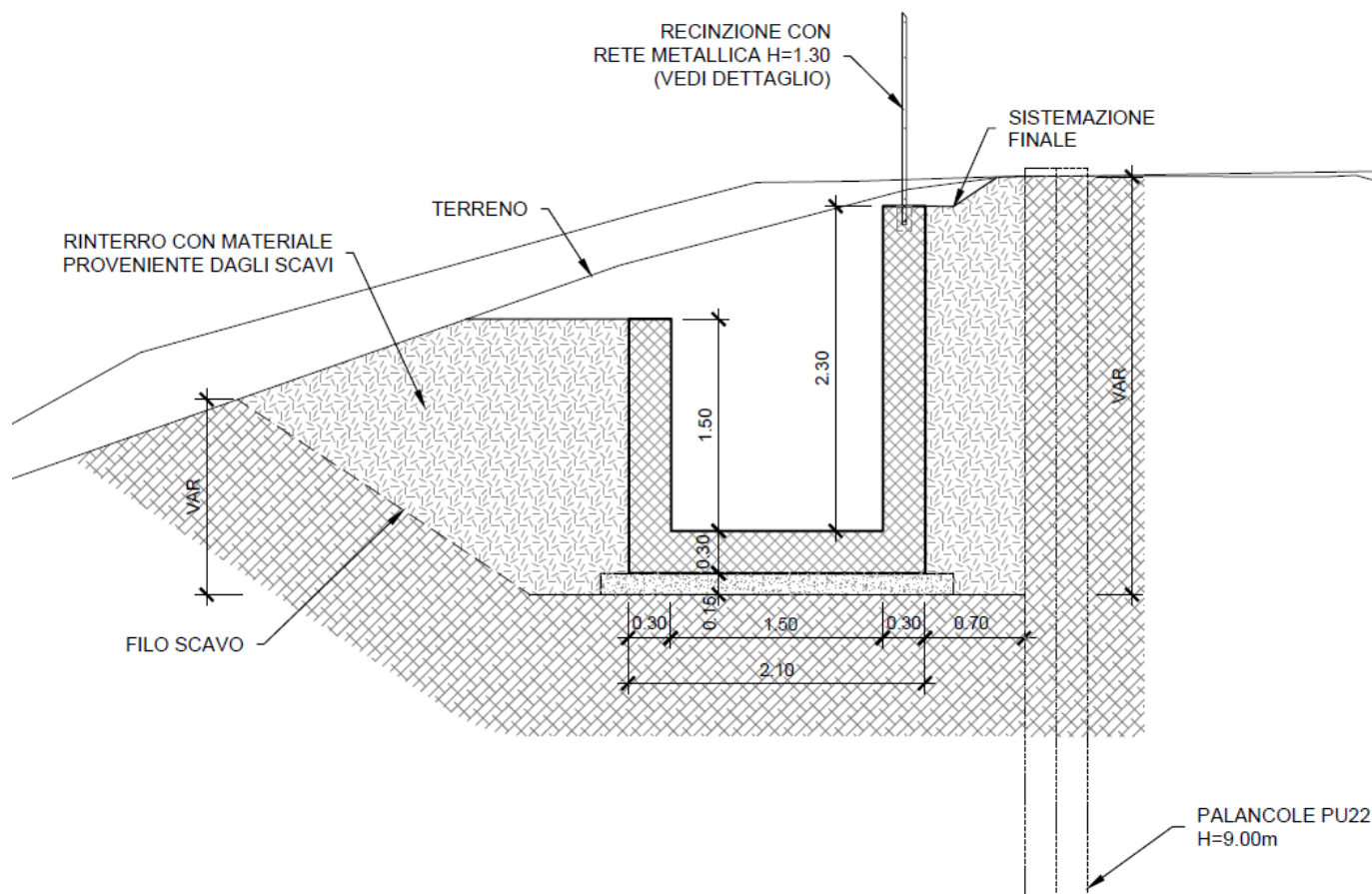


Figura 4 – Sezione tipo B

Cautelativamente si esegue il calcolo di una sezione verticale di spessore un metro della struttura della parete considerata come una mensola incastrata alla base. La luce della mensola si assume pari a 2.3 m

## 7.2 Analisi dei carichi

### Peso proprio

Il peso proprio è stato considerato ponendo il peso dell'unità di volume del calcestruzzo armato pari a  $\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3$ .

### Spinta del terreno

Il riempimento ai lati delle pareti viene eseguito con materiale proveniente da scavi per cui si assume che  $\varphi' = 27^\circ$  e la coesione sia nulla

La spinta del terreno viene considerata in regime di spinta a riposo con:

$\gamma_t$ ( $\text{kN/m}^3$ )	20	peso di volume terreno ai lati
$\varphi'$ ( $^\circ$ )	27	angolo di attrito terreno ai lati

**OPERE MINORI**

**Canale di recapito al Tescio: relazione di calcolo opere definitive**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL IN0300 002	A	15 di 25

$k_0$  0.546 coefficiente di spinta a riposo

Tali parametri si traducono ad un diagramma di pressioni trapezoidale ( $p = k_0 \cdot \gamma \cdot z$ ) da applicare sulle pareti con valori di:

$p_1$  (kN/m<sup>2</sup>) 0 pressione in asse superiore

$p_2$  (kN/m<sup>2</sup>) 29.78 pressione in asse soletta inferiore

La falda non genera spinte sull'opera in quanto la quota si trova al di sotto dell'intradosso della soletta di fondo.

Carichi variabili

Si assume che il sovraccarico accidentale dimensionante sia quello associato ad un strada situata in affiancamento al fosso per cui si assume un carico pari a 20 kN/mq.

La sovraspinta agente sulla parete ha intensità pari al carico accidentale moltiplicato per il coefficiente di spinta a riposo:

$\Delta p_{acc}$  (kN/m<sup>2</sup>) 10.92

Azioni sismiche

Le azioni sismiche non sono dimensionanti per le opere in oggetto.

### 7.3 Verifica della parete

Le pareti sono verificate a favore di sicurezza assimilandole a un'asta incastrata alla base di luce pari all'altezza ( $H = 2.30$  m).

I carichi agenti sono rappresentati, come visto al paragrafo precedente, da:

Peso proprio:  $G_1 = 25 \cdot 0.3 = 7.5$  kN/mq

Spinta del terreno  $P_{sup} = 0$  kN/m

$P_{inf} = 29.78$  kN/m

Spinta del sovraccarico accidentale:  $Q = 10.92$  kN/m

Le sollecitazioni alla base che si ottengono per i diversi stati limite sono pari a:

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

$M_{SLU} = 1.5 \cdot (10.92 \cdot 2.30^2 \cdot 1/2 + 29.78 \cdot 2.30^2 \cdot 1/6) = 82.71$  kN/m

$T_{SLU} = 1.5 \cdot (10.92 \cdot 2.30 + 29.78 \cdot 2.30/2) = 89.04$  kN/m

$N_{SLU} = 1.35 \cdot 2.30 \cdot 7.5 = 23.28$  kN

Rara)  $G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$



**OPERE MINORI**

**Canale di recapito al Tescio: relazione di calcolo opere definitive**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL IN0300 002	A	16 di 25

$$M_{SLE} = 10.92 * 2.30^2 * 1/2 + 29.78 * 2.30^2 * 1/6 = 55.16 \text{ kN/m}$$

$$N_{SLE} = 2.3 * 7.5 = 17.25 \text{ kN}$$

Verifica a flessione

La sezione resistente ha spessore 30 cm ed è armata con  $\Phi 16/20$  superiormente e  $\Phi 16/20$  inferiormente.

L'armatura tesa è superiore allo 0.2% dell'area della sezione come indicato nelle NTC18.

**DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.**

**NOME SEZIONE: parete**

(Percorso File: \\ocean\c39\LAVERO\MODELLI DI CALCOLO\FOSSO TESCIO\parete.sez)

Descrizione Sezione:  
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: Poco aggressive  
Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
Riferimento alla sismicità: Zona non sismica  
Posizione sezione nell'asta: In zona critica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CONGLOMERATO - Classe: C30/37  
Resis. compr. di calcolo fcd : 170.00 daN/cm<sup>2</sup>  
Resis. compr. ridotta fcd' : 85.00 daN/cm<sup>2</sup>  
Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020  
Def.unit. ultima ecu : 0.0035  
Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo  
Modulo Elastico Normale Ec : 328366 daN/cm<sup>2</sup>  
Coeff. di Poisson : 0.20  
Resis. media a trazione fctm : 29.00 daN/cm<sup>2</sup>  
Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0  
Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):  
Sc Limite : 180.00 daN/cm<sup>2</sup>  
Apert.Fess.Limite : Non prevista

ACCIAIO - Tipo: B450C  
Resist. caratt. snervam. fyk : 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
Resist. caratt. rottura ftk : 5400.0 daN/cm<sup>2</sup>  
Resist. snerv. di calcolo fyd : 3913.0 daN/cm<sup>2</sup>  
Resist. ultima di calcolo ftd : 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
Deform. ultima di calcolo Epu : 0.068  
Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm<sup>2</sup>  
Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito  
Coeff. Aderenza ist.  $\beta 1 * \beta 2$  : 1.00 daN/cm<sup>2</sup>  
Coeff. Aderenza diff.  $\beta 1 * \beta 2$  : 0.50 daN/cm<sup>2</sup>  
Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm<sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**

**DOMINIO N° 1**

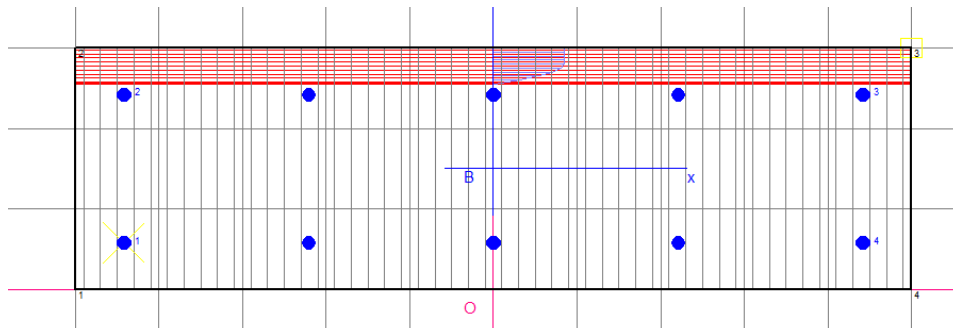
Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C30/37

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-50.00	0.00
2	-50.00	30.00
3	50.00	30.00
4	50.00	0.00

**OPERE MINORI**

**Canale di recapito al Tescio: relazione di calcolo opere definitive**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL IN0300 002	A	17 di 25



**DATI BARRE ISOLATE**

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini  
 Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
 Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø,mm
1	-44.20	5.80	16
2	-44.20	24.20	16
3	44.20	24.20	16
4	44.20	5.80	16

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N.Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N.Barra In. Numero della barra iniziale cui si riferisce la gener.  
 N.Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la gener.  
 N.Barre Numero di barre generate equidist. inserite tra la barra iniz. e fin.  
 Diam. Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø,mm
1	1	4	3	16
2	3	2	3	16

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	2328	8271	0	10	0

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	1725	5516	0

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**OPERE MINORI**

**Canale di recapito al Tescio: relazione di calcolo opere definitive**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL IN0300 002	A	18 di 25

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 16.8 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 3.8 cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult	Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta $\geq 1.000$

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	2328	8271	0	2305	10111	0	1.222

**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,0 sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
ef min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)
ef max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xf max	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Yf max	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00643	50.0	30.0	-0.00098	44.2	24.2	-0.01519	-44.2	5.8

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

a	Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.
b	Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.
c	Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 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	0.000772137	-0.019664124		

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)
Sf min	Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)
Ac eff.	Area di conglomerato [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3	Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
Ap.fess.	Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	68.3	-50.0	30.0	-2446	-44.2	5.8	1114	225	0.125	0.187

**OPERE MINORI**
**Canale di recapito al Tescio: relazione di calcolo opere definitive**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL IN0300 002	A	19 di 25

Verifica a taglio

Essendo la sezione di spessore 30 cm, il taglio resistente senza considerare una specifica armatura a taglio è pari a 124.37 kN. Pertanto la verifica si ritiene soddisfatta essendo il taglio sollecitante pari a circa 90 kN.

**Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio**
**[4.1.2.1.3.1]**

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

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

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$	<b>95 kN</b>
$N_{Ed}$	<b>0 kN</b>

Calcestruzzo

**C30/37**

$R_{ck}$	<b>37 N/mm<sup>2</sup></b>
$f_{ck}$	30.71 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cd}$	17.40 N/mm <sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$	1.5
------------	-----

Altezza sezione

$h$	<b>300 mm</b>
-----	---------------

Copriferro

$c$	<b>80 mm</b>
-----	--------------

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$	<b>1000 mm</b>
-------	----------------

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$	220 mm
-----	--------

Area Calcestruzzo

$A_c$	300000 mm <sup>2</sup>
-------	------------------------

Armatura longitudinale

$A_{sl}$	<b>1004.8 mm<sup>2</sup></b>
----------	------------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$	0.0046 ≤ 0.02	<b>ok</b>
----------	---------------	-----------

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$	0.0000 ≤ 0.2 $f_{cd}$	<b>ok</b>
---------------	-----------------------	-----------

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$k$	1.95 ≤ 2	<b>ok</b>
-----	----------	-----------

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

$v_{\min}$	0.30
------------	------

$V_{Rd}$	124.37 kN
----------	-----------

**Verifica:**

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

**VERIFICATA**

**OPERE MINORI**

Canale di recapito al Tescio: relazione di calcolo opere definitive

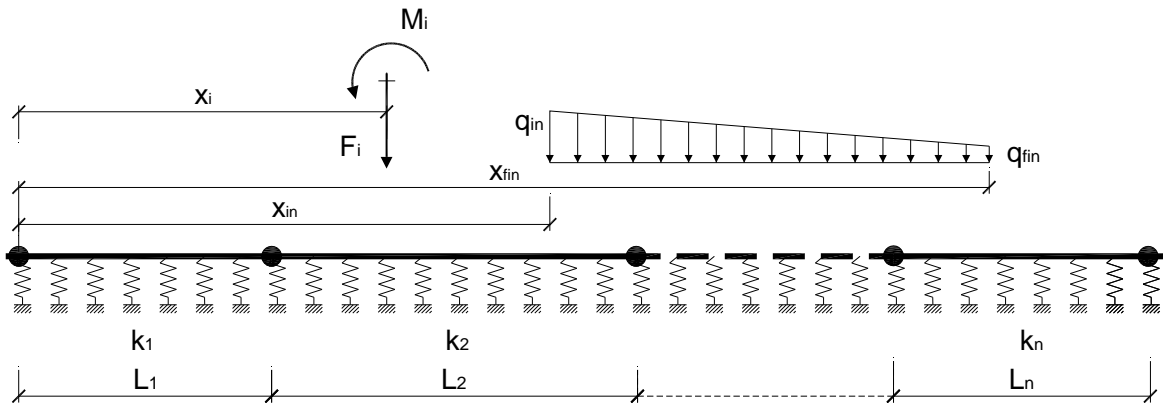
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL IN0300 002	A	20 di 25

**7.4 Verifica della soletta di fondo**

La soletta di fondo viene valutata come una trave su suolo elastico di dimensioni 100x30 cm. La luce è pari alla distanza tra le pareti e quindi pari a 1.80 m.

Il carico agente sulla soletta è pari al peso proprio più il carico dovuto all'acqua contenuta nel fosso.

$$P_{SLU} = 1.35 \cdot 25 \cdot 0.3 + 1.5 \cdot 1.5 \cdot 10 = 32.63 \text{ kN/m}$$



tratto	L (m)	E (kN/m <sup>2</sup> )	sezione	B (m)	H (m)	h ala (m)	b anima (m)	I (m <sup>4</sup> )	ks*Bm (kN/m <sup>2</sup> )	reag. a traz.
1	1.80	3.0E+07	rettangolare	1.00	0.30	0.60	0.70		2000	no
2			rettangolare			0.60	0.70			no
3			rettangolare			0.60	0.70			no
4			T o L							si
5			T o L							no
6			T o L							si

L trave (m)
1.80

dim elementi (m)
0.05

# max iterazioni
20

vincoli    sinistra     traslazione    destra     traslazione  
 rotazione     rotazione

forze e momenti concentrati			
	x (m)	F (kN)	M (kNm)
<input type="checkbox"/> 1	1.00	10.00	
<input type="checkbox"/> 2			

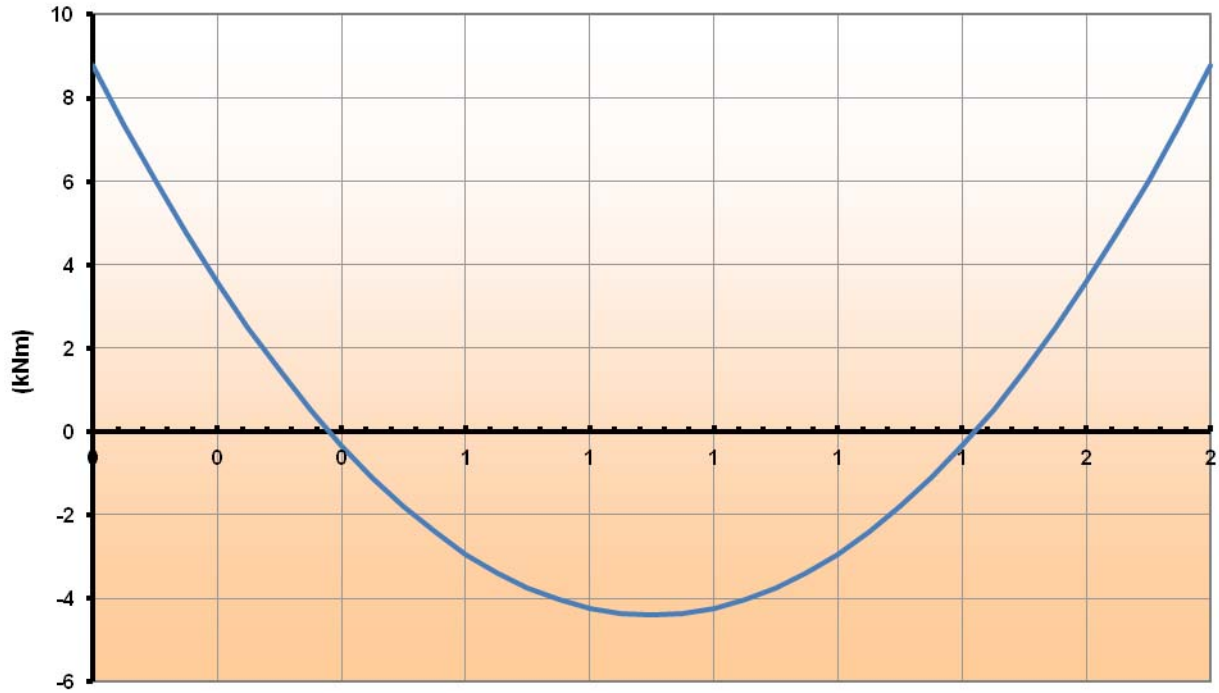
carichi distribuiti				
	xin (m)	qin (kN/m)	xfin (m)	qfin (kN/m)
<input checked="" type="checkbox"/> 1	0.00	32.63	1.80	32.63
<input type="checkbox"/> 2				

**OPERE MINORI**

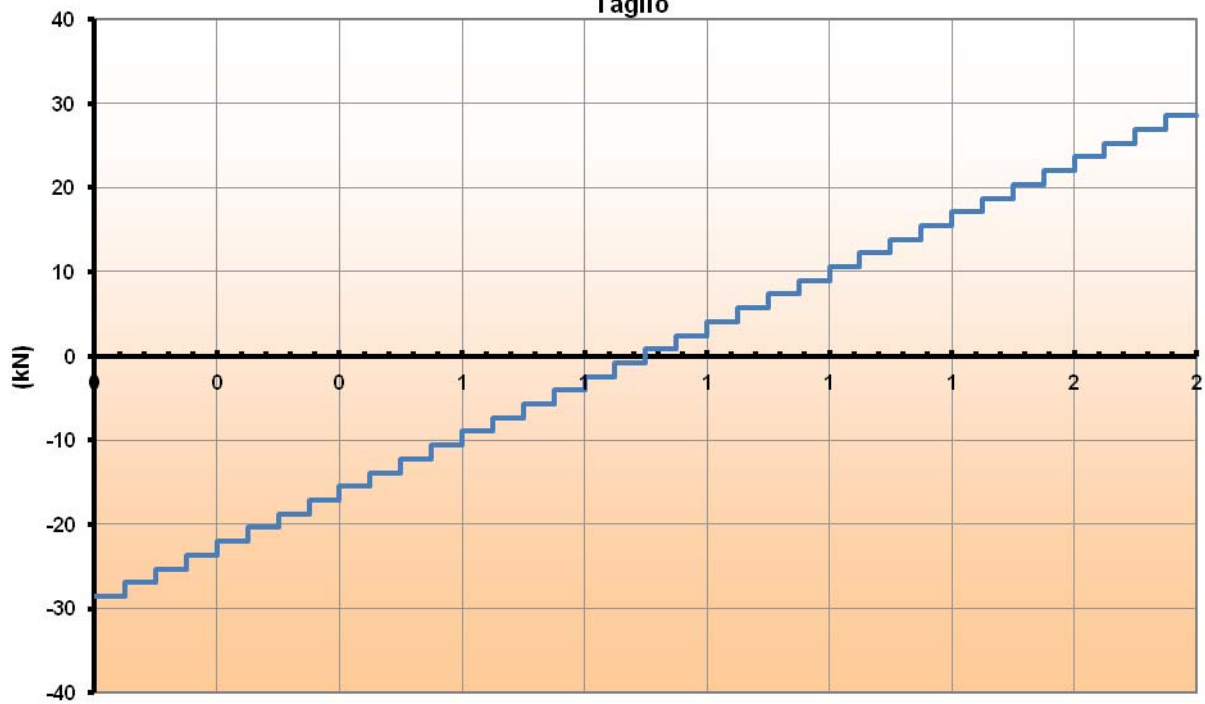
Canale di recapito al Tescio: relazione di calcolo opere definitive

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL IN0300 002	A	21 di 25

**Momento**



**Taglio**



**OPERE MINORI**

**Canale di recapito al Tescio: relazione di calcolo opere definitive**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL IN0300 002	A	22 di 25

Verifiche

Si riassumono di seguito le sollecitazioni ottenute

$$M_{SLU} = 8.8 \text{ kNm}$$

$$T_{SLU} = 28.53 \text{ kN}$$

La soletta è armata con un'armatura doppia simmetrica costituita da ferri  $\Phi 16 / 20$ , essendo la stessa sollecitata meno rispetto alla sezione delle pareti la sezione si considera automaticamente verificata.



**OPERE MINORI**

Canale di recapito al Tescio: relazione di calcolo opere definitive

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL IN0300 002	A	23 di 25

## 8 SEZIONE SCATOLARE

### 8.1 GEOMETRIA E DATI DI INPUT

Si procede al dimensionamento della struttura scatolare del canale. Sia le pareti che le soletta hanno spessore pari a 30cm. La condizione peggiore si ha per la sezione caratterizzata altezza del ricoprimento del terreno massima.

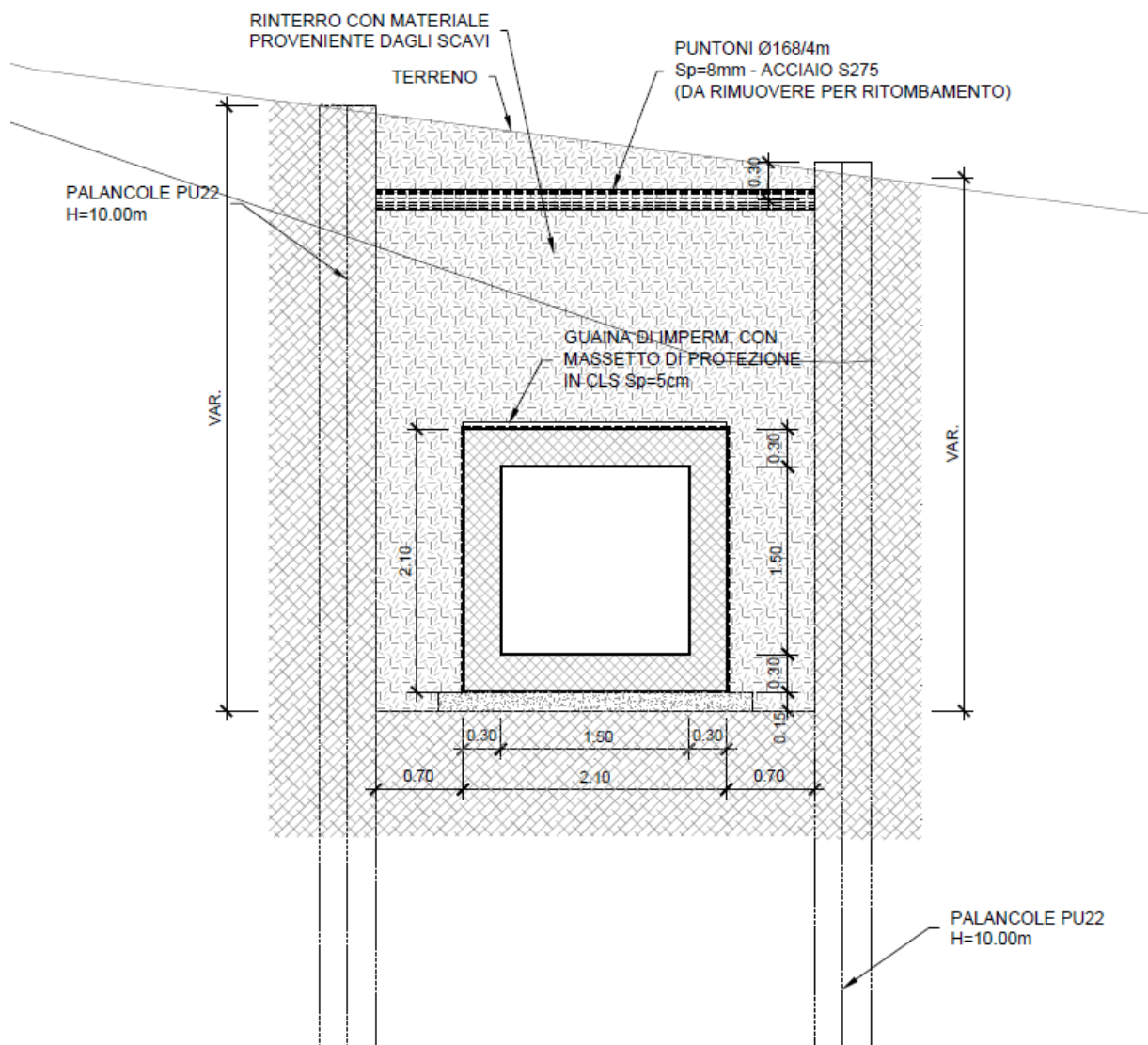


Figura 5 – Sezione tipo C

Si esegue il calcolo per la soletta di copertura perché maggiormente sollecitata assumendo che le pareti e la soletta di fondo siano cautelativamente armati allo stesso modo.

**OPERE MINORI**

Canale di recapito al Tescio: relazione di calcolo opere definitive

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL IN0300 002	A	24 di 25

## 8.2 Analisi dei carichi

### Peso proprio

Il peso proprio è stato considerato ponendo il peso dell'unità di volume del calcestruzzo armato pari a  $\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3$ .

$$p = \gamma \cdot z = 25 \cdot 0.3 = 7.5 \text{ kN/mq}$$

### Carico permanente

Il ricoprimento massimo del terreno in copertura si assume pari a 2.5 m al quale si associa un carico uniformemente distribuito di

$$p = \gamma \cdot z = 20 \cdot 2.5 = 50 \text{ kN/mq}$$

### Carichi variabili

Si assume che il sovraccarico accidentale dimensionante sia quello associato ad un strada situata al piano campagna per cui si assume un carico pari a 20 kN/mq.

## 8.3 Verifica della soletta

La soletta è assunta cautelativamente come un'asta incernierata agli estremi di luce pari a  $L = 1.80 \text{ m}$ .

$$P_{SLU} = 1.35 \cdot 7.5 + 1.5 \cdot (50 + 20) = 115.125 \text{ kN/m}$$

$$P_{SLE} = 7.5 + 50 + 20 = 77.5 \text{ kN/m}$$

Le sollecitazioni alla base che si ottengono per i diversi stati limite sono pari a:

$$\text{STR)} \quad \gamma_{G1} \cdot G1 + \gamma_{G2} \cdot G2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

$$M_{SLU} = P_{SLU} \cdot L^2 / 8 = 46.62 \text{ kN/m}$$

$$T_{SLU} = P_{SLU} \cdot L / 2 = 103.61 \text{ kN/m}$$

$$\text{Rara)} \quad G1 + G2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

$$M_{SLE} = P_{SLE} \cdot L^2 / 8 = 31.39 \text{ kN/m}$$

### Verifica a flessione

La sezione resistente ha spessore 30 cm ed è armata con  $\Phi 16/20$  superiormente e  $\Phi 16/20$  inferiormente, essendo la stessa sollecitata meno rispetto alla sezione delle pareti dei muri ad U la sezione si considera automaticamente verificata.

**OPERE MINORI**

**Canale di recapito al Tescio: relazione di calcolo opere definitive**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	01	D10	CL IN0300 002	A	25 di 25

Essendo la sezione di spessore 30 cm, il taglio resistente senza considerare una specifica armatura a taglio è pari a 124.37 kN (vedi paragrafo 7.3). Pertanto la verifica si ritiene soddisfatta essendo il taglio sollecitante pari a circa 103.6 kN.

## 9 INCIDENZE

### Muri a U

Soletta di fondo 90 kg/m<sup>3</sup>

Pareti 90 kg/m<sup>3</sup>

### Sezione scatolare

Soletta di fondo 90 kg/m<sup>3</sup>

Pareti 90 kg/m<sup>3</sup>

Soletta di copertura 90 kg/m<sup>3</sup>