



STUDIO ITA

INGEGNERIA CIVILE E TECNOLOGIE ANTINCENDIO

Comune di Cento

Provincia di Ferrara

**Intervento di sostituzione di manufatto di attraversamento
canale consortile costituito da tubi multiplastra
autoportanti a sezione ribassata**

Proprietario

Consorzio di Bonifica della Pianura di Ferrara

SOSTITUZIONE DI MANUFATTI ESISTENTI

RELAZIONE TECNICA

Committente:



Progettista:



ing. Elisa Maniezzo



Elab. n.:

R02

Rev.: REV01

Data: 19.12.18

REV01	19.12.18	Precisazione su def. Mezzi pesanti	EManiezzo	EManiezzo	EManiezzo
1°emiss.	30.11.18	1° emissione	BMVitelletti	EManiezzo	EManiezzo
<i>Rev.:</i>	<i>Data</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Eseguito</i>	<i>Controllato</i>	<i>Approvato</i>



1. INDICE

1.	INDICE	2
2.	PRINCIPALI FONTI BIBLIOGRAFICHE	3
3.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
4.	PREMESSA	5
5.	MANUFATTO ESISTENTE	6
6.	INTERVENTO DI PROGETTO	8
6.1	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE.....	8
6.2	MATERIALI UTILIZZATI	9
6.3	COPRIFERRO DI PROGETTO	10
6.4	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE TERRENO IN SITO.....	12
6.5	CARICHI DI PROGETTO.....	15
6.5.1	<i>Carichi statici</i>	15
6.5.2	<i>Carichi mobili verticali</i>	15
6.5.3	<i>Carichi sismici</i>	15
6.6	CASI DI CARICO	16
6.7	COMBINAZIONI DI CARICO.....	17
6.8	MODELLAZIONE DELLA SEZIONE.....	19
6.9	SOLLECITAZIONI DI PROGETTO.....	23
6.10	VERIFICHE AGLI SLU E AGLI SLE	31
6.10.1	<i>Verifica a presso flessione</i>	31
6.10.2	<i>Verifica a Taglio</i>	34
7.	FASI COSTRUTTIVE.....	35
8.	PROVE DI CONTROLLO FINALI.....	38
9.	CONCLUSIONI.....	38

ALLEGATI:

ALLEGATO A: Progetto esecutivo dell'epoca di costruzione;



2. PRINCIPALI FONTI BIBLIOGRAFICHE

- [1] Lancellotta R., “*Geotecnica*” – Ed. Zanichelli, Bologna (2000).
- [2] Jaeger C., “*Rock Mechanics and Engineering*” – Ed. Cambridge, London (1979).
- [3] Anderson M.G., Richards S., “*Slope stability*” – Ed. JWS, New York (1992).
- [4] Farulla C. A., “*Analisi di stabilità dei pendii*” – Ed. Hevelius, Napoli (2000).
- [5] Bowles J., “*Foundation analysis and design*” – Ed. McGrawHill, London (1998).
- [6] Viggiani C., “*Fondazioni*” – Ed. Hevelius, Napoli (2000).
- [7] Atkinson J., “*Geotecnica*” – Ed. McGraw-Hill, Milano (1997).
- [8] Nova R., “*Fondamenti di meccanica delle terre*” - Ed. McGraw-Hill, Milano (1997).
- [9] Pozzati P., Ceccoli C.: “*Teoria e tecnica delle costruzioni*” – Ed. Utet, Torino (1997);
- [10] M. Corrao, G. Coco *Geofisica Applicata 2009* Dario Flaccovio Editore
- [11] M. Mele *Interazione terreno-struttura in prospettiva sismica 1990* Dario Flaccovio Editore
- [12] T. Crespellani, J. Facciorusso *Dinamica dei terreni per le applicazioni sismiche 2010* Dario Flaccovio Editore
- [13] RUE Ferrara 2013 *Relazione Geologico Sismica*. Prof. Ing. Vincenzo Fioravante, ing. Daniela Giretti
- [14] Gruppo di lavoro CPTI (2004). *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04)*, INGV, Bologna
- [15] Gutenberg B., Richter C.F. (1944). *Frequency of earthquakes in California*. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 34(4), 1985-1988.
- [16] Associazione Geotecnica Italiana AGI (2005). *Linee Guida “Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica”*, Patron, Bologna



3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le Normative di riferimento adottate sono le seguenti:

D.M. 20 febbraio 2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni"

Circ.C.S.LL.PP. n.617 del 2 febbraio 2009, "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al DM del 14 gennaio 2008".

Eurocodice EC7, parti 1,2,3.

Eurocodice EC8, parte 5.

4. PREMESSA

Lungo la strada statale SS255 in località Corporeno di Cento (FE), è presente un manufatto di attraversamento con tubazione multi piastra autoportante ribassata tipo “Armco Finsider”.



Figura 1: Stato attuale

Attualmente il manufatto si trova in forti condizioni di degrado, che hanno reso necessario un intervento di messa in sicurezza con puntelli in acciaio.



Figura 2: Immagine puntellamento

Considerata la temporaneità dell'intervento di messa in sicurezza, la proprietà ha ritenuto opportuno procedere con la definizione di un progetto esecutivo che porti alla sostituzione del manufatto esistente con uno nuovo.

La sottoscritta Ing. Elisa Maniezzo, è stata incaricata dal Consorzio di Bonifica della Pianura di Ferrara, di eseguire il progetto esecutivo di relining del manufatto esistente.

Pertanto, nei capitoli successivi si procederà con la definizione:

- A. del manufatto esistente;
- B. dell'intervento di relining;
- C. del progetto e della verifica del guscio in calcestruzzo;
- D. delle fasi costruttive di cantiere;

Si precisa che tutte le prescrizioni e ipotesi progettuali qui indicate, sono state verificate attraverso indagini di mercato che hanno permesso di garantire la fattibilità tecnico economica dell'intervento.

5. MANUFATTO ESISTENTE

Il manufatto esistente è stato progettato nel 1965 e ha le seguenti caratteristiche dimensionali:

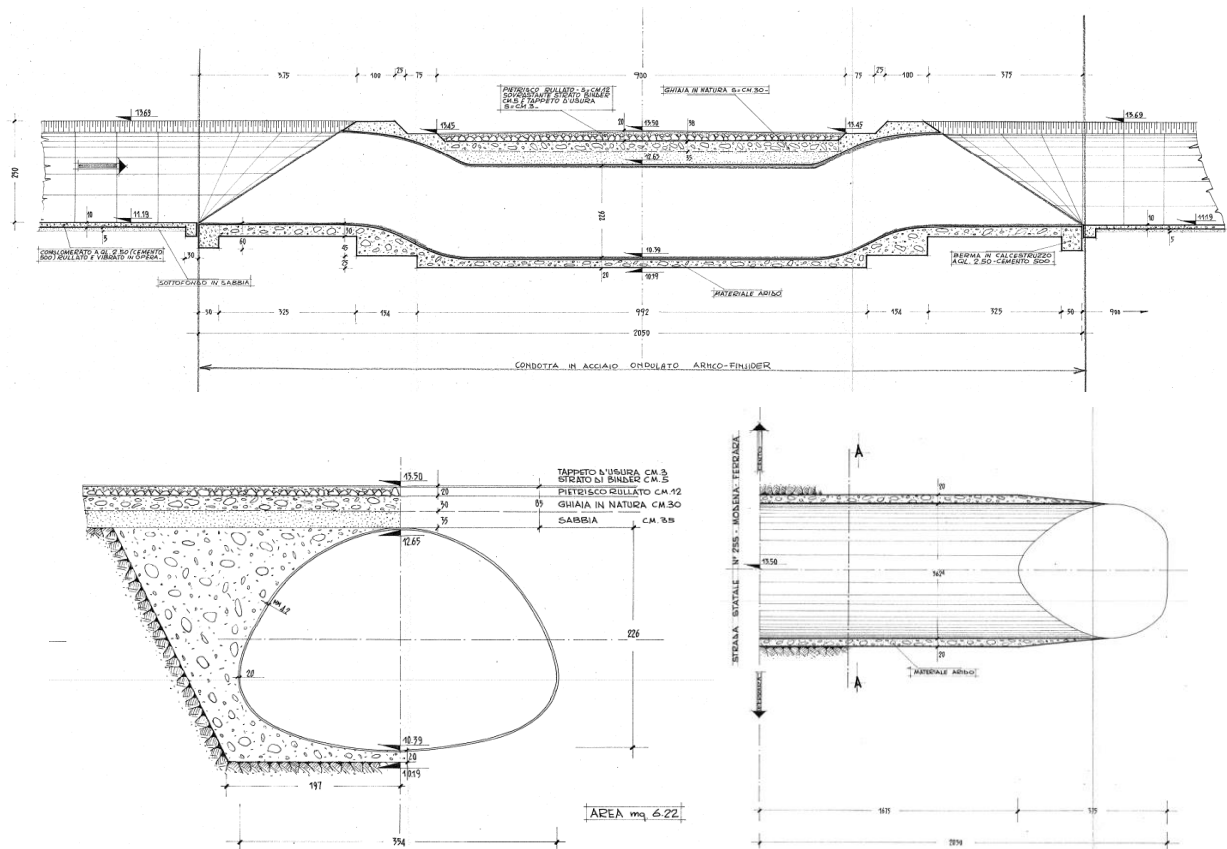


Figura 3: Disegni progetto dell'epoca di costruzione

Luce=3540 mm

Freccia=2260 mm

Spessore strutturale=4.2 mm

Da una prima indagine visiva del manufatto, è stato possibile verificare l'**impossibilità di agire con interventi di riparazione locale** in quanto lo stato di conservazione dello stesso è particolarmente problematico. In molti punti, infatti, si sono verificati principi di corrosione delle lastre in acciaio.



Figura 4: Foto dello stato di fatto del tubo da sostituire

6. INTERVENTO DI PROGETTO

6.1 Caratteristiche geometriche

Considerate le condizioni di degrado del manufatto e la necessità di non demolire la strada SS255 passante sopra il manufatto, l'unico intervento di progetto fattibile consiste nel relining del tubo esistente con la realizzazione di uno nuovo al suo interno.

Il nuovo tubo avrà profilo longitudinale e sezione trasversale del tutto simile a quello esistente, ma con dimensioni leggermente inferiori.

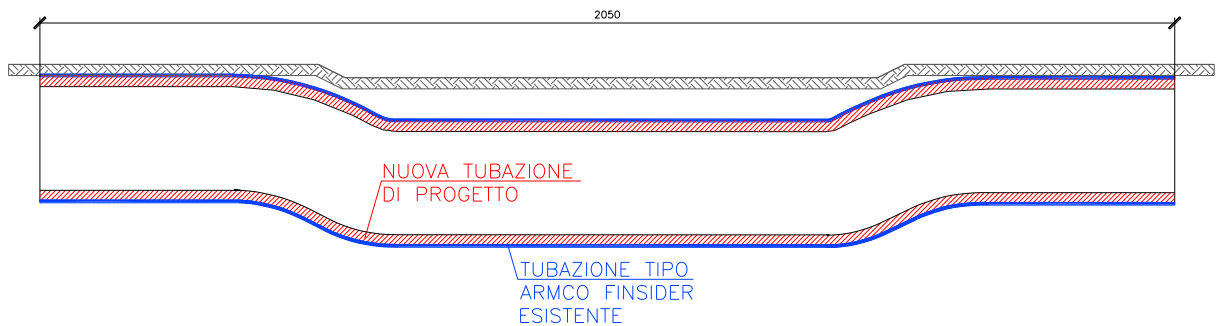


Figura 5: Sezione longitudinale manufatto. In rosso nuovo tubo.

Si prevede di realizzare una **tubazione in cemento armato gettato in opera**, utilizzando il tubo esistente come guscio esterno ed un cassero interno sagomato ad hoc in polistirene.

Il nuovo manufatto dovrà avere le seguenti caratteristiche geometriche.

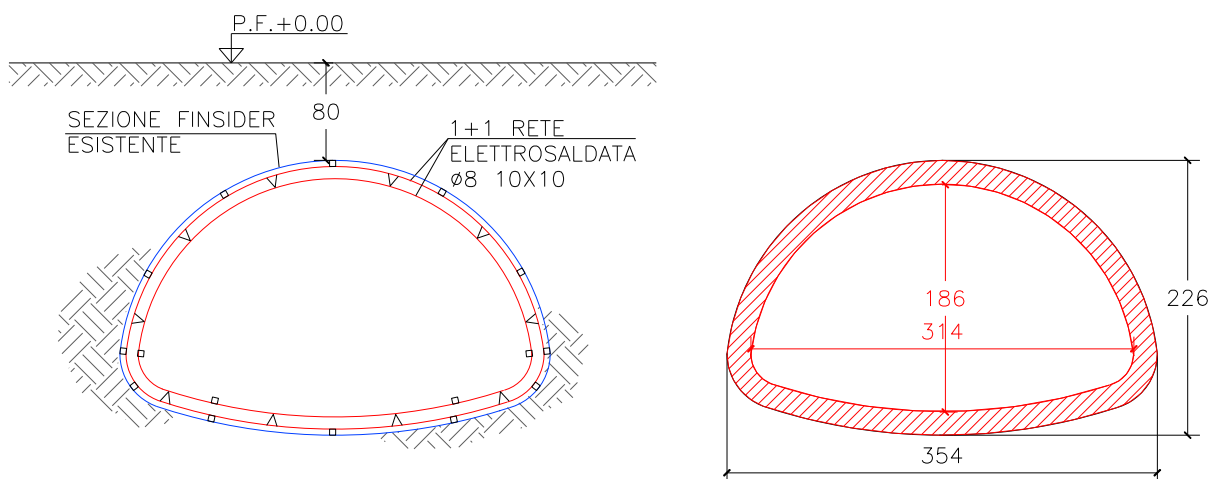


Figura 6: Sezione trasversale manufatto. In rosso la nuova sezione trasversale.

La **tubazione in CALCESTRUZZO** avrà le seguenti caratteristiche geometriche:

Luce=3140 mm



Freccia=1860 mm

Spessore strutturale=200 mm

Ricoprimento minimo su tubazione esistente: 80 cm (riferito al piano finito stradale)

6.2 Materiali utilizzati

Calcestruzzo SCC autocompattante UNI EN 206-1 UNI EN 206-9 UNI 11040

Di seguito si riassumo le caratteristiche di resistenza:

- Classe di esposizione ambientale: XC2
- Classe di resistenza: CLASSE C35/45
- Rapporto A/C massimo: 0,60
- Classe di spandimento: SF3
- Diametro massimo degli aggregati: 10 mm

Acciaio per cemento armato

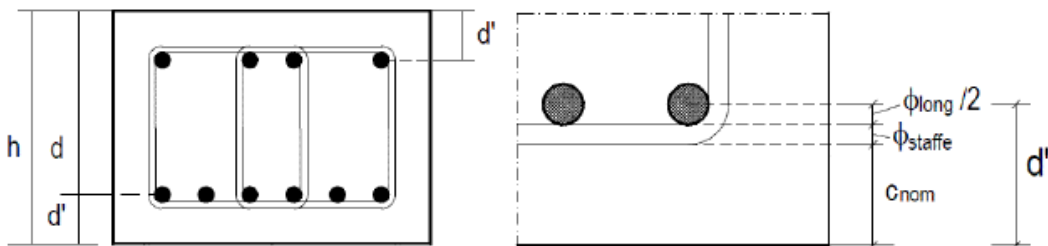
Acciaio del tipo B450C c.s. avente le seguenti caratteristiche:

- | | |
|---|--|
| - Tensione di snervamento caratteristica | $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$ |
| - Tensione caratteristica a rottura | $f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$ |
| - Resistenza di calcolo | $f_{yd} = f_{yk}/\gamma = 391,30 \text{ N/mm}^2$ |
| - Deformazione caratteristica al carico massimo | $\epsilon_{uk}=7.5\%$ |
| - Deformazione di progetto | $\epsilon_{ud}=6.75\%$ |

6.3 Copriferro di progetto

Il calcolo del copriferro di progetto è stato condotto in ottemperanza a quanto prescritto dall'EC2.

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$



Specificatamente:

c_{nom} = copriferro minimo di progetto (ved. formula soprastante);

$c_{min,b}$ = copriferro minimo per garantire l'aderenza – tale valore è stabilito dalla tabella seguente.

prospetto 4.2 Copriferro minimo, $c_{min,b}$, richiesto con riferimento all'aderenza

Requisito relativo all'aderenza	
Disposizione delle armature	Copriferro minimo $c_{min,b}$ ^{*)}
Isolate	Diametro della barra
Raggruppate	Diametro equivalente (ϕ_n) (vedere punto 8.9.1)
*) Se la dimensione nominale massima dell'aggregato è maggiore di 32 mm, si raccomanda di maggiorare $c_{min,b}$ di 5 mm.	

Nel caso in oggetto le armature sono di tipo isolate.

$c_{min,dur}$ = copriferro minimo per garantire la durabilità – tale valore è stabilito dalla tabella seguente sulla base della classe di esposizione e della classe strutturale.

Requisito ambientale per $c_{min,dur}$ (mm)							
Classe strutturale	Classe di esposizione secondo il prospetto 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

Nel caso di specie la struttura rientra nella classe di esposizione XC2.

La classe strutturale raccomandata per la struttura, avente $V_n = 50$ anni, è S4.



Δc_{dev} = tolleranza di esecuzione varia da 0 a 10 mm → per il caso in oggetto è stata posta pari a 5mm.

Pertanto, nel caso in oggetto, si ha:

VERIFICA DI DURABILITA' EC 2	
Classe di esposizione	XC2
Classe strutturale	S4
Misura aggregato MAX	10
Armature isolate	si
Numero Barre	/
$c_{min,dur}$	25
Φ	8
Δc_{dev}	5
$c_{min,b}$	8
c_{min}	25
c_{nom}	30
c_{prog}	50
VERIFICA	OK

Per il manufatto di progetto si prescrive quindi un copriferro minimo $c = 5$ cm.

6.4 Caratteristiche geotecniche terreno in sito

Le caratteristiche geologico – geotecniche del terreno di fondazione possono essere preliminarmente desunte dalla cartografia geologica della Regione Emilia Romagna nelle vicinanze del manufatto d'interesse.

Cartografia geologica Regione Emilia Romagna

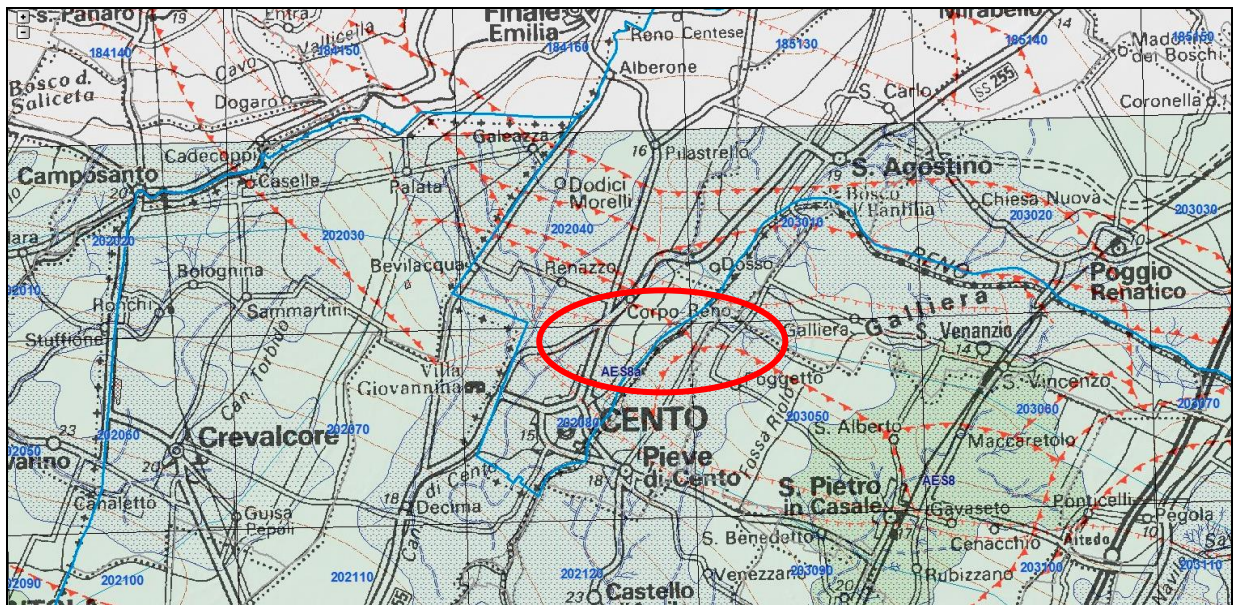


Figura 7: Località Corporeno, dove è ubicato il manufatto.

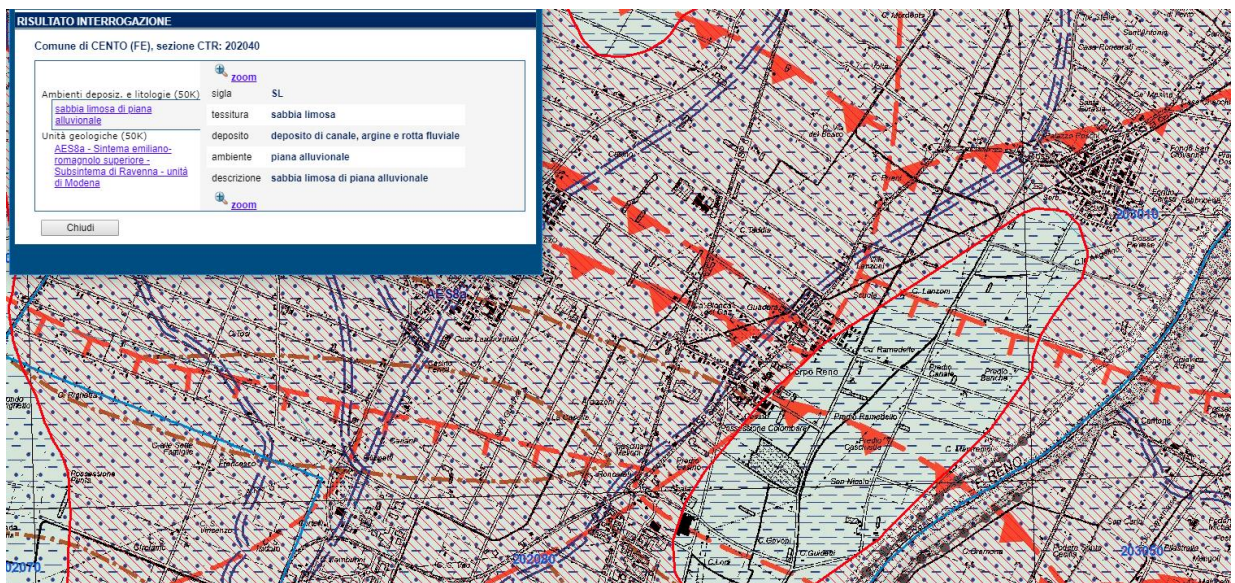


Figura 8: Zoom su luogo oggetto di intervento.

L'area oggetto di intervento è quindi caratterizzata principalmente da sabbia limosa – deposito di canale, argine e rotta fluviale.

RISULTATO INTERROGAZIONE

Comune di CENTO (FE), sezione CTR: 202040

Ambienti deposiz. e litologie (50K) sabbia limosa di piana alluvionale Unità geologiche (50K) AES8a - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subintema di Ravenna - unità di Modena	sigla	AES8a
	nome	unità di Modena
	nome completo	Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subintema di Ravenna - unità di Modena
	tipo	unità
	descrizione	Unità costituita da ghiaie e ghiaie sabbiose o da sabbie con livelli e lenti di ghiaie ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, in contesti di conoide alluvionale, canale fluviale e piana alluvionale intravalliva; da argille e limi, in contesti di piana inondabile; da alternanze di sabbie, limi ed argille, in contesti di piana deltizia; da sabbie prevalenti passanti ad argille e limi e localmente a sabbie ghiaiose, in contesti di piana litorale. Al tetto l'unità presenta localmente un suolo calcareo poco sviluppato di colore grigio-giallastro
	legenda	AES8a - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subintema di Ravenna - unità di Modena
	età	Olocene
	sigla	SL
	tessitura	sabbia limosa
	deposito	deposito di canale, argine e rotta fluviale
	ambiente	piana alluvionale
		zoom

Chiudi

Figura 9: Estratto da cartografia interattiva

Pertanto, la stratigrafia di progetto da considerare è la seguente:

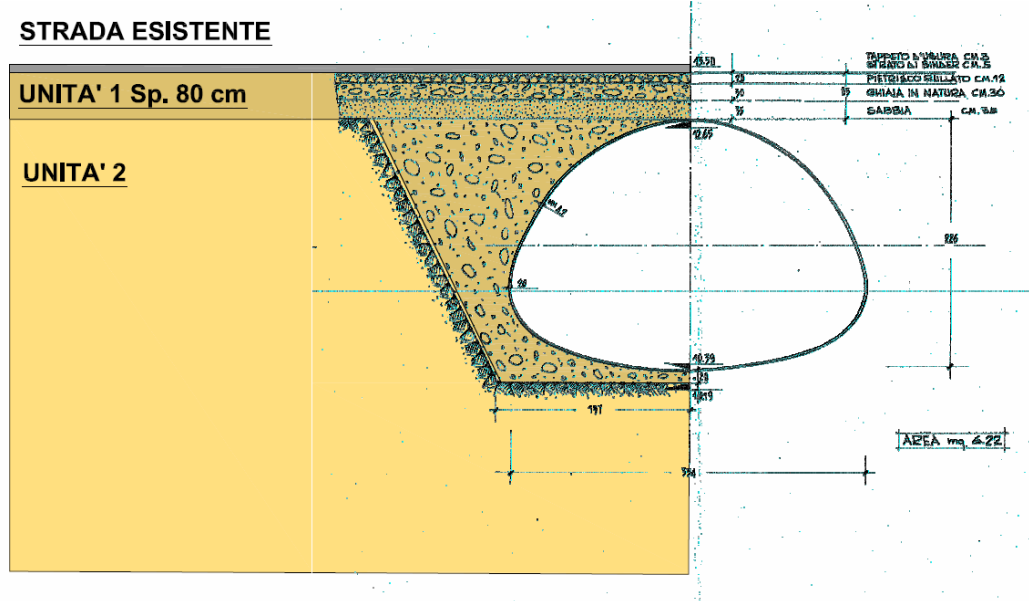


Figura 10: Sezione trasversale con indicazione del profilo stratigrafico del terreno

UNITA' 1: Terreno da rilevato (allettamento e ricoprimento tubo)

$\gamma_{\text{unsat}}=17 \text{ kN/mc}$

$\gamma_{\text{sat}}=20 \text{ kN/mc}$

$\phi=33^\circ$

$c'=1 \text{ kN/Mq}$

$E'=33 \text{ MPa}$



UNITA' 2: limo argilloso/sabbioso - terreno in sito

$\gamma_{\text{unsat}}=16 \text{ kN/mc}$

$\gamma_{\text{sat}}=18 \text{ kN/mc}$

$\phi=25^\circ$

$c'=5 \text{ kN/Mq}$

$E'=20 \text{ Mpa}$

POSIZIONE FALDA:

Si considera la posizione della falda compresa tra -0.5 m da p.c. e -1.5 m da p.c.

6.5 Carichi di progetto

6.5.1 Carichi statici

Tali carichi riguardano le spinte del terreno agenti sulla tubazione. Il loro contributo, ai fini del calcolo, è determinato automaticamente dal programma di calcolo agli elementi finiti.

6.5.2 Carichi mobili verticali

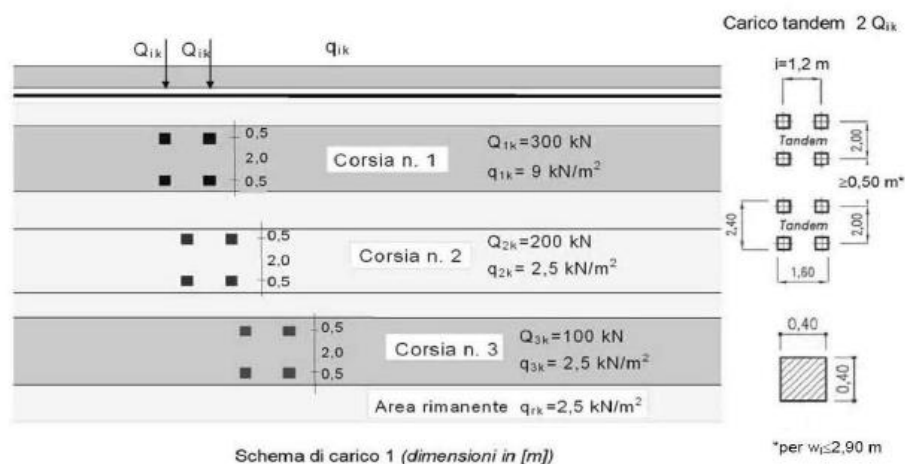
Con riferimento alle norme vigenti come azione variabile da traffico si assume quella relativa i:

PONTI DI I CATEGORIA – schema di carico 1

Tale carico è costituito da:

Carico tandem $Q_{1,k}$ concentrato: ossia il mezzo convenzionale da 600kN a due assi da 300 kN ognuno, con interasse di 1,20 m lungo il senso di marcia e di larghezza 2,40m (comprese le dimensioni delle impronte).

Carico distribuito $q_{1,k}$ da 9kN/m² uniformemente distribuito su tutta la sezione trasversale modellata.



6.5.3 Carichi sismici

In accordo con la Delibera D.G.R. 687/2011 il manufatto, avendo un diametro equivalente di 2.5m, rientra al punto A.2.6. tra gli interventi privi di rilevanza dal punto di vista sismico.

Per tale motivo non vengono assunti nel calcolo le azioni sismiche.

6.6 Casi di carico

Si considerano i seguenti casi di carico:

CASO DI CARICO 1 – si considerano:

1. Spinte dovute a terreno esistente → Gk_1 ;
2. Carico stradale uniformemente distribuito su tutta la sezione → qk_1 ;
3. Carico tandem centrato sulla tubazione → Qk_1 ;

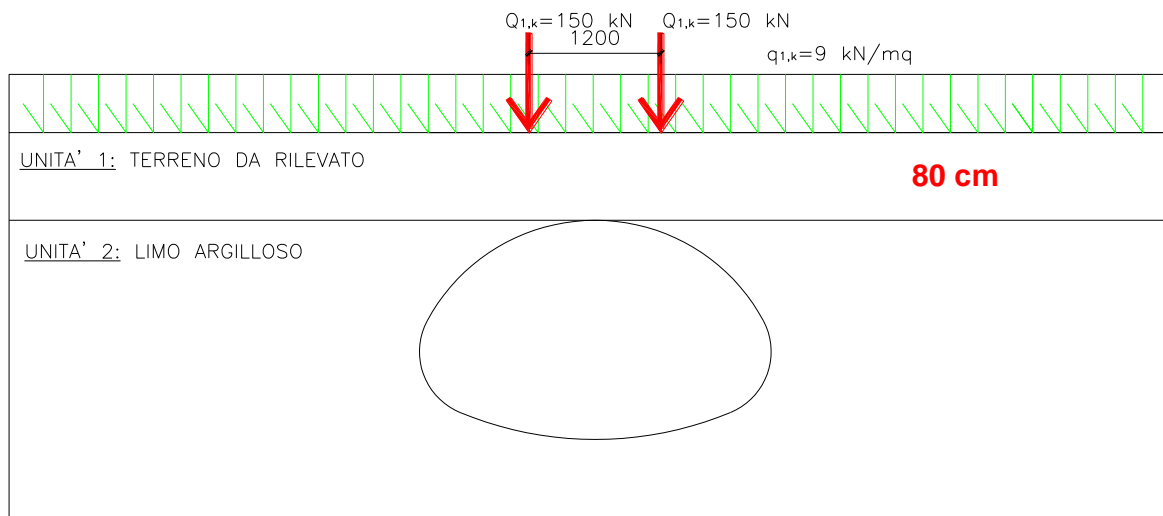


Figura 11: Caso di carico 1

CASO DI CARICO 2 – si considerano:

4. Spinte dovute a terreno esistente → Gk_2 ;
1. Carico stradale uniformemente distribuito su tutta la sezione → qk_2 ;
2. Carico tandem centrato sulla tubazione → Qk_2 ;

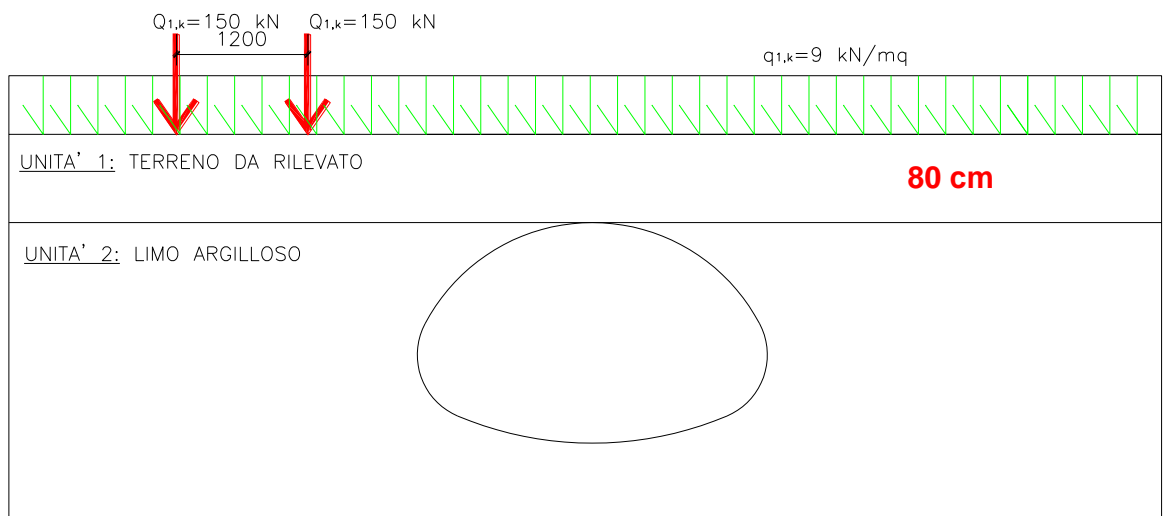


Figura 12: Caso di carico 2



6.7 Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico di progetto sono quelle stabilite dalle NTC2018 al capitolo 2.5.3, relativamente i valori da utilizzare, si fa riferimento alla tabella 5.1.IV delle NTC 2018, che mette insieme il gruppo di azioni ed il modello principale:

Gruppo di azioni	Carichi sulla superficie carrabile					Carichi su marciapiedi e piste ciclabili non sormontabili
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
	Modello principale (schemi di carico 1, 2, 3, 4 e 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura	Forza centrifuga	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5kN/m ²
2a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m ²
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m ²			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m ²
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(*) Ponti pedonali
 (**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)
 (***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

Nel nostro caso, quindi si utilizzano i **valori caratteristici**.

Per quanto concerne i coefficienti parziali delle azioni si fa riferimento a quanto di seguito riportato:

Tab. 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti g ₁ e g ₃	favorevoli	γ_{G1} e γ_{G3}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ g ₂	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,90	0,90	0,90
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}$, $\gamma_{\epsilon 3}$, $\gamma_{\epsilon 4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00



Come prescritto dalle NTC 2018, poiché si sta eseguendo una verifica strutturale che coinvolge azioni di tipo geotecnico, le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali possono essere eseguite seguendo l'Approccio 1 Combinazione 1, utilizzando per le azioni i coefficienti della colonna A1.

Di seguito si riassumono quindi i coefficienti utilizzati:

PER VERIFICHE AGLI SLU

Combinazione 1-A

→ $\gamma_{GK1}=1.35$

→ $\gamma_{QK1}=1.35$

Combinazione 1-B

→ $\gamma_{GK2}=1.35$

→ $\gamma_{QK2}=1.35$

PER LE VERIFICHE AGLI SLE -RARA

Combinazione 2-A

→ $\gamma_{GK1}=1.00$

→ $\gamma_{QK1}=1.00$

Combinazione 2-B

→ $\gamma_{GK2}=1.00$

→ $\gamma_{QK2}=1.00$

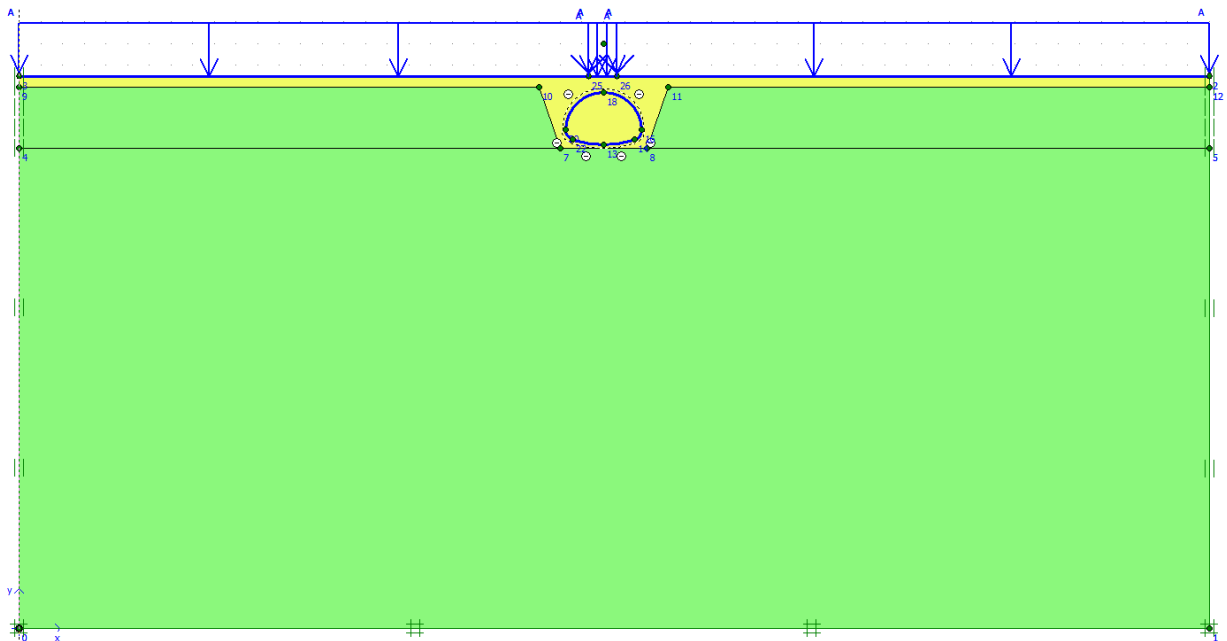


6.8 Modellazione della sezione

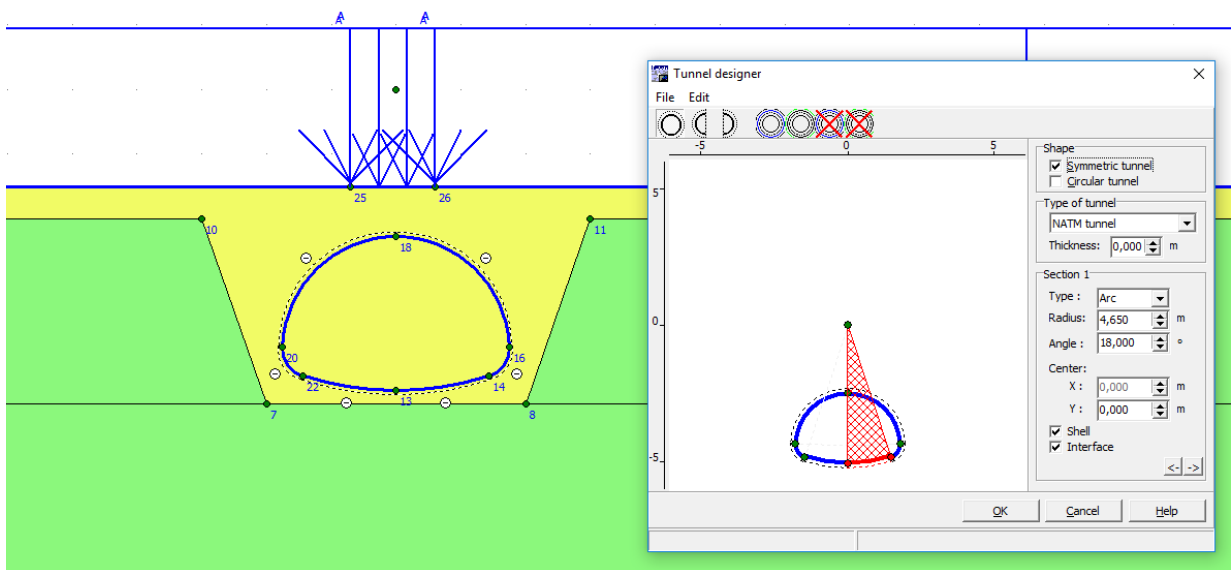
La sezione di progetto è stata modellata con il programma Plaxis, che è un codice di calcolo agli elementi finiti utilizzabile per eseguire analisi di stabilità e di deformazione nell'ambito di molteplici applicazioni geotecniche.

Il programma permette di simulare situazioni reali riconducibili a condizioni di deformazioni piane o a condizioni di assialsimmetria.

Caratteristiche Geometriche della sezione: Ricoprimento di progetto pari a 80 cm



Sezione tipo Finsider come indicato in Figura 6.

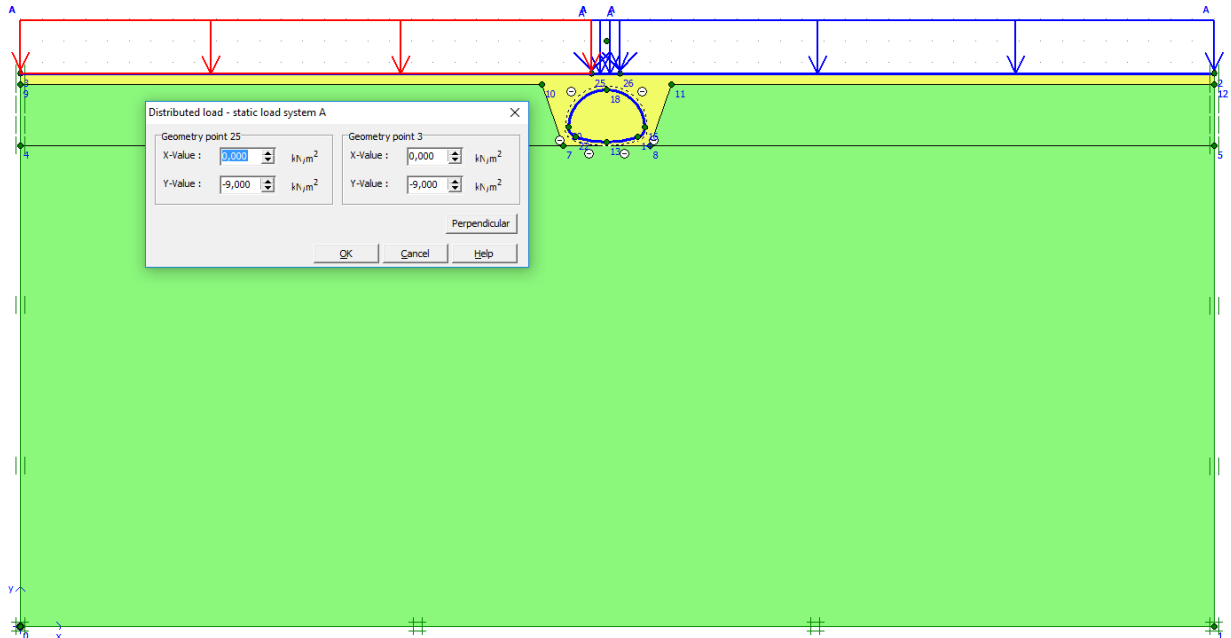




I carichi agenti sulla sezione sono modellati come descritto di seguito:

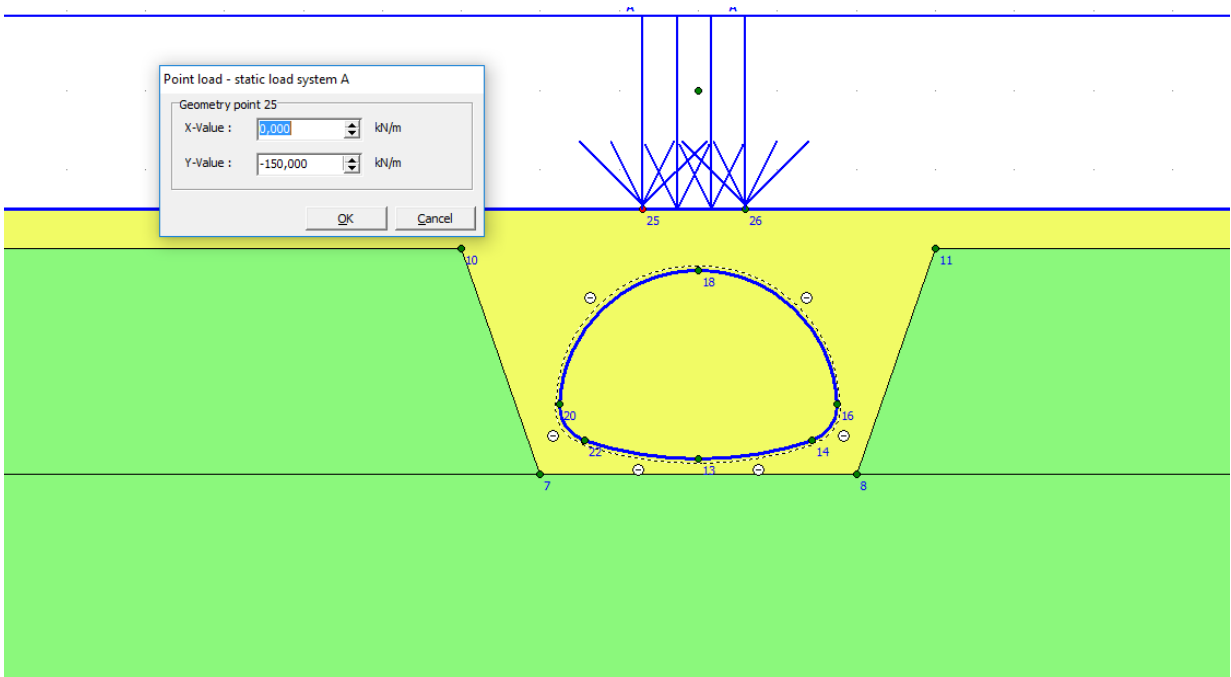
CARICO DISTRIBUITO → 9 kN/mq

Il carico è stato applicato per tutta la lunghezza della sezione simulata.



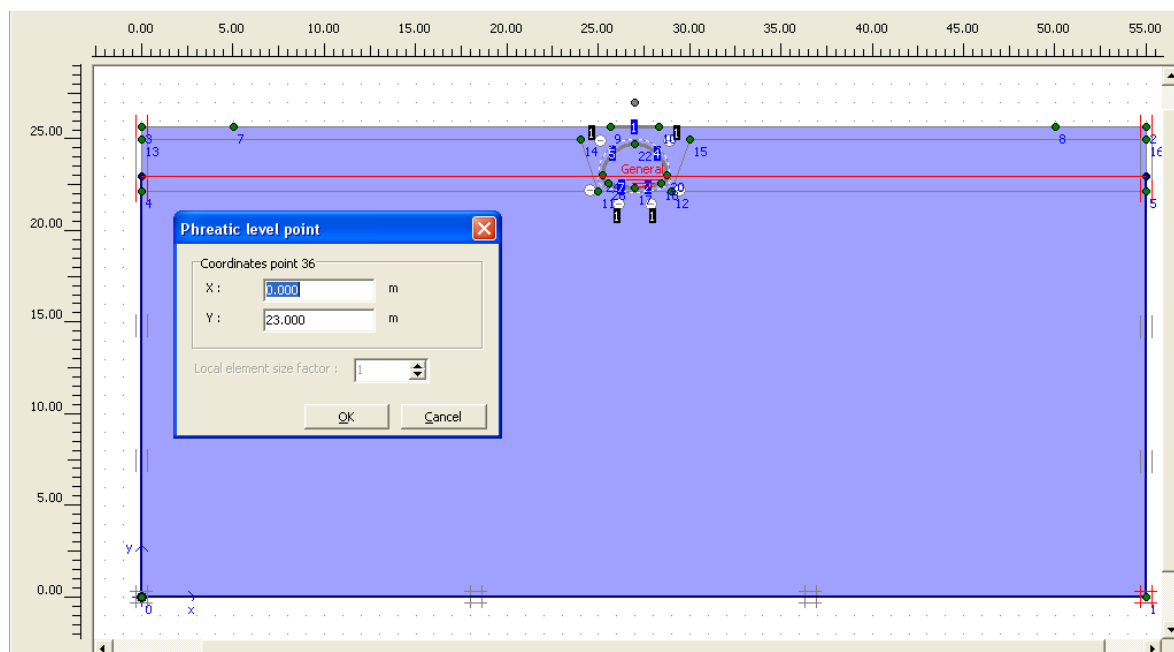
CARICO TANDEM → Sono state applicate due forze $F = 300$ kN ad interasse $i = 1,2$ m, pertanto:

$$P = 300/2 = 150 \text{ kN}$$





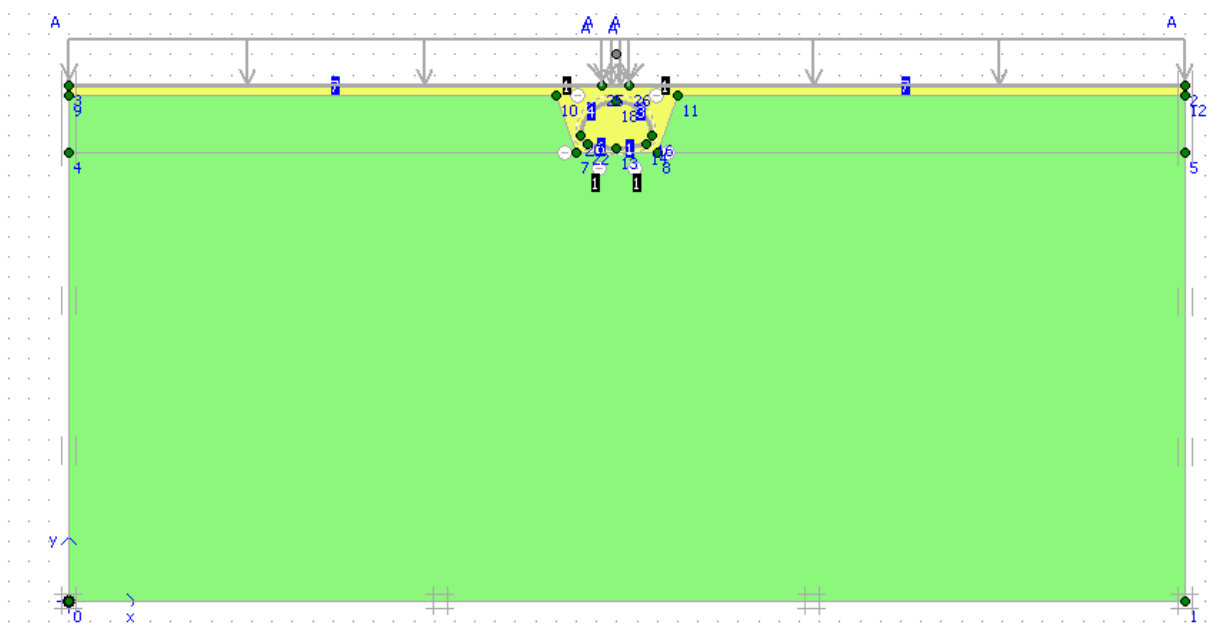
Dal punto di vista geotecnico, sono stati identificati i due strati di terreno di cui al capitolo 6.4 e la **falda** è stata impostata a una profondità di -2 m da p.c.



I risultati ottenuti dalla modellazione vengono valutati in relazione alle sollecitazioni ottenute sulla parete del tubo.

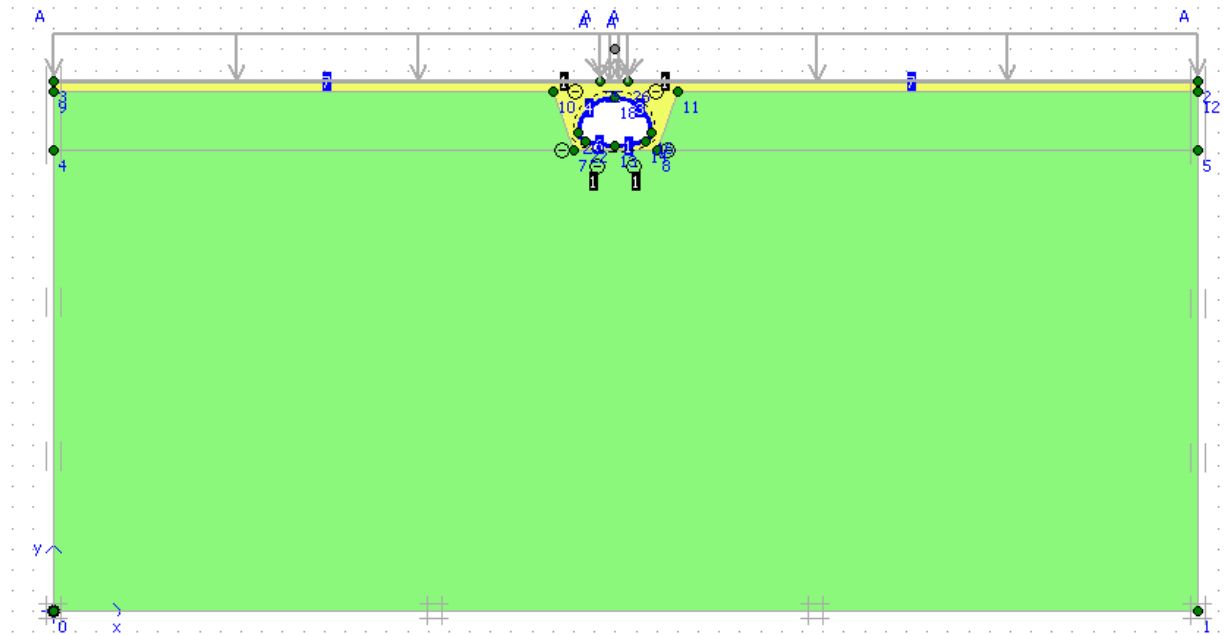
Il programma permette inoltre di studiare il problema di progetto considerandone anche le fasi costruttive:

FASE 0: Condizioni geostatiche

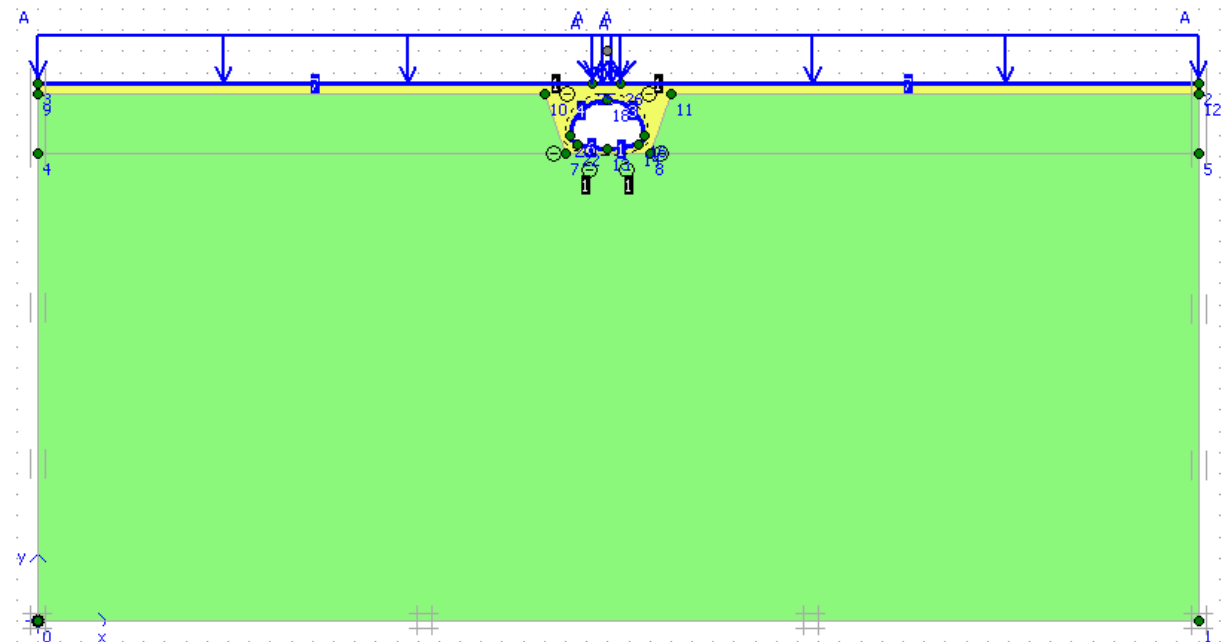




FASE 1: Posizionamento del tubo ribassato



FASE 2: Applicazione dei carichi stradali



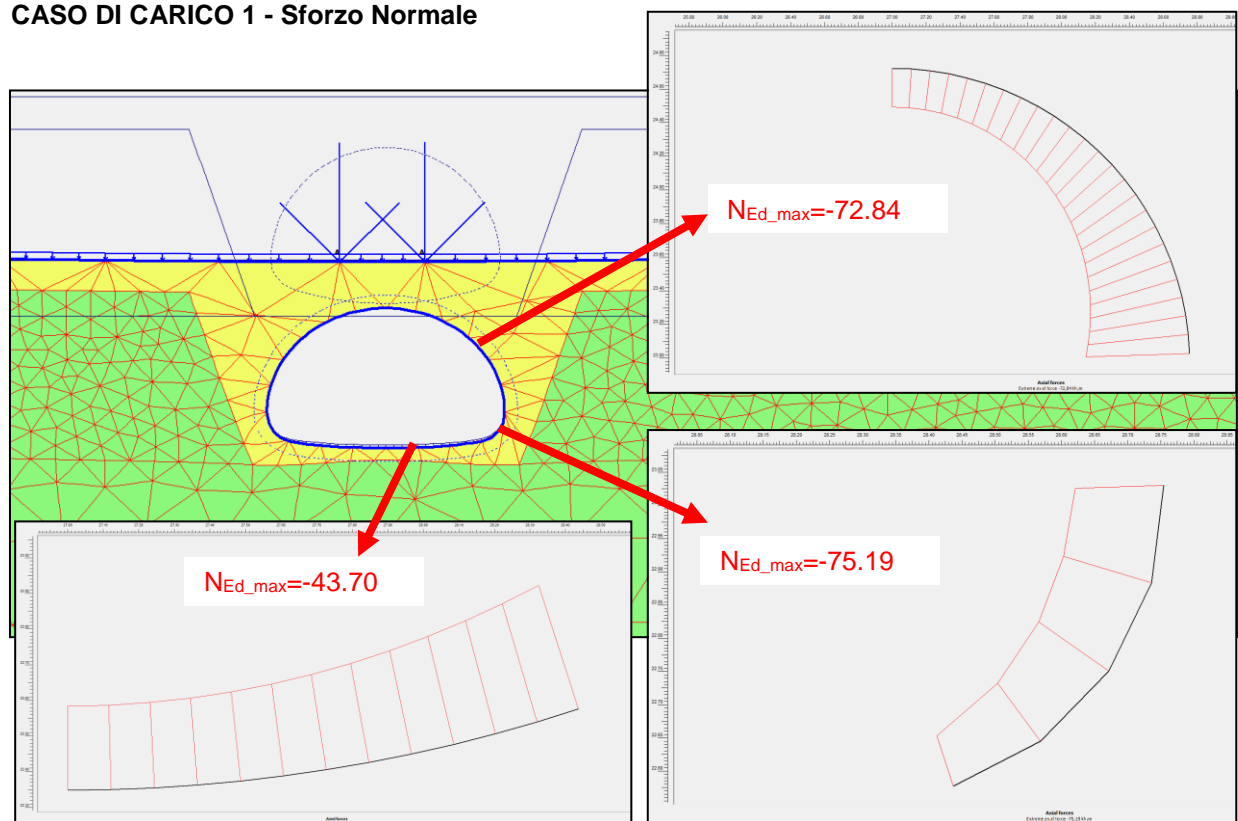
6.9 Sollecitazioni di progetto

Poiché l'intervento di progetto consiste nel relining della condotta esistente, le azioni sollecitanti di progetto sono quelle riferite alla sola **FASE 2**, in quanto la FASE 1 è relativa alla realizzazione del foro, necessaria ai fini della modellazione, ma trascurabile in termini di risultato in quanto il foro nel caso specifico è già esistente.

La sezione trasversale della tubazione è stata suddivisa in 6 elementi tipo "Plate", aventi raggio diverso, il programma restituisce le sollecitazioni singolarmente per ciascun elemento modellato.

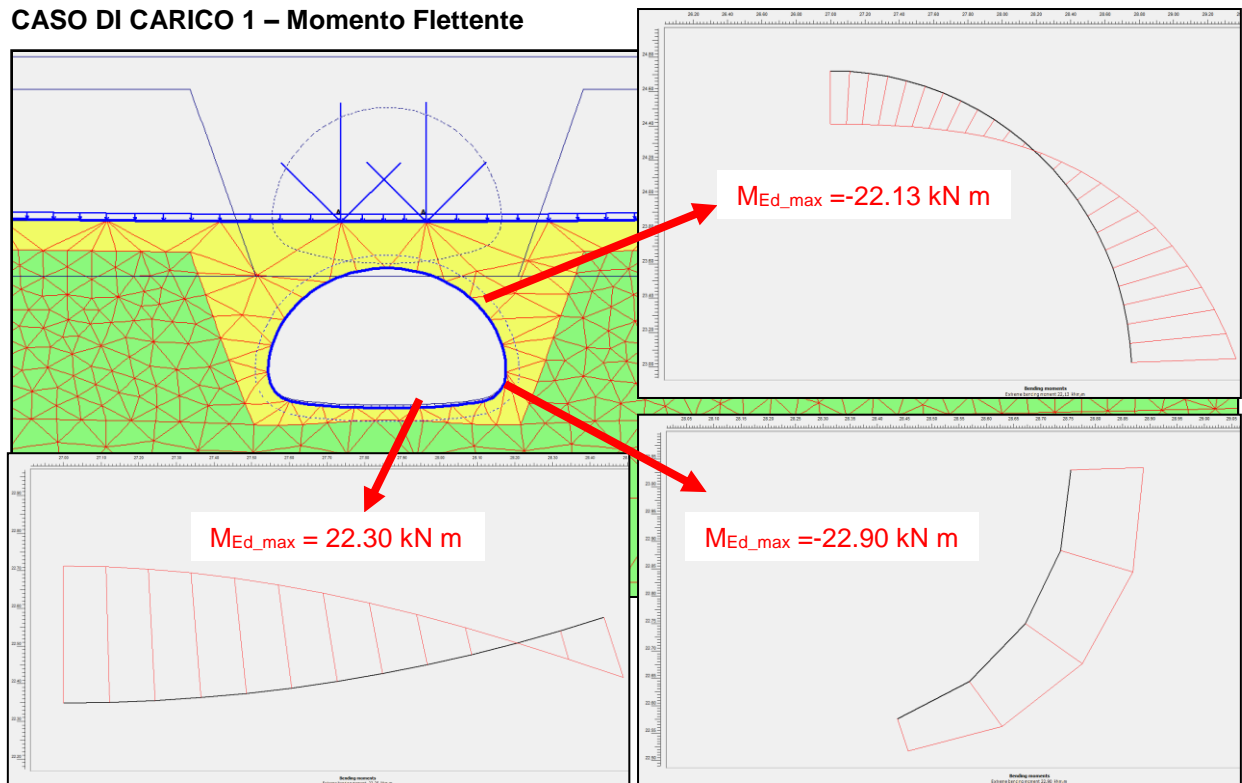
Nelle immagini seguenti si riportano i risultati relativi a ciascun elemento modellato ed il relativo posizionamento.

CASO DI CARICO 1 - Sforzo Normale

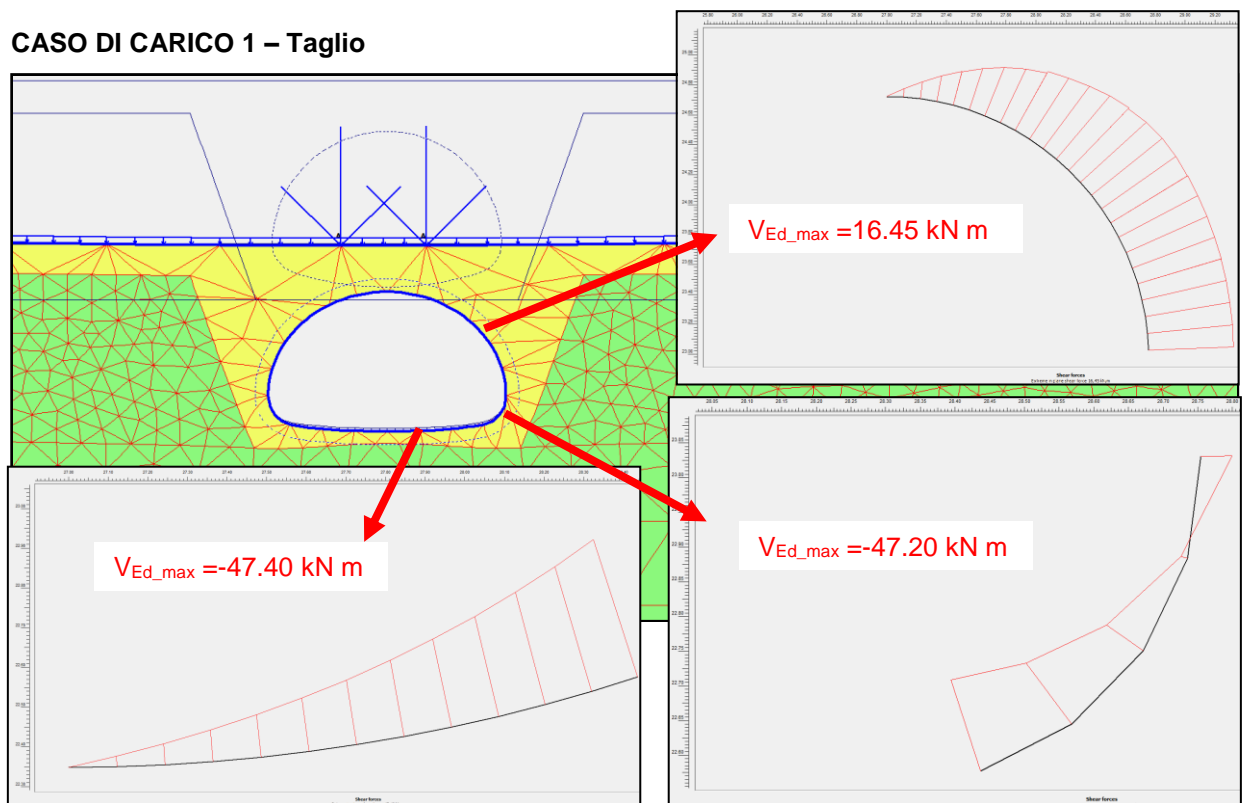




CASO DI CARICO 1 – Momento Flettente



CASO DI CARICO 1 – Taglio





Riassumendo, per il CASO DI CARICO 1 si hanno i seguenti casi:

MASSIMO MOMENTO FLETTENTE NEGATIVO + MASSIMO SFORZO NORMALE

$M_{Ed_max^-} = -22.90$ kNm (nella stessa sezione si ha N_{max} e M_{max^-})

$N_{Ed_max} = -75.19$ kN (nella stessa sezione si ha N_{max} e M_{max^-})

$V_{Ed} = 15.5$ kN

Plate	Element	Node	X [m]	Y [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kNm/m]
1	Calcestruzz	13231	28,437	22,578	-43,502	-47,204	-10,267
		13214	28,568	22,645	-59,115	-37,452	-16,776
		13215	28,672	22,751	-70,166	-22,015	-21,050
		13216	28,736	22,884	-75,194	-3,498	-22,903
		13213	28,755	23,031	-72,736	15,495	-22,127

MASSIMO MOMENTO FLETTENTE POSITIVO

$M_{Ed_max^+} = 22.30$ kNm

$N_{Ed} = -28.34$ kN

$V_{Ed} = 0$ kN

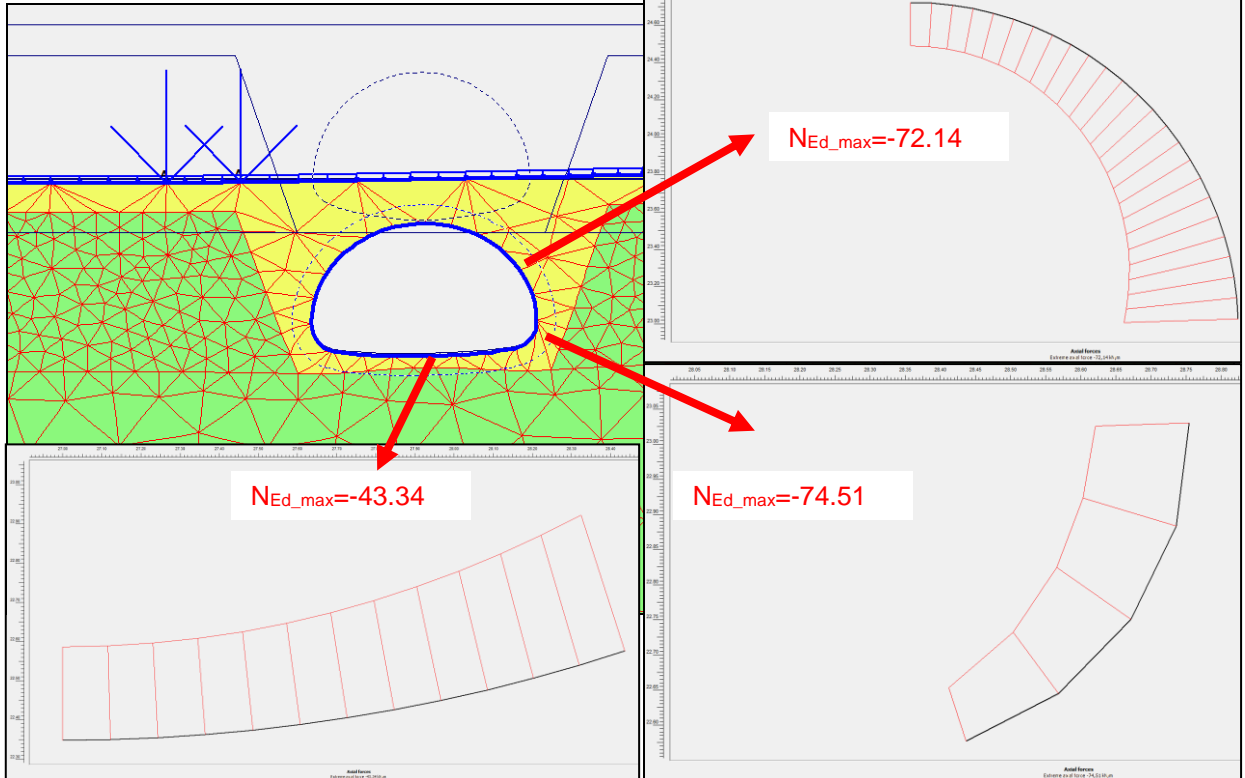
Plate	Element	Node	X [m]	Y [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kNm/m]	
1	Calcestruzz	13490	27,000	22,350	-28,342	-0,028	22,246	
		13301	27,122	22,352	-28,460	-3,450	22,034	
		13302	27,243	22,356	-28,804	-6,921	21,403	
		13303	27,365	22,364	-29,377	-10,440	20,347	
		13300	27,486	22,375	-30,181	-14,006	18,860	
	Calcestruzz	2	13300	27,486	22,375	-30,171	-14,027	18,860
		13042	27,607	22,390	-31,205	-17,690	16,930	
		13043	27,727	22,407	-32,441	-21,488	14,547	
		13044	27,847	22,428	-33,884	-25,418	11,693	
		13227	27,967	22,452	-35,539	-29,479	8,353	

**MASSIMO TAGLIO** $V_{Ed_max} = -47.4 \text{ Kn}$ $N_{Ed} = -43.70 \text{ kN}$ $M_{Ed} = -10.27 \text{ kNm}$

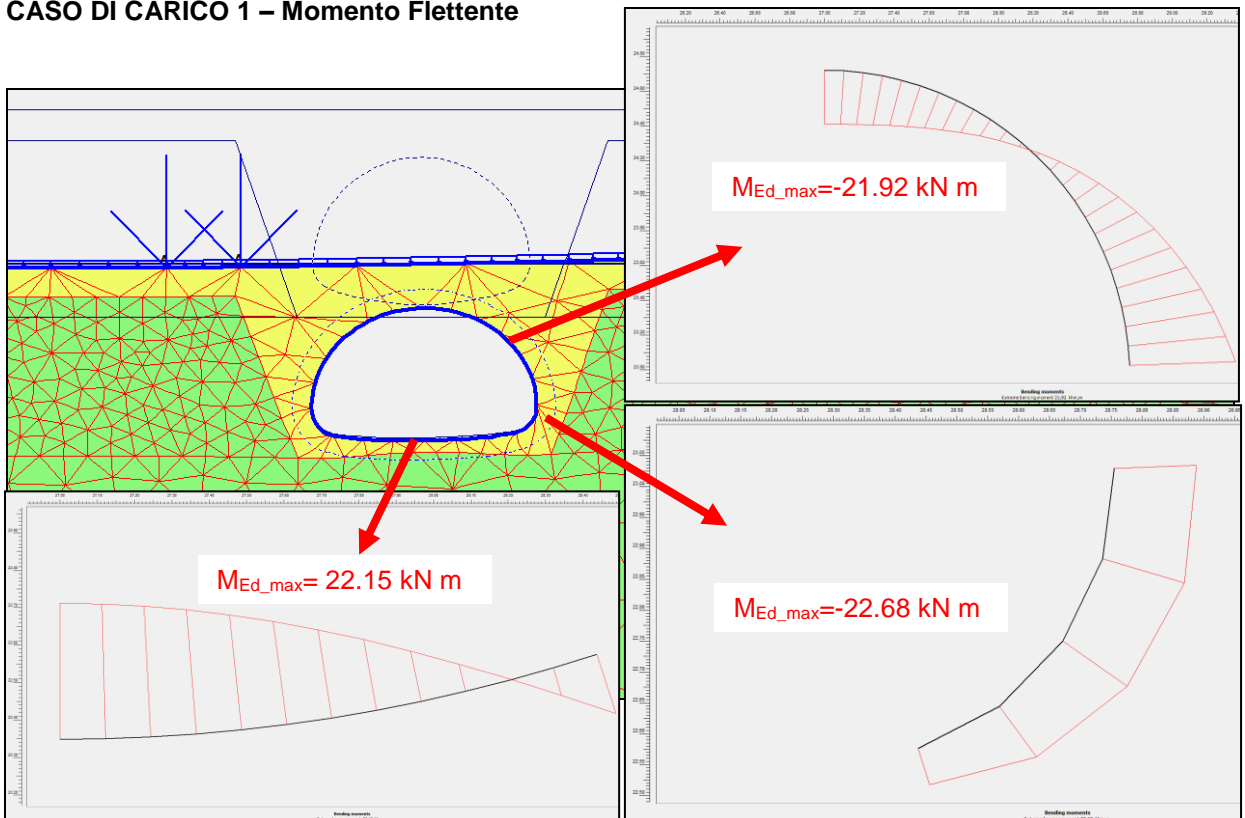
Plate	Element	Node	X [m]	Y [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kNm/m]
1	1 Calcestruzzo	13490	27,000	22,350	-28,342	-0,028	22,246
		13301	27,122	22,352	-28,460	-3,450	22,034
		13302	27,243	22,356	-28,804	-6,921	21,403
		13303	27,365	22,364	-29,377	-10,440	20,347
		13300	27,486	22,375	-30,181	-14,006	18,860
	2 Calcestruzzo	13300	27,486	22,375	-30,171	-14,027	18,860
		13042	27,607	22,390	-31,205	-17,690	16,930
		13043	27,727	22,407	-32,441	-21,488	14,547
		13044	27,847	22,428	-33,884	-25,418	11,693
		13227	27,967	22,452	-35,539	-29,479	8,353
	3 Calcestruzzo	13227	27,967	22,452	-35,515	-29,489	8,353
		13228	28,086	22,478	-37,358	-33,728	4,507
		13229	28,204	22,508	-39,336	-38,137	0,134
		13230	28,321	22,541	-41,450	-42,699	-4,784
		13231	28,437	22,578	-43,701	-47,399	-10,267

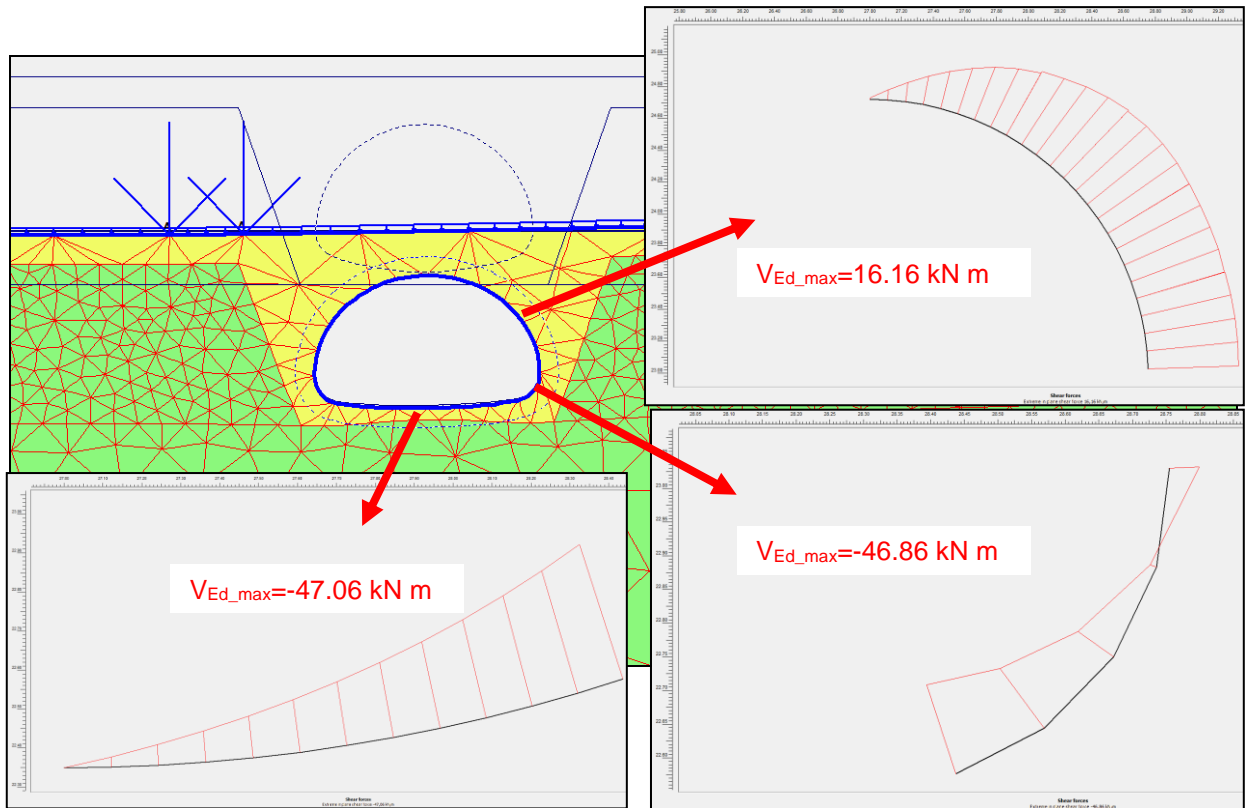


CASO DI CARICO 2 - Sforzo Normale



CASO DI CARICO 1 – Momento Flettente



CASO DI CARICO 1 – Taglio


Riassumendo, per il CASO DI CARICO 2 si hanno i seguenti casi:

MASSIMO MOMENTO FLETTENTE NEGATIVO + MASSIMO SFORZO NORMALE

$M_{Ed_max} = -22.68$ kNm (nella stessa sezione si ha N_{max} e M_{max})

$N_{Ed_max} = -74.51$ kN (nella stessa sezione si ha N_{max} e M_{max})

$V_{Ed} = -3.52$ kN

Plate	Element	Node	X [m]	Y [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kNm/m]
1	Calcestruzz	13245	28,437	22,578	-43,143	-46,859	-10,131
		13228	28,568	22,645	-58,612	-37,170	-16,591
		13229	28,672	22,751	-69,549	-21,862	-20,834
		13230	28,736	22,884	-74,510	-3,516	-22,677
		13227	28,755	23,031	-72,051	15,285	-21,917

**MASSIMO MOMENTO FLETTENTE POSITIVO** $M_{Ed_max^+} = 22.15 \text{ kNm}$ $N_{Ed} = -28.39 \text{ kN}$ $V_{Ed} = 0 \text{ kN}$

Plate	Element	Node	X [m]	Y [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kNm/m]
1	1 Calcestruzz	13478	27,000	22,350	-28,396	0,023	22,154
		13315	27,122	22,352	-28,486	-3,388	21,950
		13316	27,243	22,356	-28,802	-6,847	21,327
		13317	27,365	22,364	-29,345	-10,353	20,281
		13314	27,486	22,375	-30,118	-13,904	18,805
	2 Calcestruzz	13314	27,486	22,375	-30,108	-13,924	18,805
		13132	27,607	22,390	-31,110	-17,571	16,889
		13133	27,727	22,407	-32,312	-21,349	14,521
		13134	27,847	22,428	-33,719	-25,258	11,686
		13241	27,967	22,452	-35,338	-29,294	8,367

MASSIMO TAGLIO $V_{Ed_max} = -47.0 \text{ kN}$ $N_{Ed} = -43.34 \text{ kN}$ $M_{Ed} = -10.13 \text{ kN}$

Plate	Element	Node	X [m]	Y [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kNm/m]
1	1 Calcestruzz	13478	27,000	22,350	-28,396	0,023	22,154
		13315	27,122	22,352	-28,486	-3,388	21,950
		13316	27,243	22,356	-28,802	-6,847	21,327
		13317	27,365	22,364	-29,345	-10,353	20,281
		13314	27,486	22,375	-30,118	-13,904	18,805
	2 Calcestruzz	13314	27,486	22,375	-30,108	-13,924	18,805
		13132	27,607	22,390	-31,110	-17,571	16,889
		13133	27,727	22,407	-32,312	-21,349	14,521
		13134	27,847	22,428	-33,719	-25,258	11,686
		13241	27,967	22,452	-35,338	-29,294	8,367



	3 Calcestruzz	13241	27,967	22,452	-35,315	-29,303	8,367
		13242	28,086	22,478	-37,120	-33,515	4,545
		13243	28,204	22,508	-39,059	-37,890	0,200
		13244	28,321	22,541	-41,133	-42,410	-4,686
		13245	28,437	22,578	-43,342	-47,059	-10,131

ATTENZIONE:

I valori di sollecitazione sopra riportati, sono valori CARATTERISTICI e sono il risultato delle azioni $Gk1+Qk1+qk1$.

Poiché i coefficienti $\gamma_{gk1}=\gamma_{qk1}$, è sufficiente moltiplicare i valori per 1.35 per ottenere le sollecitazioni agli SLU e per 1.00 per ottenere le sollecitazioni agli SLE.

SINTESI SOLLECITAZIONI COMBinate

	CASO 1		CASO 2	
	SLU	SLE	SLU	SLE
N_{ed_max}	-101,5	-75,2	-100,6	-74,5
$M_{ed_max}^-$	-30,9	-22,9	-30,6	-22,7
V_{ed_max}	-20,9	-15,5	0,0	-3,5
N_{ed_max}	-38,3	-28,3	-38,3	-28,4
$M_{ed_max}^+$	30,1	22,3	29,9	22,2
V_{ed_max}	0,0	0,0	0,0	0,0
N_{ed_max}	-59,0	-43,7	-58,5	-43,3
$M_{ed_max}^-$	-13,9	-10,3	-13,7	-10,1
V_{ed_max}	-64,0	-47,4	-63,5	-47,1

AZIONI SOLLECITANTI DI PROGETTO:**Verifica Sezione con M_{max} positivo + N_{max}**

$$M_{Ed} = -22.90 \times 1.35 = -31 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -75.19 \times 1.35 = -101.5 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = -15.5 \times 1.35 = -21 \text{ kN}$$

Verifica Sezione con M_{max} negativo + N

$$M_{Ed} = 22.30 \times 1.35 = 30.1 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -28.34 \times 1.35 = -38.3 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 0 \text{ kN}$$

Verifica Sezione con T_{max} + N

$$N_{Ed} = -43.70 \times 1.35 = -59 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = -47.4 \times 1.35 = -64 \text{ kN}$$



6.10 Verifiche agli SLU e agli SLE

6.10.1 Verifica a presso flessione

Per la verifica della sezione ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018, si è utilizzato il programma ProVLim, di cui si riporta per intero il relativo report.

2SI s.r.l - ProVLIM - Verifica sezioni



Geometria della sezione:

Vert.	X	Y
n.	cm	cm
1	0,0	0,0
2	0,0	19,5
3	100,0	19,5
4	100,0	0,0



Armature:

Pos.	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	(s/n)
1	5,0	5,0	0,5	no
2	15,0	5,0	0,5	no
3	25,0	5,0	0,5	no
4	35,0	5,0	0,5	no
5	45,0	5,0	0,5	no
6	55,0	5,0	0,5	no
7	65,0	5,0	0,5	no
8	75,0	5,0	0,5	no
9	85,0	5,0	0,5	no
10	95,0	5,0	0,5	no
11	5,0	14,5	0,5	no
12	15,0	14,5	0,5	no
13	25,0	14,5	0,5	no
14	35,0	14,5	0,5	no
15	45,0	14,5	0,5	no



16	55,0	14,5	0,5	no
17	65,0	14,5	0,5	no
18	75,0	14,5	0,5	no
19	85,0	14,5	0,5	no
20	95,0	14,5	0,5	no

Normativa di riferimento:

D.M. 14/01/2018 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

Note:

Verifiche SLE per ambiente ordinario

Materiali:**Calcestruzzo classe: C35/45**R_{ck} (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 450 daN/cm²f_{ck} (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 373 daN/cm²f_{ctm} (resistenza a trazione media) = 33 daN/cm²G (modulo di elasticità tangenziale) = 154527 daN/cm²E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 346140 daN/cm²

C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.12

Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050

Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

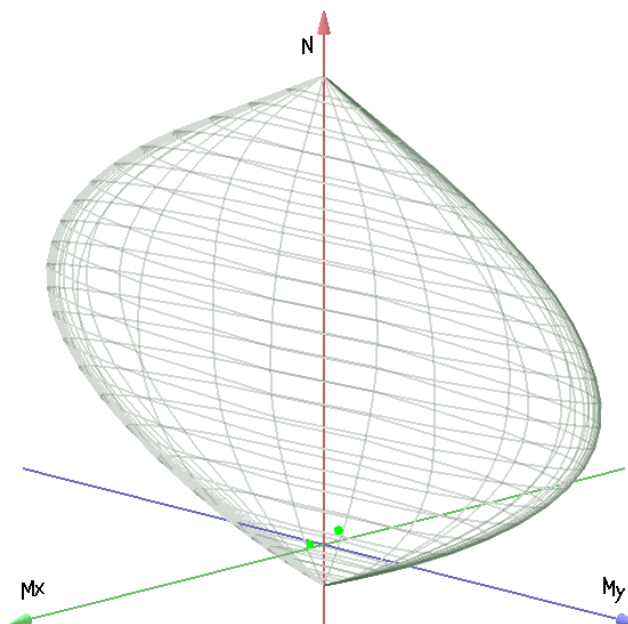
Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: B450Cf_{yk} (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cm²f_{kt} (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm²ε_{uk} (deformazione di rottura) = 0.075G (modulo di elasticità tangenziale) = 770000 daN/cm²E (modulo elastico) = 2000000 daN/cm²

C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30

Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012

Peso specifico = 7850 daN/mc

Dominio SLU:

**Caratteristiche limite della sezione:**



Nu	Mxu	Myu	Stato Sez.
kN	kN m	kN m	
-393,4	0,0	0,0	Completamente tesa
4515,0	0,0	0,0	Completamente compressa
0,0	34,6	0,0	Fibre inferiori tese
0,0	-34,6	0,0	Fibre superiori tese
0,0	0,0	180,2	Fibre di sinistra tese
0,0	0,0	-180,2	Fibre di destra tese

Verifiche stato limite ultimo:

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:

Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla verifica: P)

Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla verifica: M)

Verifica con Nu costante (sigla verifica: N)

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	101,5	-31,0	0,0	P	150,0	-45,8	0,0	0,680	OK
				M	4047,3	-30,9	0,0	0,020	
				N	101,5	-42,3	0,0	0,730	
2	38,3	30,1	0,0	P	48,8	38,4	0,0	0,780	OK
				M	4059,9	30,1	0,0	0,010	
				N	38,3	37,6	0,0	0,800	

Riepilogo combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
2	38,3	30,1	0,0	P	48,8	38,4	0,0	0,780	OK
1	101,5	-31,0	0,0	M	4047,3	-30,9	0,0	0,020	OK
2	38,3	30,1	0,0	N	38,3	37,6	0,0	0,800	OK

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare:

Valori limite (tensioni: segno (-) = compressione, (+) = trazione):

CLS: $\sigma_{cL} = 22380,0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$)

Acciaio: $\sigma_{aL} = 360000,0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_a/\sigma_{aL} < 1$)

Cmb	Mx	My	N	σ_c	σ_c/σ_{cL}	σ_a	σ_a/σ_{aL}
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq	
3 OK	-22,9	0,0	75,0	-8578,4	0,38	257948,5	0,72
4 OK	22,3	0,0	28,3	-8607,5	0,38	299237,0	0,83



6.10.2 Verifica a Taglio

La sezione di progetto NON richiede armatura aggiuntiva resistente al taglio.

ELEMENTI CHE NON RICHIEDONO ARMATURA AL TAGLIO

b	1000 mm
h	195 mm
d	130 mm
Rck	45 MPa
k	2,000
ro1	0,003867
fck	37,35 MPa
gammac	1,5
sigmacp	0 MPa
bw	1000 mm
d	130 mm
n.ferri Long	10
φ long	8 mm
Asl	50,27 mm ²
vmin	0,6050
V_{Ed}	64,00 kN

VERIFICHE DI SICUREZZA			
	VRd (kN)	Vmin (kN)	V _{Rd} (kN)
	75,979	78,65054	78,65054
VERIFICA SODDISFATTA			

7. FASI COSTRUTTIVE

L'intervento di progetto può essere eseguito:

- per conci di lunghezza massima pari a 3m;
- contemporaneamente su tutta la lunghezza del manufatto;

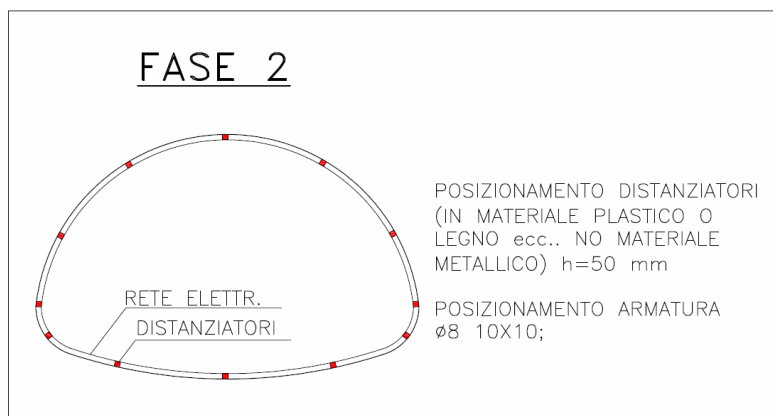
In entrambi i casi le FASI DI LAVORO sono le seguenti:

1. **PULIZIA DEL TUBO ESISTENTE:** all'interno della tubazione tipo Armco Finsider sono presenti molti detriti fangosi derivanti dal passaggio dell'acqua del canale; per prima cosa si dovrà procedere alla pulizia del tubo.

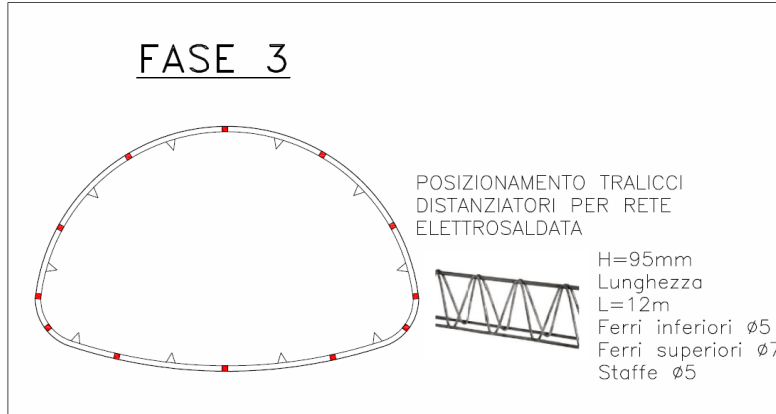


2. **POSIZIONAMENTO DISTANZIATORI:** sul fondo del tubo dovranno essere posizionati dei distanziatori di altezza massima pari a 5 cm (no materiale metallico).

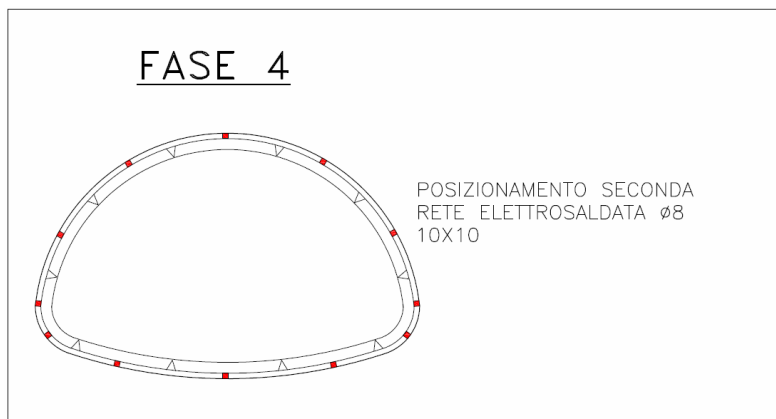
Successivamente si dovrà posizionare il primo strato di RETE ELETTR. SALDATA ϕ 8 10x10.



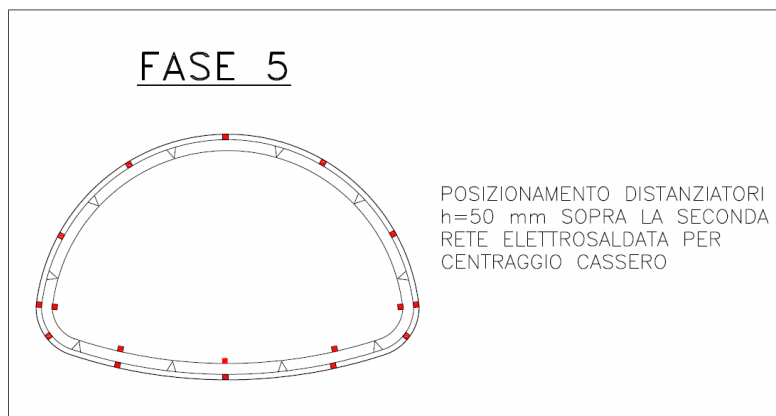
3. **POSIZIONAMENTO TRALICCI METALLICI DISTANZIATORI PER RETE ELETTROSALDATA:**
sopra il primo strato di rete elettrosaldata verranno posizionati dei tralicci distanziatori metallici.



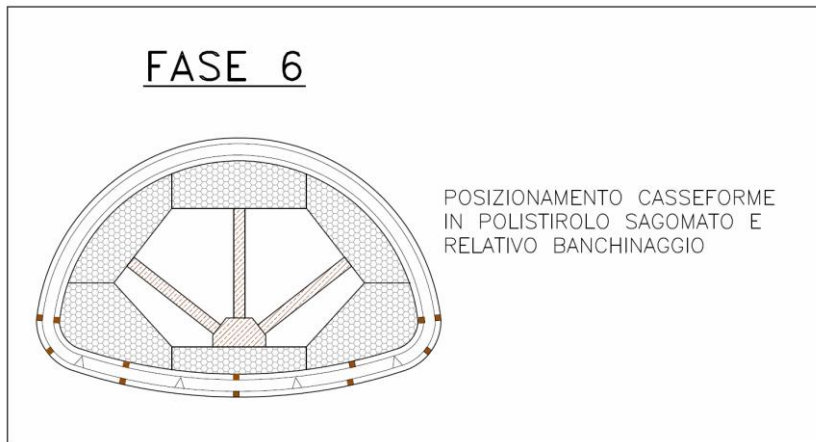
4. **POSIZIONAMENTO SECONDO STRATO DI RETE ELETTROSALDATA:** $\phi 8$ 10x10.



5. **POSIZIONAMENTO DISTANZIATORI** sopra il secondo strato di rete elettrosaldata: altezza massima 5cm;



6. **POSIZIONAMENTO CASSERO** in polistirene rivestito con film plastico di PVC e relativa struttura di sostegno



7. **GETTO DEL CALCESTRUZZO**

Il getto del calcestruzzo si differenzia a seconda che si operi “per conci” o su tutta la lunghezza del manufatto.

- a. Se si opera **per conci**, si procederà armando tratti di lunghezza massima pari a 3m e gettando ciascun tratto separatamente.

In questo caso, il getto può essere fatto con classica sonda da inserire all’interno di un foro predisposto nel cassero.

Sarà necessario che sia garantita la continuità dell’armatura, disponendo i ferri per la ripresa del getto e la tenuta idraulica con giunti water stop tipo ACL 440 (profilati estrusi in PVC di larghezza 440mm);

- b. Se si opera contemporaneamente su tutta la lunghezza del manufatto, sarà eseguito il getto tutto in una volta. In questo caso dovranno essere predisposti due fori nella parte superiore del finsider: in un foro sarà inserita la sonda per il getto, mentre l’altro servirà per verificare che si sia giunti a saturazione;

8. **DISARMO E TRATTAMENTO SUPERFICIALE DEL CALCESTRUZZO**

Stendimento di boiacca impermeabilizzante per superfici in calcestruzzo: a spruzzo o a pennello.

NOTE:

I PUNTELLI DI MESSA IN SICUREZZA DOVRANNO ESSERE TOLTI SOLTANTO QUANDO È STATO COMPLETATO L’ARMO DI CIASCUNA PORZIONE DI MANUFATTO.



PER TUTTA LA DURATA DEL CANTIERE LA SS255 DOVRA' ESSERE CHIUSA AL TRAFFICO PESANTE(*) E RIDOTTA LA VELOCITA' DI TRANSITO DEL TRAFFICO LEGGERO A 30 km/h

(*)Traffico Pesante: i veicoli e i complessi di veicoli per trasporto di cose con massa complessiva superiore a 7,5t anche se scarichi.

DURANTE LE OPERAZIONI DI ARMO, DOVRA' ESSERE CHIUSO IL TRAFFICO SULLA SS255.

Sarà facoltà del DL, sentita l'Impresa Esecutrice, prevedere fasi costruttive diverse da quelle indicate nel presente progetto che consentano di eseguire le lavorazioni in sicurezza senza procedere alla chiusura della SS255 (ad es. con procedure di prefabbricazione fuori opera per conci delle gabbie di armatura).

8. PROVE DI CONTROLLO FINALI

Alla fine dei lavori, oltre alle normali verifiche e controlli previsti dalla vigente normativa, si dovranno prevedere controlli non distruttivi per accertare l'integrità e la continuità del guscio in calcestruzzo.

9. CONCLUSIONI

A partire da quanto contenuto all'interno della presente relazione è possibile realizzare il relining del fonsider esistente utilizzando le più idonee tecniche costruttive presenti sul mercato.

Va comunque chiarito che tutte le informazioni qui contenute sono state dedotte dal progetto esecutivo dell'epoca e da informazioni presenti in letteratura.

Prima di eseguire l'intervento, l'impresa appaltatrice dovrà provvedere ad una verifica delle geometrie mediante un rilievo dello stato di fatto dell'intervento, da allegare a corredo della documentazione di progetto.

Relativamente la riduzione della sezione idraulica della tubazione è stata verificata la compatibilità idraulica da parte dello stesso Consorzio di Bonifica della Pianura di Ferrara.

Rovigo, 19/12/2018

Ing. Elisa Maniezzo



Alligato 1

CONCORDIO DI BONIFICA DI 2° GRADO
PER IL CANALE EMILIANO RINNOVATO

IV LOTTO


CANALE PRINCIPALE IRRIGUO A SERVIZIO DEL
COMPLESSIVO IN SINISTRA NERO

Attraversamento del canale irriguo con la S. S. 255
a Costa Rossa in Comune di Sesto (Ferrara)

RELAZIONE TECNICA E CALCOLI STATICI
DEL MANUFATTO DI ATTRAVERGAMENTO

Bologna, li 25 MAR. 1963'

IL DIRETTORE TECNICO
(dott. ing. Carlo Molinari)



1 - DESCRIZIONE DEL MANUFATTO E SUE MODALITA' COSTRUTTIVE -

Il canale principale irriguo a servizio del comprensorio in sinistra Reno si sviluppa con andamento nord-sud lungo la sede della ex ferrovia Ferrara-Modena della Società Veneta.

Alla progressiva Km.5,700 il tracciato del canale viene ad interessare, come rilevasi dalla unita cartografia di cui agli allegati 2 e 3, la strada statale 255 ove questa è stata rettificata in corrispondenza al casello n°16 della citata ex sede della ferrovia Veneta.

L'attraversamento del canale con la strada statale verrà eseguito mediante botte a sifone che sottopasserà la strada senza richiedere variazioni alcuna alla sua attuale livellata.

La botte a sifone verrà realizzata mediante condotta in acciaio ondulato e zincato del tipo a piastre multiple imbullonate.

La condotta, di produzione della Soc. Armac-Finsider, è del tipo ad arco ribassato avente corda di m.3,54 - freccia di m.2,26 e spessore di m.4,2.

Le singole piastre verranno collegate tra loro fuori opera mediante imbullonatura, e, sempre fuori opera, verrà operata la saldatura dei giunti trasversali e longitudinali per circa i 2/3 superiori dell'altezza della condotta. La parte restante della condotta (1/3 inferiore) verrà protetta internamente mediante apposito rivestimento in conglomerato bituminoso.

Il manufatto verrà posto in opera, una volta assienato, su sottofondo in materiale arido granulare a spessore di cm.20 e sempre con lo stesso materiale verrà rifiancato.

Fra sommità della condotta e piano viabile verrà mantenuta una altezza di 35 cm. (*). Il ricoprimento verrà effettuato mediante 15 cm. di sabbia, 30 cm. di ghiaia in natura compressa e 12 cm. di pietrisco rollato con sovrastante strato di binder a spessore di cm.5. Infine verrà realizzato un tappeto di usura a spessore di 3-3 cm.

La larghezza della strada sarà mantenuta ai valori attuali con carreggiate di m.9,00 e banchine di m.0,75.

Il lavoro di scavo, posa e rifianco della condotta verrà eseguito nello spazio di circa 2 giorni. Nel corso del lavoro il traffico verrà opportunamente deviato secondo le modalità e lungo le strade che saranno direttamente concordate con il competente Compartimento e che, di massima, sono state indicate nella cartografia di cui all'allegato 2.

(*) nei calcoli che seguono viene considerato prudenzialmente un ricoprimento di 70 cm.

2 - CALCOLI STATICI DEL MANUFATTO

La struttura in oggetto è del tipo a piastre multiple in acciaio Ag 34 ondulato e zincato, a sezione policentrica di luce ml.1,54 e freccia ml.2,25.

Lo spessore delle lamiere ondulate foranti gli anelli è stato stabilito in mm.4,2. Per condizioni normali di installazioni, si ammette un'inflessione massima del 5% comportante un coefficiente di sicurezza maggiore ed uguale a 4.

La struttura adeguatamente installata, si comporta come un anello compresso sollecitato perifericamente dalla pressione unitaria trasmessa dal terreno per effetto del carico statico e dinamico e delle relative vibrazioni.

La sollecitazione di compressione nell'anello risulta :

$$C = P \frac{L}{2} \quad (1)$$

dove :

C = Sollecitazione di compressione in Kg. per unità di lunghezza della condotta.

P = Pressione unitaria applicata alla condotta della struttura.

L = luce della struttura .

La condotta installata, sotto un rilevato di ml.0,70 (*) è stata dimensionata prevedendo un carico dinamico di tipo militare e precisamente quello eccezionale costituito da un carico isolato schema III (16 Tonn.per asse), affiancato da una sola colonna indefinita di autocarri del peso di 10 Tonn. (Tonn.4 per una coppia di ruote posteriori e Tonn.2 per una ruota anteriore) e con impronte rettangolare ml.2.635 x 0,21 e circolare di raggio ml.0,22, rispettivamente per il carico schema III e per una coppia di ruote di un asse della colonna di autocarri.

(*) in realtà il rilevato verrà realizzato a spessore di cm.85. Prudenzialmente i calcoli vengono condotti per un ricoprimento di 70 cm.

In conseguenza della distribuzione del carico a 45° sull'entracassa della condotta alla quota = 0,70 avremo :

A) Rimorchio (schema III)

Area del piano tangenziale riferita ad un asse :
 $(2,635 + 1,40) \times (0,23 + 1,40) = \text{mq. } 6,38 =$
 cmq. 65.800

per cui

$$\frac{18.000}{65.800} = 0,27 \text{ Kg/cmq. e per due assi affiancati}$$

$$0,27 \times 2 = 0,54 \text{ Kg/cmq.}$$

e per le azioni dinamiche pari al 39%, come dalla formula 1.1).

$$= \frac{(100 - 1)^2}{100 (250 - 1)} \text{ avremo :}$$

$$0,54 \times 1,39 = 0,751 \text{ Kg/cmq.}$$

B) Teoria indefinita di autogari (si considera un asse posteriore di un solo autogaro in quanto alla quota = 0,70 non vi insistono altri carichi)

Area del piano tangenziale riferita ad una coppia di ruote :

$$\frac{(0,22 + 0,22 + 0,70 + 0,70)^2}{2} \times 3,14 = 0,92^2 \times 3,14$$

$$= \text{mq. } 2,66 = \text{cmq. } 26.600$$

per cui

$$\frac{4.000}{26.600} = 0,15 \text{ Kg/cmq. e per due coppie di ruote}$$

0,15 \times 2 = 0,30 Kg/cmq. che per effetto delle azioni dinamiche diventano :

$$0,30 \times 1,39 = \text{Kg/cmq. } 0,417$$

c) Il carico statico dovuto al peso del terreno sovrastante la struttura (considerata una densità di 1,8 gr/cm³) è :

$$0,70 \times 1800 = 1,260 \text{ Kg/mq.} = 0,126 \text{ Kg/cmq.}$$

Il carico totale P risulta quindi :

$$0,751 + 0,417 + 0,126 = 1,294 \text{ Kg/cmq.}$$

Dalla formula (1) ricaviamo la sollecitazione a compressione in Kg. per metro anello -

$$C = 1,294 \times \frac{354}{2} = 1,294 \times 177 = 229,04 \text{ Kg/cm (di giunto)} =$$
$$= \text{Kg/m. } 22.904$$

La verifica viene eseguita per il giunto bullonato che costituisce la sezione di minore resistenza dell'anello compresso.

Detto giunto bullonato con bulloni ad alta resistenza, in numero di 12 per un metro lineare di condotta è capace di sopportare uno sforzo di taglio maggiore ed uguale a 120.000 Kg/m.

Dal confronto con il valore C sopra ricavato, risulta un coefficiente di sicurezza pari a 5,20 -

La struttura, così dimensionata, sopporta, in condizioni normali di installazione e di esercizio, il carico statico dovuto al rinterro ed i carichi mobili previsti.

