

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA

U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - NUOVA ENNA (LOTTO 4A)

INTERFERENZE IDRAULICHE: VIABILITA'

Opere Tipologiche - Tombini Stradali

Relazione di calcolo tombino scatolare 2X2 su NV05E

SCALA:

-

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

RS3U 40 D 29 CL NI0000 002 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoil - Edin	Apr-2020	F. Ravetta	Apr-2020	A. Barreca	Apr-2020	F. Arduini Apr-2020

File: RS3U.4.0.D.29.CL.NI.00.0.0.002.A

n. Elab.: 29_479_3

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. CONDIZIONI DI CALCOLO DI INVILUPPO:.....	9
3. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA	11
4. PROGETTO NUOVO TOMBINO	12
4.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	12
4.2. UNITA' DI MISURA E SIMBOLOGIA.....	13
4.3. GEOMETRIA	13
4.4. MATERIALI	14
4.5. INQUADRAMENTO GEOTECNICO	15
4.6. INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA.....	16
4.7. MODELLAZIONE ADOTTATA.....	17
4.8. ANALISI DEI CARICHI	19
5. COMBINAZIONI DI CARICO	27
6. CARATTERISTICHE DELLE SOLLECITAZIONI	33
6.1. INVILUPPO SLU/SLV	33
6.2. INVILUPPO SLE (RARA)	37
7. VERIFICHE SLU/SLV/SLE.....	40
7.1. ARMATURE DI RIPARTIZIONE	46
7.2. RIEPILOGO E INCIDENZA ARMATURE.....	49
8. VERIFICHE GEOTECNICHE	50
8.1. BASE REACTION.....	50
8.2. VERIFICHE SLU IN CONDIZIONI DRENATE.....	53
8.3. VERIFICHE SLU IN CONDIZIONI NON DRENATE.....	63
8.4. VERIFICHE SLV IN CONDIZIONI DRENATE.....	72
8.5. VERIFICHE SLV IN CONDIZIONI NON DRENATE.....	82
8.6. TABELLA VERIFICHE GEOTECNICHE GEO	89
8.7. SOLLEVAMENTO PER GALLEGGIAMENTO UPL.....	90

1. PREMESSA

Nella presente relazione di calcolo è sviluppato il progetto, ai sensi delle norme attualmente vigenti NTC18, di una tipologia di sottopassi stradali lungo la linea ferroviaria “Messina-Catania-Palermo”, facenti parte del nuovo collegamento Palermo-Catania, tratta Caltanissetta Xirbi-Enna (Lotto 4a) ubicati alle progressive 0+040 (NI03); 0+360 (NI06); 0+430 (NI05); 1+150 (NI04); 1+360 (NI02) della viabilità NV05E.

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento della struttura è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza richiesti all’opera. Considerata l’identità di tali opere dal punto di vista geometrico, il calcolo è stato effettuato nelle condizioni più gravose possibili in termini di strato di ricoprimento sulla soletta superiore e di caratteristiche sismiche, così come illustrato nello specifico nel §2 – “CONDIZIONI DI CALCOLO DI INVILUPPO”.

Si riportano di seguito le sezioni longitudinali, trasversali e uno stralcio planimetrico degli scatolari in oggetto, volti ad individuare le grandezze impiegate nel dimensionamento.

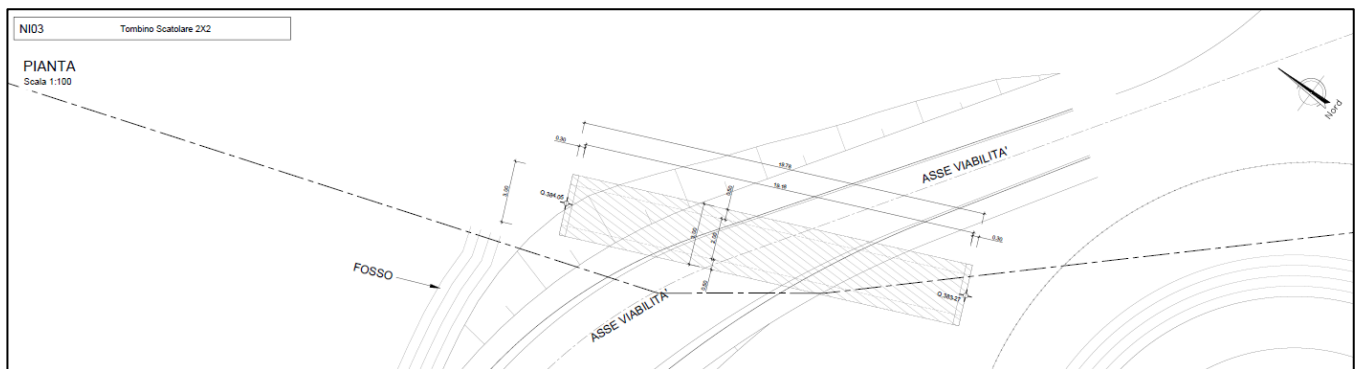


Figura 1a. Stralcio planimetrico dello scatolare NI03

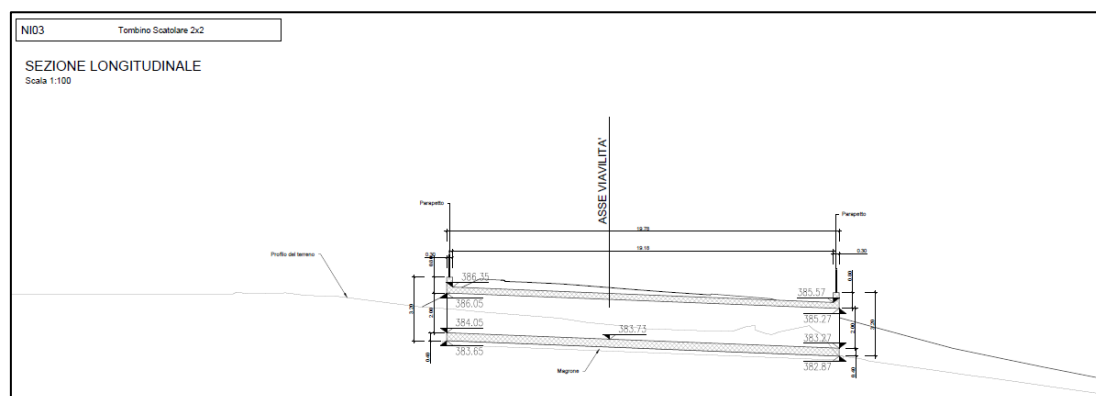
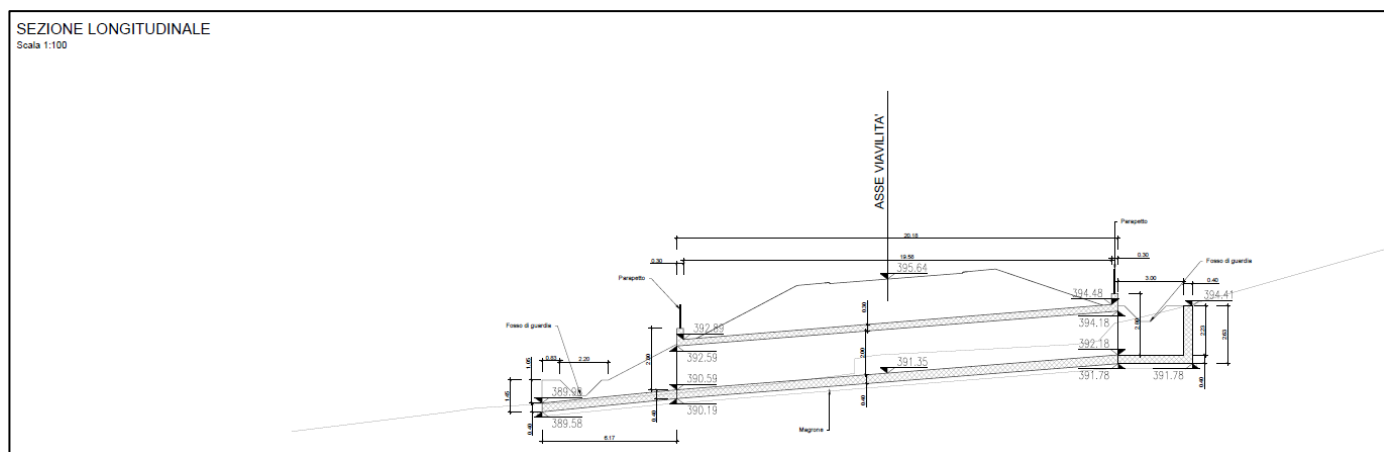
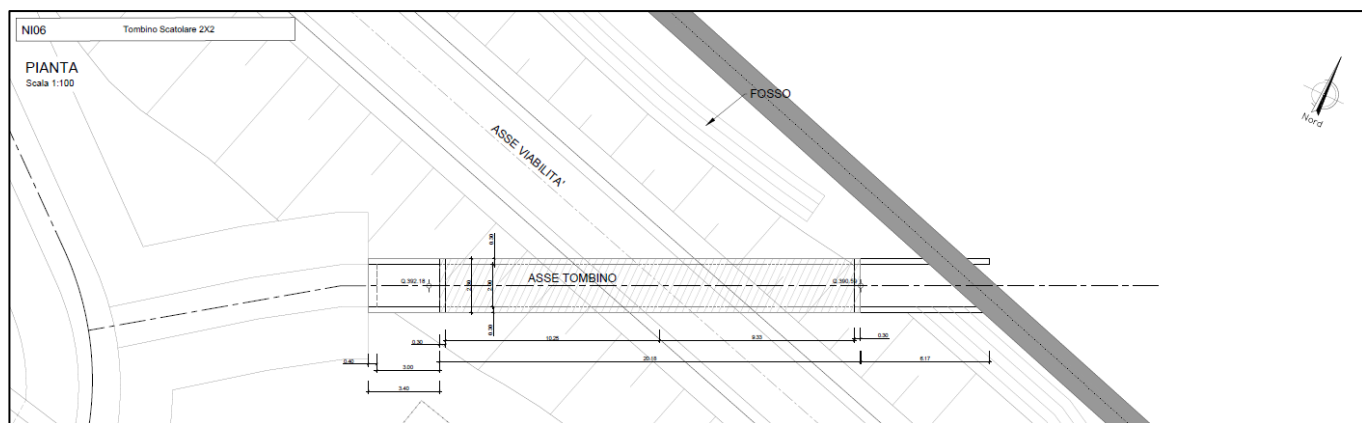
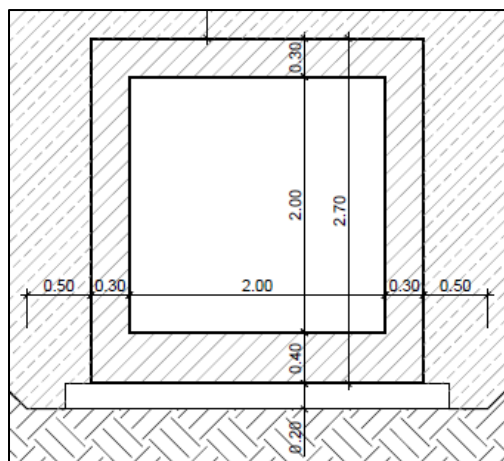
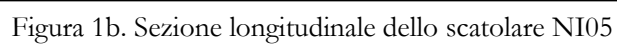
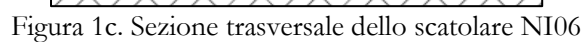


Figura 1b. Sezione longitudinale dello scatolare NI03





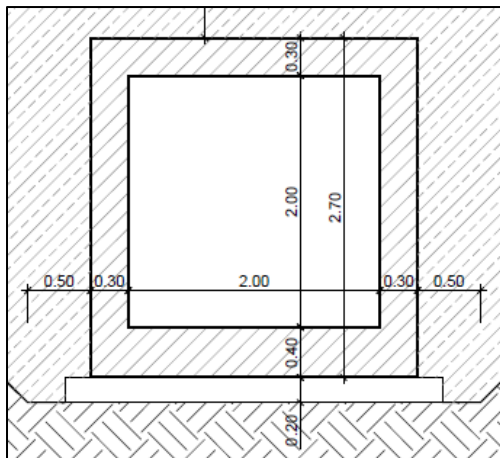


Figura 1c. Sezione trasversale dello scatolare NI05

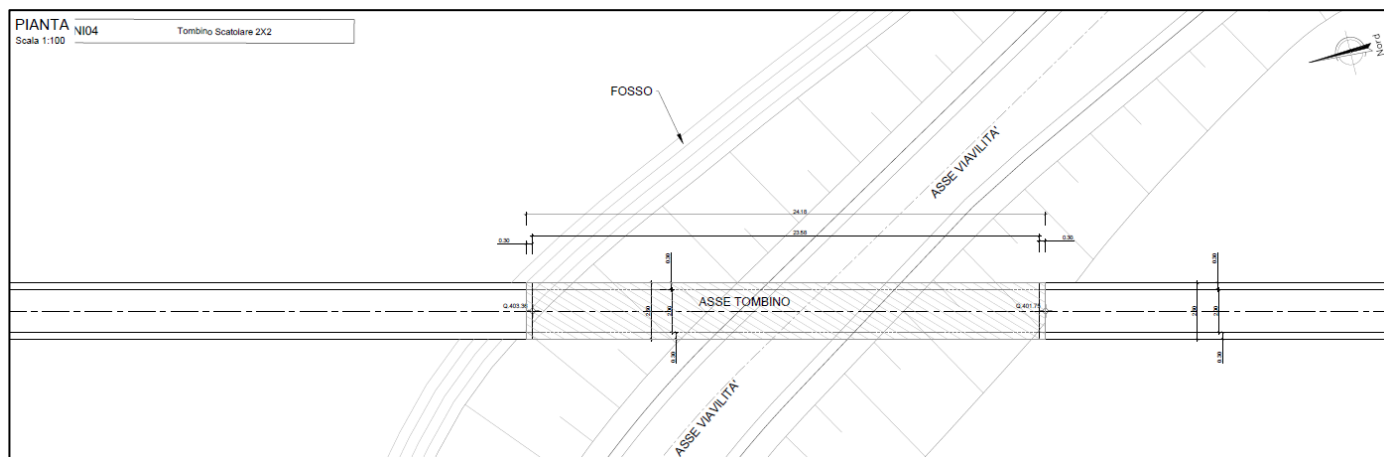


Figura 1a. Stralcio planimetrico dello scatolare NI04

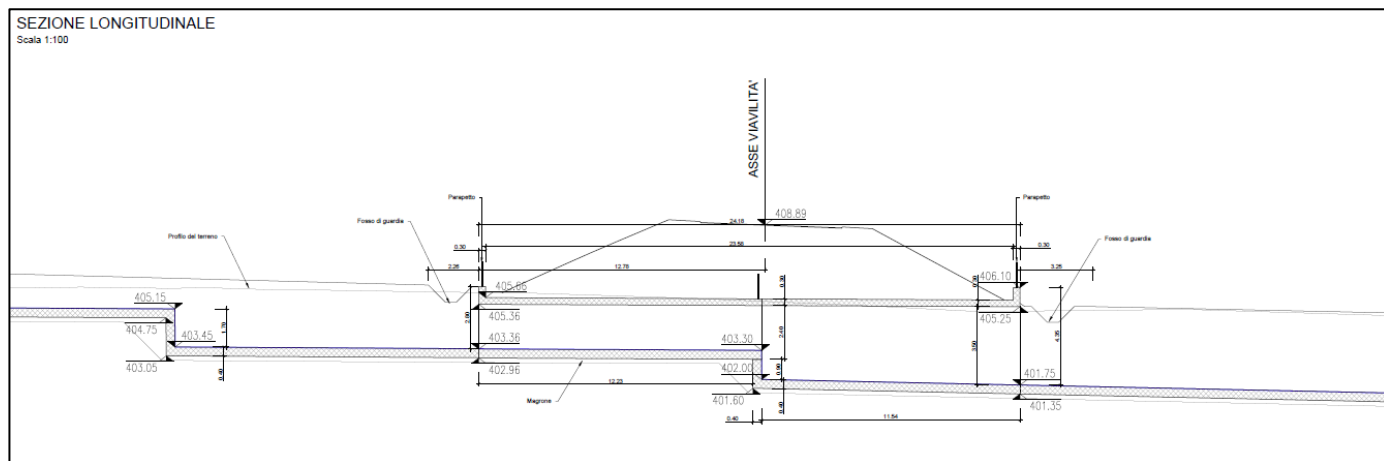


Figura 1b. Sezione longitudinale dello scatolare NI04

INVILUPPO - Tombino Scatolare 2x2:
Relazione di calcolo

COMMESSA
RS3U

LOTTO
4 0 D 29

CODIFICA
CL

DOCUMENTO
NI.00.0.0.002

REV.
A

FOGLIO
7 di 90

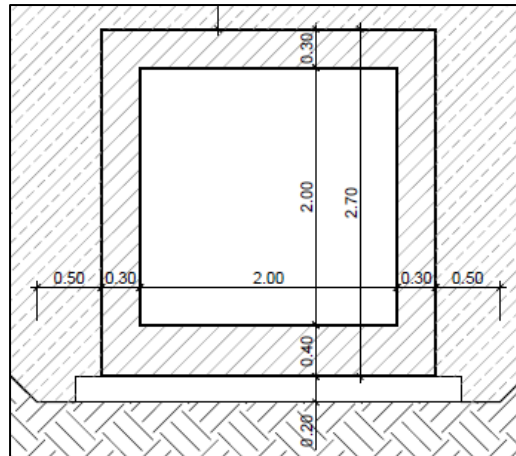


Figura 1c. Sezione trasversale dello scatolare NI04

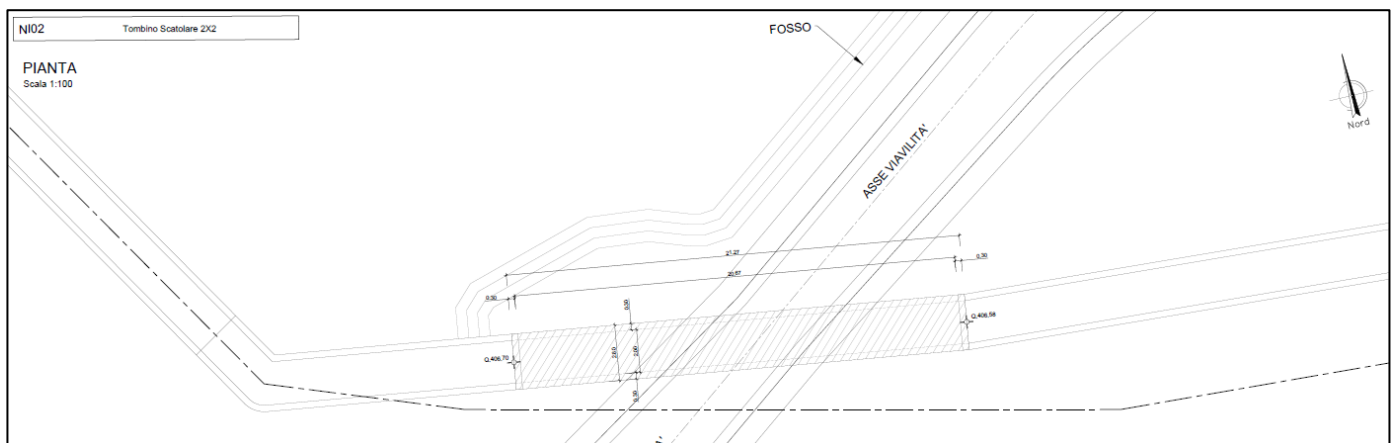


Figura 1a. Stralcio planimetrico dello scatolare NI02

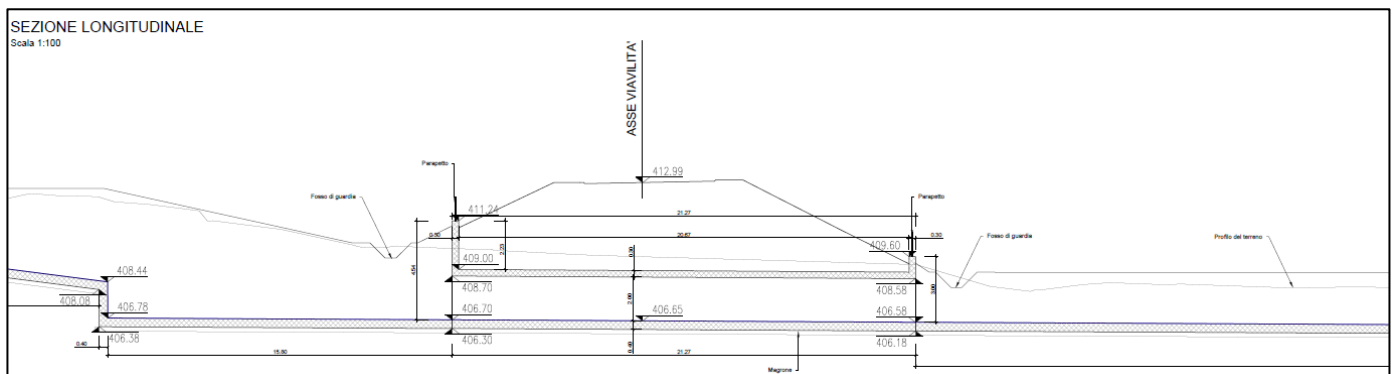


Figura 1b. Sezione longitudinale dello scatolare NI02

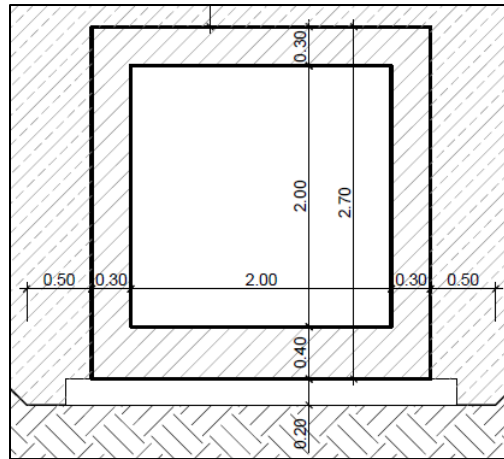


Figura 1c. Sezione trasversale dello scatolare NI02

1. CONDIZIONI DI CALCOLO DI INVILUPPO:

Come precedentemente anticipato il calcolo di tali opere, aventi tutte la medesima dimensione (come visibile dalle sezioni trasversali sopra riportate), è stato effettuato nelle condizioni più gravose possibili in termini di strato di ricoprimento e di carichi sismici. Nel seguito si riportano delle tabelle di confronto in cui si riportano singolarmente le caratteristiche dei due sottopassi per quanto riguarda i parametri sopra enunciati e successivamente una tabella riepilogativa delle condizioni utilizzate nel calcolo e di cui se ne riporta lo sviluppo nel seguito. Per quanto riguarda il terreno di fondazione è stato considerato il **a2** (*Limi e limi argillosi con subordinate sabbie limose*) in quanto risulta essere, tra i terreni di fondazioni, quello con le caratteristiche di resistenza minori. Infine la falda è stata considerata nella situazione più sfavorevole possibile e quindi alla quota minore tra quelle che si misurano in corrispondenza delle opere, ovvero a $z_w = 4,5 \text{ m.}$

- NI02 1+360:

GEOMETRIA		
Larghezza utile	Lint	2.00 m
Altezza libera	Hint	2.00 m
Rinterro (superiore)	Hr	3.80 m
Ricoprimento	Hric	4.00 m
Larghezza totale	Ltot	2.60 m
Altezza totale	Htot	2.70 m

luce interna scatolare
 altezza interna scatolare
 Hs+Hr
 Lint+2xSPp
 Hint+SPs+SPf

Parametri sismici di progetto

accelerazione massima orizzontale al bedrock	ago	0.096 g
fattore amplificazione massima spettro accelerazione	Fo	2.661
periodo inizio tratto a velocità costante spettro acc. orizz.	T*c	0.462 sec
categoria sottosuolo		C
categoria topografica		T1
amplificazione topografica	ST	1.000
smorzamento viscoso convenzionale	ξ	5%
fattore di correzione per x <> 5%	η	1.000

- NI03 1+040:

GEOMETRIA		
Larghezza utile	Lint	2.00 m
Altezza libera	Hint	2.00 m
Rinterro (superiore)	Hr	0.30 m
Ricoprimento	Hric	0.50 m
Larghezza totale	Ltot	2.60 m
Altezza totale	Htot	2.70 m

luce interna scatolare
 altezza interna scatolare
 0
 Hs+Hr
 Lint+2xSPp
 Hint+SPs+SPf

Parametri sismici di progetto

accelerazione massima orizzontale al bedrock	ago	0.097 g
fattore amplificazione massima spettro accelerazione	Fo	2.656
periodo inizio tratto a velocità costante spettro acc. orizz.	T*c	0.468 sec
categoria sottosuolo		C
categoria topografica		T1
amplificazione topografica	ST	1.000
smorzamento viscoso convenzionale	ξ	5%
fattore di correzione per x <> 5%	η	1.000

- NI04 1+150:

GEOMETRIA		
Larghezza utile	Lint	2.00 m
Altezza libera	Hint	2.00 m
Rinterro (superiore)	Hr	3.10 m
Ricoprimento	Hric	3.30 m
Larghezza totale	Ltot	2.60 m
Altezza totale	Htot	2.70 m

luce interna scatolare
 altezza interna scatolare
 Hs+Hr
 Lint+2xSPp
 Hint+SPs+SPf

Parametri sismici di progetto

accelerazione massima orizzontale al bedrock	ago	0.097 g
fattore amplificazione massima spettro accelerazione	Fo	2.656
periodo inizio tratto a velocità costante spettro acc. orizz.	T*c	0.468 sec
categoria sottosuolo		C
categoria topografica		T1
amplificazione topografica	ST	1.000
smorzamento viscoso convenzionale	ξ	5%
fattore di correzione per x <> 5%	η	1.000

INVILUPPO - Tombino Scatolare 2x2:
 Relazione di calcolo

COMMESSA RS3U	LOTTO 4 0 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO NI.00.0.0.002	REV. A	FOGLIO 10 di 90
-------------------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	--------------------

 - NI05 0+430:
GEOMETRIA

Larghezza utile	Lint	2.00 m	luce interna scatolare
Altezza libera	Hint	2.00 m	altezza interna scatolare
Rinterro (superiore)	Hr	0.30 m	0
Ricoprimento	Hric	0.70 m	Hs+Hr
Larghezza totale	Ltot	2.60 m	Lint+2xSPp
Altezza totale	Htot	2.70 m	Hint+SPs+SPf

Parametri sismici di progetto

accelerazione massima orizzontale al bedrock	ago	0.097 g
fattore amplificazione massima spettro accelerazio	Fo	2.656 sec
periodo inizio tratto a velocità costante spettro acc	T*c	0.468 sec
categoria sottosuolo		C
categoria topografica		T1
amplificazione topografica	S _T	1.000
smorzamento viscoso convenzionale	ξ	5%
fattore di correzione per x <> 5%	η	1.000

 - NI06 0+360:
GEOMETRIA

Larghezza utile	Lint	2.00 m	luce interna scatolare
Altezza libera	Hint	2.00 m	altezza interna scatolare
Rinterro (superiore)	Hr	0.30 m	0
Ricoprimento	Hric	1.95 m	Hs+Hr
Larghezza totale	Ltot	2.60 m	Lint+2xSPp
Altezza totale	Htot	2.70 m	Hint+SPs+SPf

Parametri sismici di progetto

accelerazione massima orizzontale al bedrock	ago	0.097 g
fattore amplificazione massima spettro accelerazio	Fo	2.656 sec
periodo inizio tratto a velocità costante spettro acc	T*c	0.468 sec
categoria sottosuolo		C
categoria topografica		T1
amplificazione topografica	S _T	1.000
smorzamento viscoso convenzionale	ξ	5%
fattore di correzione per x <> 5%	η	1.000

 - PARAMETRI DI CALCOLO:
GEOMETRIA

Larghezza utile	Lint	2.00 m	luce interna scatolare
Altezza libera	Hint	2.00 m	altezza interna scatolare
Rinterro (superiore)	Hr	3.80 m	
Ricoprimento	Hric	4.00 m	Hs+Hr
Larghezza totale	Ltot	2.60 m	Lint+2xSPp
Altezza totale	Htot	2.70 m	Hint+SPs+SPf

Parametri sismici di progetto

accelerazione massima orizzontale al bedrock	ago	0.097 g
fattore amplificazione massima spettro accelerazione	Fo	2.661 sec
periodo inizio tratto a velocità costante spettro acc. o T*c		0.468 sec
categoria sottosuolo		C
categoria topografica		T1
amplificazione topografica	S _T	1.000
smorzamento viscoso convenzionale	ξ	5%
fattore di correzione per x <> 5%	η	1.000

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI-ENNA (LOTTO 4a) INTERFERENZE IDRAULICHE					
INVILUPPO - Tombino Scatolare 2x2: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3U	LOTTO 4 0 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO NI.00.0.0.002	REV. A	FOGLIO 11 di 90

GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

Il tombino sottopassa la strada adiacente alla linea ferroviaria ad una distanza fra piano rotabile ed estradosso soletta pari ad H_{ric} . Esso ha dimensioni interne $L_{int} \times H_{int}$, con piedritti e soletta superiore di spessore $S_p = S_s = L_{int}/10 + 10\text{cm}$, soletta inferiore di spessore $S_f = S_s + 10\text{cm}$. Nel seguito verrà esaminata una striscia di scatolare avente lunghezza di 1.00 m. Nella figura [Fig. 2] di cui al paragrafo precedente sono riportate schematicamente la geometria dell'opera e la simbologia adottata.

Le caratteristiche geometriche hanno la seguente simbologia (unità di misura metri):

Larghezza utile	L_{int}
Altezza libera	H_{int}
Spessore piedritti	S_p
Spessore soletta	S_s
Spessore fondazione	S_f
Altezza pacchetto stradale	H_s
Rinterro (superiore)	H_r
Ricoprimento	H_{ric}
Larghezza totale	L_{tot}
Altezza totale	H_{tot}

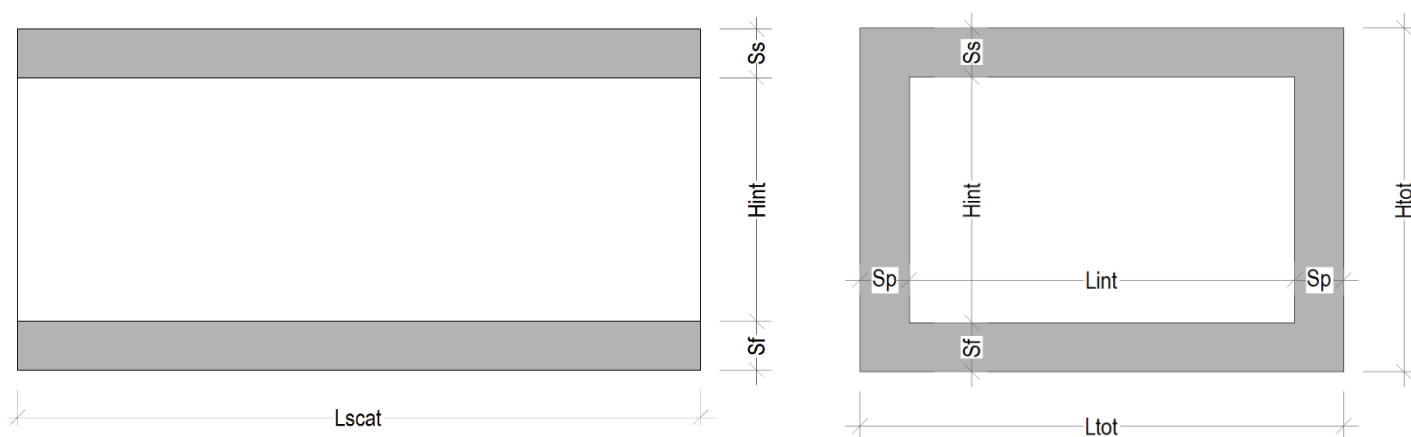


Figura 2. Simbologia adottata

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI-ENNA (LOTTO 4a) INTERFERENZE IDRAULICHE					
INVILUPPO - Tombino Scatolare 2x2: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3U	LOTTO 4 0 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO NI.00.0.0.002	REV. A	FOGLIO 12 di 90

2. PROGETTO NUOVO TOMBINO

Nel presente paragrafo si riportano i calcoli volti alla progettazione di un nuovo tombino nel rispetto della norma attualmente vigente NTC18.

2.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Tutte le calcolazioni sono state eseguite nel rispetto delle normativa NTC18 attualmente vigente.. In particolare si è fatto riferimento:

- D.M. 17.01.2018 Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni
- Circolare 21 Gennaio 2019, n. 7 Istruzione per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al DM 17 gennaio 2018
- RFI DTC INC PO SP IFS 001 A Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sottobinario
- RFI DTC INC CS SP IFS 001 A Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- EN 1992-1-1-1:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules of building
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 C Manuale di progettazione delle opere civili - Parte II - Sezione 2 Ponti e Strutture
- RFI DTC SI SP IFS 001 C Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili
- EC08 Eurocodice 8.
- Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea Specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI-ENNA (LOTTO 4a) INTERFERENZE IDRAULICHE					
INVILUPPO - Tombino Scatolare 2x2: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3U	LOTTO 4 0 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO NI.00.0.0.002	REV. A	FOGLIO 13 di 90

.2.2. UNITA' DI MISURA E SIMBOLOGIA

Si utilizza il Sistema Internazionale (SI):

Unità di misura principali

- | | |
|-------------------|--------------------|
| - N (Newton) | unità di forza |
| - m (metro) | unità di lunghezza |
| - kg (kilogrammo) | unità di massa |
| - s (secondo) | unità di tempo |

Unità di misura derivate da N

- | | |
|----------------|----------|
| - (kiloNewton) | 10^3 N |
|----------------|----------|

Si utilizzano i seguenti principali simboli con le relative unità di misura normalmente adottate:

γ (gamma)	peso dell'unità di volume	(kN/m ³)
σ (sigma)	tensione normale	(N/mm ²)
τ (tau)	tensione tangenziale	(N / mm ²)
ε (epsilon)	deformazione	(m/m) -
ϕ (fi)	angolo di resistenza	(°)

.2.3. GEOMETRIA

Larghezza utile	Lint	2.00 m	luce interna scatolare
Altezza libera	Hint	2.00 m	altezza interna scatolare
Spessore piedritti	Sp	0.30 m	(consigliato: $Sp = Ss$)
Spessore soletta	Ss	0.30 m	(consigliato: $Ss = Lint / 10 + 10cm.$)
Spessore fondazione	Sf	0.40 m	(consigliato: $Sf = Ss + 10cm.$)
Altezza pacchetto stradale	Hs	0.20 m	
Rinterro (superiore)	Hr	3.80 m	
Ricoprimento	Hric	4.00 m	$Hs + Hr$
Larghezza totale	Ltot	2.60 m	$Lint + 2 \times Sp$
Altezza totale	Htot	2.70 m	$Hint + Sp_s + Sp_f$

2.4. MATERIALI

Per le opere in c.a. si adotta:

Calcestruzzo C (30/37) le cui caratteristiche principali sono:

- Resistenza cilindrica caratteristica: $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione semplice: $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_m$, dove:
 - $\alpha_{cc} = 0.85$ e $\gamma_m = 1.5$;
 - $f_{cd} = 17 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a trazione semplice: $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_m$, dove :
 - $\gamma_m = 1.5$;
 - $f_{ctd} = 1,35 \text{ N/mm}^2$.
- Modulo elastico: $E_c = 32836 \text{ N/mm}^2$
- Tolleranza di posa del copriferro = 10 mm;
- Classe di esposizione XA1
- Copriferro = 40 mm
- Condizioni ambientali: aggressive
- Apertura fessure limite: $w_1 = 0.2 \text{ mm}$

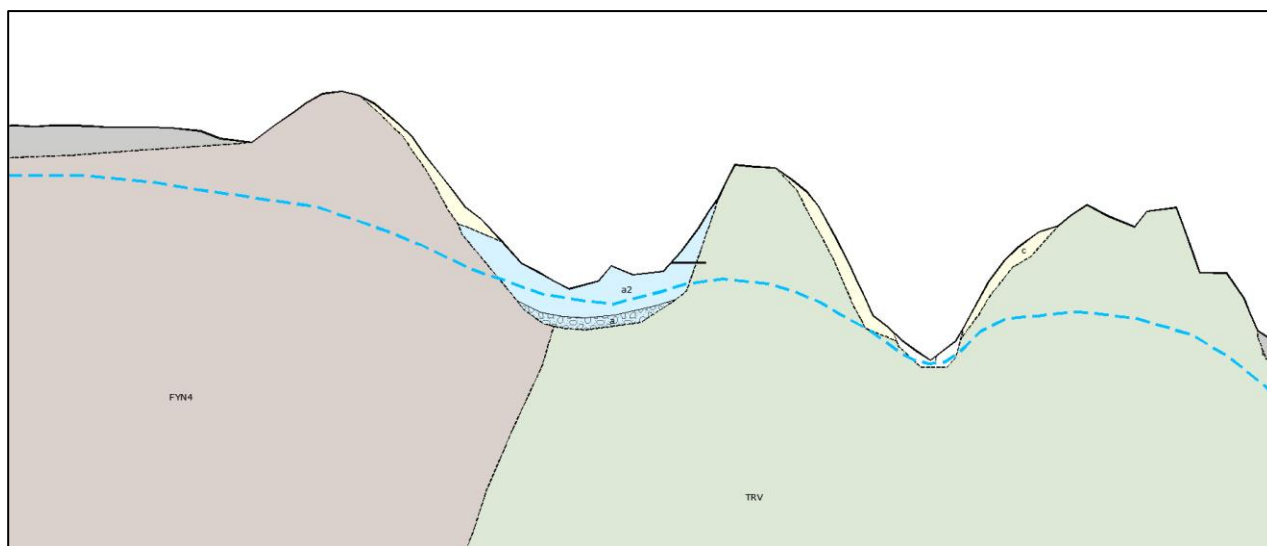
Acciaio da cemento armato normale B450C controllato in stabilimento. Le barre sono ad aderenza migliorata. Le caratteristiche meccaniche sono:

- Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} = 450 \text{ Nmm}^2$
- Resistenza di calcolo dell'acciaio: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$ dove
 - $\gamma_s = 1.15$ = 391 Nmm²
- Allungamento $D1 > 12\%$
- Modulo di elasticità: $E_s = 206000 \text{ Nmm}^2$
- Sovrapposizioni barre $\geq 40\phi$

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI-ENNA (LOTTO 4a) INTERFERENZE IDRAULICHE					
INVILUPPO - Tombino Scatolare 2x2: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3U	LOTTO 4 0 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO NI.00.0.0.002	REV. A	FOGLIO 15 di 90

2.5. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Si riporta di seguito uno stralcio del profilo geotecnico della zona di riferimento:



Per l'inquadramento geotecnico si fa riferimento alla relazione geotecnica, della quale si riportano gli stralci significativi del profilo geotecnico e dei parametri geotecnici del terreno di fondazione, del rinterro e del rinfianco.

Lo strato significativo del profilo geotecnico è l'unità
la cui descrizione nella relazione geotecnica è:

1) a2

Limi e limi argillosi con subordinate sabbie limose

Peso specifico terreno	γ_t	18.0 kN/m ³
angolo d'attrito terreno	ϕ	25.0 [°]
coesione efficace terreno	c'	10.0 kN/m ²
coesione non drenata terreno	c_u	50.0 kN/m ²

I parametri geotecnici del rinterro e del terreno di rinfianco sono i seguenti:

Peso specifico rinterro	STRADALE	γ_t	19.0 kN/m ³	
angolo di attrito rinterro		ϕ'	35.0 [°]	0.611 [rad]
coesione rinterro		c_u	0.0 kN/m ²	
Peso specifico terreno di rinfianco		γ_t	20.0 kN/m ³	
angolo di attrito terreno di rinfianco		ϕ'	38.0 [°]	0.663 [rad]
coesione terreno di rinfianco		c_u	0.0 kN/m ²	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI-ENNA (LOTTO 4a) INTERFERENZE IDRAULICHE					
INVILUPPO - Tombino Scatolare 2x2: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3U	LOTTO 4 0 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO NI.00.0.0.002	REV. A	FOGLIO 16 di 90

2.6. INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA

Per la determinazione della costante di sottofondo si può fare riferimento alle seguenti formulazioni assimilando il comportamento del terreno a quello di un mezzo elastico omogeneo:

$$s = B \cdot ct \cdot (q - \sigma_{v0}) \cdot (1 - \nu^2) / E'_{op}$$

dove:

- s = cedimento elastico totale;
- B = lato minore della fondazione;
- ct = coefficiente adimensionale di forma ottenuto dalla interpolazione dei valori dei coefficienti proposti dal Bowles, 1960 (L = lato maggiore della fondazione):

$$ct = 0.853 + 0.534 \ln(L / B) \text{ rettangolare con } L / B \leq 10$$

$$ct = 2 + 0.0089 (L / B) \text{ rettangolare con } L / B > 10$$

- q = pressione media agente sul terreno;
- σ_{v0} = tensione litostatica verticale alla quota di posa della fondazione;
- ν = coefficiente di Poisson del terreno;
- E'_{op} = modulo elastico operativo del terreno sottostante.

Il valore della costante di sottofondo k_w è valutato attraverso il rapporto tra il carico applicato ed il corrispondente cedimento pertanto, si ottiene:

$$k_w = E'_{op} / [(1 - \nu^2) \cdot B \cdot ct]$$

Di seguito si riportano in forma tabellare i risultati delle valutazioni effettuate per il caso in esame, avendo considerato per E'_{op} il valore minimo tra quelli indicati per l'Unità Geotecnica in esame ed una dimensione longitudinale della fondazione ritenuta potenzialmente collaborante nella diffusione dei carichi:

Unità stratigrafica	1) a2	
Descrizione unità stratigrafica	Limi e limi argillosi con subordinate sabbie limose	
Modulo elastico medio terreno	E'_{op}	20000 kN/m ² <i>(il minore tra i valori proposti)</i>
Coefficiente di Poisson medio terreno	ν	0.3
Lato minore della fondazione	B	2.6 m
Lato maggiore della fondazione	L	20.0 m
Rapporto dei lati	L/B	7.7
Coefficiente adimensionale	ct	1.942
Costante di sottofondo	k_w	4352 kN/m ³

2.7. MODELLAZIONE ADOTTATA

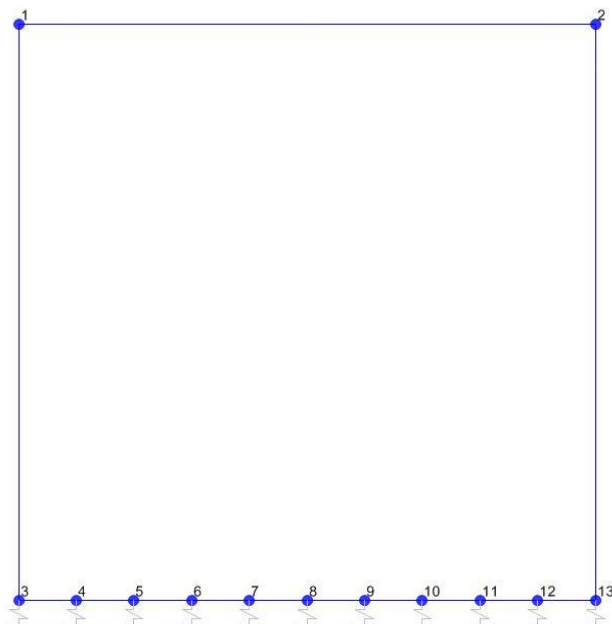
Il modello di calcolo attraverso il quale viene schematizzata la struttura è quello di telaio chiuso su letto di molle alla Winkler. Il programma di calcolo utilizzato è un programma ad elementi finiti, il Sap 2000.

Le caratteristiche delle aste modellate con elementi frame sono le seguenti:

<i>asta</i>	<i>base</i>	<i>altezza</i>	<i>descrizione</i>
Asta 1	100 cm	40 cm	(soletta inferiore)
Aste 2, 4	100 cm	30 cm	(Piedritti)
Asta 3	100 cm	30 cm	(soletta superiore)

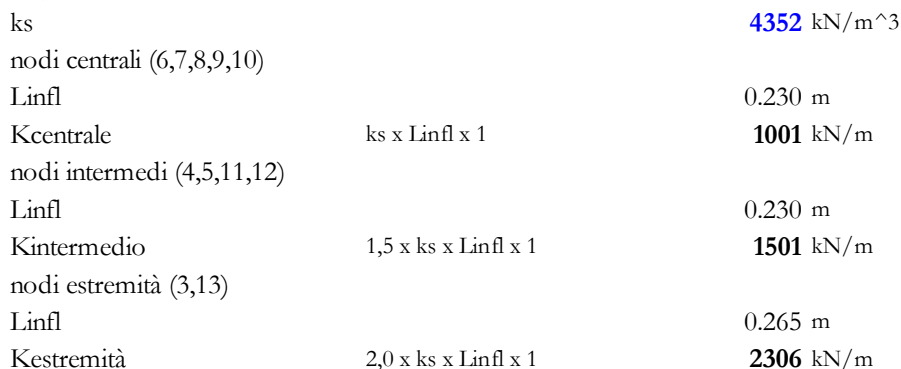
Le caratteristiche geometriche del modello e le coordinate dei nodi sono le seguenti:

Linterasse	2.30 m
Hinterasse	2.35 m
N.nodi	13
N.nodi sup	2
N.nodi inf	11
N.spazi inf	10



<i>Nodo</i>	<i>X</i>	<i>Z</i>
1	0.000	2.350
2	2.300	2.350
3	0.000	0.000
4	0.230	0.000
5	0.460	0.000
6	0.690	0.000
7	0.920	0.000
8	1.150	0.000
9	1.380	0.000
10	1.610	0.000
11	1.840	0.000
12	2.070	0.000
13	2.300	0.000

Figura 3. Numerazione nodi modello SAP



.2.8. ANALISI DEI CARICHI

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

Peso proprio della struttura (condizione DEAD)

Il peso proprio delle solette e dei piedritti viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato considerando per il calcestruzzo $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$.

Peso specifico calcestruzzo armato	γ_{ds}	25 kN/m ³	
peso singolo piedritto	P_p	7.50 kN/m	$\gamma_{cls} \times S_p$
peso soletta superiore	P_{ss}	7.50 kN/m	$\gamma_{cls} \times S_s$
peso fondazione	P_{sf}	10.00 kN/m	$\gamma_{cls} \times S_f$

Permanenti portati (condizione PERM)

peso specifico pacchetto stradale	γ_s	24 kN/m ³	
altezza pacchetto stradale	H_s	0.20 m	
peso pacchetto stradale	P_s	4.80 kN/m	$\gamma_s H_s$
peso specifico rinterro	γ_r	19.0 kN/m ³	
altezza rinterro	H_r	3.80 m	
peso rinterro	P_r	72.20 kN/m	$\gamma_r \times H_r$
peso specifico massetto di protezione	γ_m	24 kN/m ³	
altezza massetto di protezione	H_m	0.05 m	
peso massetto di protezione	P_m	1.20 kN/m	$\gamma_m \times H_m$
Permanente totale	G_{2p}	78.20 kN/m	$P_s + P_r + P_m$
Permanente nodi 1 e 2	G_{2P}	11.73 kN	$G_{2p} \times S_p / 2$

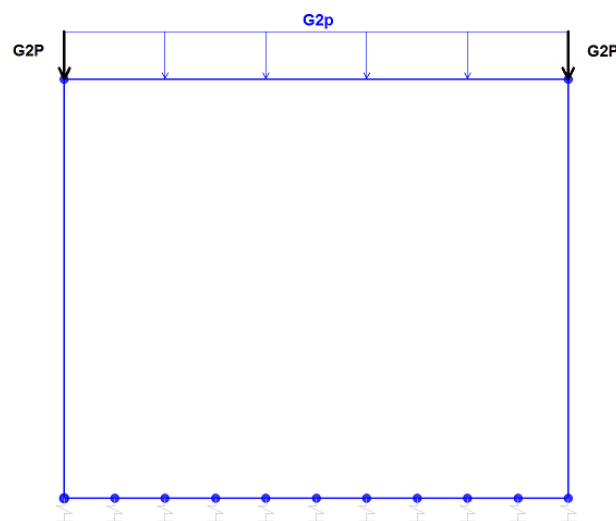


Figura 5. Condizione di carico PERM da SAP2000

Spinta del terreno (condizioni SPTSX e SPTDX)

angolo di attrito rinterro	ϕ'	38.0 [°]	0.663 [rad]
coefficiente spinta attiva k_a	k_a	0.238	$(1 - \sin \phi) / (1 + \sin \phi)$
coefficiente spinta riposo k_o	k_o	0.384	$(1 - \sin \phi)$
coefficiente spinta passiva k_p	k_p	4.204	$(1 + \sin \phi) / (1 - \sin \phi)$
Pressione estradosso soletta superiore	P1	30.06 kN/m ²	$k_o \times (G2p)$
Pressione asse soletta superiore	P2	31.15 kN/m ²	$k_o \times (G2p + gr \times S_s / 2)$
Pressione asse soletta inferiore	P3	48.31 kN/m ²	$k_o \times [G2p + gr \times (S_s + Hint + Sf / 2)]$
Pressione intradosso soletta inferiore	P4	49.77 kN/m ²	$k_o \times (G2p + gr \times H_{tot})$
Forza concentrata asse soletta superiore	F1	4.59 kN/m	$(P1 + P2) / 2 \times S_s / 2$
Forza concentrata asse soletta inferiore	F2	9.81 kN/m	$(P3 + P4) / 2 \times S_f / 2$

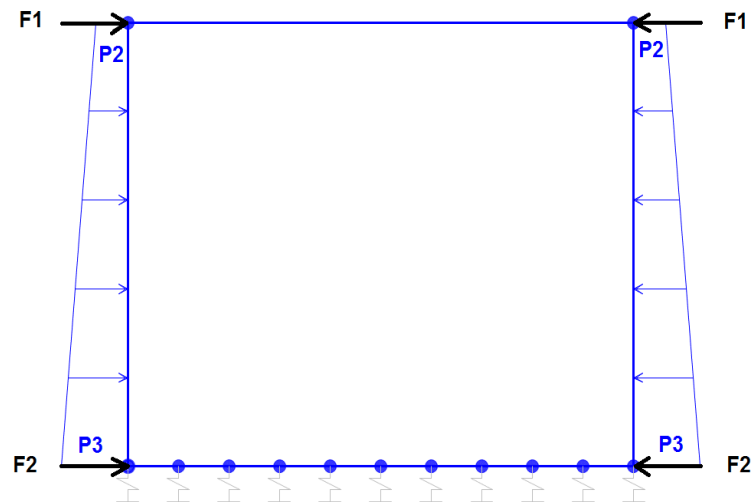


Figura 6. Condizione di carico SPTDX-SPTSX da SAP2000

I carichi concentrati nei nodi 1 e 3 (per la SPTSX) oppure 2 e 13 (per la SPTDX) rappresentano la parte di spinta del terreno esercitata su 1/2 spessore della soletta sup. e su 1/2 spessore della soletta inferiore.

Le due condizioni di carico SPTDX e SPTSX vengono applicate al modello con il loro valore al 100% (come visibile in figura 6 sopra). Lo sbilanciamento di tali condizioni (100% SPTSX e 60% SPTSX) viene tenuto in conto tramite opportuni coefficienti di combinazione, come è visibile in seguito al paragrafo § 5 - "Combinazioni di Carico" - del presente elaborato.

Carichi accidentali, ripartizione carichi verticali (condizione ACCM-STR)

Si assume il più gravoso tra i seguenti due schemi di carico:

- carico distribuito uniforme stradale
- schema di carico 1 § 5.1.3.3.3 Cap.5 NTC2018

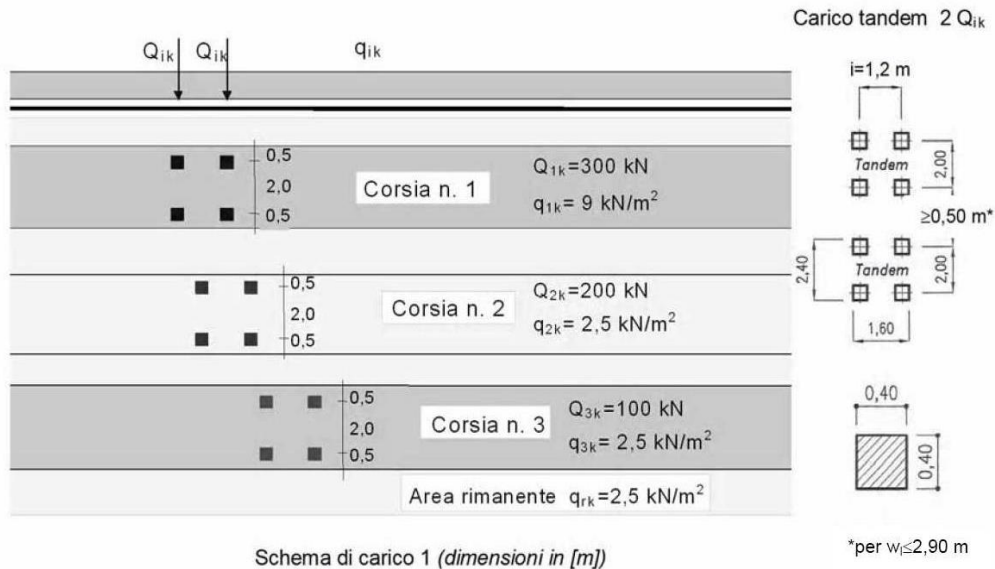


Figura 7 – Schema di Carico 1 del D.M. 17/01/2018

Carico distribuito per traffico stradale	q_{unif}	20 kN/m ²	
Carico distribuito per corsia di carico	q_{1k}	9 kN/m ²	Schema di carico 1 NTC§5.1.3.3.3
Carico concentrato impronta di carico	Q_{1k}	150 kN	Schema di carico 1 NTC§5.1.3.3.3
N° Impronte di carico per asse	N_i	2	
N° Assi	N_a	2	
Dimensione trasversale impronta di carico	B_{ti}	0.40 m	
Dimensione longitudinale impronta di carico	B_{li}	0.40 m	
Interasse trasversale strada impronte carico	it_i	2.00 m	
Interasse longitudinale strada impronte carico	il_i	1.20 m	
Larghezza corsia di carico	w_l	3.00 m	

Lo schema di carico 1, che prevede anche la presenza di carichi concentrati, viene ragguagliato allo schema di carico a) mediante una diffusione attraverso il pacchetto stradale e il rinterro fino alla linea d'asse della soletta superiore:

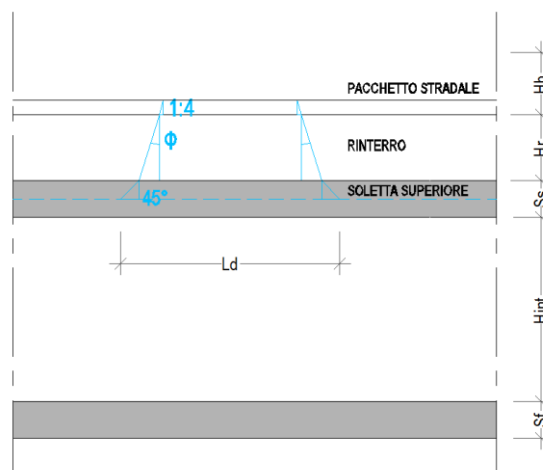


Figura 8. Diffusione dei carichi concentrati dello schema di carico 1

Ripartizione trasversale strada piano rotabile	rtpr	2.40 m	$B_{ti} + i_{ti} * (N_i - 1)$
Ripartizione longitudinale strada piano rotabile	rlpr	1.60 m	$B_{li} + i_{li} * (N_a - 1)$
Larghezza di diffusione nel pacchetto stradale	Lds	0.10 m	Diffusione 1:4 nel pacchetto stradale
Larghezza di diffusione nel rinterro	Ldr	5.32 m	Diffusione secondo angolo attrito
Larghezza di diffusione nel cls	Ldc	0.30 m	Diffusione 45° nel cls
Larghezza trasv. di diffusione del carico	Ldt	8.12 m	$rtpr + Lds + Ldr + Ldc$
Larghezza long. di diffusione del carico	Ldl	7.32 m	$rlpr + Lds + Ldr + Ldc$
Carico ripartito verticale schema di carico 1	psch1	19.09 kN/m²	$[Q1 k * N_i * N_a / (Ldl * Ldt)] + q1 k$
Carico distribuito massimo su soletta superiore	PQ1	20.00 kN/m²	$\max(psch1 ; qunif)$

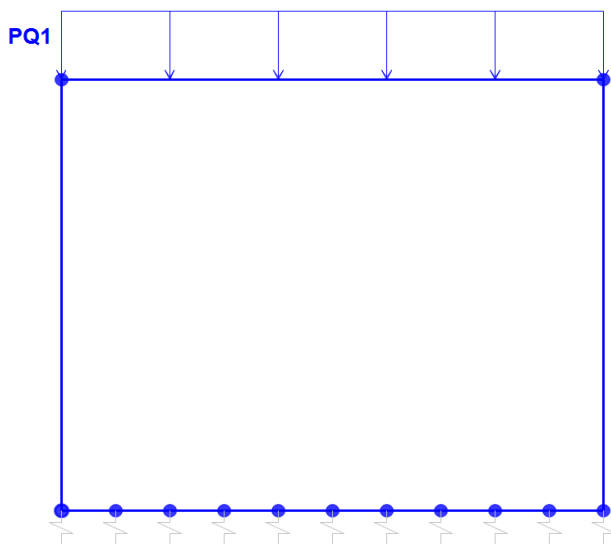


Figura 9. Condizione di carico ACCM da SAP2000

Spinta sui piedritti prodotta dal sovraccarico STRADALE (condizioni SPACCSX e SPACCDX)

Carico distribuito massimo per traffico stradale	SQ1	7.69 kN/m²	$Pq \times K_o$
Spinta semispessore soletta superiore	Fq1sup	1.15 kN/m	$Pq \times S_s / 2$
spinta semispessore soletta inferiore	Fq1inf	1.54 kN/m	$Pq \times S_f / 2$

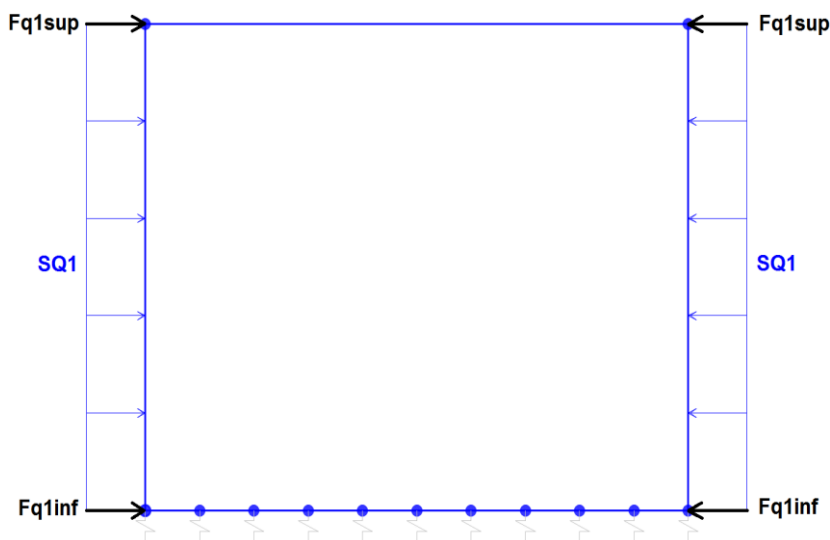


Figura 10. Condizione di carico SPACCSX e SPACCDX da SAP2000

Frenatura e accelerazione (condizione AVV-STR)

La forza di frenamento, agente nella direzione dell'asse della strada ed al livello della superficie stradale, è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n. 1 ed è pari a:

$$q_3 = 0,6 \cdot (2 \cdot N_i \cdot Q_{1k}) + 0,10 \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L$$

Lunghezza zona caricata	L	2.60	0.00 $L_{int} + 2 \cdot S_p$
Largh. diffusione sulla soletta superiore	Ldiff	2.30	0.00 $L_{int} + S_p$
Acc. e fren. traffico stradale	Av	367.02 kN	$0,6 \cdot (2 \cdot N_i \cdot Q_{1k}) + 0,10 \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L$
Acc. e fren. traffico stradale distribuiti	qAV	-35.22 kN/m	$Av / [L_{diff} + \max(L_{dt}; w_1)]$

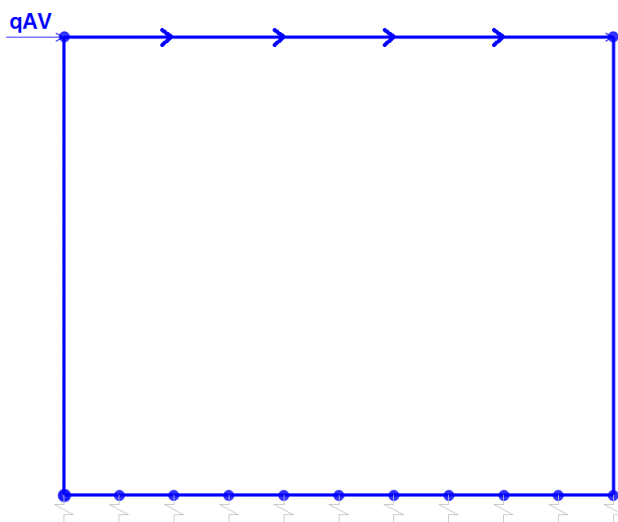


Figura 11. Condizione di carico AVV da SAP2000

Azioni termiche (condizione TERM)

Alla soletta superiore si applica una variazione termica uniforme pari a $\Delta t = \pm 15^\circ\text{C}$ ed una variazione nello spessore tra estradosso ed intradosso pari a $\Delta t = \pm 5^\circ\text{C}$.

Variazione termica uniforme	ΔT_{unif}	+ -15.00 [°]	Sulla soletta superiore
Variazione termica differenziale	ΔT_{diff}	+ -5.00 [°]	Sulla soletta superiore
	Gradiente	+ -16.67 [°/m]	$\Delta T_{diff} / S_s$

Ritiro igrometrico (condizione 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. 17-01-2018.

I fenomeni di ritiro vengono considerati agenti solo sulla soletta di copertura ed applicati nel modello come una variazione

Variazione termica uniforme equivalente	ΔT_{ritiro}	-[11.29°]	Sulla soletta superiore
---	---------------------	-----------	-------------------------

CONDIZIONI DI CARICO SISMICHE

Per il calcolo dell'azione sismica si utilizza il metodo dell'analisi pseudostatica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k . Le forze sismiche sono pertanto le seguenti:

Forza sismica orizzontale $F_h = k_h \cdot W$

Forza sismica verticale $F_v = k_v \cdot W$

I valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v

$k_h = a_{\max} / g$

$k_v = \pm 0,5 \times k_h$

Con riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio nazionale, ai fini del calcolo dell'azione sismica secondo il DM 17/01/2018 viene assegnata all'opera una vita nominale V_N ed una classe d'uso C_u ; segue un periodo di riferimento $V_R = V_N \cdot C_u$.

A seguito di tale assunzione si ottiene allo stato limite ultimo SLV in funzione della Latitudine e Longitudine del sito in esame un valore dell'accelerazione pari ad a_g , il cui valore è di seguito riportato, come desunto anche dalla relazione geotecnica.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima per la determinazione delle forze di inerzia può essere valutata con la relazione:

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

Le forze di inerzia sullo **scatolare** (masse di peso proprio soletta superiore e piedritti, rinterro e ballast, 20% treno di carico,...) sono pari alle masse moltiplicate per k_h e k_v ove: $k_h = \beta_M \cdot S \cdot a_g / g$ e $k_v = k_h / 2$. Essendo lo scatolare non libero di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, $\beta_M = 1$.

vita nominale

V_N 75 anni

classe d'uso

CL III

coefficiente d'uso

C_U 1.50

vita di riferimento = $C_U \cdot V_N$

V_R 112.5 anni

probabilità di superamento nel periodo di riferimento

P_{VR} 10%

periodo di ritorno del sisma

T_R 1068 anni

Spettro di risposta in accelerazione della componente orizzontale

Coordinate del sito in oggetto:

Latitudine

-

Longitudine

-

Parametri sismici di progetto

accelerazione massima orizzontale al bedrock
fattore amplificazione massima spettro accelerazione
periodo inizio tratto a velocità costante spettro acc. orizz.
categoria sottosuolo
categoria topografica
amplificazione topografica
smorzamento viscoso convenzionale
fattore di correzione per $\xi < 5\%$

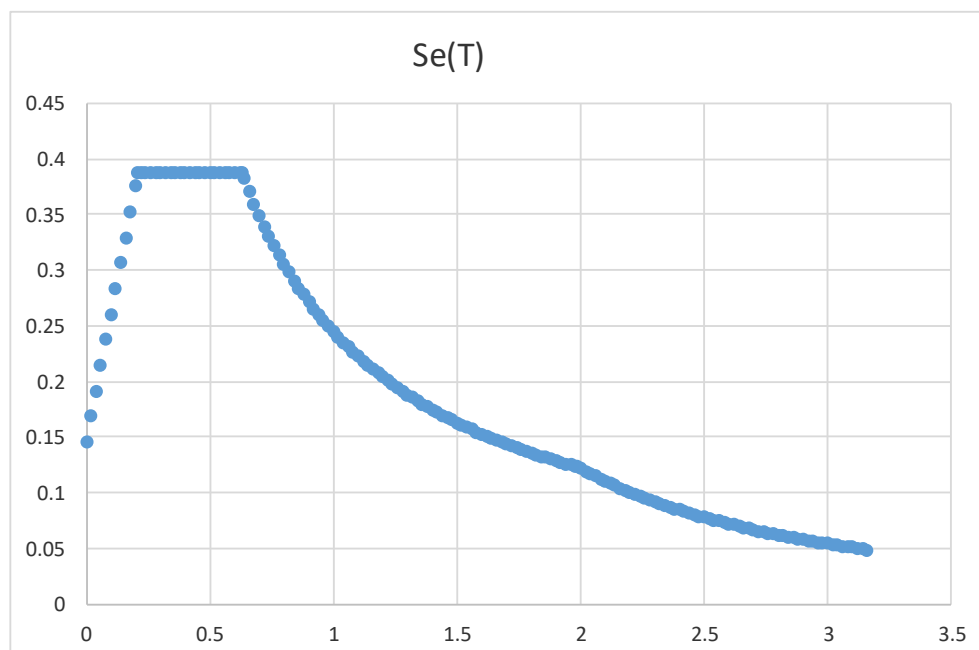
ago 0.097 g
Fo 2.661 sec
T*c 0.468
C
T1
S_T 1.000
 ξ 5%
 η 1.000

Tab.3.2.V	S _s	C _C	S _s	C _C
A	1.00	1.00	1.50	1.35
B	1.20	1.28		
C	1.50	1.35		
D	1.80	1.83		
E	1.60	1.56		

coefficiente amplificazione stratigrafica
coefficiente di amplificazione
coefficiente categoria sottosuolo
periodo inizio tratto a accelerazione costante = $T_c / 3$
periodo inizio tratto a velocità costante = $C_c * T^*c$
periodo inizio tratto a spostamento costante = $4 * a_g / g + 1,6$
accelerazione massima orizzontale al suolo = $S_s \times S_t \times a_g / g$

S_s 1.500
S 1.500
C_C 1.349
T_B 0.210 sec
T_C 0.631 sec
T_D 1.988 sec
ago,max 0.146 g

SPETTRO ORIZZONTALE ELASTICO SLV



Accelerazioni per il calcolo delle forze di inerzia agenti sullo scatolare

Coefficiente di riduzione dell'acc max attesa al sito

$$a_o = k_h = a_{go,max} = S \times a_g / g$$

$$a_v = k_v = k_h / 2$$

valore $PGA \times scatolare$

valore $PGA \times scatolare$

β

1.000

$$a_o = k_h$$

0.1455 g

$$a_v = k_v$$

0.0728 g

Forze di inerzia (condizione SismaH)

Forza di inerzia treno di carico - (%)

% **0%**

Forza orizzontale sulla soletta di copertura

$$F^h \quad \mathbf{12.47} \text{ kN/m} \quad (P_{ss} + G_2 p + \% PQ1) \times k_b$$

Forza orizzontale su singolo piedritto

$$F''^h \quad \mathbf{1.09} \text{ kN/m}^2 \quad P_p \times k_b$$

Forze di inerzia (condizione SismaV)

Forza di inerzia treno di carico - (%)

% **0%**

Forza verticale sulla soletta di copertura

$$F^v \quad \mathbf{6.23} \text{ kN/m}^2 \quad (P_{ss} + G_2 p + \% PQ1) \times k_v$$

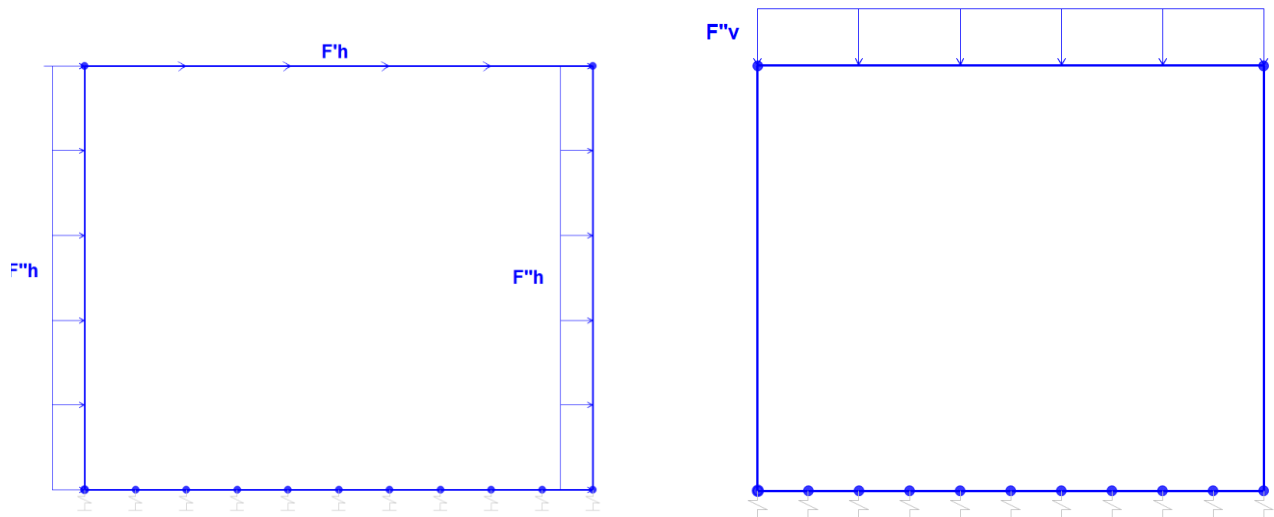


Figura 12. Condizione di carico SismaH e SismaV da SAP2000

Spinta sismica terreno - Teoria di WOOD (condizioni SPSPDX e SPSSX)

Forza distribuita su uno solo dei piedritti

$$qW \quad \mathbf{17.00} \text{ kN/m}^2 \quad (\% PQ1 + G_2 p + \gamma r \times H_{tot}) \times (a_{go,max})$$

Forza concentrata nodo superiore piedritto

$$QW_{sup} \quad \mathbf{2.55} \text{ kN} \quad qW \times S_s / 2$$

Forza concentrata nodo inferiore piedritto

$$QW_{inf} \quad \mathbf{3.40} \text{ kN} \quad qW \times S_f / 2$$

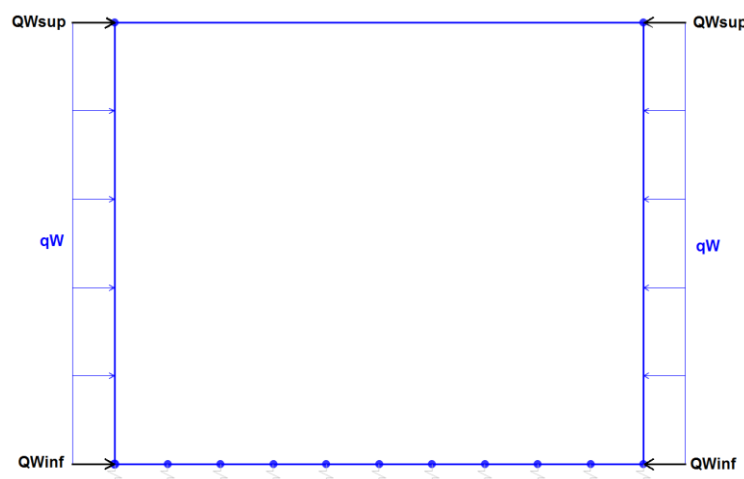


Figura 13. Condizione di carico SPSPDX e SPSSX da SAP2000

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI-ENNA (LOTTO 4a) INTERFERENZE IDRAULICHE					
INVILUPPO - Tombino Scatolare 2x2: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3U	LOTTO 4 0 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO NI.00.0.0.002	REV. A	FOGLIO 27 di 90

3. COMBINAZIONI DI CARICO

Secondo le prescrizioni del D.M. 17/01/2018 le azioni di calcolo debbono essere cumulate secondo condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della ridotta probabilità di intervento simultaneo di tutte le azioni accidentali con i rispettivi valori più sfavorevoli.

Le combinazioni di carico generiche sono le seguenti:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

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

$$G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Ai fini della determinazione dei valori caratteristici delle azioni dovute al traffico, si considerano le combinazioni riportate in Tabella 5.1.IV:

Tabella 5.1.IV – Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico

Carichi sulla carreggiata						Carichi su marciapiedi e piste ciclabili
Carichi verticali				Carichi orizzontali		Carichi verticali
Gruppo di azioni	Modello principale (Schemi di carico 1, 2, 3, 4, 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura q_3	Forza centrifuga q_4	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5 kN/m ²
2 a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2 b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 ^(*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ²
4 ^(**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ²			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ²
5 ^(***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

^(*) Ponti di 3^a categoria
^(**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)
^(***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI-ENNA (LOTTO 4a) INTERFERENZE IDRAULICHE					
INVILUPPO - Tombino Scatolare 2x2: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3U	LOTTO 4 0 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO NI.00.0.0.002	REV. A	FOGLIO 28 di 90

Per quel che riguarda i valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} , γ_{Qi} e $\gamma_{\epsilon i}$ si considerano i valori riportati in Tabella 5.1.V:

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

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi 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, Variazioni termiche, 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

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Per quel che riguarda i valori dei coefficienti di combinazione delle azioni variabili ψ si considerano i valori raccomandati per i ponti stradali:

Tabella 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	----	0,75	0,0
Vento q_5	5	0,0	0,0	0,0
	Vento a ponte scarico			
	SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
Neve q_5	Vento a ponte carico	0,6		
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	T_k	0,6	0,6	0,5

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI-ENNA (LOTTO 4a) INTERFERENZE IDRAULICHE					
INVILUPPO - Tombino Scatolare 2x2: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3U	LOTTO 4 0 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO NI.00.0.0.002	REV. A	FOGLIO 29 di 90

Le azioni descritte nel paragrafo precedente ed utilizzate nelle combinazioni di carico vengono di seguito riassunte:

Peso proprio	DEAD
Carichi permanenti	PERM-
Spinta del terreno sulla parete sinistra	SPTSX
Spinta del terreno sulla parete destra	SPTDX
Carico Variabile Stradale	ACCM-
Spinta del carico stradale Sulla parete	SPACCSX
Spinta del carico stradale Sulla parete	SPACCD
Accelerazione e frenatura	AVV-STR
Variazione termica sulla soletta	ENV_TE
Ritiro	RITIRO
Azione sismica orizzontale	Sisma H-
Azione sismica verticale	Sisma V-
Incremento sismico della spinta	SPSDX/S

La 4 condizioni di carico:

$\Delta T_{uniforme} = \pm 15^\circ$

$\Delta T_{differenziale} = \pm 5^\circ$

e le loro 4 combinazioni sono state preventivamente involuppate nella condizione ENV_TERM, la quale viene impiegata nelle successive combinazioni di carico per massimizzare gli effetti termici.

Nelle tabelle seguenti sono riportate le combinazioni di carico SLU, SLV e SLE utilizzate. Nelle combinazioni si tiene conto sia della spinta delle terre SPTSX al 100% e SPTDX al 100% che del loro sbilanciamento con SPTSX al 100% e SPTDX al 60%, sbilanciamento concorde con il verso di AVV e SISMAH per massimizzare le caratteristiche di sollecitazione. Lo sbilanciamento è tenuto in conto nelle combinazioni tramite i coefficienti evidenziati in rosso, corrispondenti ai coefficienti della spinta SPTDX moltiplicati per il coefficiente di combinazione 0,60.

Si riportano di seguito le combinazioni allo SLU di carico ritenute più significative in base all'esperienza.

Combinazione fondamentale

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

Combinazioni di carico SLU (non sismiche)													
	1slu	2slu	3slu	4slu	5slu	6slu	7slu	8slu	9slu	10slu	11slu	12slu	13slu
DEAD	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
PERM-STR	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
SPTSX	1	1	1	1	1.35	1.35	1	1	1	1.35	1.35	1.35	1.35
SPTDX	1	1	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1
ACCM-STR	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	1.35	1.35	1.08	1.08	1.015
SPACCSX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.45	0	0	0
SPACCDX	1.35	0	0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	0	1.08	1.08	1.015
AVV	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	0	0	1.35
ENV_TERM	0	-0.9	0	0	0	0	-0.9	0	0.9	-0.9	-1.5	1.5	0.9
RITIRO	0	1.2	0	0	0	0	0	0	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

Combinazioni di carico SLU (non sismiche)													
	14slu	15slu	16slu	17slu	18slu	19slu	20slu	21slu	22slu	23slu	24slu	25slu	26slu
DEAD	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
PERM-STR	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
SPTSX	1	1	1	1	1.35	1.35	1	1	1	1.35	1.35	1.35	1.35
SPTDX	0.6	0.6	0.6	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.6	0.6	0.6	0.6
ACCM-STR	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	1.35	1.35	1.08	1.08	1.015
SPACCSX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.45	0	0	0
SPACCDX	1.35	0	0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	0	1.08	1.08	1.015
AVV	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	0	0	1.35
ENV_TERM	0	-0.9	0	0	0	0	-0.9	0	0.9	-0.9	-1.5	1.5	0.9
RITIRO	0	1.2	0	0	0	0	0	0	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

dove:

$$E = \pm 1.00 \times E_Y \pm 0.30 \times E_Z \quad \text{oppure} \quad E = \pm 0.30 \times E_Y \pm 1.00 \times E_Z$$

Combinazioni di Carico Sismiche								
	sh1	sh2	sh3	sh4	sv1	sv2	sv3	sv4
DEAD	1	1	1	1	1	1	1	1
PERM-STR	1	1	1	1	1	1	1	1
SPTSX	1	1	1	1	1	1	1	1
SPTDX	1	1	1	1	1	1	1	1
ACCM-STR	0	0	0	0	0	0	0	0
SPACCSX	0	0	0	0	0	0	0	0
SPACCDX	0	0	0	0	0	0	0	0
AVV-STR	0	0	0	0	0	0	0	0
ENV_TERM	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
RITIRO	0	0	0	0	0	0	0	0
SISMA H-STR	1	1	1	1	0.3	0.3	0.3	0.3
SISMA V-STR	0.3	-0.3	0.3	-0.3	-1	1	-1	1
SPSDX	0	0	1	1	0	0	0.3	0.3
SPSSX	1	1	0	0	0.3	0.3	0	0

Combinazioni di Carico Sismiche								
	sh5	sh6	sh7	sh8	sv5	sv6	sv7	sv8
DEAD	1	1	1	1	1	1	1	1
PERM-STR	1	1	1	1	1	1	1	1
SPTSX	1	1	1	1	1	1	1	1
SPTDX	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
ACCM-STR	0	0	0	0	0	0	0	0
SPACCSX	0	0	0	0	0	0	0	0
SPACCDX	0	0	0	0	0	0	0	0
AVV-STR	0	0	0	0	0	0	0	0
ENV_TERM	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
RITIRO	0	0	0	0	0	0	0	0
SISMA H-STR	1	1	1	1	0.3	0.3	0.3	0.3
SISMA V-STR	0.3	-0.3	0.3	-0.3	-1	1	-1	1
SPSDX	0	0	1	1	0	0	0.3	0.3
SPSSX	1	1	0	0	0.3	0.3	0	0

Le combinazioni sismiche vanno eseguite in entrambe le direzioni pertanto le combinazioni SH vanno ripetute per Sisma H = -1 e le combinazioni SV per Sisma V=-0.3.

Si riportano infine, le combinazioni di carico agli stati limite di esercizio SLE ritenute più significative.

Combinazione rara

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazioni di carico SLE			
	1sle	2sle	3sle
DEAD	1	1	1
PERM-STR	1	1	1
SPTSX	1	1	1
SPTDX	0.8	0.8	0.8
ACCM-STR	0.75	0.75	0.75
SPACCSX	0.75	0.75	0
SPACCDX	0.75	0.75	0.75
AVV-STR	-0.75	0.75	-0.75
ENV_TERM	-0.6	0.6	-0.6
RITIRO	0	0	1

Combinazioni di carico SLE			
	4sle	5sle	6sle
DEAD	1	1	1
PERM-STR	1	1	1
SPTSX	1	1	1
SPTDX	0.48	0.48	0.48
ACCM-STR	0.75	0.75	0.75
SPACCSX	0.75	0.75	0
SPACCDX	0.75	0.75	0.75
AVV-STR	-0.75	0.75	-0.75
ENV_TERM	-0.6	0.6	-0.6
RITIRO	0	0	1

Oltre alle verifiche agli stati limite ultimi di tipo strutturale, sono prese in considerazione anche le verifiche agli stati limite ultimi di tipo geotecnico secondo l'approccio 2 (A1+M1+R3) di cui alle NTC2018, relative a condizioni di collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno.

4. CARATTERISTICHE DELLE SOLLECITAZIONI

4.1. *Inviluppo SLU/SLV*

USCITA SAP - INVILUPPO SLU SLV							
Text Frame	m Station	Text OutputCase	Text CaseType	Text StepType	KN P	KN V2	KN-m M3
1	0.25	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	164.3	67.7
1	0.46	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	165.4	59.5
1	0.67	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	135.5	59.5
1	0.88	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	138.6	36.4
1	1.09	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	104.9	36.4
1	1.30	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	108.0	14.9
1	1.51	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	85.6	14.9
1	1.72	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	87.9	-4.8
1	1.93	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	73.6	-4.8
1	2.14	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	75.9	-18.7
1	2.36	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	58.1	-18.7
1	2.57	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	60.4	-14.3
1	2.78	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	39.0	-14.3
1	2.99	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	41.3	16.9
1	3.20	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	16.1	16.9
1	3.41	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	18.4	54.2
1	3.62	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-25.2	54.2
1	3.83	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-22.9	93.8
1	4.04	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-72.4	93.8
1	4.25	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-71.6	107.6
1	0.25	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	80.5	-87.5
1	0.46	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	81.3	-98.1
1	0.67	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	44.6	-98.1
1	0.88	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	47.4	-108.7
1	1.09	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-29.4	-108.7
1	1.30	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-26.3	-102.3
1	1.51	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-70.5	-102.3
1	1.72	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-67.4	-86.4
1	1.93	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-104.5	-86.4
1	2.14	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-101.4	-67.1
1	2.36	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-131.3	-67.1
1	2.57	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-128.2	-68.2
1	2.78	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-151.1	-68.2
1	2.99	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-148.0	-69.2
1	3.20	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-163.7	-69.2
1	3.41	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-160.6	-62.7
1	3.62	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-173.6	-62.7
1	3.83	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-170.5	-52.3
1	4.04	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-172.8	-52.3
1	4.25	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-171.7	-46.3

INVILUPPO - Tombino Scatolare 2x2:
Relazione di calcolo

COMMESSA
RS3U

LOTTO
4 0 D 29

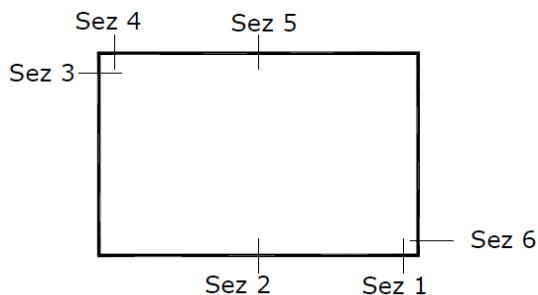
CODIFICA
CL

DOCUMENTO
NI.00.0.0.002

REV.
A

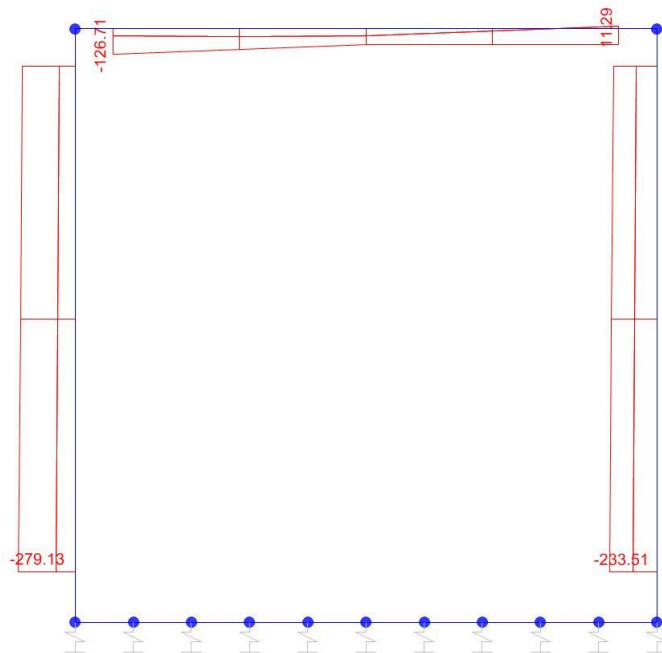
FOGLIO
34 di 90

2	0.25	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-101.2	24.0	30.3
2	1.25	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-108.7	65.9	8.5
2	2.25	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-116.2	134.6	31.6
2	0.25	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-213.3	-72.6	-66.7
2	1.25	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-223.4	-47.0	-23.1
2	2.25	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-233.5	-22.1	-104.8
3	0.25	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-36.9	-54.5	18.3
3	1.25	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-38.9	-12.6	57.3
3	2.25	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-36.3	29.3	71.6
3	3.25	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-12.5	93.8	74.3
3	4.25	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	11.3	171.0	46.3
3	0.25	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-126.7	-216.6	-99.8
3	1.25	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-102.9	-139.4	-10.8
3	2.25	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-79.2	-62.2	16.9
3	3.25	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-78.2	15.0	-6.3
3	4.25	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-79.9	75.5	-52.9
4	0.25	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-79.9	124.5	115.0
4	1.25	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-87.4	88.6	14.9
4	2.25	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-94.9	45.4	61.9
4	0.25	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-258.9	19.9	-12.7
4	1.25	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-269.0	-36.0	-7.4
4	2.25	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-279.1	-99.1	-59.8

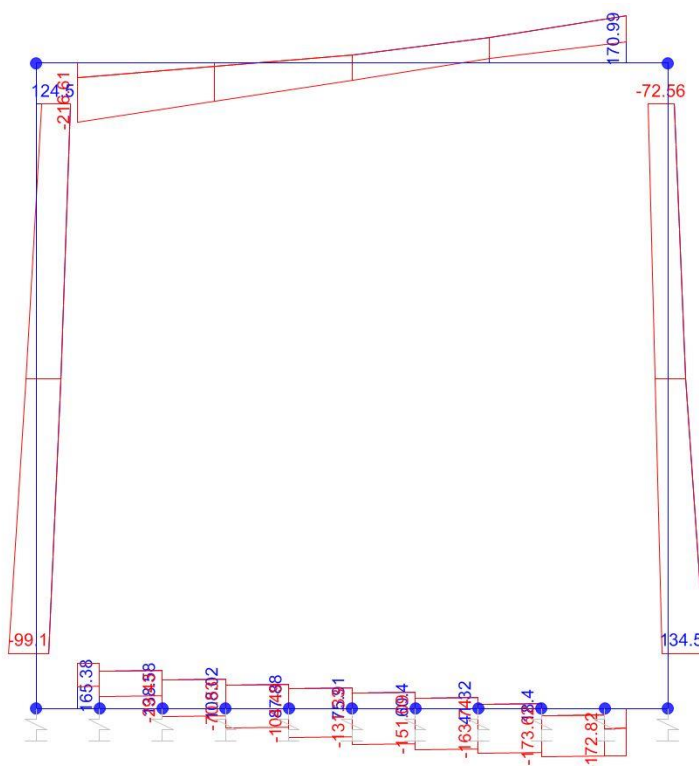


SEZIONE	P	V2	M3
01	0.0	173.6	107.6
02	0.0	0.0	108.7
03	-79.9	134.6	115.0
04	0.0	216.6	99.8
05	0.0	0.0	74.3
06	-94.9	134.6	104.8

Diagrammi di inviluppo delle sollecitazioni: ENVELOPE SLU/SLV



Sforzo normale



Taglio

INVILUPPO - Tombino Scatolare 2x2:
Relazione di calcolo

COMMESSA
RS3U

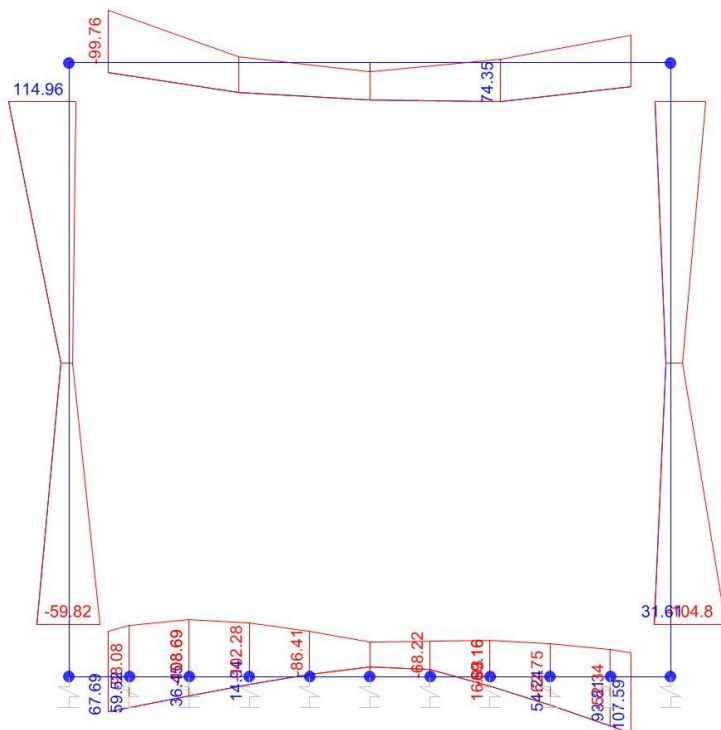
LOTTO
4 0 D 29

CODIFICA
CL

DOCUMENTO
NI.00.0.0.002

REV.
A

FOGLIO
36 di 90



Momento Flettente

I valori V e M dei diagrammi corrispondono a quelli riportati nella tabella, mentre il valore dello sforzo normale P nei diagrammi (valore massimo) differisce da quello di verifica della tabella, pari a quello di compressione minimo.

.4.2. Inviluppo SLE (rara)

USCITA SAP - INVILUPPO SLE RARA							
Text Frame	m Station	Text OutputCase	Text CaseType	Text StepType	KN P	KN V2	KN-m M3
1	0.15	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	113.6	68.3
1	0.23	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	114.4	59.2
1	0.23	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	110.5	59.2
1	0.46	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	112.8	33.5
1	0.46	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	102.4	33.5
1	0.69	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	104.7	9.9
1	0.69	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	93.4	9.9
1	0.92	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	95.7	-10.3
1	0.92	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	80.0	-10.3
1	1.15	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	82.3	-24.8
1	1.15	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	62.3	-24.8
1	1.38	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	64.6	-17.0
1	1.38	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	40.2	-17.0
1	1.61	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	42.5	-2.4
1	1.61	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	13.8	-2.4
1	1.84	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	16.1	15.1
1	1.84	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	-33.7	15.1
1	2.07	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	-31.4	36.4
1	2.07	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	-87.7	36.4
1	2.15	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	-86.9	44.8
1	0.15	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	95.9	-25.4
1	0.23	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	96.7	-33.1
1	0.23	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	50.9	-33.1
1	0.46	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	53.2	-45.0
1	0.46	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	11.3	-45.0
1	0.69	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	13.6	-47.9
1	0.69	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-11.6	-47.9
1	0.92	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-9.3	-45.5
1	0.92	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-31.9	-45.5
1	1.15	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-29.6	-41.0
1	1.15	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-49.6	-41.0
1	1.38	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-47.3	-55.6
1	1.38	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-64.8	-55.6
1	1.61	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-62.5	-65.1
1	1.61	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-77.3	-65.1
1	1.84	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-75.0	-68.5
1	1.84	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-93.4	-68.5
1	2.07	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-91.1	-61.1
1	2.07	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-105.5	-61.1
1	2.15	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-104.7	-54.1

INVILUPPO - Tombino Scatolare 2x2:
Relazione di calcolo

COMMESSA
RS3U

LOTTO
4 0 D 29

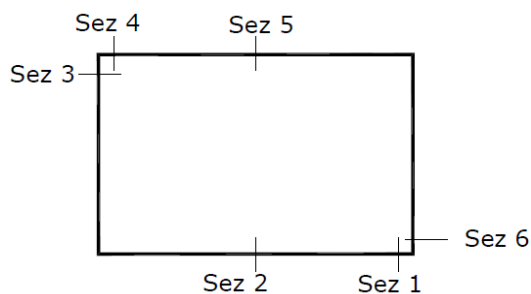
CODIFICA
CL

DOCUMENTO
NI.00.0.0.002

REV.
A

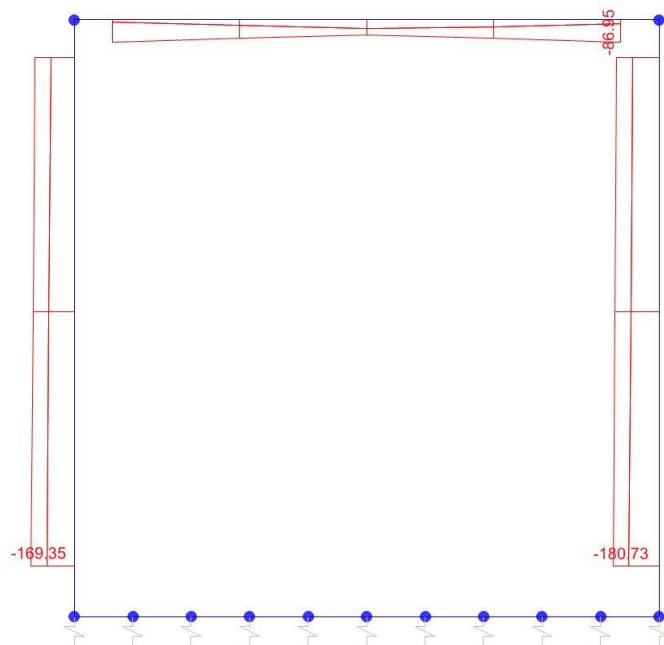
FOGLIO
38 di 90

2	0.15	ENVELOPE SLERARA Combination	Max	-103.0	-6.3	3.5
2	1.15	ENVELOPE SLERARA Combination	Max	-110.5	24.1	1.6
2	2.15	ENVELOPE SLERARA Combination	Max	-118.0	64.4	36.1
2	0.15	ENVELOPE SLERARA Combination	Min	-165.7	-81.7	-71.9
2	1.15	ENVELOPE SLERARA Combination	Min	-173.2	-54.6	-10.0
2	2.15	ENVELOPE SLERARA Combination	Min	-180.7	-28.1	-46.6
3	0.15	ENVELOPE SLERARA Combination	Max	-9.6	-63.6	27.8
3	0.65	ENVELOPE SLERARA Combination	Max	-22.8	-13.3	48.3
3	1.15	ENVELOPE SLERARA Combination	Max	-36.0	37.1	43.7
3	1.65	ENVELOPE SLERARA Combination	Max	-29.7	87.4	38.8
3	2.15	ENVELOPE SLERARA Combination	Max	-16.5	137.8	13.9
3	0.15	ENVELOPE SLERARA Combination	Min	-87.0	-126.4	-51.9
3	0.65	ENVELOPE SLERARA Combination	Min	-73.7	-76.0	-1.3
3	1.15	ENVELOPE SLERARA Combination	Min	-60.5	-25.7	24.1
3	1.65	ENVELOPE SLERARA Combination	Min	-73.7	24.7	-5.7
3	2.15	ENVELOPE SLERARA Combination	Min	-87.0	75.0	-62.0
4	0.15	ENVELOPE SLERARA Combination	Max	-91.6	79.8	59.6
4	1.15	ENVELOPE SLERARA Combination	Max	-99.1	38.2	7.8
4	2.15	ENVELOPE SLERARA Combination	Max	-106.6	-10.8	66.3
4	0.15	ENVELOPE SLERARA Combination	Min	-154.4	-3.7	-16.6
4	1.15	ENVELOPE SLERARA Combination	Min	-161.9	-40.2	-3.3
4	2.15	ENVELOPE SLERARA Combination	Min	-169.4	-89.2	-14.3

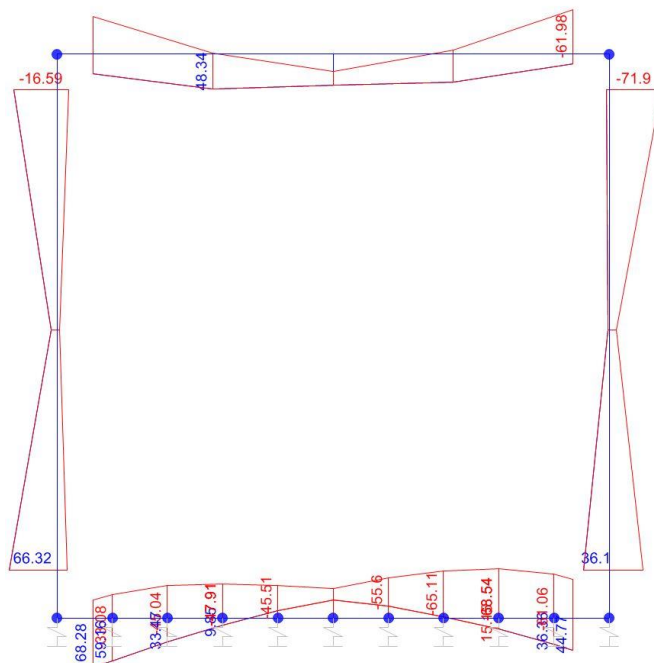


SEZIONE	P	V2	M3
01	0.0	114.4	68.3
02	0.0	0.0	68.5
03	-91.6	89.2	71.9
04	0.0	137.8	62.0
05	0.0	0.0	48.3
06	-106.6	89.2	66.3

Diagrammi di inviluppo delle sollecitazioni: ENVELOPE SLE (rara)



Sforzo normale



Momento Flettente

Il valore M dei diagrammi corrisponde a quello riportato nella tabella, mentre il valore dello sforzo normale P nei diagrammi (valore massimo) differisce da quello di verifica della tabella, pari a quello di compressione minimo.

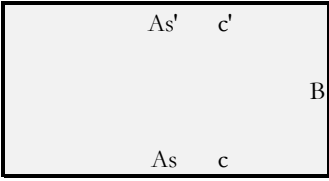
5. VERIFICHE SLU/SLV/SLE

Oggetto:

Tombino NI00_INVILUPPO_NV05E - LOTTO4

Sezione n°. 01

Dati di Input:

B	Base sezione rettangolare	1000 mm	Geometria della Sezione:	
H	Altezza sezione rettangolare	400 mm		
c'	Copriferro armatura sup. compressa	70 mm		
c	Copriferro armatura inf. Tesa	70 mm		
d	Altezza utile = H-c	330 mm		
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa		
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa		
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	0.0 kN		
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	107.6 kNm		
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	173.6 kN		
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm		
Fi1	1° diametro armatura tesa	20		
Fi2	2° diametro armatura tesa			
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10	Armatura tesa filante	3142 mmq
n2	N°. Barre 2° armatura tesa		Armatura di raffittim.	0 mmq
As'	Armatura superiore compressa	3142 mmq		
As	Armatura inferiore tesa	3142 mmq		
Fi Staffe	Diametro staffe	mm		
s. Staffe	Passo staffe	150 mm		
bracci	Numero Bracci staffe	2		
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2.0 [range: 1,0-2,5]		
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90.0°		
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	0 mmq/m	0.00 cmq/m	
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm)	R		
Msle	Momento di esercizio [(+)]	68.3 kNm		
Nsle	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	0.0 kN		
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20 mm		
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0.60 fck		
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0.45 fck		
sigcR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0.80 fyk		

Dati di Output:

SLU - Momento e Taglio resistenti

<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	S	Coeff.Sfrutt.Max	81%
Mrd	Momento ultimo resistente	360 kNm	Coeff.Sfrutt.	30%
Vrd	Taglio ultimo resistente senza staffe	215 kN	Coeff.Sfrutt.	81%
Vrd	Taglio ultimo resistente	215 kN		81%
Trd	Momento torcente ultimo resistente	0 kNm	Coeff.Sfrutt.	

SLE - Tensioni e ampiezza fessure

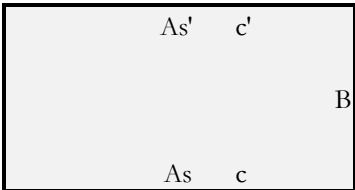
Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	-19 Mpa	Coeff.Sfrutt.	5%
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	77 Mpa	Coeff.Sfrutt.	21%
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	-3 Mpa	Coeff.Sfrutt.	17%
Sigc-inf	Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	0 Mpa		
Mcr	Momento di prima fessurazione	93 kNm		
wk	Ampiezza di fessura	0.07 mm	Coeff.Sfrutt.	37%

Oggetto:

Tombino NI00_INVILUPPO_NV05E - LOTTO4

Sezione n°. 02

Dati di Input:

B	Base sezione rettangolare	1000 mm	Geometria della Sezione: 	
H	Altezza sezione rettangolare	400 mm		
c'	Copriferro armatura sup. compressa	70 mm		
c	Copriferro armatura inf. Tesa	70 mm		
d	Altezza utile = H-c	330 mm		
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa		
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa		
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	0.0 kN		
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	108.7 kNm		
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	0.0 kN		
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm		
Fi1	1° diametro armatura tesa	20		
Fi2	2° diametro armatura tesa			
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10 Armatura tesa filante	3142 mmq	
n2	N°. Barre 2° armatura tesa	0 Armatura di raffittim.	0 mmq	
As'	Armatura superiore compressa	3142 mmq		
As	Armatura inferiore tesa	3142 mmq		
Fi Staffe	Diametro staffe	mm		
s. Staffe	Passo staffe	150 mm		
bracci	Numero Bracci staffe	2		
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2.0 [range: 1,0-2,5]		
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90.0°		
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	0 mmq/m	0.00 cmq/m	
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm)	R		
Msle	Momento di esercizio [(+)]	68.5 kNm		
Nsle	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	0.0 kN		
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20 mm		
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0.60 fck		
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0.45 fck		
sigsR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0.80 fyk		

Dati di Output:
SLU - Momento e Taglio resistenti

<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	S	Coeff.Sfrutt.Max	37%
Mrd	Momento ultimo resistente	360 kNm	Coeff.Sfrutt.	30%
Vrd	Taglio ultimo resistente senza staffe	215 kN	Coeff.Sfrutt.	0%
Vrd	Taglio ultimo resistente	215 kN	Coeff.Sfrutt.	0%
Trd	Momento torcente ultimo resistente	0 kNm	Coeff.Sfrutt.	

SLE - Tensioni e ampiezza fessure

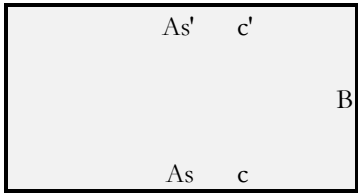
Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	-19 Mpa	Coeff.Sfrutt.	5%
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	77 Mpa	Coeff.Sfrutt.	21%
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	-3 Mpa	Coeff.Sfrutt.	17%
Sigc-inf	Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	0 Mpa		
Mcr	Momento di prima fessurazione	93 kNm		
wk	Ampiezza di fessura	0.07 mm	Coeff.Sfrutt.	37%

Oggetto:

Tombino NI00_INVILUPPO_NV05E - LOTTO4

Sezione n°. 03

Dati di Input:

B	Base sezione rettangolare	1000 mm	Geometria della Sezione: 	
H	Altezza sezione rettangolare	300 mm		
c'	Copriferro armatura sup. compressa	70 mm		
c	Copriferro armatura inf. Tesa	70 mm		
d	Altezza utile = H-c	230 mm		
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa		
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa		
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	-79.9 kN		
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	115.0 kNm		
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	134.6 kN		
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm		
Fi1	1° diametro armatura tesa	20		
Fi2	2° diametro armatura tesa			
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10 Armatura tesa filante	3142 mmq	
n2	N°. Barre 2° armatura tesa	0 Armatura di raffittim.	0 mmq	
As'	Armatura superiore compressa	3142 mmq		
As	Armatura inferiore tesa	3142 mmq		
Fi Staffe	Diametro staffe	mm		
s. Staffe	Passo staffe	150 mm		
bracci	Numero Bracci staffe	2		
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2.0 [range: 1,0-2,5]		
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90.0°		
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	0 mmq/m	0.00 cmq/m	
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm)	R		
Msle	Momento di esercizio [(+)]	71.9 kNm		
Nsle	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	-91.6 kN		
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20 mm		
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0.60 fck		
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0.45 fck		
sigcR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0.80 fyk		

Dati di Output:
SLU - Momento e Taglio resistenti

<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	S	Coeff.Sfrutt.Max	70%
Mrd	Momento ultimo resistente	243 kNm	Coeff.Sfrutt.	47%
Vrd	Taglio ultimo resistente senza staffe	193 kN	Coeff.Sfrutt.	70%
Vrd	Taglio ultimo resistente	193 kN	Coeff.Sfrutt.	70%
Trd	Momento torcente ultimo resistente	0 kNm	Coeff.Sfrutt.	

SLE - Tensioni e ampiezza fessure

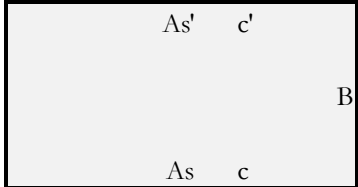
Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	-32 Mpa	Coeff.Sfrutt.	9%
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	106 Mpa	Coeff.Sfrutt.	29%
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	-6 Mpa	Coeff.Sfrutt.	34%
Sigc-inf	Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	0 Mpa		
Mcr	Momento di prima fessurazione	59 kNm		
wk	Ampiezza di fessura	0.11 mm	Coeff.Sfrutt.	55%

Oggetto:

Tombino NI00_INVILUPPO_NV05E - LOTTO4

Sezione n°. 04

Dati di Input:

B	Base sezione rettangolare	1000	mm	Geometria della Sezione: 
H	Altezza sezione rettangolare	300	mm	
c'	Copriferro armatura sup. compressa	70	mm	
c	Copriferro armatura inf. Tesa	70	mm	
d	Altezza utile = H-c	230	mm	
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30	MPa	
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450	MPa	
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	0.0	kN	
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	99.8	kNm	
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	216.6	kN	
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0	kNm	3142 mmq 0 mmq
Fi1	1° diametro armatura tesa	20		
Fi2	2° diametro armatura tesa			
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10	Armatura tesa filante	
n2	N°. Barre 2° armatura tesa		Armatura di raffittim.	
As'	Armatura superiore compressa	3142	mmq	
As	Armatura inferiore tesa	3142	mmq	
Fi Staffe	Diametro staffe	12	mm	
s. Staffe	Passo staffe	150	mm	
bracci	Numero Bracci staffe	2		
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2.0	[range: 1,0-2,5]	15.08 cmq/m
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90.0°		
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	1508	mmq/m	
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm)	R		
Msle	Momento di esercizio [(+)]	62.0	kNm	
Nsle	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	0.0	kN	
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20	mm	
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0.60	fck	
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0.45	fck	
sigsR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0.80	fyk	

Dati di Output:
SLU - Momento e Taglio resistenti

<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	S	Coeff.Sfrutt.Max	89%
Mrd	Momento ultimo resistente	237	Coeff.Sfrutt.	42%
Vrd	Taglio ultimo resistente senza staffe	184	Coeff.Sfrutt.	118%
Vrd	Taglio ultimo resistente	244	Coeff.Sfrutt.	89%
Trd	Momento torcente ultimo resistente	2	Coeff.Sfrutt.	

SLE - Tensioni e ampiezza fessure

Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	-23	Mpa	Coeff.Sfrutt.	6%
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	104	Mpa	Coeff.Sfrutt.	29%
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	-5	Mpa	Coeff.Sfrutt.	29%
Sigc-inf	Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	0	Mpa		
Mcr	Momento di prima fessurazione	54	kNm		
wk	Ampiezza di fessura	0.11	mm	Coeff.Sfrutt.	53%

Oggetto:

Tombino NI00_INVILUPPO_NV05E - LOTTO4

Sezione n°. 05

Dati di Input:

B	Base sezione rettangolare	1000	mm	Geometria della Sezione:	
H	Altezza sezione rettangolare	300	mm	H	
c'	Copriferro armatura sup. compressa	70	mm	As'	c'
c	Copriferro armatura inf. Tesa	70	mm		
d	Altezza utile = H-c	230	mm		
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30	MPa		
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450	MPa	As	c
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	0.0	kN		
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	74.3	kNm		
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	0.0	kN		
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0	kNm		
Fi1	1° diametro armatura tesa	20			
Fi2	2° diametro armatura tesa				
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10	Armatura tesa filante	3142 mmq	
n2	N°. Barre 2° armatura tesa	0	Armatura di raffittim.	0 mmq	
As'	Armatura superiore compressa	3142	mmq		
As	Armatura inferiore tesa	3142	mmq		
Fi Staffe	Diametro staffe	12	mm		
s. Staffe	Passo staffe	150	mm		
bracci	Numero Bracci staffe	2			
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2.0	[range: 1,0-2,5]		
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90.0°			
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	1508	mmq/m	15.08 cmq/m	
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm)	R			
Msle	Momento di esercizio [(+)]	48.3	kNm		
Nsle	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	0.0	kN		
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20	mm		
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0.60	fck		
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0.45	fck		
sigsR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0.80	fyk		

Dati di Output:
SLU - Momento e Taglio resistenti

<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	S	Coeff.Sfrutt.Max	36%
Mrd	Momento ultimo resistente	237	kNm	Coeff.Sfrutt. 31%
Vrd	Taglio ultimo resistente senza staffe	184	kN	Coeff.Sfrutt. 0%
Vrd	Taglio ultimo resistente	244	kN	Coeff.Sfrutt. 0%
Trd	Momento torcente ultimo resistente	2	kNm	Coeff.Sfrutt.

SLE - Tensioni e ampiezza fessure

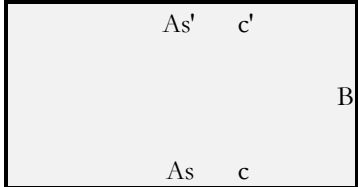
Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	-18	Mpa	Coeff.Sfrutt. 5%
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	81	Mpa	Coeff.Sfrutt. 23%
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	-4	Mpa	Coeff.Sfrutt. 23%
Sigc-inf	Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	0	Mpa	
Mcr	Momento di prima fessurazione	54	kNm	
wk	Ampiezza di fessura	0.07	mm	Coeff.Sfrutt. 36%

Oggetto:

Tombino NI00_INVILUPPO_NV05E - LOTTO4

Sezione n°. 06

Dati di Input:

B	Base sezione rettangolare	1000 mm	Geometria della Sezione: 	
H	Altezza sezione rettangolare	300 mm		
c'	Copriferro armatura sup. compressa	70 mm		
c	Copriferro armatura inf. Tesa	70 mm		
d	Altezza utile = H-c	230 mm		
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa		
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa		
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	-94.9 kN		
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	104.8 kNm		
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	134.6 kN		
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm		
Fi1	1° diametro armatura tesa	20		
Fi2	2° diametro armatura tesa	0		
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10 Armatura tesa filante	3142 mmq	
n2	N°. Barre 2° armatura tesa	0 Armatura di raffittim.	0 mmq	
As'	Armatura superiore compressa	3142 mmq		
As	Armatura inferiore tesa	3142 mmq		
Fi Staffe	Diametro staffe	0 mm		
s. Staffe	Passo staffe	150 mm		
bracci	Numero Bracci staffe	2		
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2.0 [range: 1,0-2,5]		
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90.0°		
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	0 mmq/m	0.00 cmq/m	
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm)	R		
Msle	Momento di esercizio [(+)]	66.3 kNm		
Nsle	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	-106.6 kN		
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20 mm		
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0.60 fck		
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0.45 fck		
sigsR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0.80 fyk		

Dati di Output:
SLU - Momento e Taglio resistenti

<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	S	Coeff.Sfrutt.Max	69%
Mrd	Momento ultimo resistente	245 kNm	Coeff.Sfrutt.	43%
Vrd	Taglio ultimo resistente senza staffe	195 kN	Coeff.Sfrutt.	69%
Vrd	Taglio ultimo resistente	195 kN	Coeff.Sfrutt.	69%
Trd	Momento torcente ultimo resistente	0 kNm	Coeff.Sfrutt.	

SLE - Tensioni e ampiezza fessure

Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	-30 Mpa	Coeff.Sfrutt.	8%
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	94 Mpa	Coeff.Sfrutt.	26%
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	-6 Mpa	Coeff.Sfrutt.	31%
Sigc-inf	Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	0 Mpa		
Mcr	Momento di prima fessurazione	60 kNm		
wk	Ampiezza di fessura	0.09 mm	Coeff.Sfrutt.	46%

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI-ENNA (LOTTO 4a) INTERFERENZE IDRAULICHE					
INVILUPPO - Tombino Scatolare 2x2: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3U	LOTTO 4 0 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO NI.00.0.0.002	REV. A	FOGLIO 46 di 90

Si riportano i coefficienti di sfruttamento nelle sezioni notevoli per le verifiche SLU/SLV/SLE:

SINTESI VERIFICHE SEZIONI NOTEVOLI:							
SL	VERIF	SEZ01	SEZ02	SEZ03	SEZ04	SEZ05	SEZ06
SLU	Med/Mrd	30%	30%	47%	42%	31%	43%
SLU	Ved/Vrd	81%	0%	70%	89%	0%	69%
SLE	(sigse/sigsr)s	5%	5%	9%	6%	5%	8%
SLE	(sigse/sigsr)i	21%	21%	29%	29%	23%	26%
SLE	(sigα/sigr)s	17%	17%	34%	29%	23%	31%
SLE	wk/wklim	37%	37%	55%	53%	36%	46%
	MAX	81%	37%	70%	89%	36%	69%
	MAX	89%					

I coefficienti di sfruttamento sono tutti inferiori all'unità e pertanto le verifiche risultano soddisfatte.

5.1. ARMATURE DI RIPARTIZIONE

Le armature di ripartizione delle pareti e della soletta vengono dimensionate per sostenere gli effetti del ritiro igrometrico i quali generano una trazione pura per deformazioni impedita a causa della soletta inferiore gettata precedentemente e che può aver dissipato tali effetti.

La ϵ ritiro induce nel calcestruzzo una tensione di trazione superiore alla sua resistenza a trazione, ne deriva la fessurazione e il trasferimento di tutta la trazione sull'acciaio teso. Per ottenere delle fessure uniformemente distribuite e non concentrate in alcuni punti con ampiezze macroscopiche, si applica un principio di non plasticizzazione delle armature. Per limitare l'ampiezza delle fessure, pur distribuite, che si ottengono applicando tale principio, si applica quanto previsto al § 7.3.2 dell'Eurocodice 2 - UNI EN 1992 1-1: "Aree minime di armatura", in particolare la formula (7.1):

$$A_{s,min} \cdot \sigma_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}$$

dove:

$A_{s,min}$ è l'area minima di armatura nella zona tesa;

A_{ct} è l'area di calcestruzzo nella zona tesa. La zona tesa è quella parte della sezione che risulta in trazione subito dopo la formazione della prima fessura; è pari a tutta l'area della sezione per trazione pura, alla metà per flessione;

σ_s è la massima tensione ammessa nell'armatura subito dopo la formazione della fessura. Tale tensione può essere assunta pari alla tensione di snervamento f_{yk} dell'armatura. Può essere però necessario fissare un valore minore per soddisfare i limiti di apertura delle fessure secondo il massimo diametro o la massima spaziatura tra le barre (vedere punto 7.3.3).

$f_{ct,eff}$ è il valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo al momento in cui si suppone insorgano le prime fessure;

$f_{ct,eff} = f_{ctm}$ se la formazione delle fessure è prevista prima di 28d;

k è il coefficiente che tiene conto degli effetti di tensioni auto-equilibrate non uniformi, $k=1$

k_c è il coefficiente che tiene conto del tipo di distribuzione delle tensioni all'interno della sezione subito prima della fessurazione e della variazione del braccio di leva; $k_c=1$ per trazione, $k_c=0,4$ per flessione, $k_c = 0,4 \cdot (1 - \text{funz}(\sigma_c))$ nel caso flessione combinata con sforzo normale.

base della sezione		1000 mm
altezza della sezione		300 mm
area sezione calcestruzzo	A_{ct}	300000 mm ²
tensione di snervamento acciaio	f_{yk}	450 Mpa
resist. Caratt. Cilindrica cls a compressione	f_{ck}	30 Mpa
tensione resistente cls a trazione	$f_{ct,eff}=0,3(f_{ck})^{2/3}$	2.90 Mpa
coefficiente k_c	k_c	1.00
coefficiente k	k	1.00
area minima acciaio teso nella sezione	$A_{s,min}$	1931 mm ²

P.to 7.3.3 EC2 1992:1-1): Dove è disposta l'armatura minima indicata al punto 7.3.2, le ampiezze delle fessure non dovrebbero essere eccessive se: per fessurazione causata principalmente da deformazioni impedita, il diametro delle barre non eccede quello dato nel prospetto 7.2N, dove la tensione nell'acciaio è quella che si ha subito dopo la fessurazione [cioè il termine σ_s nell'espressione (7.1)];

prospetto 7.2N

Diametri massimi delle barre ϕ^*_s per il controllo della fessurazione¹⁾

Tensione nell'acciaio ²⁾ [MPa]	Diametro massimo delle barre [mm]		
	$w_k = 0,4 \text{ mm}$	$w_k = 0,3 \text{ mm}$	$w_k = 0,2 \text{ mm}$
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	5
400	8	6	4
450	6	5	-

1) I valori nel prospetto sono basati sulle seguenti assunzioni:
 $c = 25 \text{ mm}$; $f_{ct,eff} = 2,9 \text{ MPa}$; $h_{cr} = 0,5$; $(h - d) = 0,1 h$; $k_1 = 0,8$; $k_2 = 0,5$; $k_3 = 0,4$; $k = 1,0$; $k_t = 0,4$ e $k' = 1,0$.

2) Sotto la combinazione di carico pertinente.

Il diametro massimo delle barre si raccomanda sia modificato come segue:

Trazione (la sezione è tutta tesa):

$$\phi_s = \phi^*_s (f_{ct,eff} / 2,9) h_{cr} / (8(h-d)) \quad (7.7N)$$

dove:

 ϕ_s è il diametro massimo "modificato" delle barre;

 ϕ^*_s è il diametro massimo dato nel prospetto 7.2N;

 h è l'altezza totale della sezione;

 h_{cr} è l'altezza della zona tesa subito prima della fessurazione, considerando i valori caratteristici della forza di precompressione e delle forze assiali sotto la combinazione di azioni quasi-permanente;

 d è l'altezza utile valutata rispetto al baricentro dello strato più esterno di armatura ordinaria.

 Se tutta la sezione è tesa $h-d$ è la minima distanza tra il baricentro dello strato di armatura e il lembo esterno della sezione (considerare ciascun lembo se la barra non è disposta simmetricamente).

Verifica armatura trasversale:

diametro barre trasversali	Φ_{trav}	16 mm	< F_s	Verifica soddisfatta
passo barre trasversali	passo	100 mm		
N.strati barre trasvers. (sup.+inf.+intermedi)	n.strati	2		
Area barre trasversali	A_s	4021 mm ²		
stato tensionale barre dopo fessurazione	σ_s	216 mm ²	< f_{yk}	Verifica soddisfatta
ϕ barre da tabella 7.2N x σ_s e $w_k=0,2\text{mm}$	ϕ^*_s	12 mm		
altezza zona tesa prima della fessurazione	h_{cr}	300 mm		
altezza totale sezione	h	300 mm		
copri ferro (asse barre)	c	50 mm		
altezza utile sezione	d	250 mm		
diametro massimo modificato utilizzabile	ϕ_s	36 mm	(= F_s)	

5.2. RIEPILOGO E INCIDENZA ARMATURE

A seguire il riepilogo delle armature del tombino:

Pareti di spessore	30 cm		
con armatura principale esterna	F20 /100		3142 mm ²
con armatura principale interna	F20 /100		3142 mm ²
Soletta superiore di spessore	30 cm		
con armatura principale superiore	F20 /100		3142 mm ²
con armatura principale inferiore	F20 /100		3142 mm ²
Soletta inferiore di spessore	40 cm		
con armatura principale superiore	F20 /100		3142 mm ²
con armatura principale inferiore	F20 /100		3142 mm ²

Le pareti non necessitano di armatura a taglio.

La soletta superiore necessita di armatura a taglio **F12 /150** dir.princ. **/500** dir.trasv.

La soletta inferiore non necessita di armatura a taglio

(Le armature a taglio sono state disposte ove non risultano soddisfatte le verifiche con V_{rd} senza armatura a taglio)

Le armature di ripartizione sono:

	Armature di ripartizione:		Area:	% Arm. principale:		
Pareti	F16 /100	2 strati	4021.2 mm ²	64%	di	6283 mm ²
Soletta superiore	F16 /100	2 strati	4021.2 mm ²	64%	di	6283 mm ²
Soletta inferiore	F16 /100	2 strati	4021.2 mm ²	64%	di	6283 mm ²

Incidenza armature:

			Spessore piedritti	Sp	0.30 m
Larghezza utile	Lint	2.00 m	Spessore soletta	Ss	0.30 m
Altezza libera	Hint	2.00 m	Spessore fondazione	Sf	0.40 m
incidenza sovrapp.		20%	copriferro	c	0.07 m

Elem.	Ø1 sup/int [mm]	pass1 [mm]	Ø2 sup/int [mm]	pass2 [mm]	Ø3 inf/ext [mm]	pass3 [mm]	Ø4 inf/ext [mm]	pass4 [mm]	Øleg [mm]	Øleg pass1 [mm]	Øleg pass2 [mm]
piedritto	20	100	0	1000	20	100	0	1000	0	1000	1000
soletta	20	100	0	1000	20	100	0	1000	12	150	500
fondaz.	20	100	0	1000	20	100	0	1000	0	1000	1000
ripartiz.	16	100	x	2 strati							

Elem.	LØ [m]	Lleg [mm]	Vol [m ³]	Peso [kg]	incd [kg/m ³]	Inc%
piedritto	2.88	0.36	0.6	170	284	33%
soletta	2.78	0.36	0.8	178	228	17%
fondaz.	2.98	0.46	1.0	176	170	17%
ripartiz.			3.0	348	115	33%
TOTALE			3.0	1044	346	100%

6. VERIFICHE GEOTECNICHE

6.1. Base reaction

Le “base reaction” sono la risultante delle reazioni delle molle per ogni singola combinazione di carico:

TABLE: Base Reactions			
OutputCase	GlobalFZ	GlobalFX	GlobalMY
Text	KN	KN	KN-m
SLU01	468.98	22.27	32.37
SLU01	468.98	22.27	32.37
SLU02	468.98	5.47	12.84
SLU02	468.98	5.47	12.84
SLU03	468.98	5.47	12.84
SLU03	468.98	5.47	12.84
SLU04	468.98	59.99	71.77
SLU04	468.98	59.99	71.77
SLU05	468.98	22.27	32.37
SLU05	468.98	22.27	32.37
SLU06	406.88	16.81	19.52
SLU06	406.88	16.81	19.52
SLU07	468.98	59.99	71.77
SLU07	468.98	59.99	71.77
SLU08	278.80	54.52	58.93
SLU08	278.80	54.52	58.93
SLU09	468.98	54.52	58.93
SLU09	468.98	54.52	58.93
SLU10	468.98	-54.52	-58.93
SLU10	468.98	-54.52	-58.93
SLU11	453.43	-25.12	-24.77
SLU11	453.43	-25.12	-24.77
SLU12	453.43	-25.12	-24.77
SLU12	453.43	-25.12	-24.77
SLU13	453.57	-20.97	-15.07
SLU13	453.57	-20.97	-15.07
SH1	283.10	-84.68	-132.09
SH1	283.10	-84.68	-132.09
SH2	274.50	-84.68	-132.09
SH2	274.50	-84.68	-132.09
SH3	283.10	17.07	-14.75
SH3	283.10	17.07	-14.75
SH4	274.50	17.07	-14.75
SH4	274.50	17.07	-14.75
SV1	264.47	-25.40	-39.63
SV1	264.47	-25.40	-39.63
SV2	293.13	-25.40	-39.63

INVILUPPO - Tombino Scatolare 2x2:
 Relazione di calcolo

 COMMESSA
 RS3U

 LOTTO
 4 0 D 29

 CODIFICA
 CL

 DOCUMENTO
 NI.00.0.0.002

 REV.
 A

 FOGLIO
 51 di 90

SV2	293.13	-25.40	-39.63
SV3	264.47	5.12	-4.42
SV3	264.47	5.12	-4.42
SV4	293.13	5.12	-4.42
SV4	293.13	5.12	-4.42
SLU14	468.98	-20.84	-12.67
SLU14	468.98	-20.84	-12.67
SLU15	468.98	-37.64	-32.20
SLU15	468.98	-37.64	-32.20
SLU16	468.98	-37.64	-32.20
SLU16	468.98	-37.64	-32.20
SLU17	468.98	1.79	10.97
SLU17	468.98	1.79	10.97
SLU18	468.98	-35.92	-28.43
SLU18	468.98	-35.92	-28.43
SLU19	406.88	-41.39	-41.28
SLU19	406.88	-41.39	-41.28
SLU20	468.98	1.79	10.97
SLU20	468.98	1.79	10.97
SLU21	278.80	-3.67	-1.87
SLU21	278.80	-3.67	-1.87
SLU22	468.98	-3.67	-1.87
SLU22	468.98	-3.67	-1.87
SLU23	468.98	-97.63	-103.97
SLU23	468.98	-97.63	-103.97
SLU24	453.43	-68.23	-69.81
SLU24	453.43	-68.23	-69.81
SLU25	453.43	-68.23	-69.81
SLU25	453.43	-68.23	-69.81
SLU26	453.57	-64.08	-60.11
SLU26	453.57	-64.08	-60.11
SH5	283.10	-127.78	-177.13
SH5	283.10	-127.78	-177.13
SH6	274.50	-127.78	-177.13
SH6	274.50	-127.78	-177.13
SH7	283.10	-26.04	-59.78
SH7	283.10	-26.04	-59.78
SH8	274.50	-26.04	-59.78
SH8	274.50	-26.04	-59.78
SV5	264.47	-68.51	-84.67
SV5	264.47	-68.51	-84.67
SV6	293.13	-68.51	-84.67
SV6	293.13	-68.51	-84.67
SV7	264.47	-37.99	-49.46
SV7	264.47	-37.99	-49.46
SV8	293.13	-37.99	-49.46
SV8	293.13	-37.99	-49.46

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI-ENNA (LOTTO 4a) INTERFERENZE IDRAULICHE					
INVILUPPO - Tombino Scatolare 2x2: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3U	LOTTO 4 0 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO NI.00.0.0.002	REV. A	FOGLIO 52 di 90

Le terne di sollecitazioni N-H-M utilizzate nelle verifiche sono le seguenti, inviluppate per combinazioni SLU e per combinazioni SLV:

SLU	
N_{max}	468.98 kN/m
N_{min}	278.80 kN/m
H_{max}	97.63 kN/m
M_{max}	103.97 kNm/m
SLV	
N_{max}	293.13 kN/m
N_{min}	264.47 kN/m
H_{max}	127.78 kN/m
M_{max}	177.13 kNm/m

Le terne di sollecitazioni sopra elencate sono utilizzate a seguire per le verifiche geotecniche GEO a carico limite e a scorrimento secondo l'approccio 2 (A1-M1-R3) di cui al punto 6.4.2.1 delle NTC2018.

Le seguenti verifiche geotecniche sono distinguibili per:

Verifiche per combinazioni in fase statica e verifiche per combinazione in fase sismica:

Verifiche in condizioni drenate e verifiche in condizioni non drenate (in presenza di falda);

Verifiche per sforzo normale minimo e verifiche per sforzo normale massimo.

6.2. Verifiche SLU in condizioni drenate

- **SLU-Nmin:**

Fondazioni Dirette Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = M_b/N$)

e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = M_l/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

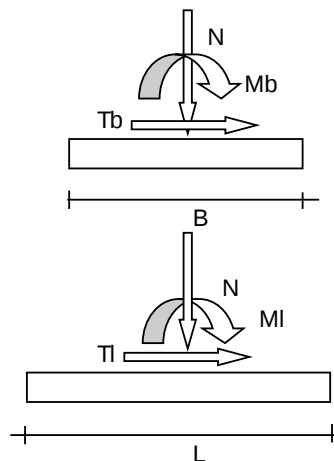
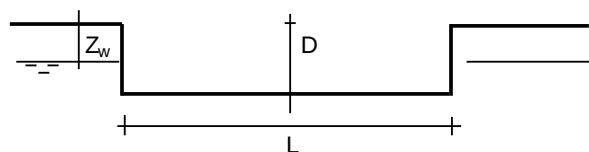
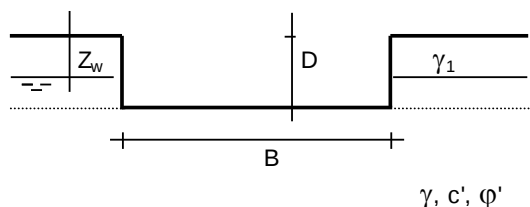
B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2 \cdot e_L$)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

coefficienti parziali

Metodo di calcolo			azioni		proprietà del terreno		resistenze	
			permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	c'	q_{lim}	scorr
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80	1.00
	SISMA	○	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili			1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00
Definiti dal Progettista			1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10



(Per fondazione nastriforme $L = 100$ m)

$B = 2.60$ (m)
 $L = 100.00$ (m)
 $D = 6.50$ (m)

INVILUPPO - Tombino Scatolare 2x2:
 Relazione di calcolo

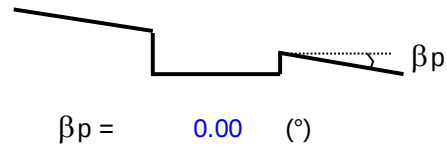
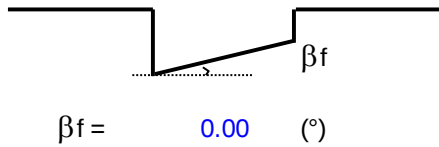
 COMMESSA
 RS3U

 LOTTO
 4 0 D 29

 CODIFICA
 CL

 DOCUMENTO
 NI.00.0.0.002

 REV.
 A

 FOGLIO
 54 di 90


AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	278.80		278.80
Mb [kNm]	103.97		103.97
MI [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	97.63		97.63
TI [kN]	0.00		0.00
H [kN]	97.63	0.00	97.63

Peso unità di volume del terreno

$$\gamma_1 = 20.00 \text{ (kN/mc)}$$

$$\gamma = 18.00 \text{ (kN/mc)}$$

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$$c' = 10.00 \text{ (kN/mq)}$$

$$\varphi' = 25.00 \text{ (}^\circ\text{)}$$

Valori di progetto

$$c' = 10.00 \text{ (kN/mq)}$$

$$\varphi' = 25.00 \text{ (}^\circ\text{)}$$

Profondità della falda

$$Z_w = 4.50 \text{ (m)}$$

$$e_B = 0.37 \text{ (m)}$$

$$e_L = 0.00 \text{ (m)}$$

$$B^* = 1.85 \text{ (m)}$$

$$L^* = 1.00 \text{ (m)}$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 110.00 \text{ (kN/mq)}$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 8.00 \text{ (kN/mc)}$$

Nc, Nq, Ny : coefficienti di capacità portante

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$$

$$N_q = 10.66$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_c = 20.72$$

$$N_y = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_y = 10.88$$

s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L \cdot N_c)$$

$$s_c = 1.00$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \varphi' / L$$

$$s_q = 1.00$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot B / L$$

$$s_\gamma = 1.00$$

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B / L) / (1 + B / L) = 0.00 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L / B) / (1 + L / B) = 0.00 \quad m = 2.00 \quad (-)$$

($m=2$ nel caso di fondazione nastriforme e
 $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$ in tutti gli altri casi)

$$i_q = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cotg \varphi'))^m$$

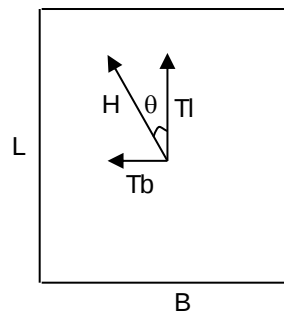
$$i_q = 0.49$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$$

$$i_c = 0.43$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cotg \varphi'))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.34$$



d_c, d_q, d_γ : fattori di profondità del piano di appoggio

$$\text{per } D/B \leq 1; d_q = 1 + 2 D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2 / B$$

$$\text{per } D/B > 1; d_q = 1 + (2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2) \cdot \arctan (D / B)$$

$$d_q = 1.44$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$d_c = 1.49$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

b_c , b_q , b_γ : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_q = (1 - \beta_f \tan \varphi')^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

g_c , g_q , g_γ : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan \beta_p)^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 1100.57 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B \cdot L^*$$

$$q = 150.36 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{\text{lim}} / \gamma_R = 478.51 \geq q = 150.36 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

VERIFICA A SCORRIMENTO

Carico agente

$$H_d = 97.63 \text{ (kN)}$$

Azione Resistente

$$S_d = N \tan(\varphi') + c' B^* L^*$$

$$S_d = 167.09 \text{ (kN)}$$

Verifica di sicurezza allo scorrimento

$$S_d / \gamma_R = 151.9 \geq H_d = 97.63 \text{ (kN)}$$

• SLU-Nmax:

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = M_b/N$)

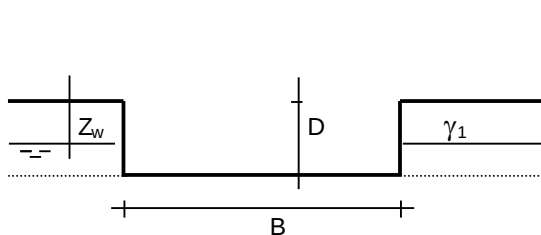
e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = M_l/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

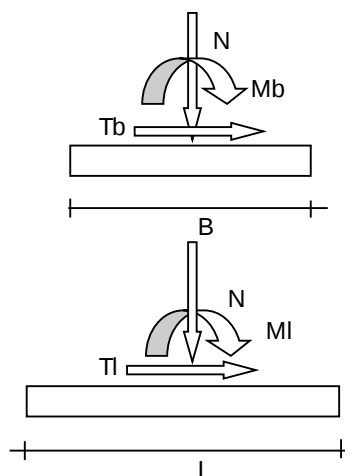
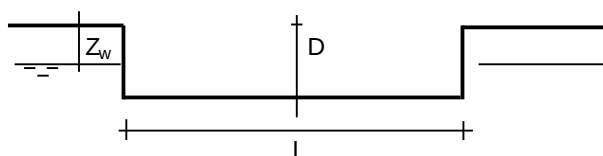
L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2 \cdot e_L$)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

			coefficienti parziali					
			azioni		proprietà del terreno		resistenze	
Metodo di calcolo			permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	c'	qlim	scorr
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80	1.00
	SISMA	○	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili		○	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00
Definiti dal Progettista		⦿	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10



γ, c', φ'



(Per fondazione nastriforme $L = 100$ m)

B = 2.60 (m)
L = 100.00 (m)
D = 6.50 (m)

INVILUPPO - Tombino Scatolare 2x2:
 Relazione di calcolo

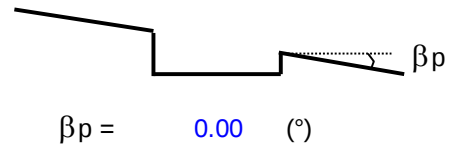
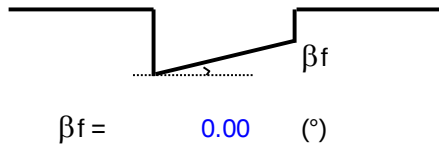
 COMMESSA
 RS3U

 LOTTO
 4 0 D 29

 CODIFICA
 CL

 DOCUMENTO
 NI.00.0.0.002

 REV.
 A

 FOGLIO
 59 di 90


AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	468.98		468.98
Mb [kNm]	103.97		103.97
MI [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	97.63		97.63
TI [kN]	0.00		0.00
H [kN]	97.63	0.00	97.63

Peso unità di volume del terreno

$$\gamma_1 = 19.00 \text{ (kN/mc)}$$

$$\gamma = 18.00 \text{ (kN/mc)}$$

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$$c' = 10.00 \text{ (kN/mq)}$$

$$\varphi' = 25.00 \text{ (°)}$$

Valori di progetto

$$c' = 10.00 \text{ (kN/mq)}$$

$$\varphi' = 25.00 \text{ (°)}$$

Profondità della falda

$$Z_w = 4.50 \text{ (m)}$$

$$e_B = 0.22 \text{ (m)}$$

$$e_L = 0.00 \text{ (m)}$$

$$B^* = 2.16 \text{ (m)}$$

$$L^* = 1.00 \text{ (m)}$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 103.50 \text{ (kN/mq)}$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 8.00 \text{ (kN/mc)}$$

Nc, Nq, N γ : coefficienti di capacità portante

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$$

$$N_q = 10.66$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$$

$$N_c = 20.72$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_\gamma = 10.88$$

s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L \cdot N_c)$$

$$s_c = 1.00$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \varphi' / L$$

$$s_q = 1.00$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \cdot B / L$$

$$s_\gamma = 1.00$$

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B / L) / (1 + B / L) = 0.00 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L / B) / (1 + L / B) = 0.00 \quad m = 2.00 \quad (-)$$

($m=2$ nel caso di fondazione nastriforme e
 $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$ in tutti gli altri casi)

$$i_q = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cotg \varphi'))^m$$

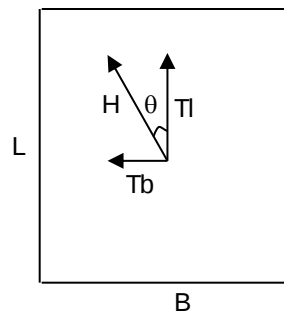
$$i_q = 0.65$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$$

$$i_c = 0.62$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cotg \varphi'))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.53$$



d_c, d_q, d_γ : fattori di profondità del piano di appoggio

$$\text{per } D/B \leq 1; d_q = 1 + 2 D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2 / B$$

$$\text{per } D/B > 1; d_q = 1 + (2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2) \cdot \arctan (D / B)$$

$$d_q = 1.44$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$d_c = 1.49$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

b_c , b_q , b_γ : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_q = (1 - \beta_f \tan \varphi')^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

g_c , g_q , g_γ : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan \beta_p)^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 1445.88 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B \cdot L^*$$

$$q = 217.46 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 628.64 \geq q = 217.46 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

VERIFICA A SCORRIMENTO

Carico agente

$$H_d = 97.63 \text{ (kN)}$$

Azione Resistente

$$S_d = N \tan(\varphi') + c' B^* L^*$$

$$S_d = 261.82 \text{ (kN)}$$

Verifica di sicurezza allo scorrimento

$$S_d / \gamma_R = 238.02 \geq H_d = 97.63 \text{ (kN)}$$

6.3. Verifiche SLU in condizioni non drenate

- SLU-Nmin:**

Fondazioni Dirette Verifica in tensioni totali

$$q_{lim} = c_u \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = M_b/N$)

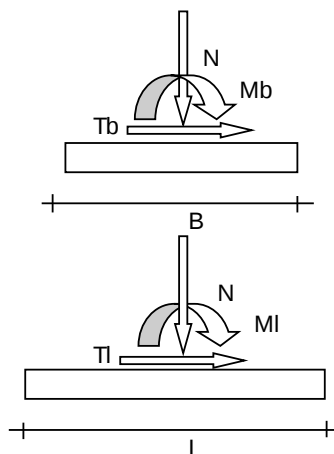
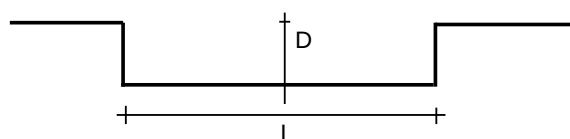
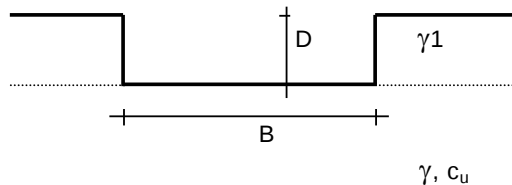
e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = M_l/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2 \cdot e_L$)

coefficienti parziali

Metodo di calcolo			azioni		proprietà del terreno	resistenze	
			permanenti	temporanee variabili	c_u	q_{lim}	scorr
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.40	1.80	1.00
	SISMA	○	1.00	1.00	1.40	1.80	1.00
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	2.30	1.10
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili			1.00	1.00	1.00	3.00	3.00
Definiti dal Progettista			1.00	1.00	1.00	2.30	1.10



(Per fondazioni nastriformi $L=100$ m)

B = 2.60 (m)
L = 100.00 (m)
D = 6.50 (m)

INVILUPPO - Tombino Scatolare 2x2:
Relazione di calcolo

COMMESSA
RS3U

LOTTO
4 0 D 29

CODIFICA
CL

DOCUMENTO
NI.00.0.0.002

REV.
A

FOGLIO
64 di 90



$\beta_f = 0.00$ (°)



$\beta_p = 0.00$ (°)

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	278.80		278.80
Mb [kNm]	103.97		103.97
MI [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	97.63		97.63
TI [kN]	0.00		0.00
H [kN]	97.63	0.00	97.63

Peso unità di volume del terreno

$\gamma_1 = 20.00$ (kN/mc)

$\gamma = 18.00$ (kN/mc)

Valore caratteristico di resistenza del terreno

$c_u = 50.00$ (kN/mq)

$e_B = 0.37$ (m)

$e_L = 0.00$ (m)

Valore di progetto

$c_u = 50.00$ (kN/mq)

$B^* = 1.85$ (m)

$L^* = 1.00$ (m)

q : sovraccarico alla profondità D

$q = 130.00$ (kN/mq)

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$\gamma = 18.00$ (kN/mc)

Nc : coefficiente di capacità portante

$Nc = 2 + \pi$

$Nc = 5.14$

s_c : fattori di forma

$s_c = 1 + 0,2 B^* / L^*$

$s_c = 1.00$

i_c : fattore di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 0.00$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 0.00$$

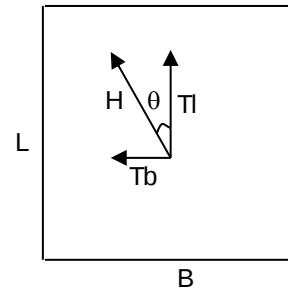
$$\theta = \arctg(T_b/T_l) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m = 2.00$$

($m=2$ nel caso di fondazione nastriforme e
 $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$ in tutti gli altri casi)

$$i_c = (1 - m H / (B^* L^* c_u^* N_c))$$

$$i_c = 0.83$$



d_c : fattore di profondità del piano di appoggio

per $D/B^* \leq 1$; $d_c = 1 + 0,4 D / B^*$

per $D/B^* > 1$; $d_c = 1 + 0,4 \arctan (D / B^*)$

$$d_c = 1.57$$

b_c : fattore di inclinazione base della fondazione

$$b_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2)) \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_c = 1.00$$

g_c : fattore di inclinazione piano di campagna

$$g_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2)) \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_c = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 931.64 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 150.36 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 405.06 \geq q = 150.36 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

VERIFICA A SCORRIMENTO

Carico agente

$$H_d = 97.63 \text{ (kN)}$$

Azione Resistente

$$S_d = c_u B^* L^*$$

$$S_d = 222.50 \text{ (kN)}$$

Verifica di sicurezza allo scorrimento

$$S_d / \gamma_R = 202.27 \geq H_d = 97.63 \text{ (kN)}$$

- **SLU-Nmax:**

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni totali

$$q_{lim} = c_u \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = M_b/N$)

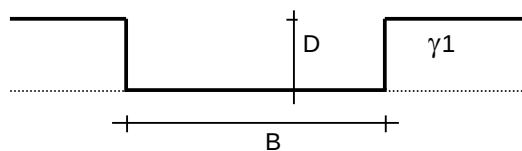
e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = M_l/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

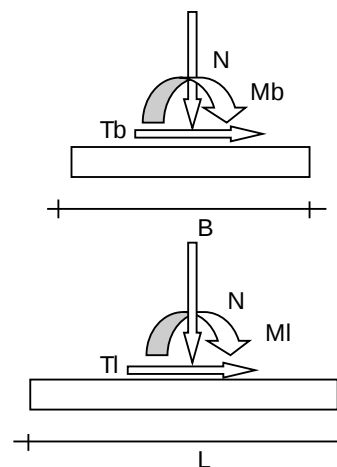
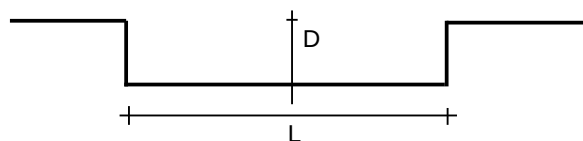
L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2 \cdot e_L$)

coefficienti parziali

Metodo di calcolo			azioni		proprietà del terreno	resistenze	
			permanenti	temporanee variabili	c_u	q_{lim}	scorr
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.40	1.80	1.00
	SISMA	○	1.00	1.00	1.40	1.80	1.00
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	2.30	1.10
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili			1.00	1.00	1.00	3.00	3.00
Definiti dal Progettista			1.00	1.00	1.00	2.30	1.10

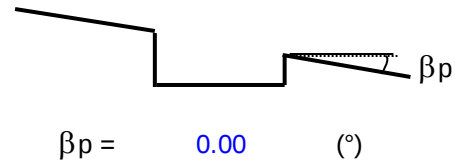
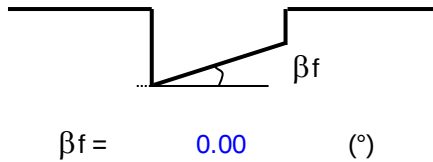


γ, c_u



(Per fondazioni nastriformi $L=100\text{ m}$)

B = 2.60 (m)
L = 100.00 (m)
D = 6.50 (m)



AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	468.98		468.98
Mb [kNm]	103.97		103.97
MI [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	97.63		97.63
TI [kN]	0.00		0.00
H [kN]	97.63	0.00	97.63

Peso unità di volume del terreno

$$\gamma_1 = 20.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 18.00 \quad (\text{kN/mc})$$

Valore caratteristico di resistenza del terreno

$$c_u = 50.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$e_B = 0.22 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.00 \quad (\text{m})$$

Valore di progetto

$$c_u = 50.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$B^* = 2.16 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 1.00 \quad (\text{m})$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 130.00 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 18.00 \quad (\text{kN/mc})$$

Nc : coefficiente di capacità portante

$$Nc = 2 + \pi$$

$$Nc = 5.14$$

s_c : fattori di forma

$$s_c = 1 + 0,2 B^* / L^*$$

$$s_c = 1.00$$

i_c : fattore di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 0.00$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 0.00$$

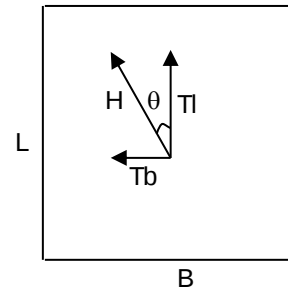
$$\theta = \arctg(T_b/T_l) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m = 2.00$$

($m=2$ nel caso di fondazione nastriforme e
 $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$ in tutti gli altri casi)

$$i_c = (1 - m H / (B^* L^* c_u^* N_c))$$

$$i_c = 0.85$$



d_c : fattore di profondità del piano di appoggio

per $D/B^* \leq 1$; $d_c = 1 + 0,4 D / B^*$

per $D/B^* > 1$; $d_c = 1 + 0,4 \arctan (D / B^*)$

$$d_c = 1.57$$

b_c : fattore di inclinazione base della fondazione

$$b_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2)) \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_c = 1.00$$

g_c : fattore di inclinazione piano di campagna

$$g_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2)) \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_c = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 954.79 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 217.46 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{\text{lim}} / \gamma_R = 415.12 \geq q = 217.46 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

VERIFICA A SCORRIMENTO

Carico agente

$$H_d = 97.63 \text{ (kN)}$$

Azione Resistente

$$S_d = c_u B^* L^*$$

$$S_d = 258.79 \text{ (kN)}$$

Verifica di sicurezza allo scorrimento

$$S_d / \gamma_R = 235.27 \geq H_d = 97.63 \text{ (kN)}$$

8.4. Verifiche SLV in condizioni drenate

- **SLV-Nmin:**

Fondazioni Dirette Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = M_b/N$)

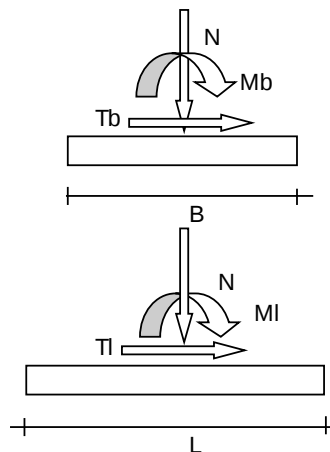
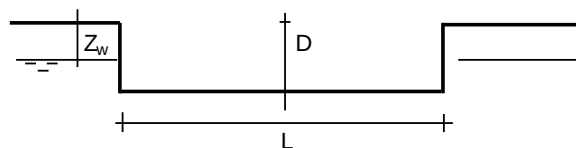
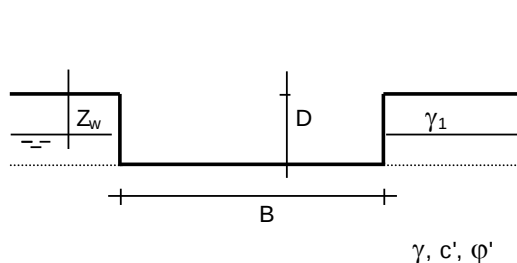
e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = M_l/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2 \cdot e_L$)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

			coefficienti parziali					
			azioni		proprietà del terreno		resistenze	
Metodo di calcolo			permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	c'	qlim	scorr
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80	1.00
	SISMA	○	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili		○	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00
Definiti dal Progettista		⦿	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10



(Per fondazione nastriforme $L = 100$ m)

$B = 2.60$ (m)
 $L = 100.00$ (m)
 $D = 6.50$ (m)

INVILUPPO - Tombino Scatolare 2x2:
 Relazione di calcolo

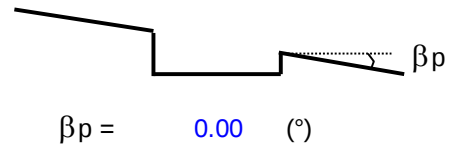
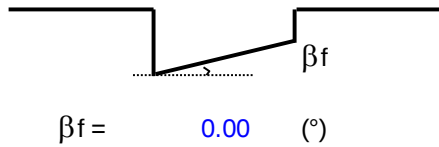
 COMMESSA
 RS3U

 LOTTO
 4 0 D 29

 CODIFICA
 CL

 DOCUMENTO
 NI.00.0.0.002

 REV.
 A

 FOGLIO
 73 di 90

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	264.47		264.47
Mb [kNm]	177.13		177.13
MI [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	127.78		127.78
TI [kN]	0.00		0.00
H [kN]	127.78	0.00	127.78

Peso unità di volume del terreno

$$\gamma_1 = 20.00 \text{ (kN/mc)}$$

$$\gamma = 18.00 \text{ (kN/mc)}$$

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$$c' = 10.00 \text{ (kN/mq)}$$

$$\varphi' = 25.00 \text{ (°)}$$

Valori di progetto

$$c' = 10.00 \text{ (kN/mq)}$$

$$\varphi' = 25.00 \text{ (°)}$$

Profondità della falda

$$Z_w = 4.50 \text{ (m)}$$

$$e_B = 0.67 \text{ (m)}$$

$$e_L = 0.00 \text{ (m)}$$

$$B^* = 1.26 \text{ (m)}$$

$$L^* = 1.00 \text{ (m)}$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 110.00 \text{ (kN/mq)}$$

 γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 8.00 \text{ (kN/mc)}$$

Nc, Nq, N γ : coefficienti di capacità portante

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$$

$$N_q = 10.66$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$$

$$N_c = 20.72$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_\gamma = 10.88$$

s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L \cdot N_c)$$

$$s_c = 1.00$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \varphi' / L$$

$$s_q = 1.00$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \cdot B / L$$

$$s_\gamma = 1.00$$

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B / L) / (1 + B / L) = 0.00 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L / B) / (1 + L / B) = 0.00 \quad m = 2.00 \quad (-)$$

($m=2$ nel caso di fondazione nastriforme e
 $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$ in tutti gli altri casi)

$$i_q = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cotg \varphi'))^m$$

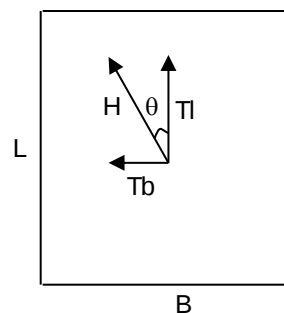
$$i_q = 0.34$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$$

$$i_c = 0.27$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cotg \varphi'))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.20$$



d_c, d_q, d_γ : fattori di profondità del piano di appoggio

$$\text{per } D/B \leq 1; d_q = 1 + 2 D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2 / B$$

$$\text{per } D/B > 1; d_q = 1 + (2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2) \cdot \arctan (D / B)$$

$$d_q = 1.44$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$d_c = 1.49$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

b_c , b_q , b_γ : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_q = (1 - \beta_f \tan \varphi')^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

g_c , g_q , g_γ : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan \beta_p)^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 753.83 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B \cdot L^*$$

$$q = 209.81 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 327.75 \geq q = 209.81 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

VERIFICA A SCORRIMENTO

Carico agente

$$H_d = 127.78 \text{ (kN)}$$

Azione Resistente

$$S_d = N \tan(\varphi') + c' B^* L^*$$

$$S_d = 148.53 \text{ (kN)}$$

Verifica di sicurezza allo scorrimento

$$S_d / \gamma_R = 135.03 \geq H_d = 127.78 \text{ (kN)}$$

• SLV-Nmax:

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot d_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot b_{\gamma} \cdot g_{\gamma}$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B (e_B = Mb/N)

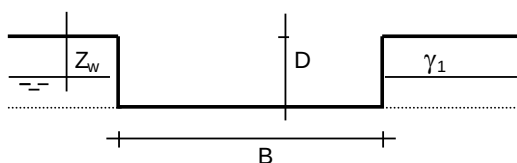
e_L = Eccentricità in direzione L (e_L = MI/N) (per fondazione nastriforme e_L = 0; L* = L)

B* = Larghezza fittizia della fondazione (B* = B - 2*e_B)

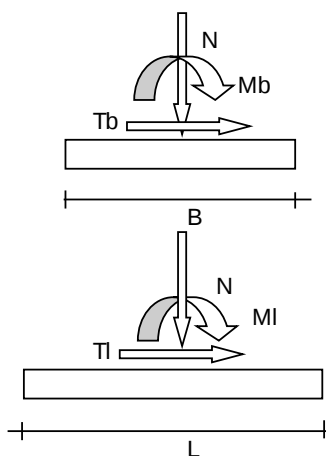
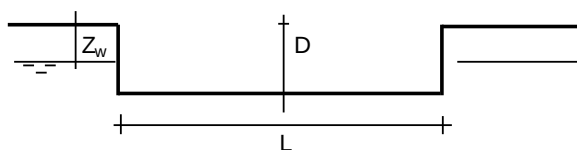
L* = Lunghezza fittizia della fondazione (L* = L - 2*e_L)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

			coefficienti parziali					
			azioni		proprietà del terreno		resistenze	
Metodo di calcolo			permanenti	temporanee variabili	tan ϕ'	c'	qlim	scorr
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80	1.00
	SISMA	○	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili		○	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00
Definiti dal Progettista		⦿	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10



γ, c', φ'



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 2.60 (m)
L = 100.00 (m)
D = 6.50 (m)

INVILUPPO - Tombino Scatolare 2x2:
 Relazione di calcolo

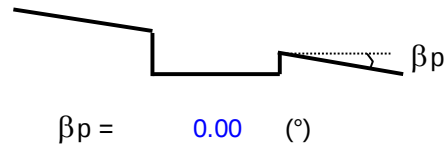
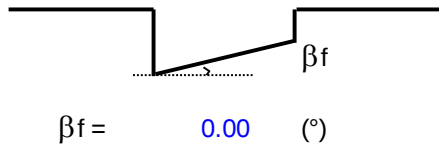
 COMMESSA
 RS3U

 LOTTO
 4 0 D 29

 CODIFICA
 CL

 DOCUMENTO
 NI.00.0.0.002

 REV.
 A

 FOGLIO
 78 di 90

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	293.13		293.13
Mb [kNm]	177.13		177.13
MI [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	127.78		127.78
TI [kN]	0.00		0.00
H [kN]	127.78	0.00	127.78

Peso unità di volume del terreno

$$\gamma_1 = 20.00 \text{ (kN/mc)}$$

$$\gamma = 18.00 \text{ (kN/mc)}$$

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$$c' = 10.00 \text{ (kN/mq)}$$

$$\varphi' = 25.00 \text{ (°)}$$

Valori di progetto

$$c' = 10.00 \text{ (kN/mq)}$$

$$\varphi' = 25.00 \text{ (°)}$$

Profondità della falda

$$Z_w = 4.50 \text{ (m)}$$

$$e_B = 0.60 \text{ (m)}$$

$$e_L = 0.00 \text{ (m)}$$

$$B^* = 1.39 \text{ (m)}$$

$$L^* = 1.00 \text{ (m)}$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 110.00 \text{ (kN/mq)}$$

 γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 8.00 \text{ (kN/mc)}$$

Nc, Nq, N γ : coefficienti di capacità portante

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$$

$$N_q = 10.66$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$$

$$N_c = 20.72$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_\gamma = 10.88$$

s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L \cdot N_c)$$

$$s_c = 1.00$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \varphi' / L$$

$$s_q = 1.00$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \cdot B / L$$

$$s_\gamma = 1.00$$

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B / L) / (1 + B / L) = 0.00 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L / B) / (1 + L / B) = 0.00 \quad m = 2.00 \quad (-)$$

($m=2$ nel caso di fondazione nastriforme e
 $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$ in tutti gli altri casi)

$$i_q = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cotg \varphi'))^m$$

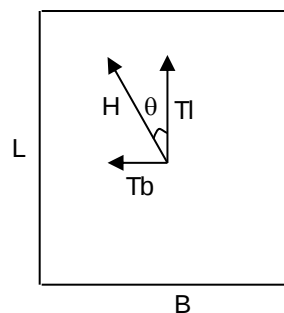
$$i_q = 0.38$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$$

$$i_c = 0.32$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cotg \varphi'))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.24$$



d_c, d_q, d_γ : fattori di profondità del piano di appoggio

$$\text{per } D/B \leq 1; d_q = 1 + 2 D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2 / B$$

$$\text{per } D/B > 1; d_q = 1 + (2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2) \cdot \arctan (D / B)$$

$$d_q = 1.44$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$d_c = 1.49$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

b_c , b_q , b_γ : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_q = (1 - \beta_f \tan \varphi')^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

g_c , g_q , g_γ : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan \beta_p)^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 856.67 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 210.66 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 372.47 \geq q = 210.66 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

VERIFICA A SCORRIMENTO

Carico agente

$$H_d = 127.78 \text{ (kN)}$$

Azione Resistente

$$S_d = N \tan(\varphi') + c' B^* L^*$$

$$S_d = 164.52 \text{ (kN)}$$

Verifica di sicurezza allo scorrimento

$$S_d / \gamma_R = 149.56 \geq H_d = 127.78 \text{ (kN)}$$

8.5. Verifiche SLV in condizioni non drenate

- **SLV-Nmin:**

Fondazioni Dirette Verifica in tensioni totali

$$q_{lim} = c_u \cdot N_c \cdot \gamma_1 \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot \gamma_c + q \cdot N_q$$

D = Profondità del piano di appoggio

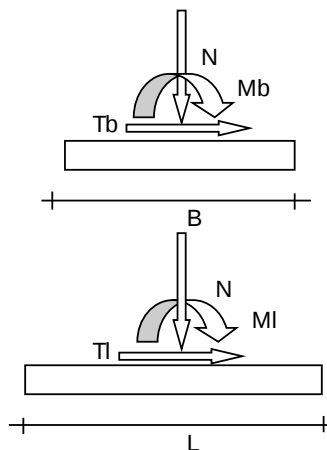
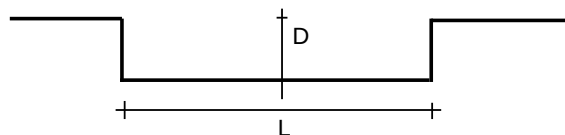
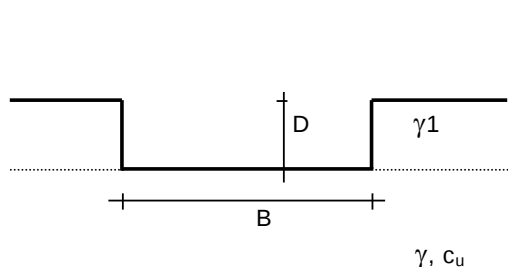
e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = M_b/N$)

e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = M_l/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2 \cdot e_L$)

Metodo di calcolo		coefficienti parziali				
		azioni		proprietà del terreno	resistenze	
		permanenti	temporanee variabili	c_u	q_{lim}	scorr
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1 ○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2 ○	1.00	1.30	1.40	1.80	1.00
	SISMA ○	1.00	1.00	1.40	1.80	1.00
	A1+M1+R3 ○	1.30	1.50	1.00	2.30	1.10
	SISMA ○	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili ○		1.00	1.00	1.00	3.00	3.00
Definiti dal Progettista ●		1.00	1.00	1.00	2.30	1.10



(Per fondazioni nastriformi $L=100$ m)

B = 2.60 (m)
L = 100.00 (m)
D = 6.50 (m)



$$\beta_f = 0.00 \quad (^\circ)$$



$$\beta_p = 0.00 \quad (^\circ)$$

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	264.47		264.47
Mb [kNm]	177.13		177.13
MI [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	127.78		127.78
TI [kN]	0.00		0.00
H [kN]	127.78	0.00	127.78

Peso unità di volume del terreno

$$\gamma_1 = 20.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 18.00 \quad (\text{kN/mc})$$

Valore caratteristico di resistenza del terreno

$$c_u = 50.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$e_B = 0.67 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.00 \quad (\text{m})$$

Valore di progetto

$$c_u = 50.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$B^* = 1.26 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 1.00 \quad (\text{m})$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 130.00 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 18.00 \quad (\text{kN/mc})$$

Nc : coefficiente di capacità portante

$$Nc = 2 + \pi$$

$$Nc = 5.14$$

s_c : fattori di forma

$$s_c = 1 + 0,2 B^* / L^*$$

$$s_c = 1.00$$

i_c : fattore di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 0.00$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 0.00$$

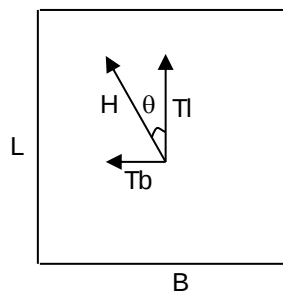
$$\theta = \arctg(T_b/T_l) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m = 2.00$$

($m=2$ nel caso di fondazione nastriforme e
 $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$ in tutti gli altri casi)

$$i_c = (1 - m H / (B^* L^* c_u^* N_c))$$

$$i_c = 0.67$$



d_c : fattore di profondità del piano di appoggio

per $D/B^* \leq 1$; $d_c = 1 + 0,4 D / B^*$

per $D/B^* > 1$; $d_c = 1 + 0,4 \arctan (D / B^*)$

$$d_c = 1.57$$

b_c : fattore di inclinazione base della fondazione

$$b_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2)) \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_c = 1.00$$

g_c : fattore di inclinazione piano di campagna

$$g_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2)) \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_c = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 778.92 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 209.81 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 338.66 \geq q = 209.81 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

VERIFICA A SCORRIMENTO

Carico agente

$$H_d = 127.78 \text{ (kN)}$$

Azione Resistente

$$S_d = c_u B^* L^*$$

$$S_d = 151.26 \text{ (kN)}$$

Verifica di sicurezza allo scorrimento

$$S_d / \gamma_R = 137.51 \geq H_d = 127.78 \text{ (kN)}$$

- SLV-Nmax :

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni totali

$$q_{lim} = c_u \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q$$

D = Profondità del piano di appoggio

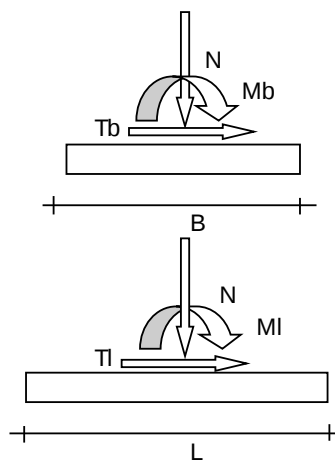
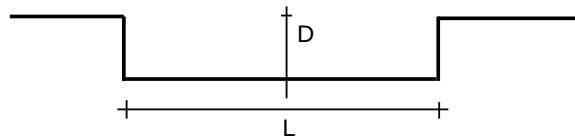
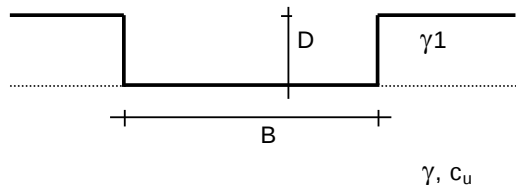
e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = M_b/N$)

e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = M_l/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2 \cdot e_L$)

Metodo di calcolo		coefficienti parziali				
		azioni		proprietà del terreno	resistenze	
		permanenti	temporanee variabili	c_u	q_{lim}	scorr
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	1.00	1.30	1.40	1.80	1.00
	SISMA	1.00	1.00	1.40	1.80	1.00
	A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	2.30	1.10
	SISMA	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili		1.00	1.00	1.00	3.00	3.00
Definiti dal Progettista		1.00	1.00	1.00	2.30	1.10



(Per fondazioni nastriformi $L=100$ m)

B = 2.60 (m)
 L = 100.00 (m)
 D = 6.50 (m)

INVILUPPO - Tombino Scatolare 2x2:
 Relazione di calcolo

 COMMESSA
 RS3U

 LOTTO
 4 0 D 29

 CODIFICA
 CL

 DOCUMENTO
 NI.00.0.0.002

 REV.
 A

 FOGLIO
 87 di 90

 $\beta_f = 0.00$ (°)

 $\beta_p = 0.00$ (°)

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	293.13		293.13
Mb [kNm]	177.13		177.13
MI [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	127.78		127.78
TI [kN]	0.00		0.00
H [kN]	127.78	0.00	127.78

Peso unità di volume del terreno

 $\gamma_1 = 20.00$ (kN/mc)

 $\gamma = 18.00$ (kN/mc)

Valore caratteristico di resistenza del terreno

 $c_u = 50.00$ (kN/mq)

Valore di progetto

 $c_u = 50.00$ (kN/mq)

 $e_B = 0.60$ (m)

 $B^* = 1.39$ (m)

 $e_L = 0.00$ (m)

 $L^* = 1.00$ (m)

q : sovraccarico alla profondità D
 $q = 130.00$ (kN/mq)

 γ : peso di volume del terreno di fondazione
 $\gamma = 18.00$ (kN/mc)

Nc : coefficiente di capacità portante
 $Nc = 2 + \pi$
 $Nc = 5.14$
s_c : fattori di forma
 $s_c = 1 + 0,2 B^* / L^*$
 $s_c = 1.00$

i_c : fattore di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 0.00$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 0.00$$

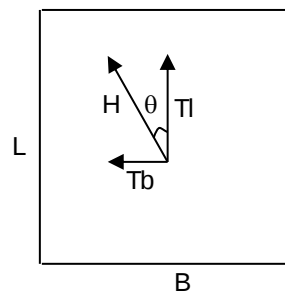
$$\theta = \arctg(T_b/T_l) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m = 2.00$$

($m=2$ nel caso di fondazione nastriforme e
 $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$ in tutti gli altri casi)

$$i_c = (1 - m H / (B^* L^* c_u^* N_c))$$

$$i_c = 0.70$$


 d_c : fattore di profondità del piano di appoggio

per $D/B^* \leq 1$; $d_c = 1 + 0,4 D / B^*$

per $D/B^* > 1$; $d_c = 1 + 0,4 \arctan (D / B^*)$

$$d_c = 1.57$$

 b_c : fattore di inclinazione base della fondazione

$$b_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2)) \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_c = 1.00$$

 g_c : fattore di inclinazione piano di campagna

$$g_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2)) \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_c = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 808.83 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 210.66 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 351.66 \geq q = 210.66 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

VERIFICA A SCORRIMENTO

Carico agente

$$H_d = 127.78 \text{ (kN)}$$

Azione Resistente

$$S_d = c_u B^* L^*$$

$$S_d = 166.97 \text{ (kN)}$$

Verifica di sicurezza allo scorrimento

$$S_d / \gamma_R = 151.79 \geq H_d = 127.78 \text{ (kN)}$$

.8.6. Tabella verifiche geotecniche GEO

I coefficienti di sfruttamento che si ottengono per le verifiche geotecniche GEO sono i seguenti:

<u>Coefficienti di sfruttamento:</u>			
	Q_{lim}	Scorr	Esito
SLU-CD_Nmin	31%	64%	OK
SLU-CD_Nmax	35%	41%	OK
SLV-CD_Nmin	64%	95%	OK
SLV-CD_Nmax	57%	85%	OK
SLU-CND_Nmin	37%	48%	OK
SLU-CND_Nmax	52%	41%	OK
SLV-CND_Nmin	62%	93%	OK
SLV-CND_Nmax	60%	84%	OK

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI-ENNA (LOTTO 4a) INTERFERENZE IDRAULICHE					
INVILUPPO - Tombino Scatolare 2x2: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3U	LOTTO 4 0 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO NI.00.0.0.002	REV. A	FOGLIO 90 di 90

.8.7. Sollevamento per galleggiamento UPL

- La quota della falda si trova a una quota inferiore rispetto a quella del piano di imposta del tombino per cui è necessaria la verifica di sollevamento per galleggiamento (UPL) di cui al punto 6.2.4.2 delle NTC 2018. Se ne riporta di seguito lo svolgimento:

Verifica nei confronti dello stato limite di sollevamento (NTC §6.2.4.2)

Quota piano di posa dell'opera	z	6.50 m	
Quota superficie piezometrica dal p.c.	z _w	4.50 m	
Peso specifico calcestruzzo armato	γ _{cls}	25 kN/m ³	
peso singolo piedritto	P _p	7.50 kN/m	γ _{cls} x S _p
peso soletta superiore	P _{ss}	7.50 kN/m	γ _{cls} x S _s
peso fondazione	P _{sf}	10.00 kN/m	γ _{cls} x S _f
Coefficiente parziale azioni favorevoli	γ _{G1}	0.9	
Coefficiente parziale azioni sfavorevoli	γ _{G1}	1.1	
Peso totale opera	G _{stb,k}	32.50 kN/m	
Spinta idraulica	V _{inst,k}	20.00 kN/m ²	γ _w *(z _w -z)
Peso totale opera di progetto	G _{stb,d}	29.25 kN/m	G _{stb,k} x γ _{G1}
Spinta idraulica di progetto	V _{inst,d}	22 kN/m ²	V _{inst,k} x γ _{G1}
V _{inst,d} / G _{stb,d} - Coefficiente di sfruttamento	C.S.	75%	Verifica Soddisfatta

Le verifiche risultano soddisfatte.