

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**U.O. INFRASTRUTTURE NORD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**LINEA AC: TORINO - VENEZIA**

**NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO**

**Viabilità NV03 - Nuova viabilità di collegamento corso della Vittoria e Via delle Rosette**

**Tombino circolare stradale ø1000 - Relazione di calcolo**

SCALA:

-

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

N M 0 Y 0 0 D 1 1 C L N V 0 3 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approva	Data	Autorizzato Data
A	EmissioneDefinitiva	A. Ingletti	Maggio 2021	M.Milovanovic	Maggio 2021	F. Perrone	Maggio 2021	D.Maranzano Maggio 2021



## INDICE

1	PREMESSA .....	4
2	NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	5
3	UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA.....	6
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	7
4.1	CALCESTRUZZO.....	7
4.2	ACCIAIO PER STRUTTURE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO.....	8
5	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI .....	9
	ANALISI DEI CARICHI.....	10
5.1	CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI.....	10
5.2	PERMANENTI NON STRUTTURALI .....	10
5.3	CONSIDERAZIONI SUL MAGRONE .....	10
5.1	CARICHI MOBILI (CARICO STRADALE).....	11
5.2	AZIONE DEL SISMA .....	12
5.3	SPINTA STATICA DEL TERRENO .....	15
5.4	SPINTA DOVUTA AL SOVRACCARICO PERMANENTE E ACCIDENTALE SUL RILEVATO .....	16
5.5	SOVRASPINTA SISMICA .....	16
6	COMBINAZIONE DEI CARICHI .....	17
7	VERIFICHE STRUTTURALI .....	20
7.1	VERIFICHE PER GLI STATI LIMITE ULTIMI A FLESSIONE-PRESSOFLESSIONE.....	20
7.2	VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI A TAGLIO.....	20
7.3	VERIFICA AGLI STATI LIMITE D'ESERCIZIO.....	22
8	MODELLAZIONE STRUTTURALE .....	23
8.1	ANALISI DEI CARICHI.....	25



LINEA AC: TORINO - VENEZIA

NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO

Viabilità NV03 - Nuova viabilità di collegamento corso della Vittoria e Via delle Rosette

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00	D 11 CL	NV 03 00 001	A	3 di 39

8.2	SOLLECITAZIONI.....	29
8.3	VERIFICHE STRUTTURALI.....	33
8.3.1	<i>Verifica sezione veritcale superiore</i> .....	33
8.3.2	<i>Verifica sezione orizzontale mediana</i> .....	35
8.3.3	<i>Verifica sezione veritcale inferiore</i> .....	37
9	INCIDENZE.....	39
10	CONCLUSIONI.....	39

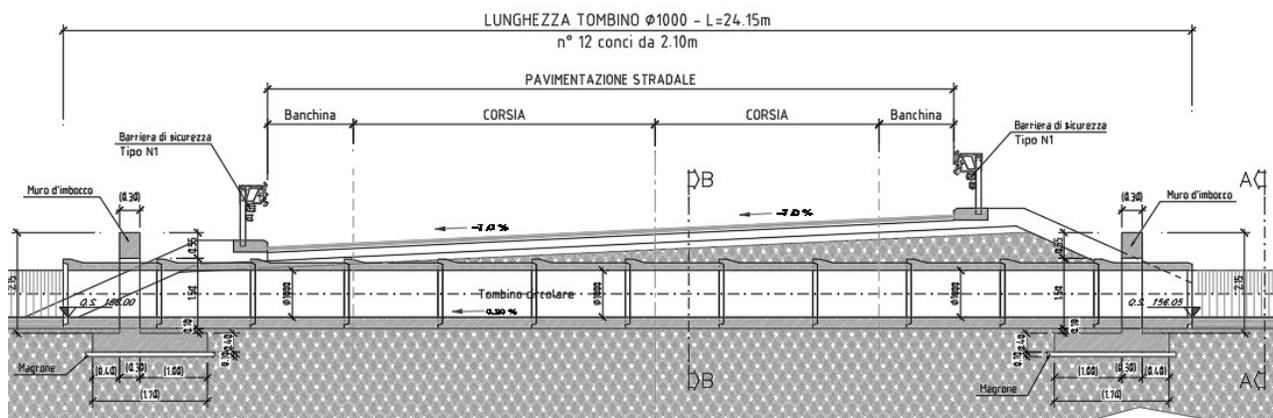
## 1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi alla progettazione definitiva della viabilità NV03 – “Nuova viabilità di collegamento corso della Vittoria e Via delle Rosette”.

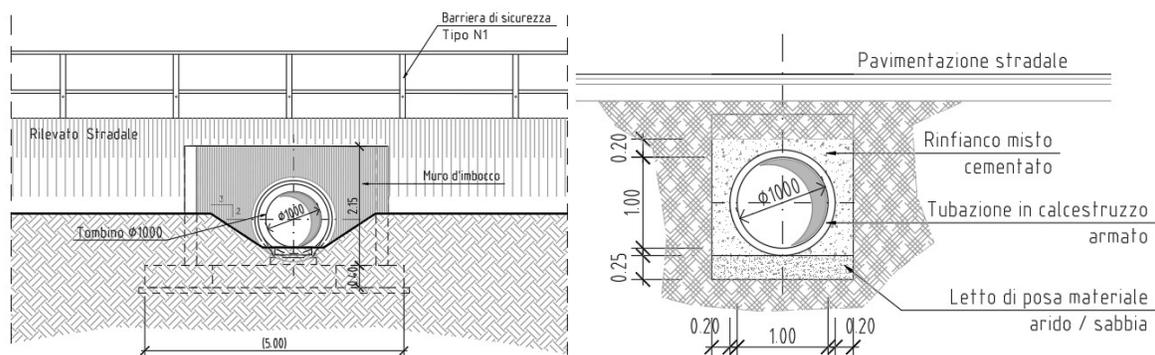
L'opera oggetto delle analisi riportate nei paragrafi seguenti rientra fra quelle inserite nella categoria denominata “TOMBINI STRADALI”.

Nella seguente relazione, in particolare, vengono descritte le verifiche agli Stati Limite del tombino circolare in cemento armato, rientrante nella categoria delle opere idrauliche di attraversamento stradale.

Si riportano, di seguito, la sezione longitudinale e trasversale tipica della struttura..



**Fig. 1 – Sezione longitudinale**



**Fig. 2 – Sezione trasversale**

	<b>LINEA AC: TORINO - VENEZIA</b>					
	<b>NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>Viabilità NV03 - Nuova viabilità di collegamento corso della Vittoria e Via delle Rosette</b>					
Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NMOY	00	D 11 CL	NV 03 00 001	A	5 di 39

## 2 NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Si riporta nel seguito l'elenco delle leggi e dei decreti di carattere generale, assunti come riferimento.

- Legge 5-1-1971 n° 1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica”.
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni
- Circolare 21 gennaio 2019,n. 7 - Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17 gennaio 2018.
- UNI EN 1992-1 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Regole generali”.
- UNI EN 1992-2 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Ponti”.
- UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.
- UNI EN 206-1:2014: “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- UNI 11104: “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1”.
- “Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP.”.

Si riporta, ora, l'elenco delle norme tecniche, delle circolari e delle istruzioni F.S. delle quali si è tenuto conto.

- RFI DTC SI MA IFS 001 A – Parte I
- RFI DTC SI AG MA IFS 001 A Parte II sezione 1
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 A Parte II sezione 2
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 A Parte II sezione 3
- RFI DTC SI GA MA IFS 001 A Parte II sezione 4
- RFI DTC SI CS MA IFS 002 A Parte II sezione 5
- RFI DTC SI CS MA IFS 003 A Parte II sezione 6



LINEA AC: TORINO - VENEZIA

NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO

Viabilità NV03 - Nuova viabilità di collegamento corso della Vittoria e Via delle Rosette

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00	D 11 CL	NV 03 00 001	A	6 di 39

### 3 UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA

#### Unità di misura principali

<b>N</b> (Newton)	unità di forza
<b>m</b> (metro)	unità di lunghezza
<b>kg</b> (kilogrammo-massa)	unità di massa
<b>s</b> (secondo)	unità di tempo

#### Unità di misura derivate

<b>kN</b> (kiloNewton)	$10^3$ N
<b>MN</b> (megaNewton)	$10^6$ N
<b>kgf</b> (kilogrammo-forza)	1 kgf = 9.81 N
<b>cm</b> (centimetro)	$10^{-2}$ m
<b>mm</b> (millimetro)	$10^{-3}$ m
<b>Pa</b> (Pascal)	1 N/m <sup>2</sup>
<b>kPa</b> (kiloPascal)	$10^3$ N/m <sup>2</sup>
<b>MPa</b>	(megaPascal) $10^6$ N/m <sup>2</sup>
<b>N/m<sup>3</sup></b>	(peso specifico)
<b>g</b> (accelerazione di gravità)	$\sim 9.81$ m/s <sup>2</sup>

#### Corrispondenze notevoli

$$1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \text{ MPa} \sim 10 \text{ kgf/cm}^2$$

$$1 \text{ kN/m}^3 \sim 100 \text{ kgf/m}^3$$

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

$\gamma$ (gamma)	peso dell'unità di volume	(kN/m <sup>3</sup> )
$\sigma$ (sigma)	tensione normale	(N/mm <sup>2</sup> )
$\tau$ (tau)	tensione tangenziale	(N/mm <sup>2</sup> )
$\epsilon$ (epsilon)	deformazione	(m/m - adimensionale)
$\phi$ (fi)	angolo di resistenza	(° sessagesimali)



LINEA AC: TORINO - VENEZIA

NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO

Viabilità NV03 - Nuova viabilità di collegamento corso della Vittoria e Via delle Rosette

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00	D 11 CL	NV 03 00 001	A	7 di 39

## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 4.1 Calcestruzzo

MAGRONE					
Descrizione	Simbolo	Formula	Unità di misura	Valore	Note
Resistenza cubica a compressione	$R_{ck}$		N/mm <sup>2</sup>	15.00	
Contenuto minimo cemento			kg/m <sup>3</sup>	150.00	

CALCESTRUZZO TOMBINO					
Descrizione	Simbolo	Formula	Unità di misura	Valore	Note
Resistenza cubica a compressione	$R_{ck}$		N/mm <sup>2</sup>	37.00	
Resistenza cilindrica a compressione	$f_{ck}$	$0.83 * R_{ck}$	N/mm <sup>2</sup>	30.71	
Resistenza cilindrica media a compressione	$f_{cm}$	$f_{ck} + 8$	N/mm <sup>2</sup>	38.71	
Coefficiente per effetti a lungo termine e sfavorevoli	$\alpha_{cc}$ (t>28gg)		-	0.85	
Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo	$\gamma_c$		-	1.50	Viene ridotto a 1.40 per produzioni continuative di elementi o strutture soggette a controllo continuativo del calcestruzzo dal quale risulti un coefficiente di variazione (rapporto tra scarto quadratico medio e valore medio della resistenza) non superiore al 10%)
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	$(\alpha_{cc} * f_{ck}) / \gamma_c$	N/mm <sup>2</sup>	17.40	
Resistenza cilindrica media a trazione	$f_{ctm}$	$0.3 * (f_{ck})^{2/3}$	N/mm <sup>2</sup>	2.94	Per classi $\leq C50/60$
Resistenza cilindrica media a trazione	$f_{ctk}$	$0.7 * f_{ctm}$	N/mm <sup>2</sup>	2.06	
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd}$	$f_{ctk} / \gamma_c$	N/mm <sup>2</sup>	1.37	
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm}$	$1.2 * f_{ctm}$	N/mm <sup>2</sup>	3.53	
Resistenza cilindrica caratteristica a trazione	$f_{ctk}$	$0.7 * f_{ctm}$	N/mm <sup>2</sup>	2.47	
Modulo elastico	$E_{cm}$	$22000 * (f_{cm} / 10)^{0.3}$	N/mm <sup>2</sup>	33019.43	
Peso proprio	$\gamma_c$		N/m <sup>3</sup>	25000.00	
Coefficiente di Poisson	$\nu$		-	0.20	Secondo quanto prescritto al punto 11.2.10.4 della NTC208, per il coefficiente di Poisson può adottarsi, a seconda dello stato di sollecitazione, un valore compreso tra 0 (calcestruzzo fessurato) e 0.2 (calcestruzzo non fessurato).
Coefficiente di aderenza	$\eta$		-	1.00	Per barre di diametro $\leq 32$ mm
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza	$f_{bk}$	$2.25 * \eta * f_{ctk}$	N/mm <sup>2</sup>	4.63	
Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo	$f_{bd}$	$f_{bk} / \gamma_c$	N/mm <sup>2</sup>	3.09	
<b>Tensioni di progetto del cls allo S.L.E.</b>					
Massima tensione di compressione in combinazione di carico RARA	$\sigma_c$	$0.55 * f_{ck}$	N/mm <sup>2</sup>	16.89	Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori di calcestruzzo minori di 50 mm i valori limite sopra scritti vanno ridotti del 20%.
Massima tensione di compressione in combinazione di carico PERMANENTE	$\sigma_c$	$0.40 * f_{ck}$	N/mm <sup>2</sup>	12.28	Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori di calcestruzzo minori di 50 mm i valori limite sopra scritti vanno ridotti del 20%.
					Calcestruzzo con mix design studiato in modo da eliminare fenomeni di ritiro



LINEA AC: TORINO - VENEZIA

NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO  
Viabilità NV03 - Nuova viabilità di collegamento corso della Vittoria e Via delle Rosette

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00	D 11 CL	NV 03 00 001	A	8 di 39

## 4.2 Acciaio per strutture in conglomerato cementizio

ACCIAIO DA C.A.					
Acciaio ad aderenza migliorata B450C					
Descrizione	Simbolo	Formula	Unità di misura	Valore	Note
Resistenza caratteristica di rottura	$f_{t, nom}$		N/mm <sup>2</sup>	540.00	
Resistenza caratteristica a snervamento	$f_{y, nom}$		N/mm <sup>2</sup>	450.00	
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio	$\gamma_s$		-	1.15	
Resistenza di calcolo	$f_{y,d}$	$f_{yk} / \gamma_s$	N/mm <sup>2</sup>	391.30	
Modulo elastico	$E_s$		N/mm <sup>2</sup>	206000.00	
<b>Tensioni di progetto del cls allo S.L.E.</b>					
Tensione massima di esercizio per l'acciaio	$\sigma_s$	$0.75 * f_{yk}$	N/mm <sup>2</sup>	337.50	

## 5 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

Nel rispetto dell'elaborato contenente la definizione dei parametri geotecnici, il tombino oggetto della relazione presenta una stratigrafia di progetto come riportata nel seguito.

Tipologia	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'$ (kPa)	$\phi$ (°)	$c_u$ (kPa)	E (MPa)
Rilevato stradale	23.0	0	35	-	-
Unità B – Ghiaia eterometrica con clasti poligenici arrotondati, con sabbia da grossolana, talora debolmente limosa	18.0-19.0	0	40-44	-	35-60 (da 0 a 10 m dal p.c.) 45-70 (>10 m dal p.c.)
Unità C – Sabbia da media a fine con locale presenza di ghiaia e limo	18.0-19.0	0	34-36	-	20-40
Unità D – Limo con argilla, debolmente sabbioso	18.0-19.0	0-10	26-28	50-60	8-10

Per quanto riguarda la falda idrica, questa non è considerata nei calcoli in quanto ad una profondità tale da non interessare l'opera oggetto della presente relazione.

I parametri geotecnici assunti per il dimensionamento del tombino sono:

### Terreno di fondazione

Descrizione: *Unità B* – Ghiaia eterometrica con clasti poligenici arrotondati, con sabbia da grossolana, talora debolmente limosa.

- Coesione efficace  $c' = 0$  kPa
- Angolo di resistenza al taglio  $\phi = 42^\circ$
- Modulo di deformabilità  $E = 47.5$  Mpa
- Peso per unità di volume  $\gamma = 20$  kN/ m<sup>3</sup>

	<b>LINEA AC: TORINO - VENEZIA</b>					
	<b>NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>Viabilità NV03 - Nuova viabilità di collegamento corso della Vittoria e Via delle Rosette</b>					
Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NMOY	00	D 11 CL	NV 03 00 001	A	10 di 39

## ANALISI DEI CARICHI

Si riporta nel seguito l'analisi dei carichi considerata nel calcolo delle sollecitazioni sulle strutture in oggetto.

### 5.1 Carichi permanenti strutturali

- Peso proprio degli elementi strutturali;
- Rinterro.

### 5.2 Permanenti non strutturali

Il peso dei carichi permanenti in copertura è stato calcolato considerando i differenti spessori del pacchetto stradale e dello stratto di rinterro, ciascuno per il suo peso dell'unità di volume:

$$q_{pp} = h_p \gamma_p + h_r \gamma_r$$

dove:

- $H_p$  = spessore del pacchetto stradale;
- $\gamma_p$  = peso specifico del pacchetto stradale;
- $H_r$  = spessore del terreno di rinterro;
- $\gamma_r$  = peso specifico del terreno di rinterro.

### 5.3 Considerazioni sul magrone

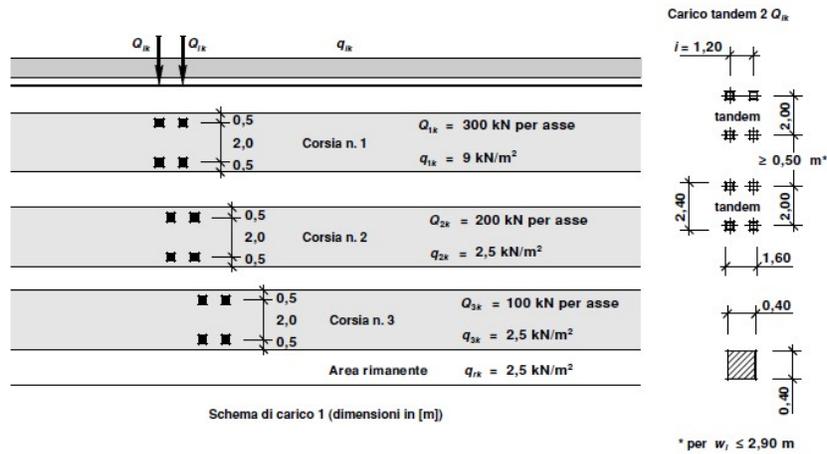
A favore di sicurezza il magrone a definizione del piano di scorrimento idraulico del tombino è stato trascurato. Così facendo si sono effettuate verifiche statiche in condizione di rigidità ridotta del manufatto modellato rispetto a quello reale.

Pertanto la sezione di verifica è quella cava usuale (come riportato nei paragrafi 7.3, 7.4, 7.5).

Inoltre, a livello di carichi fondali (verticali), l'approssimazione suddetta comporta solo una  $\Delta\sigma_v$  pari al 7,8% (< 10%) rispetto alla situazione reale (cioè considerando nei permanenti il peso proprio del magrone), quindi trascurabile ai fini delle verifiche statiche.

### 5.1 Carichi mobili (carico stradale)

I carichi mobili adottati nelle verifiche sono quelli stradali di 1<sup>a</sup> categoria NTC 2018, utilizzato sia per le verifiche globali che per quelle locali, considerando un solo carico tandem per corsia, disposto in asse alla corsia stessa. Esso è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem e da carichi uniformemente distribuiti secondo le seguenti colonne di carico:



In senso trasversale i carichi Q<sub>ik</sub> e q<sub>ik</sub> sono distribuiti su corsie convenzionali di larghezza pari a 3,00 m in modo tale da ottenere la distribuzione trasversale più gravosa.

	<p><b>LINEA AC: TORINO - VENEZIA</b></p> <p><b>NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b>  <b>Viabilità NV03 - Nuova viabilità di collegamento corso della Vittoria e Via delle Rosette</b></p>												
<p>Relazione di calcolo</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NMOY</td> <td>00</td> <td>D 11 CL</td> <td>NV 03 00 001</td> <td>A</td> <td>12 di 39</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NMOY	00	D 11 CL	NV 03 00 001	A	12 di 39
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NMOY	00	D 11 CL	NV 03 00 001	A	12 di 39								

## 5.2 Azione del sisma

Si riporta il calcolo dell'azione sismica secondo le modalità previste dalle NTC 2018. I parametri utilizzati per la definizione dell'azione sismica sono riportati di seguito.

- Classe d'uso: II
- Coefficiente d'uso  $C_U = 1$
- Vita nominale  $V_N = 75$ anni
- Categoria di suolo: B
- Condizione topografica: T1
- Fattore di struttura  $q = 1$

L'azione sismica è stata calcolata per mezzo del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

	<b>LINEA AC: TORINO - VENEZIA</b>					
	<b>NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>Viabilità NV03 - Nuova viabilità di collegamento corso della Vittoria e Via delle Rosette</b>					
Relazione di calcolo	COMMESSA <b>NMOY</b>	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO NV 03 00 001	REV. A	FOGLIO 13 di 39

I parametri per la determinazione dei punti dello spettro di risposta orizzontale sono riportati :

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE  
 8.6179

LATITUDINE  
 45.4415

Ricerca per comune

REGIONE  
 Piemonte

PROVINCIA  
 Novara

COMUNE  
 Novara

**Elaborazioni grafiche**

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri

**Reticolo di riferimento**



**Controllo sul reticolo**

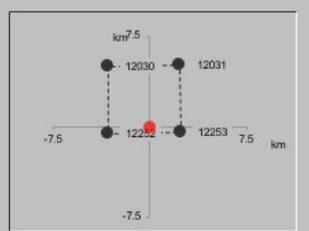
- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

**Interpolazione**

superficie rigata

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

**Nodi del reticolo intorno al sito**



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Di seguito si riportano lo spettro di risposta orizzontale allo Stato limite di salvaguardia della vita SLV utilizzato per il calcolo dell'azione sismica. Con tale azione sismica agente, le forze risultanti trasmesse dall'impalcato al piano appoggi della spalla in corrispondenza della sommità del muro di testata sono riportate al paragrafo successivo, sotto le voci **Ex**, **Ey** ed **Ez**.



LINEA AC: TORINO - VENEZIA

NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO  
Viabilità NV03 - Nuova viabilità di collegamento corso della Vittoria e Via delle Rosette

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00	D 11 CL	NV 03 00 001	A	14 di 39

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

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

Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_u$   info

Valori di progetto

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

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

Stati limite di esercizio - SLE

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

Stati limite ultimi - SLU

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

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

- Strategie per costruzioni ordinarie
- Strategie scelte

INTRO      FASE 1      **FASE 2**      FASE 3

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **B** info       $S_w = 1.200$        $C_w = 1.406$  info

Categoria topografica **T1** info       $h/H = 0.000$        $S_T = 1.000$  info  
(In quota sito, h=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)      Smorzamento  $\xi$  (%)        $\eta_1 = 1.000$  info

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

Compon. verticale

Spettro di progetto      Fattore  $q$         $\eta_1 = 1/q = 1.000$  info

Elaborazioni

- Grafici spettri di risposta
- Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale

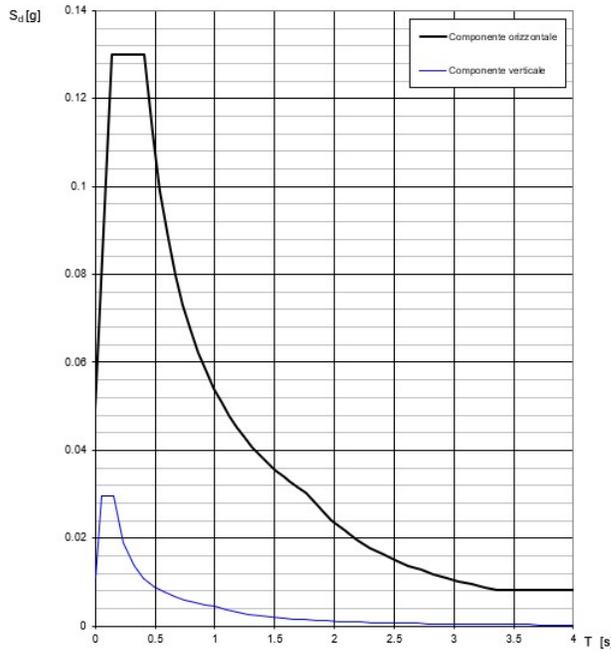
— Spettro di progetto - componente verticale

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

INTRO      FASE 1      FASE 2      **FASE 3**

Di seguito si riporta a titolo di esempio lo **spettro di progetto** per lo **Stato Limite di salvaguardia della Vita SLV** relativamente alle componenti **orizzontali**, con coefficiente di smorzamento strutturale canonico pari al 5%.

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato II SLV**



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

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.041 g
$F_0$	2.647 s
$T_c$	0.293 s
$S_a$	1.200
$C_s$	1.408
$S_T$	1.000
$q$	1.000

Parametri dipendenti	
$S$	1.200
$\eta$	1.000
$T_B$	0.197 s
$T_c$	0.412 s
$T_D$	1.764 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$S = S_a, S_T$  (NTC-08 Eq. 3.2.5)  
 $\eta = \sqrt{10 \cdot (S-1)} \geq 0,55; \eta = 1/q$  (NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5)  
 $T_B = T_c / 3$  (NTC-07 Eq. 3.2.8)  
 $T_c = C_s \cdot T_c$  (NTC-07 Eq. 3.2.7)  
 $T_D = 4,0 \cdot a_g / (g = 1,6)$  (NTC-07 Eq. 3.2.9)

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

$0 \leq T < T_B: S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot E \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot E} \cdot \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$   
 $T_B \leq T < T_c: S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot E$   
 $T_c \leq T < T_D: S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot E \cdot \left( \frac{T_c}{T} \right)$   
 $T_D \leq T: S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot E \cdot \left( \frac{T_c \cdot T_D}{T^2} \right)$

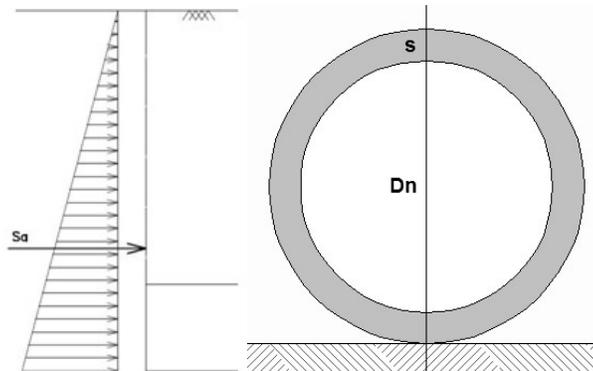
Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $\eta_q$  dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 §. 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

T [s]	S_e [g]
0.000	0.049
0.197	0.130
0.412	0.130
0.476	0.112
0.541	0.099
0.605	0.088
0.669	0.080
0.734	0.073
0.798	0.067
0.862	0.062
0.927	0.059
0.991	0.054
1.056	0.051
1.120	0.048
1.184	0.045
1.248	0.043
1.313	0.041
1.377	0.039
1.442	0.037
1.506	0.036
1.571	0.034
1.635	0.033
1.699	0.031
1.764	0.030
1.870	0.027
1.977	0.024
2.083	0.022
2.190	0.020
2.296	0.019
2.403	0.016
2.509	0.015
2.616	0.014
2.722	0.013
2.829	0.012
2.935	0.011
3.042	0.010
3.149	0.009
3.255	0.008
3.361	0.008
3.468	0.008
3.574	0.008
3.681	0.008
3.787	0.008
3.894	0.008
4.000	0.008

**5.3 Spinta statica del terreno**

Le spinte del terreno a monte del tombino sono calcolate con la teoria di Rankine, con distribuzione triangolare delle tensioni e conseguente risultante della spinta al metro pari a  $S = 1/2 \cdot k_0 \cdot \gamma \cdot H^2$ , applicata ad 1/3 dal basso.

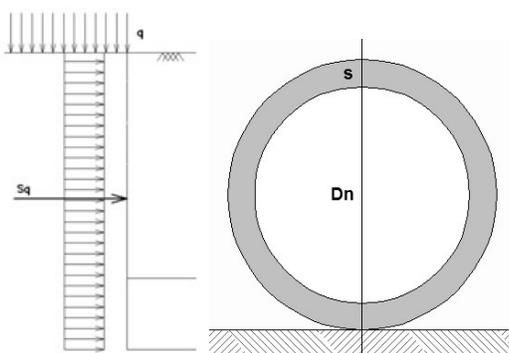


**Fig. 3 – Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno**

La spinta in condizioni di esercizio viene calcolata con il coefficiente di spinta a riposo  $k_0$ .

#### 5.4 Spinta dovuta al sovraccarico permanente e accidentale sul rilevato

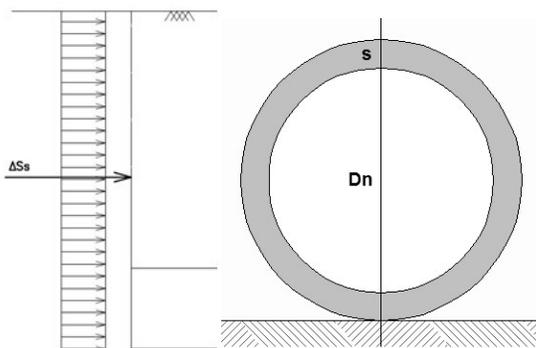
Per considerare la presenza del sovraccarico permanente del pacchetto stradale e del sovraccarico accidentale associato al traffico gravante a tergo, si considera un carico uniformemente distribuito. Il valore della spinta risultante al metro è dunque pari a  $S=k_0 \cdot q \cdot H$ , con punto di applicazione posizionato a metà dell'altezza dell'elemento su cui insiste.



**Fig. 4 – Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale**

#### 5.5 Sovrappinta sismica

In condizione sismica si considera un incremento della spinta del terreno rispetto alla condizione statica in esercizio. La sovrappinta sismica è calcolata con la teoria di Wood, risultando in un valore di spinta al metro, distribuito uniformemente sull'intera altezza del piedritto, da applicare ad una quota pari ad  $H/2$ .



**Fig. 5 – Schema per il calcolo degli effetti della sovrappinta sismica**



LINEA AC: TORINO - VENEZIA

NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO

Viabilità NV03 - Nuova viabilità di collegamento corso della Vittoria e Via delle Rosette

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00	D 11 CL	NV 03 00 001	A	17 di 39

## 6 COMBINAZIONE DEI CARICHI

In linea con quanto riportato nel quadro normativo vigente, le azioni descritte nei paragrafi precedenti, sono combinate nel modo seguente:

combinazione fondamentale (SLU):

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

combinazione sismica:

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

combinazione eccezionale:

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

combinazione Rara (SLE irreversibile):

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

combinazione Frequente (SLE reversibile):

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

combinazione Quasi Permanente (SLE per gli effetti a lungo termine):

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

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei veicoli stradali vanno sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico, adottando i coefficienti indicati nella tabella seguente.

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

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

**Tab. 1 – Valutazione dei carichi da traffico**

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali ed i coefficienti di combinazione  $\psi$  delle tabelle seguenti.

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti $g_1$ e $g_3$	favorevoli	$\gamma_{G1}$ e $\gamma_{G3}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup> $g_2$	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{e1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}$ , $\gamma_{e3}$ , $\gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

**Tab. 2 – Coefficienti parziali di sicurezza: combinazioni di carico SLU, Ecc. e Sismica**

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00	D 11 CL	NV 03 00 001	A	19 di 39

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente $\Psi_0$ di combi- nazione	Coefficiente $\Psi_1$ (valori frequent)	Coefficiente $\Psi_2$ (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 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
	5	0,0	0,0	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

**Tab. 3 – Coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni allo SLU-SLE**



LINEA AC: TORINO - VENEZIA

NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO

Viabilità NV03 - Nuova viabilità di collegamento corso della Vittoria e Via delle Rosette

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00	D 11 CL	NV 03 00 001	A	20 di 39

## 7 VERIFICHE STRUTTURALI

Le verifiche di resistenza delle sezioni sono eseguite secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite. I coefficienti di sicurezza adottati sono i seguenti:

- coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo: 1.50;
- coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio in barre: 1.15.

Il paragrafo in oggetto illustra nel dettaglio i criteri generali adottati per le verifiche strutturali e geotecniche condotte nel progetto. Ulteriori dettagli di carattere specifico, laddove impiegati, sono dichiarati e motivati nelle relative risultanze delle verifiche.

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

- verifiche per gli stati limite ultimi a presso-flessione;
- verifiche per gli stati limite ultimi a taglio;
- verifiche per gli stati limite di esercizio.

### 7.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-presso-flessione

Allo stato limite ultimo, le verifiche a flessione o presso-flessione sono condotte confrontando (per le sezioni più significative) le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando di conseguenza il corrispondente fattore di sicurezza.

### 7.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio

La verifica allo stato limite ultimo per azioni di taglio è condotta secondo quanto prescritto dal DM17/01/2018, per elementi con armatura a taglio verticali.

Si fa, pertanto, riferimento ai seguenti valori della resistenza di calcolo:

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00	D 11 CL	NV 03 00 001	A	21 di 39

$$V_{Rd,c} = \max \left\{ \left[ \frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d; (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\}, \text{ resistenza di}$$

calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio

$$V_{Rd,s} = 0.9 \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \alpha + \cot \vartheta) \cdot \sin \alpha, \text{ valore di progetto dello sforzo di taglio che può essere}$$

sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento

$$V_{Rd,max} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} (\cot \alpha + \cot \vartheta) / (1 + \cot^2 \vartheta), \text{ valore di progetto del massimo sforzo di taglio}$$

che può essere sopportato dall'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse.

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \text{ con } d \text{ in mm};$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02;$$

$A_{sl}$  è l'area dell'armatura tesa;

$b_w$  è la larghezza minima della sezione in zona tesa;

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0.2 \cdot f_{cd};$$

$N_{Ed}$  è la forza assiale nella sezione dovuta ai carichi;

$A_c$  è l'area della sezione di calcestruzzo;

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

$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.5$  è l'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave

$A_{sw}$  è l'area della sezione trasversale dell'armatura a taglio;

$s$  è il passo delle staffe;

$f_{ywd}$  è la tensione di snervamento di progetto dell'armatura a taglio;

$f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$  è la resistenza ridotta a compressione del calcestruzzo d'anima;

$\alpha_{cw} = 1$  è un coefficiente che tiene conto dell'interazione tra la tensione nel corrente compresso e qualsiasi tensione di compressione assiale.



LINEA AC: TORINO - VENEZIA

**NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO**  
**Viabilità NV03 - Nuova viabilità di collegamento corso della Vittoria e Via delle Rosette**

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00	D 11 CL	NV 03 00 001	A	22 di 39

### 7.3 Verifica agli stati limite d'esercizio

Si effettuano le seguenti verifiche agli stati limite di esercizio:

- stato limite delle tensioni in esercizio;
- stato limite di fessurazione.

Nel primo caso, si esegue il controllo delle tensioni nei materiali supponendo una legge costitutiva tensioni-deformazioni di tipo lineare. In particolare si controlla la tensione massima di compressione del calcestruzzo e di trazione dell'acciaio, verificando che:

$$\sigma_c < 0.55 f_{ck} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara);}$$

$$\sigma_c < 0.40 f_{ck} \text{ per combinazione di carico quasi permanente;}$$

$$\sigma_s < 0.75 f_{yk} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara).}$$

Nel secondo caso, si verifica che le aperture delle fessure siano inferiori al valore limite dell'apertura delle fessure nella combinazione caratteristica Rara. I valori nominali di riferimento sono:

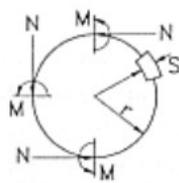
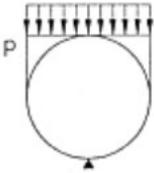
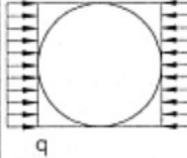
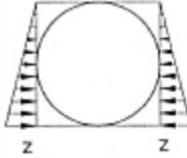
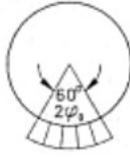
$$w_1 = 0.2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm}$$

## 8 MODELLAZIONE STRUTTURALE

Per il calcolo del tubo si è fatto riferimento al D.M. 23-2 1971, N. 2445.

	A	B	C	D	E
	PESO PROPRIO	CARICO RIPARTITO SUPERIORE	CARICO RIPARTITO LATERALE	CARICO TRIANGOLARE LATERALE	REAZIONE RADIALE COSTANTE SETTORE $2\varphi_0 = 60^\circ$
SCHEMA					
SEZIONE VERTICALE SUPERIORE	$M = \frac{1}{2} \gamma_1 sr^2$ $N = -\frac{1}{2} \gamma_1 sr$	$M = \left(\frac{4}{3\pi} - \frac{1}{8}\right) pr^2 = 0.29941 pr^2$ $N = -\frac{1}{3\pi} pr = -0.10610 pr$	$M = -\frac{1}{4} qr^2$ $N = qr$	$M = -\frac{5}{48} zr^2 = -0.10417 zr^2$ $N = \frac{5}{16} zr = 0.31250 zr$	(Q=reaazione totale) $M = -0.0073038 Qr$ $N = 0.014817 Q$
SEZIONE ORIZZONTALE MEDIANA	$M = -\frac{\pi-2}{2} \gamma_1 sr^2 = -0.57080 \gamma_1 sr^2$ $N = \frac{\pi}{2} \gamma_1 sr = 1.57080 \gamma_1 sr$	$M = \left(\frac{1}{\pi} - \frac{5}{8}\right) pr^2 = -0.30669 pr^2$ $N = pr$	$M = \frac{1}{4} qr^2$ $N = 0$	$M = \frac{1}{8} zr^2 = 0.125 zr^2$ $N = 0$	$M = 0.0075118 Qr$ $N = 0$
SEZIONE VERTICALE INFERIORE	$M = \frac{3}{2} \gamma_1 sr^2$ $N = \frac{1}{2} \gamma_1 sr$	$M = \left(\frac{2}{3\pi} + \frac{3}{8}\right) pr^2 = 0.58721 pr^2$ $N = \frac{1}{3\pi} pr = 0.10610 pr$	$M = -\frac{1}{4} qr^2$ $N = qr$	$M = -\frac{7}{48} zr^2 = -0.14583 zr^2$ $N = \frac{11}{16} zr = 0.68750 zr$	$M = -0.11165 Qr$ $N = 0.11916 Q$



**LINEA AC: TORINO - VENEZIA**

**NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO**  
**Viabilità NV03 - Nuova viabilità di collegamento corso della Vittoria e Via delle Rosette**

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00	D 11 CL	NV 03 00 001	A	24 di 39

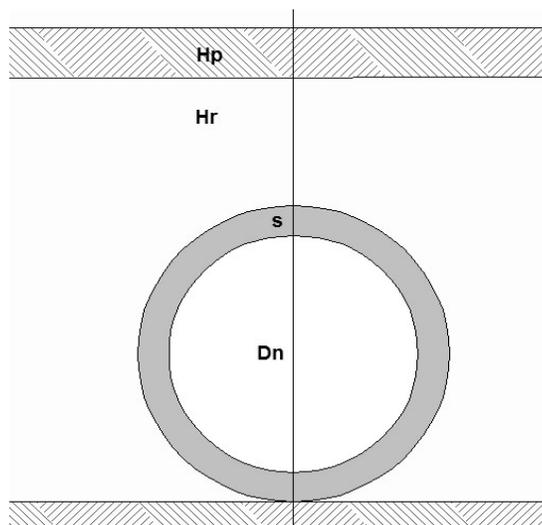
Dove:

- A) Peso proprio della tubazione;
- B) Carico ripartito superiore (peso del terrapieno sovrastante la tubazione ed il carico mobile);
- C) Carico ripartito laterale (parte rettangolare del diagramma di spinta del terreno per rilevato e sovraccarico permanente più accidentale, inerzia sismica del tombino, spinta del terreno in condizioni sismiche);
- D) Pressione laterale variabile (parte triangolare del diagramma di spinta del terreno);
- E) Reazione totale data dalla somma di tutti i carichi verticali agenti sulla tubazione.

## 8.1 Analisi dei carichi

### Geometria

Caratteristiche materiali e terreno				
Calcestruzzo armato - Peso specifico	$\gamma$		25.00	kN/m <sup>3</sup>
Calcestruzzo armato - Tipo			C30/37	
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cubica	$R_{ck}$		37	N/mm <sup>2</sup>
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cilindrica	$f_{ck}$		31	N/mm <sup>2</sup>
Calcestruzzo armato - Modulo elastico	$E$		33000	N/mm <sup>2</sup>
Pacchetto stradale - Peso specifico	$\gamma_p$		23	kN/m <sup>3</sup>
Terreno del ricoprimento - Peso specifico	$\gamma_r$		20	kN/m <sup>3</sup>
Terreno del ricoprimento - Angolo di attrito	$\varphi$		35	°
Terreno in sito - Angolo di attrito	$\varphi$		30	°
Condizioni ambientali per ver. a fessurazione			aggressive	
Ricoprimento				
Spessore Ricoprimento+pacchetto stradale	$H$		0.44	m
Spessore pacchetto stradale	$H_p$		0.44	m
Spessore del ricoprimento	$H_r$		0.00	m
Geometria				
Diametro nominale (interno)	$D_n$		1.00	m
Spessore	$s$		0.14	m
Raggio medio	$r$		0.57	m



Tab. 4: Geometria del modello



LINEA AC: TORINO - VENEZIA

NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO

Viabilità NV03 - Nuova viabilità di collegamento corso della Vittoria e Via delle Rosette

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00	D 11 CL	NV 03 00 001	A	26 di 39

### Azioni elementari applicate

<b>Carichi permanenti</b>					
Peso proprio	g1			12.53	kN/m
Peso pacchetto stradale	Ps	$23.00 \cdot 0.44 =$		10.12	kN/m <sup>2</sup>
Peso del rinterro	Pr	$20.00 \cdot 0 =$		0.00	kN/m <sup>2</sup>
Totale				<b>10.12</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
<b>Carichi accidentali sulla copertura</b>					
Qvk					
Ldiffusione x				4.00	m
Ldiffusione y				3.00	m
Impronta di carico y	Ld1	$3.00 + 2 \times (0.44 + 0.00 \times \text{TAN}(35^\circ) + 0.14/2)$		4.02	m
Impronta di carico x	Ld2	$4.02 + 2 \times (0.44 + 0.00 \times \text{TAN}(35^\circ) + 0.14/2)$		5.02	m
Impronta		$5.02 \cdot 4.02 =$		20.18	m <sup>2</sup>
carico Q1k (totale)				600	kN
Carico q1 (ripartito)		$600.00 / 20.18 =$		<b>29.73</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Carico distribuito					
Carico q1k				9	kN/m <sup>2</sup>
Carico q1k (ripartito)		$9 \cdot 3 / 4.02 =$		<b>6.72</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Carico totale				<b>36.45</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00	D 11 CL	NV 03 00 001	A	27 di 39

**Spinta del terreno**

K0		$1 - \text{sen}(30^\circ) =$	0.500	
Spinta dovuta al terreno all'estradosso			0.00	kN/m <sup>2</sup>
Spinta dovuta al terreno all'intradosso			12.80	kN/m <sup>2</sup>
Contributo di spinta rettangolare			<b>0.00</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Contributo di spinta triangolare			<b>12.80</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Spinta dovuta al sovraccarico permanente			<b>5.06</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

**Spinta del carico accidentale**

Spinta dovuta al q1	p	$0.500 \cdot (29.73+6.72) =$	<b>18.22</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
---------------------	---	------------------------------	--------------	-------------------------

**Sisma orizzontale**

Stato limite			SLV	
Vita nominale	V <sub>N</sub>		75	anni
Classe d'uso	C <sub>U</sub>		II	
Coefficiente C <sub>U</sub>	C <sub>U</sub>		1	
Periodo di riferimento	V <sub>R</sub>		75	anni
accelerazione orizzontale	a <sub>g</sub> /g		0.041	
amplificazione spettrale	F <sub>o</sub>		2.634	
Categoria sottosuolo		A, B, C, D, E	B	
Coeff. Amplificazione stratigrafica	S <sub>s</sub>		1.200	
Coeff. Amplificazione topografica	S <sub>t</sub>		1	
Coefficiente S	S	=S <sub>s</sub> · S <sub>t</sub>	1.200	
accelerazione orizzontale max	a <sub>max</sub> /g	=a <sub>g</sub> /g · S	0.049	
Fattore di struttura	q		1.00	
Forza orizz.	F <sub>Hp</sub>		<b>0.17</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

**Spinta del terreno in fase sismica**

Coefficiente sismico orizzontale	k <sub>h</sub>	=a <sub>max</sub> /g	0.049	
Coefficiente sismico verticale	k <sub>v</sub>	= ±0.5 · k <sub>h</sub>	0.025	
Risultante della spinta sismica	ΔS <sub>E</sub>	= (a <sub>max</sub> /g) · γ · (Hint+S <sub>s</sub> +S <sub>f</sub> ) <sup>2</sup>	1.6	kN/m
Pressione risultante	Δp <sub>E</sub>	= ΔS <sub>E</sub> / H	<b>1.3</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00	D 11 CL	NV 03 00 001	A	28 di 39

Combinazioni:

	<b>g1</b>	<b>g2</b>	<b>Acc</b>	<b>g3-sx</b>	<b>g3-dx</b>	<b>SIS-sx</b>	<b>SIS-dx</b>	<b>Term</b>
<b>SLU-01</b>	1.35	1.50	1.35	1.00	1.00	0.00	0.00	0.90
<b>SLU-02</b>	1.35	1.50	1.35	1.35	1.35	0.00	0.00	0.90
<b>SLU-03</b>	1.35	1.50	1.35	1.35	1.00	0.00	0.00	0.90
<b>SLU-04</b>	1.35	1.50	1.35	1.00	1.35	0.00	0.00	0.90
<b>SLU-05</b>	1.35	1.50	1.35	1.00	1.00	0.00	0.00	-0.90
<b>SLU-06</b>	1.35	1.50	1.35	1.35	1.35	0.00	0.00	-0.90
<b>SLU-07</b>	1.35	1.50	1.35	1.35	1.00	0.00	0.00	-0.90
<b>SLU-08</b>	1.35	1.50	1.35	1.00	1.35	0.00	0.00	-0.90
<b>SIS-01</b>	1.0	1.0	0.2	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5
<b>SIS-02</b>	1.0	1.0	0.2	1.0	1.0	1.0	1.0	-0.5
<b>QP-01</b>	1.0	1.0	0.0	0.7	0.7	0.0	0.0	0.5
<b>QP-02</b>	1.0	1.0	0.0	0.7	0.7	0.0	0.0	-0.5
<b>FR-01</b>	1.0	1.0	0.80	1.0	1.0	0.0	0.0	0.6
<b>FR-02</b>	1.0	1.0	0.80	1.0	1.0	0.0	0.0	-0.6
<b>FR-03</b>	1.0	1.0	1.00	0.7	0.7	0.0	0.0	0.5
<b>FR-04</b>	1.0	1.0	1.00	0.7	0.7	0.0	0.0	-0.5

Dove:

- G1** → permanenti
- G2** → permanenti non strutturali
- ACC** → carico accidentale
- G3** → Spinta del terreno
- SIS** → Sisma
- TERM** → Termica

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00	D 11 CL	NV 03 00 001	A	29 di 39

## 8.2 Sollecitazioni

		Sezione verticale superiore		Sezione orizzontale mediana		Sezione verticale inferiore	
		M kN m	N kN	M kN m	N kN	M kN m	N kN
<b>A - Peso proprio</b>							
g1	12.5 kN/m	0.57	-1.00	-0.65	3.13	1.71	1.00
<b>B - Carico ripartito superiore</b>							
g2	10.12 kN/m <sup>2</sup>	0.98	-0.61	-1.01	5.77	1.93	0.61
Acc	36.45 kN/m <sup>2</sup>	3.55	-2.20	-3.63	20.78	6.95	2.20
<b>C - Carico ripartito laterale</b>							
g3	0.0 kN/m <sup>2</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
g2	5.1 kN/m <sup>2</sup>	-0.41	2.88	0.41	0.00	-0.41	2.88
Acc	18.2 kN/m <sup>3</sup>	-1.48	10.39	1.48	0.00	-1.48	10.39
SIS	0.17 kN/m <sup>2</sup>	-0.01	0.10	0.01	0.00	-0.01	0.10
SPIINTA SISMICA	1.26 kN/m <sup>2</sup>	-0.10	0.72	0.10	0.00	-0.10	0.72
<b>D - Carico triangolare laterale</b>							
g3	12.80 kN/m <sup>2</sup>	-0.43	2.28	0.52	0.00	-0.61	5.02
<b>E - Reazione radiale costante</b>							
Acc	41.6 kN	-0.17	0.62	0.18	0.00	-2.64	4.95
g1	14.3	-0.06	0.21	0.06	0.00	-0.91	1.70
g2	11.5 kN	-0.05	0.17	0.05	0.00	-0.73	1.37
<b>Totale</b>		<b>2.38</b>	<b>13.55</b>	<b>-2.47</b>	<b>29.68</b>	<b>3.69</b>	<b>30.95</b>

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00	D 11 CL	NV 03 00 001	A	30 di 39

	<b>N</b> [kN]	<b>M</b> [kNm]
<b>SLU-01</b>	16.76	3.60
<b>SLU-02</b>	17.56	3.45
<b>SLU-03</b>	17.56	3.45
<b>SLU-04</b>	16.76	3.60
<b>SLU-05</b>	16.76	3.60
<b>SLU-06</b>	17.56	3.45
<b>SLU-07</b>	17.56	3.45
<b>SLU-08</b>	16.76	3.60
<b>SIS-01</b>	6.51	0.86
<b>SIS-02</b>	6.51	0.86
<b>QP-01</b>	3.25	0.73
<b>QP-02</b>	3.25	0.73
<b>FR-01</b>	10.98	2.12
<b>FR-02</b>	10.98	2.12
<b>FR-03</b>	12.05	2.62
<b>FR-04</b>	12.05	2.62

Tab. 5: Azioni combinate– sezione verticale superiore

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00	D 11 CL	NV 03 00 001	A	31 di 39

	N	M
	[kN]	[kNm]
SLU-01	40.93	-3.76
SLU-02	40.93	-3.58
SLU-03	40.93	-3.58
SLU-04	40.93	-3.76
SLU-05	40.93	-3.76
SLU-06	40.93	-3.58
SLU-07	40.93	-3.58
SLU-08	40.93	-3.76
SIS-01	13.06	-0.89
SIS-02	13.06	-0.89
QP-01	8.90	-0.77
QP-02	8.90	-0.77
FR-01	25.52	-2.19
FR-02	25.52	-2.19
FR-03	29.68	-2.75
FR-04	29.68	-2.75

Tab. 6: Azioni combinate- sezione orizzontale

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00	D 11 CL	NV 03 00 001	A	32 di 39

	<b>N</b> [kN]	<b>M</b> [kNm]
<b>SLU-01</b>	39.65	5.47
<b>SLU-02</b>	41.41	5.25
<b>SLU-03</b>	41.41	5.25
<b>SLU-04</b>	39.65	5.47
<b>SLU-05</b>	39.65	5.47
<b>SLU-06</b>	41.41	5.25
<b>SLU-07</b>	41.41	5.25
<b>SLU-08</b>	39.65	5.47
<b>SIS-01</b>	16.91	1.42
<b>SIS-02</b>	16.91	1.42
<b>QP-01</b>	11.08	1.16
<b>QP-02</b>	11.08	1.16
<b>FR-01</b>	26.62	3.24
<b>FR-02</b>	26.62	3.24
<b>FR-03</b>	28.63	3.99
<b>FR-04</b>	28.63	3.99

*Tab. 7: Azioni combinate- sezione verticale inferiore*

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00	D 11 CL	NV 03 00 001	A	33 di 39

### 8.3 Verifiche strutturali

#### 8.3.1 Verifica sezione verticale superiore

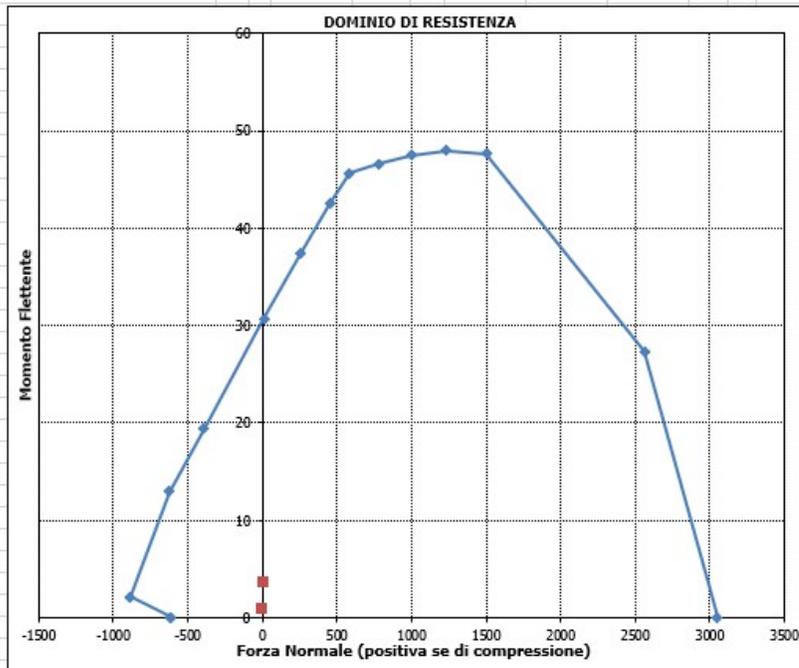
- Verifica a pressoflessione

Acciaio			Calcestruzzo		
Tensione car. di rottura	$f_{tk}$	= 540 N/mm <sup>2</sup>	Tipo	C30/37	
Tensione car. di snervamento	$f_{yk}$	= 450 N/mm <sup>2</sup>	$R_{ck}$	37	N/mm <sup>2</sup>
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s$	= 1.15	$f_{ck}$	30.71	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo	$f_{yd}$	= 391 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_c$	1.5	
Modulo elastico	$E_s$	= 205000 N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$	20.5	N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{yel}$	= 0.00191	$f_{cc}$	17.4	N/mm <sup>2</sup>

Geometria della sezione			Armatura tesa			Armatura compressa		
Altezza geometrica della sezione	$h$	= 14 cm	N° ferri	Diametro	Area	N° ferri	Diametro	Area
Base della sezione	$b$	= 100 cm	10	10	7.85 cm <sup>2</sup>	10	10	7.85 cm <sup>2</sup>
Copriferro	$d'$	= 5 cm			0.00 cm <sup>2</sup>			0.00 cm <sup>2</sup>
Altezza utile della sezione	$d$	= 9 cm			0.00 cm <sup>2</sup>			0.00 cm <sup>2</sup>
					<b>7.85 cm<sup>2</sup></b>			<b>7.85 cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
SLU-02	17.56	3.45
SIS-01	6.51	0.86
SLU-01	16.76	3.60
SIS-01	6.51	0.86



Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00	D 11 CL	NV 03 00 001	A	34 di 39

• Verifica a fessurazione

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	2.62	kNm
Sforzo normale	N	12.05	kN

**Materiali**

Res. caratteristica cls	$R_{ck}$	37	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{c,amm}$	11.5	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	3.0	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.1	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{s,amm}$	260	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	14	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$As_1'$	7.85	cm <sup>2</sup>	10 Ø 10	$c_{r1} = 5$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$As_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	0 Ø 0	$c_{r2} = 0$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$As_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	0 Ø 0	$c_{t2} = 0$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$As_1$	7.85	cm <sup>2</sup>	10 Ø 10	$c_{t1} = 5$ cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	1.9	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{c,amm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	30.6	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{s,amm}$

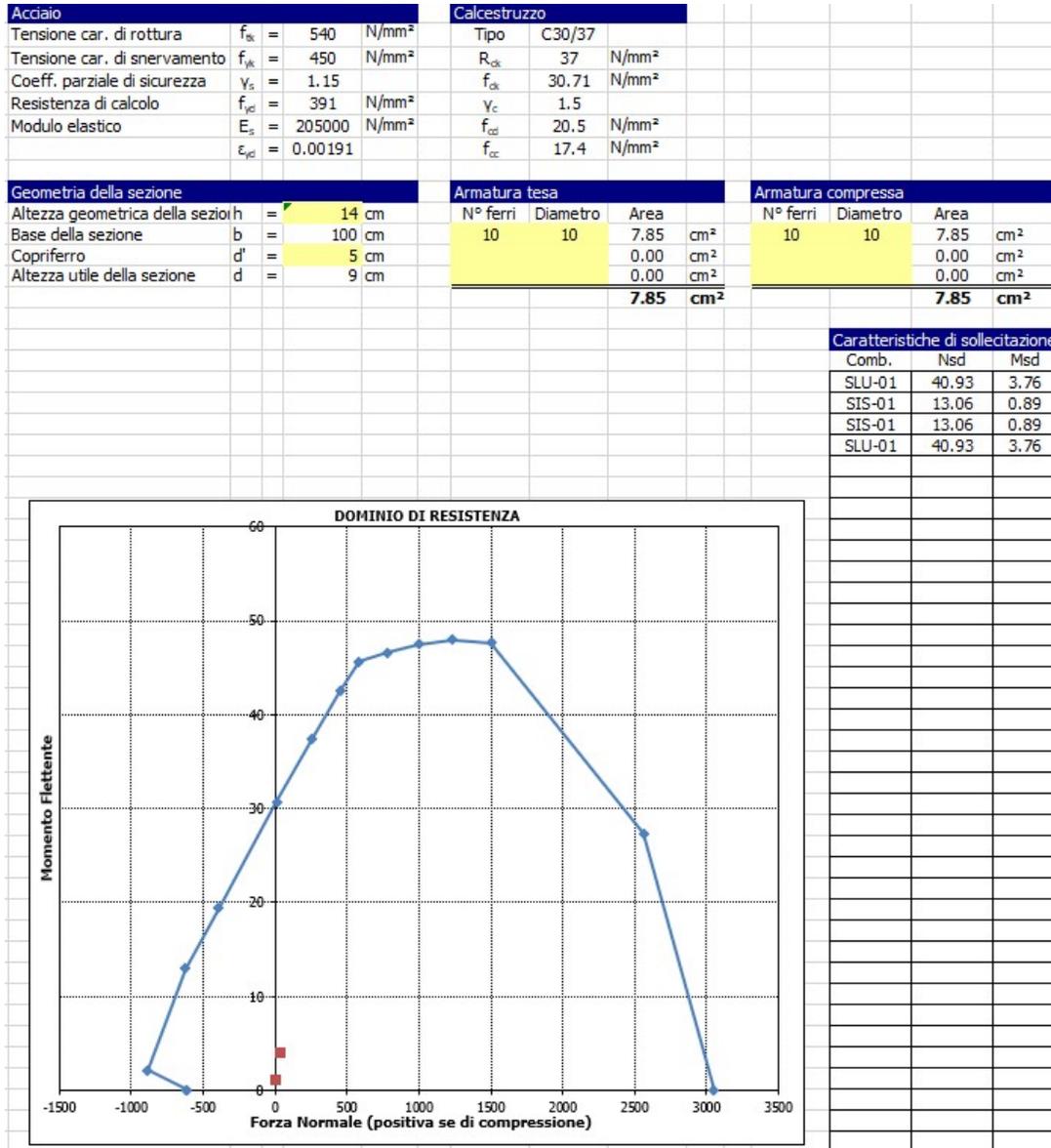
Eccentricità	e (M)	21.8	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	14.8	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	4.3	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	1620	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	23809	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	5301.8	cm <sup>4</sup>		

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{f,cr}$	7.4	kNm	La sezione non è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{f,cr}$	10	kNm	
Eccentricità per $M=M_{f,cr}$	e ( $M_{f,cr}$ )	86.7	cm	
	u ( $M_{f,cr}$ )	79.7	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{f,cr}$	$\sigma_{c1}$	7.7		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{f,cr}$	$\sigma_{s1}$	147.2	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{f,cr}$	y ( $M_{f,cr}$ )	4.0	cm	
	$\beta_1$	1		
	$\beta_2$	0.5		
Deform. unitaria media dell'arm.	$\epsilon_{sm}$	6E-05		
Copri ferro netto	c'	4.5	cm	
Altezza efficace	$d_{eff}$	12.0	cm	
Area efficace	$A_{c,eff}$	1200	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	$As_{s,eff}$	7.9	cm <sup>2</sup>	
	$\rho_r$	0.0065		
Distanza tra le barre	s	10.0	cm	
	$K_2$	0.4		
	$K_3$	0.125		
Distanza media tra le fessure	$s_{fm}$	18.6	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	w <sub>m</sub>	0.01	mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	w <sub>k</sub>	-	mm	

### 8.3.2 Verifica sezione orizzontale mediana

- Verifica a pressoflessione



Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00	D 11 CL	NV 03 00 001	A	36 di 39

• Verifica a fessurazione

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>0.77</b>	kNm
Sforzo normale	N	<b>8.90</b>	kN

**Materiali**

Res. caratteristica cls	$R_{ck}$	<b>37</b>	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{c,amm}$	11.5	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	3.0	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.1	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{s,amm}$	<b>260</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	<b>15</b>	

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>14</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$As_1'$	7.85	cm <sup>2</sup>	<b>10</b> Ø <b>10</b>	$c_{r1} = 5$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$As_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$c_{r2} = 0$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$As_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$c_{t2} = 0$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$As_1$	7.85	cm <sup>2</sup>	<b>10</b> Ø <b>10</b>	$c_{t1} = 5$ cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>0.5</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{c,amm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>5.4</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{s,amm}$

Eccentricità	e (M)	8.7	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	1.7	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	5.2	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	1620	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	23809	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	6399.9	cm <sup>4</sup>		

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}$	7.3	kNm	La sezione non è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	10	kNm	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e ( $M_{fess}$ )	116.6	cm	
	u ( $M_{fess}$ )	109.6	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	7.7		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	148.4	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y ( $M_{fess}$ )	3.9	cm	
	$\beta_1$	<b>1</b>		
	$\beta_2$	<b>0.5</b>		
Deform. unitaria media dell'arm.	$\epsilon_{sm}$	1E-05		
Coprittero netto	c'	4.5	cm	
Altezza efficace	$d_{eff}$	12.0	cm	
Area efficace	$A_{c,eff}$	1200	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	$As_{y,eff}$	7.9	cm <sup>2</sup>	
	$\rho_t$	0.0065		
Distanza tra le barre	s	10.0	cm	
	$K_2$	<b>0.4</b>		
	$K_3$	<b>0.125</b>		
Distanza media tra le fessure	$s_{fm}$	18.6	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	w <sub>m</sub>	0.00	mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	w <sub>k</sub>	-	mm	

### 8.3.3 Verifica sezione verticale inferiore

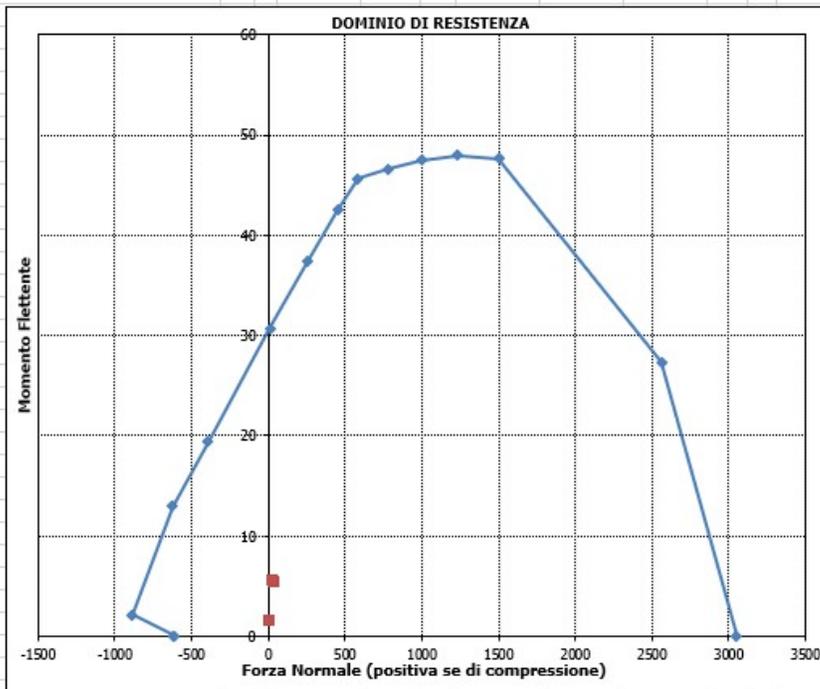
- Verifica a pressoflessione

Acciaio			Calcestruzzo		
Tensione car. di rottura	$f_{yk}$	= 540 N/mm <sup>2</sup>	Tipo	C30/37	
Tensione car. di snervamento	$f_{yk}$	= 450 N/mm <sup>2</sup>	$R_{ck}$	37	N/mm <sup>2</sup>
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s$	= 1.15	$f_{ck}$	30.71	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo	$f_{yed}$	= 391 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_c$	1.5	
Modulo elastico	$E_s$	= 205000 N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$	20.5	N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{yd}$	= 0.00191	$f_{cc}$	17.4	N/mm <sup>2</sup>

Geometria della sezione			Armatura tesa			Armatura compressa		
Altezza geometrica della sezione	$h$	= 14 cm	N° ferri	Diametro	Area	N° ferri	Diametro	Area
Base della sezione	$b$	= 100 cm	10	10	7.85 cm <sup>2</sup>	10	10	7.85 cm <sup>2</sup>
Copriferro	$d'$	= 5 cm			0.00 cm <sup>2</sup>			0.00 cm <sup>2</sup>
Altezza utile della sezione	$d$	= 9 cm			0.00 cm <sup>2</sup>			0.00 cm <sup>2</sup>
					<b>7.85 cm<sup>2</sup></b>			<b>7.85 cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
SLU-02	41.41	5.25
SIS-01	16.91	1.42
SLU-01	39.65	5.47
SIS-01	16.91	1.42



Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00	D 11 CL	NV 03 00 001	A	38 di 39

- Verifica a fessurazione

#### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>3.99</b>	kNm
Sforzo normale	N	<b>28.63</b>	kN

#### Materiali

Res. caratteristica cls	$R_{ck}$	<b>37</b>	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{c,amm}$	11.5	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	3.0	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.1	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{s,amm}$	<b>260</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	<b>15</b>	

#### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	<b>14</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$A_{s1}'$	7.85	cm <sup>2</sup>	<b>10</b> $\varnothing$ <b>10</b>	$c_{r1} = 5$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$A_{s2}'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> $\varnothing$ <b>0</b>	$c_{r2} = 0$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$A_{s2}$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> $\varnothing$ <b>0</b>	$c_{t2} = 0$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$A_{s1}$	7.85	cm <sup>2</sup>	<b>10</b> $\varnothing$ <b>10</b>	$c_{t1} = 5$ cm

#### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>2.7</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{c,amm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>39.5</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{s,amm}$

Eccentricità	e (M)	13.9	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	6.9	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	<b>4.6</b>	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	1620	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	23809	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	5527	cm <sup>4</sup>		

#### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{f,cr}$	7.7	kNm	La sezione non è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{f,cr}$	11	kNm	
Eccentricità per $M=M_{f,cr}$	e ( $M_{f,cr}$ )	37.7	cm	
	u ( $M_{f,cr}$ )	30.7	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{f,cr}$	$\sigma_{c1}$	7.8		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{f,cr}$	$\sigma_{s1}$	140.7	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{f,cr}$	y ( $M_{f,cr}$ )	4.1	cm	
	$\beta_1$	<b>1</b>		
	$\beta_2$	<b>0.5</b>		
Deform. unitaria media dell'arm.	$\epsilon_{sm}$	8E-05		
Copri ferro netto	c'	4.5	cm	
Altezza efficace	$d_{eff}$	12.0	cm	
Area efficace	$A_{c,eff}$	1200	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	$A_{s,eff}$	7.9	cm <sup>2</sup>	
	pr	0.0065		
Distanza tra le barre	s	10.0	cm	
	$K_2$	<b>0.4</b>		
	$K_3$	<b>0.125</b>		
Distanza media tra le fessure	$s_{fm}$	18.6	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	w <sub>m</sub>	0.01	mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	w <sub>k</sub>	-	mm	



LINEA AC: TORINO - VENEZIA

NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO  
Viabilità NV03 - Nuova viabilità di collegamento corso della Vittoria e Via delle Rosette

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00	D 11 CL	NV 03 00 001	A	39 di 39

## 9 INCIDENZE

Il valore dell'incidenza di armatura lenta viene di seguito indicato:

Sezione circolare

**85 kg/mc**

## 10 CONCLUSIONI

Con la presente relazione si è proceduto al progetto e alla verifica del tombino circolare allo stato limite ultimo e allo stato limite di esercizio.

Le verifiche strutturali rispettano le indicazioni delle Normative tecniche di riferimento.