

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J84H17000930009

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

**RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA
TRATTA PIADENA - MANTOVA**

ID - IN - OPERE IDRAULICHE DI ATTRAVERSAMENTO STRADALE

IN - Tombini stradali

Relazione di calcolo tombini stradali

SCALA:

-

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

N M 2 5 0 3 D 2 6 C L I N 0 0 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Prima Emissione	G. Coppa 	Aprile 2020	M. Rigo 	Aprile 2020	M. Berlingieri 	Aprile 2020	A. Perego



File: NM2503D26CLIN0000001A.doc

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
2.1	NORMATIVA.....	4
3	UNITÀ DI MISURA	5
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	6
4.1	CALCESTRUZZO	6
4.2	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO	6
4.3	DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI	7
4.4	COPRIFERRO MINIMO E COPRIFERRO NOMINALE	7
5	PARAMETRI SISMICI	8
6	PARAMETRI GEOTECNICI	10
7	CRITERI DI CALCOLO.....	11
7.1	METODOLOGIA ADOTTATA	11
7.2	MODALITÀ DI POSA IN OPERA.....	12
7.3	DETERMINAZIONE DELLE AZIONI SULLE TUBAZIONI INTERRATE	14
	7.3.1 Azione verticale dovuta al terreno di rinterro	14
	7.3.2 Azione verticale dovuta ai sovraccarichi mobili	14
	7.3.3 Carico dovuto alla massa d'acqua contenuta nel tubo	17
	7.3.4 Carico dovuto alla pressione idrostatica esterna.....	17
7.4	VERIFICA TUBAZIONE RIGIDA SLU	17
8	RISULTATI	18
8.1	PREMESSA.....	18
8.2	VERIFICHE TOMBINI Φ 1500.....	19
9	CONDIZIONI SISMICHE	25

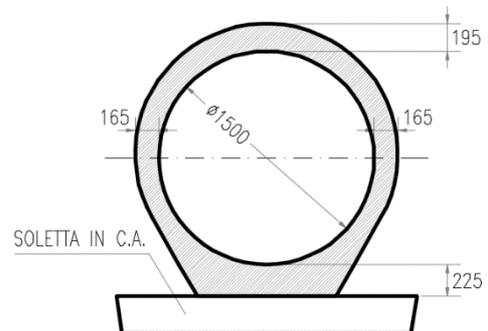
1 PREMESSA

La presente relazione è relativa al calcolo dei tombini stradali circolari Ø1500, previsti nell'ambito della progettazione definitiva del Raddoppio Ferroviario Codogno-Cremona-Mantova, tratta Piadena-Mantova.

Il tombino è costituito da tubi in calcestruzzo armato vibrocompresso, dotati di bicchiere esterno di diametro interno 1500 mm.

TUBI DN 1500

Spessore in chiave	195 mm
Spessore alle imposte	165 mm
Spessore arco rovescio	225 mm



Si rimanda agli elaborati grafici per ulteriori dettagli.

Le strutture sono progettate coerentemente con quanto previsto dalla normativa vigente, Norme Tecniche delle Costruzioni 2018 e Circolare Applicativa.

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Normativa

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

- LEGGE n. 1086 05.11.1971: “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: “*Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni»*”, G.U. Serie Generale n.42 del 20.02.2008, Supplemento Ordinario n.8.
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7 ” Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”;
- RFI DTC SI MA IFS 001 C del 21.12.2018 - “*Manuale di progettazione delle opere civili*”.
- RFI DTC SI AM MA IFS 001 B del 21.12.2018 - “Manuale di progettazione delle opere civili – Sezione 1 - Ambiente”.
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 C del 21.12.2018 - “Manuale di progettazione delle opere civili – Sezione 2 – Ponti e Strutture”.
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 C del 21.12.2018 - “Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili”.
- UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- UNI EN 1992-1-1 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo”;
- UNI EN 206-1-2016: Calcestruzzo. “Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019.

3 UNITÀ DI MISURA

Le unità di misura usate nella presente relazione sono:

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

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

4.1 Calcestruzzo

Per la realizzazione del tombino, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza 30/37 ($R_{ck} \geq 37.00 \text{ N/mm}^2$) che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica)

$$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 30.71 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza media a compressione

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 38.71 \quad \text{N/mm}^2$$

Modulo elastico

$$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 33019 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza di calcolo a compressione

$$f_{cd} = a_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \times f_{ck} / 1.5 = 17.40 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza a trazione media

$$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 2.94 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza a trazione

$$f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.06 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza a trazione di calcolo

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.37 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza a compressione (comb. Rara)

$$\sigma_c = 0.55 \times f_{ck} = 16.89 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)

$$\sigma_c = 0.40 \times f_{ck} = 12.28 \quad \text{N/mm}^2$$

Calcestruzzo per magrone

Classe di resistenza = C12/15

4.2 Acciaio per cemento armato

Tipo B450 (controllato in stabilimento)

5 PARAMETRI SISMICI

Per la definizione dell'azione sismica occorre definire il periodo di riferimento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato. La vita nominale (V_N) dell'opera è stata assunta pari a 50 anni. La classe d'uso assunta è la II. Il periodo di riferimento (V_R) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso, vale:

$$V_R = V_N \times C_u = 50 \times 1 = 50 \text{ anni.}$$

Il valore di probabilità di superamento del periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente, è:

$$P_{VR} \text{ (SLV)} = 10\%.$$

Il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R espresso in anni vale:

$$T_R \text{ (SLV)} = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = 475 \text{ anni}$$

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite le tabelle riportate nell'Allegato B della norma o tramite la mappatura messa a disposizione in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), è possibile definire i valori di a_g , F_0 , T^*c :

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

F_0 → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T^*c → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

S → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_t);

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico (N.T.C. par. 7.11.6). In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

Le spinte delle terre, considerando lo scatolare una struttura rigida e priva di spostamenti (NTC par. 7.11.6.2.1 e EC8-5 par.7.3.2.1), sono calcolate in regime di spinta a riposo, condizione che comporta il calcolo delle spinte in condizione sismica con l'incremento dinamico di spinta del terreno calcolato secondo la formula di Wood:

$$\Delta P_d = S a_g / g \gamma h_{tot}^2$$

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per le accelerazioni sismiche massime attese al suolo, considerando la componente verticale agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli.

Si assumono i parametri sismici più cautelativi corrispondenti al tratto A3, individuato dalla "Relazione geotecnica generale" dal km 82+000 al km 89+731 con il punto P4:

Latitudine = 45.159632

Longitudine = 10.784886

ag = 0.116 g

F0 = 2.565;

T*c = 0.306 s;

S = 1.50

a_{max}(g) = 0.177

Il sottosuolo su cui insiste l'opera ricade in categoria sismica "C" e categoria topografica "T1". I coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica risultano quindi:

S_S = 1.50;

S_T = 1.0.

Risulta quindi:

a_{max} = 1.351 m/s²;

k_h = 0.138;

k_v = ±0.069.

6 PARAMETRI GEOTECNICI

Per i tombini in esame si applica la stratigrafia maggiormente rappresentativa, ovvero quella che interessa la viabilità NV23, essendo quella in cui ricadono il maggior numero di opere:

Le caratteristiche geotecniche del terreno in situ, in accordo con Relazione Geotecnica sono di seguito riportati:

UNITA'		Ws1	Wa1	WRa1	WRs2	WRa2	Rs1	Rma	
Stratigrafia	DA	[m P.C.]	0.0	1.5	5.0	8.0	12.0	14.5	17.0
	A	[m P.C.]	1.5	5.0	8.0	12.0	14.5	17.0	20.0
Parametri di resistenza	γ_n	[kN/m ³]	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0
	φ'	[°]	34.0	25.0	27.0	33.0	25.0	33.0	25.0
	c'	[kPa]	0	0	0	0	0	0	0
	c_u	[kPa]	-	80	60	-	60	-	75
Parametri di deformabilità	G_0	[MPa]	40.0	60.0	60.0	80.0	60.0	95.0	75.0
	E_{op2}	[MPa]	20.0	30.0	30.0	40.0	30.0	47.0	37.0
	OCR	[-]	-	3.0	3.0	-	2.000	-	1.0
	CR	[-]	-	0.180	0.180	-	0.160	-	-
	RR	[-]	-	0.036	0.036	-	0.032	-	-
	C_{ae}	[%]	-	0.120	0.120	-	0.150	-	-
	k_v (*)	[m/s]	2.00E-07	5.00E-08	5.00E-08	5.00E-07	1.00E-08	5.00E-07	1.50E+01

Tabella 1: Caratterizzazione geotecnica

I parametri geotecnici impiegati per il rilevato stradale sono:

$\gamma = 19.00 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0.00 \text{ kPa}$	coesione drenata

Si considera la falda applicata a intradosso fondazione.

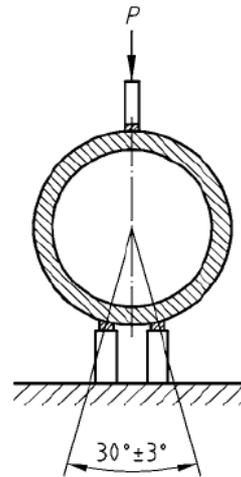
7 CRITERI DI CALCOLO

7.1 Metodologia adottata

Le norme UNI EN 1916 prevedono che i tubi vengano qualificati da punto di vista della resistenza meccanica attraverso la classe di resistenza valuta mediante una prova sperimentale in cui si applica una forza concentrata sulla sommità del tubo, la classe del tubo viene valuta mediante la seguente espressione:

$$K = P/DN$$

In cui DN = diametro del tubo



Nelle condizioni reali il tubo si verrà a trovare in situazioni abbastanza differenti da quelle ipotizzate nella prova. In particolare nel caso di tubi interrati i carichi sulla volta saranno di tipo distribuito e lateralmente il terreno presente eserciterà una azione di confinamento.

La classe di resistenza minima per la scelta del tubo è quella che determina un carico di resistenza maggiore di quello di progetto calcolato.

Il carico totale dovuto al rinterro ed al carico mobile stradale relativo ad un carico di 1° categoria viene amplificato da un coefficiente di sicurezza per determinare il carico di progetto e quindi la classe di resistenza del tubo.

Tale valore viene specificato nella norma Europea ed anche in quella italiana pari a 1.5. Pertanto se il calcolo dei tubi armati viene fatto con riferimento alla fessurazione il coefficiente di sicurezza viene posto uguale ad 1 mentre se il calcolo viene fatto con riferimento al carico di collasso il coefficiente di sicurezza diventa pari a 1.5.

La struttura ad anello opera in regime di presso - flessione e taglio ed è sollecitata dai carichi esterni (peso proprio, rinterro e carichi accidentali), dal carico idraulico e dalle reazioni del terreno che la struttura mobilita.

In funzione del diametro della tubazione e del rapporto interattivo dell'anello col terreno, i tubi assumono un comportamento rigido o flessibile.

Per stabilire il comportamento della condotta, in riferimento alla norma UNI 7517/76, si valuta il coefficiente o modulo di elasticità in sito come segue:

$$n = \frac{E_{\text{terreno}}}{E_{\text{tubazione}}} \cdot \left(\frac{r}{s}\right)^3$$

- E_{terreno} = modulo di elasticità del terreno;

- $E_{\text{tubazione}}$ = modulo di elasticità del materiale costituente la tubazione;

- r = raggio medio della tubazione $r = \frac{D-s}{2}$

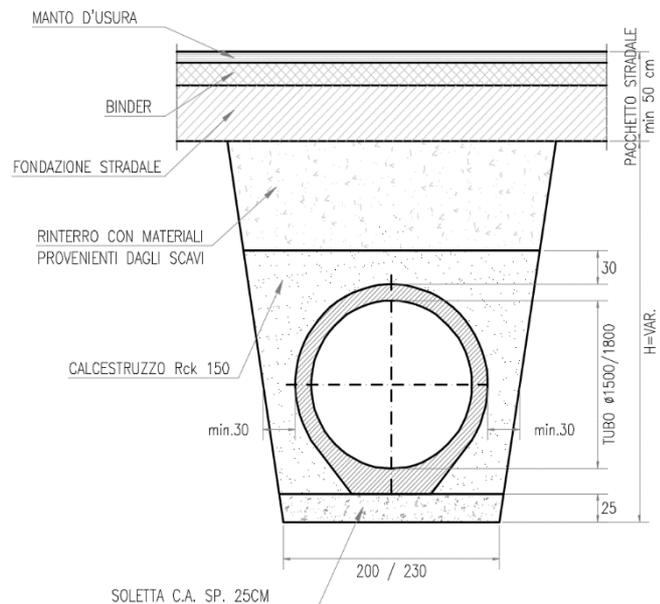
- s = spessore della tubazione.

la tubazione interrata risulta flessibile o deformabile se risulta $n \geq 1$

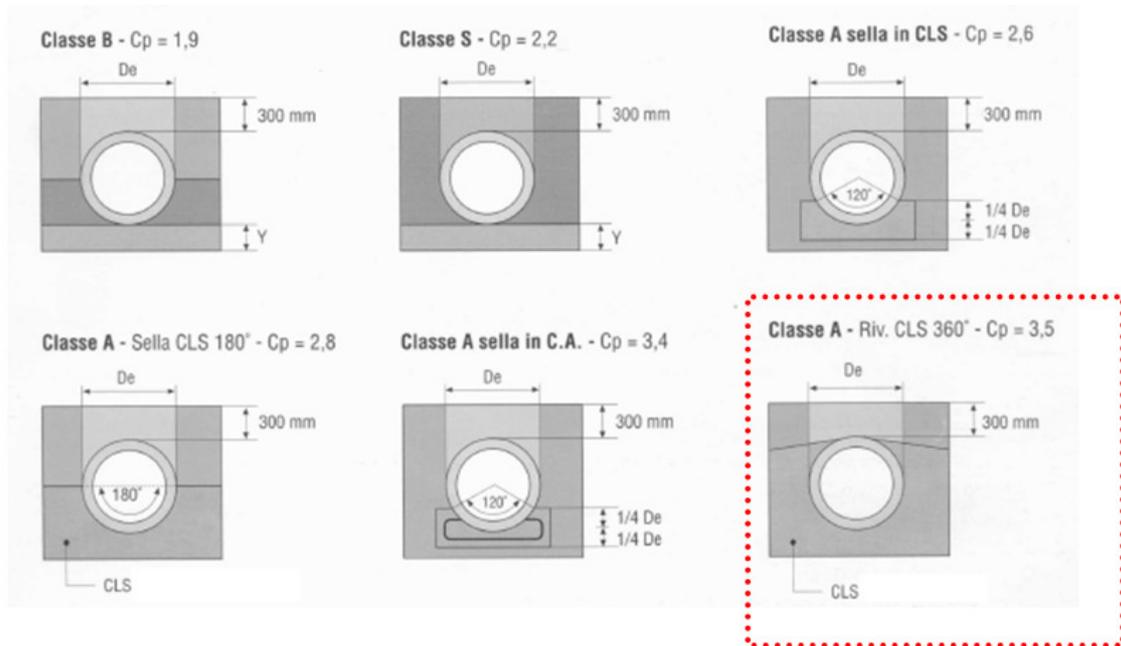
I tubi in conglomerato cementizio appartengono generalmente alla categoria dei tubi rigidi ed il criterio di verifica da utilizzare è quello che fa capo al massimo carico di rottura. Poiché i tubi rigidi favoriscono la concentrazione dei carichi sulle generatrici superiore e inferiore, la resistenza del sistema tubo rigido - terreno dipende in maniera notevole dall'apertura dell'angolo del letto d'appoggio.

7.2 Modalità di posa in opera

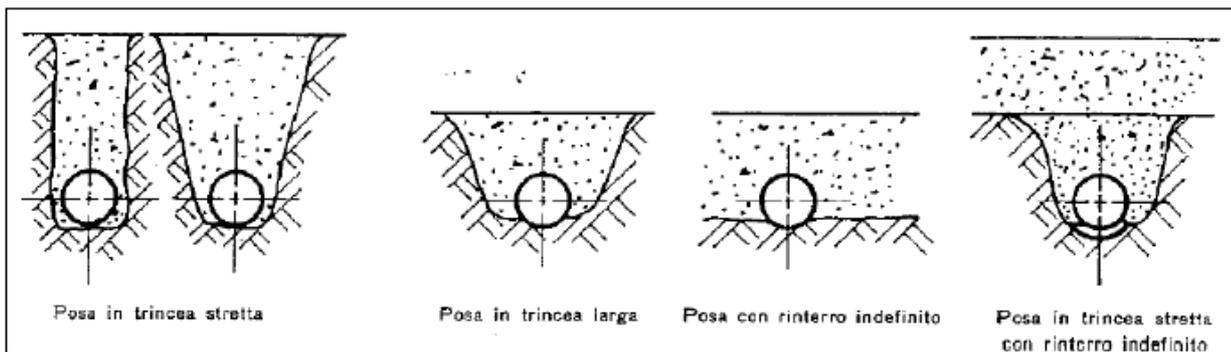
Il tubo viene posato in uno scavo a sezione obbligata su una soletta in calcestruzzo C28/35 armato avente spessore pari a 25 cm e rinfiancato con calcestruzzo magro C12/15 fino al completo ricoprimento con almeno 30 cm di spessore in chiave.



Tale modalità di posa determina un coefficiente di posa $CP=3.5$ come di seguito specificato:



Per quanto riguarda le condizioni di posa si distinguono 4 differenti situazioni, schematicamente rappresentate di seguito:



La condizione di posa in trincea stretta si ha quando è verificata una delle due seguenti relazioni:

- | | |
|---------------------------------|--|
| $H \geq 1,5B$ per $B \leq 2D$ | <ul style="list-style-type: none"> - D diametro esterno della tubazione, - B larghezza della trincea di scavo in corrispondenza della generatrice superiore del tubo |
| $H \geq 3,5B$ per $2D < B < 3D$ | <ul style="list-style-type: none"> - H l'altezza del ricoprimento sopra tale generatrice. |

La larghezza raccomandata è $B \approx D + 0,5$ m.

7.3 Determinazione delle azioni sulle tubazioni interrato

7.3.1 Azione verticale dovuta al terreno di rinterro

Per tubi rigidi ($n < 1$) in trincea stretta, l'azione W_c del terreno di ricoprimento, sempre per unità di lunghezza di tubazione, è data dalla:

$$W_c = c_t \cdot \gamma_t \cdot B^2$$

in cui γ_t è il peso specifico del terreno di rinterro e c_t un coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea stretta, funzione del rapporto H/B , dell'angolo di attrito interno del rinterro φ e dell'angolo d'attrito φ' tra il rinterro ed il terreno naturale;

$$c_t = \frac{1 - e^{-2k \left(\frac{H}{B}\right) \tan(\varphi')}}{2k \tan(\varphi')} \quad k = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

Per tubi rigidi ($n < 1$) in trincea larga, l'azione W_c del terreno di ricoprimento, sempre per unità di lunghezza di tubazione, è data dalla:

$$W_c = C_e \cdot \gamma_t \cdot D^2$$

C_e un è il coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea larga dipendente da H/D e calcolato come:

$$\begin{aligned} C_e &= 0,1 + 0,85 \cdot (H/D) + 0,33 \cdot (H/D)^2 && \text{per } H/D \leq 2,66 \\ C_e &= 0,1 + 1,68 \cdot (H/D) && \text{per } H/D > 2,66 \end{aligned}$$

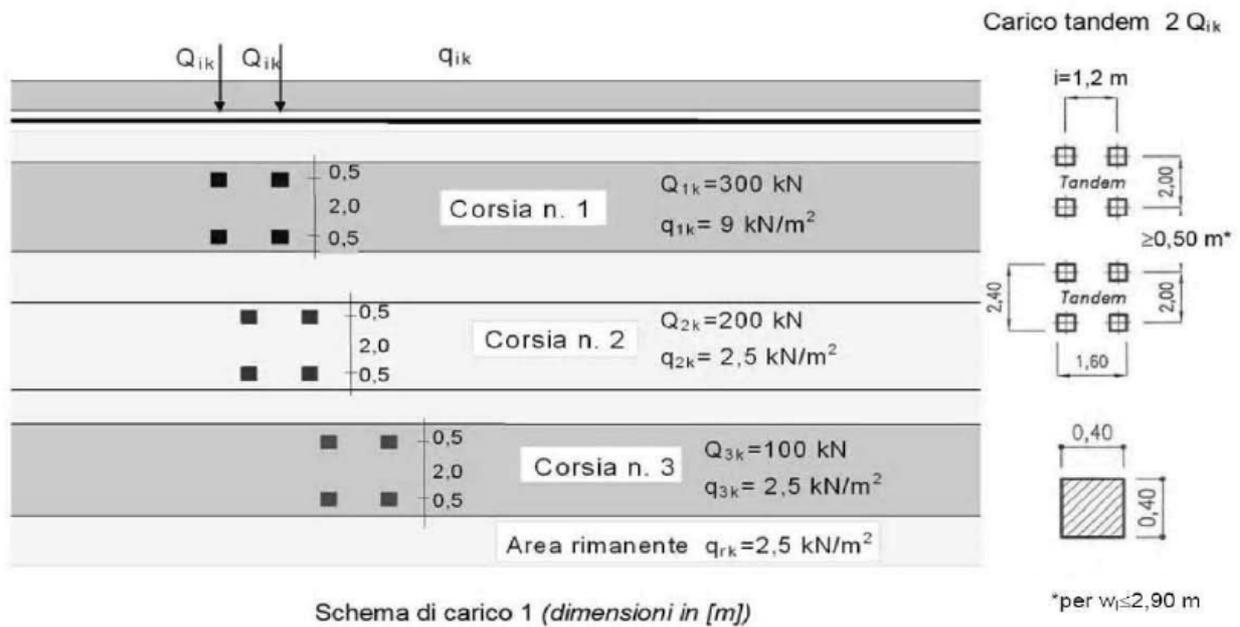
D è il diametro esterno del tubo.

7.3.2 Azione verticale dovuta ai sovraccarichi mobili

Si distinguono due tipi di sovraccarichi mobili applicati con modalità dinamica fattorizzando per un coefficiente di amplificazione $\varphi = 1 + 0.3 H$ valido per strade e autostrade :

- sovraccarichi concentrati;
- sovraccarichi distribuiti.

Con riferimento al D.M. 17-01-2018, si considerano le azioni variabili da traffico gravanti sul piano contenente la generatrice superiore del tubo secondo lo “schema di carico 1” per i ponti di prima categoria, di seguito rappresentato:



Tali carichi vengono posizionati ortogonalmente all’asse longitudinale dell’opera, ripartendoli sia in direzione longitudinale che trasversale, assumendo i seguenti angoli di diffusione:

- Diffusione 1:1 attraverso il pacchetto stradale e le strutture in cemento armato
- Diffusione 1:4 nel terreno di ricoprimento.

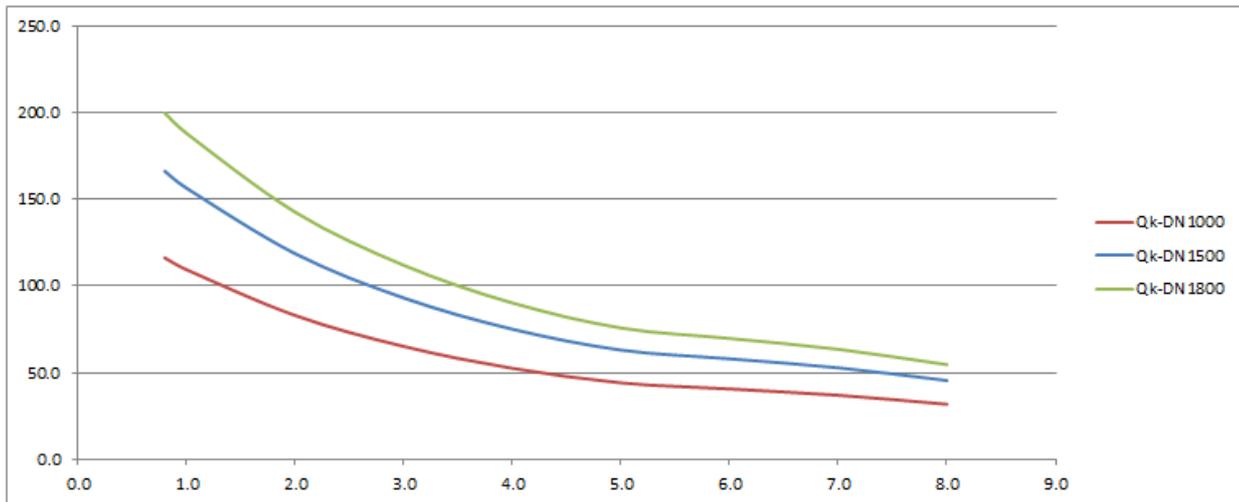
Per quanto riguarda il carico tandem, quale base collaborante, si considerano le dimensioni d’ingombro (2,40 x 1,60 mt) aumentate dello spessore di diffusione attraverso i vari strati attraversati.

Sulla base di quanto esposto si riporta, informa tabulare e grafica, la variabilità del carico agente in corrispondenza della generatrice superiore del tubo in funzione dell’altezza H del rinterro e del diametro DN (interno) dei tubi utilizzati:

CARICHI MOBILI CONCENTRATI Q_k (TANDEM) - DN1500

Q.ta gen. Sup. H m	Tandem : kN	A m	L m	fatt. incidenza	Tandem : kN	A m	L m	fatt. incidenza	Tandem : kN	A m	L m	fatt. incidenza	Carico kN/m ²	D est. m	Carico kN/m
0.8	600	2.75	4.00	1.00	400	2.75	4.00	1.00	200	2.75	4.00	0.00	90.9	1.83	166.4
1.0	600	2.85	4.10	1.00	400	2.85	4.10	1.00	200	2.85	4.10	0.00	85.6	1.83	156.6
2.0	600	3.35	4.60	1.00	400	3.35	4.60	1.00	200	3.35	4.60	0.00	64.9	1.83	118.8
3.0	600	3.85	5.10	1.00	400	3.85	5.10	1.00	200	3.85	5.10	0.00	50.9	1.83	93.2
4.0	600	4.35	5.60	1.00	400	4.35	5.60	1.00	200	4.35	5.60	0.00	41.1	1.83	75.1
5.0	600	4.85	6.10	1.00	400	4.85	6.10	1.00	200	4.85	6.10	0.10	34.5	1.83	63.1
6.0	600	5.35	6.60	1.00	400	5.35	6.60	1.00	200	5.35	6.60	0.60	31.7	1.83	58.0
7.0	600	5.85	7.10	1.00	400	5.85	7.10	1.00	200	5.85	7.10	1.00	28.9	1.83	52.9
8.0	600	6.35	7.60	1.00	400	6.35	7.60	1.00	200	6.35	7.60	1.00	24.9	1.83	45.5

VARIAZIONE DELLA DIFFUSIONE DEI CARICHI CONCENTRATI SULLA GENERATRICE SUPERIORE DEL TUBO IN FUNZIONE DELL'ALTEZZA RICOPRIMENTO

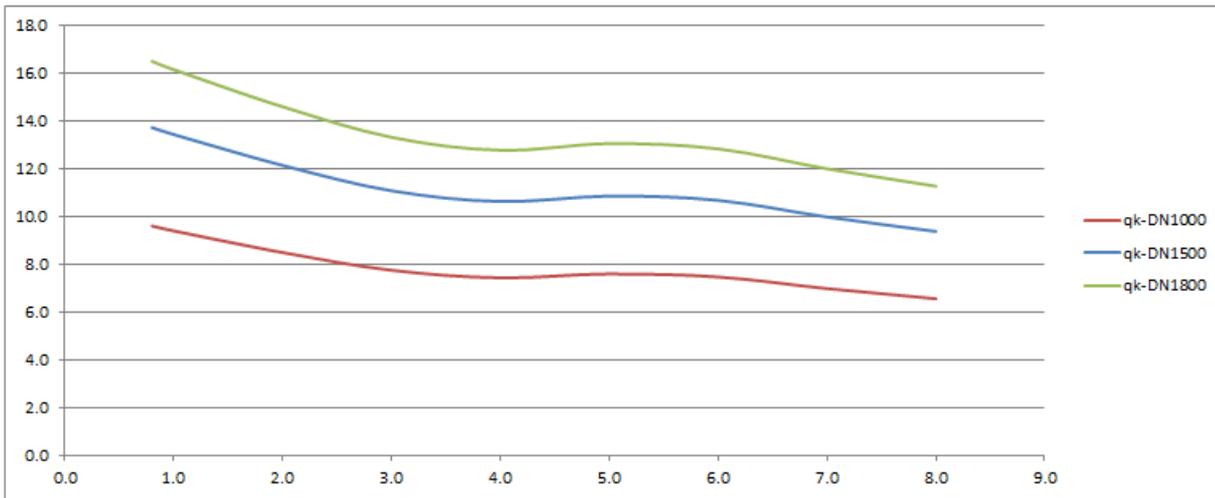


[m, kN/m]

CARICHI MOBILI UNIFORMEMENTE DISTRIBUITI q_k - DN1500

Q.ta gen. Sup. H m	qk 1 kN/m	D est. m	A m	fatt. incidenza	qk 2 kN/m	D est. m	A m	fatt. incidenza	qk 3 kN/m	D est. m	A m	fatt. incidenza	Carico kN/m
0.8	27	1.83	4.60	1.00	7.5	1.83	4.60	1.00	7.5	1.83	4.60	0.00	13.7
1.0	27	1.83	4.70	1.00	7.5	1.83	4.70	1.00	7.5	1.83	4.70	0.00	13.4
2.0	27	1.83	5.20	1.00	7.5	1.83	5.20	1.00	7.5	1.83	5.20	0.00	12.1
3.0	27	1.83	5.70	1.00	7.5	1.83	5.70	1.00	7.5	1.83	5.70	0.00	11.1
4.0	27	1.83	6.20	1.00	7.5	1.83	6.20	1.00	7.5	1.83	6.20	0.20	10.6
5.0	27	1.83	6.70	1.00	7.5	1.83	6.70	1.00	7.5	1.83	6.70	0.70	10.9
6.0	27	1.83	7.20	1.00	7.5	1.83	7.20	1.00	7.5	1.83	7.20	1.00	10.7
7.0	27	1.83	7.70	1.00	7.5	1.83	7.70	1.00	7.5	1.83	7.70	1.00	10.0
8.0	27	1.83	8.20	1.00	7.5	1.83	8.20	1.00	7.5	1.83	8.20	1.00	9.4

VARIAZIONE DELLA DIFFUSIONE DEI CARICHI DISTRIBUITI SULLA GENERATRICE SUPERIORE DEL TUBO IN FUNZIONE DELL'ALTEZZA RICOPRIMENTO



[m, kN/m]

7.3.3 Carico dovuto alla massa d'acqua contenuta nel tubo

Il carico verticale sulla generatrice del tubo, dovuto alla massa dell'acqua contenuta nel tubo riempito per tre quarti, si calcola secondo la formula:

Dove:

$$P_a = 5.89 \text{ DN}^2$$

P_a è il carico in kN/m

DN è il diametro interno del tubo in m

7.3.4 Carico dovuto alla pressione idrostatica esterna

Nei casi esaminati la profondità della falda è tale da non generare carichi di questo tipo.

7.4 Verifica tubazione rigida SLU

Per la verifica, il rapporto "n" tra il carico resistente P_{ed} ed il carico totale P_{tot} dovrà risultare maggiore o uguale al coefficiente di sicurezza μ posto pari a 1.5:

$$P_{ed} = CP \cdot Q_0 \cdot D$$

$$P_{tot} = W_c + (P'_{vc} + P_{vd}) \cdot \psi + P_a$$

essendo Q_0 la classe di resistenza del tubo espressa in kN/m².

8 RISULTATI

8.1 Premessa

Nelle verifiche si farà riferimento a varie altezze di ricoprimento (H) per ogni diametro dei tubi utilizzato, in tal modo si intende involuppare tutta la casistica prevista in progetto.

Le altezze H considerate sono le seguenti.

Tombini DN 1500

ricopr. Minimo	0.8	m
ricopr. Interm.	2.0	m
ricopr. Interm.	3.0	m
ricopr. Interm.	5.0	m
ricopr. Interm.	6.0	m
ricopr. Interm.	7.0	m

8.2 Verifiche tombini $\Phi 1500$

DN 1500		H = 800	
DN	1500 mm		Diametro nominale tubazione (diametro interno)
s =	165 mm		Spessore tubo (minimo)
D =	1830 mm		Diametro esterno tubazione
$E_{terr.} =$	80 MPa		Modulo Elastico Terreno [Mpa]
$E_{tubo} =$	33346 MPa		Modulo Elastico Tubo [Mpa] - CLS
n =	0.31		TUBO RIGIDO
$\rho =$	20 KN/m ³		Peso specifico del terreno di ricoprimento
$\varphi =$	34.0 °		Angolo di attrito del rinterro
$\delta =$	22.6 °		Angolo d'attrito terreno tubazione
K =	0.2827		Coefficiente di spinta attiva
H =	800 mm		Ricoprimento minimo del tubo dalla generatrice superiore
Tipo rinterro	indefinito		Normale - Indefinito
B =	2700 mm		Larghezza della trincea alla generatrice superiore del tubo
H/B =	0.296		Rapporto per la determinazione del tipo di trincea

TRINCEA LARGA

H/D =	0.437	Rapporto per la determinazione di Ct
C_t (o C_e) =	0.535	coefficiente di carico del terreno
$W_{c,min} =$	29.3 KN/m	Carico verticale di ricoprimento minimo
$W_c =$	35.8 KN/m	Carico verticale rinterro
$P'_{vc} =$	166.4 KN/m	Carico Mobile "Qk" sulla generatrice superiore
$P_{vd} =$	13.7 KN/m	Carico Mobile "qk" sulla generatrice superiore
$\psi =$	1.3750	Coefficiente di incremento dinamico stradale
$P_s =$	13.3 KN/m	Carico acqua interna
$Q_{tot} =$	296.7 KN/m	Carico totale
$Q_o =$	100 KN/m ²	Classe di resistenza del tubo (certificata dal produttore)
$\mu =$	1.5	Coefficiente di sicurezza
CP =	3.5	Coefficiente di posa (Dipendente dal tipo di appoggio)
$P_{rd} =$	640.5 KN/m	Carico resistente
n =	✓ 2.159	Coefficiente di sicurezza $n > \mu$

DN1500		H =2000	
DN	1500 mm	<i>Diametro nominale tubazione (diametro interno)</i>	
s =	165 mm	<i>Spessore tubo (minimo)</i>	
D =	1830 mm	<i>Diametro esterno tubazione</i>	
E _{terr.} =	80 MPa	<i>Modulo Elastico Terreno [Mpa]</i>	
E _{tubo} =	33346 MPa	<i>Modulo Elastico Tubo [Mpa] - CLS</i>	
n =	0.31	TUBO RIGIDO	
ρ =	20 KN/m ³	<i>Peso specifico del terreno di ricoprimento</i>	
φ =	34.0 °	<i>Angolo di attrito del rinterro</i>	
δ =	22.6 °	<i>Angolo d'attrito terreno tubazione</i>	
K =	0.2827	<i>Coefficiente di spinta attiva</i>	
H =	2000 mm	<i>Ricoprimento minimo del tubo dalla generatrice superiore</i>	
Tipo rinterro	indefinito	<i>Normale - Indefinito</i>	
B =	2700 mm	<i>Larghezza della trincea alla generatrice superiore del tubo</i>	
H/B =	0.741	<i>Rapporto per la determinazione del tipo di trincea</i>	

TRINCEA LARGA

H/D =	1.093	<i>Rapporto per la determinazione di Ct</i>
C _t (o C _e) =	1.423	<i>coefficiente di carico del terreno</i>
W _{c,min} =	73.2 KN/m	<i>Carico verticale di ricoprimento minimo</i>
W _c =	95.3 KN/m	<i>Carico verticale rinterro</i>
P' _{vc} =	118.8 KN/m	<i>Carico Mobile "Qk" sulla generatrice superiore</i>
P _{vd} =	12.1 KN/m	<i>Carico Mobile "qk" sulla generatrice superiore</i>
ψ =	1.1500	<i>Coefficiente di incremento dinamico stradale</i>
P _a =	13.3 KN/m	<i>Carico acqua interna</i>
Q _{tot} =	259.1 KN/m	<i>Carico totale</i>
Q ₀ =	100 KN/m ²	<i>Classe di resistenza del tubo (certificata dal produttore)</i>
μ =	1.5	<i>Coefficiente di sicurezza</i>
CP =	3.5	<i>Coefficiente di posa (Dipendente dal tipo di appoggio)</i>
P _{rd} =	640.5 KN/m	<i>Carico resistente</i>
n =	✓ 2.472	<i>Coefficiente di sicurezza n > μ</i>

DN1500		H =3000	
DN	1500 mm	<i>Diametro nominale tubazione (diametro interno)</i>	
s =	165 mm	<i>Spessore tubo (minimo)</i>	
D =	1830 mm	<i>Diametro esterno tubazione</i>	
E _{terr.} =	80 MPa	<i>Modulo Elastico Terreno [Mpa]</i>	
E _{tubo} =	33346 MPa	<i>Modulo Elastico Tubo [Mpa] - CLS</i>	
n =	0.31	TUBO RIGIDO	
ρ =	20 KN/m ³	<i>Peso specifico del terreno di ricoprimento</i>	
φ =	34.0 °	<i>Angolo di attrito del rinterro</i>	
δ =	22.6 °	<i>Angolo d'attrito terreno tubazione</i>	
K =	0.2827	<i>Coefficiente di spinta attiva</i>	
H =	3000 mm	<i>Ricoprimento minimo del tubo dalla generatrice superiore</i>	
Tipo rinterro	indefinito	<i>Normale - Indefinito</i>	
B =	2700 mm	<i>Larghezza della trincea alla generatrice superiore del tubo</i>	
H/B =	1.111	<i>Rapporto per la determinazione del tipo di trincea</i>	

TRINCEA LARGA

H/D =	1.639	<i>Rapporto per la determinazione di Ct</i>
C _t (o C ₂) =	2.380	<i>coefficiente di carico del terreno</i>
W _{c,min} =	109.8 KN/m	<i>Carico verticale di ricoprimento minimo</i>
W _c =	159.4 KN/m	<i>Carico verticale rinterro</i>
P' _{vc} =	93.2 KN/m	<i>Carico Mobile "Qk" sulla generatrice superiore</i>
P _{vd} =	11.1 KN/m	<i>Carico Mobile "qk" sulla generatrice superiore</i>
ψ =	1.1000	<i>Coefficiente di incremento dinamico stradale</i>
P _s =	13.3 KN/m	<i>Carico acqua interna</i>
Q _{tot} =	287.4 KN/m	<i>Carico totale</i>
Q ₀ =	100 KN/m ²	<i>Classe di resistenza del tubo (certificata dal produttore)</i>
μ =	1.5	<i>Coefficiente di sicurezza</i>
CP =	3.5	<i>Coefficiente di posa (Dipendente dal tipo di appoggio)</i>
P _{rd} =	640.5 KN/m	<i>Carico resistente</i>
n =	✓ 2.229	<i>Coefficiente di sicurezza n > μ</i>

DN1500		H =5000	
DN	1500 mm	<i>Diametro nominale tubazione (diametro interno)</i>	
s =	165 mm	<i>Spessore tubo (minimo)</i>	
D =	1830 mm	<i>Diametro esterno tubazione</i>	
E _{terr.} =	80 MPa	<i>Modulo Elastico Terreno [Mpa]</i>	
E _{tubo} =	33346 MPa	<i>Modulo Elastico Tubo [Mpa] - CLS</i>	
n =	0.31	TUBO RIGIDO	
ρ =	20 KN/m ³	<i>Peso specifico del terreno di ricoprimento</i>	
φ =	34.0 °	<i>Angolo di attrito del rinterro</i>	
δ =	22.6 °	<i>Angolo d'attrito terreno tubazione</i>	
K =	0.2827	<i>Coefficiente di spinta attiva</i>	
H =	5000 mm	<i>Ricoprimento minimo del tubo dalla generatrice superiore</i>	
Tipo rinterro	indefinito	<i>Normale - Indefinito</i>	
B =	2700 mm	<i>Larghezza della trincea alla generatrice superiore del tubo</i>	
H/B =	1.852	<i>Rapporto per la determinazione del tipo di trincea</i>	

TRINCEA STRETTA

H/D =	2.732	<i>Rapporto per la determinazione di Ct</i>
C _t (o C _e) =	1.502	<i>coefficiente di carico del terreno</i>
W _{c,min} =	183.0 KN/m	<i>Carico verticale di ricoprimento minimo</i>
W _c =	183.0 KN/m	<i>Carico verticale rinterro</i>
P' _{vc} =	63.1 KN/m	<i>Carico Mobile "Qk" sulla generatrice superiore</i>
P _{vd} =	10.9 KN/m	<i>Carico Mobile "qk" sulla generatrice superiore</i>
ψ =	1.0600	<i>Coefficiente di incremento dinamico stradale</i>
P _s =	13.3 KN/m	<i>Carico acqua interna</i>
Q _{tot} =	274.7 KN/m	<i>Carico totale</i>
Q ₀ =	100 KN/m ²	<i>Classe di resistenza del tubo (certificata dal produttore)</i>
μ =	1.5	<i>Coefficiente di sicurezza</i>
CP =	3.5	<i>Coefficiente di posa (Dipendente dal tipo di appoggio)</i>
P _{rd} =	640.5 KN/m	<i>Carico resistente</i>
n =	✓ 2.332	<i>Coefficiente di sicurezza n > μ</i>

DN1500		H =6000	
DN	1500 mm	Diametro nominale tubazione (diametro interno)	
s =	165 mm	Spessore tubo (minimo)	
D =	1830 mm	Diametro esterno tubazione	
E _{terr.} =	80 MPa	Modulo Elastico Terreno [Mpa]	
E _{tubo} =	33346 MPa	Modulo Elastico Tubo [Mpa] - CLS	
n =	0.31	TUBO RIGIDO	
ρ =	20 KN/m ³	Peso specifico del terreno di ricoprimento	
φ =	34.0 °	Angolo di attrito del rinterro	
δ =	22.6 °	Angolo d'attrito terreno tubazione	
K =	0.2827	Coefficiente di spinta attiva	
H =	6000 mm	Ricoprimento minimo del tubo dalla generatrice superiore	
Tipo rinterro	indefinito	Normale - Indefinito	
B =	2700 mm	Larghezza della trincea alla generatrice superiore del tubo	
H/B =	2.222	Rapporto per la determinazione del tipo di trincea	

TRINCEA STRETTA

H/D =	3.279	Rapporto per la determinazione di Ct
C _t (o C _z) =	1.731	coefficiente di carico del terreno
W _{c,min} =	219.6 KN/m	Carico verticale di ricoprimento minimo
W _c =	219.6 KN/m	Carico verticale rinterro
P' _{vc} =	58.0 KN/m	Carico Mobile "Qk" sulla generatrice superiore
P _{vd} =	10.7 KN/m	Carico Mobile "qk" sulla generatrice superiore
ψ =	1.0500	Coefficiente di incremento dinamico stradale
P _a =	13.3 KN/m	Carico acqua interna
Q _{tot} =	305.0 KN/m	Carico totale
Q ₀ =	100 KN/m ²	Classe di resistenza del tubo (certificata dal produttore)
μ =	1.5	Coefficiente di sicurezza
CP =	3.5	Coefficiente di posa (Dipendente dal tipo di appoggio)
P _{rd} =	640.5 KN/m	Carico resistente
n =	✓ 2.100	Coefficiente di sicurezza n > μ

DN1500		H =7000	
DN	1500 mm	<i>Diametro nominale tubazione (diametro interno)</i>	
s =	165 mm	<i>Spessore tubo (minimo)</i>	
D =	1830 mm	<i>Diametro esterno tubazione</i>	
E _{terr.} =	80 MPa	<i>Modulo Elastico Terreno [Mpa]</i>	
E _{tubo} =	33346 MPa	<i>Modulo Elastico Tubo [Mpa] - CLS</i>	
n =	0.31	TUBO RIGIDO	
ρ =	20 KN/m ³	<i>Peso specifico del terreno di ricoprimento</i>	
φ =	34.0 °	<i>Angolo di attrito del rinterro</i>	
δ =	22.6 °	<i>Angolo d'attrito terreno tubazione</i>	
K =	0.2827	<i>Coefficiente di spinta attiva</i>	
H =	7000 mm	<i>Ricoprimento minimo del tubo dalla generatrice superiore</i>	
Tipo rinterro	indefinito	<i>Normale - Indefinito</i>	
B =	2700 mm	<i>Larghezza della trincea alla generatrice superiore del tubo</i>	
H/B =	2.593	<i>Rapporto per la determinazione del tipo di trincea</i>	

TRINCEA STRETTA

H/D =	3.825	<i>Rapporto per la determinazione di Ct</i>
C _t (o C ₂) =	1.942	<i>coefficiente di carico del terreno</i>
W _{c,min} =	256.2 KN/m	<i>Carico verticale di ricoprimento minimo</i>
W _c =	256.2 KN/m	<i>Carico verticale rinterro</i>
P' _{vc} =	52.9 KN/m	<i>Carico Mobile "Qk" sulla generatrice superiore</i>
P _{vd} =	10.0 KN/m	<i>Carico Mobile "qk" sulla generatrice superiore</i>
ψ =	1.0429	<i>Coefficiente di incremento dinamico stradale</i>
P _s =	13.3 KN/m	<i>Carico acqua interna</i>
Q _{tot} =	335.0 KN/m	<i>Carico totale</i>
Q ₀ =	100 KN/m ²	<i>Classe di resistenza del tubo (certificata dal produttore)</i>
μ =	1.5	<i>Coefficiente di sicurezza</i>
CP =	3.5	<i>Coefficiente di posa (Dipendente dal tipo di appoggio)</i>
P _{rd} =	640.5 KN/m	<i>Carico resistente</i>
n =	✓ 1.912	<i>Coefficiente di sicurezza n > μ</i>

9 CONDIZIONI SISMICHE

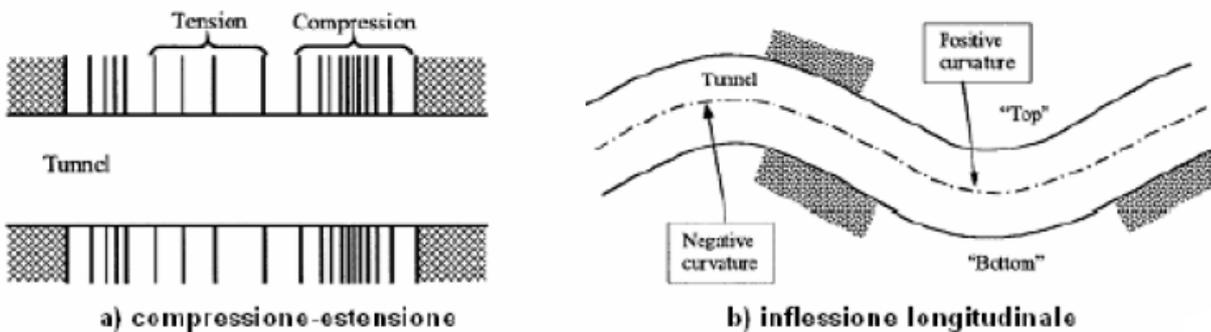
I tombini circolari non risentono in maniera apprezzabile degli effetti dell'azione sismica, soprattutto in considerazione del fatto che in condizioni sismiche non è prevista la concomitanza delle azioni derivanti dai carichi mobili del traffico veicolare.

Nel presente paragrafo si riporta la valutazione degli effetti dell'azione sismica lungo l'asse della canna in termini degli spostamenti relativi in corrispondenza dei giunti. Come già anticipato la canna è suddivisa in conci di tubo prefabbricato che presentano un giunto a bicchiere ogni 2 mt, pertanto il sistema strutturale presenta una discreta capacità a deformarsi nelle direzioni radiali.

In maniera approssimata, ma conservativa, si procede quindi alla valutazione degli effetti delle onde sismiche mediante la seguente relazione, che esprime la curvatura che subisce il terreno per effetto della propagazione delle onde di taglio:

$$X = a_g / V_s^2$$

in cui a_g è l'accelerazione attesa per lo stato limite considerato del terreno e V_s la velocità delle onde S.



Nel casi in esame, trattandosi di suolo di categoria B caratterizzato da un range di valori della velocità delle onde tra 360 m/s e 800 m/s, si assume cautelativamente:

$$V_s = 360 \text{ m/sec}$$

$$a_g = 0.21 \text{ g} \quad (\text{SLV})$$

da cui risulta: $X = 1.62 \text{ E-5 } 1/\text{m}$

Lo spostamento relativo conseguente a tale distorsione tra due giunti posizionati a distanza $L = 2$ mt, per ogni diametro (D) di tubo utilizzato in progetto, vale : $\delta_{\text{rel}} = X * D/2 * L$

$$\Phi 1500 \quad \Rightarrow \quad \delta_{\text{rel}} = 0.024 \text{ mm}$$

Da cui risulta che l'escursione dovuta all'azione sismica tra due giunti consecutivi, per ogni diametro utilizzato, è dell'ordine di centesimi di millimetro, ampiamente compatibile con la capacità deformativa degli stessi.