

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA
Lotto funzionale Brescia-Verona**

PROGETTO ESECUTIVO

IV16 – CAVALCAFERROVIA VIA BRESCIA - PK 108+954,045

Relazione tecnica e di calcolo tombini

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio Cepav due Consorzio Cepav due Il Direttore del Consorzio (Ing. T. Taranta) Data: 29 MAG 2020	Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 2	E	E 2	C L	I V 1 6 C 8	0 0 1	A

PROGETTAZIONE						IL PROGETTISTA	
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista	Data
A	Emissione	Montecroci <i>Roberto Lunini</i>	08/05/20	Piacentini <i>Luca Piacentini</i>	08/05/20	Ing. Roberto Lunini N. 23076	08/05/20
B							
C							

CIG. 751447334A

File: INOR12EE2CLIV16C8001A_10.docx



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

Stampato dal Service
di plottaggio ITALFERR S.p.A.
ALBA S.r.l.

CUP: F81H91000000008

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL IV16 C 8 001

Rev.
A

Foglio
2 di 12

INDICE

1	PREMESSA E DESCRIZIONE DELL'OPERA	3
2	ELABORATI DI RIFERIMENTO	4
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	6
4.1	CALCESTRUZZO	6
4.2	ACCIAIO.....	7
4.2.1	Armature per c.a. – Acciaio B 450 C.....	7
5	TOMBINI CIRCOLARI.....	8
1.1	CARICO DI PROGETTO Q_T	8
1.1.1	Carico da terreno sovrastante ' Q_{ST} '.....	8
1.1.2	Carico da acqua contenuta ' P_w '.....	9
1.1.3	Carico da azioni variabili (carichi mobili) ' P_{vc} '	9
1.1.	CLASSE DI RESISTENZA Q.....	10
1.2.	VERIFICA RICOPRIMENTO MINIMO	11
6	TOMBINO SCATOLARE	12

1 PREMESSA E DESCRIZIONE DELL'OPERA

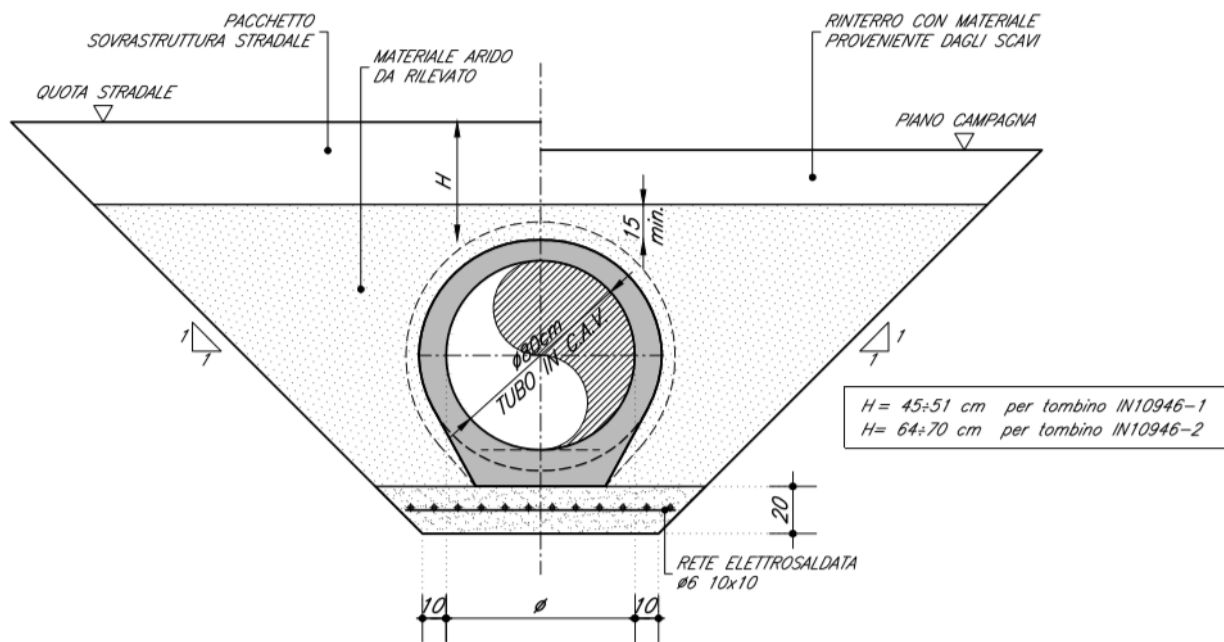
La presente relazione riguarda la verifica statica dei tombini relativi al cavalcaferrovia denominato "Cavalcavia via Brescia - IV16", che sorpassa la futura linea AV/AC Milano-Verona in prossimità della progressiva 108+954,045.

Tali tombini saranno posizionati al di sotto di viabilità di nuova realizzazione, al fine di garantire la continuità delle canalette irrigue ripristinate al seguito dell'intervento sul cavalcavia. Tali manufatti sono denominati, da nord a sud, come di seguito riportato:

- Tombino circolare IN40946-1, DN800
- Tombino circolare IN10946-2, DN800

In figura seguente si riporta la sezione trasversale tipo dei tombini esaminati.

SEZIONE TRASVERSALE TIPO
SCALA 1:25



2 ELABORATI DI RIFERIMENTO

DESCRIZIONE	CODICE
<u>IF00 – ELABORATI DI TRACCIAMENTO LINEA AV/AC</u> RELAZIONE TECNICA DEL TRACCIAMENTO	INOR10EE2ROIF0000001
RB77 – RILEVATO COLLEG. QBSE-AV/AC DA PK 107+684,000 A PK 108+134,000 – PLANIMETRIA DI PROGETTO – TAVOLA 4	INOR12EE2PBRIB700004
<u>IV00 – CAVALCAFERROVIA TIPOLOGICO</u> PRESCRIZIONI MATERIALI E NOTE GENERALI STRADE CATEGORIA F2 – CARPENTERIA IMPALCATO – DETTAGLI	INOR11EE24TV0000001 INOR11EE2BZIV000A5001
<u>IV16 – CAVALCAFERROVIA VIA BRESCIA – PK 108+954,045</u> PIANTA FONDAZIONI E PIANTE IMPALCATO – TAV. 1/2 PIANTA FONDAZIONI E PIANTE IMPALCATO – TAV. 2/2 SEZIONE LONGITUDINALE, PROSPETTO LONGITUDINALE E SEZIONI TRASVERSALI – TAV. 1/2 SEZIONE LONGITUDINALE, PROSPETTO LONGITUDINALE E SEZIONI TRASVERSALI – TAV. 1/2 PIANTA TRACCIAMENTO SOTTOSTRUTTURE E PLINTI DI FONDAZIONE CARPENTERIA SPALLA A CARPENTERIA SPALLA B CARPENTERIA PILE RELAZIONE GEOTECNICA PROFILO STRATIGRAFICO	INOR12EE2P9IV16A0001 INOR12EE2P9IV16A0002 INOR12EE2PZIV16A0001 INOR12EE2PZIV16A0002 INOR12EE2PZIV16A3001 INOR12EE2BZIV16A6001 INOR12EE2BZIV16A6002 INOR12EE2BZIV16A4001 INOR12EE2RBIV1600001 INOR12EE2F6IV1600001
<u>IV00 – RAMPE CAVALCAFERROVIA TIPOLOGICO</u> STRADA DI CATEGORIA F2. SEZIONI TIPO E DETTAGLI. TAVOLA 1/2 STRADA DI CATEGORIA F2. SEZIONI TIPO E DETTAGLI. TAVOLA 2/2 ZONE DI TRANSIZIONE RILEVATO-CAVALCAFERROVIA SEZIONI TIPO VIABILITA' SECONDARIE. PISTE CICLABILI. PARTICOLARI	INOR11EE2WBIV00C0002 INOR11EE2WZIV00C0001 INOR11EE2WBIV00C0001 INOR11EE2BZIV00C9001
<u>IV16 – RAMPE CAVALCAFERROVIA VIA BRESCIA – PK 108+954,045</u> RELAZIONE TECNICA GENERALE RAMPE PLANIMETRIA STATO DI FATTO PLANIMETRIA DI PROGETTO PLANIMETRIA DI TRACCIAMENTO. TAVOLA 1/2 PLANIMETRIA DI TRACCIAMENTO. TAVOLA 2/2 PROFILO LONGITUDINALE. TAVOLA 1/2 PROFILO LONGITUDINALE. TAVOLA 2/2 DIAGRAMMA DI VISUALE LIBERA E VELOCITA' ASSE PRINCIPALE. SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 1/4 ASSE PRINCIPALE. SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 2/4 ASSE PRINCIPALE. SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 3/4 ASSE PRINCIPALE. SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 4/4 ROTATORIA R1. SEZIONI TRASVERSALI RAMI ROTATORIA R1. SEZIONI TRASVERSALI ROTATORIA R2. SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 1/2 ROTATORIA R2. SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 2/2 RAMI ROTATORIA R2. SEZIONI TRASVERSALI PLANIMETRIA SEGNALETICA PLANIMETRIA BARRIERE DI SICUREZZA SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE. RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE. PLANIMETRIA TOMBINO SCATOLARE IN10688. CARPENTERIA, ARMATURA E TRACCIAMENTO TOMBINO CIRCOLARE IN10946. CARPENTERIA, ARMATURA E TRACCIAMENTO MPIANTO DI ILLUMINAZIONE. RELAZIONE ILLUMINOTECNICA E DI CALCOLO MPIANTO DI ILLUMINAZIONE. PLANIMETRIA E PARTICOLARI COSTRUTTIVI MPIANTO DI ILLUMINAZIONE. SCHEMI ELETTRICI	INOR12EE2ROIV16C0001 INOR12EE2P7IV1600001 INOR12EE2P7IV1600002 INOR12EE2P7IV1600003 INOR12EE2P8IV1600001 INOR12EE2F7IV1600001 INOR12EE2F7IV1600002 INOR12EE2D7IV1600001 INOR12EE2W9IV1600001 INOR12EE2W9IV1600002 INOR12EE2W9IV1600003 INOR12EE2W9IV1600004 INOR12EE2W9IV16C0004 INOR12EE2W9IV16C0005 INOR12EE2W9IV16C0001 INOR12EE2W9IV16C0002 INOR12EE2W9IV16C0003 INOR12EE2P7IV160B001 INOR12EE2P7IV160B002 INOR12EE2RIV160B001 INOR12EE2PZIV160B001 INOR12EE2BZIV16C8001 INOR12EE2BZIV16C8002 INOR12EE2ARIV160B001 INOR12EE2PZIV160B001 INOR12EE24AV160B001

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL IV16 C 8 001

Rev.
A

Foglio
5 di 12

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il progetto delle strutture e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore ed in particolare:

- UNI EN 197- 1 giugno 2001 – “Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni
- UNI EN 11104 marzo 2004 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1
- UNI EN 206- 1 ottobre 2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”
- Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale
- UNI 7517 – “Guida per la scelta della classe dei tubi per condotte di amianto-cemento sottoposte a carichi esterni e funzionanti con o senza pressione interna”

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione dell'opera si prevede l'impiego dei materiali indicati nei paragrafi che seguono. Si indicheranno le caratteristiche prestazionali di resistenza minime e, con particolare riferimento ai calcestruzzi, anche le prescrizioni o caratteristiche da assicurare per garantire i requisiti di durabilità.

4.1 Calcestruzzo

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2016 ed UNI 11104:2016.

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale c_{nom} è somma di due contributi, il copriferro minimo c_{min} e la tolleranza di posizionamento h . Vale pertanto: $c_{nom} = c_{min} + h$.

La tolleranza di posizionamento delle armature "h", per le strutture gettate in opera, viene assunta pari ad 5 mm in quanto si prescrive che l'esecuzione sia sottoposta ad un sistema di assicurazione della qualità, nella quale siano incluse le misure dei copriferri.

Si utilizzano i seguenti tipi di calcestruzzo e copriferri minimi.

Per i muri di testata si utilizzano i seguenti tipi di calcestruzzo e copri ferri minimi:

Campi di impiego	Classe di esposizione ambientale	Classe di resistenza minima [$C(f_{ck}/R_{ck})_{min}$]	Classe di resistenza adottata [$C(f_{ck}/R_{ck})_{min}$]	Classe strutturale	Copriferro minimo	Copriferro nominale	Copriferro adottato
					$c_{min,dur}$ (da EC2)	$c_{nom} = c_{min} + h$ (mm)	(mm)
Imbocchi tombini circolari	XA1	C30/37	C32/40	S4	25	30	40

Tabella 4.1 – Classi di cls e copri ferri minimi

In conformità a quanto sopra, le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo utilizzate nell'analisi/verifiche sono le seguenti:

Grandezza		u.m.	C32/40
resistenza caratteristica a compressione	f_{ck}	N/mm ²	32,00
resistenza di progetto a compressione	f_{cd}	N/mm ²	18,13
resistenza caratteristica a trazione	f_{ctk}	N/mm ²	2,12
tensione di aderenza cls-armatura	f_{bd}	N/mm ²	3,18
tensione massima di compressione (comb. rara)	σ_c	N/mm ²	19,20
tensione massima di compressione (comb. quasi perm.)	σ_c	N/mm ²	14,40
modulo elastico medio istantaneo	E_m	N/mm ²	33345

Tabella 4.2 - grandezze meccaniche relative al cls

4.2 Acciaio

4.2.1 Armature per c.a. – Acciaio B 450 C

Si utilizzano per le armature degli elementi in c.a. la seguente tipologia di acciaio:

Acciaio tipo: B450 C Saldabile controllato in stabilimento

In conformità a quanto sopra, le caratteristiche meccaniche dell'acciaio d'armatura utilizzate nell'analisi/verifiche sono le seguenti:

Proprietà		Requisito
Limite di snervamento	f_y	≥ 450 MPa
Limite di rottura	f_t	≥ 540 MPa
Allungamento totale al carico massimo	A_{gt}	$\geq 7.5\%$
Rapporto	f_t/f_y	$1,15 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto	$f_{y \text{ misurato}}/f_{y \text{ nom}}$	$\leq 1,25$

5 TOMBINI CIRCOLARI

Si riportano nel seguito le ipotesi da assumere e la procedura da applicare al fine di determinare la classe di resistenza delle tubature circolari, conformemente a quanto riportato dalla norma UNI 7517.

Con riferimento alla norma suddetta, le ipotesi assunte alla base del calcolo sono:

- tubazione “rigida”;
- tubazione non “in pressione”.

1.1 Carico di progetto Q_T

Le tubazioni risultano assoggettate ai carichi verticali costituiti dal peso del terreno di ricoprimento, dal peso dell’acqua contenuta nello stesso tubo e dai sovraccarichi accidentali.

Il carico di progetto Q_T risulta pertanto definito dalla seguente espressione:

$$Q_T = Q_{st} + P_{vc} + P_w$$

dove:

- Q_{st} = Carico dovuto al rinterro (kN/m)
- P_{vc} = Carico dovuto all’acqua contenuta nel collettore (kN/m)
- P_w = Carico dovuto ad azioni mobili variabili (kN/m)

Lo stato tensionale risulta quindi dipendere dal sistema di forze agenti sul tubo: distribuzione dei carichi e reazione di vincolo definite dal sistema di posa.

1.1.1 Carico da terreno sovrastante ‘ Q_{ST} ’

La norma UNI 7517 distingue due diverse tipologie di calcolo nella stima del carico da terreno sovrastante a seconda delle condizioni di posa della tubazione: una per il caso di “trincea stretta” e una per il caso di “trincea larga”.

La tubazione è considerata posata in trincea stretta nel caso sia verificata una delle seguenti condizioni:

- $B \leq 2D$ e $H \geq 1,5B$
- $2D < B < 3D$ e $H \geq 3,5B$

dove B rappresenta la larghezza della trincea a livello della generatrice del tubo, H l’altezza di ricoprimento e D il diametro esterno.

In caso di condizioni di posa in trincea stretta, il carico verticale dovuto al rinterro Q_{st} (kN/m) è calcolato come:

$$Q_{st} = C_t \cdot \gamma_t \cdot B^2$$

dove:

- γ_t = Peso specifico del materiale di rinterro (kN/mc)
- B = Larghezza della trincea a livello della generatrice del tubo (m)
- C_t = Coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea stretta. Il coefficiente è funzione del rapporto H/B, dell’angolo di attrito interno del terreno di rinterro φ e dell’angolo di attrito φ' tra terreno di rinterro e terreno naturale. È calcolato secondo la seguente espressione:

$$C_t = 1 - e^{-2k(H/B)\tan\varphi'} / 2k\tan\varphi \text{ con } k = \tan^2(45^\circ - \varphi/2)$$

In caso di condizioni di posa di trincea larga il carico verticale dovuto al rinterro Q_{st} (kN/m) è calcolato come:

$$Q_{st} = C_e \cdot \gamma_t \cdot D^2$$

dove:

- γ_t = Peso specifico del materiale di rinterro (kN/mc)
- D = Diametro esterno del tubo (m)
- C_t = Coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea larga, stimato in funzione del rapporto H/D (indicando con H l'altezza del ricoprimento da estradosso tubo), delle caratteristiche del terreno e delle modalità di posa. Cautelativamente viene valutato tramite le seguenti espressioni:

$$C_e = 0.1 + 0.85 \cdot (H/D) + 0.33 \cdot (H/D)^2 \quad \text{per } H/D \leq 2.66$$

$$C_e = 0.1 + 1.68 \cdot (H/D) \quad \text{per } H/D > 2.66$$

1.1.2 Carico da acqua contenuta ' P_w '

Il carico dovuto all'acqua contenuta all'interno della tubazione viene valutato secondo la norma UNI 7517 come:

$$P_w = 5.788 \cdot d^2$$

con d diametro interno del tubo (m)

1.1.3 Carico da azioni variabili (carichi mobili) ' P_{vc} '

Il carico mobile viene valutato secondo la norma UNI 7517 come:

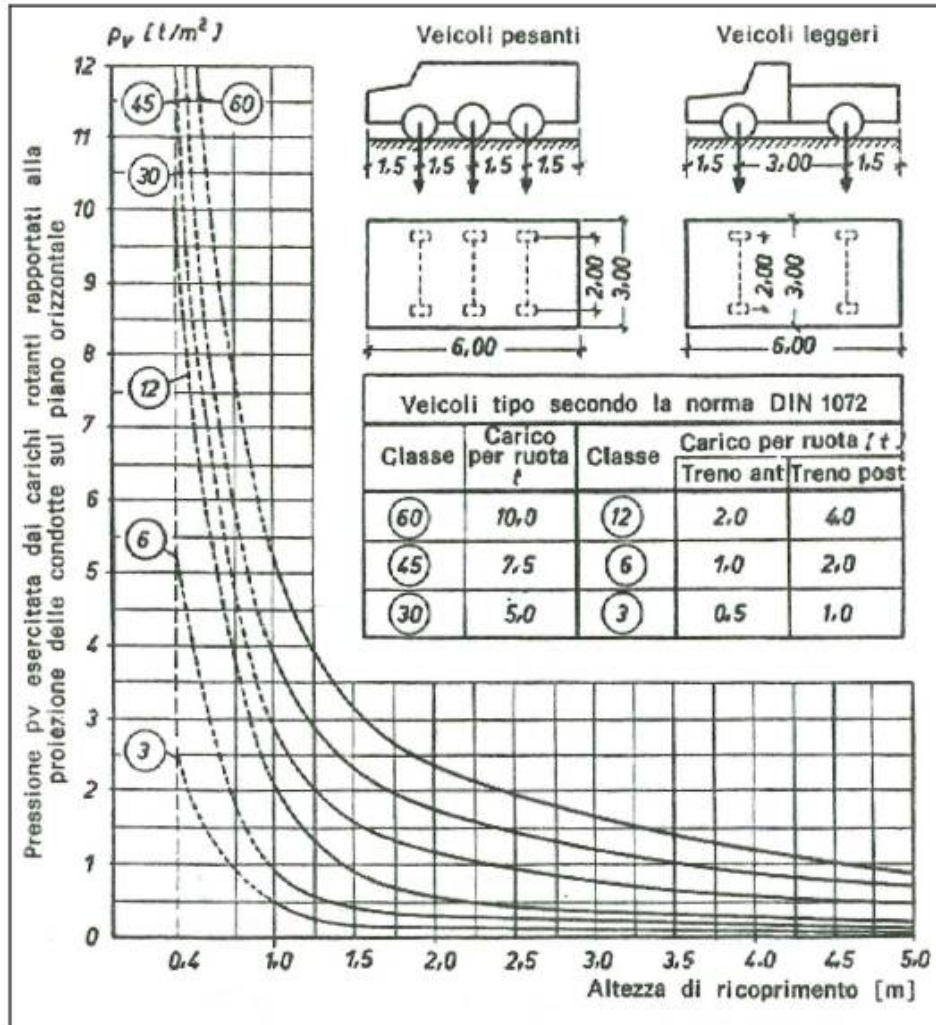
$$P_{vc} = p_v \cdot D \cdot \varphi$$

dove:

- P_{vc} = Carico verticale sulla generatrice superiore del tubo, dovuti ai carichi mobili concentrati (kN/m);
- D = Diametro esterno del tubo (m);
- φ = Fattore dinamico che può essere calcolato come:
 - $\varphi = 1 + 0.3/H$ per strade e autostrade;
 - $\varphi = 1 + 0.6/H$ per ferrovie.
- p_v = Pressione verticale al livello della generatrice superiore del tubo, dovuta ai carichi mobili concentrati (kN/m²). Il valore del carico p_v è valutato in funzione del tipo di convoglio e dell'altezza di ricoprimento H , secondo le seguenti espressioni:
 - $p_v = 0,5281 \cdot P \cdot H^{-1.0461}$ Per veicoli pesanti (Tipo HT)
 - $p_v = 0,8743 \cdot P \cdot H^{-1.5194}$ Per veicoli leggeri (Tipo LT)
 dove P rappresenta il carico per ruota in kN.

Nel grafico seguente sono riportati gli andamenti di p_v in funzione del tipo di veicolo considerato e dell'altezza di ricoprimento.

Per i casi in esame, è stato sempre assunto il carico pertinente alla classe HT60, che prevede un carico per ruota P , pari a 100 kN, equivalente alla configurazione di carico da mezzo convenzionale per ponti di 1° categoria.



1.1. Classe di resistenza Q

L'espressione che governa la progettazione del tubo è la seguente:

$$\mu \leq \frac{Q \cdot K}{Q_t}$$

dove:

- μ = Coefficiente di sicurezza posto pari a 2,5 per il sifone, in cui abbiamo pressione interna, e 1,3 in tutti gli altri casi analizzati;
- K = Coefficiente che aumenta la capacità di resistenza della tubazione e che è funzione del tipo di posa.

I tombini esaminati sono posati su una soletta in calcestruzzo armato e rinfiacati con materiale da rilevato: per tale modalità di posa la normativa UNI 7517 utilizza un valore di K variabile a partire da un minimo di 2,2 che pertanto è stato assunto in modo cautelativo.

1.2. Verifica ricoprimento minimo

I tombini oggetto della presente relazione hanno diametro $\Phi 800$. Di seguito viene calcolato il ricoprimento minimo (indicato in tabella alla voce "Altezza di ricoprimento") necessario ad ottenere una classe di resistenza inferiore a 135 kN/mq, ossia a quella offerta dai prodotti presenti sul mercato. Dove non sarà possibile garantire il ricoprimento minimo indicato, sarà necessario inserire una soletta armata di ripartizione allo scopo di ridurre il carico gravante sul tubo.

DN800			
VERIFICA CONDIZIONI DI POSA DELLA CONDOTTA			
Diametro interno	Di	0.800	m
Spessore	sp	0.090	m
Diametro esterno	De	0.980	m
Altezza di ricoprimento minimo	H	0.510	m
Larghezza dello scavo in corrispondenza estradosso tubo	B	1.922	m
Condizione di posa	trincea larga o rilevato		
CARICO VERTICALE DOVUTO AL RINTERRO			
Peso specifico materiale di rinterro	γ_t	20	kN/m ³
	H/D	0.520	-
Coefficiente di carico del terreno	C_e	0.632	-
Carico da rinterro	Q_{st}	12.134	kN/m
CARICO VERTICALE DOVUTO ALL'ACQUA CONTENUTA NEL COLLETTORE			
Carico da acqua contenuta	P_a	3.704	kN/m
CARICO VERTICALE DA AZIONI MOBILI VARIABILI			
	φ	1.588	-
Categoria Veicolo	-	HT	-
Carico per ruota	P	100	kN
Pressione verticale	p_v	106.814	-
Carico da azioni variabili	P_{vc}	166.252	kN/m
CLASSE DI RESISTENZA MINIMA			
Carico di progetto	Q_t	182.091	kN/m
Coefficiente di posa	K	2.200	-
Coefficiente di sicurezza	μ	1.300	-
Carico minimo di rottura	F	107.599	kN/m
Classe minima di resistenza	Q	134.499	kN/mq

Il tombino IN10946-1, passante sotto il ramo E ha un ricoprimento sotto la pavimentazione stradale inferiore a 51cm, quindi per esso si prevede la soletta di protezione.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL IV16 C 8 001

Rev.
A

Foglio
12 di 12

6 TOMBINO SCATOLARE

Il tombino scatolare è costituito da elementi prefabbricati realizzati in calcestruzzo vibrocompresso, Rck 40 N/mm² (classe C32/40) minimo, con armatura in acciaio B450C, calcolati per carichi di prima categoria, secondo NTC2008 D.M. 14.01.2008. Si realizza la tenuta del giunto a incastro con guarnizione in gomma.